



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO EN LAS
UNIDADES MÓVILES DE PRUEBA EN LA EMPRESA
SERTECPET S.A. APLICANDO LA METODOLOGÍA DE LA
OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTOR:

EDDIE SANTIAGO HERNÁNDEZ MURILLO

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO EN LAS
UNIDADES MÓVILES DE PRUEBA EN LA EMPRESA
SERTECPET S.A. APLICANDO LA METODOLOGÍA DE LA
OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTOR: EDDIE SANTIAGO HERNÁNDEZ MURILLO

DIRECTOR: Ing. SERGIO RAÚL VILLACRÉS PARRA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Eddie Santiago Hernández Murillo

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.

Yo, Eddie Santiago Hernández Murillo, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo 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, 09 de mayo del 2023






.....
Eddie Santiago Hernández Murillo

CI: 171270664-5

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, **“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE CRUDO EN LA EMPRESA SERTECPET S.A. APLICANDO LA METODOLOGÍA DE LA OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO”**, realizado por el señor: **EDDIE SANTIAGO HERNÁNDEZ MURILLO**, 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. José Antonio Granizo PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-05-09
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-09
Ing. Cesar Marcelo Gallegos Londoño ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-05-09

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo investigativo principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza y la salud para poder continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados de mi vida.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. A mi hermano por ser parte de este camino, por ser mi mayor motivación para alcanzar este logro va dedicado para ellos.

Eddie

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, a mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron, quienes me brindaron paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

Agradezco a todos docentes quienes me encaminaron a lo largo de la carrera han compartido su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

Eddie

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación y actualidad	3
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Evaluación de la gestión de mantenimiento	6
2.2. Mantenimiento	9
2.3. Unidades Móvil de Prueba (MTU)	11
2.3.1. <i>Funcionamiento</i>	11
2.3.2. <i>Principales equipos y componentes que conforman las MTU</i>	11
2.3.2.1. <i>Motor de combustión Interna Caterpillar 3406</i>	12
2.3.2.2. <i>Bomba desplazamiento positivo</i>	12
2.3.2.3. <i>Caja de velocidades (5 velocidades)</i>	13
2.3.2.4. <i>Reductor de velocidades</i>	13
2.3.2.5. <i>Módulo separador de presión</i>	14
2.3.2.6. <i>Tablero de control</i>	14
2.3.3. <i>Bombeo Hidráulico</i>	15
2.4. Inventario y codificación de equipos	15
2.5. Optimización del plan de mantenimiento (PMO).....	17

2.5.1.	<i>Recopilación de la información de mantenimiento</i>	18
2.5.2.	<i>Racionalización y análisis de modos de falla (FMA)</i>	19
2.5.3.	<i>Revisión de los modos de falla</i>	20
2.5.4.	<i>Análisis de funciones</i>	20
2.5.5.	<i>Evaluación de consecuencias</i>	21
2.5.6.	<i>Definición de la Política de Mantenimiento</i>	22
2.5.7.	<i>Agrupación de tareas y revisión</i>	23
2.5.8.	<i>Aprobación e implementación</i>	23
2.5.9.	<i>Migración a un programa dinámico</i>	24
2.6.	Logística de mantenimiento	24
2.6.1.	<i>Plan de mantenimiento</i>	25
2.6.2.	<i>Frecuencias de mantenimiento</i>	25
2.6.3.	<i>Curva P-F en el monitoreo de la condición</i>	26
2.6.4.	<i>Gestión de mantenimiento asistido por ordenador</i>	26
2.7.	Capacitación	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	28
3.1.	Evaluación de la gestión de mantenimiento	28
3.2.	Inventario	32
3.3.	Codificación	33
3.3.1.	<i>Nivel uno: Ubicación</i>	34
3.3.2.	<i>Nivel dos: Área</i>	34
3.3.3.	<i>Nivel tres: Sistema o máquina</i>	34
3.3.4.	<i>Nivel cuatro: Equipo</i>	35
3.4.	Optimización del plan de mantenimiento	36
3.4.1.	<i>Paso uno. Recopilación de tareas de mantenimiento</i>	36
3.4.2.	<i>Análisis de los modos de falla</i>	37
3.4.3.	<i>Revisión de los modos de falla</i>	41
3.4.4.	<i>Depuración y codificación de los modos de falla</i>	41
3.4.5.	<i>Evaluación de las consecuencias de falla</i>	42
3.4.6.	<i>Agrupación de tareas de mantenimiento y revisión</i>	43
3.4.7.	<i>Aprobación e implementación</i>	49
3.5.	Logística de mantenimiento	49
3.5.1.	<i>Repuestos y materiales</i>	49
3.5.2.	<i>Herramientas y equipos de soporte</i>	50

3.5.3.	<i>Personal de mantenimiento</i>	52
3.6.	Capacitación	59

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	60
4.1.	Evaluación de la gestión de mantenimiento	60
4.2.	Inventario y codificación	61
4.3.	Optimización del plan de mantenimiento	62
4.3.1.	<i>Paso uno. Recopilación de tareas de mantenimiento</i>	62
4.3.2.	<i>Análisis de los modos de falla</i>	63
4.3.3.	<i>Revisión de los modos de falla</i>	63
4.3.4.	<i>Depuración y codificación de los modos de falla</i>	64
4.3.5.	<i>Evaluación de las consecuencias de falla</i>	64
4.3.6.	<i>Determinación de las tareas de mantenimiento</i>	65
4.3.7.	<i>Agrupación de tareas de mantenimiento y revisión</i>	65
4.3.8.	<i>Comparación de tareas de mantenimiento</i>	66
4.3.9.	<i>Costos para las tareas de mantenimiento</i>	67

	CONCLUSIONES	69
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	70
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Criterios de evaluación	6
Tabla 2-2:	Categorías de la Gestión de Mantenimiento.....	6
Tabla 3-2:	Modelo de encuesta	7
Tabla 4-2:	Tabla de Resultados	9
Tabla 5-2:	Tipos de mantenimiento.....	10
Tabla 6-2:	Recopilación de información	19
Tabla 7-2:	Racionalización y revisión de los modos de falla.....	20
Tabla 8-2:	Revisión de los modos de falla	20
Tabla 9-2:	Análisis Funcional	21
Tabla 10-2:	Consecuencias de falla.....	22
Tabla 11-2:	Formato para la logística de mantenimiento	24
Tabla 12-2:	Elementos de apoyo logístico	25
Tabla 13-2:	Formato para el plan de mantenimiento	25
Tabla 14-2:	Formato para la asignación de frecuencias.....	26
Tabla 15-2:	Tipos de capacitación.....	27
Tabla 1-3:	Información de personas encuestadas	28
Tabla 2-3:	Encuesta realizada al Supervisor (E) del área mantenimiento	28
Tabla 3-3:	Resultados evaluados.....	31
Tabla 4-3:	Nivel de categoría.	31
Tabla 5-3:	Componentes de la MTU	32
Tabla 6-3:	Lista unidades móviles de prueba. (MTU).....	33
Tabla 7-3:	Codificación completa	35
Tabla 8-3:	Tareas de mantenimiento realizadas en los motores de la MTU	36
Tabla 9-3:	Análisis de los modos de fallo en los motores de la MTU	38
Tabla 10-3:	Revisión de los modos de falla	41
Tabla 11-3:	Evaluación de las consecuencias de falla.	42
Tabla 12-3:	Definición de políticas de mantenimiento.....	45
Tabla 13-3:	Tareas de mantenimiento y frecuencia	46
Tabla 14-3:	Agrupación de tareas de mantenimiento	47
Tabla 15-3:	Determinación de repuestos y materiales	49
Tabla 16-3:	Determinación de herramientas y equipos de soporte	51
Tabla 17-3:	Determinación del personal de mantenimiento	52
Tabla 18-3:	Caterpillar MTU01	54
Tabla 19-3:	Costos por material, mano de obra para MMC01	57

Tabla 20-3:	Cronograma para MMC01: motor CATERPILLAR	58
Tabla 21-3:	Personal capacitado.....	59
Tabla 1-4:	Resultados de nivel inventario jerárquico	62
Tabla 2-4:	Número de modos de fallos obtenidos por cada elemento.	63
Tabla 3-4:	Modos de falla obtenidos	63
Tabla 4-4:	Total número modos de fallos.....	64
Tabla 5-4:	Total número de consecuencias evidentes y ocultas.....	64
Tabla 6-4:	Número de tareas obtenidas	65
Tabla 7-4:	Número de rutinas en función de las frecuencias de mantenimiento	65
Tabla 8-4:	Número de rutinas en función de las frecuencias de mantenimiento	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Disponibilidad de los Equipos	3
Ilustración 1-2:	Tipos de mantenimiento.....	10
Ilustración 2-2:	Móvil Testing Unit, MTU.....	11
Ilustración 3-2:	Equipos de las MTU	12
Ilustración 4-2:	Motor Caterpillar 3406, MTU.....	12
Ilustración 5-2:	Bomba desplazamiento positivo MTU.....	13
Ilustración 6-2:	Caja de velocidades, MTU.....	13
Ilustración 7-2:	Reductor de velocidades, MT	14
Ilustración 8-2:	Acumulado de presión, MTU	14
Ilustración 9-2:	Tablero de control, MTU	15
Ilustración 10-2:	Inventario técnico de activos	16
Ilustración 11-2:	Estructura de la codificación.....	16
Ilustración 12-2:	Fuente de tareas de mantenimiento preventivo	19
Ilustración 13-2:	Tipos de Consecuencias.....	21
Ilustración 14-2:	Estructura de consecuencias	23
Ilustración 15-2:	Curva P-F	26
Ilustración 16-2:	Módulo de los GMAO	27
Ilustración 1-3:	Codificación de los equipos.....	33
Ilustración 2-3:	Código nivel uno	34
Ilustración 3-3:	Código nivel dos.....	34
Ilustración 4-3:	Código nivel tres.....	34
Ilustración 5-3:	Código nivel cuatro.....	35
Ilustración 1-4:	Resultados de los criterios evaluados.....	60
Ilustración 2-4:	Diagrama de radar de la gestión de mantenimiento	61
Ilustración 3-4:	Tareas obtenidas por equipo de una MTU	62
Ilustración 4-4:	Frecuencia óptima de mantenimiento para MMC01	66
Ilustración 5-4:	Comparación de tipos de tarea	66
Ilustración 6-4:	Costos anuales del plan de mantenimiento.....	67
Ilustración 7-4:	Costos del plan de mantenimiento según los materiales	68

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ENCUESTA REALIZADA AL BODEGUERO
- ANEXO B:** ENCUESTA REALIZADA AL OPERADOR
- ANEXO C:** ENCUESTA REALIZADA AL ELECTROMECAÁNICO
- ANEXO D:** ENCUESTA REALIZADA AL SUPERVISOR
- ANEXO E:** CODIFICACIÓN DE EQUIPOS
- ANEXO F:** FICHAS TECNICAS
- ANEXO G:** RECOLECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO
- ANEXO H:** PASO 2 y 3: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA
- ANEXO I:** PASO 4: DEPURACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA
- ANEXO J:** PASO 5 y 6: EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DE FALLA Y DETERMINACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO
- ANEXO K:** PASO 7: LISTAR POR FRECUENCIA Y ESPECIALIDAD
- ANEXO L:** LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO Y COSTOS
- ANEXO M:** CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

RESUMEN

El presente proyecto técnico tuvo como objetivo mejorar el plan de mantenimiento en las unidades móviles de prueba (MTU), en la empresa SERTECPET S. A., ubicada en el cantón Puerto Francisco de Orellana (El Coca), aplicando la metodología de la Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO), para lo cual durante la etapa inicial se realizó la evaluación al área de mantenimiento, mediante la “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM)”, que fue aplicada al personal de mantenimiento donde obtuvo una calificación de 225.38/300 puntos, la cual determina que el área de mantenimiento de la empresa SERTECPET S.A. se encuentra en una categoría de “Nivel Buenas Prácticas de Mantenimiento”, para el mejoramiento del plan de mantenimiento se aplicó la metodología PMO que contiene 9 pasos, donde se realizó la recopilación de tareas de mantenimiento, posteriormente se definieron los modos de falla, depuración y codificación de fallos, evaluación de las consecuencias de falla, definición de las tareas de mantenimiento, y por último aprobación e implementación de esta información, también las tareas fueron agrupadas según su frecuencia para facilitar la información obtenida. Después, se definió los recursos de mantenimiento como: repuestos, materiales, herramientas y personal, para la adecuada ejecución de las actividades de mantenimiento correspondientes a la logística. Durante la etapa final, se realizó una capacitación sobre la metodología aplicada generando nuevo conocimiento y destrezas en el personal de la empresa. Se concluye que a través de la aplicación del (PMO) se redujo en un 16 % la duplicidad en ciertas tareas dentro del plan de mantenimiento actual y además se tomaron en cuenta nuevos modos de fallos. Se recomienda realizar evaluaciones periódicas oportunas de la eficacia y eficiencias de las tareas de mantenimiento.

Palabras claves: <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO>, <OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO (PMO)>, <MODOS DE FALLO>, <TAREAS DE MANTENIMIENTO>.

0852-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The objective of this technical project was to improve the maintenance plan in the mobile test units (MTU), at SERTECPET S. A. company, located in Puerto Francisco de Orellana canton, (El Coca), applying the Maintenance Plan Optimization (PMO) methodology. During the initial stage the maintenance area was evaluated by means of the "Maintenance Effectiveness Survey (EEM)", which was applied to the maintenance personnel and obtained a score of 225.38/300 points, which determines that the maintenance area at SERTECPET S.A. Company, is in a category of good maintenance practice level. For the maintenance plan improvement was applied the PMO methodology that contains 9 steps. The collection of maintenance tasks was carried out, then the failure modes were defined, debugging and coding of failures, evaluation of the failure consequences, maintenance tasks definitions, and finally approval and implementation of this information. In addition, the tasks were grouped according to their frequency to facilitate the information obtained. Then, maintenance resources were defined, such as spare parts, materials, tools and personnel, for the proper execution of maintenance activities corresponding to logistics. During the final stage, training was conducted on the applied methodology, generating new knowledge and skills in the company's personnel. It is concluded that through the application of the (PMO), duplicity in certain tasks within the current maintenance plan was reduced by 16% and new failure modes were also taken into account. It is recommended to perform timely periodic evaluations of the effectiveness and efficiencies of the maintenance tasks.

Keywords: <MAINTENANCE PLAN OPTIMIZATION>, <MAINTENANCE LOGISTICS>, <TRAINING>, <MAINTENANCE TASKS, > <FREQUENCIES> <MAINTENANCE EVALUATION>, <FAILURE MODES>.



Lic. Sandra Pualina Porras Pumalema Mgs.

C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

SERTECPET S.A., fundada en el año de 1990, es un agente para el desarrollo industrial y de investigación a nivel internacional. Esta empresa brinda soluciones integrales energéticas a nivel mundial.

Esta organización cuenta con una moderna infraestructura en donde se realiza la generación de patentes propias mediante el desarrollo de ciencia y tecnología en cada uno de sus procesos. El gerenciamiento acertado y la excelencia en la entrega de productos y servicios han ratificado el posicionamiento de la organización en el mercado, asegurándose de estar a la vanguardia de la innovación aportando al desarrollo energético, industrial y económico de cada país donde tiene operaciones.

SERTECPET S.A., tienen la experiencia, personal calificado y equipos especializados para la operación integral de facilidades de producción en campo petrolero a través de un amplio stock de equipos de procesos, bombas, tanques de tratamiento y almacenamiento para cubrir todas las necesidades en procesos de separación, deshidratación, tratamiento, almacenamiento, transferencia, reinyección y transporte de gas, petróleo y agua de formación, cubriendo cada una de las necesidades y adaptándose a cualquier requerimiento de parte de producción. Mientras que, “para el proceso de producción utilizan máquinas y equipos que trabajan con altas presiones y temperaturas”

Mediante una revisión bibliográfica de temas de trabajos de titulación referentes a planes de mantenimiento en unidades móviles de bombeo, se considera como punto de partida al trabajo denominado “Elaboración de un plan de mantenimiento de las unidades móviles de bombeo (M.T.U.), en la compañía Trace Oil Field” de (Fiallos, 2013) donde se evalúa la situación inicial de los equipos para después desarrollar un sistema de mantenimiento donde el autor desarrolla la codificación de los equipos, fichas técnicas, categorización de los activos, definición de tareas junto a sus frecuencias y gestión para mantenimiento.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Mientras tanto, en el trabajo de titulación denominado “Optimización del plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada, en los talleres del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, aplicando la metodología (PMO)” de (Mayorga & Olmedo, 2019) se expone los pasos para aplicar la optimización del plan de mantenimiento mediante la metodología PMO, lo cual sirve para observar a detenimiento cada una de las etapas para obtener la reducción de la duplicidad de las tareas de mantenimiento, estudio de nuevos modos de fallos a través de consultas al personal de mantenimiento, manuales de fabricante y base de datos externas; obteniendo al final del proceso las actividades de mantenimiento, las cuales son agrupadas en rutinas de mantenimiento de acuerdo a la frecuencia de ejecución. Todo este proceso tiene el fin de reducir los tiempos muertos aumentando la disponibilidad de los activos a mantenerse, además de ser una nueva herramienta para el personal de mantenimiento de la empresa, se ha generado nuevas habilidades, lo cual se alcanza mediante capacitaciones sobre las nuevas tecnologías del mantenimiento presente en la industria moderna.

El presente proyecto técnico se desarrollará en el área de mantenimiento de SERTECPET S.A, por lo que, la propuesta como estudiante de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial es optimizar el plan de mantenimiento vigente para las unidades móviles de prueba (M.T.U), utilizando la metodología (PMO), lo cual permitirá establecer tareas adecuadas de acuerdo con el contexto operacional del equipo, buscando que la empresa obtenga mejoras técnicas y económicas, esta propuesta se llevará a cabo en las unidades móviles de prueba con el fin de cumplir su función sin ninguna limitación.

1.2. Planteamiento del problema

La propuesta de mejoramiento del plan de mantenimiento nace con la necesidad de implementar mejoras en los planes de mantenimiento, consiguiendo reducir los tiempos de parada de los equipos por mantenimiento preventivo y correctivo con los que cuenta la Empresa, optimizando los recursos humanos y económicos. Disminuyendo la aparición de fallos y averías en las Unidades Móviles de Prueba (MTU).

La empresa SERTECPET S.A cuenta con un plan de mantenimiento elaborado en el año 2016, mediante la aplicación de un software donde se lleva el registro de todas las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, lo que genera falsas alarmas causando pérdidas de tiempo y recursos dentro del área de mantenimiento.

“Los programas de mantenimiento actuales caen en el círculo vicioso de acciones correctivas y reparaciones temporales” según (Ponce, 2018).

Mediante una encuesta que se realizó al área de mantenimiento, mediante la aplicación *google forms app* se evaluó que la disponibilidad es un 80%, como se muestra en el (Ilustración 1-1: Disponibilidad de los Equipos), la cual representa una gran oportunidad de mejoramiento del plan de mantenimiento (PMO), lo que evitará la indisponibilidad en los procesos por averías de los activos.

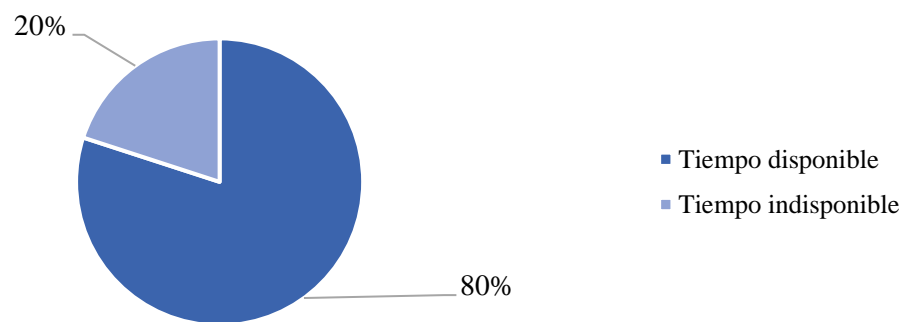


Ilustración 1-1: Disponibilidad de los Equipos

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

El presente trabajo se enfoca en realizar propuestas para la mejora de las actividades de mantenimiento, en cuanto las tareas que deben realizarse, la determinación de la frecuencia y la de la estrategia acorde a las consecuencias que pueden darse en cada modo de falla de las Unidades móviles de prueba utilizando la metodología: optimización del plan de mantenimiento (PMO) mejorando el desempeño y la condición.

1.3. Justificación y actualidad

La implementación de su gama de servicios en la industria Hidrocarburífera con unidades de prueba para evaluar y verificar el fluido de producción de un Pozo Petrolero. Este tipo de unidades conocidas a nivel mundial MTU. *Mobile Testing Unit* (Unidad Móvil de Prueba), requiere de

personal entrenado y capacitado para poder operar de forma efectiva ya que en los últimos 8 años se ha incrementado la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados. (Ricaurte ,2018)

Para la realización de este proyecto, es necesario conocer el listado de tareas de mantenimiento que realiza el personal a cargo en las MTU. Así como gestión de mantenimiento activo que se lleva en la empresa el listado de fallas más frecuentes en conjunto con las tareas aplicadas a las unidades.

La información necesaria para la optimización de tareas de mantenimiento proviene del software de mantenimiento de la empresa, sin embargo, el historial de falla de los equipos y los costos de mantenimiento es información reservada.

Según (Sagardoy, 2014), mejorar significa obtener resultados o estándares superiores por lo que a través de la optimización del plan de mantenimiento de la unidad móvil de prueba se plantea varias etapas siendo la primera la evaluación de la gestión de mantenimiento actual. Para después, realizar un análisis el funcionamiento y los posibles fallos que se presenten en los equipos.

Este proyecto se llevará a cabo bajo la resolución (460. CP.2019), mediante las líneas institucionales de investigación de la carrera (ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA), aplicado al programa de (GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL).

En la actualidad, contar con un plan de mantenimiento es de gran importancia para las empresas ya que con esta gestión se garantiza que los equipos funcionen de manera adecuada, buscando mantener a los activos en un nivel de desempeño deseado por el usuario. Las organizaciones poseen varias fuentes de información para desarrollar los planes de mantenimiento de manera rápida y básica como los son: los manuales, experiencia de los técnicos, exigencias para cumplir con garantías, lo cual ayuda a mediano plazo a cumplir con los objetivos de mantenimiento, pero hay que mencionar que, los fabricantes de la maquinaria no toman en cuenta los ambientes a los cuales estarán expuestos los equipos, por lo que a largo plazo esta fuente de información debe ser analizada para verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Por todo lo expuesto este proyecto de titulación servirá como una mejora practica para optimización del PM, tanto en la logística y técnica de los repuestos, materiales, herramientas y personal necesario para el mantenimiento de las unidades móviles de prueba de la empresa SERTECPET S.A.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejora del plan de mantenimiento en las unidades móviles de prueba, en la empresa SERTECPET S.A ubicada en el cantón Puerto Francisco de Orellana (El Coca), aplicando la metodología de la Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO).

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el plan de mantenimiento vigente, en el sistema de la empresa SERTECPET S.A.
- Aplicar la metodología de la Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO).
- Definir la logística necesaria para cada tarea de mantenimiento
- Capacitar al personal.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Evaluación de la gestión de mantenimiento

La evaluación del mantenimiento dentro de una organización permite analizar el cumplimiento de los objetivos trazados, el estado de los trabajos y posibilita identificar los aspectos sobre los cuales es necesario trabajar para hacer más eficiente esta actividad y desarrollar las acciones para la continua mejora” (Capote, 2014). Las evaluaciones son realizadas mediante varias metodologías, entre ellas, las encuestas son las más usadas y fáciles de aplicar debido a la rapidez en la muestra de resultados y posterior análisis.

Para el presente proyecto se va a aplicar el método de evaluación de la gestión de mantenimiento “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM), el mismo que será realizado al personal del área de mantenimiento, como mínimo se encuestará a ocho personas.

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

Tabla 1-2: Criterios de evaluación

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

Fuente: Medina H, 2019

El promedio de las puntuaciones totales obtenidas dentro de cada una de las áreas de mantenimiento estima el nivel de la categoría en la que se encuentra la gestión del mantenimiento, en un rango de 0 a 300 puntos y divididas en 5 niveles desde “nivel de excelencia” hasta nivel “muy malo” como se puede observar en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Categorías de la Gestión de Mantenimiento

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

Fuente: Crespo y Parra, 2012

En cuanto a la encuesta cuantifica 5 niveles de aceptación y consta de 60 preguntas como se muestra en la tabla 3-2y tabla 4-2 donde se muestra el formato para la tabulación de resultados.

La encuesta considera los siguientes aspectos para su evaluación:

- Dotación de la infraestructura y recursos necesarios para el mantenimiento.
- Solución de problemas por parte del personal del área de producción y mantenimiento.
- Capacitación al personal.
- Utilización de documentación para las actividades de mantenimiento, como: órdenes de trabajo, historial de fallas o planes de mantenimiento preventivo.
- Desarrollo de la logística de mantenimiento.
- Evaluación de resultados de mantenimiento con el uso de indicadores.

Utilización de técnicas adecuadas para el mantenimiento de los equipos como el mantenimiento basado en la condición, mantenimiento preventivo o mantenimiento correctivo.

Tabla 3-2: Modelo de encuesta

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

19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?					
20	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?					
21	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?					
22	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?					
23	¿Tienen el inventario de repuestos de los equipos críticos?					
24	¿El departamento de mantenimiento se compara con otros departamentos de mantenimiento para medir su desempeño ("Benchmarking")?					
Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo						
Preguntas para evaluar		1	2	3	4	5
25	¿El departamento de mantenimiento utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?					
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, aumento/descenso, necesidades de capacitación, etc.?					
27	¿El departamento de mantenimiento tiene personal exclusivo para las tareas de Mantenimiento Preventivo?					
28	¿Los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?					
29	¿El departamento de mantenimiento utiliza técnicas de mantenimiento predictivo?					
30	¿La gerencia de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?					
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas?					
32	¿El departamento de mantenimiento tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?					
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de nuevos equipos?					
34	¿Se capacita al personal para el uso correcto de nuevos equipos?					
35	¿Se capacita al personal que va a mantener los nuevos equipos?					
36	¿El departamento de mantenimiento da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?					
Planificación						
Preguntas para evaluar		1	2	3	4	5
37	¿Son prioridades las tareas de mantenimiento correctivo/preventivo?					
38	¿El departamento utiliza las OT para las actividades correctivas?					
39	¿Se da seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?					
40	¿El departamento asigna y controla las horas asignadas para las actividades de mantenimiento?					
41	¿El departamento desarrolla los procedimientos a seguir para la ejecución de las actividades de mantenimiento?					
42	¿Es el personal de mantenimiento asignado a las actividades de mantenimiento según sus conocimientos y habilidades?					
43	¿Existe un cronograma de actividades de mantenimiento planificadas?					
44	¿El departamento utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores ("shutdowns, overhauls")?					
45	¿La empresa utiliza contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento ("outsourcing")?					
46	¿La empresa participa en la designación de actividades y la estimación de los tiempos de ejecución de los contratistas?					
47	¿Se tiene en cuenta el impacto (seguridad, ambiente y producción) que tiene el sistema sobre el cual se va a ejecutar el mantenimiento?					
48	¿Se define el cambio crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?					
Soporte, Calidad y Motivación						
Preguntas para evaluar		1	2	3	4	5
49	¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar las actividades de mantenimiento?					
50	¿Da bodega una respuesta eficiente a las solicitudes de repuestos?					
51	¿Se lleva un registro de salida y retorno de los elementos de los equipos llevados a los contratistas para mantenimiento correctivo?					
52	¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en el almacén?					

53	¿Se tiene identificación de los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?								
54	¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encima de criterio de rapidez?								
55	¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimiento ejecutadas?								
56	¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?								
57	¿Tiene la empresa un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?								
58	¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la empresa (económico-motivacional)?								
59	¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?								
60	¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?								
Puntuación total por criterio									

Fecha:

Fuente: Crespo y Parra, 2012

Tabla 4-2: Tabla de Resultados

Tabla de resultados de la evaluación		Puntaje total por áreas de cada encuesta								Total, de puntuación es por área	Límite de referencia	Puntaje máximo
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Áreas evaluadas	Recursos Gerenciales											
	Gerencia de la Información											
	Equipos y técnicas de mantenimiento											
	Planificación											
	Soporte, calidad y motivación											
SUMA TOTAL												
RESULTADO												
Categoría actual de la gestión de mantenimiento según el rango de estimación												

Fuente: Crespo y Parra, 2012.

2.2. Mantenimiento

El objetivo principal del mantenimiento es que los equipos estén disponibles para cumplir con la función requerida. El mantenimiento es una actividad importante en las empresas y compañías, el cual busca que los activos funcionen con eficacia y eficiencia. (García, 2012; pp. 1-5).

Cabe mencionar, que la mejora continua del mantenimiento depende de las nuevas metodologías y tecnologías aplicadas para mejorar la eficiencia y eficacia de los elementos que intervienen dentro de las actividades realizadas en la gestión de mantenimiento.

La optimización del mantenimiento dentro de la industria petrolífera es la base para la mejora debido a que, a través de esta, se generan actividades que dan paso al uso del mantenimiento basado en la condición, que busca obtener una alta disponibilidad de las plantas petroleras utilizando los recursos de una manera eficiente y eficaz.

La optimización del mantenimiento dentro de las industrias como la petrolífera está basada en el uso de técnicas de mantenimiento basado en la condición, siempre y cuando sea posible, a fin de aumentar la disponibilidad de estos equipos que pueden llegar a ser peligrosos y generan grandes pérdidas económicas cuando ocurren fallos. La clasificación de los tipos de mantenimiento se encuentra en la norma UNE-EN 13306 (2011).

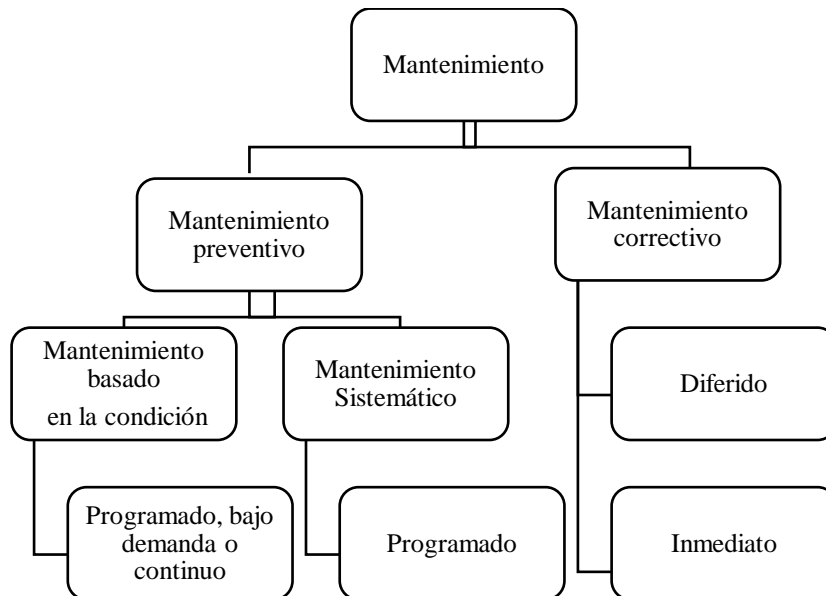


Ilustración 1-2: Tipos de mantenimiento

Fuente: UNE-EN 13306, 2017.

El mantenimiento según la norma UNE EN 13306 se describe en la tabla 5-2.

Tabla 5-2: Tipos de mantenimiento

Tipo de mantenimiento	Descripción
Preventivo	Mantenimiento ejecutado a intervalos predeterminados o de acuerdo con unos criterios prescritos, y destinados a reducir la probabilidad de fallo o la degradación de funcionamiento de un elemento.
Correctivo	Mantenimiento ejecutado después del reconocimiento de una avería, y destinado a llevar a un elemento a un estado en el que pueda desarrollar una función requerida.
Mantenimiento sistemático	Mantenimiento preventivo ejecutado de acuerdo a unos intervalos de tiempo establecidos, o a un número de unidades de uso, pero sin investigación previa de la condición del elemento
Mantenimiento basado en la condición	Mantenimiento preventivo basado en monitorización de funcionamiento y/o de los parámetros de elemento y las subsiguientes

Fuente: UNE-EN 13306, 2017

2.3. Unidades Móviles de Prueba (MTU)

Las unidades móviles de prueba o por sus siglas en inglés MTU (*Móvil Testing Unit*), sirven para evaluar pozos petroleros utilizando el método de bombeo hidráulico con bombas de jet o pistón. Mediante un sistema de levantamiento artificial, como se muestra en la figura 2-2.

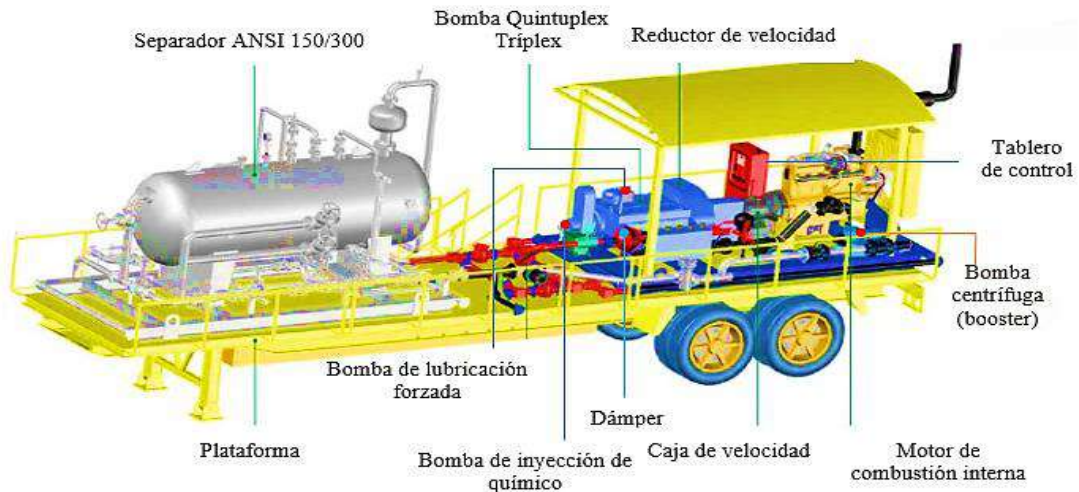


Ilustración 2-2: Móvil Testing Unit, MTU

Fuente: Sertecpet., 2020.

2.3.1. Funcionamiento

La operación de la unidad móvil de prueba (MTU) inicia con el encendido del motor, el cual está acoplado a la bomba de desplazamiento positivo (quintuplex o tríplex), e inicia el funcionamiento del sistema de bombeo en donde el agua almacenada en el separador es succionada por la bomba para elevar la presión del fluido motriz para la posterior inyección en el pozo petrolero (Brborich & Briceño, 2018, p.59)

Este tipo de bombeo es utilizado para llevar el fluido motriz a la superficie como él (petróleo, agua y gas) donde consta básicamente de una bomba sumergible en el fondo del pozo y en la superficie una bomba de desplazamiento positivo, un separador de producción y el cabezal pozo.

2.3.2. Principales equipos y componentes que conforman las MTU

Los equipos de las MTUs se muestran en la figura 3-2.

Motor de combustión interna
Bomba de desplazamiento positivo 300Q-5H
Caja de velocidades Fruller (5 velocidades)
Reductor de velocidad
Separador ANSI 150/300
Bomba de Inyección de Químico
Bomba Centrífuga (Booster)
Talero de control (Murphy)
Plataforma

Ilustración 3-2: Equipos de las MTU

Fuente: Sertecpet, 2012.

2.3.2.1. Motor de combustión Interna Caterpillar 3406

El motor de combustión interna tiene la capacidad generar la potencia suficiente para dar movimiento a la bomba de desplazamiento positivo (quintuplex) a través de su eje principal del motor o cigüeñal el cual es aprovechado por las unidades de evaluación para que se produzca la presión requerida de trabajo.

En la figura 4-2 **Ilustración 4-2:** Motor Caterpillar 3406, MTU se muestra el motor diésel Caterpillar 3406 de 6 cilindros en línea cuya potencia es de 425 HP a 2 000 RPM.

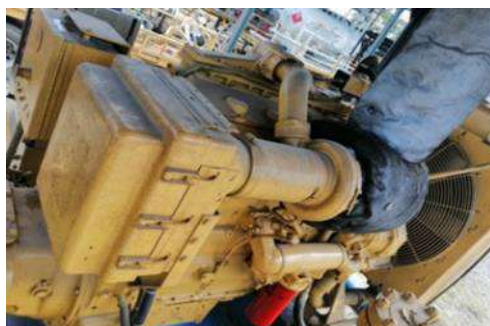


Ilustración 4-2: Motor Caterpillar 3406, MTU

Fuente: Well Testing; Sertecpet.2012.

2.3.2.2. Bomba desplazamiento positivo

La bomba de desplazamiento positivo (ver figura 5-2) por lo general en las unidades móviles de evaluación (MTU) utilizan de tres pistones (Tríplex) o de cinco pistones (Quintuplex), cada pistón

está conformado de una válvula de admisión y una válvula de descarga, son también las encargadas de enviar el fluido motriz.



Ilustración 5-2: Bomba desplazamiento positivo MTU

Fuente: Well Testing; Sertecpet.2012

2.3.2.3. Caja de velocidades (5 velocidades)

La caja de velocidades (ver figura 6-2 **Ilustración 6-2:** Caja de velocidades, MTU) reduce o aumenta el número de revoluciones (RPM) del motor de combustión interna mediante un matrimonio, el cual va a transmitir el movimiento a la bomba de desplazamiento positivo a través de un reductor.



Ilustración 6-2: Caja de velocidades, MTU

Fuente: Well Testing; Sertecpet.2012

2.3.2.4. Reductor de velocidades

Este equipo permite controlar y variar la velocidad que nos dará un menor número de rpm de salida, pero sin disminuir de manera significativa la potencia de forma segura y eficaz. Ver figura 7-2.



Ilustración 7-2: Reductor de velocidades, MT

Fuente: Well Testing; Sertecpet.2012.

2.3.2.5. *Módulo separador de presión*

El módulo de presión horizontal son recipientes diseñados para separar la mezcla de los hidrocarburos en sus componentes principales como son gas y petróleo. Además, permiten aislar el crudo de otros elementos indeseables que son producidos por el yacimiento como el agua y otros sedimentos. (Ver figura 8-2)



Ilustración 8-2: Acumulador de presión, MTU

Fuente: Well Testing; Sertecpet.2012

2.3.2.6. *Tablero de control*

La unidad cuenta con un tablero de control para alta y baja presión con sensores de seguridad eléctricos, los cuales sirven para realizar una parada inmediata, en el caso de que se presenten bajos niveles de aceite, alta temperatura del motor y acumulación de presión.



Ilustración 9-2: Tablero de control, MTU

Fuente: Well Testing; Sertecpet.2012

2.3.3. *Bombeo Hidráulico*

Es un conjunto de equipos que suministran fluido a altas presiones al fondo del pozo a través de la bomba jet de subsuelo donde se produce el efecto Venturi y así levantar el fluido de la formación hasta la superficie.

2.4. *Inventario y codificación de equipos*

Es importante poseer un inventario de activos dentro de las empresas, lo que ayuda a tener conocimiento de los activos que se tiene. El inventario de las instalaciones es una jerarquización en la que se indica las relaciones que existen entre los ítems de una empresa u organización, como se muestra en la figura 10-2.

Según la norma 14224 el registro de activos contiene información básica con los niveles jerárquicos que debe poseer un inventario básico con la información a recopilarse, para fines de mantenimiento es factible el uso de cuatro niveles, los cuales son:

- Nivel uno: en este nivel se define el nombre de la empresa o planta
- Nivel dos: representa las áreas que se encuentren en la empresa
- Nivel tres: representa los sistemas de los cuales están compuestos las diferentes áreas.
- Nivel cuatro: representa los equipos que conforman los sistemas.

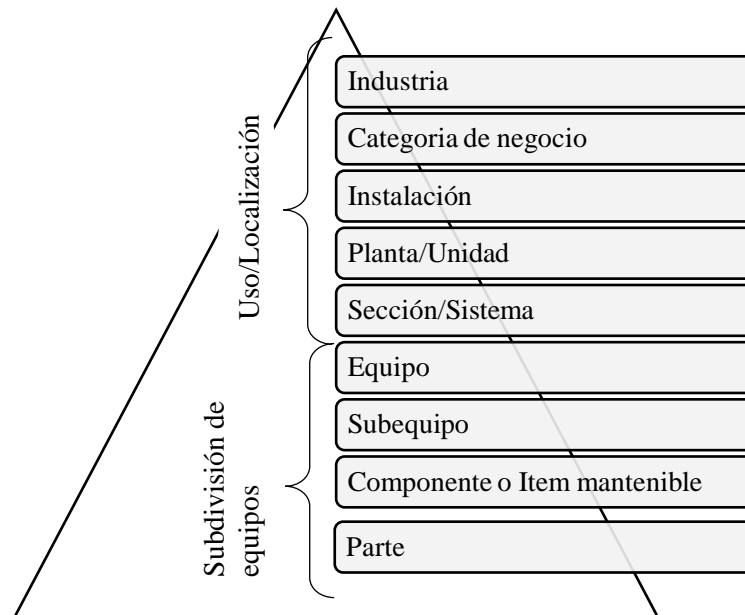


Ilustración 10-2: Inventario técnico de activos

Fuente: (Gracia Garrillo Santiago 2010,p13).

Los niveles expuestos anteriormente ayudan a generar códigos que sirven para la rápida identificación y localización de los equipos a mantener, en la figura 11-2 se muestra la estructura del código para la empresa SERTECPET.

Es importante realizar la codificación de cada uno de los sistemas y equipos; esto ayudará a facilitar la ubicación, referencia a las órdenes de trabajo y permite la facilidad de elaborar registros históricos de intervenciones y fallos. (García, 2003)

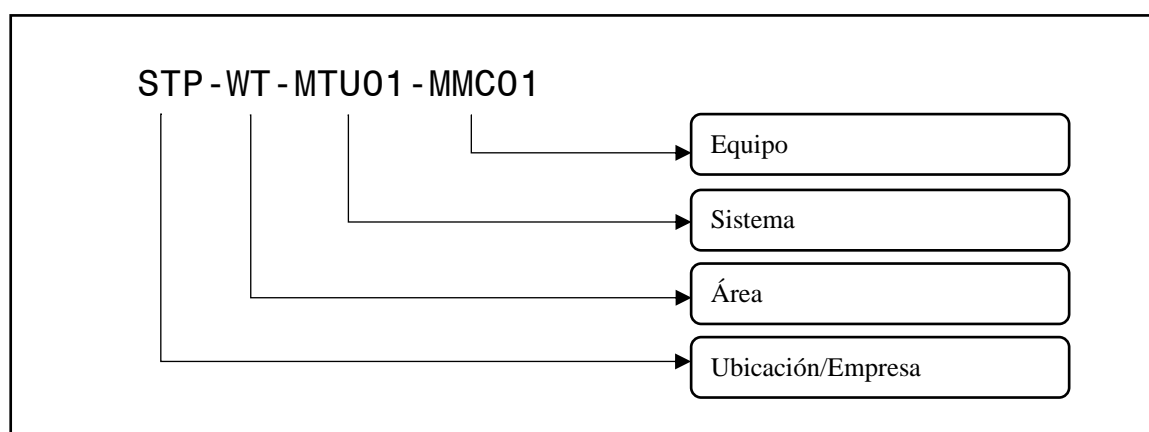


Ilustración 11-2: Estructura de la codificación

Fuente: García Garrido, 2003

- El primer nivel pertenece a la ubicación, el cual está representado por tres dígitos alfabéticos.

- El segundo nivel corresponde área, está conformado de tres dígitos donde dos son alfabéticos y numéricos.
- El tercer nivel sistema o maquina compuesto por cinco dígitos tres alfabético y dos numéricos.
- El cuarto nivel determina el equipo, está conformado por cinco dígitos seguido de un guion tres alfabéticos y dos o más numéricos referénciales. (APLICACIÓN DE CODIFICACIÓN ALFABETICA).

2.5. Optimización del plan de mantenimiento (PMO)

La optimización del plan mantenimiento (PMO) es una metodología que se basa en el estudio y recolección de datos de mantenimiento actuales dentro de sus primeros pasos, para después realizar la depuración y propuesta de nuevas actividades junto a un análisis de fallos.

El PMO tiene relación con el RCM debido a que usa el árbol de decisión para determinar las tareas de mantenimiento a realizarse, con el fin de ajustar la actividad de acuerdo con la falla que se quiere mitigar, además se requiere mejorar tanto la mantenibilidad, la confiabilidad y disminuir las horas de trabajo destinadas a las necesidades de mantenimiento.

El pilar fundamental del PMO se basa en el buen manejo de la información, en los aspectos de: la recolección, el manejo y la obtención en tiempo actual; además requiere de excelente información para determinar los análisis de fallas como a nivel de función, falla funcional, modos de fallas y programación de las tareas de mantenimiento, para lo cual toda la información debe ser sistematizada y centralizada en una plataforma de información la misma que debe poseer todos los datos del personal de trabajo, administración y todo lo necesario sobre el recurso humano y los equipos (Gutiérrez A. M., 2012,p.18).

Por lo tanto, uno de los problemas más comunes en presentarse es el plan de mantenimiento, ya que por estar mal realizado se suelen abandonar. Puesto que el personal de mantenimiento ejecuta tareas que se pueden prevenir fallas.

Un plan de mantenimiento que no aporte a la mejora de la disponibilidad es abandonado, es abandonado por parte del personal por motivo de que las tareas pueden conocerse de forma empírica, no obstante, algunos modos de fallos no son considerados debido a que no ha ocurrido antes u ocurre de forma repentina sin anomalías anteriores. Dichos modos de fallo pueden ser evaluados por medio de una Análisis de Modos de fallos, técnica utilizada en la metodología del PMO.

Por estos motivos las tareas de mantenimiento caen en un círculo vicioso en donde las fallas y el mantenimiento correctivo toma protagonismo, en donde se realizan tareas temporales, además disminuye los trabajos preventivos (Turner, 2000, p.8).

La metodología del PMO consta de nueve pasos que tienen como objetivo corregir los siguientes problemas:

- Tareas duplicadas.
- Tareas intrusivas o basadas en el tiempo, la cuales deben ser un mantenimiento predictivo basado en la condición.
- Tareas no efectivas.
- Malas frecuencias para las tareas.
- Fallas prevenibles que requieren un plan de mantenimiento.

La metodología del PMO consta de nueve pasos, que se describen a continuación:

- Paso 1. Recopilación de la información de mantenimiento.
- Paso 2. Racionalización y análisis de modos de falla (FMA).
- Paso 3. Revisión de los modos de falla.
- Paso 4. Análisis de funciones.
- Paso 5. Evaluación de consecuencias.
- Paso 6. Definición de la Política de Mantenimiento.
- Paso 7. Agrupación de tareas y revisión.
- Paso 8. Aprobación e implementación.
- Paso 9. Migración a un programa dinámico.

2.5.1. Recopilación de la información de mantenimiento

El primer paso de la metodología del PMO comprende la recolección de la información referente a las tareas de mantenimiento, con el fin de tener un punto base para determinar el estado inicial de la gestión de mantenimiento, de ser necesario.

La información para recolectarse durante este paso son las tareas o actividades de mantenimiento junto a su respectiva frecuencia y persona a cargo de su ejecución, estos datos suelen estar dentro de los planes de mantenimiento, ordenes de trabajo, manuales del fabricante, procedimientos de mantenimiento, parámetros de operación y mantenimiento, etc.

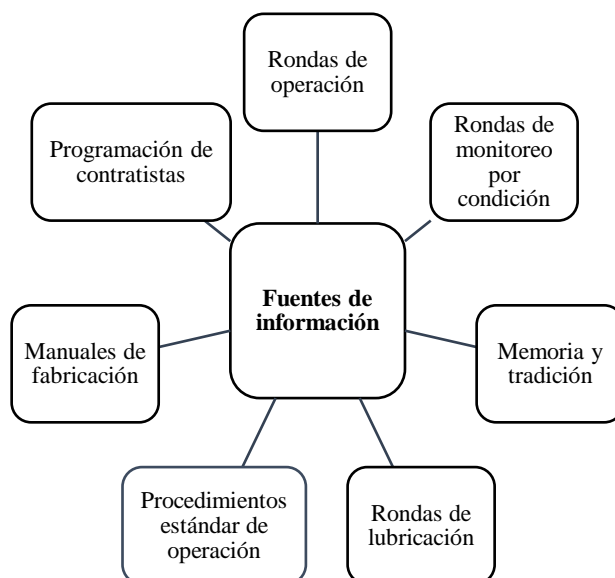


Ilustración 12-2: Fuente de tareas de mantenimiento preventivo

Fuente: (Tunner, 2009)

La información que se obtiene del plan de mantenimiento y por parte de los técnicos se debe registrar como se observa en la tabla 6-2 las tareas, frecuencias y la especialidad o responsable, a fin de poder agrupar esta información cuando se realice el PMO.

Tabla 6-2: Recopilación de información

Tarea	Frecuencia	Fuente
Tarea 1	Diario	Operador
Tarea 2	Diario	Operador
Tarea 3	6 meses	Mecánico
Tarea 4	6 meses	Mecánico
Tarea 5	Anual	Electricista
Tarea 6	Semanal	Operador

Fuente: Duarte Juan, 2013.

2.5.2. Racionalización y análisis de modos de falla (FMA)

Para este paso, se necesita determinar el o los modos de falla, que se definen como “la manera en la que el ítem o la subfunción no es capaz de cumplir con la función para la cual está destinado” (Villacreses 2018,p.25). Hay que mencionar, que las causas de falla a enlistarse en este paso están siendo mitigadas o reducidas con las tareas de mantenimiento del paso anterior. Se debe continuar con la tabla 7-2.

Tabla 7-2: Racionalización y revisión de los modos de falla

Descripción de tareas	Frecuencia	Modos de fallas
Tarea 1	Semanal	M01
Tarea 2	54 semanas	M01
Tarea 3	28 semanas	M02
Tarea 4	4 semanas	M02
Tarea 5	Semanal	M03
Creación del Nuevo Modo de Fallo		M04

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

2.5.3. Revisión de los modos de falla

En el presente paso se necesita realizar una revisión detenida de cada uno de los modos de falla obtenido anteriormente, y hacerse una depuración de existir tareas de mantenimiento iguales que estén atacando a la misma causa de falla. Mediante el análisis de los modos de falla en este paso, existe la posibilidad de la aparición de nuevos modelos que deberán ser incluidos dentro de los procesos obtenidos del personal de mantenimiento y manuales de fabricante, ver tabla 8-2

Tabla 8-2: Revisión de los modos de falla

Descripción de Tareas	Frecuencia	Responsable	Modos de fallas
Tarea 1	Diario	Operador	M01
Tarea 4	6 meses	Mecánico	M01
Tarea 5	Anual	Electricista	M02
Tarea 2	Diario	Operador	M02
Tarea 3	6 meses	Mecánico	M03
Nuevo modo de fallo			M04

Fuente: Duarte Juan, 2013.

2.5.4. Análisis de funciones

Este paso es opcional dentro del análisis del PMO, debido a que en esta instancia se realiza un análisis de las funciones del activo y que sucede cuando son afectadas por fallas imprevistas.

Hay que mencionar, que los modos de falla relacionados con las funciones y sus respectivos estándares de funcionamiento analizados en el presente paso deberán ser incluidos en el proceso de análisis del PMO, cuando se traten de equipos con un alto nivel de criticidad.

Se puede determinar la función que se pierde con cada falla, esto es opcional y se justifica en caso de que se realicen análisis a equipos críticos o muy complejos, en donde es esencial el entendimiento detallado de las funciones del equipo para asegurar un programa de mantenimiento sólido, en el caso de equipos poco críticos o sistemas simples, la identificación de las funciones agrega tiempo y costo, mas no beneficios tangibles (Flores, 2019, p.25).

Es importante verificar si se cumple con todas las funciones requeridas de los equipos con las tareas de mantenimiento. Un formato para la recolección de datos se muestra en la tabla 9-2.

Tabla 9-2: Análisis Funcional

Modos de fallas	Función requerida
Filtro de combustible cumple con su vida útil	Filtrar combustible sin impurezas ni fugas durante 500 horas
Filtro de combustible taponado	Transmitir combustible sin impurezas ni fugas durante 500 horas
Baja eficiencia del radiador por incrustaciones en los serpentines	Mantener el motor a una temperatura inferior de 110°C en conjunto con el sistema de refrigeración.

Fuente: Duarte Juan, 2013

A cada modo de fallo se le asigna la función requerida que cumple cada equipo de las unidades móviles de bombeo, de esta forma no se eliminarán las funciones requeridas importantes, además se pueden agrupar las tareas de mantenimiento según la función, a fin de obtener una sola tarea o conjunto de tareas que cubran esta necesidad. En la tabla 9-2 se muestra un extracto de los modos de falla y funciones de las M.T.U. y su desarrollo continúa en el Anexo G.

2.5.5. Evaluación de consecuencias

Las consecuencias de falla son “los efectos que puede provocar un modo de falla o una falla múltiple (evidencia de falla, impacto en la seguridad, en el ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos o indirectos)” (SAE JA 1011, 1999).

A continuación, un diagrama de información del RCM, se realiza el análisis de consecuencias de los modos de fallo que son evidentes. Como se muestra en la figura 13-2.

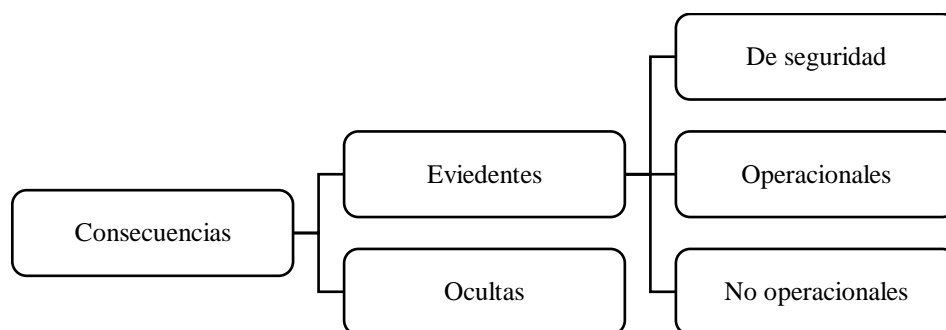


Ilustración 13-2: Tipos de Consecuencias

Fuente: Mayorga & Olmedo, 2019.

Las fallas evidentes son aquellas que pueden ser detectadas por el personal de operación, mediante inspecciones diarias. En cambio, las fallas ocultas o no evidentes son las que no muestran un

impacto inmediato en factores como la producción, o el funcionamiento del activo y a su vez el operador no advierte que la falla ha sucedido (Mayorga & Olmedo, 2019; Medina, 2016).

Cabe mencionar, que los fallos evidentes son detectables con facilidad por el personal de mantenimiento u operación, mientras que, las fallas ocultas son más difíciles de hallar debido a que no se presentan en condiciones de trabajo normal. En este paso, la metodología del PMO se basa en las consecuencias de falla expuestas en el libro RCM II de John Moubray, las cuales son descritas en la tabla 10-2.

Tabla 10-2: Consecuencias de falla

Categoría de falla	Consecuencia de falla	Descripción
Evidente	Para la seguridad y el medio ambiente	Una falla tiene consecuencia para la seguridad si puede lesionar o matar a alguien, tiene consecuencias para el medio ambiente si puede infringir alguna normativa relativa al medio ambiente de carácter corporativo, regional o nacional.
	Operacionales	Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción o a las operaciones.
	No operacionales	Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, de modo que solo involucra el costo directo de la reparación.
Ocultos	Ocultos	Son fallos que provienen de dispositivos de seguridad que pueden causar fallas múltiples.

Fuente: RCM II, 2002

2.5.6. Definición de la Política de Mantenimiento

En este paso, se debe tener en cuenta la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, porque se establece una política de mantenimiento nueva o revisada a través del principio del RCM (figura 14-2), donde se toman en cuenta los siguientes puntos:

- Las tareas de mantenimiento actual que son efectivas se conservan y la que no son efectivas se eliminan.
- Qué tareas serían más efectivas y menos costosas si se realizan con un mantenimiento basado en la condición, en lugar de llevarlas a fallas.
- Qué tipo de información se debe recolectar para predecir mejor el comportamiento del equipo.
- Cuáles son las fallas que se deben eliminar con la ayuda de un análisis de Causa Raíz (Ponce, 2018, p. 33).

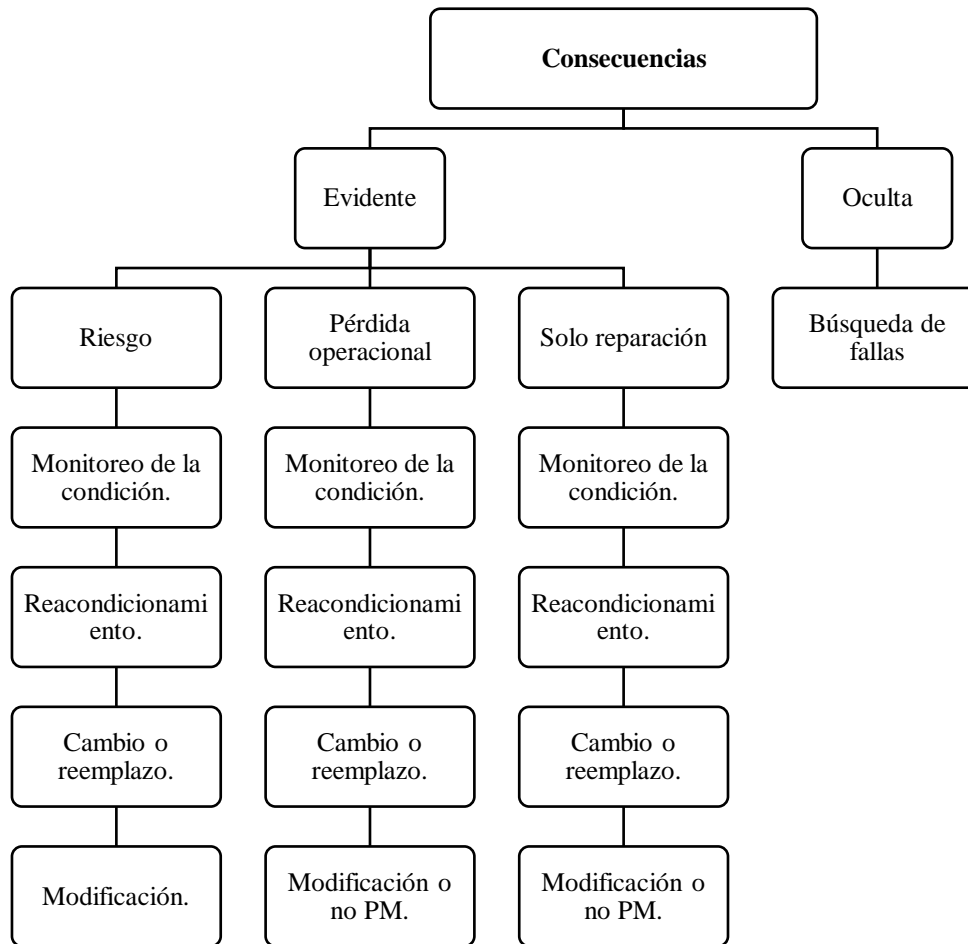


Ilustración 14-2: Estructura de consecuencias

Fuente: (Juan Duarte, 2013)

2.5.7. Agrupación de tareas y revisión

Durante el presente paso, se va a juntar tareas de mantenimiento para formar rutinas o gamas de mantenimiento de acuerdo con varios criterios como la frecuencia, modos de operación y especialista de ejecución.

El objetivo de armas rutinas de mantenimiento es mejorar la programación y planificación de los recursos a utilizarse en la ejecución de las tareas.

2.5.8. Aprobación e implementación

Determinadas las rutinas de mantenimiento es necesario presentar al personal de mantenimiento de la empresa, la propuesta diseñada con el fin de aprobación y socialización para su posterior implementación.

2.5.9. Migración a un programa dinámico

Para un mejor control de las actividades de mantenimiento propuestas en los pasos anteriores del PMO es necesario el uso de un software que ayudará, a la programación y planificación de recursos para el desarrollo de las actividades de una manera correcta.

Realizar una evaluación dentro de un tiempo superior a seis meses a un año ayudará a observar las mejores y deficiencias de la propuesta realizada, para lo cual, es necesario llevar un control del mantenimiento a través de documentación que es generada por un software, por lo tanto, es prescindible el uso de estos dentro de las empresas.

2.6. Logística de mantenimiento

La logística de mantenimiento se define como “la capacidad de una organización para proporcionar, bajo demanda y en unas condiciones dadas, los recursos necesarios para mantener un elemento, de acuerdo con una política de mantenimiento determinada” (Fernández, 2012).

Cuando se posee una adecuada gestión logística se cumple con los tiempos establecidos para las tareas de mantenimiento a realizar, al contar con toda la información y recursos necesarios para estas actividades, se puede registrar la información como se muestra en la tabla 11-2.

Tabla 11-2: Formato para la logística de mantenimiento

Equipo	Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Logística de mantenimiento					
			Mano de obra	Repuestos y materiales	Herramientas	Instrucciones	Manual técnico	Planos

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Según la norma (UNE-EN 13306, 2018, p. 18), la logística de mantenimiento es la provisión de recursos, servicios y gestión necesaria para realizar la tareas tanto preventivas como correctivas, está incluida por personal, equipos de ensayo, talleres, repuestos, documentación, herramientas, costos de mantenimiento, entre otros. Los elementos de apoyo logístico se describen en la tabla 12-2.

Tabla 12-2: Elementos de apoyo logístico

Medios y métodos	Elementos utilizados en la logística
Medios	Equipos de prueba, trabajo y calibración
	Suministro de materiales
	Personal y entrenamiento
	Transporte y manipulación
Métodos	Facilidades físicas de la planta
	Información técnica
	Plan de mantenimiento

Fuente: Administración De Las Operaciones Productivas

2.6.1. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento es un documento donde se encuentra el “conjunto estructurado de tareas que comprende las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para ejecutar el mantenimiento” (UNE EN 13306, 2013). Este tipo de documentación debe ser revisada periódicamente para observar la efectividad de las actividades realizadas, además de ser necesario se ajustan las frecuencias de ejecución.

La información necesaria en un plan de mantenimiento se muestra en la tabla 13-2. No obstante, la información puede realizarse de diferentes maneras. Es preferible acumular esta información en tablas a fin de que pueda agruparse y analizarse con facilidad.

Tabla 13-2: Formato para el plan de mantenimiento

Tarea de mantenimiento	Frecuencia	Repuestos y materiales			Herramientas y equipos de soporte				Personal necesario	Tiempo de ejecución (min)
		Descripción	Unidades	Cantidad	Descripción	Unidades	Cantidad	Especialidad		
								o		

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Las actividades registradas en el plan de mantenimiento provienen de fuentes como manuales del fabricante, (MANUALES-METODOLIGIAS DEL RCM -PMO) experiencias de otras empresas que posean activos de las mismas características y bases de datos externas como OREDA.

2.6.2. Frecuencias de mantenimiento

Las frecuencias son el intervalo de tiempo en el cual se realiza una y otra actividad detallada en el plan de mantenimiento. Un modelo de formato para registrar estas frecuencias se muestra en la tabla 14-2.

Tabla 14-2: Formato para la asignación de frecuencias

Tarea de mantenimiento	Frecuencia					
	500 h	1000 h	3000 h	6000 h	12000 h	Anual

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Existen frecuencias de mantenimiento basadas en el tiempo como anuales, semestrales, mensuales, etc., y otras, son en función de parámetros de operación como kilómetros, horas, etc., para tal efecto es necesario poseer contadores que registren este tipo de datos.

2.6.3. Curva P-F en el monitoreo de la condición

La curva P-F es una representación gráfica del comportamiento de una máquina desde que ha entrado en servicio hasta que se produzca una falla.

En intervalos de tiempo para inspecciones de mantenimiento basado en la condición se corre el riesgo que dentro de las inspecciones se alcance la falla funcional por eso el intervalo de tiempo entre inspecciones debe ser menor a el intervalo P-F.

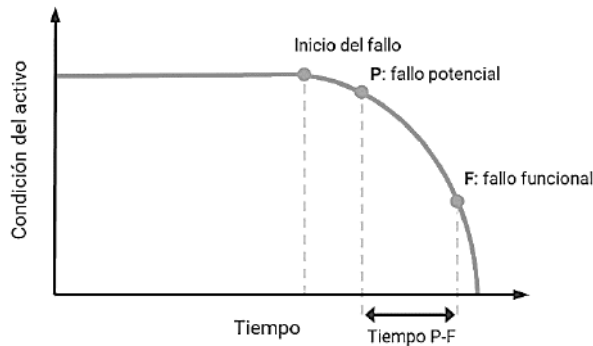


Ilustración 15-2: Curva P-F

Fuente: Cañada Hugo, 2014.

2.6.4. Gestión de mantenimiento asistido por ordenador

La gestión de mantenimiento asistido por ordenador es “un software orientado a facilitar la gestión del mantenimiento de activos de una organización situando en el centro del mantenimiento los “activos” o equipos” (Cañadas, 2020). Además, sirve para controlar las actividades a realizarse, tiempos, costos, personal, etc.

Los módulos más usados por los softwares de mantenimiento se muestran en la figura 16-2.

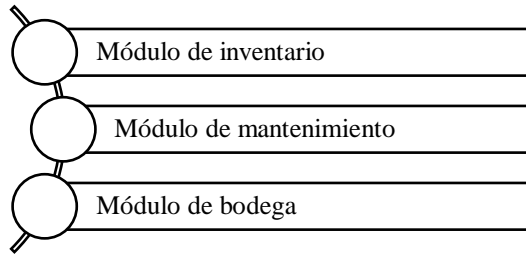


Ilustración 16-2: Módulo de los GMAO

Fuente: Cañadas Hugo, 2014

2.7. Capacitación

La misión de una capacitación es adquirir o renovar conocimientos sobre un tema en específico para realizar determinada actividad dentro del trabajo. En el campo del mantenimiento, es necesario adiestrar al personal para que desarrollen habilidades y aptitudes en torno a las nuevas metodologías, procedimientos, herramientas, etc..., que se van a utilizar.

Los tipos de capacitación según (Montiel & Alvarado, 2014,p.7) se detallan en la tabla 15-2.

Tabla 15-2: Tipos de capacitación

Tipo de capacitación	Descripción
Capacitación para el trabajo	Va dirigida al trabajador que va a desempeñar una nueva actividad ya sea por ser de reciente ingreso o por haber sido promovido o reubicado dentro de la misma empresa.
Capacitación Promocional	Busca otorgar al trabajador la oportunidad de alcanzar mayores niveles jerárquicos.
Capacitación en el trabajo	Es una serie de acciones encaminadas a desarrollar actividades y mejorar actitudes en los trabajadores. Se busca lograr la realización individual, al mismo tiempo que los objetivos de la empresa. Busca el crecimiento integral de la persona y la expansión total de sus aptitudes y habilidades, todo esto con una visión de largo plazo. El desarrollo incluye la capacitación, pero busca principalmente la formación integral del individuo, la expresión total de su persona

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Evaluación de la gestión de mantenimiento

En el presente capítulo se va a desarrollar la evaluación de la gestión de mantenimiento, mediante la “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM)”, la cual fue aplicada al personal que forman parte del área de mantenimiento, en donde se constató la información tanto como: el nivel de estudio, el cargo que ocupa, el tiempo en la empresa y experiencia laboral. También se dio a conocer como está conformada la encuesta, los objetivos y los parámetros a evaluarse, como muestra en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Información de personas encuestadas

N.º encuestados	Cargo en la empresa	Título profesional	Tiempo trabajando en la empresa	Años de experiencia
1	Supervisor (E)	Ingeniero	12 años	15 años
2	Operador Well Testing	Técnico	4 años	10 años
3	Operador de válvulas	Técnico	3 años	10 años
4	Electromecánico	Técnico Mecánico	4 años	9 años
5	Mecánico	Técnico automotriz	8 años	15 años
6	Instrumentista de mantenimiento	Ingeniero Electrónico	3 años	5 años
7	Asistente Mantenimiento	Técnico	3 años	4 años
8	Bodeguero	Ingeniero	2 años	6 años

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

En la tabla 2-3, se puede observar la encuesta realizada al Supervisor (E) del área mantenimiento, y la apreciación cuantitativa que tuvo frente a cada una de las preguntas que se le realizó.

Tabla 2-3: Encuesta realizada al Supervisor (E) del área mantenimiento

Recursos Gerenciales						
Preguntas para evaluar		1	2	3	4	5
1	¿Usted siente que mantenimiento está dotado de infraestructura y equipos para realizar su trabajo?				X	
2	¿La estructura organizativa del mantenimiento es favorable al cumplimiento de las tareas de mantenimiento?					X
3	¿La gerencia establece que mantenimiento colabore con producción para alcanzar las metas?				X	
4	¿La gerencia establece a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de las actividades?				X	
5	¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver problemas que afecten a ambos departamentos?				X	
6	¿La gerencia promueve a que personal de mantenimiento (mecánico, electricista, operadores, etc.), trabajen en conjunto para resolver problemas?				X	

7	¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?				X	
8	¿El personal en general recibió adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo? (inducción).			X		
9	¿El personal de mantenimiento recibe capacitaciones para actualizar sus conocimientos técnicos de mantenimiento?			X		
10	¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?				X	
11	¿La gerencia revisa y da seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?			X		
12	¿Los objetivos de mantenimiento están alineados con los objetivos de la empresa?			X		
	PUNTUACION TOTAL CRITERIOS	0	0	12	28	5
Gerencia de la Información						
Preguntas para evaluar						
		1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento tiene manuales de todos los equipos existentes?				X	
14	¿Están los catálogos de cada equipo de la empresa identificado y codificado, acorde a la codificación del equipo?				X	
15	¿Está cada equipo de la empresa identificado y codificado?				X	
16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?					X
17	¿Tienen todos los equipos planes de mantenimiento?					X
18	¿Se realizan planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?				X	
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?				X	
20	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?				X	
21	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?					X
22	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?				X	
23	¿Tienen el inventario de repuestos de los equipos críticos?			X		
24	¿El departamento de mantenimiento se compara con otros departamentos de mantenimiento para medir su desempeño ("Benchmarking")?				X	
	PUNTUACION TOTAL CRITERIOS	0	0	3	32	15
Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo						
Preguntas para evaluar						
		1	2	3	4	5
25	¿El departamento de mantenimiento utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?			X		
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, aumento/descenso, necesidades de capacitación, etc.?			X		
27	¿El departamento de mantenimiento tiene personal exclusivo para las tareas de Mantenimiento Preventivo?				X	
28	¿Los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?				X	
29	¿El departamento de mantenimiento utiliza técnicas de mantenimiento predictivo?		X			
30	¿La gerencia de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?		X			
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas?			X		
32	¿El departamento de mantenimiento tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?		X			
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de nuevos equipos?			X		
34	¿Se capacita al personal para el uso correcto de nuevos equipos?			X		
35	¿Se capacita al personal que va a mantener los nuevos equipos?				X	

36	¿El departamento de mantenimiento da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?			X		
PUNTUACION TOTAL CRITERIOS		0	6	18	12	0
Planificación						
Preguntas para evaluar		1	2	3	4	5
37	¿Son prioridades las tareas de mantenimiento correctivo/preventivo?				X	
38	¿El departamento utiliza las OT para las actividades correctivas?				X	
39	¿Se da seguimiento a la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo/preventivo?				X	
40	¿El departamento asigna y controla las horas asignadas para las actividades de mantenimiento?				X	
41	¿El departamento desarrolla los procedimientos a seguir para la ejecución de las actividades de mantenimiento?				X	
42	¿Es el personal de mantenimiento asignado a las actividades de mantenimiento según sus conocimientos y habilidades?				X	
43	¿Existe un cronograma de actividades de mantenimiento planificadas?					X
44	¿El departamento utiliza planificadores de mantenimiento para preparar el alcance de mantenimientos mayores ("shut downs, overhauls")?		X			
45	¿La empresa utiliza contratistas calificados para realizar labores de mantenimiento ("outsourcing")?		X			
46	¿La empresa 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 producción) que tiene el sistema sobre el cual se va a ejecutar el mantenimiento?			X		
48	¿Se define el cambio crítico de los mantenimientos mayores y se identifican los repuestos críticos?				X	
PUNTUACION TOTAL CRITERIOS		0	4	6	28	5
Soporte, Calidad y Motivación						
Preguntas para evaluar		1	2	3	4	5
49	¿Están disponibles los repuestos y materiales a la hora de ejecutar las actividades demantenimiento?			X		
50	¿Da bodega una respuesta eficiente a las solicitudes de repuestos?			X		
51	¿Se lleva un registro de salida y retorno de los elementos de los equipos llevados a loscontratistas para mantenimiento correctivo?			X		
52	¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio delimpacto de no tener el repuesto en el almacén?			X		
53	¿Se tiene identificación de los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?				X	
54	¿El criterio de calidad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento está por encimade criterio de rapidez?			X		
55	¿Se tiene un proceso que permita verificar la calidad de las actividades de mantenimientooejecutadas?				X	
56	¿Es la calidad en el área de mantenimiento un objetivo importante?				X	
57	¿Tiene la empresa un interés real en satisfacer las diferentes necesidades de sus trabajadores?				X	
58	¿El buen desempeño de los trabajadores es bien recompensado dentro de la empresa(económico-motivacional)?			X		
59	¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?			X		
60	¿El personal de mantenimiento sigue las políticas y procedimientos de seguridad?				X	
PUNTUACION TOTAL CRITERIOS		0	0	21	20	0
Puntuación total por criterio						

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Con los resultados obtenidos se analizan las puntuaciones totales de cada encuestado como se muestra en la tabulación en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Resultados evaluados

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			
	Recursos Gerenciales									361	53	60
ÁREAS EVALUADAS	Gerencia de la Información	50	42	42	49	53	54	46	40	376	53	60
	Equipos y técnicas de mantenimiento	46	35	46	42	50	52	45	40	356	53	60
	Planificación	43	37	44	46	50	53	47	46	366	53	60
	Soporte, calidad y motivación	41	41	35	36	45	55	50	41	344	53	60
SUMA TOTAL =										1803 /8		
RESULTADO										225.38		
CATEGORÍA ACTUAL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO SEGÚN EL RANGO DE ESTIMACIÓN		NIVEL DE BUENA PRACTICAS DE MANTENIMEINTO										

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

El nivel que se obtenido relaciona con los rangos de categoría que se encuentra en la Gestión de mantenimiento de la empresa, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Límite de referencia de cada área} = \frac{\text{Límite de referencia de la gestión}}{\text{Número de área evaluadas}} \quad (1)$$

$$\text{Límite de referencia de cada área} = \frac{261}{5}$$

$$\text{Límite de referencia de cada área} = 52,2 \cong 53$$

Luego de obtener los resultados por medio de la “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM)”, se obtuvo una puntuación de 225.38 puntos, lo que indica que la gestión de mantenimiento en el área de mantenimiento de la empresa SERTECPET S.A., se encuentra en el nivel de la categoría: de “nivel buenas prácticas de mantenimiento”, según la metodología de evaluación (EEM). Como se muestra en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Nivel de categoría.

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

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Se determinó que las tres primeras áreas evaluadas las cuales son recursos gerenciales, gerencia de la información y equipos y técnicas de mantenimiento preventivo se acerca al límite de referencia donde se deben conseguir 53 puntos para que la gestión de mantenimiento actual realice mejoras hacia un nivel de excelencia de mantenimiento, mientras que las dos áreas de planificación y la última área es soporte, calidad y motivación que están por debajo del límite aceptable son el área de planificación y el área de soporte, calidad y motivación.

Con estos resultados, se determina que mediante la aplicación de la metodología de la optimización del plan de mantenimiento (PMO) se alcanzara un “nivel de excelencia de mantenimiento al personal de mantenimiento”

El punto de partida de la metodología mencionada anteriormente son las tareas que se realizan en la empresa e información relacionada al plan de mantenimiento.

3.2. Inventario

El levantamiento de información se lo va realizar en las Unidades Móviles de Prueba (MTU) convencionales en el área de mantenimiento de la empresa SERTECPET S.A base El Coca, donde se recolecto la información a través de los técnicos como: base de datos, fichas técnicas, esta máquina posee los siguientes componentes tabla 5-3.

Tabla 5-3: Componentes de la MTU

Nombre	Serie	Código
Motor de combustión interna	3406	MCI
Bomba centrífuga (booster)	MUDDHOGG	BCF
Tablero de control	50-30-8372	TEM
Reductor de velocidad	R19356	RDV
Bomba de desplazamiento positivo	300 Q-5	BDP
Bomba de lubricación forzada	702000	BLF
Bomba de inyección de químico	430-4D	BIQ
Separador	V-153	SPD
Plataforma	2013	PTF

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Una vez recabada la información para el inventario técnico de los equipos pertenecientes al área de mantenimiento, se procedió documentar la información con lo cual se presenció que existen 17 unidades móviles de prueba (MTU) convencionales, donde se encuentran en operación de las cuales 3 unidades están en modo de espera (*Stan By*) como se puede observar en la tabla 5-4

Tabla 6-3: Lista unidades móviles de prueba. (MTU)

Ítem	Equipo	Estado
1	MTU 01	Mantenimiento
2	MTU 04	Rentada
3	MTU 12	Rentada
4	MTU 18	Stan by
5	MTU 19	Producción
6	MTU 20	Producción
7	MTU 26	Producción
8	MTU 27	Stan by
9	MTU 30	Producción
10	MTU 32	Evaluación
11	MTU 34	Rentada
12	MTU 37	Producción
13	MTU 38	Stan by
14	MTU 39	Mantenimiento
15	MTU 4	Producción
16	MTU 54	Evaluación
17	MTU 60	Evaluación
8	MTU 27	Stan by
9	MTU 30	Producción

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

3.3. Codificación

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

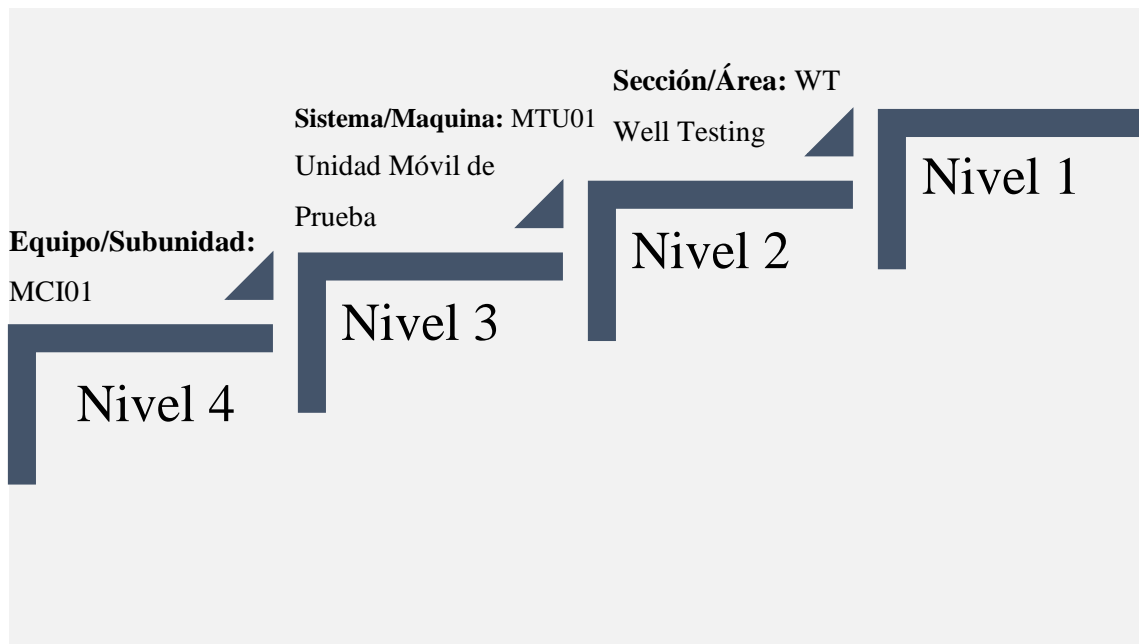


Ilustración 1-3: Codificación de los equipos

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

3.3.1. Nivel uno: Ubicación

El primer nivel jerárquico que corresponde a la ubicación, la cual tiene un código alfabético de tres dígitos, como se muestra en la figura 2-3.

Código Nivel uno	•STP
Descripción	•SERTECPET

Ilustración 2-3: Código nivel uno

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

3.3.2. Nivel dos: Área

Código Nivel dos	•WTE
Descripción	•Well Testing

Ilustración 3-3: Código nivel dos

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

El segundo nivel jerárquico pertenece al área, se le designa un código alfabético, como se presenta en la figura 3-3.

3.3.3. Nivel tres: Sistema o máquina

En el nivel tres la codificación que hace referencia al sistema o máquina está conformada por tres letras y dos números por el nombre del activo; donde los tres primeros dígitos son alfabéticos, que representan el nombre del equipo; y los dos últimos alfanuméricos como se muestra en la figura 4-3.

Código Nivel tres	•MTU01
Descripción	•Mobile Testing Unit

Ilustración 4-3: Código nivel tres

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

3.3.4. Nivel cuatro: Equipo

En el nivel cuatro se designan la codificación a los equipos del sistema; el código asignado es alfanumérico, compuesto por tres letras y dos números, donde la primera letra representa a la familia y las dos siguientes letras representan el tipo de equipo y si tuvieran más de dos equipos del mismo tipo utilizamos los números para diferenciarlos.

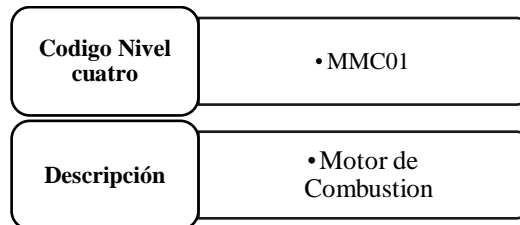


Ilustración 5-3: Código nivel cuatro

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

En la tabla 7-3 muestra la codificación con los siguientes niveles de una MTU del área de mantenimiento y producción. En donde STP detalla la planta, WT el área del trabajo, MTU01 el sistema y MMC01 el equipo del sistema siendo:

- STP: SERTECPET
- WT: Área de prueba (*Well testing*)
- MTU01: Unidad Móvil de Prueba

En este último código se utiliza las siguientes abreviaturas: M: para equipos mecánicos, E: para equipos eléctricos, C: para estructuras civiles, o plataformas

Tabla 7-3: Codificación completa

Código	Nombre
STP-WT-MTU01-MCI01	Motor de combustión interna
STP-WT-MTU01-RDV01	Reductor de velocidad
STP-WT-MTU01-TEM01	Tablero de control
STP-WT-MTU01-BCF01	Bomba centrífuga (booster)
STP-WT-MTU01-BDP01	Bomba de desplazamiento positivo
STP-WT-MTU01-BLF01	Bomba de lubricación forzada
STP-WT-MTU01-BIQ01	Bomba de inyección de químico
STP-WT-MTU01-SPD01	Separador
STP-WT-MTU01-PTF01	Plataforma

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

3.4. Optimización del plan de mantenimiento

3.4.1. Paso uno. Recopilación de tareas de mantenimiento

La recopilación de las tareas del mantenimiento de las unidades móviles de prueba (MTU), dentro del plan de mantenimiento vigente PM1, también hay que mencionar que las tareas de mantenimiento recogidas fueron de varias fuentes como:

- Plan de mantenimiento vigente PM1.
- Manuales de los equipos.
- Experiencia del personal de mantenimiento.
- Rutina de Operadores.
-

En la tabla 8-3, se muestra el registro del motor de combustión interna MMC01 que consta de la frecuencia, la fuente, la especialidad de cada una de las tareas de mantenimiento preventivo. Esto se lo realiza para cada uno de los equipos. Se omite el código para mostrar solo la información necesaria.

Tabla 8-3: Tareas de mantenimiento realizadas en los motores de la MTU

Tareas de mantenimiento	Frecuencia	Fuente	Especialidad
Cambio de filtro principal de combustible	500	Manual	Mecánico
Cambio del filtro de combustible auxiliar racord	500	Manual	Mecánico
Cambio en condición filtro de aire	500	Manual	Mecánico
Limpieza depurador y líneas del filtro de aire	500	R.Operadores	Técnico
Cambio de aceite del motor	500	Manual	Mecánico
Limpieza del radiador	500	Plan Mtto	Mecánico
Reparación de Radiador	24000	Manual	Mecánico
Cambio de condición del Refrigerante	600	Manual	Mecánico
Reemplazar mangueras y abrazaderas	24000	Manual	Mecánico
Lubricación rodamientos del ventilador	500	Plan Mtto	Técnico
Limpieza Turbo Corrige GP	500	R.Operadores	Técnico
Cambio junta flexible del escape	1000	Plan Mtto	Mecánico
Reemplazar los rodamientos de ventilador	1200	Plan Mtto	Mecánico
Cambio de bandas del alternador y ventilador	1200	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza interna en condición tanque de combustible	1000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación en condición bomba de inyección	1200	R.Operadores	Mecánico
Limpieza de filtro de colador de combustible	6000	R.Operadores	Mecánico
Calibración válvulas de motor	6000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación de válvulas	24000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación tren de válvulas	6000	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza breather de gases del motor	6000	Plan Mtto	Eléctromecánico
Reparación del switch contactores de arranque	6000	R.Operadores	Eléctromecánico

Limpieza de bornes de la batería	500	R.Operadores	Mecánico
Engrase de crucetas	500	R.Operadores	Mecánico
Lubricación rodamientos del embrague	500	R.Operadores	Mecánico
Revisión manual banda alternador y ventilador	500	R.Operadores	Eléctromecánico
Revisión manual nivel de refrigerante	500	R.Operadores	Mecánico
Revisión manual en condición de inyectores	500	R.Operadores	Mecánico
Revisión manual en condición de inyectores	500	R.Operadores	Mecánico
Revisión visual indicadores de motor	500	R.Operadores	Mecánico
Revisión visual del tablero de control	500	R.Operadores	Mecánico
Revisión visual del tablero de control	500	R.Operadores	Mecánico
Revisión visual cañerías de combustible	500	R.Operadores	Mecánico
Revisión manual del motor de arranque	500	R.Operadores	Eléctromecánico
Revisión visual nivel de refrigerante	500	R.Operadores	Eléctromecánico
Revisión visual turbo Cartridge GP	500	R.Operadores	Eléctromecánico

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

La recopilación de las tareas de los otros equipos se encuentra en el ANEXO F .

3.4.2. Análisis de los modos de falla

Cada tarea está dirigida a atacar un modo de fallo, y cada fallo produce la pérdida total o parcial de la función de cada componente, por lo tanto, de cada tarea de mantenimiento preventivo se le asigna el modo de fallo y la función con la finalidad de encontrar tareas repetidas en el plan.

En el presente paso se procede a evaluar las consecuencias de falla, de acuerdo con dos categorías las cuales son: consecuencias de falla evidentes y consecuencias de falla oculta.

En la tabla 10-3 se muestra un código para cada tipo de falla con la finalidad de encontrar tareas que ataquen un mismo modo de falla, o a su vez que una nueva tarea pueda reemplazar a varias tareas anteriores y que estén enfocadas a mantener la función principal o secundaria de cada equipo. Este código se muestra como M001, M002, M003.

En la misma tabla se continúa con el análisis de los modos de falla de cada una de las tareas de mantenimiento preventivo del motor de combustión. El resto de modo de fallas se encuentra en el ANEXO H: PASÓ 2 y 3: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA.

Tabla 9-3: Análisis de los modos de fallo en los motores de la MTU

Tarea	Modo de fallo	Función	Consecuencia	Política	Código	Observaciones
Cambio de filtro principal de combustible	Filtro de combustible cumple con su vida útil	Bompear combustible sin impurezas a 30 psi	Operacionales	M.C	M.032	Nueva tarea
Cambio del filtro de combustible auxiliar racord	Filtro de combustible taponado	Bompear combustible sin impurezas a 4 psi	Seguridad y media ambiente	M.C	M.023	Se mantiene
Cambio en condición filtro de aire	Filtro de aire cumple con el tiempo entre fallos	Suministrar aire sin impurezas	No operacionales	R.C	M.013	Nueva tarea
Limpieza depurador y líneas del filtro de aire	Depurador y líneas de aire obstruidos	Suministrar aire sin impurezas	No operacionales	C.B	M.034	Tarea eliminada
Cambio de aceite del motor	El aceite cumple con el tiempo de vida	Bompear aceite sin impurezas a 2 psi	Operacionales	C.B	M.028	Tarea eliminada
Limpieza del radiador	Baja eficiencia del radiador por incrustaciones en los serpentines	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Operacionales	C.B	M.031	Se mantiene
Reparación de Radiador	Radiador presenta fugas	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Operacionales	M.C	M003	Nueva tarea
Cambio de condición del Refrigerante	Refrigerante cumple con su tiempo de funcionamiento	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Operacionales	R.C	M005	Se mantiene
Reemplazar mangueras y abrazaderas	Mangueras presentan fisuras	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Operacionales	M.C	M002	Tarea eliminada
Lubricación rodamientos del ventilador	Grasa en los rodamientos del ventilador con impurezas	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Operacionales	R.C	M.024	Nueva tarea
Limpieza Turbo Corrige GP	Turbo GP obstruido	Suministrar aire a presión sin impurezas	Operacionales	M.C	M.013	Nueva tarea
Cambio junta flexible del escape	El tubo de escape presenta vibraciones por junta flexible desgastada	Enviar el aire de combustión sin fugas	Seguridad y medio ambiente	M.C	M002	Nueva tarea
Reemplazar los rodamientos de ventilador	Exceso de vibraciones en el ventilador desgasta los rodamientos del ventilador	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Operacionales	R.C	M.019	Tarea eliminada
Cambio de bandas del alternador y ventilador	Banda del alternador cumple con su tiempo de funcionamiento	Transmitir movimiento del cigüeñal a el árbol de levas, alternado y bombas	Operacionales	R.C	M.021	Se mantiene

(continúa)

Limpieza interna en condición tanque de combustible	Impurezas en el combustible provocan incrustaciones en el fondo del tanque	Bombear combustible sin impurezas a 4 psi	Seguridad y media ambiente	M.C	M.021	Se mantiene
Reparación en condición bomba de inyección	Bomba de inyección con goteos	Pulverizar el combustible dentro de la cámara a una presión de 100 psi	Operacionales	Búsqueda de falla	M.028	Tarea eliminada
Limpieza de filtro de colador de combustible	Colador de combustible obstruido	Bombear combustible sin impurezas a 4 psi	Seguridad y medio ambiente	C.B	M.029	Se mantiene
Calibración válvulas de motor	Vibraciones del motor provocan una descalibración en la válvula del motor	Mantener un juego de 2mm en compensación de la dilatación térmica	Operacionales	Reemplazo	M005	Nueva tarea
Reparación de válvulas	Degaste en el asiento de las válvulas por desgaste normal	Transmitir movimiento del cigüeñal a él árbol de levas, alternado y bombas	Operacionales	M.C	M006	Tarea eliminada
Reparación tren de válvulas	Desbalance en el árbol de levas	Transmitir movimiento del cigüeñal a el árbol de levas, alternado y bombas	Operacionales	C.B	M008	Tarea eliminada
Limpieza <i>breather</i> de gases del motor	Gases de escape en el motor	Enviar el aire de combustión sin fugas	Seguridad y medio ambiente	*	M.028	Nueva tarea
Reparación del <i>switch</i> contactores de arranque	Contactores flojos de los contactores no permiten el arranque	Iniciar el arranque en el volante motor sin golpes	Operacionales	C.B	M004	Tarea eliminada
Limpieza de bornes de la batería	Bornes de batería sulfatadas	Suministrar 12.7v al sistema	Operacionales	M.C	M.019	Nueva tarea
Engrase de crucetas	Grasa en las crucetas deteriorada	Trasmitir movimiento en las crucetas	Operacionales	C.B	M.021	Tarea eliminada
Lubricación rodamientos del embrague	Rodamientos del embrague con poco grasa	Trasmitir movimiento en las crucetas	No operacionales	M.C	M.031	Nueva tarea
Revisión manual banda alternador y ventilador	Alternador y ventilador pierde eficiencia a la vez	Transmitir movimiento del cigüeñal a el árbol de levas, alternado y bombas	Operacionales	M.C	M.015	Nueva tarea
Revisión manual nivel de refrigerante	Nivel de refrigerante bajo por fugas	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Seguridad y medio ambiente	R.C	M.024	Tarea eliminada
Revisión manual en condición de inyectores	Inyector presenta fugas	Pulverizar el combustible dentro de la cámara a una presión de 100 psi	Operacionales	M.C	M005	Tarea eliminada

(continúa)

Revisión visual indicadores de motor	Tablero de indicadores con alertas	Visualizar el estado del motor, temperatura, presión de aceite, nivel del agua	Operacionales	M.C	M.022	Tarea eliminada
Revisión visual del tablero de control	indicadores en el tablero con anomalías	Visualizar el estado del motor, temperatura, presión de aceite, nivel del agua	Operacionales	R.C	M008	Nueva tarea
Revisión visual cañerías de combustible	Fugas en las cañerías de combustible	Bombear combustible sin impurezas a 30 psi	Seguridad y medio ambiente	C.B	M003	Nueva tarea
Revisión manual del motor de arranque	Exceso de ruido al momento de accionar el motor de arranque	Iniciar el arranque en el volante motor sin golpes	Operacionales	C.B	M.030	Se mantiene
Revisión visual nivel de refrigerante	Nivel de refrigerante bajo	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Seguridad y medio ambiente	C.B	M.028	Tarea eliminada
Revisión visual turbo <i>Cartridge</i> GP	Turbo <i>Cartridge</i> GP con fisuras	Suministrar aire a presión sin impurezas	Para la seguridad y medio ambiente	M.C	M.018	Nueva tarea

Realizado por: Hernández, Eddie, 2021.

3.4.3. *Revisión de los modos de falla*

En la tabla 10-3 se registran probables modos de falla en el motor de combustión expuestos en el paso anterior, y de ser necesario se agregarán nuevos modos de falla que no se encuentren en el plan de mantenimiento, también se tomará el historial de fallos en el equipo o en equipos similares e información del manual del fabricante.

Tabla 10-3: Revisión de los modos de falla

Modos de fallas
Pedida de potencia en el motor
Filtro de combustible auxiliar record obstruido
Perdida potencia en el motor
Depurador obstruido/líneas del filtro de aire obstruidas
Aceite saturado
Radiador obstruido
Bajo nivel de refrigerante
Refrigerante saturado
Mangueras desgastadas / abrazaderas defectuosas
Falta de lubricación en los rodamientos del ventilador
Turbo-Corrige GP defectuoso
Tubo de escape fisurado
Banda del alternador y ventilador defectuosa
Bajo rendimiento del motor
Bomba de transferencia desgastada
Bomba de infección deteriorada
Tren de válvulas desgastado
Válvulas desgastadas
Inadecuada relación aire-combustible
Contactos flojos
Motor de arranque cortocircuitado
Contactos flojos en el panel de indicadores
Bornes sulfatados/Bajo nivel de baterías
Cable de batería desgastado
Nuevos Modos De Fallas
Fugas en el Carter
Sello de cobre del Carter desgastado
Bomba de agua desgastada
Contactos flojos en el tablero de control
Baterías sulfatadas o desgastadas
Contactos oxidados del sistema eléctrico de control

Realizado por: Hernández, Eddie, 2021.

El resto de modo de fallas se encuentra en el ANEXO H: PASÓ 2 y 3: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA.

3.4.4. *Depuración y codificación de los modos de falla*

En la tabla 11-3 se pueden observar los modos de falla para cada equipo de los motores de la MTU. De forma simplificada las fugas de fluido contaminantes, fallas que produzcan fugas de

presión, fallo primario o secundario que causen un paro que pueda causar daño al personal son considerados como consecuencias al medio ambiente.

Una vez evaluadas las consecuencias a la seguridad se procede a verificar cuales modos de fallo provocan consecuencias a la operación. De forma simplificada, los fallos a los componentes que causen un paro a la producción que no causen daños al personal ni medio ambiente se consideran daños a la operación. En cambio, las fallas que no causen daños al ambiente, a las personas ni a la operación, se consideran en este apartado como consecuencias no operativas.

3.4.5. Evaluación de las consecuencias de falla

En este paso se decide a qué tipo de consecuencias (ocultas o evidentes) que pertenece cada modo de falla, si las consecuencias son evidentes se analizan los siguientes impactos: si afecta la operación (afecta el plan de producción), impacto no operacional (afecta los costes de mantenimiento), impacto en la seguridad (afecta a la seguridad humana o medioambiental).

Además, los defectos reales son aquellos que pueden detectarse mediante inspección sensorial, mientras que los defectos ocultos no son detectables por los sentidos en condiciones normales.)]

En la tabla 11-3 se desarrolló este paso, para lo cual ha sido tomado como ejemplo aplicativo al motor Caterpillar de generación.

Tabla 11-3: Evaluación de las consecuencias de falla.

Modo de falla	Código	Consecuencia evidente			Consecuencias ocultas
		Operacionales	No operacional	Seguridad	
Filtro de combustible obstruido	MT01	X			
Filtro de combustible auxiliar record obstruido	MT02	X			
Filtro de aire defectuoso	MT03		X		
Depurador obstruido/líneas del filtro de aire obstruidas	MT04	X			
Aceite saturado	MT05	X			
Radiador obstruido	MT06	X			
Bajo nivel de refrigerante	MT07		X		
Refrigerante saturado	MT08	X			
Mangueras desgastadas / abrazaderas defectuosas	MT09	X			
Bomba de agua deteriorada	MT10	X			
Falta de lubricación en los rodamientos del ventilador	MT11	X			
Turbo-Cartridge GP defectuoso	MT12	X			
Fugas en el carter	MT13		X		

Sello de cobre del carter desgastado	MT14	X			
Tubo de escape fisurado	MT15		X		
Junta flexible del escape deformada	MT16	X			
Banda del alternador y ventilador defectuosa	MT17		X		
Desgaste de la banda del alternador y ventilador	MT18	X			
Bajo rendimiento del motor	MT19	X			
Fugas en las cañerías de combustible	MT20	X			
Bomba de transferencia desgastada	MT21	X			
Bomba de infección deteriorada	MT22	X			
Falta de regulación de la mezcla aire combustible	MT23		X		
Inadecuada relación aire-combustible	MT24		X		
Válvulas desgastadas	MT25	X			
Tren de válvulas desgastado	MT26	X			
Obstrucción del breather del motor	MT27		X		
Saturación del filtro colador de combustible	MT28	X			
Contactos flojos	MT29		X		
Contactos sulfatados	MT30	X			
Motor de arranque cortocircuitado	MT31	X			
Contactos flojos en el panel de indicadores	MT32		X		
Contactos flojos en el tablero de control	MT33		X		
Bornes sulfatados/Bajo nivel de baterías	MT34		X		
Baterías sulfatas o desgastadas	MT35	X			
Cable de batería desgastado	MT36		X		
Cables de la batería rotos	MT37	X			
Alternador defectuoso	MT38	X			
Contactos oxidados del sistema eléctrico	MT39	X			

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

En el presente paso se procede a evaluar las consecuencias de falla, de acuerdo con dos categorías las cuales son: Consecuencias de falla evidentes y consecuencias de falla ocultas. La depuración y codificación de los modos de falla se encuentran en el ANEXO I: PASO 4: DEPURACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA y la continuación de la evaluación de las consecuencias se encuentra en el ANEXO J: PASO 5 y 6: EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DE FALLA Y DETERMINACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO.

La tabla 11-3 se muestra las tareas de mantenimiento que mitigarán las consecuencias de falla. Hay que mencionar, que estas actividades de mantenimiento fueron tomadas de manuales y experiencia de los técnicos de mantenimiento del área de intervención. Mientras que, en la tabla 14-3 se muestra las tareas de mantenimiento que mitigarán las consecuencias de falla.

3.4.6. Agrupación de tareas de mantenimiento y revisión

Para obtener un mejor control del mantenimiento es necesario agrupar las tareas de mantenimiento en rutinas de mantenimiento de acuerdo con varios parámetros como: frecuencia de ejecución, técnico responsable y modos de operación.

En la tabla 14-3 se obtiene el presente trabajo dónde se agrupan las tareas de mantenimiento de acuerdo con su frecuencia y en el ANEXO K: PASÓ 7: LISTAR POR FRECUENCIA Y ESPECIALIDAD se muestra todas las tareas agrupadas por frecuencias

Tabla 12-3: Definición de políticas de mantenimiento

Modo de falla	Cód.	Consecuencia evidente			Tarea para consecuencia evidente				Consecuencia oculta
		O	NO	S	TC	SC	RC	CT	
Filtro de combustible obstruido	M01	X				X			
Filtro de combustible auxiliar record obstruido	M02	X				X			
Filtro de aire defectuoso	M03		X					X	
Depurador obstruido/líneas del filtro de aire obstruidas	M04	X			X				
Aceite saturado	M05	X				X			
Radiador obstruido	M06	X			X				
Bajo nivel de refrigerante	M07		X		X				
Refrigerante saturado	M08	X			X				
Mangueras desgastadas / abrazaderas defectuosas	M09	X			X				
Bomba de agua deteriorada	M10	X					X		
Falta de lubricación en los rodamientos del ventilador	M11	X						X	
Turbo-Cartridge GP defectuoso	M12	X			X				
Turbo-Cartridge GP desgastado	M13	X						X	
Fugas en el Carter	M14		X				X		
Sello de cobre del carter desgastado	M15	X				X			
Tubo de escape fisurado	M16		X					X	
Junta flexible del escape deformada	M17	X					X		
Banda del alternador y ventilador defectuosa	M18		X		X				
Desgaste de la banda del alternador y ventilador	M19	X				X			
Bajo rendimiento del motor	M20	X					X		
Fugas en las cañerías de combustible	M21	X			X				
Bomba de transferencia desgastada	M22	X				X			
Bomba de inyección deteriorada	M23	X			X				
Falta de regulación de la mezcla aire combustible	M24		X		X				
Inadecuada relación aire-combustible	M25		X				X		
Válvulas desgastadas	M26	X				X			
Tren de válvulas desgastado	M27	X				X			
Obstrucción del breather del motor	M28		X					X	
Saturación del filtro colador de combustible	M29	X						X	
Contactos flojos	M30		X		X				

(continua)

Contactos sulfatados	M31	X					X	
Motor de arranque cortocircuitado	M32	X					X	
Contactos flojos en el panel de indicadores	M33		X		X			
Contactos flojos en el tablero de control	M34		X		X			
Bornes sulfatados/Bajo nivel de baterías	M35		X				X	
Baterías sulfatas o desgastadas	M36	X			X			
Cable de batería desgastado	M37		X			X		
Cables de la batería rotos	M38	X				X		
Alternador defectuoso	M39	X			X			
Contactos oxidados del sistema eléctrico	M40	X					X	

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Tabla 13-3: Tareas de mantenimiento y frecuencia

Modo de falla	Cod. Modo de falla	Nueva tarea de mantenimiento	Frecuencia
Filtro de combustible obstruido	M01	Cambiar el filtro de combustible principal	500 horas
Filtro de combustible auxiliar racord obstruido	M02	Cambiar el filtro de combustible auxiliar racord	500 horas
Filtro de aire defectuoso	M03	Inspección del estado del filtro y cambio de ser necesario	500 horas
Depurador obstruido/líneas del filtro de aire obstruidas	M04	Limpieza del depurador y líneas de aire	500 horas
Aceite saturado	M05	Cambio de aceite	500 horas
Radiador obstruido	M06	Limpieza integral del radiador	500 horas
Bajo nivel de refrigerante	M07	Inspección del nivel de aceite refrigerante	500 horas
Refrigerante saturado	M08	Cambio del refrigerante	12000 horas
Mangueras desgastadas / abrazaderas defectuosas	M09	Inspección del estado de las mangueras y abrazaderas	500 horas
Bomba de agua deteriorada	M10	Revisión del funcionamiento de la bomba de agua	5000 horas
Falta de lubricación en los rodamientos del ventilador	M11	Lubricar los rodamientos del ventilador	500 horas
Turbo-Cartridge GP defectuoso	M12	Inspección y revisión del turbo Cartridge-GP	500 horas
Turbo-Cartridge GP desgastado	M13	Cambio del Cartridge-GP	12000 horas
Fugas en el carter	M14	Inspección del estado del Carter	500 horas
Sello de cobre del carter desgastado	M15	Cambio del sello del Carter	12000 horas
Tubo de escape fisurado	M16	Inspección del estado del tubo de escape, reparar de ser necesario.	500 horas
Junta flexible del escape deformada	M17	Inspección del estado de la junta flexible	500 horas

(continua)

Banda del alternador y ventilador defectuosa	M18	Inspección de la banda del alternador y ventilador	500 horas
Desgaste de la banda del alternador y ventilador	M19	Cambio de bandas del alternador y ventilador	5000 horas
Bajo rendimiento del motor	M20	Limpieza del tanque de combustible	12000 horas
Fugas en las cañerías de combustible	M21	Inspección de fugas en las cañerías del sistema de combustible	500 horas
Bomba de transferencia desgastada	M22	Cambio de la bomba de transferencia	12000 horas
Bomba de inyección deteriorada	M23	Cambio de la bomba de inyección	12000 horas
Falta de regulación de la mezcla aire combustible	M24	Calibración de inyectores	6000 horas
Inadecuada relación aire-combustible	M25	Calibración de válvulas del motor	12000 horas
Válvulas desgastadas	M26	Cambio de válvulas del motor	12000 horas

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Tabla 14-3: Agrupación de tareas de mantenimiento

Tarea de mantenimiento	Descripción de la tarea	Frecuencia (horas)
Filtro de combustible obstruido	Cambiar el filtro de combustible principal	500
Filtro de combustible auxiliar racord obstruido	Cambiar el filtro de combustible auxiliar racord	500
Filtro de aire defectuoso	Inspección del estado del filtro y cambio de ser necesario	500
Depurador obstruido/líneas del filtro de aire obstruidas	Limpieza del depurador y líneas de aire	500
Aceite saturado	Cambio de aceite	500
Radiador obstruido	Limpieza integral del radiador	500
Bajo nivel de refrigerante	Inspección del nivel de aceite refrigerante	500
Mangueras desgastadas / abrazaderas defectuosas	Inspección del estado de las mangueras y abrazaderas	500
Falta de lubricación en los rodamientos del ventilador	Lubricar los rodamientos del ventilador	500
Turbo-Cartridge GP defectuoso	Inspección y revisión del turbo Cartridge-GP	500
Fugas en el carter	Inspección del estado del carter	500
Tubo de escape fisurado	Inspección del estado del tubo de escape, reparar de ser necesario.	500
Junta flexible del escape deformada	Inspección del estado de la junta flexible	500
Banda del alternador y ventilador defectuosa	Inspección de la banda del alternador y ventilador	500
Fugas en las cañerías de combustible	Inspección de fugas en las cañerías del sistema de combustible	500
Bomba de agua deteriorada	Revisión del funcionamiento de la bomba de agua	5000
Desgaste de la banda del alternador y ventilador	Cambio de bandas del alternador y ventilador	5000
Falta de regulación de la mezcla aire combustible	Calibración de inyectores	6000
Refrigerante saturado	Cambio del refrigerante	12000

(continua)

Turbo-Cartridge GP desgastado	Cambio del Cartridge-GP	12000
Sello de cobre del carter desgastado	Cambio del sello del carter	12000
Bajo rendimiento del motor	Limpieza del tanque de combustible	12000
Bomba de transferencia desgastada	Cambio de la bomba de transferencia	12000
	Cambio de la bomba de inyección	12000
Inadecuada relación aire-combustible	Calibración de válvulas del motor	12000
Válvulas desgastadas	Cambio de válvulas del motor	12000

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

3.4.7. *Aprobación e implementación*

La aprobación e implementación de la metodología aplicada en el presente trabajo de titulación fue dada por el supervisor del área intervenida.

3.5. **Logística de mantenimiento**

Una vez obtenido el plan de mantenimiento a través de la metodología del PMO, es necesario determinar los recursos logísticos adecuados por sus correctas ejecuciones como repuestas, materiales, herramientas, equipos de soporte y personal.

3.5.1. *Repuestos y materiales*

Los repuestos son los elementos que se cambian cada periodo de tiempo con el fin de tener a los equipos en un estado requerido por el usuario, mientras que, los materiales son utilizados para desarrollar las actividades de mantenimiento. En la tabla 15-3 se muestran un ejemplo aplicativo al motor de combustión interna de la unidad de testeo móvil de prueba 01.

- Tareas de mantenimiento
- Descripción
- Cantidad
- Unidad

Tabla 15-3: Determinación de repuestos y materiales

Tarea de mantenimiento	Repuestos y materiales		
	Descripción	Unidad	Cantidad
Cambiar el filtro de combustible principal	Filtro de combustible Caterpillar 7W2326	unidad	1
Cambiar el filtro de combustible auxiliar racord	Filtro auxiliar de combustible racord S2326	unidad	1
Inspección del estado del filtro de aire y cambio de ser necesario	Filtro de aire	unidad	1
Limpieza del depurador y líneas de aire	Guaípe	unidad	1
Cambio de aceite	Aceite SAE 90	unidad	1
Limpieza integral del radiador			
Inspección del nivel de aceite refrigerante			
Cambio del refrigerante	Refrigerante	unidad	1
Inspección del estado de las mangueras y abrazaderas			
Revisión del funcionamiento de la bomba de agua			
Lubricar los rodamientos del ventilador	Grasa LB8103	libra	1
Inspección y revisión del turbo Cartridge-GP			

Cambio del Cartridge-GP	Cartridge-GP	unidad	1
Inspección del estado del carter			
Cambio del sello del carter	Sello de carter Caterpillar 1162905	unidad	1
Inspección del estado del tubo de escape, reparar de ser necesario.			
Inspección del estado de la junta flexible			
Inspección de la banda del alternador y ventilador			
Cambio de bandas del alternador y ventilador	Bandas	unidad	2
Limpieza del tanque de combustible			
Inspección de fugas en las cañerías del sistema de combustible			
Cambio de la bomba de transferencia	Bomba de transferencia	Unidad	1
Cambio de la bomba de inyección	Bomba de inyección	unidad	1
Calibración de inyectores			
Calibración de válvulas del motor			
Cambio de válvulas del motor	Juego de válvulas	juego	1
Inspección del estado del tren de válvulas			
Limpieza integral del breather del motor			
Limpieza del filtro colador de combustible			
Inspección y ajuste de contactos de los contactores de arranque			
Cambio de los contactores de arranque	Contactores de arranque	unidad	
Cambio del motor de arranque	Motor de arranque	unidad	1
Cambio del motor de arranque	Motor de arranque	unidad	1
Verificar el funcionamiento del panel de indicadores			
Verificar el funcionamiento del tablero de control y ajuste de contactos			
Verificar el funcionamiento de las baterías y nivel de las baterías			
Cambio de baterías			
Inspección del estado de los cables de la batería			
Cambio de cables de batería	Cables de batería	unidad	1
Verificar el funcionamiento del alternador			
Verificar el funcionamiento del sistema de control y reparar de ser posible			

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

La continuación de la selección de repuestos y materiales se encuentran en el ANEXO L: LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO Y COSTOS.

3.5.2. *Herramientas y equipos de soporte*

En la tabla 16-3 se muestran un ejemplo aplicativo al motor de combustión interna de la unidad de testeo móvil de prueba 01.

Tabla 16-3: Determinación de herramientas y equipos de soporte

Tarea de mantenimiento	Herramientas y equipos de soporte		
	Descripción	Unidad	Cantidad
Cambiar el filtro de combustible principal			
Cambiar el filtro de combustible auxiliar racord			
Inspección del estado del filtro de aire y cambio de ser necesario	Llave de filtro de tres brazos	unidad	1
Limpieza del depurador y líneas de aire	Juego de llaves combinadas	juego	1
Cambio de aceite			
Limpieza integral del radiador	Juego de llaves Brocha	Juego unidad	1 1
Inspección del nivel de aceite refrigerante			
Cambio del refrigerante	Juego de llaves combinadas	juego	1
Inspección del estado de las mangueras y abrazaderas			
Revisión del funcionamiento de la bomba de agua			
Lubricar los rodamientos del ventilador	Grasero 2 0kg	unidad	1
Inspección y revisión del turbo Cartridge-GP			
Cambio del Cartridge-GP	Juego de llaves combinadas	unidad	1
Inspección del estado del cárter			
Cambio del sello del carter	Juego de dados de 21 piezas milimétrico	unidad	1
Inspección del estado del tubo de escape, reparar de ser necesario.	Soldadora MIG Juego de dados de 21 piezas	Unidad Unidad	1 1
Inspección del estado de la junta flexible			
Inspección de la banda del alternador y ventilador			
Inspección de fugas en las cañerías del sistema de combustible			
Cambio de la bomba de transferencia	Juego de dados milimétricas de 21 piezas Destornillador plano Destornillador estrella	Juego Unidad	1 1
Inspección del estado del tren de válvulas			
Limpieza integral del breather del motor	Juego de dados de 21 piezas Brocha de 1 1/2	Juego Unidad	1 1
Limpieza del filtro colador de combustible	Juego de dados Compresor	Juego Unidad	1 1
Inspección y ajuste de contactos de los contactores de arranque	Destornillador estrella Destornillado plano	Unidad	2
Cambio de los contactores de arranque	Destornillador estrella Destornillador plano	Unidad	2
Cambio del motor de arranque	Juego de dados de 21 piezas milimétrico Destornillador estrella Destornillador plano	Juego Unidad	1 2
Verificar el funcionamiento del panel de indicadores	Multímetro	Unidad	1
Verificar el funcionamiento del tablero de control y ajuste de contactos	Multímetro	Unidad	1
Verificar el funcionamiento de las baterías y nivel de las baterías	Multímetro	Unidad	1
Cambio de baterías	Juego de dados Destornillador estrella Destornillador plano	Juego Unidad	1 1

Inspección del estado de los cables de la batería			
Cambio de cables de batería	Destornillador estrella Destornillador plano	Unidad	2
Verificar el funcionamiento del alternador (cambiar de ser necesario)	Juego de dados de 21 piezas Destornillador estrella Destornillador plano	Juego Unidad	1 2
Verificar el funcionamiento del sistema de control y reparar de ser posible	Destornillador estrella Destornillador plano Multímetro	Unidad Unidad	2 1

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Las herramientas y equipos de soporte son los elementos necesarios para ejecutar las tareas de mantenimiento de manera adecuada, sin causar algún daño antes o durante de la actividad. La continuación de la selección de herramientas y equipos se encuentran en el ANEXO L: LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO Y COSTOS, en conjunto con la selección de materiales.

3.5.3. *Personal de mantenimiento*

El personal de mantenimiento ayuda a la adecuada ejecución de las tareas de mantenimiento bajo un marco de seguridad y efectividad, conllevando a devolver al elemento la función requerida por la empresa.

En la tabla 17-3 se muestran un ejemplo aplicativo al motor de combustión interna de la unidad de testeo móvil de prueba 01.

Tabla 17-3: Determinación del personal de mantenimiento

Tareas de mantenimiento	Especialidad	Cantidad	Personal
Cambiar el filtro de combustible principal	Mecánico	1	10
Cambiar el filtro de combustible auxiliar racord	Mecánico	1	15
Inspección del estado del filtro de aire y cambio de ser necesario	Mecánico	1	10
Limpieza del depurador y líneas de aire	Mecánico	1	10
Cambio de aceite	Mecánico	1	10
Limpieza integral del radiador	Mecánico	1	10
Inspección del nivel de aceite refrigerante	Mecánico	1	5
Cambio del refrigerante	Mecánico	1	30
Inspección del estado de las mangueras y abrazaderas	Mecánico	1	5
Revisión del funcionamiento de la bomba de agua	Mecánico	1	60
Lubricar los rodamientos del ventilador	Mecánico	1	10
Inspección y revisión del turbo Cartridge-GP	Mecánico	1	150
Cambio del Cartridge-GP	Mecánico	1	50
Inspección del estado del Carter	Mecánico	1	10
Cambio del sello del Carter	Mecánico	1	15
Inspección del estado del tubo de escape, reparar de ser necesario.	Mecánico	1	10
Inspección del estado de la junta flexible	Mecánico	1	10
Inspección de la banda del alternador y ventilador	Mecánico	1	10
Cambio de bandas del alternador y ventilador	Mecánico	1	30
Limpieza del tanque de combustible	Mecánico	1	30

Tareas de mantenimiento	Especialidad	Cantidad	Personal
Inspección de fugas en las cañerías del sistema de combustible	Mecánico	1	10
Cambio de la bomba de transferencia	Mecánico	1	30
Cambio de la bomba de inyección	Mecánico	1	120
Calibración de inyectores	Mecánico	1	20
Calibración de válvulas del motor	Instrumentista/mecánico	1	60
Cambio de válvulas del motor	Instrumentista/mecánico	1	120
Inspección del estado del tren de válvulas	Mecánico	1	30
Limpieza integral del breather del motor	Mecánico	1	10
Limpieza del filtro colador de combustible	Mecánico	1	10
Inspección y ajuste de contactos de los contactores de arranque	Eléctrico	1	10
Cambio de los contactores de arranque	Eléctrico	1	30
Cambio del motor de arranque	Eléctrico	1	30
Verificar el funcionamiento del panel de indicadores	Eléctrico	1	10
Verificar el funcionamiento de las baterías y nivel de las baterías	Eléctrico	1	20
Cambio de baterías	Eléctrico	1	30
Inspección del estado de los cables de la batería	Eléctrico	1	10
Cambio de cables de batería	Eléctrico	1	20
Verificar el funcionamiento de las baterías y nivel de las baterías	Eléctrico	1	20
Cambio de baterías	Eléctrico	1	30
Inspección del estado de los cables de la batería	Eléctrico	1	10
Cambio de cables de batería	Eléctrico	1	20

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Cabe mencionar que, los tiempos de ejecución de las tareas de mantenimiento de la tabla 17-3 fueron dados por los técnicos de mantenimiento.

La definición de los recursos logísticos de los equipos restantes de la unidad móvil se encuentra en el ANEXO L: LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO Y COSTOS .

En la tabla 18-3 se muestra los recursos necesarios para cada equipo, y en la tabla 22-3 se muestran los costos en base al cronograma, es decir que cada tarea tendrá un costo que se repetirá según la frecuencia asignada para dicha tarea, en la cual se suman, el costo de mano de obra, el costo de los materiales, pero no se considera el costo de la adquisición de herramientas. Los valores de precio para cada material de mantenimiento se recolectan de los disponibles en el mercado a fin de obtener un valor de referencia.

Tabla 18-3: Caterpillar MTU01

Tarea de mantenimiento	Frec.	Repuestos y materiales			Herramientas y equipos de soporte			Personal necesario		Tiempo de ejecución (min)
		Descripción	Und.	Cant.	Descripción	Und.	Cant.	Especialidad	Cant.	
Cambiar el filtro de combustible principal	500 horas	Filtro de combustible Caterpillar 7W2623	unidad	1				Mecánico	1	10
Cambiar el filtro de combustible auxiliar racord	500 horas	Filtro auxiliar de combustible racord Caterpillar S3206	unidad	1				Mecánico	1	15
Inspección del estado del filtro y cambio de ser necesario	500 horas	Filtro de aire LT15062	unidad	1	Llave de filtro de tres brazos	unidad	1	Mecánico	1	10
Limpieza del depurador y líneas de aire	500 horas	Guaípe	unidad	1	Juego de llaves combinadas	juego	1	Mecánico	1	10
Cambio de aceite	500 horas	Aceite SAE 90	unidad	1				Mecánico	1	10
Limpieza integral del radiador	500 horas				Juego de llaves combinada Brocha de 1 1/2	Juego unidad	1 1	Mecánico	1	10
Inspección del nivel de aceite refrigerante	500 horas							Mecánico	1	5
Cambio del refrigerante	12000 horas	Refrigerante - Antioxidante	unidad	1	Juego de llaves combinada	juego	1	Mecánico	1	30
Inspección del estado de las mangueras y abrazaderas	500 horas							Mecánico	1	5
Revisión del funcionamiento de la bomba de agua	5000 horas							Mecánico	1	60
Lubricar los rodamientos del ventilador	500 horas	Grasa	libra	1	Grasero de 3kg	unidad	1	Mecánico	1	10
Inspección y revisión del turbo Cartridge-GP	500 horas							Mecánico	1	150
Cambio del Cartridge-GP	12000 horas	Cartridge-GP	unidad	1	Juego de llaves combinadas	unidad	1	Mecánico	1	50
Inspección del estado del carter	500 horas							Mecánico	1	10

Cambio del sello del carter	12000 horas	Sello de cárter	unidad	1	Juego de dados	unidad	1	Mecánico	1	15
Inspección del estado del tubo de escape, reparar de ser necesario.	500 horas				Soldadora	unidad	1	Mecánico	1	10
					Juego de dados	unidad	1			
Inspección del estado de la junta flexible	500 horas							Mecánico	1	10
Inspección de la banda del alternador y ventilador	500 horas							Mecánico	1	10
Cambio de bandas del alternador y ventilador	5000 horas	Bandas para motor C13	unidad	2	Juego de dados de 21 piezas	juego	1	Mecánico	1	30
Limpieza del tanque de combustible	12000 horas				Juego de dados	Juego	1	Mecánico	1	30
					Destornillador plano y estrella	unidad	1			
Inspección de fugas en las cañerías del sistema de combustible	500 horas							Mecánico	1	10
Cambio de la bomba de transferencia	12000 horas	Bomba de transferencia	Unidad	1	Juego de dados Destornillador plano y estrella	Juego	1	Mecánico	1	30
Cambio de la bomba de inyección	12000 horas	Bomba de inyección Caterpillar	unidad	1	Juego de dados	Juego	1	Mecánico	1	120
					Destornillador plano y estrella	unidad	1			
Calibración de inyectores	6000 horas				Juego de dados	Juego	1	Mecánico	1	20
					Destornillador plano y estrella	unidad	1			
Calibración de válvulas del motor	12000 horas				Juego de dados Destornillador plano y estrella	Juego	1	Instrumentista/mecánico	1	60
Cambio de válvulas del motor	12000 horas	Juego de válvulas Caterpillar	juego	1	Juego de dados	Juego	1	Instrumentista/mecánico	1	120
					Destornillador plano y estrella	unidad	1			
Inspección del estado del tren de válvulas	3000 horas							Mecánico	1	30
Limpieza integral del breather del motor	3000 horas				Juego de dados	Juego	1	Mecánico	1	10
					Brocha	unidad	1			
Limpieza del filtro colador de combustible	6000 horas				Juego de dados Compresor	Juego	1	Mecánico	1	10
						unidad				

Inspección y ajuste de contactos de los contactores de arranque	500 horas				Destornillador estrella y plano	unidad	2	Eléctrico	1	10
Cambio de los contactores de arranque	6000 horas	Contactores de arranque	unidad		Destornillador estrella y plano	unidad	2	Eléctrico	1	30
Cambio del motor de arranque	6000 horas	Motor de arranque para motor c13	unidad	1	Juego de dados Destornillador estrella y plano	Juego unidad	1 2	Eléctrico	1	30
Verificar el funcionamiento del panel de indicadores	500 horas				Multímetro de uso general	unidad	1	Eléctrico	1	10
Verificar el funcionamiento del tablero de control y ajuste de contactos	500 horas				Multímetro de uso general	unidad	1	Eléctrico	1	10
Verificar el funcionamiento de las baterías y nivel de las baterías	500 horas				Multímetro de uso geneal	unidad	1	Eléctrico	1	20
Cambio de baterías	Anual				Juego de dados Destornillador estrella y plano	Juego unidad	1 1	Eléctrico	1	30
Inspección del estado de los cables de la batería	500 horas							Eléctrico	1	10
Cambio de cables de batería	Anual	Cables de batería 400 A de 2 metros	unidad	1	Destornillador estrella y plano	unidad	2	Eléctrico	1	20
Verificar el funcionamiento del alternador	500 horas				Juego de dados Destornillador estrella y plano	Juego unidad	1 2	Eléctrico	1	60
Verificar el funcionamiento del sistema de control y reparar de ser posible	1000 horas				Destornillador estrella y plano Multímetro	unidad unidad	2 1	Eléctrico	1	120

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Tabla 19-3: Costos por material, mano de obra para MMC01

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
Cambio de filtro de combustible	MMC01	Destornillador plano, Bandeja imantada	500	Filtro de combustible (unidades)(1),	45,00	61.09	2,17	132,36	24
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100),	0,09				
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
Cambio del filtro de combustible auxiliar racord	MMC01	Destornillador plano, Bandeja imantada	500	Filtro de combustible (unidades)(1),	45,00	61.09	2,17	132,36	24
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100),	0,09				
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
Cambio en del filtro de aire	MMC01	Destornillador estrella, Destornillador plano	500	Filtro de aire (unidades)(1),	40,00	56	1,63	91,00	32
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
Limpieza depurador y líneas del filtro de aire	MMC01	Compresor de aire	500	Mecánico (horas)(2),	16,09	16.09	1,63	26,15	32
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,01				
Cambio de aceite del motor	MMC01	Destornillador plano	500	Aceite lubricante WD-40 (gl)(1),	8,00	52.09	2,17	112,86	24
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Bandeja para aceite (unidades)(1),	28,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Limpieza interna y externa del radiador	MMC01	Alicate universal, Cepillo de limpieza, Destornillador plano	500	Refrigerante (lt)(2),	16,00	25.24	2,17	54,69	24
				Producto Multiusos Wd-40 Spray 9onz(unidades)(1/10),	9,00				
				Guantes de latex(unidades)(2)	0,01				
				Refrigerante (lt)(2),	0,24				
				Grasa NLGI-2 (gr)(0.1)	0,30				
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
Reparación de fugas del radiador	MMC01	Destornillador plano	24000	Resina epoxi para radiadores (unidades)(1),	3,50	19.74	1,00	19,74	52
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Guantes de latex (unidades)(2)	0,24				
Cambio del líquido refrigerante	MMC01	Juego de llaves combinadas milimétricas	600	Refrigerante (lt)(2),	16,00	32.09	4,33	139,06	12
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				

Reemplazo mangueras y abrazaderas	MMC01	Alicate universal, Destornillador plano	24000	Mangeras para el radiador(unidades)(1),	25,00	41.09	1,00	41,09	52
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Lubricación rodamientos del ventilador	MMC01	Grasero tipo palanca	500	Guaípe (lb)(1)	1,00	17.39	1,00	17,39	52
				Grasa NLGI-2 (gr)(0.1)	0,30				
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
				Guaípe (lb)(1)	1,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Tabla 20-3: Cronograma para MMC01: motor CATERPILLAR

Código	Descripción de la tarea	D	F	1-4	5-8	9-12	13-16	17-20	21-24	25-28	29-32	33-36	37-40	41-44	45-48	49-52	T
MMC01	Cambio del líquido refrigerante	20	12	x			x			x			x			x	100
MMC01	Limpieza interna y externa del radiador	120	24	x						x							360
MMC01	Cambio del filtro de combustible auxiliar racord	90	24		x						x						270
MMC01	Cambio de aceite del motor	60	24		x						x						120
MMC01	Cambio de filtro de combustible	30	24			x						x					60
MMC01	Limpieza depurador y líneas del filtro de aire	120	32									x					120
MMC01	Limpieza turbo Cartridge Gp	120	32										x				120
MMC01	Cambio en del filtro de aire	90	32	x										x			180
MMC01	Reparación de fugas del radiador	290	52												x		290
MMC01	Reemplazo mangueras y abrazaderas	240	52													x	240
MMC01	Lubricación rodamientos del ventilador	20	52													x	20

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

3.6. Capacitación

En la tabla 21-3 se muestra las personas de mantenimiento capacitadas referente a la metodología de PMO.

Tabla 21-3: Personal capacitado

Nombre	Cargo
Victor Nole	Supervisor de mantenimiento
Fabrizio Quisimalin	Mantenimiento industrial
Alicia Masabanda	Asistente
Steban Molina	Instrumentista
Edison Chicaiza	Técnico Mecánico
Hernán Suntásig	Coordinación de mantenimiento

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Esta metodología requiere de su continua aplicación, motivo por el cual se procede a capacitar al personal de mantenimiento de la empresa SERTECPET S.A bajo los siguientes temas:

- Desarrollo de inventario técnico.
- Aplicación del proceso PMO.
- Recolección de tareas de mantenimiento.
- Análisis, revisión, depuración y codificación de los modos de falla.
- Evaluación de las consecuencias de los modos de falla.
- Determinación y agrupación de las tareas de mantenimiento.
- Recursos logísticos para la ejecución de las tareas de mantenimiento.

Los temas tratados en la capacitación ayudarán a que el personal pueda ejecutar la metodología PMO de manera autónoma.

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento total para el motor Caterpillar del MTU 1.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de integración curricular se utilizó la metodología del (PMO) en las tareas del plan de mantenimiento en las unidades móviles de prueba, en la empresa SERTECPET S.A. Además, se realizó una evaluación para la gestión de mantenimiento.

4.1. Evaluación de la gestión de mantenimiento

La metodología que se aplicó en la evaluación de la gestión de mantenimiento en la empresa SERTECPET S.A. fue la “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM)”, misma que se evaluó al personal que forma parte del área de mantenimiento. Donde los resultados fueron los siguientes como se muestra en el gráfico 1-4.

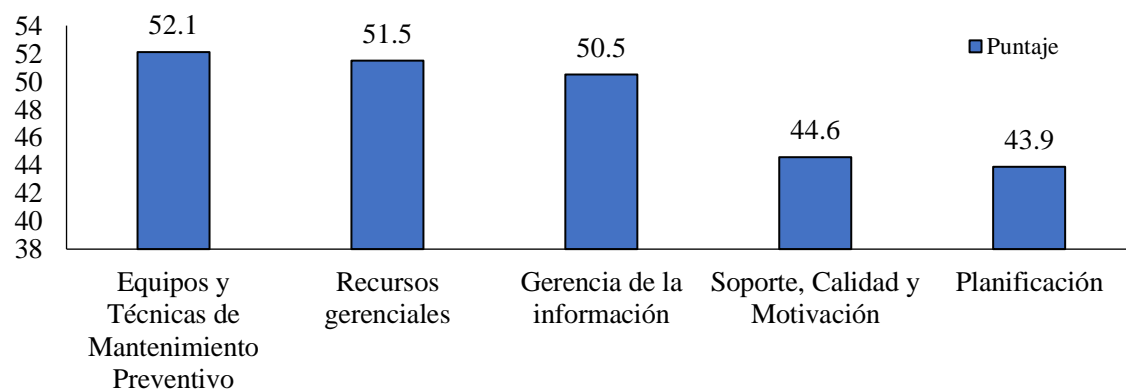


Ilustración 1-4: Resultados de los criterios evaluados

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

En la que se concluyó, que luego de haber realizado la encuesta y posterior tabulación se obtuvo una puntuación de 225.38 puntos, que según la Tabla 4-3: Nivel de categoría. del capítulo anterior determina que, el área de mantenimiento de la empresa SERTECPET S.A. se encuentra en una categoría de “Nivel Buenas Prácticas de Mantenimiento”.

Mediante el diagrama de radar, el cual permite ver el estado de la gestión de mantenimiento por cada una de las 5 áreas evaluadas, tomando en cuenta que la puntuación máxima a recibir es 60 puntos.

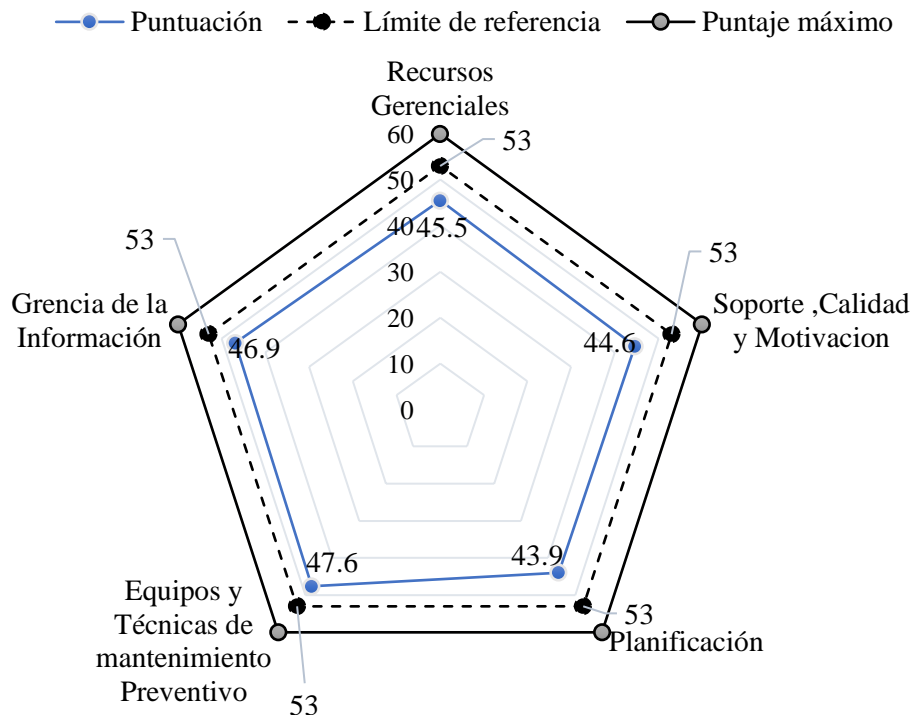


Ilustración 2-4: Diagrama de radar de la gestión de mantenimiento

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Del gráfico 2-4 se determina que:

- Las áreas de soporte, calidad, motivación y, planificación tienen puntajes por debajo del límite aceptable, lo cual determinó la motivación del desarrollo de la optimización del plan de mantenimiento.
- Mientras que las áreas de gerencia de información, equipos y técnicas de mantenimiento preventivo y, recursos generales poseen puntuaciones cercanas al límite de referencia, lo cual genera futuras mejoras para alcanzar una categoría de un nivel de excelencia en la gestión de mantenimiento.

4.2. Inventario y codificación

En primera instancia se realizó el inventario de los equipos del área de Well Testing de SERTECPET S.A. para posterior realizar su codificación mediante la norma ISO 14224.

Realizado el inventario de las máquinas en el área de Well Testing de SERTECPET S.A. se registraron 17 MTU, las cuales contienen los siguientes componentes:

- Motor de combustión interna (MCI01).

- Reductor de velocidad (RDV01).
- Bomba centrífuga (booster) (BCF01).
- Bomba de desplazamiento positivo (BDP01).
- Bomba de lubricación forzada (BLF01).
- Bomba de inyección de químico (BIQ01).
- Separador (SPD01).
- Tablero de control (TEM01).
- Plataforma (MPL01).

Después, se realizó la codificación hasta el cuarto nivel jerárquico, los cuales fueron tomados de la norma ISO 14224, en la tabla 1-4, se muestran los resultados de este proceso.

Tabla 1-4: Resultados de nivel inventario jerárquico

Nivel jerárquico	Número de elementos codificados según el nivel
1	1
2	1
3	17
4	153

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

4.3. Optimización del plan de mantenimiento

4.3.1. Paso uno. Recopilación de tareas de mantenimiento

El primer paso de la metodología de la optimización del plan de mantenimiento recolectó las tareas de mantenimiento vigentes, a las MTU del área del Well Testing de SERTECPET S.A., las cuales fueron obtenidas de fuentes como: manuales, operadores; etc.

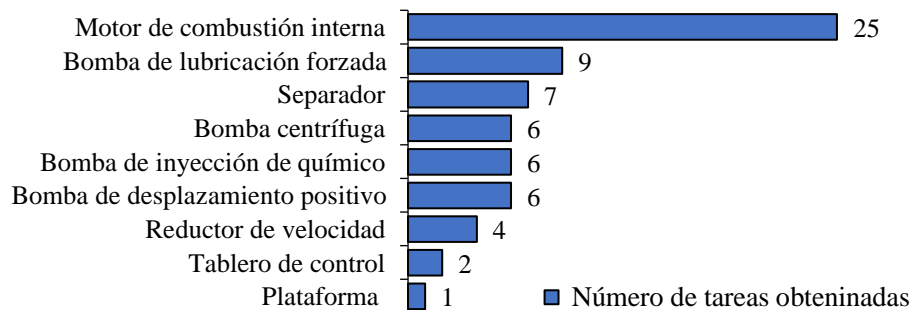


Ilustración 3-4: Tareas obtenidas por equipo de una MTU

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Hay que mencionar que, los demás MTU poseen los mismos elementos constitutivos, por lo cual, el número de tareas será igual al que está expuesto en el gráfico 3-4.

4.3.2. *Análisis de los modos de falla*

El siguiente paso consiste en determinar los modos de fallas, que están tratando de reducir o atenuar las paradas con las tareas de mantenimiento del paso anterior. En la tabla 2-4, se muestra un resumen del número de fallos obtenidos por cada elemento constitutivo de una MTU.

Tabla 2-4: Número de modos de fallos obtenidos por cada elemento.

Equipo	Número de modos de fallos
Motor de combustión interna	25
Transmisión	4
Bomba de desplazamiento positivo	9
Bomba de lubricación forzada	6
Bomba de inyección de químico	6
Bomba centrífuga	6
Separador	7
Panel de control	2
Plataforma	1

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Hay que mencionar que, el resto de MTU poseen los mismos elementos constitutivos, por lo cual, el número de modos de fallas obtenidos será igual al que está expuesto en la tabla 3-4.

4.3.3. *Revisión de los modos de falla*

En el presente paso se revisan y añaden nuevos modos de falla.

En la tabla 3-4, se muestra un resumen del número de fallos total obtenidos por cada elemento constitutivo de una MTU.

Tabla 3-4: Modos de falla obtenidos

Equipo	Número de fallos obtenidos
Motor de combustión interna	24
Transmisión	4
Bomba de desplazamiento positivo	9
Bomba de lubricación forzada	4
Bomba de inyección de químico	6
Bomba centrífuga	7
Separador	9
Panel de control	2
Plataforma	1-

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

4.3.4. Depuración y codificación de los modos de falla

En el presente paso se depuran y codifican los modos de falla determinados en el paso anterior. En la tabla 4-4, se muestra un resumen del número de fallos total obtenidos por cada elemento constitutivo de una MTU.

Tabla 4-4: Total número modos de fallos

Equipo	Número de fallos totales
Motor de combustión interna	24
Transmisión	4
Bomba de desplazamiento positivo	9
Bomba de lubricación forzada	4
Bomba de inyección de químico	6
Bomba centrífuga	7
Separador	2
Panel de control	1

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Hay que mencionar que, el resto de MTU poseen los mismos elementos constitutivos, por lo cual, el número de fallos obtenidos será igual al que está expuesto en la a tabla 4-4.

4.3.5. Evaluación de las consecuencias de falla

El presente paso es la evaluación de las consecuencias de falla que pueden presentarse cuando la falla se produce. En la tabla 5-4 se muestra el número de consecuencias evidentes y ocultas por elemento constitutivo de una MTU.

Tabla 5-4: Total número de consecuencias evidentes y ocultas

Equipo	Consecuencia evidente			Consecuencias ocultas
	Operacional	No operacional	Seguridad	
Motor de combustión interna	18	5		
Transmisión		4		
Bomba de desplazamiento positivo	4	5		
Bomba de lubricación forzada	1	3		
Bomba de inyección de químico	1	5		
Bomba centrífuga	4	3		
Separador	4	2	1	
Panel de control		1		

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

4.3.6. Determinación de las tareas de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento se determinaron a través del uso del diagrama de decisión del RCM. En la tabla 6-4 se muestra el número de tareas obtenidas por el tipo de tarea de los elementos constitutivos de una MTU.

Tabla 6-4: Número de tareas obtenidas

Modo de falla	Tarea para consecuencia evidente				Tarea para consecuencia oculta		
	TC	SC	RC	CT	R	TF	BF
Motor de combustión interna	10	8	5	5			
Transmisión	1	2		1			
Bomba de desplazamiento positivo		6		3			
Bomba de lubricación forzada	2	2					
Bomba de inyección de químico	3	2		1			
Bomba centrífuga	5	1		1			
Separador	2	1	3				
Panel de control	3	1	2	1			

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Tendremos que mencionar que, el resto de MTU poseen los mismos elementos constitutivos, por lo cual, el número de tareas será igual al que está expuesto en la tabla 6-4.

4.3.7. Agrupación de tareas de mantenimiento y revisión

Tabla 7-4: Número de rutinas en función de las frecuencias de mantenimiento

Equipo	Rutinas						
	500 h	1000 h	3000 h	5000 h	6000 h	12000 h	Anual
Motor de combustión interna	4	1	1	1	1	1	1
Transmisión	1	1	1			1	
Bomba de desplazamiento positivo	2				1		
Bomba de lubricación forzada	1				1	1	
Bomba de inyección de químico		1		1	1	1	
Bomba centrífuga	2				2		
Separador							
Panel de control							

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Para un rápido manejo de las tareas determinadas se las agrupó en función de las frecuencias de ejecución. En la tabla 7-4 se muestra el número de rutinas en función de las frecuencias de mantenimiento determinadas para los elementos constitutivos de una MTU.

Hay que mencionar que, el resto de MTU poseen los mismos elementos constitutivos, por lo cual, el número de rutinas será igual al que está expuesto en la tabla 7-4 de las demás MTU.

4.3.8. Comparación de tareas de mantenimiento

De forma general se eliminaron 28 tareas y se aumentaron 6 tareas en el plan de mantenimiento, estos cambios se hicieron sin eliminar ninguna función principal del plan vigente al momento de realizar los modos de fallos y funciones.

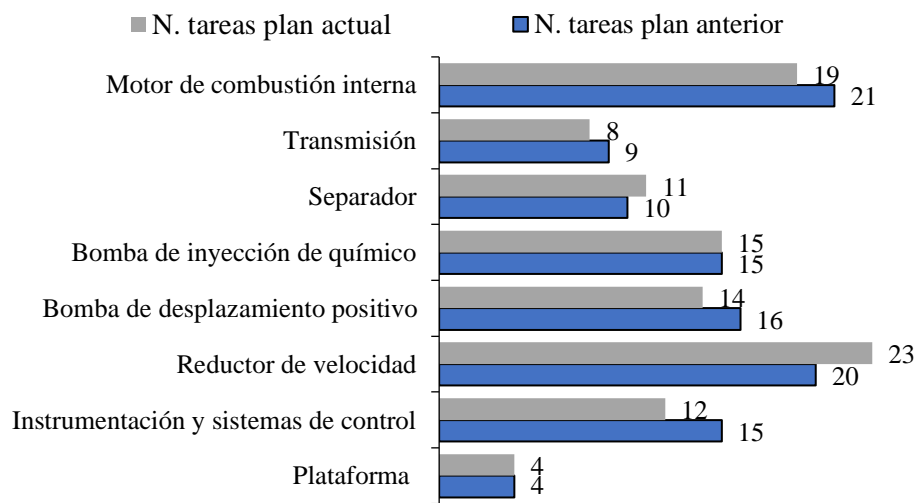


Ilustración 4-4: Frecuencia óptima de mantenimiento para MMC01

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

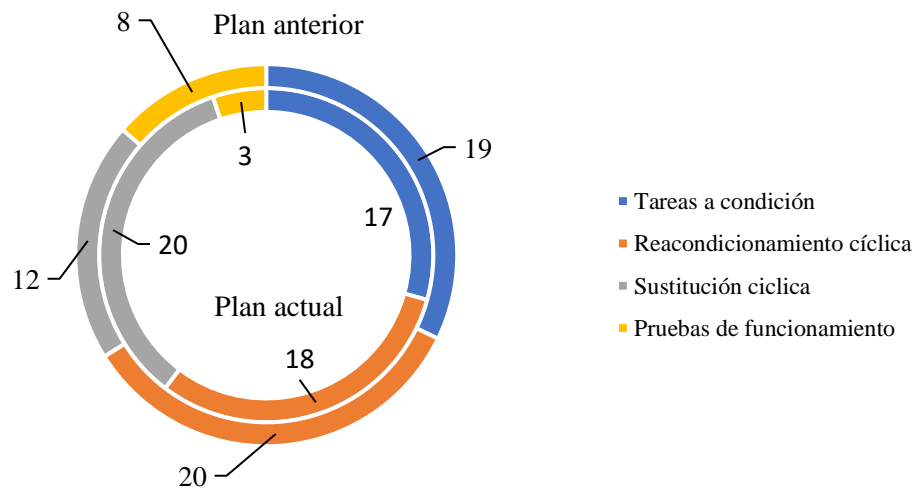


Ilustración 5-4: Comparación de tipos de tarea

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

En el gráfico 5-4 se observa la comparación de tipos de tarea del plan anterior y el plan obtenido con la metodología del PMO.

Por motivo de que el PMO está basado en el RCM se utilizan su clasificación de tareas para realizar una diferenciación, por este motivo.

Una de las tareas que se incrementan son las tareas de pruebas funcionales, dado que en el análisis de modos de fallo son difíciles de detectar. Además, se incrementa las tareas a condición, porque la metodología mencionada anteriormente sugiere esta propuesta.

4.3.9. Costos para las tareas de mantenimiento

Cada actividad de mantenimiento tiene su costo de mano de obra, repuesto y material. Además, según el cronograma se obtendrá un número de tareas al año, considerando un año con 52 semanas para el cálculo. Este costo total de una tarea por el número de veces al año nos permite obtener el costo total de la tarea de mantenimiento al año.

La suma de todas las tareas al año agrupadas por equipo se muestra en el gráfico 6-4.

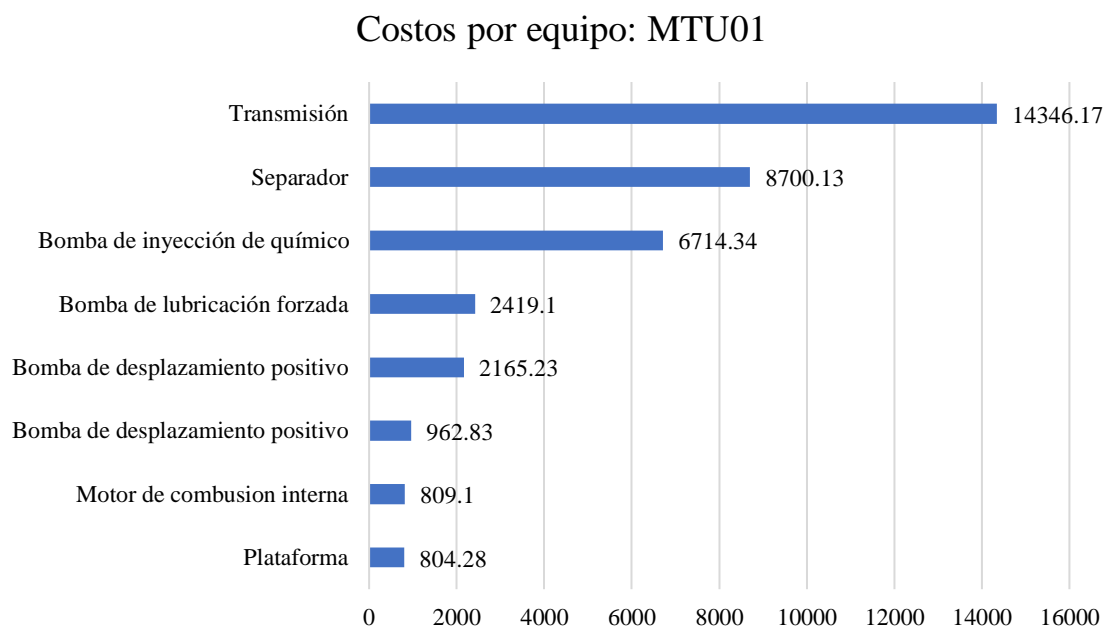


Ilustración 6-4: Costos anuales del plan de mantenimiento

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

No obstante, los valores mostrados en el gráfico 7-4 representa el costo para una sola MTU. Por otra parte, el costo agrupado por tareas se muestra en tabla 8-4.

Tabla 8-4: Número de rutinas en función de las frecuencias de mantenimiento

Tiempo según las rutinas	Costo al año (USD)
Diario	2405.00
4 semanas	2450.00
12 semanas	3492.00
26 semanas	7230.00
28 semanas	14987.00
42 semanas	1860.00
52 semanas	2141.00
56 semanas	2356.00
Total	36921.00

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

Costos según los recursos utilizados MTU01

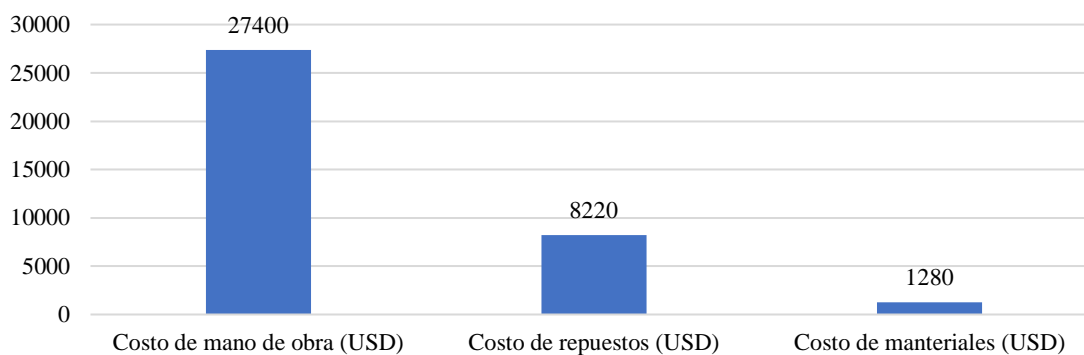


Ilustración 7-4: Costos del plan de mantenimiento según los materiales

Realizado por: Hernández, Eddie, 2023.

CONCLUSIONES

Se realizó una evaluación al área de mantenimiento, mediante la “Encuesta de Efectividad de Mantenimiento (EEM)”, donde se obtuvo una calificación de 225.38/300 puntos, la cual determina se encuentra en una categoría de “Nivel Buenas Prácticas de Mantenimiento”, por lo cual, es necesario el desarrollo de la optimización del plan de mantenimiento para alcanzar un nivel superior.

Se aplicó la metodología del PMO a las unidades de prueba (MTU) de las áreas de mantenimiento y de operación para lo cual se inició por la codificación de los equipos, luego se realizó la recopilación de tareas de mantenimiento, análisis de modos de falla, depuración y codificación de los modos de falla, evaluación de las consecuencias de falla, determinación de las tareas de mantenimiento, agrupación de tareas de mantenimiento y aprobación e implementación.

Obtenidas las tareas de mantenimiento se definió la logística de mantenimiento que consta de personal adecuado para la ejecución de las actividades, herramientas y equipos de soporte, repuestos y materiales, estos recursos ayudaran a desarrollar de manera eficaz y eficiente las tareas determinadas.

Mediante la aplicación de la metodología del (PMO) se redujo en un 16.56 % en tareas duplicadas y algunas tareas que son intrusivas o basadas (overhaul) dentro del plan de mantenimiento vigente. Dando como resultado el nuevo plan mantenimiento mejorado se eliminaron 28 tareas y se aumentaron 6 tareas.

Se realizó la capacitación al personal del área de mantenimiento en cuanto al desarrollo de la metodología del PMO obteniendo nuevas habilidades para mejorar el desempeño de las tareas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa realizar evaluaciones periódicas de la eficacia y eficiencias de las tareas de mantenimiento.

Se necesita realizar capacitaciones continuas para que el personal del área de *Well Testing* vaya adquiriendo más destrezas y habilidades para el trabajo.

Se recomienda realizar actualizaciones, en cuanto a inventarios de los equipos.

Se recomienda incluir que en la ficha de historial de mantenimiento se incluya campo de tiempo entre fallas para fallas o la fecha en que ocurre la falla y en la que se rehabilita en equipo

Se recomienda recibir capacitaciones sobre la utilización del software de gestión de la empresa para aprovechar los análisis de mantenimiento a través de los registros.

Se recomienda que para futuras investigaciones se empleen metodologías de costo y riesgo para determinar la frecuencia óptima de mantenimiento.

Se recomienda utilizar programas de fiabilidad para modelar y proyectar los tiempos entre falla de los equipos.

Se recomienda a la escuela de mantenimiento que incluya proyectos acerca de la metodología del PMO.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA MORENO, Lenin Giovanni. Elaboración de un plan de mantenimiento de las unidades móviles de bombeo (M.T.U.), en la compañía Trace Oil Field. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 11-23. [Consulta: 05 de noviembre de 2020] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3081>

RICARDO CARLOS, Aguirre Parra. Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de las maquinarias y equipos diversos de la empresa Remap S.A.C.- Lima. [En línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. 2015. pp. 01-10 [Consulta: 15 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1485>

CASTILLO SANTILLAN, Ángel Vinicio. Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad de las unidades de bombeo horizontal multietapas del sistema Power Oil de la Estación Atacapi del B57-LI de Petroamazonas EP. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 16-17. [Consulta: 15 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6300>

CHANG PARRALES, Mariela Fernanda. Elaboración de un modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos en base a normativa internacional aplicado al caso de estudio: unión cementera nacional (UCEM) planta Chimborazo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 11-23 [Consulta: 16 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11472>

GUEVARA MIÑACA, Néstor Patricio & VALLEJO DÁVALOS, Pablo Andrés. Diseño e implementación de un plan integral de mantenimiento preventivo, seguridad y salud ocupacional en la unidad de bombeo MTU perteneciente a la compañía FIG OIL CIA. LTDA. Coca – Orellana- Ecuador. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 11-13 [Consulta: 19 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3529>

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). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp.12-35. [Consulta: 12 de enero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10632>

OJEDA VILLACÍS, María Fernanda & OSORIO GARCÍA, María del Pilar. Diseño de un plan de mejora e implementación en etapa inicial del proceso logístico en SERTECPET S.A. para la prestación de servicios y venta de herramientas, partes y piezas en el sector petrolero a nivel nacional e internacional. [En línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2009. pp.34-55 [Consulta: 06 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8142>

RENOVETEC. *Errores habituales en la elaboración e implementación de planes de mantenimiento.* [blog]. [Consulta: 2020-11-11] Disponible en: <http://www.renovetec.com/597-planes-de-mantenimiento/112-planes-de-mantenimiento/469-errores-habituales-en-la-elaboracion-e-implementacion-de-planes-de-mantenimiento>

TERAN MERCHAN, Jaime Enrique. Implementación del sistema de instrumentación para la Unidad Mobile Test UNIT (MTU) reconstruida de la compañía Technical System Power Cía. Ltda. [En línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Técnica Equinoccial, Quito, Ecuador. 2011. pp.25-27. [Consulta: 11 de enero de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/6004>

TURNER, Steve. “PMO Optimization Programs Maintenance”. *OMCS latino America.* [En línea], 2009, (Panamá) 12(1), pp.9-12. [Consulta: 22 de diciembre 2020]. ISSN 1564-4227. Disponible en: https://www.maintenance.org/fileSendAction/fcType/0/fcOid/399590942963630232/filePointer/399590942964798778/fodoid/399590942964798776/PMO_Analisis_del_futuro.pdf

VILLACÍS BONILLA, Milton Eliecer. Optimización del mantenimiento planificado (PMO) de la central de generación eléctrica Cuyabeno bloque 58. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 05-12 [Consulta: 22 de noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7219>

ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA REALIZADA AL BODEGUERO



EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

AREA: MANTENIMIENTO

EMPRESA: SERTECPET S.A



Cargo:	<i>Bodeguero</i>	Tiempo en la empresa:	<i>2</i>
Título:	<i>Mecánico</i>	Experiencia laboral:	<i>6</i>

Escalas de calificación de los criterios evaluados:

Escala	Criterios
1	No cumple
2	Deficiente
3	Regular
4	Buena
5	Excelente

EVALUACIÓN:

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

Gerencia de la Información									
Preguntas a evaluar					1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento tiene manuales de todos los equipos existentes?			X					
14	¿Están los catálogos de cada equipo de la empresa identificado y codificado, acorde a la codificación del equipo?			X					
15	¿Está cada equipo de la empresa identificado y codificado?						X		
16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?						X		
17	¿Tienen todos los equipos planes de mantenimiento?						X		
18	¿Se realizan planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?			X					
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?			X					
20	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?			X					
21	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?			X					
22	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?			X					
23	¿Tienen el inventario de repuestos de los equipos críticos?			X					
24	¿El departamento de mantenimiento se compara con otros departamentos de mantenimiento para medir su desempeño ("Benchmarking")?						X		
Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo									
Preguntas a evaluar					1	2	3	4	5
25	¿El departamento de mantenimiento utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?						X		
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, aumento/descenso, necesidades de capacitación, etc.?						X		
27	¿El departamento de mantenimiento tiene personal exclusivo para las tareas de Mantenimiento Preventivo?			X					
28	¿Los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?			X					
29	¿El departamento de mantenimiento utiliza técnicas de mantenimiento predictivo?			X					
30	¿La gerencia de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?			X					
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas?			X					
32	¿El departamento de mantenimiento tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?			X					
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de nuevos equipos?			X					
34	¿Se capacita al personal para el uso correcto de nuevos equipos?						X		
35	¿Se capacita al personal que va a mantener los nuevos equipos?			X					
36	¿El departamento de mantenimiento da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?						X		

Planificación					
Preguntas a evaluar					
	1	2	3	4	5
37				X	
38				X	
39				X	
40				X	
41					X
42			X		
43			X		
44				X	
45				X	
46			X		
47					X
48			X		
Soporte, Calidad y Motivación					
Preguntas a evaluar					
	1	2	3	4	5
49				X	
50				X	
51					X
52			X		
53			X		
54				X	
55			X		
56			X		
57			X		
58				X	
59			X		
60			X		
Puntuación total por criterio			X		

ANEXO B: ENCUESTA REALIZADA AL OPERADOR



EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

AREA: MANTENIMIENTO

EMPRESA: SERTECPET S.A



Cargo:	Operador Well Testing	Tiempo en la empresa:	4 años
Título:	TECNICO	Experiencia laboral:	10 años

Escalas de calificación de los criterios evaluados:

Escala	Criterios
1	No cumple
2	Deficiente
3	Regular
4	Buena
5	Excelente

EVALUACIÓN:

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

Gerencia de la Información						
Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento tiene manuales de todos los equipos existentes?			X		
14	¿Están los catálogos de cada equipo de la empresa identificado y codificado, acorde a la codificación del equipo?				X	
15	¿Está cada equipo de la empresa identificado y codificado?			X		
16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?			X		
17	¿Tienen todos los equipos planes de mantenimiento?				X	
18	¿Se realizan planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?			X		
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?			X		
20	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?	X				
21	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?			X		
22	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?	X				
23	¿Tienen el inventario de repuestos de los equipos críticos?				X	
24	¿El departamento de mantenimiento se compara con otros departamentos de mantenimiento para medir su desempeño ("Benchmarking")?			X		
Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo						
Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
25	¿El departamento de mantenimiento utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?		/		X	
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, aumento/descenso, necesidades de capacitación, etc.?				X	
27	¿El departamento de mantenimiento tiene personal exclusivo para las tareas de Mantenimiento Preventivo?			X		
28	¿Los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?					X
29	¿El departamento de mantenimiento utiliza técnicas de mantenimiento predictivo?				X	
30	¿La gerencia de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?			X		
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas?			X		
32	¿El departamento de mantenimiento tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?			X		
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de nuevos equipos?			X		
34	¿Se capacita al personal para el uso correcto de nuevos equipos?		X			
35	¿Se capacita al personal que va a mantener los nuevos equipos?				X	
36	¿El departamento de mantenimiento da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?		X			

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

ANEXO C: ENCUESTA REALIZADA AL ELECTROMECAÁNICO



EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

AREA: MANTENIMIENTO

EMPRESA: SERTECPET S.A



Cargo:	ELECTROMECAÁNICO	Tiempo en la empresa:	5 años
Título:	TECNICO	Experiencia laboral:	2 años

Escalas de calificación de los criterios evaluados:

Escala	Criterios
1	No cumple
2	Deficiente
3	Regular
4	Buena
5	Excelente

EVALUACIÓN:

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

Gerencia de la Información						
Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento tiene manuales de todos los equipos existentes?					✓
14	¿Están los catálogos de cada equipo de la empresa identificado y codificado, acorde a la codificación del equipo?				✓	
15	¿Está cada equipo de la empresa identificado y codificado?				✓	
16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?				✓	
17	¿Tienen todos los equipos planes de mantenimiento?				✓	
18	¿Se realizan planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?				✓	
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?				✓	
20	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?				✓	
21	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?				✓	
22	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?				✓	
23	¿Tienen el inventario de repuestos de los equipos críticos?				✓	
24	¿El departamento de mantenimiento se compara con otros departamentos de mantenimiento para medir su desempeño ("Benchmarking")?				✓	
Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo						
Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
25	¿El departamento de mantenimiento utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?				✓	
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, aumento/descenso, necesidades de capacitación, etc.?				✓	
27	¿El departamento de mantenimiento tiene personal exclusivo para las tareas de Mantenimiento Preventivo?				✓	
28	¿Los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?				✓	
29	¿El departamento de mantenimiento utiliza técnicas de mantenimiento predictivo?				✓	
30	¿La gerencia de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?				✓	
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas?				✓	
32	¿El departamento de mantenimiento tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?				✓	
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de nuevos equipos?				✓	
34	¿Se capacita al personal para el uso correcto de nuevos equipos?				✓	✓
35	¿Se capacita al personal que va a mantener los nuevos equipos?				✓	✓
36	¿El departamento de mantenimiento da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y operación, a lo largo del ciclo de vida de los activos?				✓	

ANEXO D: ENCUESTA REALIZADA AL SUPERVISOR



EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

AREA: MANTENIMIENTO

EMPRESA: SERTECPET S.A



Cargo:	Supervisor	Tiempo en la empresa:	12
Título:	Ingeniero	Experiencia laboral:	15

Escalas de calificación de los criterios evaluados:

Escala	Criterios
1	No cumple
2	Deficiente
3	Regular
4	Buena
5	Excelente


EVALUACIÓN:

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

Gerencia de la Información						
Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
13	¿El departamento de mantenimiento tiene manuales de todos los equipos existentes?				X	
14	¿Están los catálogos de cada equipo de la empresa identificado y codificado, acorde a la codificación del equipo?				X	
15	¿Está cada equipo de la empresa identificado y codificado?				X	
16	¿El departamento de mantenimiento genera órdenes y solicitudes de trabajo?					X
17	¿Tienen todos los equipos planes de mantenimiento?					X
18	¿Se realizan planificaciones para ejecutar el Mantenimiento Preventivo?				X	
19	¿Las actividades de mantenimiento asignadas tienen su respectiva lista de herramientas y repuestos (si lo requiere)?				X	
20	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la disponibilidad de los equipos?				X	
21	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la confiabilidad de los equipos?					X
22	¿El departamento de mantenimiento utiliza indicadores para medir y controlar la mantenibilidad de los equipos?				X	
23	¿Tienen el inventario de repuestos de los equipos críticos?			X		
24	¿El departamento de mantenimiento se compara con otros departamentos de mantenimiento para medir su desempeño ("Benchmarking")?				X	
Equipos y Técnicas de Mantenimiento Preventivo						
Preguntas a evaluar		1	2	3	4	5
25	¿El departamento de mantenimiento utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?			X		
26	¿Se revisan periódicamente los planes de mantenimiento preventivo, aumento/descenso, necesidades de capacitación, etc.?			X		
27	¿El departamento de mantenimiento tiene personal exclusivo para las tareas de Mantenimiento Preventivo?				X	
28	¿Los operadores y personal de mantenimiento ayudan en las tareas de mantenimiento menor (limpieza, lubricación, etc.)?				X	
29	¿El departamento de mantenimiento utiliza técnicas de mantenimiento predictivo?		X			
30	¿La gerencia de mantenimiento realiza un seguimiento a los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?		X			
31	¿Los grupos de producción y operaciones permiten que el personal de mantenimiento tenga acceso a los equipos en las fechas estimadas?			X		
32	¿El departamento de mantenimiento tiene la cultura de analizar y evitar las fallas repetitivas?		X			
33	¿Se incluye al personal de mantenimiento y producción en el proceso de evaluación de nuevos equipos?			X		
34	¿Se capacita al personal para el uso correcto de nuevos equipos?			X		
35	¿Se capacita al personal que va a mantener los nuevos equipos?				X	
36	¿El departamento de mantenimiento da seguimiento y evalúa los costos de mantenimiento y generación a lo largo del ciclo de vida de los activos?			X		


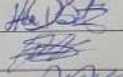




Planificación					
Preguntas a evaluar					
	1	2	3	4	5
37				X	
38				X	
39				X	
40				X	
41				X	
42				X	
43					X
44		X			
45		X			
46			X		
47			X		
48				X	
Soporte, Calidad y Motivación					
Preguntas a evaluar					
	1	2	3	4	5
49			X		
50			X		
51			X		
52			X		
53				X	
54			X		
55				X	
56				X	
57				X	
58			X		
59			X		
60				X	
Puntuación total por criterio					

LISTA DE ASISTENCIA LA CAPACITACIÓN DEL PMO

 **ESPOCH**
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA - ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

Capacitación:

Tema:	Metodología optimización del plan de mantenimiento
Autor:	Eddie Hernández Murillo
Lugar:	Área De Mantenimiento de la Empresa SERTECPET S.A

Nombre	Cargo	Firma
Francisco Quispe	Ingeniero Instrumentista	
Hernán Santasuj	Coordinador Mantenimiento	
Felipe Luján	Técnico Mecánico	
Steban Masabanda	INSTRUMENTISTA	
Algo Masabanda	Asistente	
VICTOR NOLE	SUPERVISOR MTO	

ANEXO E: CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Sistema	Estado	Equipo	Descripción
MTU01	Mantenimiento	STP-WT-MTU01-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU01-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU01-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU01-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU01-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU01-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU01-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU01-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU01-MPL01	Plataforma
MTU04	Rentada	STP-WT-MTU04-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU04-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU04-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU04-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU04-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU04-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU04-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU04-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU04-MPL01	Plataforma
MTU12	Rentada	STP-WT-MTU04-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU04-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU04-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU04-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU04-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU04-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU04-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU04-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU04-MPL01	Plataforma
MTU18	Stan by	STP-WT-MTU18-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU18-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU18-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU18-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU18-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU18-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU18-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU18-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU18-MPL01	Plataforma
MTU19	Producción	STP-WT-MTU19-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU19-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU19-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU19-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU19-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU19-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU19-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU19-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU19-MPL01	Plataforma
MTU20	Producción	STP-WT-MTU20-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU20-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU20-BDP01	Bomba desplazamiento positivo

		STP-WT-MTU20-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU20-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU20-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU20-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU20-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU20-MPL01	Plataforma
MTU26	Producción	STP-WT-MTU26-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU26-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU26-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU26-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU26-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU26-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU26-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU26-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU26-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU26-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU27	Stan by	STP-WT-MTU27-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU27-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU27-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU27-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU27-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU27-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU27-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU27-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU27-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU27-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU30	Producción	STP-WT-MTU30-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU30-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU30-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU30-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU30-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU30-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU30-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU30-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU30-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU30-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU32	Evaluación	STP-WT-MTU32-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU32-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU32-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU32-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU32-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU32-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU32-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU32-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU32-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU32-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU34	Rentada	STP-WT-MTU34-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU34-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU34-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU34-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU34-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico

		STP-WT-MTU34-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU34-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU34-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU34-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU34-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU37	Producción	STP-WT-MTU37-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU37-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU37-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU37-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU37-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU37-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU37-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU37-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU37-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU37-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU38	Evaluación	STP-WT-MTU38-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU38-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU38-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU38-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU38-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU38-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU38-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU38-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU38-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU38-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU39	Mantenimiento	STP-WT-MTU39-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU39-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU39-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU39-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU39-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU39-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU39-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU39-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU39-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU39-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU40	Producción	STP-WT-MTU40-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU40-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU40-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU40-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU40-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU40-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU40-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU40-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU40-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU40-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU54	Evaluación	STP-WT-MTU54-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU54-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU54-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU54-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU54-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU54-MBB04	Bomba centrífuga

		STP-WT-MTU54-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU54-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU54-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU54-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo
MTU60	Evaluación	STP-WT-MTU60-MMC01	Motor de Combustión Interna
		STP-WT-MTU60-MTR01	Transmisión
		STP-WT-MTU60-BDP01	Bomba desplazamiento positivo
		STP-WT-MTU60-BLF01	Bomba de lubricación forzada
		STP-WT-MTU60-BIQ01	Bomba de Inyección de Químico
		STP-WT-MTU60-MBB04	Bomba centrífuga
		STP-WT-MTU60-SPD01	Separador
		STP-WT-MTU60-TEM01	Tablero de control
		STP-WT-MTU60-MPL01	Plataforma
		STP-WT-MTU60-MBB04	Bomba de desplazamiento positivo

ANEXO F: FICHAS TÉCNICAS

REGISTRO TECNICO			
Características Especificas			
EQUIPO:	BOMBA DEZPLAZAMIENTO POSITIVO		
MARCA:	WEATHERFORD		
MODELO:	300Q-5H		
No.SERIE:	H-21096835A		
FECHA:			
Características Generales de la Maquina			
Tipo.de lubricante	AISINMEROPA 320	Potencia MAX	165/200 W RPM
Cap de lubricante G	12	Potencia MIN	180 HP-400RPM
Dimensiones Especificas			
Diametro del pulger	1 7/8 (5)	GPM RATED	92.6 GPM -3880
Tipo de pulger	Grapado	Max rated	3176 BLS-3880

REGISTRO TECNICO			
Características Especificas			
EQUIPO:	BOMBA LUBRICACION FORZADA		
MARCA:	CPI LUBRICATION		
MODELO:	702005		
No.SERIE:	82643		
FECHA:	N/A		
Características Generales			
Numero de pistones	5	Tipo de Lubricante	AISI SAE 15W40
Banda Transmision	A-52-55	Cant.Lubricante	1 gl
Dimensiones Especificas			
Diametro del pulger		GPM RATED	
Tipo de pulger		Max rated	

REGISTRO TECNICO			
Características Especificas			
EQUIPO:	UNIDAD MOVIL DE PRUEBA		
MARCA:	SERTECPET S.A		
MODELO:	MTU-034		
No.SERIE:	P00079		
FECHA:	9-26-2020		
Cod.Activo:	MTU-034		
Características Generales			
T. de Maquina:	1.75	Tipo de Anclaje:	FJO
C. de Proceso:	MECANICA	Otro:	
Dimensiones Especificas			
Altura:	4.6 m	Ancho:	4.6 m
Longitud:	13.5 m	Espesor:	

REGISTRO TECNICO			
Características Especificas			
EQUIPO:	BOMBA CENTRIFUGA		
MARCA:	SUMMIT		
MODELO:	2196MTO		
No.SERIE:	01216564-3		
Cod.Activo:	BCF-032		
Características Generales			
Sello Mecanico	1.75	Max. Presion PSI	150
Banda Transmision	B 86-89	Tamaño	3x4-8G

REGISTRO TECNICO			
Características Especificas			
EQUIPO:	MOTOR DE COMBUSTION		
MARCA:	CATERPILLAR		
MODELO:	3406		
No.SERIE:	3ER10441		
Cod.Activo:	MCI-034		
Características Generales			
Potencia:	360 HP	Tipo de Lubricante:	SAE 15W40
Max.RPM:	1800	Cant.de Lubricante:	10 GL
Min.RPM:	1000	Combustible:	DIESEL

REGISTRO TECNICO			
Características Especificas			
EQUIPO:	TABLERO DE CONTROL		
MARCA:	MURPHY		
MODELO:	MTU-034		
No.SERIE:	H-2 109635 A		
FECHA:	N/A		
Cod.Activo:	TEM -001		
Características Generales			
T. de Maquina:	INSTRUMENTACION	Tipo de Anclaje:	FIJO
C. de Proceso:	SISTEMA DE CONTROL	Otro:	
Dimensiones Especificas			
Altura:	116 cm	Ancho:	61 cm
Display :	TTD	Espesor:	21 cm

REGISTRO TECNICO			
Características Especificas			
EQUIPO:	SEPARADOR -ANSI 300		
MARCA:	SERTECPET S.A		
MODELO:	H.ESTACIONARIO		
No.SERIE:	1200040A		
FECHA:	2013		
Cod. Activo:	SPD-001		
Características Generales			
MAW PRESSURE:	1.75	TEMPERATURE:	33,5 F
MDMT PRESSURE:	B86-89	CORROSION:	Vessel 0.125 in
Dimensiones Especificas			
Longitud:	2.2 m	Diametro:	1.52 m
Capacidad:	48 bls	Otros:	SETE

REGISTRO TECNICO			
Caracteristicas Especificas			
EQUIPO:	REDUCTOR DE VELUCIDADES		
MARCA:	SUMMIT		
MODELO:	2196MTO		
No.SERIE:	01216564-3		
Cod.Activo:	RDV-001		
Caracteristicas Generales			
Maxima.RPM	1.75	Tipo de Lubricante	AISI-MEROPA 320
Relacion reduccion	4,38.1	Cant.Lubricante	3.5 Gl

ANEXO G: RECOLECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

Equipo: MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Tarea	Frecuencia(h)	Fuente	Especialidad
Cambio de filtro principal de combustible	500	Plan Mtto	Mecánico
Cambio del filtro de combustible auxiliar racord	500	Plan Mtto	Mecánico
Cambio en condición filtro de aire	500	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza depurador y líneas del filtro de aire	500	Plan Mtto	Mecánico
Cambio de aceite del motor	500	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza del radiador	500	Plan Mtto	Mecánico
Reparación de Radiador	24000	Plan Mtto	Mecánico
Cambio de condición del Refrigerante	600	Plan Mtto	Mecánico
Reemplazar mangueras y abrazaderas	24000	Plan Mtto	Mecánico
Lubricación rodamientos del ventilador	500	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza Turbo <i>Corrige GP</i>	500	Plan Mtto	Mecánico
Cambio junta flexible del escape	1000	Plan Mtto	Mecánico
Reemplazar los rodamientos de ventilador	1200	Plan Mtto	Mecánico
Cambio de bandas del alternador y ventilador	1200	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza interna en condición tanque de combustible	1000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación en condición bomba de inyección	1200	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza de filtro de colador de combustible	6000	Plan Mtto	Mecánico
Calibración válvulas de motor	6000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación de válvulas	24000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación tren de válvulas	6000	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza <i>breather</i> de gases del motor	6000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación del <i>switch</i> contactores de arranque	6000	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza de bornes de la batería	500	Plan Mtto	Mecánico
Engrase de crucetas	500	Plan Mtto	Mecánico
Lubricación rodamientos del embrague	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual banda alternador y ventilador	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual nivel de refrigerante	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual en condición de inyectores	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual en condición de inyectores	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual indicadores de motor	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual del tablero de control	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual cañerías de combustible	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual del motor de arranque	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual nivel de refrigerante	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual turbo <i>Cartridge GP</i>	500	Plan Mtto	Mecánico

Equipo: SEPARADOR

Tarea	Frecuencia(h)	Fuente	Especialidad
Verificar ajuste de las válvulas de aguja en general	ANUAL	Plan Mtto	Mecánico
Cambio en condición de válvulas de aguja	12000	Plan Mtto	Mecánico
Engrase de las válvulas del separador en general	2000	Plan Mtto	Mecánico
Verificar estado válvulas en general	500	Plan Mtto	Mecánico
Verificar estado de las conexiones de las válvulas de aguja	6000	Plan Mtto	Mecánico
Prueba de funcionamiento de las válvulas de aguja	2000	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual de las válvulas VRP	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual <i>manhole</i>	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual estado del separador	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual <i>demister</i> ,	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual <i>daniels</i>	500	Plan Mtto	Mecánico

Equipo: BOMBA DE INYECCIÓN DE QUÍMICO

Tarea	Frecuencia(h)	Fuente	Especialidad
Cambio de aceite de la bomba de químico	6000	Plan Mtto	Mecánico
Reemplazar cabezales de inyección	6000	Plan Mtto	Mecánico
Limpieza en general de bomba de inyección de químico	ANUAL	Plan Mtto	Mecánico
Cambio de mangueras y conectores	12000	Plan Mtto	Mecánico
Comprobar tensión banda	500	Plan Mtto	Mecánico
Reemplazar banda, eje y polea	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual pernos de sujeción	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual mangueras, conectores	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual de conectores	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual aceite	500	Plan Mtto	Mecánico

Equipo: BOMBA CENTRIFUGA

Tarea	Frecuencia(h)	Fuente	Especialidad
Cambiar sello mecánico según condición	12000	Plan Mtto	Mecánico
Cambiar de banda de transmisión	12000	Plan Mtto	Mecánico
Cambiar el aceite	6000	Plan Mtto	Mecánico
Cambio en condición rodamientos	12000	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual sellos mecánicos	12000	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual tensión banda de transmisión	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual nivel de aceite	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión pernos de <i>anciaif</i> , carcasa y guardas	500	Plan Mtto	Mecánico

Equipo: BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Tarea	Frecuencia	Fuente	Especialidad
Prueba sensor de nivel de aceite	500	Plan Mtto	Eléctrico
Limpieza de sensor de nivel de aceite	2000	Plan Mtto	Mecánico
Verificar estado del <i>stuffing box</i>	24000	Plan Mtto	Mecánico
Verificar ajuste del retainer del stuffing box	12000	Plan Mtto	Mecánico
Verificar estado <i>del gland y follower</i>	2000	Plan Mtto	Mecánico
Verificar estado de los <i>packing</i>	500	Plan Mtto	Mecánico
Verificar estado de los <i>plungers</i>	500	Plan Mtto	Mecánico
Verificar estado <i>spring, seat & ball</i>	2000	Plan Mtto	Mecánico
Verificación de la luz del <i>crankshaft y crosshead</i>	12000	Plan Mtto	Mecánico
Condición de rodamientos	42000	Plan Mtto	Mecánico
Condición estado de empaques	6000	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual sensor de nivel de aceite	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual de la caja de presión	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual aceite bomba y reductor	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual pernos de anclaje	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual sellos <i>fluidend</i>	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual de los <i>packing</i>	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual de los <i>plungers</i>	500	Plan Mtto	Mecánico
Inspección de la condición de rueda dentada	500	Plan Mtto	Mecánico

Equipo: BOMBA DE LUBRICACIÓN FORZADA

Tarea	Frecuencia	Fuente	Especialidad
Verificar empaque de bomba	500	Plan Mtto	Mecánico
Cambio en condición cañerías y acoples	500	Plan Mtto	Mecánico
Verificar condición de <i>retainer</i> de cigüeñal	500	Plan Mtto	Mecánico
Comprobar condición de inyectores	500	Plan Mtto	Mecánico
Verificar pernos de sujeción carcasa	500	Plan Mtto	Mecánico
Cambio de banda, eje y polea	24000	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual mangueras, conectores	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual pernos de anclaje	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual del nivel aceite	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión de banda y polea	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual de empaque de la bomba	500	Plan Mtto	Mecánico

Equipo: TRANSMISIÓN

Tarea	Frecuencia(h)	Fuente	Especialidad
Reemplazar discos de embrague	24000	Plan Mtto	Mecánico
Cambio por condición plato propulsor	12000	Plan Mtto	Mecánico
Cambio en condición disco de parada	12000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación caja de cambios	12000	Plan Mtto	Mecánico
Cambio en condición crucetas	12000	Plan Mtto	Mecánico

Tarea	Frecuencia(h)	Fuente	Especialidad
Revisión visual de nivel y estado del aceite	1000	Plan Mtto	Mecánico
Cambio en condición de aceite	1000	Plan Mtto	Mecánico
Engrasado de crucetas	500	Plan Mtto	Mecánico
Lubricación rodamientos del embrague	12000	Plan Mtto	Mecánico
Regulación del embrague	2000	Plan Mtto	Mecánico
Lubricación de crucetas	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual de graseros	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión manual de pernos de anclaje y carcasa	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual de retenedores	500	Plan Mtto	Mecánico
Inspecciones niveles de aceite	500	Plan Mtto	Mecánico

Equipo: PLATAFORMA

Tarea	Frecuencia	Fuente	Especialidad
Cambiar luces y lunas de plataforma	2000	Plan Mtto	Mecánico
Revisar sistema frenos y suspensión	2000	Plan Mtto	Mecánico
Revisar condición superficie plataforma	24000	Plan Mtto	Mecánico
Revisar condición cajas plataforma	24000	Plan Mtto	Mecánico
Reparación soportes para tubería	24000	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual estado de llantas	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión de escaleras	500	Plan Mtto	Mecánico
Revisión visual de plataforma	500	Plan Mtto	Mecánico

ANEXO H: PASÓ 2 y 3: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA

Equipo: MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Cambio de filtro principal de combustible	Filtro de combustible cumple con su vida útil	Bombear combustible sin impurezas a 30 psi	Se mantiene
Cambio del filtro de combustible auxiliar racord	Filtro de combustible taponado	Bombear combustible sin impurezas a 4 psi	Se mantiene
Cambio en condición filtro de aire	Filtro de aire cumple con el tiempo entre fallos	Suministrar aire sin impurezas	Se mantiene
Limpieza depurador y líneas del filtro de aire	Depurador y líneas de aire obstruidos	Suministrar aire sin impurezas	Se mantiene
Cambio de aceite del motor	El aceite cumple con el tiempo de vida	Bombear aceite sin impurezas a 2 psi	Se mantiene
Limpieza del radiador	Baja eficiencia del radiador por incrustaciones en los serpentines	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Tarea eliminada
Reparación de Radiador	Radiador presenta fugas	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Tarea eliminada
Cambio de condición del Refrigerante	Refrigerante cumple con su tiempo de funcionamiento	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Se mantiene
Reemplazar mangueras y abrazaderas	Mangueras presentan fisuras	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Tarea eliminada
Lubricación rodamientos del ventilador	Grasa en los rodamientos del ventilador con impurezas	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Tarea eliminada
Limpieza Turbo Corrige GP	Turbo GP obstruido	Suministrar aire a presión sin impurezas	Se mantiene
Cambio junta flexible del escape	El tubo de escape presenta vibraciones por junta flexible desgastada	Enviar el aire de combustión sin fugas	Se mantiene
Reemplazar los rodamientos de ventilador	Exceso de vibraciones en el ventilador desgasta los rodamientos del ventilador	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Se mantiene
Cambio de bandas del alternador y ventilador	Banda del alternador cumple con su tiempo de funcionamiento	Transmitir movimiento del cigüeñal hacia el árbol de levas, alternado y bombas	Se mantiene
Limpieza interna en condición tanque de combustible	Impurezas en el combustible provocan incrustaciones en el fondo del tanque	Bombear combustible sin impurezas a 4 psi	Se mantiene

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Reparación en condición bomba de inyección	Bomba de inyección con goteos	Pulverizar el combustible dentro de la cámara a una presión de 100 psi	Tarea eliminada
Limpieza de filtro de colador de combustible	Colador de combustible obstruido	Bombear combustible sin impurezas a 4 psi	Se mantiene
Calibración válvulas de motor	Vibraciones del motor provocan una descalibración en las válvulas del motor	Mantener un juego de 2mm en compensación de la dilatación térmica	Se mantiene
Reparación de válvulas	Degaste en el asiento de las válvulas por desgaste normal	Transmitir movimiento del cigüeñal hacia el árbol de levas, alternado y bombas	Tarea eliminada
Reparación tren de válvulas	Desbalance en el árbol de levas	Transmitir movimiento del cigüeñal hacia el árbol de levas, alternado y bombas	Tarea eliminada
Limpieza <i>breather</i> de gases del motor	Gases de escape en el motor	Enviar el aire de combustión sin fugas	Se mantiene
Reparación del <i>switch</i> contactores de arranque	Contactores flojos de los contactores no permiten el arranque	Iniciar el arranque en el volante motor sin golpes	Tarea eliminada
Limpieza de bornes de la batería	Bornes de batería sulfatadas	Suministrar 12.7v al sistema	Tarea eliminada
Engrase de crucetas	Grasa en las crucetas deteriorada	Trasmitir movimiento en las crucetas	Se mantiene
Lubricación rodamientos del embrague	Rodamientos del embrague con poco grasa	Trasmitir movimiento en las crucetas	Se mantiene
Revisión manual banda alternador y ventilador	Alternador y ventilador pierde eficiencia a la vez	Transmitir movimiento del cigüeñal a hacia el árbol de levas, alternado y bombas	Se mantiene
Revisión manual nivel de refrigerante	Nivel de refrigerante bajo por fugas	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Se mantiene
Revisión manual en condición de inyector	Inyector presenta fugas	Pulverizar el combustible dentro de la cámara a una presión de 100 psi	Se mantiene
Revisión visual indicadores de motor	Tablero de indicadores con alertas	Visualizar el estado del motor, temperatura, presión de aceite, nivel del agua	Tarea eliminada
Revisión visual del tablero de control	indicadores en el tablero con anomalías	Visualizar el estado del motor, temperatura, presión de aceite, nivel del agua	Tarea eliminada
Revisión visual cañerías de combustible	Fugas en las cañerías de combustible	Bombear combustible sin impurezas a 30 psi	Se mantiene
Revisión manual del motor de arranque	Exceso de ruido al momento de accionar el motor de arranque	Iniciar el arranque en el volante motor sin golpes	Se mantiene

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Revisión visual nivel de refrigerante	Nivel de refrigerante bajo	Mantener el motor a una temperatura inferior de 92°C	Se mantiene
Revisión visual turbo <i>Cartridge GP</i>	Turbo <i>Cartridge GP</i> con fisuras	Suministrar aire a presión sin impurezas	Se mantiene
Verificación de fugas en el Radiador y mangueras	Fugas en el sistema de refrigeración	Mantener el motor a una temperatura inferior a 92°C	Nueva tarea
Prueba de funcionamiento del sistema de indicadores del motor	Indicadores o lucen en corto, circuitos abiertos	Presentar el estado de funcionamiento del motor al usuario	Nuevas tareas
Medición de corriente, amperaje y continuidad en el tablero de control	Tablero de control sin energía a con circuitos en corto	Proporcionales mandos de control a los diferentes partes del motor	Nueva tarea

Nota: Las tareas ha sido agrupadas de tal manera que no se eliminó ninguna función principal.

Equipo: SEPARADOR

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Verificar ajuste de las válvulas de aguja en general	Válvula de aguja obstruida	Apertura y cierre de gas en el separador	Se mantiene
Cambio en condición de válvulas de aguja	Válvula de aguja con excesivo desgaste	Apertura y cierre de gas en el separador	Se mantiene
Engrase de las válvulas del separador en general	Válvulas del separador con resistencia al movimiento	Apertura y cierre de gas en el separador	Se mantiene
Verificar estado válvulas en general	Válvula con resistencia a la apertura	Apertura y cierre de gas en el separador	Se mantiene
Verificar estado de las conexiones de las válvulas de aguja	Fugas en las válvulas de agujas	Apertura y cierre de gas en el separador	Se mantiene
Prueba de funcionamiento de las válvulas de aguja	Fugas en las válvulas de agujas	Apertura y cierre de gas en el separador	Se mantiene
Revisión manual de las válvulas VRP	La presión no es regulable	Regular la presión en el separador	Se mantiene
Revisión visual <i>manhole</i>	Carcasa con corrosión y o golpes	Dar soporte físico a todo el separador	Se mantiene
Revisión visual estado del separador	Separador fugas de gas	Dar hermeticidad en todo el separador	Se mantiene
Revisión visual <i>demister</i> ,	<i>Demister</i> presenta fugas	Dar hermeticidad en todo el separador	Se mantiene

Equipo: BOMBA DE INYECCIÓN DE QUÍMICO

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Cambio de aceite de la bomba de químico	Aceite de la bomba con impurezas	Lubricar el cuerpo de la bomba	Se mantiene
Reemplazar cabezales de inyección	Cabezal de inyección taponado	Inyectar aceite a presión	Se mantiene
Limpieza en general de bomba de inyección de químico	Cabezal de inyección taponado	Inyectar aceite a presión	Se mantiene
Cambio de mangueras y conectores	Mangueras con fugas y/o fisuras	Transmitir fluido sin fugas	Tarea eliminada
Comprobar tensión banda	Tensión de la banda debajo de lo normal	Transmitir el movimiento a la banda	Se mantiene
Reemplazar banda, eje y polea	Eje y polea desgastaba por exceso de tensión en la bomba	Transmitir el movimiento a la banda	Se mantiene
Revisión visual pernos de sujeción	Bomba con exceso de vibraciones	Mantener sujeción de la bomba	Se mantiene
Revisión visual mangueras, conectores	Mangueras con fugas y/o fisuras	Bombear el fluido químico	Se mantiene
Revisión visual de conectores	Fugas en los conectores	Mantener la hermeticidad en la bomba	Se mantiene
Revisión manual aceite	Nivel de aceite bajo	Bombear aceite a 4psi	Se mantiene
Inspección de fugas de mangueras y conectores y apriete	Fugas en las mangueras por mal montaje y/o apriete	Transmitir fluido sin fugas	Nueva tarea

Equipo: BOMBA CENTRÍFUGA

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Cambiar sello mecánico según condición	Sello mecánico con desgaste normal	Mantener la hermeticidad en el eje y el impulsor	Se mantiene
Cambiar de banda de transmisión	banda de transmisión con fisuras	Trasmitir movimiento a la bomba centrífuga	Se mantiene
Cambiar el aceite	Aceite cumple con su vida útil	Evitar el rozamiento en la bomba	Se mantiene
Cambio en condición rodamientos	Fugas de líquidos en la bomba	Mantener la hermeticidad en el eje y el impulsor	Se mantiene
Revisión manual sellos mecánicos	Desgaste excesivo en el sello mecánico	Mantener la hermeticidad en el eje y el impulsor	Se mantiene
Revisión manual tensión banda de transmisión	banda de transmisión se desacopla ocasionalmente	Mantener la hermeticidad en el eje y el impulsor	Se mantiene
Revisión visual nivel de aceite	Consumo excesivo de aceite	Evitar el rozamiento entre la bomba	Se mantiene

Revisión pernos de anclaje y carcasa y guardas	Vibraciones excesivas en la bomba	Sujetar la bomba centrífuga	Se mantiene
--	-----------------------------------	-----------------------------	-------------

Equipo: BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Prueba sensor de nivel de aceite	Indicador de aceite no marca el nivel real	Evitar el rozamiento entre los ejes y chumaceras en la bomba	Se mantiene
Limpieza de sensor de nivel de aceite	Sensor de aceite con impurezas	Evitar el rozamiento entre los ejes y chumaceras en la bomba	Se mantiene
Verificar estado del <i>stuffing box</i>	Fugas a través de <i>stuffing box</i>	Evitar fugas en el eje de la bomba	Se mantiene
Verificar ajuste del <i>retainer</i> del <i>stuffing box</i>	Fugas a través de <i>stuffing box</i>	Evitar fugas en el eje de la bomba	Se mantiene
Verificar estado del <i>gland</i> y <i>follower</i>	<i>Gland</i> y <i>follower</i> presenta fugas	Evitar fugas en el eje de la bomba	Se mantiene
Verificar estado de los <i>packing</i>	<i>Packing</i> cumple con su vida útil	Evitar fugas en el eje de la bomba	Se mantiene
Verificar estado de los <i>plungers</i>	Pistones presentan desgaste por uso normal	Evitar fugas en el eje de la bomba	Se mantiene
Verificar estado <i>spring, seat & ball</i>	Desgaste en <i>spring, seat & ball</i>	Evitar fugas en el eje de la bomba	Se mantiene
Verificación de la luz del <i>crankshaft</i> y <i>crosshead</i>	Los indicadores de la bomba no presentan valores	Transmitir el movimiento del eje de la bomba a las válvulas	Se mantiene
Condición de rodamientos	Desgaste en los rodamientos de la bomba po desgaste normal	Transmitir el movimiento del eje de la bomba a las válvulas	Se mantiene
Condición estado de empaques	Fugas en el eje de la bomba	Evitar fugas en el eje de la bomba	Se mantiene
Revisión visual sensor de nivel de aceite	Los indicadores de la bomba no presentan valores	Visualizar el estado de la bomba, temperatura, presión de aceite, nivel del agua	Se mantiene
Revisión visual de la caja de presión	Los indicadores de la bomba no presentan valores	Visualizar el estado de la bomba, temperatura, presión de aceite, nivel del agua	Se mantiene
Revisión visual aceite bomba y reductor	Los indicadores de la bomba no presentan valores	Visualizar el estado de la bomba, temperatura, presión de aceite, nivel del agua	Se mantiene
Revisión visual pernos de anclaje	Vibraciones excesivas en la bomba	Sujetar todo el cuerpo de la bomba de desplazamiento	Se mantiene

Revisión visual sellos <i>fluidend</i>	Fugas de líquidos en la bomba	Visualizar el estado de la bomba, temperatura, presión de aceite, nivel del agua	Se mantiene
Revisión visual de los <i>packing</i>	Fugas de líquidos en la bomba	Visualizar el estado de la bomba, temperatura, presión de aceite, nivel del agua.	Se mantiene
Revisión visual de los <i>plungers</i>	Fugas de líquidos en la bomba	Evitar fugas de líquidos en la bomba	Se mantiene
Inspección de la condición de rueda dentada	Excesivo desgaste en la bomba	Evitar fugas de líquidos en la bomba	Se mantiene

Equipo: BOMBA DE LUBRICACIÓN FORZADA

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Verificar empaque de bomba	Fugas de líquidos en la bomba	Evitar fugas de líquidos en la bomba	Se mantiene
Cambio en condición cañerías y acoples	Fugas de líquidos en la bomba	Evitar fugas de líquidos en la bomba	Se mantiene
Verificar condición de <i>retainer</i> de cigüeñal	Cigüeñal desbalanceado	Trasmitir el movimiento del cigüeñal a los pistones de la bomba	Se mantiene
Verificar pernos de sujeción carcasa	Vibraciones excesivas	Sujetar todo el cuerpo de la bomba	Se mantiene
Cambio de banda, eje y polea	Desgaste normal en la banda	Transmitir movimiento del cigüeñal a las levas	Se mantiene
Revisión visual mangueras, conectores	Mangueras con fisuras	Trasportar el lubricante a las unidades móviles de prueba	Se mantiene
Revisión visual pernos de anclaje	Vibraciones excesivas	Sujetar el cuerpo de la bomba	Se mantiene
Revisión manual del nivel aceite	Falta de aceite en la bomba	Evitar la fricción en la bomba	Se mantiene
Revisión de banda y polea	Figuras en la polea	Trasmitir el movimiento del motor a la bomba de lubricación forzada	Se mantiene
Revisión visual de empaque de la bomba	Fugas en el empaque de la bomba	Mantener hermética la bomba	Se mantiene

Equipo: TRANSMISIÓN

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Reemplazar discos de embrague	Disco de embrague presenta desgaste por uso normal	Desacoplar el motor de la caja de cambios sin golpes	Tarea eliminada
Cambio por condición plato propulsor	Plato propulsor presenta desgaste, y/ fisuras	Desacoplar el motor de la caja de cambios sin golpes	Tarea eliminada
Cambio en condición disco de parada	Disco de parada presenta desgaste	Desacoplar el motor de la caja de cambios sin golpes	Tarea eliminada
Reparación caja de cambios	Caja de cambios con obstrucciones	Permitir el cambio de revoluciones sin golpes	Tarea eliminada
Cambio en condición crucetas	Crucetas presenta desgaste	Trasmitir movimiento en las crucetas	Se mantiene
Revisión visual de nivel y estado del aceite	Nivel de aceite bajo	Disminuir la fricción entre los engranes de la caja de cambios, sin impurezas	Se mantiene
Cambio en condición de aceite	Nivel de aceite bajo	Disminuir la fricción entre los engranes de la caja de cambios, sin impurezas	Se mantiene
Engrasado de crucetas	Grasa en las crucetas deteriorada	Permitir el acople en las crucetas	Tarea eliminada
Lubricación rodamientos del embrague	Grasa de los rodamientos en el embrague cumplen con su tiempo de vida útil	Desacoplar el motor de la caja de cambios sin golpes	Se mantiene
Regulación del embrague	Embrague presenta resistencia	Desacoplar el motor de la caja de cambios sin golpes	Se mantiene
Revisión visual de graseros	Poca grasa en las juntas	Disminuir la fricción entre ejes y chumaceras en la transmisión	Se mantiene
Revisión manual de pernos de anclaje y carcasa	Carcasa presenta exceso de vibraciones	Proteger los elementos internos de la transmisión del polvo, agua y la manipulación	Tarea eliminada
Revisión visual de retenedores	Retenedor presenta fuga	Evitar fugas de aceite	Se mantiene
Inspecciones niveles de aceite	Nivel de aceite bajo	Disminuir la fricción entre los engranes de la caja de cambios, sin impurezas	Se mantiene
Cambio del kit de embrague plato de embrague, disco y rodamiento	Desgaste normal en el sistema del embrague	Acoplar y desacoplar el movimiento de la caja de cambios con el motor	Nueva tarea
Revisión del estado de pernos de anclaje y engrasado de crucetas	Desgaste excesivo de las crucetas por falta de lubricación y polvo	Transmitir movimiento del motor a las ruedas	Nueva tarea

Nota: Se agrupan las tareas referentes a los modos de fallo del embrague debido a que, para realizar los cambios de embrague, rodamiento, y plato, es necesario desmontar la caja de cambios. Además, el desgaste en el elemento es uniforme ya que estos elementos funcionan en conjunto. Referente al costo, el kit del embrague es menos costoso que la parada en sí de esta maquinaria.

Las tareas referentes a la sujeción de los equipos buscando un desajuste o vibraciones no son comunes, por este motivo se le añade a la lubricación de las crucetas.

Equipo: PLATAFORMA

Tarea	Modo de fallo	Función	Observaciones
Cambiar luces y lunas de plataforma	Sistema eléctrico de la plataforma con circuitos abiertos	Proporcionar señalización para el transporte	Tarea eliminada
Revisar sistema frenos y suspensión	La plataforma no se detiene al momento de frenar	Mantener la plataforma en un solo sitio por medio de las zapatas	Tarea eliminada
Revisar condición superficie plataforma	Superficie de la plataforma con corrosión	Evitar la oxidación, corrosión, humedad en la plataforma	Tarea eliminada
Revisar condición cajas plataforma	Cajas de la plataforma	Proteger elementos internos del ambiente externo	Tarea eliminada
Reparación soportes para tubería	Corrosión en tuberías	Evitar la oxidación, corrosión, humedad en la plataforma	Se mantiene
Revisión visual estado de llantas	llantas sin la presión suficiente	Proporcionar un punto de contacto estable entre el relieve de la llanta y la superficie	Se mantiene
Revisión de escaleras	Escaleras con incrustaciones	Permitir la elevación del personal de forma segura hacia el equipo	Se mantiene
Revisión visual de plataforma	plataforma presenta corrosión	Das soporte a los componentes	Tarea eliminada
Pruebas de funcionamiento del sistema de frenos	La plataforma no se detiene al momento de frenar	Mantener la estructura en un solo sitio por medio de la presión en el disco de las ruedas.	Nueva tarea
Inspección del sistema de suspensión	Amortiguador presenta desgaste	Absorber vibraciones en conjunto con los muelles.	Nueva tarea
Limpieza de la plataforma y busque de corrosión en las superficies y cajas	Deterioro del metal de la plataforma por medio del ambiente húmedo	Sostener los equipos	Nueva tarea

Nota: Las tareas de revisión de la plataforma se cambió por limpieza, dado que de esta forma los problemas de corrosión u otra novedad pueden ser detectados con mayor facilidad

Se elimina la tarea de mantenimiento de cambio de lunas de señalización dado que este elemento es fácilmente intercambiable y se puede trabajar al fallo.

Las tareas de revisión de frenos y suspensión se separan en dos tareas distintas dado que la relación de desgaste de estos equipos no es igual, además se cambia revisión por pruebas de funcionamiento.

ANEXO I: PASO 4: DEPURACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLA

Equipo	Cod.	Modo de fallo
Bomba centrífuga	M78	Sello mecánico con desgaste normal
	M79	banda de transmisión con fisuras
	M80	Aceite cumple con su vida útil
	M81	Desgaste excesivo en el sello mecánico
	M82	banda de transmisión se desacopla ocasionalmente
	M83	Consumo excesivo de aceite
	M84	Vibraciones excesivas en la bomba
Bomba de desplazamiento positivo	M30	Indicador de aceite no marca el nivel real
	M31	Fugas a través de stuffing box
	M32	Gland y follower presenta fugas
	M33	Packing cumple con su vida útil
	M34	Pistones presentan desgaste por uso normal
	M35	Desgaste en spring, seat & ball
	M36	Desgaste en los rodamientos de la bomba por desgaste normal
	M37	Fugas en el eje de la bomba
	M38	Fugas de líquidos en la bomba
	M39	Excesivo desgaste en la bomba
	Bomba de lubricación forzada	M39
M40		Cigüeñal desbalanceado
M41		Vibraciones excesivas
M42		Desgaste normal en la banda
M43		Mangueras con fisuras
M44		Vibraciones excesivas
M45		Falta de aceite en la bomba
M46		Figuras en la polea
M47		Fugas en el empaque de la bomba
Bomba para químico	M48	Aceite de la bomba con impurezas
	M49	Tensión de la banda debajo de lo normal
	M50	Eje y polea desgastaba por exceso de tensión en la bomba
	M51	Bomba con exceso de vibraciones
	M52	Mangueras con fugas y/o fisuras
	M53	Fugas en los conectores
Motor de combustión interna	M01	Filtro de combustible cumple con su vida útil
	M10	Banda del alternador cumple con su tiempo de funcionamiento
	M11	Impurezas en el combustible provocan incrustaciones en el fondo del tanque
	M12	Colador de combustible obstruido
	M13	Vibraciones del motor provocan una descalibración en las válvulas del motor
	M14	Gases de escape en el motor
	M15	Grasa en las crucetas deteriorada
	M16	Rodamientos del embrague con poco grasa
	M17	Alternador y ventilador pierde eficiencia a la vez
	M18	Nivel de refrigerante bajo por fugas
	M19	Inyector presenta fugas
	M02	Filtro de combustible taponado
	M20	Fugas en las cañerías de combustible
	M21	Exceso de ruido al momento de accionar el motor de arranque
	M22	Nivel de refrigerante bajo
	M23	Turbo Cartridge GP con fisuras
	M03	Filtro de aire cumple con el tiempo entre fallos
	M04	Depurador y líneas de aire obstruidos
	M05	El aceite cumple con el tiempo de vida

	M06	Refrigerante cumple con su tiempo de funcionamiento
	M07	Turbo GP obstruido
	M08	El tubo de escape presenta vibraciones por junta flexible desgastada
	M89	Fugas en el sistema de refrigeración
	M09	Exceso de vibraciones en el ventilador desgasta los rodamientos del ventilador
	M90	Indicadores o lucen en corto, circuitos abiertos
	M91	Tablero de control sin energía a con circuitos en corto
Plataforma	M85	Corrosión en tuberías
	M86	llantas sin la presión suficiente
	M87	Escaleras con incrustaciones
Separador	M69	Válvula de aguja obstruida
	M70	Válvula de aguja con excesivo desgaste
	M71	Válvulas del separador con resistencia al movimiento
	M72	Fugas en las válvulas de agujas
	M73	La presión no es regulable
	M74	Carcasa con corrosión y o golpes
	M75	Separador fugas de gas
	M76	Demister presenta fugas
	M77	Daniel presenta fugas
Tablero de control	M53	Los indicadores de la bomba no presentan valores
	M54	Tablero con vibraciones
	M55	Tablero con exceso de polvo
	M56	Plc con mucho polvo
	M57	Relés con contactores soldado
	M59	Cables eléctricos sulfatados por excesos de humedad
	M60	No existe voltaje el switch
	M61	Válvula choque taponado
	M62	Alarma sonora sin voltaje de alimentación
	M63	Contacto de relés en cortocircuito
	M64	Switch deteriorador por forzar mecánicamente
	M65	Borneras sin voltaje ni señal
	M66	Lámparas indicadoras sin brillo
	M67	Protecciones con fugas
	M68	Manómetro cambio
Transmisión	M24	Crucetas presenta desgaste
	M25	Nivel de aceite bajo
	M26	Grasa de los rodamientos en el embrague cumplen con su tiempo de vida útil
	M27	Embrague presenta resistencia
	M28	poca grasa en las juntas
	M29	Nivel de aceite bajo

ANEXO J: PASO 5 y 6: EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DE FALLA Y DETERMINACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

R.C =Reacondicionamiento cíclico

M.C=Tareas correctivas

M.P=Tareas preventivas

CB= Basado en la condición

Equipo: MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Cambio de filtro principal de combustible	Filtro de combustible cumple con su vida útil	Operacionales	M.C
Cambio del filtro de combustible auxiliar racord	Filtro de combustible taponado	Seguridad y media ambiente	M.C
Cambio en condición filtro de aire	Filtro de aire cumple con el tiempo entre fallos	No operacionales	R.C
Limpieza depurador y líneas del filtro de aire	Depurador y líneas de aire obstruidos	no operacionales	C.B
Cambio de aceite del motor	El aceite cumple con el tiempo de vida	Operacionales	C.B
Cambio de condición del Refrigerante	Refrigerante cumple con su tiempo de funcionamiento	Operacionales	R.C
Limpieza Turbo Corrige GP	Turbo GP obstruido	Operacionales	M.C
Cambio junta flexible del escape	El tubo de escape presenta vibraciones por junta flexible desgastada	Seguridad y medio ambiente	M.C
Reemplazar los rodamientos de ventilador	Exceso de vibraciones en el ventilador desgasta los rodamientos del ventilador	Operacionales	R.C
Cambio de bandas del alternador y ventilador	Banda del alternador cumple con su tiempo de funcionamiento	Operacionales	R.C
Limpieza interna en condición tanque de combustible	Impurezas en el combustible provocan incrustaciones en el fondo del tanque	Seguridad y media ambiente	M.C
Limpieza de filtro de colador de combustible	Colador de combustible obstruido	Seguridad y medio ambiente	C.B
Calibración válvulas de motor	Vibraciones del motor provocan una descalibración en las válvulas del motor	Operacionales	Reemplazo
Limpieza breather de gases del motor	Gases de escape en el motor	Seguridad y medio ambiente	M.P

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Engrase de crucetas	Grasa en las crucetas deteriorada	Operacionales	C.B
Lubricación rodamientos del embrague	Rodamientos del embrague con poco grasa	No operacionales	M.C
Revisión manual banda alternador y ventilador	Alternador y ventilador pierde eficiencia a la vez	Operacionales	M.C
Revisión manual nivel de refrigerante	Nivel de refrigerante bajo por fugas	Seguridad y medio ambiente	R.C
Revisión manual en condición de inyectores	Inyector presenta fugas	Operacionales	M.C
Revisión visual cañerías de combustible	Fugas en las cañerías de combustible	Seguridad y media ambiente	C.B
Revisión manual del motor de arranque	Exceso de ruido al momento de accionar el motor de arranque	Operacionales	C.B
Revisión visual nivel de refrigerante	Nivel de refrigerante bajo	Seguridad y medio ambiente	C.B
Revisión visual turbo Cartridge GP	Turbo Cartridge GP con fisuras	Para la seguridad y medio ambiente	M.C
Verificación de fugas en el Radiador y mangueras	Fugas en el sistema de refrigeración	Para la seguridad y medio ambiente	MP
Prueba de funcionamiento del sistema de indicadores del motor	Indicadores o lucen en corto, circuitos abiertos	Para la seguridad y medio ambiente	MP
Medición de corriente, amperaje y continuidad en el tablero de control	Tablero de control sin energía a con circuitos en corto	Para la seguridad y medio ambiente	MP

Equipo: SEPARADOR

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Verificar ajuste de las válvulas de aguja en general	Válvula de aguja obstruida	Operacionales	M.C
Cambio en condición de válvulas de aguja	Válvula de aguja con excesivo desgaste	No operacionales	M.C
Engrase de las válvulas del separador en general	Válvulas del separador con resistencia al movimiento	Operacionales	R.C
Verificar estado válvulas en general	Válvula con resistencia a la apertura	Operacionales	C.B
Verificar estado de las conexiones de las válvulas de aguja	Fugas en las válvulas de agujas	Operacionales	C.B
Prueba de funcionamiento de las válvulas de aguja	Fugas en las válvulas de agujas	Operacionales	C.B
Revisión manual de las válvulas VRP	La presión no es regulable	Operacionales	M.C
Revisión visual manhole	Carcasa con corrosión y o golpes	No operacionales	M.C
Revisión visual estado del separador	Separador fugas de gas	Seguridad y medio ambiente	M.C
Revisión visual demister,	Demister presenta fugas	Seguridad y medio ambiente	R.C
Revisión visual daniels	Daniel presenta fugas	Seguridad y medio ambiente	R.C

Equipo: BOMBA DE INYECCIÓN DE QUÍMICO

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Cambio de aceite de la bomba de químico	Aceite de la bomba con impurezas	Operacionales	M.C
Reemplazar cabezales de inyección	Cabezal de inyección taponado	Operacionales	R.C
Limpieza en general de bomba de inyección de químico	Cabezal de inyección taponado	Operacionales	M.C
Comprobar tensión banda	Tensión de la banda debajo de lo normal	Operacionales	R.C
Reemplazar banda, eje y polea	Eje y polea desgastaba por exceso de tensión en la bomba	Operacionales	C.B
Revisión visual pernos de sujeción	Bomba con exceso de vibraciones	Operacionales	C.B
Revisión visual mangueras, conectores	Mangueras con fugas y/o fisuras	Seguridad y medio ambiente	C.B
Revisión visual de conectores	Fugas en los conectores	Operacionales	M.C
Revisión manual aceite	Nivel de aceite bajo	Operacionales	R.C

Equipo: BOMBA CENTRÍFUGA

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Cambiar sello mecánico según condición	Sello mecánico con desgaste normal	Operacionales	M.C
Cambiar de banda de transmisión	banda de transmisión con fisuras	Operacionales	R.C
Cambiar el aceite	Aceite cumple con su vida útil	Operacionales	R.C
Cambio en condición rodamientos	Fugas de líquidos en la bomba	Seguridad y medio ambiente	M.C
Revisión manual sellos mecánicos	Desgaste excesivo en el sello mecánico	Operacionales	RC
Revisión manual tensión banda de transmisión	banda de transmisión se desacopla ocasionalmente	Operacionales	C.B
Revisión visual nivel de aceite	Consumo excesivo de aceite	Seguridad y medio ambiente	Reemplazo
Revisión pernos de anclaje, carcasa y guardas	Vibraciones excesivas en la bomba	no operacionales	M.C

Equipo: BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Prueba sensor de nivel de aceite	Indicador de aceite no marca el nivel real	Operacionales	M.C
Limpieza de sensor de nivel de aceite	Sensor de aceite con impurezas	Operacionales	C.B
Verificar estado del stuffing box	Fugas a través de stuffing box	Operacionales	M.C
Verificar ajuste del retainer del stuffing box	Fugas a través de stuffing box	Operacionales	M.C
Verificar estado del gland y follower	gland y follower presenta fugas	Operacionales	R.C
Verificar estado de los packing	Packing cumple con su vida útil	Operacionales	M.C
Verificar estado de los plungers	Pistones presentan desgaste por uso normal	Operacionales	M.C
Verificar estado spring, seat & ball	Desgaste en spring, seat & ball	Operacionales	R.C
Verificación de la luz del crankshaft y crosshead	Los indicadores de la bomba no presentan valores	Operacionales	C.B
Condición de rodamientos	Desgaste en los rodamientos de la bomba por desgaste normal	Para la seguridad y medio ambiente	C.B
Condición estado de empaques	Fugas en el eje de la bomba	Operacionales	C.B
Revisión visual sensor de nivel de aceite	Los indicadores de la bomba no presentan valores	Operacionales	M.C
Revisión visual de la caja de presión	Los indicadores de la bomba no presentan valores	Operacionales	R.C
Revisión visual aceite bomba y reductor	Los indicadores de la bomba no presentan valores	No operacionales	M.C
Revisión visual pernos de anclaje	Vibraciones excesivas en la bomba	no operacionales	R.C

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Revisión visual sellos fluiddend	Fugas de líquidos en la bomba	Operacionales	M.C
Revisión visual de los packing	Fugas de líquidos en la bomba	Operacionales	M.C
Revisión visual de los plungers	Fugas de líquidos en la bomba	Operacionales	R.C
Inspección de la condición de rueda dentada	Excesivo desgaste en la bomba	Operacionales	R.C

Equipo: BOMBA DE LUBRICACIÓN FORZADA

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Verificar empaque de bomba	Fugas de líquidos en la bomba	Operacionales	M.C
Cambio en condición cañerías y acoples	Fugas de líquidos en la bomba	Operacionales	R.C
Verificar condición de retainer de cigüeñal	Cigüeñal desbalanceado	Operacionales	C.B
Verificar pernos de sujeción carcasa	Vibraciones exceceas	No peracionales	M.C
Cambio de banda, eje y polea	Desgaste normal en la banda	Operacionales	C.B
Revisión visual mangueras, conectores	Mangueras con fisuras	Operacionales	M.C
Revisión visual pernos de anclaje	Vibraciones excesivas	Operacionales	M.C
Revisión manual del nivel aceite	Falta de aceite en la bomba	Operacionales	M.C
Revisión de banda y polea	Figuras en la polea	Operacionales	C.B
Revisión visual de empaque de la bomba	Fugas en el empaque de la bomba	Operacionales	M.C

Equipo: PLATAFORMA

Tarea	Modo de fallo	Consecuencia	Política
Reparación soportes para tubería	Corrosión en tuberías	no operacionales	C.B
Revisión visual estado de llantas	llantas sin la presión suficiente	Seguridad y medio ambiente	M.C
Revisión de escaleras	Escaleras con incrustaciones	no peracionales	M.C

ANEXO K: PASÓ 7: LISTAR POR FRECUENCIA Y ESPECIALIDAD

La frecuencia está en horas

Eléctrico

500

- Tablero de control
 - Limpieza tablero de control Murphy
 - Prueba manómetros del tablero Burphy
 - Prueba sistema de alarma sonora
 - Revisión manual relés
 - Revisión manual switch paso de corriente
 - Revisión visual cables eléctricos
 - Revisión visual manguera protección BX
 - Revisión visual manómetros

1000

- Tablero de control
 - Ajustar de pernos de anclaje del tablero murphy

2000

- Tablero de control
 - Cambiar en condición relés

12000

- Tablero de control
 - Revisión manual de la válvula VRP/choke

24000

- Tablero de control
 - Limpieza plc-ttd
 - Prueba switch paso de corriente

ANUAL

- Tablero de control
 - Cambiar cables eléctricos

Mecánico

500

- Bomba centrífuga
 - Cambiar sello mecánico según condición
 - Revisión pernos de anclaje, carcasa y guardas
 - Revisión visual nivel de aceite
- Bomba de desplazamiento positivo
 - Inspección de la condición de rueda dentada
 - Limpieza de sensor de nivel de aceite
 - Prueba sensor de nivel de aceite
 - Revisión visual aceite bomba y reductor
 - Revisión visual de la caja de presión
 - Revisión visual de los packing
 - Revisión visual de los plungers
 - Revisión visual pernos de anclaje
 - Revisión visual sellos fluiddend
 - Verificar estado de los plungers
 - Verificar estado spring, seat & ball
- Bomba de lubricación forzada
 - Cambio de banda, eje y polea
 - Cambio en condición cañerías y acoples
 - Revisión de banda y polea
 - Revisión manual del nivel aceite
 - Revisión visual de empaque de la bomba
 - Revisión visual pernos de anclaje
 - Verificar condición de retainer de cigüeñal
 - Verificar empaque de bomba
 - Verificar pernos de sujeción carcasa
- Bomba para químico
 - Cambio de aceite de la bomba de químico
 - Reemplazar banda, eje y polea
 - Revisión manual aceite
 - Revisión visual de conectores

- Revisión visual mangueras, conectores
- Revisión visual pernos de sujeción
- Motor de combustión interna**
 - Cambio de aceite del motor
 - Cambio de filtro principal de combustible
 - Cambio del filtro de combustible auxiliar racord
 - Cambio en condición filtro de aire
 - Engrase de crucetas
 - Limpieza depurador y líneas del filtro de aire
 - Limpieza Turbo Corrige GP
 - Lubricación rodamientos del embrague
 - Revisión manual banda alternador y ventilador
 - Revisión manual del motor de arranque
 - Revisión manual en condición de inyectores
 - Revisión manual nivel de refrigerante
 - Revisión visual cañerías de combustible
 - Revisión visual nivel de refrigerante
 - Revisión visual turbo Cartridge GP
 - Verificación de fugas en el Radiador y mangueras
- Plataforma**
 - Revisión de escaleras
- Separador**
 - Revisión visual demister,
 - Revisión visual estado del separador
 - Verificar ajuste de las válvulas de aguja en general
 - Verificar estado de las conexiones de las válvulas de aguja
- Transmisión**
 - Inspecciones niveles de aceite
 - Lubricación rodamientos del embrague
 - Revisión visual de graseros
 - Revisión visual de retenedores
- 600**
 - Motor de combustión interna
 - Cambio de condición del Refrigerante
- 1000**
 - Motor de combustión interna
 - Cambio junta flexible del escape
 - Limpieza interna en condición tanque de combustible
 - Prueba de funcionamiento del sistema de indicadores del motor
 - Transmisión
 - Cambio en condición de aceite
 - Separador
 - Revisión visual daniels
 - Revisión visual manhole
- 1200**
 - Motor de combustión interna
 - Cambio de bandas del alternador y ventilador
 - Reemplazar los rodamientos de ventilador
- 2000**
 - Bomba de desplazamiento positivo
 - Verificación de la luz del crankshaft y crosshead
 - Verificar estado de los packing
 - Verificar estado del stuffing box
 - Motor de combustión interna
 - Medición de corriente, amperaje y continuidad en el tablero de control
 - Separador
 - Revisión manual de las válvulas vrp
 - Verificar estado válvulas en general
- 6000**
 - Bomba centrífuga
 - Cambio en condición rodamientos
 - Bomba de desplazamiento positivo
 - Revisión visual sensor de nivel de aceite
 - Bomba para químico
 - Limpieza en general de bomba de inyección de químico
 - Reemplazar cabezales de inyección
 - Motor de combustión interna

- Calibración válvulas de motor
- Limpieza breather de gases del motor
- Limpieza de filtro de colador de combustible

Separador

- Prueba de funcionamiento de las válvulas de aguja

12000

Bomba centrífuga

- Cambiar de banda de transmisión

- Cambiar el aceite

- Revisión manual sellos mecánicos

- Revisión manual tensión banda de transmisión

Bomba de desplazamiento positivo

- Condición de rodamientos

- Verificar estado del gland y follower

Bomba para químico

- Comprobar tensión banda

Separador

- Engrase de las válvulas del separador en general

Transmisión

- Cambio en condición crucetas

- Regulación del embrague

- Revisión visual de nivel y estado del aceite

24000

Bomba de desplazamiento positivo

- Verificar ajuste del retainer del stuffing box

Bomba de lubricación forzada

- Revisión visual mangueras, conectores

Plataforma

- Reparación soportes para tubería

- Revisión visual estado de llantas

42000

Bomba de desplazamiento positivo

- Condición estado de empaques

ANUAL

Separador

- Cambio en condición de válvulas de aguja

Separador

ANEXO L: LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO Y COSTOS

Los valores en la tabla son costos estimados que se encuentran en el mercado al año 2022 anexo K

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
Cambio de filtro de combustible	MMC01	Destornillador plano, Bandeja imantada	500	Filtro de combustible (unidades)(1),	45,00	61.09	3	183.27	24
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100),	0,09				
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
Cambio del filtro de combustible auxiliar racord	MMC01	Destornillador plano, Bandeja imantada	500	Filtro de combustible (unidades)(1),	45,00	61.09	3	183.27	24
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100),	0,09				
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
Cambio en del filtro de aire	MMC01	Destornillador estrella, Destornillador plano	500	Filtro de aire (unidades)(1),	40,00	112	112	112	32
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
Limpieza depurador y líneas del filtro de aire	MMC01	Compresor de aire de 1HP, 30 litros mínimo	500	Mecánico (horas)(2),	16,09	32.18	32.18	32.18	32
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,01				
Cambio de aceite del motor	MMC01	Destornillador plano	500	Aceite lubricante WD-40 (gl)(1),	8,00	104.18	104.18	104.18	24
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Bandeja para aceite (unidades)(1),	28,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Limpieza interna y externa del radiador	MMC01	Alicate universal, Cepillo de limpieza, Destornillador plano	500	Refrigerante (lt)(2),	16,00	75.72	75.72	75.72	24
				Producto Multiusos Wd-40 Spray 9onz(unidades)(1/10),	9,00				
				Guantes de latex(unidades)(2)	0,01				
				Refrigerante (lt)(2),	0,24				
Reparación de fugas del radiador	MMC01	Destornillador plano	24000	Resina epoxi para radiadores (unidades)(1),	3,50	19.74	19.74	19.74	52
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Guantes de latex(unidades)(2)	0,24				
Cambio del líquido refrigerante	MMC01	Juego de llaves combinadas milimétricas	600	Refrigerante (lt)(2),	16,00	128.36	128.36	128.36	12
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Reemplazo mangueras y abrazaderas	MMC01	Alicate universal, Destornillador plano	24000	Mangueras para el radiador(unidades)(1),	25,00	41.09	41.09	41.09	52
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Lubricación rodamientos del ventilador	MMC01	Grasero tipo palanca	500	Guaípe (lb)(1)	1,00	17.39	17.39	17.39	52
				Grasa NLGI-2 (gr)(0.1)	0,30				
				Mecánico (horas)(2)	16,00				

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Limpieza turbo Cartridge Gp	MMC01	Compresor de aire 1 HP, 30 litros mínimo	500	Producto Multiusos Wd-40 Spray 9onz(unidades)(1/10),	9,00	52.18	52.18	52.18	32
				Guaípe (lb)(1),	1,00				
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
				Producto Multiusos Wd-40 Spray 9onz(unidades)(1/10),	9,00				
Cambio junta flexible del escape	RDV01	Juego de llaves combinadas milimétricas, Destornillador plano, Alicata universal	1000		160,09	32.18	32.18	32.18	32
				Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	160,09				
Reemplazar los rodamientos de ventilador	RDV01	Destornillador estrella, Destornillador plano, Alicata universal, Juego de llaves combinadas milimétricas	1200		16,00	66	66	66	52
				Rodamiento SKF N208 ECP (unidades)(1)	50,00				
Cambio de bandas del alternador y ventilador	RDV01	Juego de llaves combinadas milimétricas, Alicata universal, Destornillador plano	1200	Banda de transmisión V (unidades)(1),	25,00	186	186	186	104
				Mecánico (horas)(2),	16,00				
				Bandas (unidades)(1)	145,00				
Limpieza interna en condición tanque de combustible	RDV01	Cepillo de limpieza	1000	Mecánico (horas)(2),	16,00	32.84	32.84	32.84	32
				Desoxidante (gl)(0.01),	0,18				
				Guantes de latex(unidades)(2)	0,24				
Reparación de bomba de inyección	RDV01		1200	Reparación de bomba de inyección (contrato externo)	750,00	750	750	750	104
Limpieza de filtro de colador de combustible	RDV01	Destornillador plano, Alicata universal, Bandeja para aceite	6000	Mecánico (horas)(2)	16,00	32	32	32	32
Calibración válvulas de motor	RDV01	Calibrador pie de rey Galgas rectas, Juego de llaves combinadas milimétricas,	6000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	16	16	52

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
		Reloj comparador, Destornillador plano							
Reparación de válvulas	RDV01		24000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	16	16	108
Reparación tren de válvulas	RDV01		6000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	16	16	108
Limpieza Breather de gases del motor	RDV01		6000	Mecánico (horas)(2), Producto Multiusos Wd-40 Spray 9onz(unidades)(1/10)	16,00 9,00	750	750	750	42
Reparación del switch contactores de arranque	RDV01	Alicate universal, Pinza pelacables	6000	Electricista (horas)(8), Contactor de 15A (unidades)(1), Terminales tipo hembra(unidades)(6)	32,00 12,00 0,60	133.8	133.8	133.8	22
Limpieza de bornes de la batería	RDV01	Cepillo de cerdas metálicas	500	Electricista (horas)(2), Bicarbonato de sodio(libra)(0.1), Guaipe (lb)(1)	16,00 1,50 1,00	37	37	37	32
Engrase de crucetas	RDV01	Grasero tipo palanca	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	32	32	32	24
Cambio de rodamientos del embrague	RDV01	Juego de llaves combinadas milimétricas	500	Mecánico (horas)(2) Kit de embrague(unidades)(1)	16,00 225,00	241.001	241.001	241.001	52
Revisión manual banda alternador y ventilador	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	416	416	416	2
Revisión manual nivel de refrigerante	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	416	416	416	2
Revisión manual en condición de inyectores	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	208	208	208	4
Revisión visual indicadores de motor	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	832	832	832	1
Revisión visual del tablero de control	RDV01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas,TRUE RMS	500	Electricista (horas)(8)	32,00	1664	1664	1664	1
Revisión visual cañerías de combustible	RDV01	Alicate universal, Destornillador plano	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	832	832	832	1
Revisión manual del motor de arranque	RDV01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas,TRUE RMS	500	Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	16,09 0,00	209.17	209.17	209.17	4

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
Revisión visual nivel de refrigerante	RDV01		500	Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	160,09	836.68	836.68	836.68	1
Revisión visual turbo cartridge gp	RDV01		500	Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	16,09 0,00	836.68	836.68	836.68	16
Prueba sensor de nivel de aceite	RDV01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas, TRUE RMS, Destornillador plano, Destornillador estrella	500	Electricista (horas)(8), Guantes dieléctrico (par unidades)(1)	32,00 1,50	871	871	871	2
Limpieza de sensor de nivel de aceite	RDV01		2000	Mecánico (horas)(2), Guaípe (lb)(1)	16,10	221	221	221	4
Verificar estado del Stuffing box	RDV01		24000	Mecánico (horas)(2)	16,00	112	112	112	8
Verificar ajuste del retainer del stuffing box	RDV01	Juego de llaves combinadas milimétricas	12000	Mecánico (horas)(2)	16,00	112	112	112	8
Verificar estado del gland y follower	RDV01	Juego de llaves combinadas milimétricas	2000	Mecánico (horas)(2)	16,00	80	80	80	12
Verificar estado de los packing	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	48	48	48	24
Verificar estado de los plungers	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	48	48	48	24
Verificar estado spring, seat & ball	RDV01		2000	Mecánico (horas)(2)	16,00	32	32	32	43
Verificación de la luz del crankshaft y crosshead	RDV01	Comprobador de voltaje sin contacto	12000	Electricista (horas)(8)	32,00	128	128	128	24
Cambio en condición de rodamientos	RDV01	Juego de llaves combinadas milimétricas, Destornillador plano	42000	Mecánico (horas)(2), Rodamiento SKF rígido de bolas (unidades)(1)	6,3 39,70	138	138	138	24
cambio en condición estado de empaques	RDV01	Juego de llaves combinadas milimétricas, Destornillador plano	6000	Mecánico (horas)(2), Empaque de carter (unidades)(1)	16,21 20,79	37	26	962,00	2

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
Revisión visual sensor de nivel de aceite	RDV01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas, TRUE RMS	500	Electricista (horas)(8)	32,00	32	52	1664,00	1
Revisión visual de la caja de presión	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	52	832,00	1
Revisión visual aceite bomba y reductor	RDV01		500	Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	16,00 0,09	16.09	52	836,68	1
Revisión visual pernos de anclaje	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	26	416,00	2
Revisión visual sellos Fluidend	RDV01	Juego de llaves combinadas milimétricas	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	26	416,00	2
Revisión visual de los packing	RDV01		1000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	6	104,00	8
Revisión visual de los plungers	RDV01		2000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	6	104,00	8
Inspección de la condición de rueda dentada	RDV01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	52	832,00	1
Verificar empaque de bomba	MST01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	13	208,00	4
Cambio en condición cañerías y acoples	MST01	Juego de llaves combinadas milimétricas, Alicata universal, Destornillador plano, Destornillador estrella	200	Mecánico (horas)(2), Guantes de latex(unidades)(2)	16,00 0,24	16.24	13	211,12	4
Verificar condición de retainer de cigüeñal	MST01		1000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	2	26,00	32
Comprobar condición de inyector	MST01		2000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	2	27,73	30
Verificar pernos de sujeción carcasa	MST01		4000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	1	16,00	52

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
Cambio de banda, eje y polea	MST01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	48	7,70	108
Revisión visual mangueras, conectores	MST01	Alicate universal	1000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	14	208,00	4
Revisión manual del nivel aceite	MST01		2000	Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	16,00 0,09	16.09	52	836,68	1
Revisión de banda y polea	MST01	Destornillador estrella, Destornillador plano	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	26	416,00	2
Revisión visual de empaque de la bomba	MST01	Juego de llaves combinadas milimétricas	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	1	208,00	4
Cambio de aceite de la bomba de químico	BIQ01		200	Mecánico (horas)(2), Aceite lubricante (lt)(1)	12,7 6,3	19	5	82,33	12
Reemplazar cabezales de inyección	BIQ01		1000	Reemplazo de cabezales de inyección (contrato externo)	380,00	380	10	3952,00	5
Limpieza en general de bomba de inyección de químico	BIQ01	Juego de brochas planas (3 unidades, mango de plástico, 30, 50 y 70 mm), Bandeja imantada, Compresor de aire de 1HP 30 litros	2000	Mecánico (horas)(2.5) Producto Multiusos Wd-40 Spray 9onz(unidades)(1/10)	16,9 3,10	25	1	12,50	104
Cambio de mangueras y conectores	BIQ01		4000	Mangueras para el radiador(unidades)(1), Mecánico (horas)(2)	25,00 16,00	41	7	266,50	8
Comprobar tensión banda	BIQ01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	7	104,00	8
Reemplazar banda, eje y polea	BIQ01	Juego de llaves de vaso hexagonal, Destornillador plano, Destornillador estrella	1000	Bandas (unidades)(1)	145,00	145	5	628,33	12
Revisión visual de conectores	BIQ01		2000	Electricista (horas)(8)	32,00	32	26	832,00	2
Revisión manual aceite	BIQ01		500	Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	16,00 0,09	16.09	52	836,68	1
Prueba manómetros del tablero Murphy	BLF01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	13	208,00	4
	BLF01		200	Mecánico (horas)(2),	16,00	16.09	1	16,09	52

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
Ajustar de pernos de anclaje del tablero Murphy		Juego de llaves combinadas milimétricas		Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Limpieza tablero de control Murphy	BLF01		1000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	3	34,67	24
Prueba sensor de vibración	BLF01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas,TRUE RMS	2000	Electricista (horas)(8)	32,00	32	13	416,00	4
Cambiar sensor de vibración	BLF01		4000	Electricista (horas)(8)	32,00	32	4	138,67	12
Limpieza Plc-ttd	BLF01		500	Electricista (horas)(8)	32,00	32	13	416,00	4
Cambiar en condición relés	BLF01		1000	Electricista (horas)(8)	32,00	44	4	190,67	12
				Contactador de 15A (unidades)(1)	12,00				
Cambiar de batería del módulo de control	BLF01		2000	Batería borne positivo(unidades)(1)	120,00	152	7	988,00	8
				Electricista (horas)(8)	32,00				
Cambiar cables eléctricos	BLF01		500	Electricista (horas)(8)	32,00	33.85	1	11,00	160
				Cable flexible AWG-14 (m)(2)	1,25				
				Terminales tipo hembra(unidades)(6)	0,60				
Prueba switch paso de corriente	SPD01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas,TRUE RMS	500	Electricista (horas)(8)	32,00	33.5	13	435,50	4
				Guantes dieléctrico (par unidades)(1)	1,50				
Revisión manual de la válvula vrp/choke	SPD01	Juego de llaves combinadas milimétricas, Destornillador plano	200	Mecánico (horas)(2)	16,00	16.09	7	104,59	8
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Prueba sistema de alarma sonora	SPD01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas,TRUE RMS	1000	Electricista (horas)(8)	32,00	32	52	1664,00	1
Revisión manual relés	SPD01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas,TRUE RMS	2000	Electricista (horas)(8)	32,00	32	26	832,00	2
Revisión manual switch paso de corriente	SPD01	Multímetro profesional Digital	4000	Electricista (horas)(8)	32,00	32	26	832,00	2

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
		6000 Cuentas, TRUE RMS							
Revisión visual cables eléctricos	SPD01	Comprobador de voltaje sin contacto	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	26	416,00	2
Revisión visual sistema luminarias	SPD01	Multímetro profesional Digital 6000 Cuentas, TRUE RMS	1000	Electricista (horas)(8)	32,00	32	13	416,00	4
Revisión visual manguera protección bx	SPD01	Alicate universal	2000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	13	208,00	4
Revisión visual contador de flujo	SPD01	Destornillador estrella, Destornillador plano	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	13	208,00	4
Revisión visual maómetros	SPD01	Destornillador plano, Destornillador estrella	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	13	208,00	4
Verificar ajuste de las válvulas de aguja en general	SPD01		200	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	26	416,00	2
Cambio en condición de válvulas de aguja	SPD01		1000	Juego de válvulas(juego)(1), Mecánico (horas)(2)	18,00 16,00	34	52	1768,00	1
Engrase de las válvulas del separador en general	SPD01	Grasero tipo palanca	2000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	5	80	12
Verificar estado válvulas en general	SPD01		4000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	3	48	24
Verificar estado de las conexiones de las válvulas de aguja	SPD01		500	Electricista (horas)(8)	32,00	32	3	96	24
Prueba de funcionamiento de las válvulas de aguja	SPD01		1000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	13	208	4
Revisión manual de las válvulas VRP	SPD01	Destornillador estrella, Destornillador plano	2000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	2	32,00	38
Revisión visual manhole	SPD01		500	Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	16,00 0,09	16.09	2	32,18	32
Revisión visual estado del separador	SPD01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	13	208,00	4
Revisión visual Demister,	SPD01		200	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	18	288	3
Revisión visual Daniels	SPD01		1000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	18	288	3
	BDP01		200	Sello mecánico (unidades)(1)	5,00	21	1	21	48

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
Cambiar sello mecánico según condición		Juego de llaves combinadas milimétricas		Mecánico (horas)(2)	16,00				
Cambiar de banda de transmisión	BDP01		1000	Bandas (unidades)(1)	145,00	145	1	145	48
Cambiar el aceite	BDP01	Bandeja para aceite, Juego de llaves combinadas milimétricas	200	Aceite lubricante (lt)(1)	3,00	19	4	76	12
				Mecánico (horas)(2)	16,00				
Cambio en condición rodamientos	BDP01		400	Rodamiento SKF rígido de bolas (unidades)(1)	30,00	30	4	120,00	12
Revisión manual sellos mecánicos	BDP01		1000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	2	32,00	24
Revisión manual tensión banda de transmisión	BDP01	Destornillador plano	1000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	6	96	8
Revisión visual nivel de aceite	BDP01		200	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	26	416,00	2
Revisión pernos de anclaje y carcasa y guardas	BDP01	Torquimetro de aguja	200	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	1	16,00	52
Cambiar luces y lunas de plataforma	MPL01	Pinza pelacables, Alicata universal, Destornillador estrella	2000	Electricista (horas)(8)	32,00	32	4	128,00	12
Revisar sistema frenos y suspensión	MPL01	Destornillador estrella, Destornillador plano, Bandeja plástica	4000	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	4	69,33	12
Revisar condición superficie plataforma	MPL01		500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16,09	2	29,88	28
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Revisar condición cajas plataforma	MPL01		1000	Mecánico (horas)(2),	16,00	16,09	4	69,72	12
				Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	0,09				
Reparación soportes para tubería	MPL01	Soldador inverter turbo ventilado de corriente continua DC, 200A, Máscara para soldador capucha de oscurecimiento automático, Cepillo de	2000	Mecánico (horas)(2),	16,00	18,25	1	8,79	108
				Electrodo 7018 a base de níquel (lb)(1)	2,25				

Actividades	Equipos	Herramientas	Frecuencia (horas)	Recursos	Detalle costo (USD)	Suma costos totales (USD)	Número de tareas al año	Costo por tarea (USD)	frecuencia (semanas)
		cerdas metálicas, Lima redonda, Lima plana							
Revisión de la presión de llantas	MPL01	Manómetro digital de presión de neumáticos	500	Mecánico (horas)(2)	16,00	16	26	416,00	2
Revisión de escaleras	MPL01		500	Mecánico (horas)(2), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	16,00 0,09	16.09	2	34,86	24
Revisión visual de plataforma	MPL01		200	Mecánico (horas)(2), Guaípe (lb)(1), Guantes de nitrilo (par 2 unidades)(1/100)	16,00 1,00 0,09	17.09	2	37,03	24

Nota: Notación de los recursos: Detalle (unidades)(número de unidades)

