

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN
CONFIABILIDAD DE MAQUINARIA AMARILLA ENCARGADA DE LA
CONSTRUCCIÓN DEL TERCER CARRIL BOGOTÁ-GIRARDOT DEL CONSORCIO
RUTA 40**

EGON ESTIVEN CLAVIJO RIVERA

JOSE ALEJANDRO ROJAS SANCHEZ

**Proyecto Integral de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Orientadora:

LEYDI JULIETA CÁRDENAS FLECHAS

Ingeniera Electromecánica

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario general

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director del Departamento de Ingeniería Mecánica

Ing. María Angélica Acosta Pérez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos a nuestras familias por su esfuerzo y dedicación al apoyarnos a realizar este pregrado para alcanzar nuestro sueño de ser ingenieros mecánicos. Al igual que todas aquellas personas que conocimos durante nuestra carrera que nos enseñaron a crecer como profesionales.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, a nuestras familias, a nuestros docentes, a nuestra orientadora, a nuestros amigos con los cuales logramos crecer como profesionales y personas.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Pregunta general	15
2. ANTECEDENTES	16
2.1 Antecedente local	16
2.2 Antecedentes internacionales	16
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. OBJETIVOS	19
4.1 Objetivo general	19
4.2 Objetivos específicos	19
5. MARCO TEÓRICO	20
5.1 Mantenimiento	20
5.1.1 <i>¿Qué es mantenimiento?</i>	20
5.2 Tipos de mantenimiento	21
5.2.1 <i>Mantenimiento correctivo</i>	21
5.2.2 <i>Mantenimiento preventivo</i>	22
5.3 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)	25
5.3.1 <i>Ventajas de AMEF</i>	26
5.4 Análisis de criticidad	27
5.4.1 <i>Cálculos de análisis de criticidad</i>	29
5.4.2 <i>Matriz de criticidad</i>	30
5.5 Plan de mantenimiento	30
5.5.1 <i>Elaboración de un plan de mantenimiento</i>	32

5.5.2	<i>Tipos de plan de mantenimiento</i>	33
5.6	Lubricación	34
5.6.1	<i>Factores para análisis de lubricantes</i>	35
6.	METODOLOGÍA	36
6.1	Reconocimiento de los equipos	36
6.2	Descripción de equipos	37
6.3	Diagnóstico actual equipos	39
6.4	Hoja de vida equipos	41
6.5	Análisis de criticidad	44
6.5.1	<i>Factores ponderados</i>	45
6.6	Análisis de modo y efecto de falla AMEF	47
6.6.1	<i>Cálculo de número prioritario de riesgo NPR</i>	48
6.7	Análisis mantenimiento consorcio	50
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
7.1	Análisis de criticidad	57
7.2	Análisis AMEF	58
7.3	Calculo confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad	64
7.4	Planteamiento planes de mantenimiento para equipos	66
8.	CONCLUSIONES	84
	BIBLIOGRAFÍA	86
	ANEXOS	88

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Tipos de mantenimiento</i>	21
Figura 2 <i>Ventajas de AMEF</i>	26
Figura 3 <i>Confiabilidad operacional</i>	28
Figura 4 <i>Pautas desarrollo análisis de criticidad</i>	29
Figura 5 <i>Matriz de criticidad</i>	30
Figura 6 <i>Categorización frecuencia de falla</i>	47
Figura 7 <i>Aplicación matriz NPR</i>	50
Figura 8 <i>Tiempo de operación equipos con martillo</i>	51
Figura 9 <i>Histórico primeras 2012 horas equipo EX21</i>	52
Figura 10 <i>Histórico primeras 2070 horas equipo EX20</i>	53
Figura 11 <i>Tiempo de operación con martillo del equipo EX-19</i>	54
Figura 12 <i>Evidencia daño en bomba hidráulica</i>	55
Figura 13 <i>Aplicación matriz de criticidad</i>	57
Figura 14 <i>Ficha técnica excavadora R210W-9S</i>	89
Figura 15 <i>Ficha técnica excavadora HX340SL</i>	90
Figura 16 <i>Ficha técnica mini excavadora HX75S</i>	90
Figura 17 <i>Ficha técnica mini excavadora HX60S</i>	91
Figura 18 <i>Ficha técnica cargador HL770-9S</i>	92
Figura 19 <i>Ficha técnica retrocargador H940C</i>	92
Figura 20 <i>Ficha técnica mini cargador HSL850-7^a</i>	93
Figura 21 <i>Capacidad fluidos HX340S L</i>	94
Figura 22 <i>Filtros HX340S L</i>	94
Figura 23 <i>Capacidad fluidos HL770-9S</i>	95
Figura 24 <i>Filtros HL770-9S</i>	95
Figura 25 <i>Capacidad fluidos R210W-9S</i>	96
Figura 26 <i>Filtros R210W-9S</i>	97
Figura 27 <i>Capacidad fluidos y filtros H940C</i>	97
Figura 28 <i>Capacidad fluidos y filtros HSL850-7^a</i>	98

Figura 29 <i>Rutinas de mantenimiento 250 horas</i>	100
Figura 30 <i>Lubricación recomendada</i>	102
Figura 31 <i>Estudio de lubricantes</i>	103

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Ventajas y desventajas mantenimiento correctivo</i>	22
Tabla 2 <i>Ventajas y desventajas mantenimiento predictivo</i>	23
Tabla 3 <i>Estratificación NPR</i>	27
Tabla 4 <i>Ventajas y desventajas plan de mantenimiento RCM</i>	34
Tabla 5 <i>Reconocimiento de equipos</i>	36
Tabla 6 <i>Labor de los equipos</i>	37
Tabla 7 <i>Diagnóstico de equipos</i>	39
Tabla 8 <i>Hoja de vida modelo R210W-9S</i>	42
Tabla 9 <i>Hoja de vida modelo HX340SL</i>	43
Tabla 10 <i>Hoja de vida modelo HL770-9S</i>	44
Tabla 11 <i>Encuesta análisis de criticidad</i>	45
Tabla 12 <i>Factores ponderados análisis de criticidad</i>	46
Tabla 13 <i>Categorización frecuencia de falla</i>	47
Tabla 14 <i>Categorización frecuencia de gravedad</i>	48
Tabla 15 <i>Categorización detección de fallas</i>	48
Tabla 16 <i>Ejemplo cálculo NPR</i>	49
Tabla 17 <i>Diagnóstico contaminación bomba hidráulica</i>	54
Tabla 18 <i>Resultados análisis de criticidad</i>	58
Tabla 19 <i>Calificación frecuencia de falla AMEF</i>	59
Tabla 20 <i>Calificación gravedad de falla AMEF</i>	59
Tabla 21 <i>Calificación detección de falla AMEF</i>	60
Tabla 22 <i>Resultados AMEF equipos HX340S</i>	60
Tabla 23 <i>Resultados AMEF equipos HL770-9S</i>	61
Tabla 24 <i>Resultados AMEF equipos R210W-9S</i>	62
Tabla 25 <i>Resultados AMEF equipos H940C</i>	62
Tabla 26 <i>Resultados AMEF equipos HSL850-7A</i>	63
Tabla 27 <i>Resultados AMEF equipos HX75S</i>	64
Tabla 28 <i>Resultados Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad</i>	65

Tabla 29 <i>Diseño plan de mantenimiento para equipos HX340S L</i>	66
Tabla 30 <i>Listado de verificación modelo HX340S L</i>	69
Tabla 31 <i>Diseño plan de mantenimiento para equipos HL770-9S</i>	70
Tabla 32 <i>. listado de verificación modelo HL 770-9S</i>	73
Tabla 33 <i>Diseño plan de mantenimiento para equipos R210W-9S</i>	74
Tabla 34 <i>listado de verificación modelo R210W-9S</i>	76
Tabla 35 <i>Diseño plan de mantenimiento para equipos H940C</i>	77
Tabla 36 <i>listado de verificación modelo H940C</i>	80
Tabla 37 <i>Diseño plan de mantenimiento para equipos HSL850-7^a</i>	81
Tabla 38 <i>Listado de verificación modelo HSL850-7^a</i>	83
Tabla 39	105
Tabla 40 <i>Hoja de vida modelos HX340SL</i>	106
Tabla 41 <i>Hoja de vida modelos HL770-9S</i>	109
Tabla 42 <i>Hoja de vida modelo H940C</i>	110
Tabla 43 <i>Hoja de vida modelo HSL850-7^a</i>	111
Tabla 44 <i>Hoja de vida modelos HX75S</i>	112

RESUMEN

El consorcio ruta 40 cuenta con una amplia variedad de equipos para construcción, los cuales son utilizados para la extracción de material y adecuación del terreno para la ampliación del 3er carril Bogotá - Girardot, estos equipos fueron adquiridos por el consorcio ruta 40 a finales del año 2021 al dealer de la marca Hyundai, con las cuales la empresa busca la optimización de procesos y tener equipos especializados para cada labor y que no se frenen las actividades en campo.

La marca más representativa en la flota del consorcio ruta 40 son los equipos de Hyundai Construction Equipment (HCE) ya que la mayoría de estos son nuevos y de esta marca, se destaca por la investigación e innovación para los equipos tipo excavadora con el fin de brindar el mayor desempeño y precisión, así como seguridad y calidad para sus clientes.

Hyundai en la búsqueda de generar una mayor eficacia y reducción de costos realiza una alianza con la mayor productora de motores a nivel mundial, CUMMINS. los cuales brindan una reducción de piezas del 40% comparado con la competencia, lo cual se traduce en menos número de piezas susceptibles a fallos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el consorcio ruta 40, se utilizan equipos para llevar a cabo la construcción del 3er carril en el tramo de la vía Bogotá - Girardot. Estos equipos desempeñan tareas diarias de excavación, trituración, reducción de material, carga y transporte. Dada la exposición a materiales abrasivos y condiciones de alta polución, es crucial contar con personal técnico disponible de manera inmediata para mitigar cualquier falla que pueda surgir en la operación.

Sin embargo, se ha observado que las intervenciones realizadas en estos equipos han sido mayormente de naturaleza correctiva lo que significa que las piezas que han presentado fallas no han recibido un plan de mantenimiento óptimo o adecuado. Esta situación genera una serie de problemas tales como tiempos de inactividad no planificados, costos adicionales y disminución en la productividad.

Por lo tanto, la falta de un plan de mantenimiento preventivo eficiente y adecuado para los equipos utilizados en el consorcio ruta 40 afecta los tiempos de entrega del proyecto, Esta situación ha llevado a una alta frecuencia de intervenciones correctivas, lo cual no solo afecta negativamente la disponibilidad de los equipos, si no también genera gastos incensarios para su reparación. Es fundamental investigar y desarrollar estrategias que permitan implementar un plan de mantenimiento adecuado, con el objetivo de prevenir fallas y optimizar la operatividad de los equipos en este importante proyecto de construcción de infraestructura vial.

El personal técnico utiliza su experiencia y sigue las instrucciones proporcionadas en el manual de operador, el cual establece intervalos de mantenimiento e inspección para ciclos de trabajo estándar. Sin embargo, esto ha llevado a que los operadores y técnicos no tengan en cuenta variables importantes al operar excavadoras, cargadores, minicargadores y retrocargadores. Además, se ha observado que las intervenciones mencionadas en el manual del fabricante presentan varias inconsistencias, ya que están adaptadas al país de producción y una operación estándar.

Los equipos comenzaron su ciclo operativo de 0 a 750 horas de trabajo, y solo se realizó mantenimiento preventivo en el motor de combustión y sus periféricos, sin considerar los otros sistemas del equipo y el proceso de asentamiento de un equipo nuevo (acumulación de partículas de hierro, componentes mecánicos). Esto resultó en la contaminación de los sistemas hidráulicos de los equipos, lo que llevó a un mantenimiento reactivo prematuro y afectó su vida útil. Esta

circunstancia se generó debido a la urgencia por completar el proyecto con los equipos trabajando en jornadas laborales de 22 horas. Además, no se tuvo en cuenta la variación en las condiciones de operación de cada equipo, como niveles de temperatura, polución, contaminación y clima. Es importante reconocer que no todos los equipos pueden recibir el mismo tipo de atención, ya que la temperatura ambiental no es la misma en el municipio de Soacha que en el municipio de Girardot.

1.1 Pregunta general

¿Cómo se puede mejorar la vida útil de una máquina mediante el mantenimiento preventivo correcto en sus sistemas?

2. ANTECEDENTES

El consorcio Ruta 40 dispone de una amplia flota de maquinaria amarilla, que consta con más de 60 equipos. Sin embargo, solo cuenta con dos técnicos propios del consorcio, los cuales trabajan en modalidad in house, es decir, están disponibles las 24 horas. Actualmente estos técnicos se basan en su experiencia con otras marcas, complementando con los planes de mantenimiento propuestos en el manual de operación del fabricante. No se tiene en cuenta el trabajo específico de cada máquina, la cantidad de horas de operación diaria y las características geológicas, climáticas, geográficas y niveles de polución de material particulado generados durante la operación.

La flota de equipos opera en una ubicación remota, alejada de las principales ciudades lo cual dificulta el suministro adecuado de combustible y lubricantes. Desafortunadamente, los procedimientos correctos según los estándares de calidad no siempre se siguen en este suministro. Además, los operadores realizan cambios de aceite mientras las máquinas están en plena operación, cerca de otras máquinas que continúan trabajando en sus labores de corte y extracción de material. Esta práctica genera la dispersión de polvo fino que puede ocasionar daño en los distintos sistemas.

2.1 Antecedente local

En el municipio de Motavita-Boyacá existe una flota de maquinaria amarilla encargada del mantenimiento vial y elaboración de obras públicas, esta flota presenta problemas en su funcionamiento, ya que en su mayoría se le realizan mantenimientos de carácter correctivo sin tener en cuenta los costos y afectando los cronogramas designados para las obras. Estos mantenimientos correctivos por lo general generan paradas extensas, puesto que no se cuenta con los recursos o piezas de manera inmediata, por tanto, causan inconformidad en las obras. Este tipo de paradas no solo entorpece en el proceso, sino que también, hace que el presupuesto de municipio se desajuste, ya que son gastos que no se tienen en cuenta esto se podría corregir si el municipio contará con un plan de mantenimiento preventivo y un previo estudio de AMEF [11]

2.2 Antecedentes internacionales

En el municipio de Chimbote – Perú, existe una empresa que cuenta con planes de mantenimiento y rutas para la ejecución, se tiene más definidos los procesos de mantenimiento. A pesar de que el proceso debería ser mejor, obtuvieron un porcentaje de disponibilidad del equipo de un 50 % siendo este bastante bajo.

En esta planta de concreto operan diariamente tres máquinas las cuales se encargan del proceso de excavación y recolección de agregados y triturados como piedra, arena gruesa, arena fina y mezcla de concreto lista para preparar, estos equipos son parte primordial de la producción de la planta, ya que se encargan del abastecimiento de tolvas para la separación de material y proceso de transporte de estos, aun así no se tiene un mayor cuidado al mantenimiento de estos equipos, puesto que la cementera no cuenta con un plan de mantenimiento, adicionalmente el personal que atiende estos equipos no está calificado para realizar estas labores, esto se ve reflejado con paradas imprevistas y cambios de componentes los cuales generan retraso en la entrega de tareas y costos al ser piezas que se esperan cambiar con mayores horas de trabajo, en un contexto competitivo el cual vive la empresa en Perú requiere disponibilidad total de los equipos, por ello requiere un plan de mantenimiento preventivo que garantice la disponibilidad de los equipos en un mayor porcentaje al observado en el estudio inicial [12]

La empresa Oslo S.A está presentando un crecimiento exponencial a causa de proyectos de mantenimiento vial en el país, esto genera la necesidad de tener todos los equipos disponibles ante cualquier licitación o proyecto que se presente para poder cumplir con los tiempos estimados de entrega de las obras; sin embargo, la planificación de mantenimiento en Oslo no favorece a este objetivo, ya que se presentan incrementos en tiempos de reparaciones y costos. En la actualidad la empresa viene ejecutando labores de mantenimiento sin tener en cuenta el almacenamiento de datos como horómetros, órdenes de trabajo (OT), bitácoras de mantenimiento, repuestos más utilizados, herramientas especializadas y mano de obra calificada para la ejecución de estos. [13]

3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo principal mejorar la gestión del mantenimiento del consorcio ruta 40, con el fin de mejorar la vida útil de los equipos, aumentar los tiempos de trabajo, reducir los costos generados por el mantenimiento correctivo y establecer un lineamiento adecuado para la intervención de los equipos. Actualmente se observa que las prácticas de mantenimiento se basan en manuales de usuario suministrados por el fabricante, los cuales carecen de adaptación a las condiciones y exigencias reales de operación. Mediante el desarrollo de este trabajo, se busca implementar un plan de mantenimiento preventivo puntual, basado en estudios específicos y considerando las condiciones operativas, con el objetivo de mejorar la durabilidad, eficiencia y la confiabilidad de los equipos del consorcio, contribuyendo al funcionamiento óptimo, incrementando su eficiencia, reduciendo gastos innecesarios y asegurando la calidad en la ejecución de los proyectos.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Diseñar un nuevo plan de mantenimiento en el cual se logre corregir los actuales problemas presentados por el consorcio ruta 40 con la aplicación de su actual plan de mantenimiento.

4.2 Objetivos específicos

- **Evaluar el tiempo de inactividad no planificado de las máquinas de línea amarilla y diagnosticar el estado de los equipos en operación**
- **Realizar el análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de falla (AMEF) de los equipos de línea amarilla**
- **Formular la programación y asignación de frecuencia de plan de mantenimiento para determinar rutinas de mantenimiento**

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Mantenimiento

5.1.1 *¿Qué es mantenimiento?*

La principal función del mantenimiento es asegurar la funcionalidad continua de los equipos y mantener en buen estado las máquinas a lo largo del tiempo. Este concepto ha evolucionado a lo largo de la historia, adaptándose a las necesidades de las empresas y sus clientes, que utilizan activos para producir bienes y servicios.

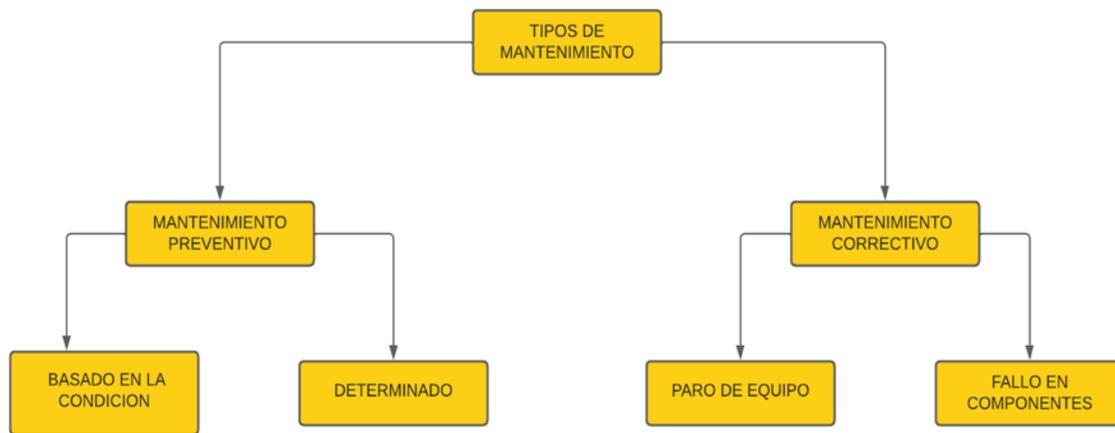
La historia del mantenimiento se remonta a la aparición de las primeras máquinas utilizadas en la producción de bienes y servicios. Se reconoce que los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento surgieron en los Estados Unidos a principios del siglo XX, y se centraban en el mantenimiento correctivo, es decir, la solución de problemas y paradas imprevistas de equipos. El mantenimiento ha experimentado varias generaciones evolutivas a lo largo del tiempo, adaptándose a los objetivos cambiantes en las áreas de producción y manufactura. Cada una de estas etapas se ha caracterizado por diferentes enfoques y objetivos, lo que ha influido en la forma en que se relacionan las áreas de mantenimiento y producción en función de las metas empresariales.

Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento [6].

5.2 Tipos de mantenimiento

Figura 1

Tipos de mantenimiento



Nota.. en esta gráfica se muestra la relación de los tipos de mantenimiento con su puntode aplicación

5.2.1 *Mantenimiento correctivo*

Es una práctica común en la industria, a pesar de que no siempre es la opción más adecuada debido a sus posibles riesgos para la operación de los equipos. Este tipo de mantenimiento se enfoca en corregir defectos o averías en equipos que se encuentran en funcionamiento, El mantenimiento correctivo se realiza después de que ha ocurrido una avería o fallo en el equipo, y generalmente no se puede planificar con anticipación. Esto puede resultar en costos inesperados, paros prolongados en la producción y un impacto financiero significativo en las empresas. La implementación de planes de mantenimiento preventivo puede ayudar a prevenir muchas de estas fallas, las ventajas y desventajas se muestran en la Tabla 1 [2].

Tabla 1

Ventajas y desventajas mantenimiento correctivo

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none">1. No requiere una infraestructura técnica elaborada ni un alto nivel de análisis.2. No es necesario reemplazar equipos antiguos por nuevos, lo que maximiza la vida útil de los equipos.3. No necesita una planificación detallada, ya que se centra en corregir fallas en el momento.	<ol style="list-style-type: none">1. Las averías ocurren de manera imprevista y pueden interrumpir la producción.2. Existe un riesgo de falta de disponibilidad de repuestos, lo que requiere mantener un inventario significativo.3. La calidad del mantenimiento puede verse comprometida debido a la falta de tiempo para realizar reparaciones adecuadas.4. Los tiempos de reparación pueden ser variables y prolongados, lo que resulta en pérdidas adicionales.5. Se disminuye la vida útil de los equipos, no hay posibilidad de diagnósticos confiables de las causas que provocan las fallas, esto puede generar una repetición de fallas.6. Reparar cuando se presenta la avería, se debe contar con técnicos especializados.

Nota. La tabla muestra las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo. Tomado de [2]

F. Antonio y P. Rondón, “Conceptos Generales En La Gestión Del Mantenimiento Industrial

5.2.2 Mantenimiento preventivo

Se basa en actividades planificadas que se realizan en intervalos definidos para asegurar que los activos de una empresa funcionen eficientemente. Su objetivo es prevenir y anticiparse a posibles fallas en elementos, componentes, máquinas o equipos. Incluye una variedad de acciones como cambios, reemplazos, adaptaciones, inspecciones y evaluaciones programadas, ya sea por calendario o por el uso de estos activos. El propósito principal es optimizar la eficiencia de los procesos y garantizar el cumplimiento de las funciones necesarias en el entorno operativo, las ventajas y desventajas se muestran en la Tabla 2 [2]:

Tabla 2

Ventajas y desventajas mantenimiento predictivo

Ventajas	Desventajas
1. Aumenta la disponibilidad de los equipos disminuyendo tiempos muertos e inoperativos 2. Aumento de la vida útil de los equipos 3. Reducción de inventarios en repuestos 4. Se documenta a detalle los procedimientos realizados a los equipos, mejorando la interpretación de futuras fallas 5. Implementación de inspecciones de rutina detectando fallas graves en los equipos 6. Aumento de confiabilidad de los equipos cuando se encuentren en operación 7. Disminución de pagos de reparación inesperados	1. Capacitación del personal 2. Se requiere de una inversión para la adquisición de programas e implementación de este nuevo plan de mantenimiento 3. Recolección de datos extensa

Nota. La tabla muestra las ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo. [2] F. Antonio y P. Rondón, “Conceptos Generales En La Gestión Del Mantenimiento Industrial

- **Disponibilidad**

La disponibilidad se refiere a la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente cuando se le necesita después de su inicio de operación, bajo condiciones estables. Esto incluye el tiempo de operación, tiempo de reparación activa, tiempo inactivo, tiempo de mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producción y tiempo logístico [6].

Para calcular la disponibilidad se utiliza la siguiente fórmula, Ec. 1:

$$A = \frac{T_{operativo}}{T_{total}}$$

Donde:

A: disponibilidad del sistema

T Operativo: corresponde al tiempo durante el cual el sistema está en funcionamiento o listo para operar

T total: : es el tiempo total considerado, que abarca el tiempo de operación, tiempo de reparación activa, tiempo inactivo, tiempo de mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producción y tiempo logístico.

Esta fórmula permite calcular la disponibilidad como el porcentaje del tiempo en que el sistema está disponible y listo para operar en relación con el tiempo total considerado.

- **Confiabilidad**

La confiabilidad se define como la capacidad de un componente, equipo o sistema para desempeñar su función básica durante un período de tiempo específico bajo condiciones estándar de operación. Otra definición importante de confiabilidad se relaciona con la probabilidad de que un activo cumpla su función requerida durante un intervalo de tiempo definido y bajo condiciones de uso específicas. La confiabilidad está estrechamente vinculada a la calidad de un producto y se considera un componente esencial de ella. La calidad se refiere a la satisfacción de requerimientos dados por los usuarios de un producto, mientras que la confiabilidad se enfoca en cuánto tiempo el producto sigue funcionando después de entrar en operación. En resumen, una baja calidad del producto reduce su confiabilidad, mientras que una alta calidad implica una confiabilidad mayor.

La fórmula básica de confiabilidad se expresa como (Ec. 2) [7]:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

R(t) representa la confiabilidad en un momento t. λ es la tasa de fallos del componente o sistema.

t es el tiempo en el que se mide la confiabilidad.

Esta fórmula se basa en el concepto de la distribución exponencial y se utiliza para modelar la probabilidad de que un componente o sistema funcione sin fallos hasta un tiempo t dado. La tasa

de fallos (λ) es una medida de cuán rápidamente disminuye la confiabilidad con el tiempo. Ten en cuenta que esta es una fórmula simplificada, y en situaciones prácticas, la confiabilidad puede involucrar consideraciones adicionales y datos específicos del componente o sistema.

- **Mantenibilidad**

La mantenibilidad se define como la probabilidad que un elemento, máquina o dispositivo pueda volver a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva, a través de una reparación que involucra tareas de mantenimiento para eliminar las causas inmediatas de la interrupción. Se asume que la reparación se realiza con personal adecuado, habilidades necesarias, herramientas adecuadas, datos técnicos pertinentes y conocimiento de factores ambientales. Los diseñadores, fabricantes y usuarios de máquinas a menudo prestan más atención a la funcionalidad del equipo que a su mantenibilidad. Actualmente, varios profesionales y sectores les otorgan importancia a las medidas de Control de Mantenimiento y Diagnóstico como indicadores para supervisar actividades relacionadas con mantenimiento, producción e ingeniería de fábricas [6].

La fórmula básica de mantenibilidad se expresa de la siguiente manera (Ec 3.)

$$M = \frac{T_{correctivo}}{T_{total}}$$

Donde:

M : es la mantenibilidad del sistema.

T correctivo: es el tiempo dedicado a tareas de mantenimiento correctivo.

T total: es el tiempo total considerado, que abarca el tiempo de operación, tiempo de reparación activa, tiempo inactivo, tiempo de mantenimiento preventivo, tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producción y tiempo logístico.

5.3 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

El Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), es una técnica analítica que busca identificar y evaluar los posibles modos de falla, sus causas y efectos en productos o procesos. Su objetivo es prevenir o corregir estas fallas mediante acciones específicas y controles. El AMEF se enfoca en detectar y minimizar riesgos antes de que ocurran. Además, se utiliza para analizar la severidad,

recurrencia y capacidad de detección de fallas, generando planes de acción para corregir y prevenir problemas, el AMEF es un método estandarizado para abordar de manera sistemática y completa problemas en productos o procesos, con AMEF se busca el cumplimiento de 5 puntos importantes [4]:

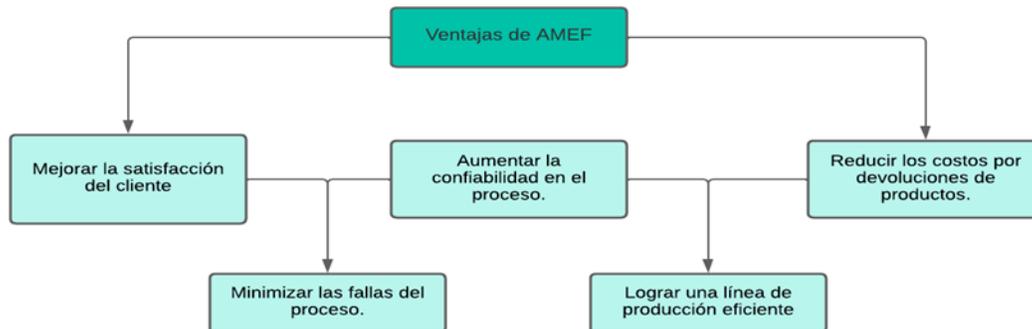
- Identificar las variables de proceso que requieren control con el fin de disminuir la probabilidad de fallos o detectar condiciones anormales.
- Evaluar y reconocer el riesgo de una eventual falla en un producto o proceso, considerando sus posibles efectos.
- Determinar acciones que permitan prevenir o reducir la probabilidad de que ocurra una falla potencial.
- Registrar y documentar detalladamente el proceso.
- Realizar un análisis de la confiabilidad del sistema en cuestión [4]

5.3.1 Ventajas de AMEF

En la Figura 2 se observa la descripción de las principales ventajas de AMEF.

Figura 2

Ventajas de AMEF



Nota. En esta gráfica se muestra la relación de las ventajas del análisis AMEF

- **Número prioritario de riesgo (NPR)**

Se han explorado diversas estrategias para optimizar un Plan de Mantenimiento. Se proponen técnicas que abarcan desde la utilización de manuales de fabricantes hasta el análisis de la causa raíz, junto con el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM). Se destaca la importancia del AMEF en la identificación de fallas y su impacto en el funcionamiento del sistema. Para evaluar

estas fallas, se utiliza el indicador NPR (Ec. 4), que considera aspectos como la gravedad, frecuencia y detectabilidad, generando valores numéricos, para ello se utiliza la siguiente ecuación previo a la evaluación del sistema [9].

$$\text{NPR} = \text{GRAVEDAD} * \text{FRECUENCIA} * \text{DETECTABILIDAD}$$

Se explora también cómo las variaciones en las condiciones de operación pueden influir en el NPR, planteando la idea de un NPR adaptable a estas diferencias. la importancia de ajustar las hojas AMEF a las realidades específicas de los sistemas. Además, se definen elementos clave para evaluar las fallas, incluyendo su impacto en la seguridad, la frecuencia de ocurrencia y la dificultad de detección, una vez aplicado el NPR es necesario generar una estratificación de los resultados de la siguiente manera [9].

Tabla 3

Estratificación NPR

Número prioritario de riesgo	
NPR menor o igual a 30	Riesgo bajo
NPR mayor a 30 y menor de 60	Riesgo medio
NPR mayor de 60	Riesgo alto

Nota. Ejemplo estratificación de la calificación del NPR.

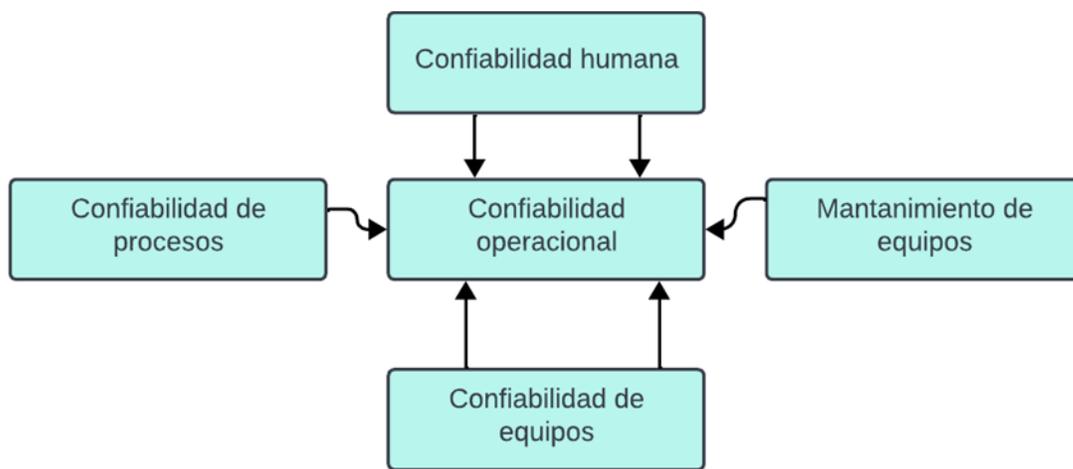
5.4 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que se utiliza para evaluar y priorizar la importancia de procesos, sistemas y equipos en una empresa con el propósito de mejorar su confiabilidad operacional. Enfocado en la toma de decisiones efectivas y en la asignación estratégica de recursos, el análisis considera aspectos clave como la confiabilidad humana, la confiabilidad del proceso, la confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. Dado que los recursos económicos y humanos suelen ser limitados, esta metodología ayuda a establecer prioridades al generar una lista ponderada que divide los elementos en categorías de alta, mediana y baja criticidad. Esto permite planificar estrategias de mejora, concentrándose en las áreas de alta criticidad para optimizar la confiabilidad operacional tal como se observa en la Figura 3 [8].

Los criterios utilizados en el análisis de criticidad se relacionan con la seguridad, el impacto ambiental, la producción, los costos de operación, mantenimiento y las tasas de fallos. Estos criterios se traducen en una ecuación matemática que asigna puntuaciones a cada elemento evaluado. La lista resultante, facilita la toma de decisiones al estandarizar criterios y permite enfocar los esfuerzos de manera eficiente, lo que conduce a una mayor rentabilidad y eficacia operativa en la empresa [8].

Figura 3

Confiabilidad operacional



Nota. ilustración de los factores importantes para tener confiabilidad operacional en el equipo. [8]
Ing. Rosendo Huerta Mendoza, revista mantener

- **Criterios análisis de criticidad**

En un contexto ideal, contar con datos estadísticos precisos sería óptimo para un análisis de criticidad, permitiendo resultados puntuales. No obstante, suele faltar una base de datos histórica de alta calidad. Por ello, el análisis de criticidad se adapta a trabajar con rangos, definiendo condiciones más y menos favorables para cada criterio. En la Figura 4 se describe las pautas para el desarrollo de análisis de criticidad. La información es crucial, centrándose en la frecuencia de fallos y sus consecuencias. Este enfoque permite evaluar y priorizar elementos de manera efectiva, incluso con datos aproximados, facilitando la toma de decisiones y la asignación eficiente de recursos para mejorar la confiabilidad operacional [8].

Figura 4

Pautas desarrollo análisis de criticidad



Nota. La figura muestra las pautas principales para el desarrollo de un análisis de criticidad.

5.4.1 Cálculos de análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología esencial en la gestión de sistemas complejos, que busca identificar y evaluar la importancia de los componentes de un sistema. Este enfoque prioriza recursos al analizar el impacto y la probabilidad de fallo de cada elemento. En la Ecuación 5 se observan los factores involucrados.

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia} * \text{consecuencia} \quad (5)$$

Dónde consecuencia es: $a + b$

Donde a = Costo mantenimiento + Impacto seguridad ambiente e higiene

*Donde b = Flexibilidad operacional * Impacto operacional*

Frecuencia de fallas: Cantidad de fallas o eventos presentados en un periodo de tiempo.

Impacto operacional: Efectos causados por fallas en el proceso.

Costo del mantenimiento: Costos unidos al factor de mantenimiento, no incluye costos de detección de la falla.

Impacto de seguridad: Consecuencias sobre la salud y bienestar de los trabajadores. consecuencias potenciales sobre el medio ambiente.

Flexibilidad operacional: Capacidad de reemplazo del equipo al momento de la falla [6].

5.4.2 Matriz de criticidad

Con el fin de determinar la criticidad de un equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia la cual indicará en qué nivel de criticidad en que se encuentra, como se observa en la figura 5.

Figura 5

Matriz de criticidad



Nota. Ejemplo matriz de criticidad

- **Criticidad baja**
- **Criticidad media**
- **Criticidad alta**

5.5 Plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento abarca un conjunto de tareas programadas para equipos específicos en un proceso, organizadas según criterios establecidos. No todos los equipos se incluyen en un plan, ya que algunos son considerados más adecuados para un enfoque correctivo, conocido como 'utilizar hasta que falle', por razones económicas. un plan contempla tres tipos de actividades:

- Rutinarias (realizadas a diario por el equipo de operación).
- Programadas (a lo largo del año).
- Durante paradas programadas.

Las tareas a realizar son esenciales para la adecuada elaboración de un plan de mantenimiento. al determinar cada tarea se deben considerar cuatro aspectos clave: frecuencia, especialidad, duración, necesidad de detener el equipo para su ejecución [14].

- **Frecuencia**

En cuanto a la frecuencia de las tareas de mantenimiento, existen dos enfoques que pueden ser empleados:

- **Periodicidades fijas:** Este método implica programar las tareas de mantenimiento en intervalos de tiempo predeterminados. Aunque es una estrategia fácil de implementar, puede conducir a realizar mantenimiento en equipos que no han estado operativos durante el periodo establecido, lo que podría no ser eficiente en términos de desgaste real.
- **Basada en horas de funcionamiento:** En este enfoque, la frecuencia de mantenimiento se determina según las horas reales de funcionamiento de los equipos. Aunque ofrece una evaluación más precisa del desgaste, la programación de actividades se vuelve más compleja al no tener una fecha específica predeterminada.

Ambos enfoques son válidos, en algunos casos, puede ser beneficioso utilizar periodicidades fijas para ciertas tareas y basarse en horas de funcionamiento para otras, incluso en el mismo equipo.

No obstante, gestionar un programa de mantenimiento que combine ambos criterios puede resultar complicado y requerir soluciones de compromiso [14].

Obtener datos precisos sobre el tiempo medio hasta el fallo es difícil, a menudo debido a la complejidad de los análisis o a la falta de acceso a simuladores. Se aboga por criterios generales que prioricen costo, fiabilidad y disponibilidad en lugar de centrarse solo en agotar la vida útil de piezas o conjuntos [14].

- **Especialidad**

En la creación del plan de mantenimiento, es esencial diferenciar las tareas de acuerdo a las especialidades de los profesionales para evitar confusiones en la asignación de órdenes de trabajo. Algunas especialidades comunes en un plan de mantenimiento son:

- **Mecánica:** Requiere habilidades en montaje, desmontaje, ajustes, alineaciones y comprensión de planos mecánicos.
- **Electricidad:** Necesita profesionales con sólida formación en electricidad, abarcando baja,

media o alta tensión.

- **Instrumentación:** Relacionada con expertos en electrónica y formación específica en verificación y calibración de instrumentos de medida.
- **Predictivo:** Incluye técnicas como termografías, baroscopios y análisis de vibraciones, realizadas por técnicos especialmente capacitados en estas prácticas y las herramientas asociadas.
- **Limpieza técnica:** Dada su especialización y el uso de herramientas específicas, estas tareas a menudo se tercerizan a empresas especializadas.
- **Duración**

En la elaboración del plan de mantenimiento, se destaca la importancia de incluir la estimación de la duración de las tareas como información complementaria. Esta estimación, si bien se realiza de manera aproximada, se reconoce por sí misma como un componente esencial del plan. Se asume de antemano que esta estimación no es exacta y que conlleva un margen de error, ya sea por exceso o por defecto. Esta precaución refleja la naturaleza dinámica y variable de las operaciones de mantenimiento, donde factores imprevistos o condiciones cambiantes pueden influir en la duración real de las tareas planificadas. La inclusión de este reconocimiento en el plan proporciona una perspectiva realista y flexible, permitiendo una gestión más efectiva y adaptativa del mantenimiento [14].

- **Paro de equipo**

Cuando se realiza una tarea específica, puede ser beneficioso que el equipo, el sistema al que pertenece o incluso toda la empresa estén detenidos o en funcionamiento. Es recomendable incluir esta información en el plan de mantenimiento, ya que facilita la programación de las actividades. Al tener en cuenta si la tarea requiere la parada o el funcionamiento continuo de los equipos, se mejora la planificación y se permite una ejecución más eficiente de las tareas, evitando posibles conflictos o interrupciones no deseadas. Esta consideración es esencial para coordinar de manera efectiva las operaciones de mantenimiento con la operatividad general de la empresa [14].

5.5.1 Elaboración de un plan de mantenimiento

La concepción de un plan de mantenimiento puede abordarse mediante distintos enfoques, cada uno con sus características particulares:

- **Enfoque 1:** Se recopilan las instrucciones provenientes de los fabricantes de los diversos

equipos que conforman la planta, organizándose en gamas de mantenimiento. Este enfoque, ampliamente utilizado en la práctica, brinda una visión detallada de las recomendaciones específicas de los fabricantes para cada equipo.

- **Enfoque 2:** Implica la elaboración de un plan de mantenimiento basado en protocolos. Estos protocolos categorizan los equipos según sus tipos, asignando tareas específicas a cada categoría, independientemente del fabricante. Esta metodología simplifica la gestión al agrupar tareas comunes para equipos similares.
- **Enfoque 3:** Se centra en la creación de un plan basado en un análisis exhaustivo de los fallos que se pretenden evitar. Este método se destaca como el más completo y eficaz, ya que busca comprender y anticiparse a las posibles fallas, permitiendo una estrategia de mantenimiento más proactiva y adaptativa.

Cada uno de estos enfoques presenta sus propias ventajas y desafíos, y la elección entre ellos dependerá de las necesidades específicas y las características particulares de la empresa. [14]

5.5.2 Tipos de plan de mantenimiento

- **Plan de mantenimiento basado en el manual del fabricante**

El enfoque de elaborar un plan de mantenimiento basado en las directrices de los fabricantes es una práctica común y conveniente en la gestión de instalaciones industriales. recopilar estas instrucciones técnicas de diversos fabricantes puede presentar desafíos, ya que suelen variar en formatos y estructuras, complicando la unificación en un solo plan, Este método destaca por dos razones principales:

Mantenimiento de garantías: Seguir las instrucciones de los fabricantes garantiza el mantenimiento básico de los equipos. El estricto cumplimiento de los manuales de operación y mantenimiento es requerido por los fabricantes para conservar estas garantías.

Requisito de conocimientos técnicos bajos: No se necesitan conocimientos técnicos altamente especializados sobre equipos o mantenimiento industrial. Principalmente, implica organizar y ajustar las directrices de los fabricantes en un formato unificado, sin necesidad de comprensión profunda sobre los equipos específicos [14].

- **Plan de mantenimiento basado en RCM**

El RCM, conocido como Mantenimiento Centrado en Fiabilidad, surgió inicialmente en la industria aeronáutica y se trasladó luego al ámbito militar y finalmente al industrial. Su enfoque principal es optimizar la fiabilidad de las instalaciones reduciendo las paradas no programadas, mejorando la disponibilidad del equipo y reduciendo los costos de mantenimiento. Esta metodología implica un análisis detallado de los posibles fallos de un sistema, lo que implica comprender a fondo el funcionamiento de los equipos y determinar mecanismos para prevenirlos, ya sean causados internamente por el equipo o por factores externos. También propone establecer tareas de mantenimiento preventivo, realizar mejoras en la instalación, definir procedimientos operativos y acciones correctivas para minimizar el impacto de las fallas. El RCM busca prevenir problemas a través de acciones diversas, como planes de formación, gestión de repuestos y estrategias para minimizar el impacto de los fallos, en la siguiente tabla se muestran las ventajas y desventajas [14].

Tabla 4

Ventajas y desventajas plan de mantenimiento RCM

Ventajas	Desventajas
Aumento del conocimiento en los equipos	● Profundidad de datos técnicos para realizar el análisis
Mejora en la seguridad	● Tiempo requerido para concluir el análisis
Mejora el impacto ambiental	● Alto costo del análisis
Aumento en la producción	
Aumento en la fiabilidad de los equipos	
Disminución costes de mantenimiento	

Nota. en la tabla se muestran las ventajas y desventajas de un plan de mantenimiento RCM.

5.6 Lubricación

La lubricación implica el uso de una capa de fluido como aceites o grasas, entre superficies metálicas que se friccionan, evitando el contacto directo, reduciendo el desgaste y la pérdida de energía por la fricción. En la industria, es vital para el funcionamiento de equipos, asegurando una menor fricción, menor desgaste, menor mantenimiento, menor consumo energético, menor ruido y una continuidad en la producción.

Los lubricantes tienen diversas funciones: reducir la fricción, soportar altas presiones sin descomponerse, actuar como refrigerante y facilitar la eliminación de impurezas. Componentes como cojinetes, engranajes, cilindros, cadenas y acoples flexibles requieren una adecuada lubricación para su óptimo funcionamiento. Esta efectividad de los lubricantes puede verse afectada por factores operativos como carga, temperatura, velocidad y contaminantes, así como por factores de diseño como los materiales, la textura de las superficies y los métodos de aplicación del lubricante.

5.6.1 Factores para análisis de lubricantes

Para evaluar la calidad del lubricante, aspectos como la viscosidad, untuosidad, densidad, puntos de fluidez e inflamación, acidez y residuo carbonoso son fundamentales. Por ejemplo, la viscosidad describe la fluidez del aceite, mientras que el punto de inflamación señala las temperaturas en las que los vapores pueden ser inflamables. La presencia de ácidos en niveles superiores al 0.25% en los aceites lubricantes puede causar corrosión y desgaste prematuro, lo que afecta la eficacia del lubricante. La medida de acidez se realiza mediante la escala pH, indicando un pH bajo para una alta concentración ácida y un pH alto para un carácter alcalino.

El residuo carbonoso, es la tendencia del aceite a formar carbón, especialmente en entornos de alta temperatura, lo que suele darse en condiciones de operación exigentes. Un porcentaje excesivo de carbón, usualmente entre 0.1 y 0.9%, puede obstruir conductos y superficies, afectando la durabilidad del lubricante y el rendimiento del equipo [10].

6. METODOLOGÍA

6.1 Reconocimiento de los equipos

Se realizó una recolección de datos en la que se encontró información como modelo, Vin, inicio de operación, horas de trabajo y número interno de cada uno de los equipos utilizados por el consorcio como se muestra en la Tabla 5, en este trabajo de investigación encontramos que se tienen en operación un total de 18 equipos dentro de los cuales destacan equipos de uso mixto como los retrocargadores, excavadoras, minicargadores, y cargadores.

Tabla 5

Reconocimiento de equipos

Modelo	Vin	Inicio operación	Horas trabajo	Número interno
R210W-9S	2063	23/09/2022	2377	EX-21
R210W-9S	2099	19/09/2022	2605	EX-22
HX340SL	0 796	19/10/2022	3199	EX-19
HX340SL	798	19/10/2022	3394	EX-20
HL770-9S	1137	19/10/2022	3000	CA-06
HL770-9S	1133	19/10/2022	1738	CA-07
HL770-9S	1127	19/10/2022	3754	CA-08
H940C	1523	2/03/2023	1209	RT-08
H940C	1435	19/10/2022	2140	RT-09
H940C	1422	19/10/2022	1571	RT-10
HSL850-7A	2982	10/05/2023	251	MN-09
HSL850-7A	2985	10/05/2023	402	MN-10
HSL850-7A	2987	19/05/2023	428	MN-14
HX75S	0 732	19/10/2022	1921	EX-37
HX75S	0 725	19/10/2022	1755	EX-24
HX75S	0 726	19/10/2022	1099	EX-25
HX75S	0 712	19/10/2022	1412	EX-26
HX75S	0 727	19/10/2022	1923	EX-27

Nota. en la tabla se muestra el reconocimiento de equipos discriminados por referencia de modelo y número interno

6.2 Descripción de equipos

Dentro de la investigación y recolección de datos realizada se elaboró un estudio para determinar en qué área se desempeña cada uno de los modelos teniendo en cuenta sus capacidades, como lo son la tracción total, dimensiones, capacidad de carga, motorización, capacidad de su bomba hidráulica y capacidad de acoplamiento de accesorios, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Labor de los equipos

Modelo	Descripción
<p data-bbox="203 709 743 741">Excavadoras R210W9S HX340SL HX75S</p> 	<p data-bbox="824 709 1414 1675">Las excavadoras usadas en el consorcio ruta 40 tienen como fin la extracción, ruptura y carga de material (roca, tierra, grava, arena) estas se subdividen según su capacidad de carga, cuentan con motores Diesel los cuales funcionan de forma estacionaria generando potencia la cual es aprovechada por la bomba hidráulica principal y auxiliar las cuales se encargan de generar la presión suficiente para ser distribuida a través del módulo MCV el cual dirige la presión hacia los cilindros hidráulicos, el mando final (tren motriz), el reductor de giro encargado del movimiento de la tornamesa (movimiento de la cabina), el motor de translación ubicado únicamente en las excavadoras de tipo oruga tiene como fin el movimiento de las mismas apoyado en la potencia del motor estacionario principal.</p>
<p data-bbox="203 1711 467 1743">Cargador HL770-9S</p>	<p data-bbox="824 1701 1414 1839">Los cargadores tienen como funcionalidad en el proyecto el movimiento cargue y descargue de gran volumen de material exponiéndose a</p>



movimientos en los cuales su tracción en las cuatro ruedas es fundamental para su correcto funcionamiento, cuenta con un motor Diesel el cual se encarga de generar potencia tanto para el tren motriz como para la bomba hidráulica la cual se complementa con un MCV encarga de distribuir la presión a los cilindros hidráulicos

Retrocargador H940C



Los retrocargadores son equipos diseñados para el uso mixto debido a su variedad de herramientas como lo es su balde de carga y su brazo hidráulico al cual se pueden colocar accesorios como lo es el rotomartillo para ruptura de rocas, adicional a esto debido a su tamaño reducido y tracción 4 Low es un equipo ágil para el movimiento por diferentes terrenos, cuenta con un motor Diesel, el cual se encarga de la generación de potencia para su transmisión y una bomba hidráulica la cual genera presión hidráulica para ser distribuida por dos módulos MCV el cual tiene capacidad de acoplamiento para los accesorios y los cilindros hidráulicos tanto de su balde como del brazo hidráulico.

Minicargador HSL850-7^a

Los minicargadores son los encargados del cargue de material a las volquetas, movimiento de equipos livianos, movimiento de material, son adecuados para estas tareas debido a su agilidad por sus medidas pequeñas, y motores de traslación hidrostáticos lo cual permite hacer maniobras en espacios reducidos, cuenta



con un motor Diesel el cual se encarga de generar potencia para una bomba hidráulica de doble cuerpo que genera potencia la cual es distribuida por un módulo MCV hacia los motores hidrostáticos encargados del tren motriz y los cilindros hidráulicos del movimiento del balde y sus accesorios.

Nota. en esta tabla se muestra la descripción detallada de la labor en la cual se desempeñan los equipos utilizados en el consorcio ruta 40.

6.3 Diagnóstico actual equipos

Se realizó un diagnóstico en el último mantenimiento realizado a los equipos en el que se logró determinar una descripción detallada del estado actual, donde se observó que algunos se encuentran en mal estado, por fugas de lubricante en el compartimiento motor, fugas de lubricante en el sistema hidráulico, desgaste excesivo en la Servotransmisión, entre otros componentes menores que podrían generar fallas a futuro, como muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Diagnóstico de equipos

Tipo de máquina	Código interno	Descripción	Resultado		
			B	R	M;
B: bueno R: regular M: malo			B	R	M;
R210W-9S	EX-22	Se realiza inspección general del equipo encontrando mangueras con desajuste, fugas leves en motor, bomba y periféricos hidráulicos (cilindros y joystick), el equipo presenta falla en motor de giro de la tornamesa.			X

HX340SL	EX-20	Se realizaron pruebas de presión en los cilindros para descartar fugas internas, se realizaron pruebas de caudal, presión y operacionales al sistema hidráulico (movimientos hidráulicos, mangueras, válvulas), encontrándose fuera de parámetros. Se recomienda realizar inspección del interior de la bomba hidráulica para descartar algún fallo.			X
HL770-9S	CA-08	Se realiza inspección del equipo encontrando fuga en turbo, motor Diesel y ejes motrices. Se recomienda realizarse seguimiento al equipo ya que esto puede afectar la alimentación del turbo en un futuro		X	
H940C	RT-09	Se realiza inspección general del equipo encontrando problemas y sonidos anormales en Servotransmisión, se inspecciona y se encuentra material particulado (limadura de hierro), se realiza inspección visual de los paquetes de marchas para descartar desgaste por contaminación o falta de lubricación encontrando todo en orden, se observa Código defalla por presión aceite motor. Se observa fuga en ejes encontrando emulsión de aceite con líquido de frenos.		X	
HSL850-7ª	MN-14	Se realiza inspección general del equipo encontrándose en buenas condiciones, se realiza inspecciones al sistema hidráulico encontrando presiones bajo parámetros, se realiza inspección del sistema de enganche encontrándose bajo parámetros.	x		

HX75S	EX-27	Se inspecciona el equipo en su totalidad, encontrando que la operación realizada se ejecuta de manera incorrecta adicional, los equipos tipo excavador trabajan con martillos hidráulicos se recomienda realizar inspección al sistema hidráulico y a las rutinas de mantenimiento ya que pueden presentar contaminación por falta de mantenimiento		X	
--------------	--------------	---	--	---	--

Nota. diagnóstico de algunos equipos del consorcio en la que se demuestra el regular estado de los sistemas.

6.4 Hoja de vida equipos

- En la recolección de datos de los equipos se logró detallar los fallos presentados, desde el inicio de su operación hasta la fecha, así como la descripción de la tarea de mantenimiento, modo de falla, cuánto tiempo estuvo el equipo en paro, el componente en donde se presentó la falla. Como se muestra en la tabla 8,9,10 y Anexo 5 hojas de vida, estos son factores fundamentales para el análisis de datos y generación de un buen plan de mantenimiento.

Tabla 8*Hoja de vida modelo R210W-9S*

Modelo	inicio	Vin	Horas trabajo				
R210W-9S	23/09/2022	2063	2377				
Ítem	Fecha	Modo Falla	tipo	Componente	Descripción tarea de MTTO	tiempo paro	horas
1	5/01/2023	Bajo nivel de lubricante	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	295
2	5/01/2023	Bajo nivel de lubricante	4,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	295
3	28/02/2023	Perdida de potencia	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	529
4	15/03/2023	Perdida de potencia	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	839
5	15/03/2023	Bajo nivel de lubricante	4,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	839
6	14/06/2023	obstrucción filtros	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1141
7	14/06/2023	obstrucción filtros	4,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1141
8	14/06/2023	Perdida de potencia	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	3	1141
9	15/06/2023	Perdida de potencia	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1415
10	5/07/2023	Bajo nivel de lubricante	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1692
11	5/07/2023	Perdida de potencia	7,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	4	1692
12	28/07/2023	paro de equipo	3,00	Motor	Calibración válvulas	6	2007
13	3/08/2023	obstrucción filtros	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	2127
14	28/08/2023	Perdida de potencia	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	2240

Nota. Hoja de vida equipo R210W-9S VIN 2063.

Tabla 9*Hoja de vida modelo HX340SL*

Modelo	Inicio	Vin	Horas				
HX340SL	19/10/2022	798	3394				
Ítem	Fecha	Modo Falla	Tipo	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo parada	Horas
1	7/12/2022	Bajo nivel lubricante	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	256
2	28/02/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	526
3	28/02/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	526
4	15/03/2023	obstrucion de filtros	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	820
5	28/03/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	1119
6	28/03/2023	perdida de potencia	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1119
7	28/03/2023	perdida de potencia	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1119
8	28/03/2023	perdida de potencia	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1119
9	11/04/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1419
10	11/04/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1419
11	10/05/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1740
12	10/05/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1740
13	10/05/2023	obstrucion de filtros	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1740
14	25/05/2023	perdida de potencia	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	2011
15	25/05/2023	perdida de potencia	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	2011
16	25/05/2023	contaminacion lubricante	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	2011
17	25/05/2023	contaminacion lubricante	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2011
18	14/06/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2362
19	14/06/2023	Bajo nivel lubricante	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	2362
20	13/07/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2692
21	12/08/2023	paro equipo	10,00	Sistema eléctrico	Caza fallo	8	2910
22	14/08/2023	paro equipo	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2910
23	14/08/2023	paro equipo	7,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	2910
24	14/08/2023	paro equipo	3,00	Motor	Cambio refrigerante	2	2910
25	14/08/2023	paro equipo	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2910
26	14/08/2023	paro equipo	5,00	Motor	Calibración válvulas	6	2910
27	12-sep	obstrucion de filtros	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	3344

Nota. Hoja de vida equipo HX340SL VIN 0798.

Tabla 10

Hoja de vida modelo HL770-9S

Modelo	Inicio	Vin	Horas				
Ítem	Fecha	Modo Falla	Tipo	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo de parada	Horas
HL770-9S	19/10/2022	1137	3000				
1	1/12/2022	Cambio aceite y filtros hidráulicos	9,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	80
2	4/01/2023	Cambio aceite motor sin filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	120
3	28/02/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	519
4	10/03/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	785
5	28/03/2023	Cambio aceite con filtros	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	1.038
6	28/03/2023	Cambio filtración sin aceite	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1.038
7	28/03/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.038
8	11/04/2023	Adicionar aceite	7,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1.315
9	11/04/2023	Cambio filtración sin aceite	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1.315
10	11/04/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.315
11	24/05/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.611
12	14/06/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.934
13	10/07/2023	Cambio aceite con filtros	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	2.317
14	10/07/2023	Cambio filtración sin aceite	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	2.317
15	10/07/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2.317
16	27/07/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2.585
17	27/07/2023	Cambio aceite con filtros	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	2.585
18	27/07/2023	Cambio aceite y filtros hidráulicos	9,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	2.585
19	27/07/2023	Ajuste válvulas admisión y escape	5,00	Motor	Calibración válvulas	6	2.585
20	10/08/2023	Cambio algunos filtros motor	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	2.585
21	15/08/2023	Correcciones periféricos motor	17,00	Motor	Caza fallo	100	2.796
22	25/08/2023	Cambio aceite motor sin filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	2.846
23	25/08/2023	Cambio algunos filtros motor	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	2.846
24	25/08/2023	Cambio componente tren de rodaje	14,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2.846
25	20/09/2023	Correcciones periféricos motor	17,00	Motor	Caza fallo	100	2.851
26	20/09/2023	Correcciones periféricos motor	17,00	Motor	Caza fallo	100	2.851

Nota. Hoja de vida equipo HL770-9S VIN 1137.

6.5 Análisis de criticidad

Se realizó un análisis de criticidad el cual consiste en clasificar la información de cada máquina de modo que indique qué equipo está en estado crítico bajo, medio, alto

Para la realización del análisis de criticidad es necesario comenzar generando una encuesta como de muestra en la Tabla 11, la cual será la base de datos para generar todo el análisis, dicha encuesta debe contener aspectos como la frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento e impacto a seguridad ambiente e higiene. en lo posible las opciones de respuesta deben ser claras (sin dejar vacío) ya que estos pueden generar un sesgo en nuestros resultados.

Tabla 11

Encuesta análisis de criticidad

Frecuencia de fallas	
	Elevado mayor a 2 fallas/mes
	Promedio 1-2 fallas/mes
	Buena menos de 1 falla/mes
	Exelente sin fallas
Impacto operacional	
	Parada total del equipo
	Parada total del equipo sin afectacion al proceso de extraccion
	Parada temporal del equipo con afectacion al proceso de extraccion
	Impacto en tiempo de entrega del proyecto
	No hay afectacion significativa al proyecto
Flexibilidad operacional	
	No existe ningun equipo que cubra la funcion
	El equipo opera parcialmente
	Existe equipo que cubre la funcion
Costo de mantenimineto	
	Menor a 3'000.000
	Entre 3'100.000 y 9'000.000
	Entre 9'100.000 y 15'000.000
Impacto a seguridad ambiente e higiene	
	Existe riesgo de afectacion humana dentro y fuera del proyecto
	Existe riesgo de contaminacion por residuos peligrosos
	Existe riesgo menor de afectacion al ambiente y seguridad
	No proboca ningun daño

Nota. encuesta para realización de data para análisis de criticidad.

6.5.1 Factores ponderados

Una vez realizada nuestra encuesta es necesario generar unos valores ponderados a cada una de las respuestas que se diligenciaron, dando el número mayor a la respuesta que indique un estado crítico del equipo como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Factores ponderados análisis de criticidad

Tabla de factores ponderados			
Frecuencia de falla		Impacto en seguridad ambiente e higiene	
Elevado mayor a 2 fallas/mes	4	Existe riesgo de afectacion humana dentro y fuera del proyecto	4
Promedio 1-2 fallas/mes	3	Existe riesgo de contaminacion por residuos peligrosos	3
Buena menos de 1 falla/mes	2	Existe riesgo menor de afectacion al ambiente y seguridad	2
Excelente sin fallas	1	No provoca ningun daño	1
Flexibilidad de operación		Costos de mantenimiento	
No existe ningun equipo que cubra la funcion	3	Menor a 3'000.000	1
El equipo opera parcialmente	2	Entre 3'100.000 y 9'000.000	2
Existe equipo que cubre la funcion	1	Entre 9'100.000 y 15'000.000	3
Impacto operacional			
Parada total del equipo		5	
Parada total del equipo sin afectacion al proceso de extraccion		4	
Parada temporal del equipo con afectacion al proceso de extraccion		3	
Impacto en tiempo de entrega del proyecto		2	
No hay afectacion significativa al proyecto		1	

Nota. ponderación de factores análisis de criticidad

● **Cálculo análisis de criticidad**

Una vez generadas nuestra encuestas y factores ponderados, se realiza la tabla de análisis de criticidad en la cual organizamos todos nuestros equipos junto con las respuestas para finalizar con la aplicación de la fórmula de criticidad.

$$criticidad = frecuencia * consecuencia$$

$$consecuencia = a + b$$

$$a = costo de mantenimiento + impacto seguridad ambiente e higiene$$

$$b = flexibilidad de operación * impacto operacional$$

$$Ejemplo: criticidad = 4 * ((2+3) + (1*1)) = 24$$

● **Matriz de criticidad**

Se elaboró una matriz de criticidad con el fin de identificar aquellos valores calculados y estratificar en qué punto se encuentra el equipo, criticidad baja, media o alta. Como se muestra en la figura 6, de esta forma podremos identificar aquellos equipos que están generando un mayor costo en mantenimiento, un mayor impacto operacional, mayor tiempo de entrega del proyecto.

- **Criticidad baja** 
- **Criticidad media** 

- **Criticidad alta** 

Figura

Categorización frecuencia de falla

Frecuencia	4	8	16	24	32	40
	3	6	12	18	24	30
	2	4	8	12	16	20
	1	2	4	6	8	10
		2	4	6	8	10
Consecuencia						

Nota. Categorización criterio frecuencia de falla.

6.6 Análisis de modo y efecto de falla AMEF

Con la finalidad de realizar un estudio que brinde información más detallada para la elaboración de un plan de mantenimiento adecuado para los equipos, se optó por la realización de un análisis de modo y efecto de falla (AMEF), para el análisis comenzamos por la evaluación de criterios

- **Evaluación de criterios**

Con el fin de organizar los datos obtenidos en las hojas de vida de los equipos, se dio inicio a la estratificación de frecuencia de falla, gravedad de la falla, y probabilidad de detección de la falla como se muestra en las tablas 13,14 y 15.

Tabla 13

Categorización frecuencia de falla

Frecuencia de falla		
Calificación	Categoría	Criterio
1	muy poco	ocurre de 0-2 veces
2	Poco	ocurre de 3-5 veces
3	Media	ocurre de 6-9 veces
4	Alta	ocurre de 10-12 veces
5	Muy alta	ocurre de 13-17 veces

Nota. Categorización criterio frecuencia de falla.

Tabla 14

Categorización frecuencia de gravedad

Criticidad de falla		
Calificación	Categoría	Criterio
1	Leve	sin daño a los componentes
2	Mínima	cambio de estado componentes
3	Media	desgaste componentes
4	Importante	daño de componentes
5	Grave	daño de componentes mayores

Nota. Categorización criterio gravedad de falla

Tabla 15

Categorización detección de fallas

Detección de falla		
Calificación	Categoría	Criterio
1	Muy alta	95-100% detectable
2	Alta	75-94% detectable
3	Media	40-74% detectable
4	Poco	6-39% detectable
5	Muy poco	0-5% detectable

Nota. categorización criterio detección de falla

6.6.1 Cálculo de número prioritario de riesgo NPR

Se realizó la organización de datos por componentes de cada uno de los equipos, motor, sistema eléctrico, sistema hidráulico, sistema motriz, transmisiones. esto con el fin de identificar aquellos componentes que se encuentre con riesgo bajo, medio y alto.

Se debe realizar un análisis de datos entre las hojas de vida de cada equipo y la categorización mostrada en las Tablas 13,14 y 15 con el fin de brindar una categorización respectiva. Los datos a tener en cuenta en las hojas de vida de los equipos son: cantidad de fallas por componente, cuáles fueron los componentes afectados y horas que el equipo estuvo en paro para determinar la detectabilidad de la falla, la estratificación queda de la siguiente manera:

Frecuencia (0-17)

Gravedad (0-468)

Detectabilidad (1-5)

Una vez clasificados se relacionan con las tablas de ponderados para poder hallar el valor NPR como se muestra en la Tabla 16:

$$NPR = FRECUENCIA * GRAVEDAD * DETECCIÓN$$

$$NPR = 5 * 5 * 4 = 100$$

Tabla 16

Ejemplo cálculo NPR

HL770-9S/1137	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión
Frecuencia	5	0	4	1	5
Gravedad	5	0	3	1	3
Detección	4	0	3	3	3
NPR	100	0	36	3	45

Nota. Cálculo NPR del equipo HL 770-9S VIN 1137

- **Matriz AMEF**

Una vez se obtuvo el NPR de cada uno de los componentes por cada equipo se optó por la generación de una matriz, como se muestra en la figura 7, en la cual se pudiera ubicar si los componentes se encontraban en un rango bajo, medio o alto. De esta forma podemos analizar mejor qué componente necesita una intervención más pronta o una revisión periódica para disminuir los índices de frecuencia, gravedad o detección.

Figura 7

Aplicación matriz NPR

		Frecuencia					
		muy poco (1)	poco (2)	Media (3)	Alta (4)	Muy alta (5)	
Críticidad	Leve (1)	1	2	3	4	5	Muy alta (1)
	Mínima (2)	4	8	12	16	20	Alta (2)
	Media (3)	9	18	27	36	45	Media (3)
	Importante (4)	16	32	48	64	80	poco (4)
	Grave (5)	25	50	75	100	125	Muy poco (5)
							detección

Nota. En la figura se facilita la identificación del número prioritario de riesgo.

- NPR de 1 a 12 riesgo bajo 
- NPR de 13 a 36 riesgo medio 
- NPR de 37 a 125 riesgo alto 

6.7 Análisis mantenimiento consorcio

Luego de realizar la recopilación de datos de mantenimiento, calcular criticidad de los equipos y AMEF de los componentes, se realizó el análisis de rutinas de mantenimiento ejecutadas por el consorcio, con el fin de poder detectar falencias en las rutinas de mantenimiento y poder realizar una comparativa con respecto a las rutinas recomendadas por el fabricante. Como se muestra en las tablas 8,9,10 y Anexo 5 hojas de vida. Los equipos contaron con rutinas de mantenimiento incompletas por parte de los técnicos del consorcio ya que las rutinas básicas que recomienda el manual se realizaron parcialmente o no se realizaron.

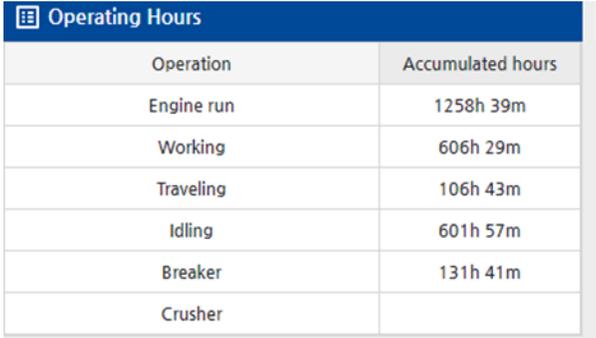
Es importante aclarar que los manuales de operación vienen establecidos para una operación estándar de trabajo, calidad de lubricantes y correcto suministro de estos. Es decir, que a la hora de ejecutar un mantenimiento se realice con los estándares de calidad más altos posibles.

Por el modo de operación del proyecto vial no es posible cumplir con estos estándares ya que las máquinas realizan paradas de mantenimiento en plena operación, adicional el suministro de combustible no se realiza directamente de un tanque con bomba, si no que se realiza por medio de reempaque de este.

Cómo se mencionó la operación de los equipos también juega un papel clave para los equipos son con línea húmeda auxiliar. La excavación y reducción de material es vital y los equipos que cuentan con dicha línea trabajan con martillos hidráulicos, reduciendo así la integridad y calidad del aceite hidráulico, los equipos del consorcio trabajan una gran parte del tiempo con martillo hidráulico como se ve en la Figura 8.

Figura 8

Tiempo de operación equipos con martillo



Operating Hours	
Operation	Accumulated hours
Engine run	1258h 39m
Working	606h 29m
Traveling	106h 43m
Idling	601h 57m
Breaker	131h 41m
Crusher	

Nota. Imagen de monitoreo satelital HI-MATE *Hd-hyundaice.com*. [En línea]. Disponible en: <https://himate.hd-hyundaice.com/home1.aspx>

- **Análisis mantenimiento fabricante**

El manual de operación de la excavadora R210W-9S muestra que la rutina de mantenimiento para las 2000 Hrs lleva cambio de todos los lubricantes en los sistemas principales (motriz, motor, transmisión y reductores de giro). Como se muestra en la Figura 9, a las 2012 horas de operación del equipo EX-21 únicamente se le realizó cambio de aceite motor.

Figura 9

Histórico primeras 2012 horas equipo EX21

The figure consists of two screenshots of a 'Maintenance History' table. The top screenshot shows records from 28-Jun-2023 to 01-Aug-2023, with a total of 67 listings. The bottom screenshot shows records from 01-Aug-2023 to 29-Aug-2023, also with a total of 67 listings. Both tables have columns for Date, Time, Item, Type, Setting, Hourmeter, Total, and Alarm lamp.

Date	Time	Item	Type	Setting	Hourmeter	Total	Alarm lamp
01-Aug-2023	06:24	Engine Oil Filter	Interval	250	2,012	5	🔔
01-Aug-2023	06:24	Engine Oil	Replace	250	2,012	6	
01-Aug-2023	06:23	Engine Oil	Interval	250	2,012	5	🔔
28-Jun-2023	01:55	Axle Planetary Gear Oil	Replace	1,500	1,699	1	
28-Jun-2023	01:24	Rear Axle Differential Gear Oil	Replace	1,500	1,699	1	
28-Jun-2023	01:13	Front Axle Differential Gear Oil	Replace	1,500	1,699	1	
28-Jun-2023	01:12	Air Cleaner Element	Replace	500	1,699	5	
28-Jun-2023	01:12	Water Separator / Fuel Pre-Filter Element (Water)	Replace	500	1,699	5	

Date	Time	Item	Type	Setting	Hourmeter	Total	Alarm lamp
29-Aug-2023	03:32	Engine Oil	Replace	250	2,270	7	
01-Aug-2023	10:54	Transmission Oil	Replace	1,000	2,012	2	
01-Aug-2023	06:56	Air Cleaner Element	Replace	250	2,012	6	
01-Aug-2023	06:33	Air Cleaner Element	Interval	250	2,012	5	🔔
01-Aug-2023	06:33	Water Separator / Fuel Pre-Filter Element (Water)	Replace	250	2,012	6	
01-Aug-2023	06:33	Water Separator / Fuel Pre-Filter Element (Water)	Interval	250	2,012	5	🔔
01-Aug-2023	06:32	Fuel Filter Element	Interval	250	2,012	5	🔔
01-Aug-2023	06:32	Fuel Filter Element	Replace	250	2,012	6	
01-Aug-2023	06:25	Engine Oil Filter	Replace	250	2,012	6	

Nota. Se evidencia el mal mantenimiento al equipo en sus primeras 2012 horas de trabajo. tomado de *Hd-hyundaice.com*. Disponible en: <https://himate.hd-hyundaice.com/home1.asp>

El equipo HX340SL con número interno EX-20 muestra una mejor rutina de mantenimiento ya que en las labores de 1000 y 2000 Hrs(imagen) se le realizaron cambio de la mayoría de los lubricantes y algunos filtros hidráulicos como indica el manual. Sin embargo, el aceite hidráulico no fue cambiado en su totalidad sino parcialmente, lo que puede ser un riesgo para la bomba hidráulica.

Figura 10

Histórico primeras 2070 horas equipo EX20

Date	Time	Item	Type	Setting	Hourmeter	Total	Alarm lamp
22-Feb-2023	05:41	Water Separator / Fuel Pre-Filter Element (Water)	Replace	250	1,119	3	
22-Feb-2023	05:41	Fuel Filter Element	Replace	250	1,119	3	
22-Feb-2023	05:40	Engine Oil Filter	Replace	250	1,119	3	
22-Feb-2023	05:40	Hydraulic Oil Return Filter	Replace	1,000	1,119	1	
22-Feb-2023	05:40	Drain Filter	Replace	1,000	1,119	1	
22-Feb-2023	05:40	Pilot Line Filter Element	Replace	1,000	1,119	1	
22-Feb-2023	05:40	Swing Reduction Gear Oil	Replace	1,000	1,119	1	
22-Feb-2023	05:40	Travel Reduction Gear Oil	Replace	1,000	1,119	1	

Date	Time	Item	Type	Setting	Hourmeter	Total	Alarm lamp
11-May-2023	01:48	Engine Oil Filter	Replace	250	2,070	6	
11-May-2023	01:48	Hydraulic Oil Return Filter	Replace	1,000	2,070	3	
11-May-2023	01:47	Drain Filter	Replace	1,000	2,070	2	
11-May-2023	01:47	Pilot Line Filter Element	Replace	1,000	2,070	2	
11-May-2023	01:47	Swing Reduction Gear Oil	Replace	1,000	2,070	2	
11-May-2023	01:47	Travel Reduction Gear Oil	Replace	1,000	2,070	2	
11-May-2023	01:47	Engine Oil	Replace	250	2,070	6	
18-Apr-2023	04:27	Air Cleaner Element	Replace	250	1,740	5	
18-Apr-2023	04:26	Water Separator / Fuel Pre-Filter Element	Replace	250	1,740	5	

Nota. En las figuras se logra evidenciar el mal mantenimiento efectuado a el equipo EX 20 durante las primeras 2070 horas tomado de *Hd-hyundaice.com*. Disponible en: <https://himate.hd-hyundaice.com/home1.asp>

En el caso más grave por contaminación de aceite, tenemos el equipo EX -19 el cual tuvo uno de los mantenimientos correctivos más costosos del proyecto. El equipo trabajó la mayor parte del tiempo con martillo hidráulico como se muestra en la imagen, debido a intervenciones parciales y a la referencia incorrecta de aceite utilizado, el equipo sufrió desgaste en los pistoncillos de la bomba hidráulica a causa a la alta temperatura en la zona en que trabaja y la

baja viscosidad del aceite utilizado ISO VG46 anexo 4 lubricación el cual aunque si es recomendado para países tropicales como se muestra en el anexo 3 rutinas de mantenimiento manual, no es recomendado para áreas con temperatura ambiente superior a 30° C, como homólogo para temperaturas ambiente más altas se utiliza ISO VG 68.

Figura 11

Tiempo de operación con martillo del equipo EX-19

Operating Hours	
Operation	Accumulated hours
Engine run	1543h 39m
Working	819h 20m
Traveling	131h 33m
Idling	635h 14m
Breaker	363h 26m

Nota. Se evidencia el uso excesivo del equipo con el accesorio tipo martillo (Breaker) tomado de *Hd-hyundaice.com*. Disponible en: <https://himate.hd-hyundaice.com/home1.asp>

En la Tabla 17 se muestra el diagnóstico que realiza el técnico especializado debido a la contaminación en la bomba hidráulica.

Tabla 17

Diagnóstico contaminación bomba hidráulica

CONDICIÓN	Cliente reporta Ruidos en la bomba hidráulica al realizar todos los movimientos, movimientos erráticos, pérdida de velocidad y fuerza en los movimientos hidráulicos
DIAGNÓSTICO	<ul style="list-style-type: none"> Se realizaron pruebas de presión en los cilindros para descartar fugas internas, se realizaron pruebas de caudal, presión y operacionales al sistema hidráulico (movimientos hidráulicos, mangueras, válvulas), encontrándose fuera de parámetros. Se recomienda realizar inspección del interior de la bomba hidráulica para descartar algún fallo.

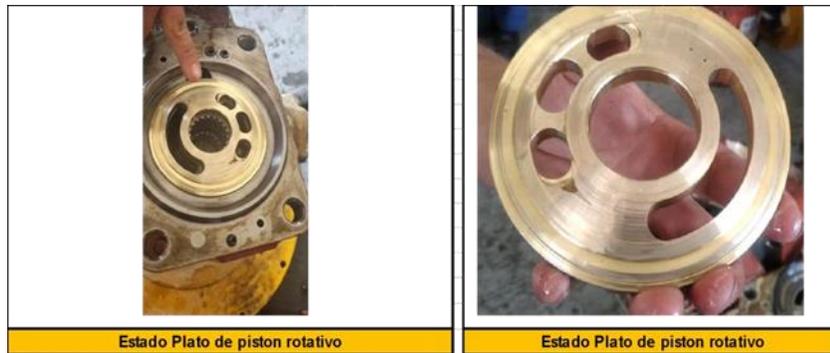
<p>CORRECCIONES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Se procede a revisar la filtración del sistema de combustible para ver que la causa de la pérdida no sea por combustible. ● Se realiza el performance test e indica fuera de parámetros, realizamos el retiro de la tapa del tanque de aceite hidráulico y revisamos el filtro de succión hidráulico y encontramos que el aceite presenta partículas color bronce. ● Se procede a realizar pruebas con manómetros para revisar y comparar las presiones y confrontarlas con las del monitor y las presiones están fuera de parámetros. ● Si el problema está en el sistema hidráulico y el cliente reporta que la máquina ha presentado gradualmente ruido en la bomba hidráulica, pero una vez que el aceite adquiere una temperatura de más de 50°C el ruido disminuye, la máquina queda fuera de operación ya que el ruido aumentó y no se corrigió con el aumento de temperatura, la máquina pierde los movimientos y quedan muy lentos y muy débiles.
----------------------------	---

Nota. Condición diagnóstica y correcciones bomba hidráulica.

Figura 12

Evidencia de daño en bomba hidráulica





Nota. imágenes del daño generado en la bomba hidráulica por contaminación en el sistema.

Estos factores hacen que sea necesario reducir los tiempos de mantenimiento recomendados por el manual como se ve en anexo 3 rutinas de mantenimiento manual. Sin embargo, el consorcio realiza estos mantenimientos con periodos más amplios a los recomendados por el fabricante como se ve en las hojas de vida de los equipos, ver Anexo (5) hojas de vida.

Con el anterior análisis podemos detectar que la falta de mantenimiento en la frecuencia y programación necesaria es una afectación al presupuesto general del proyecto y afecta las máquinas a largo plazo, en un inicio las máquinas trabajaron sin presentar fallas. Sin embargo, la vejez de estas máquinas será crítica ya que los componentes no han tenido el debido cuidado, adicional que la garantía del fabricante se ve afectada ya que lo mínimo que se espera es una correcta ejecución del plan de mantenimiento que indica el manual. Para mitigar estas problemáticas se analizaron las máquinas más afectadas mediante los resultados de la matriz de criticidad y una vez identificadas estas máquinas, se jerarquiza por componente mediante AMEF, para así poder determinar rutinas de mantenimiento personalizadas para cada modelo de máquina

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Análisis de criticidad

Una vez se obtuvieron los resultados, se procede con la asignación de valores:

Figura 13

Aplicación matriz de criticidad

Frecuencia	4	8	16	24	32	40
	3	6	12	18	24	30
	2	4	8	12	16	20
	1	2	4	6	8	10
		2	4	6	8	10
Consecuencia						

Nota. Estratificación resultados análisis de criticidad

- 0-15 criticidad baja (equipo operativo sin novedades importantes)
- 16- 24 criticidad media (requiere un seguimiento estricto)
- 25-40 criticidad alta (requiere intervención inmediata)

Una vez asignados los criterios se procede a realizar la asignación de valores ponderado a cada uno de nuestros equipos como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18*Resultados análisis de criticidad*

No.	Numero Interno	Modelo	Frecuencia de fallas	Impacto operacional	Flexibilidad de operación	Costo Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Criticidad
1	CA-06	HL770-9S	4	4	1	2	3	9	36
2	RT-10	H940C	3	5	1	3	2	10	30
3	EX-19	HX340SL	4	1	1	2	4	7	28
4	EX-21	R210W-9S	4	1	1	2	3	6	24
5	EX-20	HX340SL	4	1	1	2	3	6	24
6	CA-08	HL770-9S	4	1	1	2	3	6	24
7	RT-09	H940C	4	2	1	1	3	6	24
8	CA-07	HL770-9S	3	2	1	2	3	7	21
9	EX-22	R210W-9S	3	1	1	2	3	6	18
10	MN-14	HSL850-7A	3	3	1	1	2	6	18
11	EX-26	HX75S	3	1	1	2	3	6	18
12	RT-08	H940C	3	1	1	1	3	5	15
13	MN-10	HSL850-7A	3	1	1	1	2	4	12
14	EX-37	HX75S	3	1	1	1	2	4	12
15	EX-24	HX75S	3	1	1	1	2	4	12
16	EX-25	HX75S	3	1	1	1	2	4	12
17	EX-27	HX75S	3	1	1	1	2	4	12
18	MN-09	HSL850-7A	2	1	1	1	2	4	8

Nota. Criticidad de los 18 equipos.

En la Tabla anterior se observa que los equipos más críticos son los que más horas de trabajo han tenido, adicional se encuentran los equipos que ejecutan labores con los martillos hidráulicos en las zonas de alta y media criticidad.

Se prioriza los equipos de la siguiente manera:

- HX340SL
- HL770-9S
- R210W-9S
- H940C
- HSL850-7^a
- HX75S

7.2 Análisis AMEF

Se realizan las tablas con los criterios para la realización del análisis AMEF teniendo en cuenta la frecuencia de falla, criticidad de fallas y la probabilidad de detección de la falla

Tabla 19*Calificación frecuencia de falla AMEF*

Frecuencia de falla							
calificación	categoria	Criterio	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	Transmisión
1	muy poco	ocurre de 0-2 veces	2	1	1	1	0
2	Poco	ocurre de 3-5 veces	5	0	2	2	0
3	Media	ocurre de 6-9 veces	9	0	3	3	1
4	Alta	ocurre de 10-12 veces	12	0	5	4	2
5	Muy alta	ocurre de 13-17 veces	17	0	7	5	3

Nota. En la tabla se evidencia los criterios que se tuvieron en cuenta para la realización del análisis AMEF.

Tabla 20*Calificación gravedad de falla AMEF*

GRAVEDAD DE FALLA							
Calificación	Categoría	Criterio	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	Transmisión
1	LEVE	SIN DAÑO COMPONENTES	10	3	3	5	2
2	MÍNIMA	CAMBIO DE ESTADO	30	10	7	10	8
3	MEDIA	DESGASTE COMPONENTES	80	20	20	20	12
4	IMPORTANTE	DAÑO COMPONENTES	160	160	30	30	100
5	GRAVE	DAÑO COMPONENTES MAYORES	334	300	35	42	468

Nota. En la tabla se evidencia los criterios que se tuvieron en cuenta para la realización del análisis AMEF.

Tabla 21*Calificación detección de falla AMEF*

Detección de falla							
calificación	categoría	Criterio	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	Transmisión
1	Muy alta	95-100% detectable	1	1	1	1	1
2	Alta	75-94% detectable	2	2	2	2	2
3	Media	40-74% detectable	3	3	3	3	3
4	poco	6-39% detectable	4	4	4	4	4
5	muy poco	0-5% detectable	5	5	5	5	5

Nota. En la tabla se evidencia los criterios que se tuvieron en cuenta para la realización del análisis AMEF.

- **Cálculos y análisis AMEF**

A continuación, teniendo en cuenta la jerarquía de estos equipos, realizamos un análisis AMEF para determinar qué componentes de estos equipos requieren más intervenciones.

HX340SL

En la Tabla 22 se encuentran los resultados de AMEF para cada componente:

Tabla 22*Resultados AMEF equipos HX340S*

HX340SL/0798	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión	HX340SL/0796	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión
Frecuencia	5	1	5	2	0	Frecuencia	5	0	5	5	0
Gravedad	3	2	3	2	0	Gravedad	2	0	3	5	0
detección	2	5	3	3	0	detección	2	0	3	4	0
NPR	30	10	45	12	0	NPR	20	0	45	100	0

Nota. Resultados obtenidos del análisis AMEF. Estos resultados se describen de la siguiente manera:

1. Hidráulico
2. Motor
3. Motriz
4. Eléctrico
5. Transmisión

Los resultados concuerdan con el análisis realizado anteriormente con las tablas de horas de martillo, ya que estos equipos han ejecutado labores constantes de fragmentación de material lo cual las ha hecho vulnerables en su sistema hidráulico, junto con el motor debido a la obstrucción de filtros por polución y otros factores estos componentes.

HL770-9S

En la siguiente tabla encontramos los resultados de AMEF para cada componente:

Tabla 23

Resultados AMEF equipos HL770-9S

HL770-9S/1127	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión	HL770-9S/1133	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión
Frecuencia	4	0	4	1	0	Frecuencia	3	1	4	1	3
Gravedad	3	0	3	1	0	Gravedad	2	1	5	1	2
detección	2	0	3	3	0	detección	2	4	4	3	3
NPR	24	0	36	3	0	NPR	12	4	80	3	18
HL770-9S/1137	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión						
Frecuencia	5	0	4	1	5						
Gravedad	5	0	3	1	3						
detección	4	0	3	3	3						
NPR	100	0	36	3	45						

Nota. Análisis AMEF. Estos resultados se describen de la siguiente manera

1. Hidráulico
2. Transmisión
3. Motor
4. Motriz
5. Eléctrico

Teniendo en cuenta que los cargadores no cuentan con línea auxiliar que permita la entrada de contaminantes, observamos que el hidráulico sigue siendo uno de los componentes más críticos. Esto debido a que el consorcio aplica lubricante hidráulico no ideal para la ubicación geográfica de estos equipos, ya que la temperatura puede llegar a superar los 36° C.

R210W-9S

En la siguiente tabla encontramos los resultados de AMEF para cada componente:

Tabla 24*Resultados AMEF equipos R210W-9S*

R210W-9S/2063	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión	R210W-9S/2099	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión
Frecuencia	3	0	4	1	0	Frecuencia	4	1	5	3	4
Gravedad	2	0	2	1	0	Gravedad	2	5	5	2	2
detección	2	0	4	4	0	detección	2	5	4	3	3
NPR	12	0	32	4	0	NPR	16	25	100	18	24

Nota. Resultados obtenidos del análisis AMEF. Estos resultados se describen de la siguiente manera:

- | | |
|---------------|----------------|
| 1. Hidráulico | 4. Eléctrico |
| 2. Motor | 5. Transmisión |
| 3. Motriz | |

Los equipos al ser excavadoras de llantas llegan a ser muy versátiles para el transporte y accesos a puntos clave de la obra donde las orugas (sistema de rodaje) pueden afectar la integridad del suelo, por esto el sistema motriz llega a ser afectado en comparación a los otros equipos ya que su desplazamiento es mayor.

H940C

En la siguiente tabla encontramos los resultados de AMEF para cada componente:

Tabla 25*Resultados AMEF equipos H940C*

H940C/1435	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión	H940C/1422	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión
Frecuencia	3	1	5	0	3	Frecuencia	2	1	3	1	4
Gravedad	2	4	3	0	2	Gravedad	2	4	4	1	5
detección	2	5	4	0	3	detección	2	4	4	3	5
NPR	12	20	60	0	18	NPR	8	16	48	3	100
H940C/1523	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión						
Frecuencia	3	2	1	0	3						
Gravedad	2	2	1	0	2						
detección	2	4	3	0	3						
NPR	12	16	3	0	18						

Nota. Resultados obtenidos del análisis AMEF

Estos resultados se describen de la siguiente manera:

- | | |
|----------------|-----------|
| 1. Hidráulico | 4. Motor |
| 2. Transmisión | 5. Motriz |
| 3. Eléctrico | |

Los retrocargadores cuentan con línea hidráulica auxiliar por lo que también se ven afectadas por la contaminación de polución por percusión de martillo, adicional la transmisión de estos equipos llega a ser crítica debido a la constante exigencia de fuerza al momento de desplazarse a lo largo del proyecto.

HSL850-7A

En la siguiente tabla encontramos los resultados de AMEF para cada componente:

Tabla 26

Resultados AMEF equipos HSL850-7A

HSL850-7A/2987	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión	HSL850-7A/2985	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión
Frecuencia	2	1	0	0	3	Frecuencia	2	0	0	0	0
Gravedad	2	3	0	0	4	Gravedad	1	0	0	0	0
detección	2	4	0	0	4	detección	2	0	0	0	0
NPR	8	12	0	0	48	NPR	4	0	0	0	0
HSL850-7A/2982	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión						
Frecuencia	1	0	0	0	0						
Gravedad	1	0	0	0	0						
detección	2	0	0	0	0						
NPR	2	0	0	0	0						

Nota. Resultados obtenidos del análisis AMEF. Estos resultados se describen de la siguiente manera

1. Transmisión
2. Motor
3. Eléctrico
4. Hidráulico
5. Motriz

Los minicargadores han tenido una baja participación en el proyecto sin embargo han presentado fallos imprevistos que se pueden considerar garantía de fábrica, se recomienda realizar seguimiento para garantizar su operatividad.

HX75S

En la siguiente tabla encontramos los resultados de AMEF para cada componente:

Tabla 27

Resultados AMEF equipos HX75S

HX75S/0727	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión	HX75S/0732	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión
Frecuencia	3	0	0	1	0	Frecuencia	3	0	0	1	0
Gravedad	2	0	0	1	0	Gravedad	2	0	0	3	0
detección	2	0	0	3	0	detección	2	0	0	3	0
NPR	12	0	0	3	0	NPR	12	0	0	9	0
HX75S/0726	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión	HX75S/0725	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión
Frecuencia	2	0	1	1	0	Frecuencia	3	0	0	1	0
Gravedad	2	0	2	3	0	Gravedad	2	0	0	3	0
detección	2	0	3	3	0	detección	2	0	0	3	0
NPR	8	0	6	9	0	NPR	12	0	0	9	0
HX75S/0712	Motor	Eléctrico	Hidráulico	Motriz	transmisión						
Frecuencia	3	0	0	1	0						
Gravedad	2	0	0	3	0						
detección	2	0	0	3	0						
NPR	12	0	0	9	0						

Nota. Resultados obtenidos del análisis AMEF. Estos resultados se describen de la siguiente manera:

1. Motriz
2. Motor
3. Hidráulico
4. Transmisión
5. Eléctrico

A pesar de que los equipos HX75S dan los mejores resultados de toda la flota, se debe realizar constante monitoreo ya que los sistemas no salen en verde porque estén en buen estado, por el contrario, las revisiones e intervenciones han sido las menores de todas. Si tenemos en cuenta que son equipos que rozan las 2000 horas significa que la integridad de sus aceites está llegando a niveles críticos como se ve en el Anexo 4 lubricación.

7.3 Cálculo confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad

En la siguiente tabla se calcula los porcentajes de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

Tabla 28*Resultados Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad*

Modelo	Vin	Tiempo operativo en horas	Tiempo operativo en días	Tiempo en mantenimiento	Cantidad de mantenimientos	Confiabilidad	Mantenibilidad	Disponibilidad
HSL850-7A	2982	251	10,46	1	1	0,91	1,00	1,00
HX75S	0 732	1921	80,04	26	8	0,90	0,95	0,99
HX75S	0 712	1412	58,83	22	7	0,89	0,93	0,98
HX75S	0 727	1923	80,13	30	9	0,89	0,93	0,98
HX75S	0 725	1755	73,13	28	9	0,88	0,93	0,98
HSL850-7A	2985	402	16,75	7	3	0,84	0,91	0,98
R210W-9S	2063	2377	99,04	45	14	0,87	0,89	0,98
HX75S	0 726	1099	45,79	22	7	0,86	0,88	0,98
R210W-9S	2099	2605	108,54	54	15	0,87	0,87	0,98
HX340SL	798	3394	141,42	80	27	0,83	0,83	0,98
H940C	1523	1209	50,38	31	10	0,82	0,80	0,98
HL770-9S	1127	3754	156,42	106	25	0,85	0,77	0,97
HX340SL	0 796	3199	133,29	98	26	0,82	0,74	0,97
HL770-9S	1133	1738	72,42	74	14	0,82	0,62	0,96
H940C	1435	2140	89,17	224	17	0,83	0,33	0,91
HL770-9S	1137	3000	125,00	386	26	0,81	0,28	0,89
HSL850-7A	2987	428	17,83	75	6	0,71	0,21	0,85
H940C	1422	1571	65,46	674	12	0,83	0,09	0,70

Nota. Resultado Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad para toda la flota

En la tabla podemos se evidencia que los equipos con menores horas de trabajo son los que presentan más altos porcentajes de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad, además es directamente proporcional con los resultados de criticidad determinando:

- Los equipos presentan un porcentaje significativo de confiabilidad siendo su mayoría superior al 80%.
- La mantenibilidad en equipos de baja y mediana criticidad es superior al 80%. Sin embargo, los equipos de alta criticidad presentan una mantenibilidad por debajo del 30 %
- La disponibilidad de los equipos se encuentra en un nivel aceptable ya que el consorcio exige una disponibilidad del 98 % en todos sus equipos

Filtro primario combustible	YUBP-12398	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro secundario combustible	XKDE-01821	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro respiraderotanque HYD	32QA-00140	1,00			X		X		X		X		X		X
línea PilotoHYD	31Q6-20340-P	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro drenaje HYD	31K6-01320	1,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro retorno HYD	31RF-10100	1,00	X	X	X	X	x	X	X	X	X	X	X	X	x
Filtro primario aire	11K9-21310	1,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro secundario aire	11K9-21320	1,00	X		X		X		X		X		X		x
Grasa EP2	600437	3,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Refrigerante Radiador	ELC5050G	10,00					X				X				X
Filtro refrigerante	11E1-70310	1,00			X		X		X		X		X		X
filtro aire acondicionado interno	11K6-91440	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro aire acondicionado externo	11K6-91451	1,00			X		X		X		X		X		X
Empaque tapa válvulas	3905449	6,00							X						X

Correa aire acondicionado	11LL-90480	1,00									X				
Correa motor	XKDE-00823	1,00									X				

Nota. Se muestra el planteamiento de mantenimiento para los equipos HX340sl que en el consorcio ruta 40.

Tabla 30

Listado de verificación modelo HX340S L

Fundación Universidad de América		Revisiones diarias	Fecha	Modelo					
			Horas	N° Interno					
Convenciones: B: Bueno, M: Malo, R: Regular, F: Falta, NA: No aplica									
Intervalo servicio	Descripción	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Cada 3 horas	Graseras de bujes y cilindros de balde y la H	Engrasar							
Día	Nivel tanque de combustible	Revisar , adicionar							
Día	Nivel de aceite hidráulico	Revisar , adicionar							
Día	Nivel de aceite del motor	Revisar , adicionar							
Día	Nivel Refrigerante del radiador	Revisar , adicionar							
Día	Panel de control y lámpara piloto	Revisar , limpiar							
Día	Prefiltro combustible	Drenar							
Día	Filtro Separador de Combustible (AK)	Drenar							
Día	Tensión de la correa del ventilador	Revisar , ajustar							
Día	Graseras de bujes y cilindros del brazo	Engrasar							
Día	Graseras de bujes y cilindros del boom	Engrasar							
Día	Golpes o rayones en cilindros	Verificar, informar							
Día	Fugas en cilindros	Verificar, informar							
Día	Presencia de fugas en mangueras	Verificar, informar							
Día	Presencia de fugas en la maquina	Verificar, informar							
Día	Estado de sellos de tornamesa	Verificar							
Día	Funcionamiento Panel de control	Verificar							
Día	Funcionamiento de Plumilla	Verificar							
Día	Funcionamiento de los mandos	Verificar							
Día	Estado de conectores eléctricos	Verificar							
Día	Estado del interior de la cabina	Verificar							
Día	Estado y funcionamiento de Luces	Verificar							
Día	Estado de los espejos	Verificar							
Día	Estado de filtros de aire acondicionado	Revisar, Limpiar							
Día	Radiadores	Revisar, Limpiar							
Día	Tanque de combustible (sedimentos)	Revisar, Drenar							
Día	Tensión de las Orugas	Revisar, Tensionar							
Día	Nivel de aceite del reductor de giro	Revisar , adicionar							
Día	Grasera de la Tornamesa	Revisar , engrasar							
Día	Grasera del reductor de giro	Revisar , engrasar							
Día	Batería	Revisar, drenar							
Día	Pernos de Sprocket	Revisar, apretar							
Día	Montaje motor de traslación	Revisar, apretar							
Día	Montaje de motor de Giro	Revisar, apretar							
Día	Montaje de Reductor de Giro	Revisar, apretar							
Día	Montaje de Tornamesa	Revisar, apretar							
Día	Pernos de las Zapatas	Revisar, apretar							
Día	Montaje de Bomba Hidráulica	Revisar, apretar							
Día	Montaje del motor diésel	Revisar, apretar							
Día	Correa del ventilador	Revisar, Tensionar							
Día	Estado de Rodillos superiores	Revisar							
Día	Estado de Rodillos inferiores	Revisar							
Día	Estado de Rueda Tensora	Revisar							
RESPONSABLE DE LA REVISION DIARIA									
Firma del Responsable									
Puntos de engrase de la Excavadora			Observaciones						
			Ubicación		Especificación		SI	No	
			1		Engrase tornamesa y Reductor de giro				
			2		Engrase cilindros del boom				
			3		Engrase conexión brazo y boom				
			4		Engrase cilindro brazo y base cilindro balde				
			5		Engrase conexión brazo, balde y la H				
			6		Engrase conexión del boom con bastidor				

Nota. Listado de verificación, antes, durante y después de la operación del equipo

Filtro aceite motor	11NA-70110	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro Combustible Primario	11LB-70020	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
filtro secundario combustible	11LB-70030	1,00			X		X		X		X		X		X
Prefiltros combustible	11NA-72011	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro aire externo	11Q8-20130	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro aire interno	11Q8-20120	1,00			X		X		X		X		X		X

Filtro retorno aceite hidráulico	31LK-69012	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro línea piloto	31E3-0018	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro respiradero	31EH-00480	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro de la línea del freno	31FQ-50080	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro aire acondicionado Interno	11N6-90770	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro aire acondicionado Externo	71LM-00290	1,00			X		X		X		X		X		X
filtro transmisión	ZGAQ-02400	1,00			X		X		X		X		X		X

Filtro refrigerante	3100307	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tapa válvulas	KKDE-00491	1,00					X					X			X
Correa air acondicionado	11LK-90470	1,00					X					X			X
Correa motor	KKDE-01640	1,00					X					X			X

Nota. Se muestra el planteamiento de mantenimiento para los equipos HL770-9S que opera en el consorcio ruta 40

Tabla 32

Listado de verificación modelo HL 770-9S

Fundación Universidad de América		Revisiones diarias		Fecha	Modelo		Nº Interno										
				Horas													
Convenciones: B: Bueno, M: Malo, R: Regular, F: Falta, N/A: No aplica																	
Intervalo de servicio	Descripción	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo								
Diaria	Nivel del aceite hidráulico	Revisar, adicionar															
Diaria	Nivel del aceite de motor	Revisar, adicionar															
Diaria	Nivel Refrigerante del radiador	Revisar, adicionar															
Diaria	estado filtro separador	Revisar, Drenar															
Diaria	Nivel Líquido de frenos	Revisar, adicionar															
Diaria	Nivel del aceite de transmisión	Revisar, adicionar															
Diaria	Presión de aire de las llantas y estado	Revisar, adicionar, cambiar															
Diaria	Fugas en motor	Revisar notificar															
Diaria	Tensión de la correa del ventilador	Revisar, ajustar															
Diaria	Tuercas de las llantas	Revisar, apretar															
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del balde	Revisar, lubricar															
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del boom	Revisar, lubricar															
Diaria	Graseras de conexión del balde y boom	Revisar, lubricar															
Diaria	Graseras de cilindros de la dirección	Revisar, lubricar															
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del boom	Revisar, lubricar															
Diaria	Graseras de crucetas del eje delantero	Revisar, lubricar															
Diaria	Graseras de crucetas del eje trasero	Revisar, lubricar															
Diaria	Graseras de crucetas de la transmisión	Revisar, lubricar															
Diaria	Graseras del pivote central	Revisar, lubricar															
Diaria	Golpes o rayones en cilindros	Verificar, informar															
Diaria	Fugas en cilindros	Verificar, informar															
Diaria	Presencia de fugas en mangueras	Verificar, informar															
Diaria	Presencia de fugas en la maquina	Verificar, informar															
Diaria	Funcionamiento tablero instrumentos	Verificar															
Diaria	Funcionamiento de Plumilla	Verificar															
Diaria	Funcionamiento de los mandos	Verificar															
Diaria	Funcionamiento alarma reversa	Verificar															
Diaria	Estado del interior de la cabina	Verificar															
Diaria	Estado y funcionamiento de Luces	Verificar															
Diaria	Estado de los espejos	Verificar															
Diaria	Estado de filtros de aire acondicionado	Revisar, Limpiar															
Diaria	Radiadores	Revisar, Limpiar															
Diaria	Tanque de combustible (sedimentos)	Revisar, Drenar															
Diaria	Batería	Revisar, drenar															
Diaria	Pernos de las llantas	Revisar, apretar															
Diaria	Montaje de la transmisión	Revisar, apretar															
Diaria	Montaje del eje delantero	Revisar, apretar															
Diaria	Montaje del eje trasero	Revisar, apretar															
Diaria	Montaje de Bomba Hidráulica	Revisar, apretar															
Diaria	Montaje del motor diésel	Revisar, apretar															
Diaria	Correa del ventilador	Revisar, Tensionar															
Diaria	Estado de los dientes de los baldes	Revisar															
RESPONSABLE DE LA REVISIÓN DIARIA																	
Firma del Responsable																	
Puntos de engrase de la Excavadora			Observaciones														
										Ubicación				Especificación		Si	No
										1				Engrase de crucetas del eje delantero			
										2				Engrase de crucetas de la transmisión			
										3				Engrase de crucetas del eje trasero			
4				Engrase pivote central													
5				Engrase conexiones balde y boom													

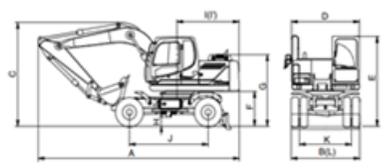
Nota. Listado de verificación, antes, durante y después de la operación del equipo

filtro secundario combustible	11E1-70210	1,00			X		X		X		X		X		X
prefiltros combustible	11LB-20310	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro aire externo	11N6-27040	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro aire interno	11N6-27030	1,00	X		X		X		X		X		X		X
Filtro retorno aceite hidráulico	31RF-10100	1,00	X		X		X		X		X		X		X
Filtro de drenaje hidráulico	31K6-01320	1,00	X		X		X		X		X		X		X
Filtro línea piloto	31Q6-20340-P	1,00	X		X		X		X		X		X		X
Filtro respiradero	31EE-02110	1,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro transmisión	ZGAQ-01063	1,00			X		X		X		X		X		X
filtro aire acondicionado interno	11Q6-90510	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro aire acondicionado 2	11Q6-90240	1,00			X		X		X		X		X		X
grasa tornamesa	ILC16548	1,00					X				X				X
Empaque tapas válvulas	3930906	6,00					X				X				X
Correa aire acondicionado	11N6-90250	1,00									X				
Correa motor	3929330	1,00									X				

Nota. Se muestra el planteamiento de mantenimiento para los equipos R210W-9S que operen en el consorcio ruta 40

Tabla 34

listado de verificación modelo R210W-9S

Fundación Universidad de América		Revisiones diarias	Fecha	Modelo																																	
			Horas	Nº Interno																																	
Conveniones: B: Bueno, M: Malo, R: Regular, F: Falta, N/A: No aplica																																					
Intervalo	Descripción	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo																												
Cada 3 horas	Graseras de bujes y cilindros de balde y la H	Engrasar																																			
Diana	Nivel tanque de combustible	Revisar, adicionar																																			
Diana	Nivel de aceite hidráulico	Revisar, adicionar																																			
Diana	Nivel de aceite del motor	Revisar, adicionar																																			
Diana	Nivel Refrigerante del radiador	Revisar, adicionar																																			
Diana	Panel de control y lámpara piloto	Revisar, limpiar																																			
Diana	Prefiltro combustible	Drenar																																			
Diana	Filtro Separador de Combustible (AK)	Drenar																																			
Diana	Tensión de la correa del ventilador	Revisar, ajustar																																			
Diana	Graseras de bujes y cilindros del brazo	Engrasar																																			
Diana	Graseras de bujes y cilindros del boom	Engrasar																																			
Diana	Golpes o rayones en cilindros	Verificar, informar																																			
Diana	Fugas en cilindros	Verificar, informar																																			
Diana	Presencia de fugas en mangueras	Verificar, informar																																			
Diana	Presencia de fugas en la maquina	Verificar, informar																																			
Diana	Estado de sellos de tomamesa	Verificar																																			
Diana	Funcionamiento Panel de control	Verificar																																			
Diana	Funcionamiento de Plumilla	Verificar																																			
Diana	Funcionamiento de los mandos	Verificar																																			
Diana	Estado de conectores eléctricos	Verificar																																			
Diana	Estado del interior de la cabina	Verificar																																			
Diana	Estado y funcionamiento de Luces	Verificar																																			
Diana	Estado de los espejos	Verificar																																			
Diana	Estado de filtros de aire acondicionado	Revisar, Limpiar																																			
Diana	Radiadores	Revisar, Limpiar																																			
Diana	Tanque de combustible (sedimentos)	Revisar, Drenar																																			
Diana	Tensión de las Orugas	Revisar, Tensionar																																			
Diana	Nivel de aceite del reductor de giro	Revisar, adicionar																																			
Diana	Grasera de la Tomamesa	Revisar, engrasar																																			
Diana	Grasera del reductor de giro	Revisar, engrasar																																			
Diana	Batería	Revisar, drenar																																			
Diana	Pernos de Sprocket	Revisar, apretar																																			
Diana	Montaje motor de traslación	Revisar, apretar																																			
Diana	Montaje de motor de Giro	Revisar, apretar																																			
Diana	Montaje de Reductor de Giro	Revisar, apretar																																			
Diana	Montaje de Tomamesa	Revisar, apretar																																			
Diana	Pernos de las Zapatas	Revisar, apretar																																			
Diana	Montaje de Bomba Hidráulica	Revisar, apretar																																			
Diana	Montaje del motor diésel	Revisar, apretar																																			
Diana	Correa del ventilador	Revisar, Tensionar																																			
Diana	Estado de Rodillos superiores	Revisar																																			
Diana	Estado de Rodillos inferiores	Revisar																																			
Diana	Estado de Rueda Tensora	Revisar																																			
RESPONSABLE DE LA REVISIÓN DIARIA																																					
Firma del Responsable																																					
Puntos de engrase de la Excavadora			Observaciones																																		
2. SPECIFICATIONS 1) 4.8 m (15' 11") ONE PIECE BOOM, 2.1 m (6' 11") ARM AND REAR DOZER BLADE 																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ubicación</th> <th>Especificación</th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Engrase tomamesa y Reductor de giro</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Engrase cilindros del boom</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Engrase conexión brazo y boom</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Engrase cilindro brazo y base cilindro balde</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Engrase conexión brazo, balde y la H</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Engrase conexión del boom con bastidor</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Ubicación	Especificación	SI	NO	1	Engrase tomamesa y Reductor de giro			2	Engrase cilindros del boom			3	Engrase conexión brazo y boom			4	Engrase cilindro brazo y base cilindro balde			5	Engrase conexión brazo, balde y la H			6	Engrase conexión del boom con bastidor									
Ubicación	Especificación	SI	NO																																		
1	Engrase tomamesa y Reductor de giro																																				
2	Engrase cilindros del boom																																				
3	Engrase conexión brazo y boom																																				
4	Engrase cilindro brazo y base cilindro balde																																				
5	Engrase conexión brazo, balde y la H																																				
6	Engrase conexión del boom con bastidor																																				

Nota. Listado de verificación, antes, durante y después de la operación del equipo

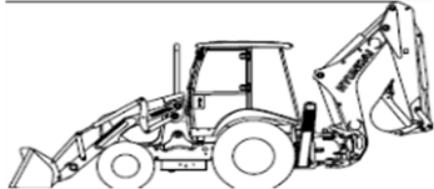
prefiltros combustible	11NA-72011	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro aire externo	11FQ-20250	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro aire interno	11FQ-20150	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro transmisión	ZGAQ-03301	1,00	X		X		X		X		X		X		X
Filtro retorno aceite hidráulico	31U2-60192	1,00	X		X		X		X		X		X		X
Filtro línea piloto hidráulico	31LM-10310	1,00	X		X		X		X		X		X		X
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIÓDICO DE CARGADOR H940C															
DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANT.	TIEMPO EN HORAS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
			100	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
Filtro Strainer tanque	31S7-40050	1,00	X		X		X		X		X		X		X
Filtro respiradero	31EE-02110	1,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
filtro aire acondicionado externo	11U2-90170	1,00			X		X		X		X		X		X
Filtro aire acondicionado 2	11U2-90180	1,00			X		X		X		X		X		X
empaque tapa válvulas	ZUAC-00143	6,00					X						X		X

Correa acondicionado	air 11U8-90461	1,00										X				
Correa motor	ZUAC-00127	1,00										X				

Nota. Se muestra el planteamiento de mantenimiento para los equipos HL770-9S que operen en el consorcio ruta

Tabla 36

listado de verificación modelo H940C

Fundación Universidad de América		Revisiones diarias	Fecha	Modelo					
			Horas	N° Interno					
Conveniones: B: Bueno, M: Malo, R: Regular, F: Falta, N/A: No aplica									
Intervalo servicio	Descripción	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diaria	Nivel del aceite hidráulico	Revisar, adicionar							
Diaria	Nivel del aceite de motor	Revisar, adicionar							
Diaria	Nivel Refrigerante del radiador	Revisar, adicionar							
Diaria	Nivel Líquido de frenos	Revisar, adicionar							
Diaria	Nivel del aceite de transmisión	Revisar, adicionar							
Diaria	Presión de aire de las llantas y estado	Revisar, adicionar, cambiar							
Diaria	Filtro sedimentador del combustible	Limpiar							
Diaria	Depurador de Combustible (AK)	Drenar							
Diaria	Tensión de la correa del ventilador	Revisar, ajustar							
Diaria	Tuercas de las llantas	Revisar, apretar							
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del balde	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del boom	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de conexión del balde y boom	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de cilindros de la dirección	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del boom	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de crucetas del eje delantero	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de crucetas del eje trasero	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de crucetas de la transmisión	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras del pivote central	Revisar, lubricar							
Diaria	Golpes o rayones en cilindros	Verificar, informar							
Diaria	Fugas en cilindros	Verificar, informar							
Diaria	Presencia de fugas en mangueras	Verificar, informar							
Diaria	Presencia de fugas en la máquina	Verificar, informar							
Diaria	Funcionamiento Panel de control	Verificar							
Diaria	Funcionamiento de Plumilla	Verificar							
Diaria	Funcionamiento de los mandos	Verificar							
Diaria	Estado de conectores eléctricos	Verificar							
Diaria	Estado del interior de la cabina	Verificar							
Diaria	Estado y funcionamiento de Luces	Verificar							
Diaria	Estado de los espejos	Verificar							
Diaria	Estado de filtros de aire acondicionado	Revisar, Limpiar							
Diaria	Radiadores	Revisar, Limpiar							
Diaria	Tanque de combustible (sedimentos)	Revisar, Drenar							
Diaria	Batería	Revisar, drenar							
Diaria	Pernos de las llantas	Revisar, apretar							
Diaria	Montaje de la transmisión	Revisar, apretar							
Diaria	Montaje del eje delantero	Revisar, apretar							
Diaria	Montaje del eje trasero	Revisar, apretar							
Diaria	Montaje de Bomba Hidráulica	Revisar, apretar							
Diaria	Montaje del motor diésel	Revisar, apretar							
Diaria	Correa del ventilador	Revisar, Tensionar							
Diaria	Estado de los dientes de los baldes	Revisar							
RESPONSABLE DE LA REVISIÓN DIARIA									
Firma del Responsable			Observaciones						
Puntos de engrase de la Excavadora									
									
			Ubicación	Especcificación	SI	No			
			1	Engrase de crucetas del eje delantero					
			2	Engrase de crucetas de la transmisión					
			3	Engrase de crucetas del eje trasero					
			4	Engrase pivote central					
			5	Engrase conexiones balde y boom					

Nota. Listado de verificación, antes, durante y después de la operación del equipo

Tabla 37

Diseño plan de mantenimiento para equipos HSL850-7A

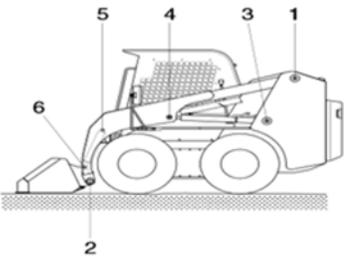
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIÓDICO DE CARGADOR HSL850-7A															
DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANT	TIEMPO EN HORAS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
			100	250	500	750	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000	2.250	2.500	2.750	3.000
ite de motor15W-40	600090	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
o respiraderotándem	81FA-32300	2,00	X				X				X				X
tándem der.e izq.	600090	1,00	X				X				X				X
Filtro de aire	11S7-40130	1,00		X	X	x	x	x	x	x	x	X	X	x	x
Filtro de aire	11S7-40120	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro aceite motor	XJBR-00039	2,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro de combustible	XJBR-01618	1,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro combustible	XJBR-01610	1,00		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Filtro combustible	FS20102	2,00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
iltro retorno hidráulico	31S7-00170	1,00	X			X	X	X		X	X			X	X

Filtro succión	31LM-40090	1,00	X				X				x				X
Filtro tanque HYD	31S7-40050	1,00				X		X		X	X			X	
Accesorio hidráulico AW68	601099	4,00									X				
Grasa EP2	600437	1,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Refrigerante Radiador	FLTRELC5050	3,00					X				X				X
Paquete tapaválvulas	XJBR-01244	1,00					X				X				X
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIÓDICO DE CARGADOR HSL850-7A															
DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANT	TIEMPO EN HORAS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
			100	250	500	750	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000	2.250	2.500	2.750	3.000
Correa decompresor	11E9-3503	1,00					X					X			X
Correa de motor	XJBR-01765	1,00					X					X			X

Nota. Se muestra el planteamiento de mantenimiento para los equipos HSL850-7A que operen en el consorcio ruta 40

Tabla 38

Listado de verificación modelo HSL850-7A

 Fundación Universidad de América		Revisiones diarias	Fecha		Modelo				
			Horas			N° Interno			
Convenciones: B: Bueno, M: Malo, R: Regular, F: Falta, N/A: No aplica									
Intervalo servicio	Descripción	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diaria	Nivel del aceite hidráulico	Revisar, adicionar							
Diaria	Nivel del aceite de motor	Revisar, adicionar							
Diaria	Nivel Refrigerante del radiador	Revisar, adicionar							
Diaria	Presión de aire de las llantas	Revisar, adicionar							
Diaria	Prefiltro del combustible	Limpiar							
Diaria	Tensión de la correa del ventilador	Revisar, ajustar							
Diaria	Tuercas de las llantas	Revisar, apretar							
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del balde	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del boom	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de conexión del balde y boom	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de cilindros de la dirección	Revisar, lubricar							
Diaria	Graseras de bujes y cilindros del boom	Revisar, lubricar							
Diaria	Golpes o rayones en cilindros	Verificar, informar							
Diaria	Fugas en cilindros	Verificar, informar							
Diaria	Presencia de fugas en mangueras	Verificar, informar							
Diaria	Presencia de fugas en la máquina	Verificar, informar							
Diaria	Funcionamiento Panel de control	Verificar							
Diaria	Funcionamiento de Plumilla	Verificar							
Diaria	Funcionamiento de los mandos	Verificar							
Diaria	Estado de conectores eléctricos	Verificar							
Diaria	Estado del interior de la cabina	Verificar							
Diaria	Estado y funcionamiento de Luces	Verificar							
Diaria	Estado de los espejos	Verificar							
Diaria	Estado de filtros de aire acondicionado	Revisar, Limpiar							
Diaria	Radiadores	Revisar, Limpiar							
Diaria	Tanque de combustible (sedimentos)	Revisar, Drenar							
Diaria	Batería	Revisar, drenar							
Diaria	Pernos de las llantas	Revisar, apretar							
Diaria	Correa del ventilador	Revisar, Tensionar							
Diaria	Estado del balde	Revisar							
Diaria	Estado de las llantas	Revisar							
RESPONSABLE DE LA REVISION DIARIA									
Firma del Responsable									
Puntos de engrase de la Excavadora			Observaciones						
									
			Ubicación	Especificación	SI	No			
			1	Pines conexión estructura del boom					
			2	Pines de conexión soporte del boom					
			3	Pines de conexión del cilindro al boom					
			4	Pines de conexión cilindro-inclinación a					
			5	Pines de conexión de soporte-estructura					

Nota. Se muestra el planteamiento de mantenimiento para los equipos HSL850-7A que operen en el consorcio ruta 40.

8. CONCLUSIONES

Se determinó que los equipos tuvieron horarios extensos de trabajo en los cuales no se realizó un plan de mantenimiento adecuado durante estas horas de operación, lo cual se vio reflejado en largos periodos de interrupción en la elaboración del proyecto por mantenimientos correctivos no programados, los cuales pudieron ser evitados por un mantenimiento preventivo causando así desgaste prematuro en componentes principales de los equipos estudiados en el consorcio.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el análisis de criticidad los equipos más susceptibles a intervenciones de tipo correctivo son los modelos que incluyen línea húmeda auxiliar. De igual manera con el AMEF, se determinó que los componentes más críticos en todos los equipos son el sistema hidráulico, el sistema de motor y el sistema de transmisión. Estos sistemas durante la operación son susceptibles a contaminación debido a la alta polución de material particulado en el ambiente. en conjunto con una mala rutina de mantenimiento causa que los lubricantes se degraden prematuramente.

Los equipos que presentaron criticidad alta y media en la operación fueron los que más intervenciones correctivas tuvieron generando así periodos de parada prolongados esto se define como criticidades que se deben tener en cuenta ya que afectan a la operación del consorcio y así mismo los tiempos de entrega del proyecto. A continuación, se desglosarán los equipos en orden descendente de mayor a menor criticidad:

HX340SL: Los equipos estuvieron inoperativos simultáneamente generando baja flexibilidad de operación debido a que son los únicos equipos de 34 toneladas disponibles en el proyecto, los costos de mantenimiento fueron los más elevados debido a la cantidad de fallas correctiva que presentó. por ser equipos de gran capacidad las frecuencias y las cantidades de aceite utilizados impacta al medio ambiente de manera significativa.

HL770-9S: los equipos presentaron alto impacto operacional debido al prolongado tiempo de inoperatividad debido a la falta de repuestos por parte del dealer, al ser equipos que se necesitan en turnos rotativos de 21 Hrs la falta de uno de estos equipos genero baja flexibilidad en la operación aumentando el costo de la operación.

R210W-9S: los equipos se fueron expuestos a largos desplazamiento causando así que sus periodos de mantenimiento se redujeran, esto ocasiona mas tiempos deparada y mas impacto al medio ambiente ya que el aceite utilizado no se puede reusar debido a la contaminación. Sin embargo, los equipos no presentaron fallas correctivas por lo que el impacto operaciones fue bajo

H940C: este equipo se encuentra en un rango medio de criticidad debido a la falla de la Servotransmisión en los equipos lo que genero paradas imprevistas de larga duración. Gracias a la cantidad alta de equipos que podían remplazar las funciones de estos equipos, no se tuvo un alto impacto a la operación.

Los equipos con baja criticidad presentan menos horas de trabajo y menos intervenciones siendo estas únicamente de carácter preventivo. sin embargo, se recomienda realizar monitoreo constante y realizar seguimiento según formatos elaborados para evitar fallos correctivos y aumentar la criticidad

HSL850-7A: Los equipos no superan las 1000 horas de trabajo por lo que no se puede generar información suficiente para determinar criticidad, ya que son equipos nuevos y existe una gran cantidad de ellos en obra

HX75S: Los equipos únicamente han contado con mantenimiento preventivo del motor. Sin embargo, al tomar muestras de aceite en el sistema motriz se evidencia desprendimiento de partículas metálicas lo que puede significar falla a futuro en componentes mayores, se recomienda reducir el intervalo de mantenimiento para el sistema motriz y realizar monitoreo contante a los equipos

Según el historial de mantenimiento del consorcio no se siguieron unos lineamientos establecidos para la intervención de cada equipo ya que no existían formatos de control para estas intervenciones. se tomaron las recomendaciones del fabricante junto con los resultados obtenidos en el análisis de criticidad y AMEF diseñando formatos para inspecciones preoperacionales y rutinas de mantenimiento preventivo para cada 3000 horas bajo las condiciones de trabajo del consorcio

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. de Externalización y C. Y. E. de Mantenimiento, “La Contratación Del Mantenimiento Industrial”, Editdiazdesantos.com. [En línea]. Disponible en: <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479789626.pdf>.
- [2] F. Antonio y P. Rondón, “Conceptos Generales En La Gestión Del Mantenimiento Industrial”, Edu.co. [En línea]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- [3] F. J. G. Fernández, Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. FC Editorial, 2005.
- [4] I. D. E. U. N. A. D. E. M. Y. E. D. E. F. E. N. U. L. de Manufactura Para Juguetes, “Facultad De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica”, Uanl.mx. [En línea]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/1522/1/1020150046.PDF>.
- [5] R210W-9S_OM_es.pdf. [Online]. Available: http://R210W-9S_OM_es.pdf.
- [6] Libro_Mantenimiento_Alberto_Mora_1ed_1.pdf. [En línea]. Disponible en: http://Libro_Mantenimiento_Alberto_Mora_1ed_1.pdf.
- [7] LaConfiabilidadLaDisponibilidadYLaMantenibilidadDi-4830901%20(2).pdf. [En línea]. Disponible en: [http://Dialnet-LaConfiabilidadLaDisponibilidadYLaMantenibilidadDi-4830901%20\(2\).pdf](http://Dialnet-LaConfiabilidadLaDisponibilidadYLaMantenibilidadDi-4830901%20(2).pdf).
- [8] ANALISIS%20DE%20CRITICIDAD.pdf. Disponible en: <http://ANALISIS%20DE%20CRITICIDAD.pdf>.
- [9] Predictiva, «Estudio NPR (Número de Ponderación del Riesgo) de Modos de Fallo en AMFEC», Predictiva21, 19-ago-2019. [En línea]. Disponible en: <https://predictiva21.com/npr-modos-fallo-amfec/>.
- [10] «Elementos De Maquinas by Sistema Biblioteca SENA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.Creado a partir de la obra en <http://biblioteca.sena.edu.co>», Edu.co. [En línea]. Disponible

en: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol12/pdf/12-lubricacion-de-maquinaria.pdf.

- [11] Pacheco, W. A. (2019). Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Flota De Maquinaria. Tunja: Universidad Santo Tomás Seccional Tunja.
- [12] Leon, E. S. (2021). “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorarla disponibilidad de la maquinaria línea amarilla. Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- [13] Martin Adolfo, A. (2021). Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos de línea amarilla en obras civiles para la empresa Oslo S. A. Lima: Universidad Privada Del Norte.
- [14] Ingeniería del mantenimiento, manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial volumen 1, Santiago García Garrido

ANEXOS

ANEXO 1.

FICHA TÉCNICA EQUIPOS

Figura 14

Ficha técnica excavadora R210W-9S

Excavadora R210W-9S		
Componentes de equipo	Función	Información
Motor Diesel	Transferencia energía mecánica	CUMMINS QSB 6.7
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico	Bomba pistón eje doble
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico auxiliar	Bomba engranajes
MCV	Distribución de aceite hidráulico	9 spool electrónico
Motor giro	Planetario de 2 fases	Motor de dos pistones axiales de desplazamiento fijo
Transmisión	Transmisión de fuerza motriz	Power shift de 2 velocidades
Ejes	Transferencia de energía en movimiento	Transmisión de potencia en los 4 mandos finales
Cilindros	Movimientos equipo trabajo	7 cilindros
Válvula martillo	Accionamiento línea auxiliar	Válvula de doble acción

Nota. en la tabla se muestran las capacidades y equipamiento de la excavadora R210W-9S.

R210W-9S_OM_es.pdf. [Online]. Available: http://R210W-9S_OM_es.pdf. [5]

Figura 15

Ficha técnica excavadora HX340SL

Excavadora HX340SL		
Componentes del equipo	Función	Información
Motor Diesel	Transferencia energía mecánica	CUMMINS QSB 8.3
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico	Bomba pistón eje doble
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico auxiliar	Bomba engranajes
MCV	Distribución de aceite hidráulico	10 spool electrónico
Motor giro	Planetario de 2 fases	Motor de dos pistones axiales de desplazamiento fijo
Motor traslación	Planetario de 2 fases	Motor del pistón axial de desplazamiento variable
Cilindros	Movimientos equipo trabajo	4 cilindros
Válvula martillo	Accionamiento línea auxiliar	Válvula de doble acción

Nota. en la tabla se muestran las capacidades y equipamiento de la Excavadora HX340SL

Figura 16

Ficha técnica mini excavadora HX75S

MINI EXCAVADORA HX75S		
Componentes del equipo	Función	Información
Motor Diesel	Transferencia energía mecánica	YANMAR XSMSRE Electrónico
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico	Bomba pistón axial
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico auxiliar	Bomba engranajes
MCV	Distribución de aceite hidráulico	8 spool electrónico
Motor giro	Planetario de 2 fases	Motor de pistones

Motor traslación	Planetario de 2 fases	Motor del pistón axial de desplazamiento variable
Cilindros	Movimientos equipo trabajo	4 cilindros
Válvula martillo	Accionamiento línea auxiliar	Válvula de doble acción

Nota. en la tabla se muestran las capacidades y equipamiento de la MINI EXCAVADORA HX75S

Figura 17

Ficha técnica mini excavadora HX60S

Mini Excavadora HX60S		
Componentes del equipo	Función	Información
Motor Diesel	transferencia energía mecánica	YAN MAR XSMSRE ELECTRÓNICO
Bomba hidráulica	caudal aceite hidráulico	Bomba pistón axial
Bomba hidráulica	caudal aceite hidráulico auxiliar	Bomba engranajes
MCV	distribución de aceite hidráulico	8 spool electrónico
Motor giro	Planetario de 2 fases	Motor de pistones
Motor traslación	Planetario de 2 fases	Motor del pistón axial de desplazamiento variable
Cilindros	Movimientos equipo trabajo	4 cilindros
Válvula martillo	Accionamiento línea auxiliar	Válvula de doble acción

Nota. en la tabla se muestran las capacidades y equipamiento de la Mini Excavadora HX60S

Figura 18*Ficha técnica cargador HL770-9S*

CARGADOR HL770-9S		
Componentes del equipo	Función	Información
Motor Diesel	Transferencia energía mecánica	CUMMINS QSL 8.9
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico	Bomba de paletas
Bomba de freno	Freno y accionamiento ventilador	Bomba de engranajes
MCV	Distribución de aceite hidráulico	2 spool electrónico
Ejes	Tracción 4 Low	Oscilación + o - 11°
Servo transmisión	Transmisión de fuerza motriz	ZF4WG260 electro asistida
Cilindros	Movimientos equipo trabajo	5 cilindros

Nota. en la tabla se muestran las capacidades y equipamiento del CARGADOR HL770-9S

Figura 19*Ficha técnica retrocargador H940C*

RETROCARGADOR H940C		
Ponentes del equipo	Función	Información
Motor Diesel	Transferencia energía mecánica	PERKINS 1104C-44T
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico	Bomba engranajes MECÁNICA DE DOBLE ACCIÓN
MCV frontal	Distribución de aceite hidráulico	2 spool mecánico
MCV trasera	Distribución de aceite hidráulico	7 spool electrónico
Servo transmisión	Transmisión de fuerza motriz	ZF 4 VELOCIDADES Electro asistida
Ejes	Tracción 4 Low	Bloqueo hidráulico
Cilindros	Movimientos equipo trabajo	12 cilindros
Válvula martillo	Accionamiento línea auxiliar	Válvula de doble acción

Nota. en la tabla se muestran las capacidades y equipamiento del RETROCARGADOR H940C

Figura 20

Ficha técnica mini cargador HSL850-7A

Minicargador HSL850-7A		
Componentes del equipo	Función	Información
Motor Diesel	Transferencia energía mecánica	Kubota v3307-T
Bomba hidrostática	Caudal aceite hidráulico	Bomba pistón axial
Bomba hidráulica	Caudal aceite hidráulico auxiliar	Bomba engranajes
MCV	Distribución de aceite hidráulico	3 spool mecánico
Motores de translación	Transmisión de fuerza motriz	Motor fijo de desplazamiento
Cilindros	Movimientos equipo trabajo	4 cilindros
Válvula martillo	Accionamiento línea auxiliar	Válvula de doble acción

Nota. en la tabla se muestran las capacidades y equipamiento del Minicargador HSL850-7^a

ANEXO 2.

LUBRICANTES Y FILTROS

Figura 21

Capacidad fluidos HX340S L

Capacidad fluidos HX340SL				
N°	Descripción	Referencia	Capacidad (L)	Capacidad (GI)
1	Tanque combustible	Diesel	600	158,5
2	aceite motor	15W-40	26,5	7,0
3	Refrigerante	Mezcla glicol	27	7,1
5	Hidráulico	AW68	210	55,5
6	Reductor giro	80W-90	11	2,9
7	Mandos finales	80W-90	15,6	4,1
			890,1	235,1

Nota. en la tabla se muestran la Capacidad fluidos HX340S L

Figura 22

Filtros HX340S L

Filtros HX340SL				
N°	Descripción	Referencia	Referencia	Referencia
1	Elemento separador combustible	11LB-20310	11NA-72011	P551855
2	Filtro aceite motor	11NA-70110	11E1-70140	11E1-70140-AS
3	Filtro primario combustible	YUBP-12398	11E1-70010-AS	FF5052
4	Filtro secundario combustible	XKDE-01821	11E1-70210-AS	FS1280
5	Filtro respiradero tanque HYD	32QA-00140	31EE-02110-A	47587350,0
6	Filtro línea Piloto HYD	31Q6-20340-P	31Q6-20340-P	
7	Filtro drenaje HYD	31K6-01320	P556005	
8	Filtro retorno HYD	31RF-10100	31RF-10100	
9	Filtro primario aire	11K9-21310	47850030	
10	Filtro secundario aire	11K9-21320	47850029	

11	Filtro refrigerante	11E1-70310		
12	filtro aire acondicionado interno	11K6-91440		
13	Filtro aire acondicionado externo	11K6-91451		
14	Empaque tapa válvulas	3905449		
15	Correa aire acondicionado	11LL-90480		
16	Correa motor	XKDE-00823		

Nota. en la tabla se muestran los filtros HX340SL

Figura 23

Capacidad fluidos HL770-9S

Capacidad fluidos HL770-9S				
Nº	Descripción	Referencia	Capacidad (L)	Capacidad (G)
1	Tanque combustible	Diesel	362	95,6
2	aceite motor	15W-40	23	6,1
3	Refrigerante	Mezcla glicol	56	14,8
4	Transmisión	15W-40	43	11,4
5	Hidráulico	AW68	185	48,9
6	eje delantero	80W-90	51	13,5
7	eje trasero	80W90	40	10,6

Nota. en la tabla se muestran la capacidad de fluidos HL770-9S

Figura 24

Filtros HL770-9S

Filtros HL770-9S				
Nº	Descripción	Referencia	referencia	referencia
1	Filtro aceite motor	11NA-70110	3401544	
2	Filtro Primario Combustible	11LB-70020	3973232	W962
3	filtro secundario combustible	11LB-70030	3973233	
4	prefiltros combustible	11NA-72011	FF5421	P550881
5	Filtro aire externo	11Q8-20130		
6	Filtro aire interno	11Q8-20120		
7	Filtro retorno aceite hidráulico	31LK-69012		
8	Filtro línea piloto	31E3-0018	XCAF-01341-1	

9	Filtro respiradero	31EH-00480		
10	Filtro de la línea del freno	31FQ-50080		
11	Filtro aire acondicionado Interno	11N6-90770		
12	Filtro aire acondicionado Externo	71LM-00290		
13	filtro transmisión	ZGAQ-02400		
14	Filtro refrigerante	3100307		
15	GRASA	ILC701654		
16	Tapa válvulas	XKDE-00491	3959798	
17	Correa air acondicionado	11LK-90470		
18	Correa motor	XKDE-01640	3972377	

Nota. en la tabla se muestran los filtros HL770-9S

Figura 25

Capacidad fluidos R210W-9S

capacidad fluidos R210W-9S				
N°	Descripción	Referencia	Capacidad (L)	Capacidad (Gl)
1	Tanque combustible	Diesel	310	81,9
2	aceite motor	15W-40	14,2	3,8
3	Refrigerante	Mezcla glicol	35	9,2
4	Transmisión	15W-40	2,5	0,7
5	Hidráulico	AW68	165	43,6
6	Eje delantero	85W140	14,6	3,9
7	Eje trasero	85W140	18,1	4,8
8	aceite reductor giro	85W140	5	1,3

Nota. en la tabla se muestran la capacidad R210W-9S

Figura 26*Filtros R210W-9S*

Filtros R210W-9S				
N°	Descripción	Referencia	Referencia	Referencia
1	Filtro aceite motor	11E1-70140		
2	Filtro Primario Combustible	11E1-70010	FS19532	P551855
3	filtro secundario combustible	11E1-70210	P558616	
4	prefiltros combustible			
5	11LB-20310	11E1-70010-		
6	AS			
7	FF5052			
8	Filtro aire externo			
9	11N6-27040	11E1-70210-		
10	AS			
11	FS1280			
12	Filtro aire interno	11N6-27030	31EE-02110-A	47587350,0
13	Filtro retorno aceite hidráulico	31RF-10100	31Q6-20340-P	
14	Filtro de drenaje hidráulico	31K6-01320	P556005	
15	Filtro línea piloto	31Q6-20340-P	31RF-10100	
16	Filtro respiradero	31EE-02110	P533781	
17	Filtro transmisión			

Nota. en la tabla se muestran los filtros R210W-9S

Figura 27*Capacidad fluidos y filtros H940C*

Capacidad fluidos H940C				
N°	Descripción	Referencia	Capacidad (L)	Capacidad (G1)
1	Tanque combustible	Diesel	127	33,5
2	aceite motor	15W-40	2,1	0,6
3	Refrigerante	Mezcla glicol	20	5,3
4	Transmisión	15W-40	18	4,8
5	Hidráulico	AW68	60	15,8
6	Eje delantero	85W140	8	2,1
7	Eje trasero	85W140	16	4,2

Filtros H940C				
N°	Descripción	Referencia	Referencia	Referencia
4	Filtro aire externo	11FQ-20250	11E1-70010-AS	FF5052
5	Filtro aire interno	11FQ-20150	11E1-70210-AS	FS1280
6	Filtro transmisión	ZGAQ-03301	31EE-02110-A	47587350,0
7	Filtro retorno aceite hidráulico	31U2-60192	31Q6-20340-P	
8	Filtro línea piloto hidráulico	31LM-10310	P556005	
9	Filtro Strainer tanque	31S7-40050	31RF-10100	
10	Filtro respiradero	31EE-02110	P533781	
11	filtro aire acondicionado externo	11U2-90170	11N6-27040-AS	P532966
12	Filtro aire acondicionado 2	11U2-90180		
15	empaquete tapa válvulas	ZUAC-00143		
16	Correa air acondicionado	11U8-90461		
17	Correa motor	ZUAC-00127		

Nota. en la tabla se muestran la capacidad fluidos y filtros H940C

Figura 28

Capacidad fluidos y filtros HSL850-7A

Capacidad de fluidos HSL850-7ª				
N°	Descripción	Referencia	Capacidad(L)	Capacidad (Gl)
1	Tanque combustible	Diesel	83	21,9
2	aceite motor	15W-40	11,2	3,0
3	refrigerante	Mezcla glicol	10,3	2,7
4	hidráulico	AW68	64	16,9
5	Cadena tamden Izp.	15W-40	9,2	2,4
6	Cadena tamden Drch.	15W-40	9,2	2,4
			186,9	49,4
Filtros HSL850-7ª				
N°	descripción	Referencia	referencia	Referencia
1	Filtro aceite motor	XJBR-00039	XJBT-02413	
2	Filtro Primario Combustible	XJBR-01618		
3	prefiltros combustible	FS20102		
4	Filtro Primario Combustible	XJBR-01610		
5	Filtro retorno aceite hidráulico	31S7-00170	31S7-00171	
6	Filtro línea piloto hidráulico	31LM-40090		
7	Filtro Strainer tanque	31S7-40050		

8	Filtro respiradero	81FA-32300		
9	Filtro aire externo	11S7-40120	P827653	

Nota. en la tabla se muestran la capacidad fluidos y filtros HSL850-7^a

ANEXO 3.

RUTINAS DE MANTENIMIENTO MANUAL

Figura 29

Rutinas de mantenimiento 250 horas

7) OPERACIONES DE MANTENIMIENTO CADA 250 HORAS		
Verificar elementos	Servicio	Página
★ Aceite de motor	Cambiar	6-18,19
★ Filtro de aceite del motor	Reemplazar	6-18,19
Batería (voltaje)	Verificar	6-45
Filtro de aire externo aire acondicionado y calefacción	Verificar, Limpiar	6-48
Elemento del respiradero	Reemplazar	6-33
Grasa de la caja de dirección del eje delantero	Lubricar	6-36
Aceite del engranaje de los ejes delantero y trasero	Verificar, Agregar	6-38
Caja para engranaje planetario de eje (frontal, trasero)	Verificar, Agregar	6-38
Pernos & Tuercas	Verificar, Ajustar	6-8
- Pernos de montaje del tren de potencia		
- Perno de montaje del motor de balanceo		
- Perno de montaje del rodamiento de balanceo		
- Pernos de montaje del motor		
- Pernos de montaje de contrapeso		
- Pernos de ubicación de junta de giro		
- Pernos de montaje de bomba hidráulica		
Accesorios clavija y casquillo	Lubricar	6-44
- Extremo final del tubo del cilindro de la pluma		
- Pie de la pluma		
- Extremo final del rodamiento del cilindro de la pluma		
- Extremo final del tubo del cilindro del brazo		
- Extremo final del rodamiento del cilindro del brazo		
- Conexión de pluma+brazo		
- Extremo final del tubo del cilindro de la cuchara		

★ Si utiliza un combustible que contiene azufre por encima del 0,5% o de bajo grado de aceite de motor, reduzca el intervalo de cambio.

8) OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PARA LAS PRIMERAS 500 HORAS

Verificar elementos	Servicio	Página
Aceite del eje	Cambiar	6-39

9) OPERACIONES DE MANTENIMIENTO CADA 500 HORAS

Verificar elementos	Servicio	Página
Prefiltro	Cambiar	6-26
Radiador, refrigerador de aceite, refrigerador de aire de carga	Verificar, Limpiar	6-23
☆ Elemento depurador de aire (primarios)	Verificar, Limpiar	6-25
Elemento de filtrado de combustible	Reemplazar	6-27

★ Limpie el elemento primario sólo después de 500 horas de funcionamiento o cuando la luz de aviso del depurador de aire parpadea.
Reemplace el elemento primario y el elemento de seguridad después de 4 limpiezas del elemento primario.

10) OPERACIONES DE MANTENIMIENTO CADA 1000 HORAS

Verificar elementos	Servicio	Página
Aceite del engranaje de reducción de oscilación	Cambiar	6-34
Grasa de engranaje de reducción del balanceo	Cambiar	6-34
Grasa de reducción del balanceo	Cambiar	6-34
Aceite de la transmisión	Cambiar	6-39
Filtro de retorno de aceite hidráulico	Reemplazar	6-32
Filtro de línea piloto	Reemplazar	6-33
Cartucho de filtro de drenaje	Reemplazar	6-33
Aceite del eje	Cambiar	6-39

11) OPERACIONES DE MANTENIMIENTO CADA 2000 HORAS

Verificar elementos	Servicio	Página
Refrigerante		
★ Aceite* ¹	Cambiar	6-31
• Filtro de succión	Verificar, limpiar	6-32
Refrigerante	Cambiar	6-20, 21, 22, 23

★¹ Aceite hidráulico convencional

★ Cambie el aceite al cabo de cada 600 horas de funcionamiento continuo del martillo hidráulico.

12) OPERACIONES DE MANTENIMIENTO CADA 5000 HORAS

Verificar elementos	Servicio	Página
Hydraulic tank		
★ Aceite* ²	Cambiar	6-31

★² Aceite hidráulico larga vida genuino de Hyundai

★ Cambie el aceite al cabo de cada 1000 horas de funcionamiento continuo del martillo hidráulico.

ANEXO 4.
LUBRICACIÓN

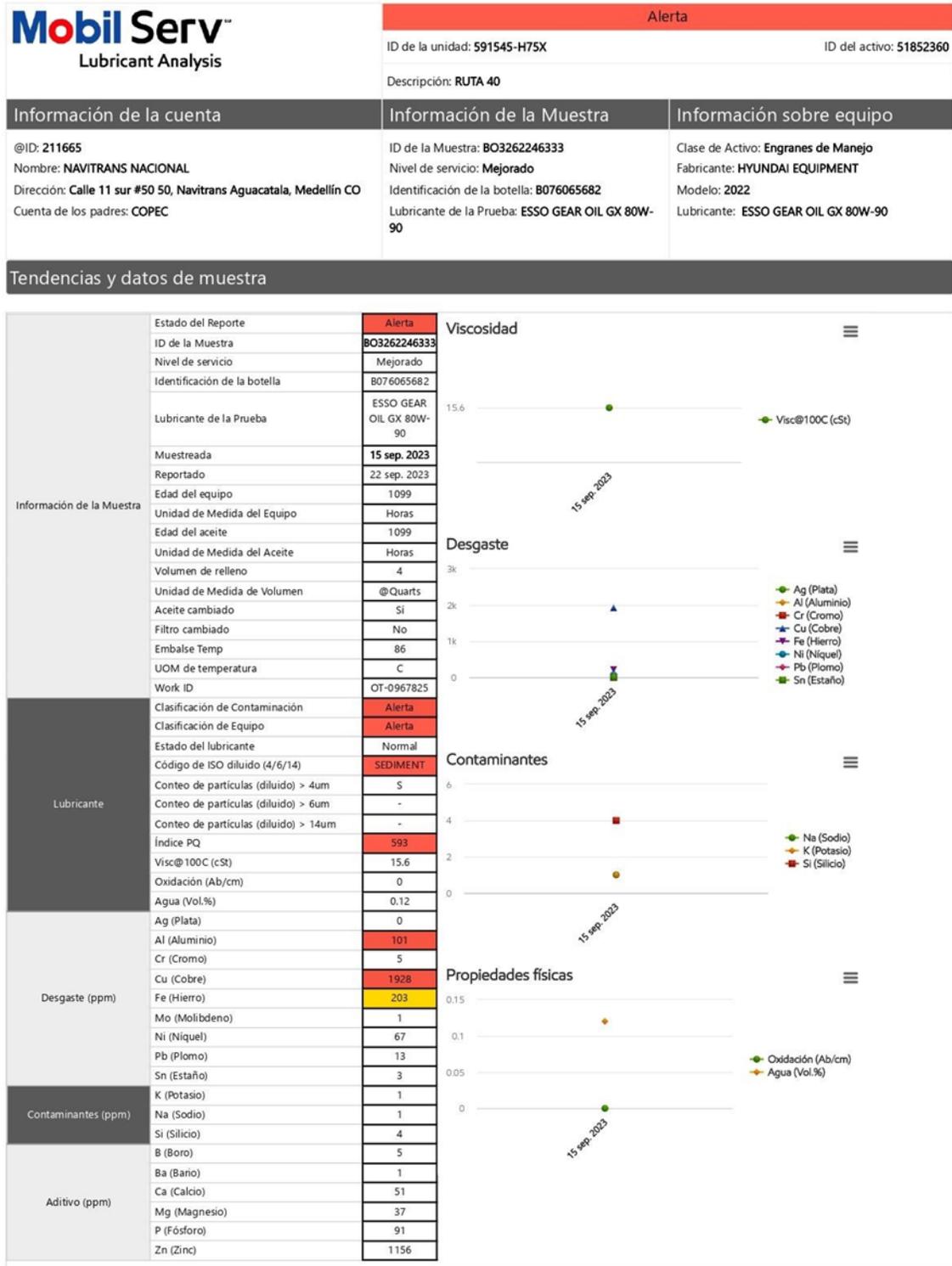
Figura 30

Lubricación recomendada

Punto de mantenimiento	Tipo de fluido	Capacidad l(gal en EE.UU.)	Temperatura ambiente °C (°F)					
			-20 (-4)	-10 (14)	0 (32)	10 (50)	20 (68)	30 (86)
Depósito de aceite del motor	Aceite de motor	24 (6,3)	SAE 30					
			SAE 10W					
Caja de transmisión	Aceite de motor	2,5 (0,66)	SAE 10W-30					
			SAE 15W-40					
Mecanismo oscilante	Aceite para engranajes	5,0 (1,3)	SAE 85W-140					
	Grasa	1,2 (0,3)	NLGI NO.1					
			NLGI NO.2					
Eje delantero	Aceite para engranajes	Centro: 9,6 (2,5) Cubo: 2,5 × 2 (0,7 × 2)	SAE 85W-90 LSD					
Eje trasero		Centro: 13,1 (3,5) Cubo: 2,5 × 2 (0,7 × 2)						
Tanque hidráulico	Aceite hidráulico	Tanque: 165 (43,6) Sistema: 340 (89,8)	ISO VG 32					
			ISO VG 46					
			ISO VG 68					

Figura 31

Estudio de lubricantes



ID de la unidad: 591545-H75X

ID del activo: 51852360

Descripción: RUTA 40

@ID: 211665

Nombre: NAVITRANS NACIONAL

Dirección: Calle 11 sur #50 50, Navitrans Aguacatala, Medellín CO

Cuenta de los padres: COPEC

ID de la Muestra: B03262246333

Nivel de servicio: Mejorado

Identificación de la botella: B076065682

Lubricante de la Prueba: ESSO GEAR OIL GX 80W-90

Clase de Activo: Engranajes de Manejo

Fabricante: HYUNDAI EQUIPMENT

Modelo: 2022

Lubricante: ESSO GEAR OIL GX 80W-90

Recomendación y comentarios

ACCION REQUERIDA - NIVEL DE METALES DE DESGASTE ELEVADO. Determine la causa de los niveles elevados de metales de desgaste y tome la acción correctiva. Si el nivel de los metales de desgaste se eleva por primera vez sin historia de tendencia en aumento, retome la muestra inmediatamente para confirmar la condición. Si los niveles de silicio no están elevados también, la suciedad abrasiva no es la causa de esta condición. Causas posibles de metales de desgaste elevados incluyen: a. Desgaste de piezas humedecidas con aceite; b. Contaminación con llenado previo; c. Intervalo de cambio sobre extendido; d. Asentamiento normal de equipos nuevos. Continúe monitoreado de cerca el equipo y el aceite para identificar señales de deterioro de condiciones adicionales. Contacte a su representante de ExxonMobil en caso de requerir asistencia adicional.

ACCION REQUERIDA - CONDICIÓN DE ACEITE INSATISFACTORIA. Los resultados de los análisis de aceite indican que la condición de esta muestra de aceite es insatisfactoria. El aceite puede no estar en condiciones para seguirse usando y debe ser monitoreado de cerca para identificar señales de deterioro de condiciones adicionales. Contacte a su representante de ExxonMobil en caso de requerir asistencia adicional.

ACCION REQUERIDA - NIVEL DE HIERRO ELEVADO. Determine la fuente de hierro (Fe) y tome la acción correctiva. Si el hierro se eleva por primera vez sin historia de tendencia en aumento, retome la muestra inmediatamente para confirmar la condición. Fuentes posibles de hierro incluyen: a. Desgaste de componentes de la maquinaria; b. Contacto metal-metal; c. Corrosión; d. Contaminación abrasiva. El aceite puede no estar en condiciones para seguirse usando y debe ser monitoreado de cerca para identificar señales de deterioro de condiciones adicionales. Inspeccione el equipo buscando señales de daño. Cambie el aceite después de haber implementado las medidas correctivas. Contacte a su representante de ExxonMobil en caso de requerir asistencia adicional.

ACCION REQUERIDA - FRAGMENTOS DE HIERRO EXCESIVOS. Determine la causa de los fragmentos ferrosos y tome la acción correctiva. Si los fragmentos ferrosos se elevan por primera vez sin historia de tendencia en aumento, retome la muestra inmediatamente para confirmar la condición. Potenciales causas de los excesivos fragmentos ferrosos incluyen: a. Desgaste anormal de componentes metálicos causado por suciedad abrasiva (u otros contaminantes); b. Fatiga del material por altas cargas u otra condición adversa de operación; c. Desgaste corrosivo por agua, ácidos u otros contaminantes en el lubricante; d. Desgaste normal de "Asentamiento" de equipo nuevo o recién reparado. Inspeccione el equipo buscando señales de daño. Cambie el aceite después de haber implementado las medidas correctivas. Contacte a su representante de ExxonMobil en caso de requerir asistencia adicional.

ADMINISTRACION - DATOS DE CONTEO DE PARTICULAS NO REPORTADOS. La muestra esta altamente contaminada con sedimentos visibles. Muestras de aceite que contienen niveles significativos de cualquier contaminante pueden dañar los equipos de precisión del laboratorio. Como resultado de esto, la prueba de conteo de particulas no fue completada y el análisis no será realizado. Antes de enviar futuras muestras al laboratorio, por favor asegúrese que no tengan signos de presencia de sedimentos contaminantes visibles. Considere lo siguiente: 1. La muestra puede no ser representativa del sistema si esta fue tomada en una área no turbulenta (p.e. fondo del depósito); 2. La instalación de puertos de muestreo ayuda a asegurar que la muestra del mismo lugar cada vez; 3. Asegúrese que todas las tapas y respiraderos del tanque estén correctamente colocados. 4. Si es aplicable, verifique que los filtros y/o centrífugas estén funcionando adecuadamente. Si la muestra es considerada como representativa del sistema, entonces drene el sistema para prevenir daño del equipo. Contacte a su representante de ExxonMobil en caso de requerir asistencia adicional.

Imágenes de la muestra

Sample Timeline

- [15 Sep 2023 15:48 - Wilfran Giovanni Pedraza Torres - In Service Oil Sample](#) : Comments: Photo:

ANEXO 5.
HOJAS DE VIDA

Tabla 39

Hoja de vida modelos R210W-9S

Modelo	inicio	Vin	Horas trabajo				
R210W-9S	23/09/2022	2063	2377				
	Fecha	Modo Falla	tipo	Componente	Descripción tarea de MTTO	tiempo paro	horas
1	5/01/2023	Bajo nivel de lubricante	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	295
2	5/01/2023	Bajo nivel de lubricante	4,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	295
3	28/02/2023	Perdida de potencia	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	529
4	15/03/2023	Perdida de potencia	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	839
5	15/03/2023	Bajo nivel de lubricante	4,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	839
6	14/06/2023	obstrucción filtros	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1141
7	14/06/2023	obstrucción filtros	4,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1141
8	14/06/2023	Perdida de potencia	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	3	1141
9	15/06/2023	Perdida de potencia	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1415
10	5/07/2023	Bajo nivel de lubricante	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1692
11	5/07/2023	Perdida de potencia	7,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	4	1692
12	28/07/2023	paro de equipo	3,00	Motor	Calibración válvulas	6	2007
13	3/08/2023	obstrucción filtros	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	2127
14	28/08/2023	Perdida de potencia	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	2240

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
R210W-9S	19/09/2022	2099	2605				
	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo de ejecución	Horómetro
1	4/1/23	OT-0929153	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	367
2	28/2/23	OT-0938489	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	554
3	10/3/23	OT-0940384	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	860
4	28/3/23	OT-0943121	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1121
5	28/3/23	OT-0943121	4,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1121
6	28/3/23	OT-0943121	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	3	1121
7	24/5/23	OT-0951642	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1421
8	14/6/23	OT-0954696	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	1705
9	14/6/23	OT-0954696	4,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1705
10	14/6/23	OT-0954696	7,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	4	1705
11	12/7/23	OT-0958709	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	2085
12	31/7/23	OT-0961235	3,00	Motor	Calibración válvulas	6	2097
13	14/8/23	OT-0963251	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	2394
14	14/8/23	OT-0963251	5,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	6	2394
16	20/9/23	OT-0968806	2,00	Motor	Mantenimiento general	4	2635

Tabla 40

Hoja de vida modelos HX340SL

Modelo	Inicio	Vin	Horas				
HX340SL	19/10/2022	798	3394				
Ítem	Fecha	Modo Falla	Tipo	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo parada	Horas
1	7/12/2022	Bajo nivel lubricante	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	256
2	28/02/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	526
3	28/02/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	526
4	15/03/2023	obstrucion de filtros	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	820
5	28/03/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	1119
6	28/03/2023	perdida de potencia	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1119
7	28/03/2023	perdida de potencia	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1119
8	28/03/2023	perdida de potencia	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1119
9	11/04/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1419
10	11/04/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1419
11	10/05/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1740
12	10/05/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1740
13	10/05/2023	obstrucion de filtros	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1740
14	25/05/2023	perdida de potencia	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	2011
15	25/05/2023	perdida de potencia	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	2011
16	25/05/2023	contaminacion lubricante	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	2011
17	25/05/2023	contaminacion lubricante	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2011
18	14/06/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2362
19	14/06/2023	Bajo nivel lubricante	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	2362
20	13/07/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2692
21	12/08/2023	paro equipo	10,00	Sistema eléctrico	Caza fallo	8	2910
22	14/08/2023	paro equipo	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2910
23	14/08/2023	paro equipo	7,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	2910
24	14/08/2023	paro equipo	3,00	Motor	Cambio refrigerante	2	2910
25	14/08/2023	paro equipo	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2910
26	14/08/2023	paro equipo	5,00	Motor	Calibración válvulas	6	2910
27	12-se p	obstrucion de filtros	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	3344

Modelo	Inicio	Vin	Horas				
HX340SL	19/10/2022	798	3394				
Ítem	Fecha	Modo Falla	Tipo	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo parada	Horas
1	7/12/2022	Bajo nivel lubricante	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	256
2	28/02/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	526
3	28/02/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	526
4	15/03/2023	obstrucion de filtros	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	820
5	28/03/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	1119
6	28/03/2023	perdida de potencia	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1119
7	28/03/2023	perdida de potencia	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1119
8	28/03/2023	perdida de potencia	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1119
9	11/04/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1419
10	11/04/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1419
11	10/05/2023	obstrucion de filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1740
12	10/05/2023	obstrucion de filtros	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1740
13	10/05/2023	obstrucion de filtros	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1740
14	25/05/2023	perdida de potencia	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	2011
15	25/05/2023	perdida de potencia	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	2011
16	25/05/2023	contaminacion lubricante	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	2011
17	25/05/2023	contaminacion lubricante	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2011
18	14/06/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2362
19	14/06/2023	Bajo nivel lubricante	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	2362
20	13/07/2023	perdida de potencia	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2692
21	12/08/2023	paro equipo	10,00	Sistema eléctrico	Caza fallo	8	2910
22	14/08/2023	paro equipo	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2910
23	14/08/2023	paro equipo	7,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	2910
24	14/08/2023	paro equipo	3,00	Motor	Cambio refrigerante	2	2910
25	14/08/2023	paro equipo	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2910
26	14/08/2023	paro equipo	5,00	Motor	Calibración válvulas	6	2910
27	12-sep	obstrucion de filtros	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	3344

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HX340SL	19/10/2022	796	3199				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo de ejecución	Horómetro
1	7/12/2022	OT-0925269	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	271
2	28/02/2023	OT-0925269-1	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	532
3	15/03/2023	OT-0941247	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	792
4	15/03/2023	OT-0941247	11,00	Sistema motriz	Cambio parcial tren rodaje	12	792
5	28/03/2023	OT-0943097	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1.044
6	28/03/2023	OT-0943097	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1.044
7	28/03/2023	OT-0943097	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1.044
8	28/03/2023	OT-0943097	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1.044
9	11/04/2023	OT-0944967	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1.311
10	11/04/2023	OT-0944967	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1.311
11	11/04/2023	OT-0944967	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1.311
12	11/04/2023	OT-0944967	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1.311
13	10/05/2023	OT-0949628	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	1.591
14	10/05/2023	OT-0949628	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	1.591
15	10/05/2023	OT-0949628	11,00	Sistema motriz	Cambio parcial tren rodaje	12	1.591
16	10/05/2023	OT-0949628	11,00	Sistema motriz	Cambio parcial tren rodaje	12	1.591
17	8/06/2023	OT-0953959	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.858
18	8/06/2023	OT-0953959	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1.858
19	6/07/2023	OT-0957698	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2.176
20	6/07/2023	OT-0957698	5,00	Motor	Calibración válvulas	6	2.176
21	6/07/2023	OT-0957698	8,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	2.176
22	6/07/2023	OT-0957698	9,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2.176
23	28/07/2023	OT-0960811	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	2.176
24	23/08/2023	OT-0964327	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	2.791
25	15/09/2023	OT-0968101	4,00	Motor	Mantenimiento general	4	3.186
26	15/09/2023	OT-0968101	6,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	3.186

Tabla 41

Hoja de vida modelos HL770-9S

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HL770-9S	19/10/2022	1127	3754				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo de ejecución	Horómetro
1	19/11/2022	OT-0924295	9,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	80
2	4/01/2023	OT-0929224	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	295
3	10/01/2023	OT-0929224-1	15,00	Sistema Electrico	Caza fallo	8	300
4	28/02/2023	OT-0938514	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	623
5	10/03/2023	OT-0940430	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	922
6	28/03/2023	OT-943117	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1187
7	28/03/2023	OT-943117	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	1187
8	28/03/2023	OT-943117	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1187
9	11/04/2023	OT-0944965	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1457
10	11/04/2023	OT-0944965	7,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1457
11	10/05/2023	OT-0949612	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1738
12	10/05/2023	OT-0949612	14,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1738
13	30/05/2023	OT-0952505	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2124
14	30/05/2023	OT-0952505	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	2124
15	30/05/2023	OT-0952505	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	2124
16	5/06/2023	OT-0952505-1	7,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	2124
17	5/06/2023	OT-0952505-1	16,00	Sistema hidráulico	Caza fallo	12	2124
18	16/06/2023	OT-0955148	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2387
19	11/07/2023	OT-0958394	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2735
20	31/07/2023	OT-0961248	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2740
21	31/07/2023	OT-0961248	8,00	Sistema hidráulico	Calibración válvulas	6	2740
22	31/07/2023	OT-0961248	13,00	Sistema motriz	Mantenimiento Frenos	4	2740
23	23/08/2023	OT-096434	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	3284
24	23/08/2023	OT-096434	14,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	3284
25	14/09/2023	OT-0967865	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	3725

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HL770-9S	19/10/2022	1133	1738				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo de ejecución	Horómetro
1	1/12/2022	OT-0924292	9,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	80
2	25/01/2023	OT-0932449	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	120
3	25/01/2023	OT-0932449	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	120
4	28/02/2023	OT-0938517	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	557
5	29/03/2023	OT-0943241	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	817
6	24/05/2023	OT-0951644	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.083
7	24/05/2023	OT-0951644	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	1.083
8	24/05/2023	OT-0951644	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1.083
9	7/07/2023	OT-0957833	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.335
10	31/07/2023	OT-0961241	13,00	Sistema motriz	Mantenimiento Frenos	4	1.349
11	31/07/2023	OT-0961241	16,00	Sistema hidráulico	Caza fallo	12	1.349
12	8/08/2023	OT-0962184	15,00	Sistema Electrico	Caza fallo	8	1.350
13	8/08/2023	OT-0962184	16,00	Sistema hidráulico	Caza fallo	12	1.350
14	24/08/2023	OT-0964499	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.587

Modelo	Inicio	Vin	Horas				
HL770-9S	19/10/2022	1137	3000				
Ítem	Fecha	Modo Falla	Tipo	Componente	Descripción tarea de MTO	Tiempo de parada	Horas
1	1/12/2022	Cambio aceite y filtros hidráulicos	9,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	80
2	4/01/2023	Cambio aceite motor sin filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	120
3	28/02/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	519
4	10/03/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	785
5	28/03/2023	Cambio aceite con filtros	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	1.038
6	28/03/2023	Cambio filtración sin aceite	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1.038
7	28/03/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.038
8	11/04/2023	Adicionar aceite	7,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1.315
9	11/04/2023	Cambio filtración sin aceite	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1.315
10	11/04/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.315
11	24/05/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.611
12	14/06/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.934
13	10/07/2023	Cambio aceite con filtros	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	2.317
14	10/07/2023	Cambio filtración sin aceite	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	2.317
15	10/07/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2.317
16	27/07/2023	Cambio aceite motor con filtros	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2.585
17	27/07/2023	Cambio aceite con filtros	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	2.585
18	27/07/2023	Cambio aceite y filtros hidráulicos	9,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	2.585
19	27/07/2023	Ajuste válvulas admisión y escape	5,00	Motor	Calibración válvulas	6	2.585
20	10/08/2023	Cambio algunos filtros motor	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	2.585
21	15/08/2023	Correcciones periféricos motor	17,00	Motor	Caza fallo	100	2.796
22	25/08/2023	Cambio aceite motor sin filtros	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	2.846
23	25/08/2023	Cambio algunos filtros motor	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	2.846
24	25/08/2023	Cambio componente tren de rodaj	14,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	2.846
25	20/09/2023	Correcciones periféricos motor	17,00	Motor	Caza fallo	100	2.851
26	20/09/2023	Correcciones periféricos motor	17,00	Motor	Caza fallo	100	2.851

Tabla 42

Hoja de vida modelo H940C

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
H940C	19/10/2022	1435	2140				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	5/12/2022	OT-0924881	15,00	Sistema Electrico	Caza fallo	160	315
2	17/01/2023	OT-0924881-1	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	315
3	17/01/2023	OT-0924881-1	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	315
4	28/02/2023	OT-0924881-2	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	552
5	28/02/2023	OT-0924881-2	7,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	552
6	15/03/2023	OT-0941252	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	873
7	28/03/2023	OT-0943123	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1132
8	28/03/2023	OT-0943123	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	1132
9	28/03/2023	OT-0943123	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1132
10	22/04/2023	OT-0946832	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1395
11	22/04/2023	OT-0946832	7,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1395
12	22/04/2023	OT-0946832	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1395
13	24/05/2023	OT-0951653	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1738
14	4/07/2023	OT-0957325	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2037
15	25/07/2023	OT-0960358	16,00	Sistema hidráulico	Caza fallo	12	2126
16	27/07/2023	OT-0960358-3	9,00	Sistema hidráulico	Mantenimiento general	7	2126
17	18/08/2023	OT-0963811	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	2140

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
H940C	2/03/2023	1523	1209				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	31/03/2023	OT-0943607	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	262
2	31/03/2023	OT-0943607	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	262
3	10/05/2023	OT-0949607	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	515
4	24/06/2023	OT-0956104	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	802
5	27/07/2023	OT-0960637	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.058
6	27/07/2023	OT-0960637	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	1.058
7	27/07/2023	OT-0960637	7,00	Sistema hidráulico	Cambio parcial lubricante	1	1.058
8	27/07/2023	OT-0960637	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	1.058
9	27/07/2023	OT-0960637	14,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1.058
10	12/09/2023	OT-0967258	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	1.209

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
H940C	19/10/2022	1422	1571				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	6/12/2022	OT-0924947	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	100,00
2	1/02/2023	OT-0933618	17,00	Transmisión	Caza fallo	464	271,00
3	20/04/2023	OT-0933618-1	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	271,00
4	2/06/2023	OT-0952997	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	661,00
5	30/06/2023	OT-0957062	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	928,00
6	31/07/2023	OT-0961114	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	929,00
7	31/07/2023	OT-0961114	12,00	Transmisión	Mantenimiento general	4	929,00
8	31/07/2023	OT-0961114	14,00	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	929,00
9	31/07/2023	OT-0961114	6,00	Sistema hidráulico	Cambio filtración	4	929,00
10	5/09/2023	OT-0966286	15,00	Sistema Electrico	Caza fallo	160	1.571,00
11	5/09/2023	OT-0966286	16,00	Sistema hidráulico	Caza fallo	12	1.571,00
12	5/09/2023	OT-0966286	16,00	Sistema hidráulico	Caza fallo	12	1.571,00

Tabla 43

Hoja de vida modelo HSL850-7A

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HSL850-7A	19/05/2023	2987	552				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	26/07/2023	OT-0960509	1	Motor	Cambio lubricante	1	200
2	26/07/2023	OT-0960509-1	7	Sistema refrigerante	Caza fallo	40	200
3	5/08/2023	OT-0962047	5	Motor	Calibración válvulas	6	201
4	28/08/2023	OT-0965112	3	Motor	Mantenimiento general	4	240
5	7/09/2023	OT-0966647	6	Sistema eléctrico	Caza fallo	20	428
6	26/09/2023	OT-0969652	3	Motor	Mantenimiento general	4	552

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HSL850-7A	10/05/2023	2985	402				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	7/17/2023	OT-0959210	1,00	Motor	Cambio lubricante	1	226
2	7/17/2023	OT-0959210	2,00	Motor	Cambio parcial filtración	2	226
3	9/13/2023	OT-0967656	3,00	Motor	Mantenimiento general	4	402

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HSL850-7A	10/05/2023	2982	251				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	7/18/2023	OT-0959564	1	Motor	Cambio lubricante	1	251

Tabla 44

Hoja de vida modelos HX75S

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HX75S	19/10/2022	0 727	1923				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	8/02/2023	OT-0935079	1	Motor	Cambio lubricante	1	302
2	15/03/2023	OT-0941244	3	Motor	Mantenimiento general	4	587
3	22/04/2023	OT-0946828	3	Motor	Mantenimiento general	4	890
4	14/06/2023	OT-0954778	3	Motor	Mantenimiento general	4	1183
5	14/06/2023	OT-0954778	6	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1183
6	22/06/2023	OT-0955723	3	Motor	Mantenimiento general	4	1427
7	8/08/2023	OT-0962177	3	Motor	Mantenimiento general	4	1626
8	1/09/2023	OT-0965987	2	Motor	Cambio parcial filtración	2	1638
9	18/09/2023	OT-0968413	3	Motor	Mantenimiento general	4	1923

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HX75S	19/10/2022	0 732	1921				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	25/01/2023	OT-0932451	1	Motor	Cambio lubricante	1	283
2	28/02/2023	OT-0938523	2	Motor	Cambio parcial filtración	2	539
3	27/03/2023	OT-0942875	3	Motor	Mantenimiento general	4	822
4	14/06/2023	OT-0954764	3	Motor	Mantenimiento general	4	1146
5	14/06/2023	OT-0954764	6	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1146
6	23/06/2023	OT-0955980	3	Motor	Mantenimiento general	4	1427
7	2/08/2023	OT-0961587	3	Motor	Mantenimiento general	4	1650
8	12/09/2023	OT-0967293	3	Motor	Mantenimiento general	4	1921

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HX75S	19/10/2022	0 725	1755				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	9/02/2023	OT-0935262	1	Motor	Cambio lubricante	1	294
2	23/03/2023	OT-0942255	3	Motor	Mantenimiento general	4	590
3	10/05/2023	OT-0949609	3	Motor	Mantenimiento general	4	843
4	14/06/2023	OT-0954738	3	Motor	Mantenimiento general	4	1179
5	14/06/2023	OT-0954738	6	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	1179
6	25/07/2023	OT-0960359	3	Motor	Mantenimiento general	4	1439
7	31/07/2023	OT-0961111	2	Motor	Cambio parcial filtración	2	1489
8	25/08/2023	OT-0964751	2	Motor	Cambio parcial filtración	2	1635
9	12/09/2023	OT-0967285	3	Motor	Mantenimiento general	4	1755

Modelo	Inicio operación	Vin	Horas trabajo				
HX75S	19/10/2022	0 712	1412				
Ítem	Fecha/Hora	OT	Tipo mantenimiento	Componente	Descripción tarea de MTTO	Tiempo ejecución	Horómetro
1	21/03/2023	OT-0941898	1	Motor	Cambio lubricante	1	298
2	11/04/2023	OT-0944962	3	Motor	Mantenimiento general	4	619
3	2/06/2023	OT-0953077	3	Motor	Mantenimiento general	4	930
4	14/06/2023	OT-0953077	6	Sistema motriz	Cambio lubricante	3	930
5	30/06/2023	OT-0957042	3	Motor	Mantenimiento general	4	1212
6	28/07/2023	OT-0960808	2	Motor	Cambio parcial filtración	2	1301
7	15/08/2023	OT-0963464	3	Motor	Mantenimiento general	4	1412