

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICANDO
LA ESTRATEGIA DEL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE
FALLAS DEL PROCESO, PARA LA MEJORA DE LA
DISPONIBILIDAD DEL CARGADOR
FRONTAL 980H**

TESIS

Presentada por:

Bach. Maxiefracia Yesijem Florencia Cuya Quispe

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICANDO LA ESTRATEGIA DEL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS DEL PROCESO, PARA LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DEL CARGADOR FRONTAL 980H

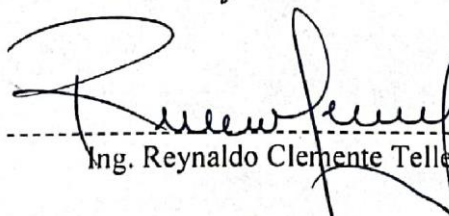
Tesis sustentada y aprobada el 19 de julio del 2024 por la Bachiller Maxiefracia Yesijem
Flores Cuya Quispe, siendo el jurado Calificador integrado por:

PRESIDENTE:



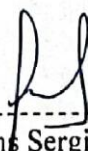
Ing. Carlos Aurelio Garván Gamarra

SECRETARIO:



Ing. Reynaldo Clemente Telles Ríos

VOCAL:



Dr. Williams Sergio Almanza Quispe

ASESOR:



Ing. Carlos Aurelio Garván Gamarra

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, CARLOS AURELIO GARVAN GAMARRA en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Consejo de Facultad N.º 08210-2023-FAIN / UNJBG de la tesis titulada "Gestión del Mantenimiento Preventivo Aplicando la Estrategia del Análisis de Modo Efectivo de Fallas del Proceso, para la Mejora de la Disponibilidad del Cargador Frontal 980H", presentado por la **BACHILLER MAXIEFRACIA YESIJEM FLORENCIA CUYA QUISPE** para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico, habiendo cumplido con lo establecido en el Reglamento de Originalidad y de Similitud de Trabajos de Investigación y Producción Intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 10%, por lo que, CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis, que está de acuerdo al nivel PERMITIDO de 1% al 10%, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

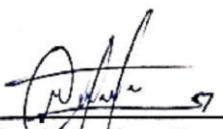
Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional de Ingeniero Mecánico.

Tacna, 8 agosto de 2024



Mgr. Carlos Aurelio Garvan Gamarra
Asesor





Maxiefracia Yesijem Florencia Cuya Quispe



Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres y hermanos, A mi madre Yesenia Quispe M. por este gran esfuerzo y aliento, A mi padre Hernan Cuya G., por estar siempre a mi lado, apoyándome, con paciencia y comprensión, en todo este tiempo de mi educación.

Agradecimiento

Agradecida con Dios por guiar siempre mi camino, A mis padres y familia, quienes aportaron su granito de arena en mi vida, A los docentes de la universidad por sus conocimientos y ser guía profesional.

Contenido

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I:	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Justificación e importancia de la investigación	2
1.3.1 Justificación	2
1.3.2 Importancia	2
1.4 Limitaciones	3
1.4.1 Limitaciones tecnológicas	3
1.4.2 Limitaciones técnicas	3
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo general	3
1.5.2 Objetivos específicos	3
1.6 Hipótesis	3
1.7 Viabilidad del estudio	4
1.7.1 Viabilidad técnica	4
1.7.2 Viabilidad social	4
1.7.3 Viabilidad económica	4
1.8 Variables	4
1.8.1 Identificación de las variables	4

1.8.2	Caracterización de las variables	5
1.8.3	Definición Conceptual:	5
1.8.4	Definición Operacional:	6
	CAPÍTULO II:	8
	MARCO TEÓRICO	8
2.1	Antecedentes del estudio	8
2.1.1	Antecedentes internacionales	8
2.1.2	Antecedentes nacionales	10
2.1.3	Antecedentes locales	12
2.2	Bases teóricas	14
2.2.1	Cargador frontal	14
2.2.2	La evolución del mantenimiento	17
2.2.3	Mantenimiento correctivo	22
2.2.4	Mantenimiento preventivo	22
2.2.5	Detección de fallas	25
2.2.6	Reparación general	25
2.2.7	Reemplazo	26
2.2.8	Mantenimiento y AMEF	27
2.2.9	Análisis de modo y efectos de fallas (AMEF)	27
2.2.10	Severidad	28
2.2.11	Causas de fallos potenciales	29
2.2.12	Ocurrencia	29
2.2.13	Detección	30
2.2.14	Fallas funcionales	32
2.2.15	Modos de falla	33
2.2.16	Efectos de falla	33
2.2.17	Tareas proactivas	33
2.2.18	Cálculo de indicadores de mantenimiento	33
2.2.19	Probabilidad acumulada de fallas	33
2.2.20	Densidad de probabilidad de falla	34
2.3	Definiciones de términos	34
2.3.1	Vida media	34
2.3.2	Tasa de disponibilidad	35

2.3.3	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	35
2.3.4	Mantenibilidad (MTTR)	35
2.3.5	Tasa de reparación	35
2.3.6	Criticidad	36
2.3.7	Frecuencia de fallas	36
2.3.8	Gestión en el mantenimiento	37
2.3.9	Ventajas del Mantenimiento Predictivo y Correctivo	44
2.3.10	Importancia del mantenimiento	45
	CAPÍTULO III:	46
	MARCO METODOLÓGICO	46
3.1	Tipo y diseño de investigación	46
3.1.1	Tipo de investigación	46
3.1.2	Nivel de investigación	46
3.1.3	Diseño de investigación	46
3.2	Población y muestra	47
3.2.1	Población	47
3.2.2	Muestra	47
3.3	Operacionalización de variables	47
3.4	Técnicas e instrumentos para recolección de datos	49
3.4.1	Técnicas	49
3.4.2	Instrumentos	49
3.5	Procesamiento y análisis de datos	49
3.5.1	Objetivo específico 1	49
3.5.2	Objetivo específico 2	49
3.5.3	Objetivo específico 3	50
3.6	Equipos y Materiales	50
	CAPÍTULO IV:	51
	RESULTADOS Y CONCLUSIÓN	51
4.1	Resultados	51
4.1.1	Unidad de análisis	51
4.1.2	Instrumentos y técnicas	55
4.1.3	Procedimiento y método de análisis	55

4.1.4	Análisis de criticidad del Equipo	59
4.1.5	Procedimiento para el mantenimiento del equipo	63
4.1.6	PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	65
4.1.7	Análisis AMEF	67
CAPÍTULO V		119
5.1	Discusión	119
CONCLUSIONES		120
RECOMENDACIONES		121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		122
ANEXOS		128

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Criterios de clasificación para la severidad de fallas.</i>	29
Tabla 2.	<i>Criterios de ocurrencia de fallas.</i>	30
Tabla 3.	<i>Criterios para la detección de fallas.</i>	31
Tabla 4	<i>Clasificación según NPR.</i>	32
Tabla 5	<i>Frecuencia de fallas.</i>	36
Tabla 6	<i>Operacionalización de variables.</i>	48
Tabla 7	<i>Especificaciones generales técnicas de la unidad</i>	51
Tabla 8	<i>Datos de la maquinaria</i>	52
Tabla 9.	<i>Dimensiones</i>	54
Tabla 10	<i>Jerarquía de taxonomía</i>	55
Tabla 11.	<i>Descripción de la maquinaria</i>	58
Tabla 12.	<i>La criticidad del equipo</i>	60
Tabla 13	<i>La criticidad del equipo</i>	60
Tabla 14.	<i>Cargador frontal 980H</i>	62
Tabla 15.	<i>Implementación de la metodología AMEF</i>	67
Tabla 16	<i>Actividades de mantenimiento en Cargador Frontal 980H Periodo 2022</i>	68
Tabla 17	<i>Eventos De Paradas Por Falla Cargador Frontal 980H</i>	71
Tabla 18.	<i>Eventos De Paradas Por Falla Cargador Frontal 980H</i>	72
Tabla 19	<i>Función primaria del equipo</i>	75
Tabla 20	<i>Funciones secundarias del equipo</i>	76
Tabla 21.	<i>Función primaria de la unidad de potencia</i>	77
Tabla 22	<i>Función secundaria de la unidad de potencia</i>	77
Tabla 23.	<i>Función primaria del sistema hidráulico</i>	78
Tabla 24	<i>Función secundaria del sistema hidráulico</i>	78
Tabla 25	<i>Modos de falla para la unidad de potencia</i>	79
Tabla 26	<i>Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)</i>	82
Tabla 27	<i>Elección de tareas de mantenimiento</i>	88
Tabla 28	<i>Actividades de mantenimiento</i>	104
Tabla 29	<i>Costos asociados a las actividades de mantenimiento propuestas</i>	106
Tabla 30	<i>Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 12 horas</i>	114
Tabla 31	<i>Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 250 horas</i>	113
Tabla 32	<i>Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 500 horas</i>	114
Tabla 33	<i>Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 2000 horas</i>	115
Tabla 34	<i>Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 5000 horas</i>	116
Tabla 35	<i>Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 10000 horas</i>	117
Tabla 36	<i>Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 20000 horas</i>	118
Tabla 37	<i>Cálculo de MTBF, MTTR y disponibilidad de equipos</i>	118

Índice de figuras

Figura 1 <i>Categorías del mantenimiento preventivo.</i>	23
Figura 2. <i>Reparación general basada en el tiempo.</i>	24
Figura 3 <i>Mantenimiento basado en las condiciones.</i>	25
Figura 4 <i>Rendimiento de una máquina en función de su tiempo de vida útil.</i>	26
Figura 5 <i>Función de probabilidad de fallas.</i>	34
Figura 6 <i>Función de probabilidad de densidad de falla.</i>	34
Figura 7. <i>Cargador Frontal Caterpillar 980H.</i>	51
Figura 8 <i>Especificaciones técnicas del sistema hidráulico</i>	53
Figura 9 <i>Dimensiones de la maquinaria</i>	53
Figura 10 <i>Taxonomía del activo</i>	54
Figura 11 <i>Modelos de planificación de mantenimiento</i>	57
Figura 12 <i>Diagrama AMEF</i>	59
Figura 13 <i>Procedimiento</i>	64
Figura 14 <i>Fases del plan de mantenimiento</i>	65
Figura 15 <i>Planificación y organización de los trabajos de reparación</i>	66
Figura 16 <i>Sistema de gestión de la información</i>	66
Figura 17 <i>Diagrama de Pareto CAT 980H</i>	73
Figura 18 <i>Sistemas del equipo Cargador Frontal 980H y su principal falla</i>	75
Figura 19 <i>Costos de mantenimiento a través del tiempo</i>	109

RESUMEN

En el periodo de enero a octubre de 2022, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del rendimiento del Cargador Frontal 980H. Este abarcó desde la descripción detallada de la unidad de análisis hasta la presentación de un modelo de planificación de mantenimiento basado en el método análisis de modos y efectos de falla (AMEF). Se destacan los instrumentos utilizados, como reportes de reparación, manuales, entrevistas y visitas al equipo. Los resultados, presentados en gráficos MTBF, análisis de costos y KPI de Disponibilidad Mecánica, enfatizan la importancia de evaluar el plan de mantenimiento en relación con los requisitos contractuales, exigiendo una disponibilidad superior al 90%. Se aborda el análisis de criticidad del equipo mediante el método AMEF, detallando la frecuencia de fallas, de mantenimiento impacto operacional y evaluación de riesgos. Se destaca la necesidad de un plan centrado en el sistema de filtrado. El análisis detallado de modos y efectos de falla (AMEF) proporciona una visión integral de posibles problemas y riesgos asociados con el equipo. Se destacan conclusiones clave para la unidad de potencia y el hidráulico, priorizando la seguridad, medio ambiente y eficacia operativa. El plan de mantenimiento propuesto se detalla con costos proyectados a diferentes intervalos de operación, mostrando la viabilidad económica del enfoque AMEF. En el siguiente periodo, se implementó el plan de mantenimiento, calculando el tiempo medio entre fallos (MTBF), tiempo medio entre reparación (MTTR) y la disponibilidad del equipo. Las conclusiones reflejan mejoras significativas en la disponibilidad, cumpliendo el objetivo del 95%. En las recomendaciones, se enfatiza la monitorización continua, evaluación y aplicación del método AMEF en equipos clave del cargador frontal 980H.

Palabras clave:

AMEF: ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS

MTTR: TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACION

MTBF: TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS

ABSTRACT

In the period from January to October 2022, a comprehensive analysis of the performance of the 980H Front Loader was carried out. This ranged from the detailed description of the analysis unit to the presentation of a maintenance planning model based on the failure modes and effects analysis method (FMEA). The instruments used are highlighted, such as repair reports, manuals, interviews and equipment visits. The results, presented in MTBF graphs, cost analysis and Mechanical Availability KPI, emphasize the importance of evaluating the maintenance plan in relation to contractual requirements, demanding availability greater than 90%. The criticality analysis of the equipment is addressed using the FMEA method, detailing the frequency of failures, maintenance, operational impact and risk assessment. The need for a plan focused on the filtering system is highlighted. Detailed failure mode and effects analysis (FMEA) provides a comprehensive view of potential problems and risks associated with the equipment. Key conclusions are highlighted for the power unit and hydraulics, prioritizing safety, the environment and operational efficiency. The proposed maintenance plan is detailed with projected costs at different operating intervals, showing the economic viability of the FMEA approach. In the following period, the maintenance plan was implemented, calculating the mean time between failures (MTBF), the mean time between repair (MTTR) and the availability of the equipment. The conclusions reflect significant improvements in availability, meeting the 95% objective. The recommendations emphasize continuous monitoring, evaluation and application of the FMEA method on key equipment of the 980H front loader.

Keywords:

FMEA: FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

MTTR: MEAN TIME BETWEEN REPAIR

MTBF: MEAN TIME BETWEEN FAILURES

INTRODUCCIÓN

La gestión efectiva del mantenimiento en entornos industriales, especialmente en sectores cruciales como la minería, se erige como un pilar fundamental para garantizar la operatividad eficiente de los equipos. En este contexto, el presente proyecto de investigación aborda de manera específica la problemática que circunda la gestión de mantenimiento del Cargador Frontal Caterpillar 980H. Esta maquinaria, vital en operaciones mineras, se ve afectada por diversas averías y fallas que no solo impactan su rendimiento sino también generan costos considerables de mantenimiento correctivo.

El objetivo de este estudio es crear una estrategia de gestión de mantenimiento que utilice el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF). Este enfoque no solo se enfoca en resolver problemas actuales, sino también en establecer prácticas sólidas para prevenir problemas futuros, mejorando la sostenibilidad operativa y financiera de la empresa. El objetivo es mejorar significativamente el control del mantenimiento de la maquinaria, particularmente el Cargador Frontal 980H, centrándose en la prevención y corrección de fallas.

Para lograr estos objetivos, se utilizarán herramientas y métodos de ingeniería como la matriz de riesgo, el análisis Pareto y otros enfoques que son particulares para las familias de repuestos críticos. Este método completo no solo abordará los problemas actuales, sino que también pondrá las bases para una gestión de mantenimiento más efectiva y enfocada en el futuro. Los indicadores clave, como la disponibilidad de maquinaria (KPI), el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio entre reparación (MTTR), se utilizarán para evaluar los resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La problemática radica en la falta de una gestión de mantenimiento adecuada para el cargador frontal, ya que actualmente en los procesos de mantenimiento, se aplica la metodología clásica de la gestión del mantenimiento, que se centran en efectuar el estudio preventivo y correctivo de los cargadores frontales, siendo este una metodología aceptable, pero que al final, solo analiza los principios básicos del mantenimiento evaluando los indicadores tales como el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio entre reparación (MTTR), pero no se centran en identificar la causa auténtica de la falla en el cargador frontal, por este motivo se va a realizar el debido análisis por el método de "Análisis de modo y efecto de fallas" (AMEF), para así poder determinar las causas de las fallas y como estas van a realizar la mejora de los principios del plan de mantenimiento actual y como este va a mejorar la capacidad del cargador frontal.

La falta de una gestión adecuada para el cargador frontal 980H, recientemente ha influido directamente en la aparición de diversas fallas que se han ido corrigiendo de forma correctiva y reactiva, esto alerta de posibles pausas en las funciones que realiza este equipo, lo cual repercute en la empresa reduciendo o poniendo en riesgo el cumplimiento de los objetivos de producción. y llama a tomar acción, para poder asegurar y aumentar la disponibilidad de este.

La presencia de fallas en el cargador frontal debido a la mala gestión de mantenimiento, conlleva a gastos significativos en actividades de mantenimiento correctivo, lo cual, reduce el margen de ganancia y representa pérdidas para la empresa, reduciendo su competitividad.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Se podrá realizar la gestión del mantenimiento preventivo aplicando la estrategia del Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) para la mejora de la disponibilidad en el cargador frontal Caterpillar 980H?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo puede ser elaborado el plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 980H aplicando la estrategia del AMEF?
- ¿Se podrá implementar la disponibilidad operativa del cargador frontal Caterpillar 980H al aplicar la estrategia del AMEF en el plan de mantenimiento preventivo?
- ¿Se podrá medir la mejora de los indicadores de mantenimiento del cargador frontal Caterpillar 980H al aplicar la estrategia del AMEF?

1.3 Justificación e importancia de la investigación

1.3.1 Justificación

Debido al avance existente de las tecnologías y las técnicas en la gestión del mantenimiento, donde se ve que con las nuevas técnicas que se presentan, los tiempos perdidos en paradas por el proceso de revisión y reparación, se verán acortados debido a que se determinara de forma rápida los aspectos y componentes más críticos, siendo así centrado los problemas de los cargadores frontales directamente.

1.3.2 Importancia

Radica en la mejora de los procesos de mantenimiento, siendo estas mejoras de gran importancia, ya que se van a reducir los gastos y tiempos de paradas en las operaciones y además, las máquinas van a tener una mejor calidad y disponibilidad operativa en el desempeño del proceso productivo.

1.4 Limitaciones

1.4.1 Limitaciones tecnológicas

La investigación presenta limitaciones tecnológicas, como carecer de maquinaria actual para llevar a cabo un análisis más exhaustivo de las máquinas y de cómo se van a aplicar.

1.4.2 Limitaciones técnicas

Las limitaciones técnicas que se están evaluando, son los parámetros que se utilizan en el análisis según el taller de mantenimiento y como estos van a aplicar los principios del AMEF en los vehículos, siendo esto una restricción.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar la gestión del mantenimiento preventivo aplicando la estrategia de Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) para la mejora de la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 980H.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar el plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 980H aplicando la estrategia del AMEF.
- Implementar la disponibilidad operativa del cargador frontal Caterpillar 980H al aplicar la estrategia del AMEF en el plan de mantenimiento preventivo.
- Medir los indicadores de mantenimiento del cargador frontal Caterpillar 980H aplicando la estrategia del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).

1.6 Hipótesis

Implementar la estrategia del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) en la gestión del mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 980H conducirá a la formulación

de un plan de mantenimiento eficiente. Se espera que esta mejora en la gestión preventiva resulte en un aumento significativo en la disponibilidad del cargador frontal.

1.7 Viabilidad del estudio

1.7.1 Viabilidad técnica

Esta se centra en demostrar y contar con instrucciones determinantes para realizar el estudio de mantenimiento por medio de la estrategia del Análisis de Modo y Efecto de Falla – (AMEF), ya que se van a analizar los componentes de los cargadores frontales, determinando las causas raíces de las fallas, siendo estas registradas para tener un modelo del análisis de fallas total.

1.7.2 Viabilidad social

La viabilidad social se demuestra ya que al ser optimizado el plan de mantenimiento en función de un análisis de modo de efectos y fallas (AMEF), se van a reducir las causas de incidentes y riesgos en el desempeño de las actividades, ya que se evitará realizar trabajos innecesarios y riesgos en el proceso de trabajo.

1.7.3 Viabilidad económica

La investigación actual tiene como objetivo reducir los costos de mantenimiento, ya que al evaluar con precisión las fallas principales del Cargador frontal 980H, se podrán solicitar reparaciones y comprar o solicitar repuestos de manera más rápida y precisa.

1.8 Variables

1.8.1 Identificación de las variables

En la presente investigación se dará en función al análisis que se considerará de la siguiente manera:

Los objetivos del estudio serán determinar qué fallas o problemas se controlarán en la gestión del mantenimiento del cargador frontal Caterpillar 980H utilizando la estrategia de

Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF). El proceso AMEF se utilizará en este caso para determinar que fallas o problemas que controlarán en la gestión del mantenimiento para mejorar las características e indicadores del mantenimiento preventivo del cargador frontal.

1.8.2 Caracterización de las variables

1.8.2.1 Variable independiente

La aplicación de las estrategias del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

1.8.2.2 Variable dependiente

Gestión de mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 980H

1.8.3 Definición Conceptual:

1.8.3.1 Variable independiente

La aplicación de las estrategias de proceso del AMEF se basa principalmente en las herramientas y procedimientos que se emplean para formar una subparte de la gestión del mantenimiento, encontrando una relación directa con el mantenimiento RCM porque se centra en incrementar la confianza al momento de hacer funcionar las máquinas, dispositivos o activos a través del análisis, resolución y examinación de las exigencias existentes de mantenimiento y las fuentes de errores y fallas.

1.8.3.2 Variable Dependiente

La gestión de mantenimiento anticipado del cargador frontal Caterpillar 980H, se define como el grupo de estrategias, documentos y procedimientos que se caracteriza, por ser el conjunto de metodologías y tareas que se realizarán a los cargadores frontales en el aspecto preventivo, para así lograr reducir las fallas en las máquinas para tener una mejor disponibilidad operativa de las mismas.

1.8.4 Definición Operacional:

1.8.4.1 Variable independiente

La aplicación de las estrategias del AMEF de proceso, radica en el análisis de las fuentes de fallas más críticas que se hallan en el proceso de inspección de los cargadores frontales, este se basa en el proceso del ARC, que nos permite determinar las fallas principales y rastrear las causas de estas, viendo su raíz de formulación.

- Dimensión
- Tiempos de mantenimiento.
- Fallas críticas.
- Confiabilidad.

Indicadores

- Planificación y programación de mantenimiento
- Historial de fallas en los equipos
- Órdenes de trabajo

1.8.4.2 Variable Dependiente

La gestión para conservar anticipadamente el cargador frontal Caterpillar define la variable dependiente como los documentos, las medidas donde se realizarán los procesos de trabajo y las medidas de determinación.

- Dimensión
- Procedimientos de análisis de los aparatos
- Utilización de los dispositivos
- Desgaste en la maquinaria

Indicadores

- Disponibilidad de operatividad de los equipos.
- Indicadores de mantenimiento: MTTF MTTB

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes internacionales

El artículo titulado “Caracterización Operacional y de Mantenimiento de la Flota de Cargadores Cat-990 en Servicio ubicados en una Mina de la Región Caribe” realizado por Jiménez (2021) se realizó con el fin de establecer el listado de funciones, se llevó a cabo utilizando la metodología RCM 2 en una mina para establecer las funciones a realizar, determinar los conjuntos críticos a través del análisis crítico y establecer el contexto de las operaciones con el fin de perfeccionar el funcionamiento del área de logística de la mina mencionada. El artículo también enfatiza la importancia de emplear herramientas tecnológicas como la logística y el mantenimiento para mejorar los procesos de producción, donde, no solo se requieren monitoreos que imponen procedimientos de control convencionales. Estas técnicas son cruciales para el manejo del rendimiento usadas como herramientas útiles.

En el trabajo monográfico “Elaboración de una propuesta de mantenimiento mediante la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) para los cargadores frontales de bajo perfil Sandvik LHD410 en la sociedad minera de Santander S.A.S” realizado por Lizcano (2019), el autor trabaja en el desarrollo de RCM al llevarse a cabo el desarrollo de voladura en el proyecto Soto Norte de la Sociedad Minera de Santander S.A.S. para los cargadores frontales de bajo perfil LHD410. El objetivo del estudio monográfico es mejorar la gestión integral del mantenimiento como primer paso, para que otros equipos de la empresa puedan imitarlo. A los componentes, los sistemas y subsistemas del equipo se realizó un estudio AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla), identificando las consecuencias y efectos de un modo de fallo, así como los efectos y consecuencias que trae a la acceso y confianza operativa de un dispositivo, a través del AMEF, se realizan el servicio de control de mantenimiento en

horas operativas, el cual es un documento guía que brinda las actividades a realizarse en el mantenimiento, con el fin de que el área de mantenimiento alcance en los tiempos determinados sus objetivos. Asimismo, se definió un listado de repuestos críticos a partir del RCM, con el que se cumplan los requerimientos operacionales y son de uso indispensable. Asimismo, el costo del ciclo de vida, se realiza una operación continua es de 5 años, donde 2000 h es la intervención crítica mayor, lo cual hace que la optimización de repuestos que se invierten en el equipo y los bienes de mano de obra, así como la reducción de costos, realizándose gracias a efectuar la sistemática del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, a través de mantenimientos preventivos que permite la ejecución del mantenimiento en un futuro próximo.

En el trabajo investigativo “Diseño del Modelo de Gestión de Mantenimiento para los equipos mineros de la Mina La Chilena en Holcim Costa Rica” realizado por Solano (2020), este trabajo se realizó en la empresa Holcim que es una industria minera, la cual tiene competencia y desafíos en base a sus actividades que desarrollan. El mantenimiento de los equipos mineros móviles es un desafío a realizar adecuadamente, de acuerdo a lo mencionado se realiza con este propósito el trabajo investigativo, con el fin de realizar un modelo gestión de mantenimiento, por el cual se tenga estrategias que se debe seguir con el objetivo de lograr una visión clara. Con respecto al factor financiero y a los requerimientos de la empresa, este modelo establecerá un conjunto de componentes que se relacionen entre sí para seguir una ruta. El estudio propone crear un modelo que calcule el presupuesto total del mantenimiento de equipos mineros móviles, implemente un plan piloto en los activos elegidos y defina las actividades predictivas y preventivas, llevándose a cabo un examen de criticidad y efectos de fallo, donde, se demostró que se cumplen con los objetivos relacionados a la validación del modelo y la realización idónea al momento de evaluar la sostenibilidad.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En la investigación “Aumento de la confiabilidad de la excavadora 336D2L con la metodología AMEF en la empresa Baeira SAC” realizado por Salvatierra (2019), este proyecto investigativo se realizó porque el plan de conservación de la empresa BAEIRA SAC es descuidado en los equipos auxiliares como las excavadoras CAT con modelo 336 D2L, los cuales reflejan en los últimos meses, confiabilidad baja. Como lo menciona el proyecto investigativo tuvo el propósito de realizar el diseño y ofrecimiento de progreso del plan de mantenimiento de estas excavadoras, por medio del método Análisis, Modos y Efectos de Fallas (AMEF), teniendo como finalidad disminuir los costos operativos y de mantenimiento, así como cumplir con lo que establezca la mina La Arena que se localiza en Huamachuco. Los equipos utilizados e investigados son alquilados, por lo que su confiabilidad y disponibilidad es baja y solo se afectará por esto. El uso de la metodología del proyecto investigativo se realiza al analizar el sistema completo, después se realizó mediante subsistemas y se terminó por analizar mediante componentes con el fin de realizar la detección de fallas críticas, para desarrollar una mejor organización y realización del mantenimiento. Asimismo, se emplearon herramientas de ingeniería (Pareto, Ishikawa, etc.) en los sistemas con mayor importancia y la familia de los equipos. Se espera que los componentes que conforman los equipos puedan incrementar su ciclo de vida. Mejorar la seguridad de personas y operadores que se involucren en el manejo de estos equipos, a través de una confiabilidad y disponibilidad mayor.

El trabajo de investigación titulado “Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de una flota de cargadores frontales modelo 966-G de la empresa Autocentro Cajamarca S.R.L.” realizado por Valderrama (2020), presentó como propósito diseñar un método de protección a fin de que incremente la disponibilidad de equipos requeridos dentro de la empresa, de acuerdo a esto se hizo un modelo de diseño que contribuye a mejorar el mantenimiento, siendo esencial efectuar un análisis económico y el diagnóstico

real, y la evaluación de mejoras factibles en la disponibilidad de equipos después de diseñar. El proyecto investigativo es cuantitativo, aplicado porque se limitó a realizar la descripción actual de los equipos, asimismo la investigación es no experimental y correlacional. 8 cargadores frontales es la muestra, del mismo que la población del proyecto investigativo. Al realizar el diagnóstico de la situación dice que los equipos CAT 966-G presentan problemas en su disponibilidad, ya que cuenta con 68% por debajo de lo que establece la organización (90%). El flujograma del proceso, la programación de conservación, el informe técnico de mantenimiento, el plan de capacitación, la preparación de políticas, la ficha de mantenimiento preventivo y el esquema de aplicación de mantenimiento son ejemplos de la elaboración del plan de protección de mecanismos, considerando que las buenas prácticas afirman una relación beneficiosa entre el costo operacional, aseverando que el presente proyecto resultaría viable.

En el informe de trabajo “Mejora del plan de Inspección y Mantenimiento Preventivo del Cargador Frontal WA380-6 Komatsu para Construcción. Sede Pucusana” realizado por Anton (2021), se busca perfeccionar el control y las acciones preventivas de maquinaria a través del historial de fallas, por experiencia in situ y por información técnica. Por medio de los manuales de mantenimiento y operativos del equipo, se realiza las recomendaciones, por el cual aporta el fabricante, con el fin de operar el equipo adecuadamente. La realización del plan e inspección del mantenimiento preventivo mejorado, incrementó en sesenta minutos la efectucción de actividades a realizar en un plan de inspección que se tuvo inicialmente, y disminuyó la frecuencia con se reemplaza los filtros de combustible, ocasionando que el valor de venta del servicio aumente. En tal sentido, el presupuesto destinado al mantenimiento para que los equipos incrementen su utilidad, disminuye de manera considerable, asimismo, se afirma que estos costos aumentan a causa de que la empresa cuente con equipos deficientes, pues, requerirán ser repuestos, sin embargo, el idear una nueva forma de mantenimiento a

maquinarias hace que la empresa resulte más competitiva a comparación de otras y sea la primera opción de los clientes.

2.1.3 Antecedentes locales

En la tesis de titulación “Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para la mejora de la operatividad de la flota de maquinaria y equipos de la empresa DCR minería y construcción S.A.C. de Arequipa – Perú” realizado por Santisteban (2018), esta investigación surge de la expansión rápida de una empresa minera y de construcción, encargada de prestar servicios en relación al transporte de carga por encima de las dimensiones, transporte de concentrado de materiales, transporte de GLP, transporte de materiales peligrosos y acarreo de materiales. La empresa cuenta con una flota de equipos y maquinaria, así como un grupo humano, lo que hace que su área de mantenimiento se desgaste. Por esta razón se realiza la investigación, teniendo como finalidad desarrollar un diseño, el cual sea implementado en un procedimiento de gestión de mantenimiento dinámico, para responder la política de avance continuo que tiene la empresa. Por medio de modernas metodologías que exigen actualmente las organizaciones como son el análisis de causa – raíz, estudio de ciclo de vida de dispositivos, gestión de mantenimiento correctivo, análisis de criticidad, RCM, y planes de mantenimiento preventivo que avale confiabilidad y accesibilidad de los equipos, para posteriormente ser rentable en la organización. Por último, el trabajo investigativo desarrolló una estructura nueva de las políticas, de la documentación de administración (que tenga que ver con el sistema de gestión de mantenimiento propuesto), de las destrezas y de la estructura organizacional.

En la tesis de titulación “Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en la empresa Martínez Contratistas e Ingeniería S.A. – Arequipa, 2018” realizado por Amambal y Huatay (2018), el proyecto investigativo se llevó a cabo debido a que la empresa Martínez Contratistas & Ingeniería SA había experimentado paradas no programadas debido a fallas improvisadas en la maquinaria

pesada, teniendo como finalidad diseñar un plan en relación a la gestión que garantice el proceso en el acceso fácil y rápido a la obtención de maquinaria pesada, donde, es una necesidad contar con modificaciones técnicas y de operación. En tal sentido, el estudio realizado es descriptivo analítico, pues, se completó el análisis y evaluación de la realidad de los equipos y se desarrolló el plan de gestión de mantenimiento, evidenciando un acceso de aproximadamente del 87%, donde, fue de vitalidad considerar las oportunidades que se pueden aprovechar, logrando la valorización del plan, lo cual se asemeja a los \$.618, 375.58 en gastos por repuestos, y \$ 615, 360.00 que se gastaba en las paradas no proyectadas, recalcando que se la asociación debe contar con un procedimiento correctivo, siendo este de vitalidad para perfeccionar la disponibilidad, resultando rentable para la inversión de la empresa.

En la tesis de titulación “Diseño de un programa de mantenimiento preventivo y su impacto económico en la empresa Genesur E.I.R.L., Arequipa – 2021” realizado por Tairo (2022), nace gracias al nivel elevado de globalización, que ocasiona la competitividad de las sociedades, por lo que es una necesidad incrementar los estándares de calidad, trayendo mayor competencia en el mercado, por eso se planteó esta tesis, que plantee la determinación del boceto de un programa de mantenimiento preventivo en los vehículos semipesados y livianos, en los montacargas y en la maquinaria pesada, ocasiona impacto en la economía de la empresa Genesur EIRL. La investigación presentada requiere perfeccionar los procesos de mantenimiento en sus activos, con el fin de aumentar el ciclo de vida de ellos, para que la empresa tenga mayor eficiencia y mejore su competitividad en el mercado, por lo que la investigación se centra en optimizar y proponer mejoras en los procedimientos y procesos de prevención. Para ello, se analiza el actual estado con el cual se pueda realizar el proyecto investigativo y genere una mejor propuesta y un positivo aporte. Este proyecto utiliza una metodología aplicada, usando un método cuantitativo, por donde se demuestran la conexión existente entre las variables que se propusieron, los propósitos que se plantearon y la hipótesis

que se quiere llegar. El tipo del proyecto investigativo es descriptivo explicativo y el nivel es aplicado. El proyecto investigativo concluye que el 43.1% de personas que se encuestaron, mencionan que se necesita diseñar un programa de mantenimiento preventivo con el fin de aumentar su ciclo de vida de los vehículos livianos y semipesados, de los montacargas y de las maquinarias pesadas. Todo esto con el propósito de cumplir con el servicio que diga el cliente y disminuir las pérdidas económicas de la empresa.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cargador frontal

A.L.EPH (2021) dice que el cargador frontal es “un equipo de acarreo y carga en cortas distancias y las retroexcavadoras se emplean en la excavación”, asimismo también menciona que el cargador frontal es “un equipo tractor, el cual usa en el extremo frontal una cuchara y se usa en especial para construir minería; autopistas; presas hidráulicas; para cargar camiones con materiales como la piedra, tierra, arena, etcétera; edificios; carreteras; y túneles”, del mismo modo menciona que los cargadores frontales se dividen en “Pequeños (balde de carga de 1 m³), medianos (balde de carga de 1 a 3 m³) y grandes (balde carga de 3 a 5 m³)”.

2.2.1.1 Componentes del cargador frontal

Según Flores (2010) los componentes de un cargador frontal se mantienen igual en durante los años y en los modelos y marcas totales, más con tecnología avanzando, los sistemas en algunos modelos y marcas ha cambiado recientemente. Los modelos pequeños en la actualidad utilizan sistemas de transmisión hidrostática diferentes a los sistemas de transmisión tradicional. Los modelos de cargador frontal más grande varían en motor eléctrico y transmisión eléctrica que tira las ruedas. Flores (2010) describe el sistema tradicional que siguen los modelos grandes y medianos que se ven con frecuencia.

- Chasis

Un cargador frontal común se forma generalmente por una parte delantera y una trasera. Los dos bulones ubicados en el centro permiten unir estas dos partes, así como permite girar las dos partes. La parte delantera, es la que soporta el cucharón y los brazos, las botellas hidráulicas, el diferencial delantero, entre otros componentes hidráulicos. La parte trasera, es la que soporta el motor, la transmisión, los depósitos de fluidos, el diferencial trasero y la cabina.

- Motor

Los componentes periféricos y el motor sufrieron transformaciones tecnológicas abundantes durante los últimos años. El sistema de gestión de la inyección, es uno ellos, ya que paso de ser mecánico a ser electrónico, otro es la refrigeración por ventiladores hidráulico que se adaptó a la demanda que se exigía cada vez más. Los sistemas de frenos y dirección son hidráulicos, con el fin de evitar las válvulas complicadas, los compresores de aire, entre otros.

Los motores evolucionan sus sistemas, con tal de lograr potencias mayores, consumos menores, cantidad de componentes menores, fiabilidad mayor, con el fin de respetar el medio ambiente, todo esto se debió a las demandas que exige la legislación que tenga que ver con emisiones contaminantes y obliga a los fabricantes a mejorar los componentes, con el fin de cumplir las normativas impuestas.

- Transmisión

Se distingue tres principales componentes que son:

- Convertidor de par: Es el encargado de unir la transmisión con el motor, también se encarga de embragar automáticamente en la pala de ruedas.
- Transmisión: Es el encargado de cambiar las velocidades, yendo lo más suave posible, es como la caja de cambios de un automóvil.

- La transmisión variará de acuerdo al modelo y marca que utilicemos de cargador frontal.
- Caja de transferencia: Es el encargado de que la fuerza de salida sea transmitida hacia el diferencial trasero y delantero, con tal de repartir la carga.

- Diferenciales

Este componente no cambio mucho en los últimos años, ya que solamente cambio en la posición de los frenos y mandos finales que actualmente se sitúan en el centro y forman con la piña del diferencial un todo, con la finalidad de:

- Separar los mandos finales de las áreas de impacto exterior, las cuales son fuente de averías siempre
- La posibilidad de cubrir con aceite los discos de freno, para que mejore su enfriamiento, así como incremente su ciclo de vida y su mantenimiento se prolongue.

- Sistema Hidráulico

Este componente se compone de: Las bombas, las botellas, el tanque de fluido hidráulico y las válvulas.

Este también cambia al avanzar la tecnología. Los sistemas hidráulicos antiguos presentaban dos circuitos independientes: el control de baja presión, (sirve para gobernar el otro circuito) y el control de alta presión. Actualmente se sustituye el control de baja presión (piloto) por mecanismos electrónicos, que permite una cantidad menor de componentes, costo menor, un control más exhaustivo del sistema y una fiabilidad mayor.

- Brazos de levante

Entre ellos tenemos el cucharón. Este se clasifica con respecto por el cual fue diseñado y con respecto al material que se va a transportar, entre estos se tienen los baldes de material de uso general, de roca y ligero. Los baldes de roca tienen forma “V” y dientes con el fin de tener mejor penetración, en cambio los baldes ligeros y de uso general tienen forma recta.

2.2.2 La evolución del mantenimiento

El presente ha ido avanzando gracias al progreso cultural y técnico, y parte de la revolución industrial. En primera instancia el mantenimiento solo se realiza por reajo, más pasando el tiempo, se volvió relevante, hasta que actualmente es fundamental en la producción de todas las organizaciones, empresas o industrias.

El impacto de la gestión de activos actualmente se aplica software de mantenimiento profesional y metodologías, con el propósito de competir en el mercado (ComparaSoftware, 2020).

2.2.2.1 Primera Generación: Mantenimiento Correctivo

Cuando la población comprendió la importancia económica de los activos, se empezó a tomar importancia en el tema de “mantenimiento”, resaltando que desde la Revolución industrial se evidenció que no todos los equipos o maquinarias debían conservarse.

En esta primera instancia, el mantenimiento solo se realizaba la reparación de algún activo cuando este se averiaba o fallaba. Lo que ocasionaba que la producción se detenía al paralizar el activo que se malogró, este tipo de mantenimiento es el correctivo. Además, el mantenimiento se realizaba por sistemas de control e instrumentación básica, no se detectaba fácilmente la falla porque los componentes del activo no eran robustos, ni visibles.

No existían planes de rutina, ya que el mantenimiento solo se daba cuando ocurría una avería o falla, por lo que no había nada que hacer y la estrategia a seguir era reparar las válvulas, los motores u otro componente que se malogró.

2.2.2.2 Segunda Generación: Mantenimiento Preventivo

Las máquinas que se usaban en los procesos industriales durante mediados del siglo XX eran cadenas productivas complejas. El formato productivo y la producción a escalas elevadas, incrementa el trabajo que realizan las máquinas, que a su vez dependían del funcionamiento adecuado de estas.

La evolución del mantenimiento se debió a la importancia que tenían los activos, para reducir costos, aumentar su productividad y aumentar su competitividad. Si un activo fallaba, entonces se producía demoras inaceptables que trae en consecuencia la masiva pérdida, y esto se potenció cuando ocurrió la segunda guerra mundial.

Los primeros programas de mantenimiento preventivo surgen porque los activos pasaron a ser clave en producir equipos, vehículos, armas y herramientas militares.

Esta generación se enfocó en la preservación del ciclo de vida de un activo, principalmente los aparatos militares, porque si se realizaban mantenimiento correctivo entonces no se operaban cuando se reparaban, ya que se tenía que evitar una falla temprana, para minimizar costos e impactos, y se disponía el mayor tiempo en los barcos, tanques y aviones con tal de ir a la guerra. El plan de reparación preventivo se desarrollaba considerando: La ejecución de inspecciones rutinarias; el monitoreo y detección sistemática de fallas; Y el cambio de algunos componentes de acuerdo al número de horas que funcionaba el activo.

2.2.2.3 Década de 1960: Mantenimiento predictivo

En esta década, la realización del mantenimiento estaba basado en prevenir y corregir, estas dos estrategias se basaban únicamente en tareas de fondo, que tenían importancia baja y solo se usaban cuando el activo se averiaba. El área de mantenimiento solo se enfocaba en la mecánica, la lubricación, engrase, electricidad, o cambio de piezas, la predicción era inexistente. El operario realizaba el mantenimiento en base a una rutina programada, mas no

toma en consideración las condiciones operativas de los activos. En esta década, realizar un plan de mantenimiento era muy costoso y generalmente se realizaba el mantenimiento en las horas programadas, mas no era consciente de cuando realizar el mantenimiento. El mantenimiento predictivo surgió porque las actividades del mantenimiento que se seguía, no proporcionaban mejoras en las instalaciones o activos, este mantenimiento se realizó con el fin de realizar el monitoreo a partir de dispositivos, sensores e indicaciones por cada activo, con tal de prever una avería posible o un mal funcionamiento.

En vez de efectuar un mantenimiento general solamente, se pensó realizar un mantenimiento a partir de realizar datos claves de los activos con el fin de realizar la determinación del ciclo de vida de componentes críticos de un activo. Un paso significativo en la evolución del mantenimiento es realizar acciones de mantenimiento y tomar previsiones con respecto a estas acciones, con lo cual se ahorra recursos y tiempo.

El mantenimiento predictivo, no trataba de dar a los equipos totales el mismo mantenimiento, sino se empezó a utilizar técnicas de verificación mecánica (análisis de ruidos y vibraciones), por lo cual se necesitó de personas que sean especialistas, ya que no todas sabían analizar y leer los datos que se leían en los sensores, ya que estos datos representaban el comportamiento del activo a través del tiempo y se registraban en base a gráficos de tendencia.

2.2.2.4 Década 1970 – 1980: TPM (Mantenimiento Productivo Total)

En Japón en la década de 1960 surge la filosofía del mantenimiento, la cual revoluciona mundialmente las industrias, más el mantenimiento no se desarrolló en igualdad, ya que el pionero de muchas prácticas fue Japón, para después aplicarlo en los demás países.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se empleó en la empresa Nippondenso en el año 1960 y se conceptualiza como una gestión holística, y durante las décadas de 1970 y 1980 se desarrolló en diferentes lugares. Esta filosofía surge al ver que se necesita aplicar un

mantenimiento que cuesta menos que el mantenimiento preventivo. Para solucionar esto se utilizó el concepto que se tenía de mantenimiento autónomo que se basa en la capacitación de operarios productivo para la realización de actividades básicas que se realizan en el mantenimiento. La automatización brinda la ayuda en esta filosofía, porque permite que el personal lea las indicaciones y monitoree los activos que tiene la empresa. El entrenamiento de los operarios es fundamental ya que implica la responsabilidad que tiene en la calidad del activo que tiene la empresa, así como su fiabilidad de operación, esto revolucionó completamente el mantenimiento.

El mantenimiento productivo total no solo es integrar tareas de mantenimiento al operario, sino es una filosofía que es efectivo en evitar fallas y pérdidas a la empresa que lo emplea. Por ello, el propósito principal del TPM es el progreso de destrezas competitivas en la empresa total, al identificar y eliminar las deficiencias que tiene. Asimismo, el mantenimiento productivo total incluye el preventivo, correctivo y la gestión de calidad, por lo que el TPM es una metodología integral.

2.2.2.5 Década de 1980: Mantenimiento RCM

La compañía United Airlines de Estados Unidos, sugiere la práctica de la reparación centrada en la fiabilidad (RCM), ya que, por la década de 1960, sufre más de 60 accidentes/millón de despegues, y 2/3 de estos se ocasionó por la falla de algún equipo en las aerolíneas. Debido a la tasa de accidentes, se fue probando realizar cambios a las piezas en tiempos menores, más esto no solucionaban la reducción del porcentaje de falla, es más se incrementaba este porcentaje. Por ello, se realizó una investigación que duró al menos 20 años, que es el RCM, como una solución al problema que tenía la empresa. Esta investigación se basa en someter a los distintos componentes que tenían las aerolíneas a pruebas con el fin de hallar su ciclo de vida en diferentes condiciones. Los planes que se tenían como menos costosos y más seguros es aplicarlo en todos los activos. La investigación tenía como objetivo realizar

la determinación de lo que se debe hacer para que un componente continúe realizando sus actividades después del mantenimiento.

Esto no solamente consistía en realizar cambios a un componente porque sí, más bien consiste en identificar los componentes críticos que cuando se usen se desgasten más. Así como predecir las fallas en los componentes y equipos, bajo condiciones de funcionamiento y contextos específicos, así como que las actividades se ajusten proactivamente.

2.2.2.6 Actualidad: Importancia tecnológica en el mantenimiento

La evolución de técnicas y equipos, de acuerdo a la globalización es más dinámica cada vez. Entre los años 1980 y 2000, las industrias cambiaron de diferentes maneras, más la revolución informática causó impacto en especial en la calidad, el flujo de trabajo, la producción, entre otros impactos, por lo que, todas las empresas tienen que adaptarse a las tecnologías nuevas en la actualidad. La utilización de un software de mantenimiento es clave para realizar la gestión de activos industriales en el mantenimiento industrial.

La administración de los activos detalladamente y ordenadamente, origina una productividad mejor y hace que las organizaciones tengan mayor competitividad en el mercado. El uso de equipos complejos que utilizan componentes informáticos intrínsecos, hace que incorporar herramientas que sean capaces de usar sensores (leer datos) y poder gestionarlos sea necesario en todas las empresas. Si se usa de diferente forma, es difícil conseguir tener un monitoreo y un control de los activos complejos que tiene la empresa.

Los softwares de mantenimiento contribuyen a administrar procesos de mantenimiento en su empresa, designar tareas, diagnosticar y monitorear fallas, logrando la identificación de prácticas óptimas, perfeccionando el desempeño a largo plazo, todo para obtener informes que brinden resultados satisfactorios de la inspección.

2.2.3 Mantenimiento correctivo

Es una serie de actividades sistemáticas que se destinan en la corrección de fallas de activos que tengan la necesidad de reemplazarlo o repararlo. Realiza la corrección de los errores que tenga un activo y depende como se intervienen, con el fin de volver a su funcionamiento adecuado. Este tipo de subsistencia no dependen de los planes de mantenimiento, por lo que posiblemente no haya piezas de repuestos que se necesite en la reparación. Asimismo, tal vez no halles técnicos de mantenimientos que estén disponibles en ese momento y pueda solucionar el problema en ese instante y las fallas son imprevistas totalmente.

De acuerdo con lo planteado por Solano (2020), el mantenimiento correctivo se realiza como mantenimiento rezagado a la detección de fallas, es decir, implica la parada de procesos y producción, ya que se requiere detener la máquina para repararla y regresar a su normal funcionamiento.

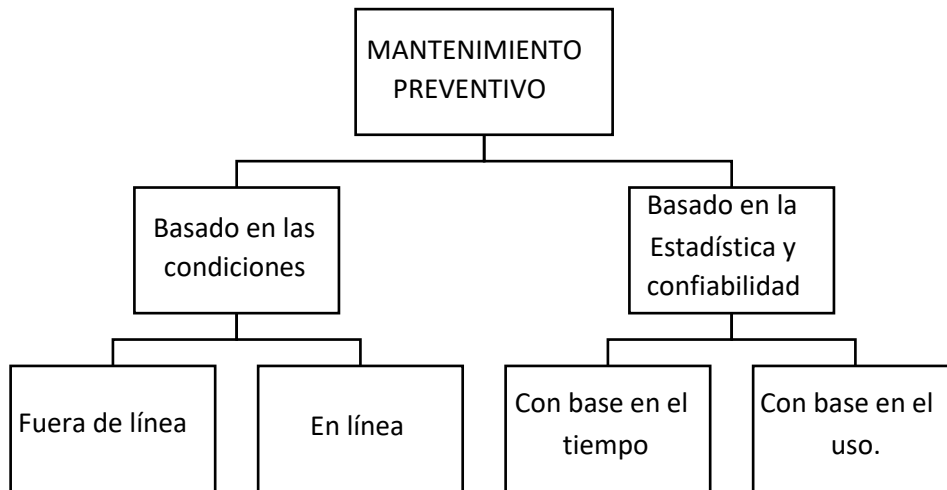
2.2.4 Mantenimiento preventivo

El presente es el sistema de reparaciones y acciones planificadas en tiempos establecidos. Usualmente, en industrias manufactureras, se realiza la lubricación de equipos, inspecciones programadas o ensayos no destructivos. La principal diferencia respecto al mantenimiento correctivo, es que el presente se debe llevar a cabo antes de que se genere una falla en los dispositivos, pues, se debe aseverar la persistencia del proceso de producción, mejorar la confiabilidad y operatividad de las máquinas (Flores, 2010).

2.2.4.1 Tipos de mantenimiento preventivo

Figura 1

Categorías del mantenimiento preventivo.



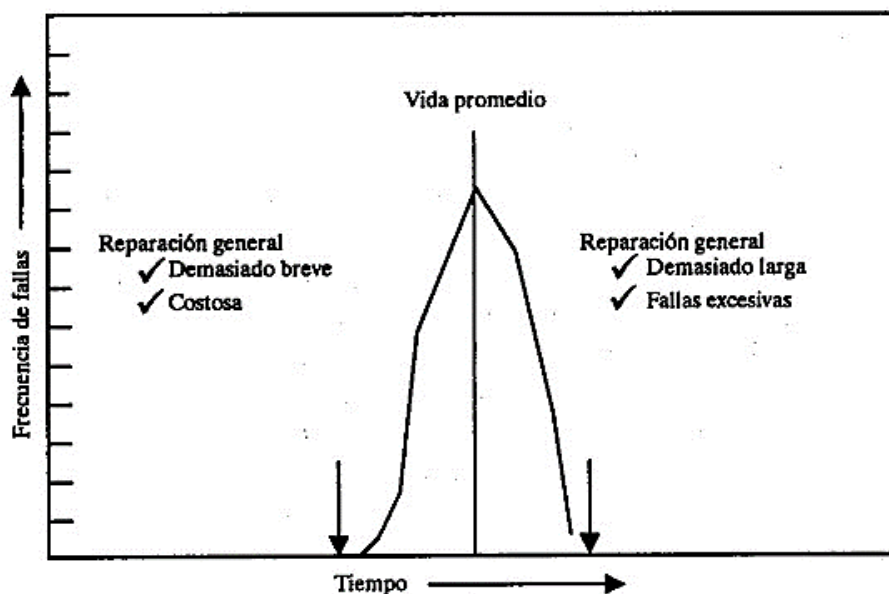
Nota: Adaptado de Raouf y Dixon (2000).

2.2.4.2 Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso

Se realiza cuando el mecanismo predominante se basa en el tiempo de vida de la herramienta o el equipo. La variable que causa el problema en este tipo de mantenimiento es el grado de desgaste que sufre el elemento, ya que a medida que transcurren periodos de tiempo la posibilidad de presentar fallas se incrementa. Sin embargo, el MP basado en el tiempo solo se justifica si la reparación regresa las propiedades operacionales del equipo para las que fue creado (Raouf y Dixon, 2000). Adicionalmente, es importante señalar que este MP es recomendable aplicarlo cuando se conoce el tiempo de vida útil del equipo o herramienta. Finalmente, en la siguiente Figura se presenta la condición fundamental para que el MP basado en el tiempo sea adecuado.

Figura 2

Reparación general basada en el tiempo



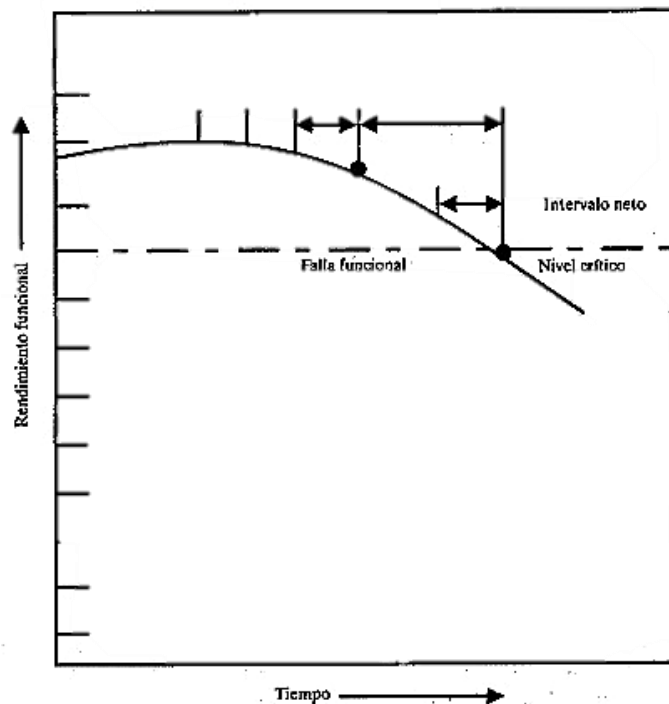
Nota: La imagen muestra un tiempo de vida identificable para el equipo, a partir del cual se puede plantear el periodo donde se debe realizar mantenimiento con la finalidad de aprovechar al límite las capacidades del equipo. Fuente: Recuperado de Raouf y Dixon (2000).

2.2.4.3 Mantenimiento preventivo con base en las condiciones

Puede realizarse cuando la probabilidad de falla no depende del tiempo de operación o uso de la maquinaria. Aparte, no se conoce que enfoque se debe tomar para prevenir las fallas. Por esta razón, se realiza mediciones y registros de las variables que generarían fallas o alteración del funcionamiento en los equipos. Por otro lado, es conveniente aplicar el MP basado en condiciones si la maquinaria permite generar un intervalo de tiempo adecuado para realizar inspecciones hasta su falla funcional.

Figura 3

Mantenimiento basado en las condiciones



Nota: La imagen muestra el rendimiento funcional de una maquinaria en función del tiempo. Se puede identificar intervalos en los que es factible realizar inspecciones hasta su falla funcional, por lo tanto, se puede aplicar mantenimiento basado en las condiciones del equipo. Recuperado de: Raouf & Dixon, 2000.

2.2.5 Detección de fallas

Aun cuando se realicen supervisiones rutinarias y programas de mantenimiento establecidos, deben ejecutarse registros semanales, ya que se podrían presentar fallas inesperadas. La finalidad de la detección de fallas es programar acciones contra la presencia de averías que puedan causar problemas al mantenimiento, producción o disponibilidad de los equipos.

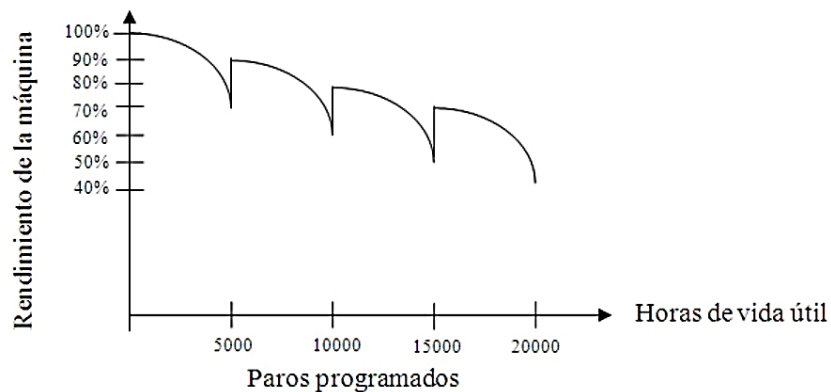
2.2.6 Reparación general

Según la definición planteada por la DIN 21051, se define como reparación o mantenimiento a las actividades programadas o espontáneas para recuperar la funcionalidad

inicial de los equipos. Sin embargo, es importante señalar que, a pesar de programar paradas de planta para reparar todos los componentes de una maquinaria, nunca se podrá lograr recuperar el 100% de su rendimiento, ya que se presenta un envejecimiento de las propiedades mecánicas de sus componentes.

Figura 4

Rendimiento de una máquina en función de su tiempo de vida útil



Nota: En la imagen se puede observar que cada para programado para mantenimiento general, logra recuperar un porcentaje del rendimiento de la máquina; sin embargo, siempre queda un porcentaje irrecuperable.

Recuperado de: Riera, 2012.

2.2.7 Reemplazo

Para ejecutar un reemplazo, reparación o actualización de equipos se necesita evaluar los costos del periodo de vida general de las piezas, esto incluye desde su compra hasta la eliminación. Asimismo, la mejor etapa para diseñar un plan de reemplazo, si fuera necesario, es durante el diseño del tiempo de vida útil, dado que se obtiene información principal y relevante, brindada por el proveedor que suministra los productos (Dixon y Raouf, 2000).

Por otro lado, el reemplazo de piezas puede ser de manera preventiva y se clasifica en:

2.2.7.1 Reemplazo en función de la edad

Para este caso, se realiza un reemplazo de piezas o equipos después un tiempo determinado de operación sin llegar al fallo. La ventaja que ofrecería este método es que, si se realiza correctamente, el equipo que recibió piezas reemplazadas podría operar como si estuviera nuevo, con casi su 100% de efectividad.

2.2.7.2 Reemplazo con intervalos de tiempo definidos

En este tipo mantenimiento se realiza reemplazos después de que la máquina hay operado por un tiempo establecido de funcionamiento. A diferencia del reemplazo basado en la edad, este mantenimiento es independiente de la cantidad de fallos ocurridos durante su periodo de tiempo.

2.2.8 Mantenimiento y AMEF

Es aplicable a sistemas con mantenimiento preventivo y la principal ventaja es que puede reducir hasta en un 30% el mantenimiento convencional, el trabajo establecido sería mucho menor y consiste en un sistema fácil de entender.

2.2.9 Análisis de modo y efectos de fallas (AMEF)

De acuerdo con Zelada (2017), para perfeccionar la gestión del mantenimiento, el AMEF es una de las principales herramientas del mantenimiento basada en la confiabilidad. Una gran ventaja de esta metodología es que accede a determinar posibles dificultades o fallas antes de que perturben el proceso de producción. Además, la metodología de modos y efectos de falla permite identificar errores clasificándolos según su frecuencia y severidad, lo que la hace muy eficiente, económica y sencilla de usar. Estos son algunos ejemplos de situaciones en las que esta técnica puede ser útil:

- Cuando se presentan fallas para la instalación de equipos, ya que provocan pérdida de tiempo y esfuerzo.

- Si existen modos de falla de carácter potencial que dificultan el mantenimiento de equipos.
- La sencillez para utilizar equipos.
- En el campo de seguridad y salud ocupacional o riesgos ambientales. Tipos de AMEF.

2.2.9.1 Pasos y criterios para elaborar el AMEF

En primer lugar, se debe formar una comisión de trabajo para el diseño del AMEF. Después, se selecciona los equipos o procesos de operación que se van a analizar. Finalmente, se analizan los puntos más importantes con la finalidad de elaborar el reporte del método.

2.2.9.2 Modo potencial de falla

Consiste en la forma en la que el dispositivo, proceso o herramienta pueda fracasar impidiendo que se cumpla sus labores de manera normal. Se debe identificar cómo el equipo podría llegar a fallar.

2.2.9.3 Efecto potencial de falla

Son conocidos como aquellos efectos producto de la aparición de fallas (baja de producción, disponibilidad, defectos, etc.).

2.2.10 Severidad

Posee un rango de clasificación desde 1 a 10 y significa la gravedad de la falla evaluada para la operación de la máquina, herramientas o procesos siguiente.

Tabla 1*Criterios de clasificación para la severidad de fallas*

Efecto	Efecto en el cliente	Calificación
Peligroso sin aviso	Posee la nota de severidad más alta- Interrumpe la producción y seguridad del proceso / producto.	10
Peligroso sin aviso	Se considera muy alto, ya que se considera un modo potencial de falla que no solo afectaría la operación, sino el reglamento del gobierno.	9
Muy alto	El producto no puede operar o desarrollar sus funciones de manera normal.	8
Alto	Los productos obtenidos están operables, pero existe disminución de la eficiencia. Armas, el cliente no se encuentra satisfecho.	7
Moderado	El cliente se encuentra insatisfecho. EL producto es operable pero no posee mucha convivencia	6
Bajo	El cliente está insatisfecho, debido a que se realiza un producto operable, pero con confort o conveniencia de manera	5
Muy bajo	No se cumple con los ajustes esperados. El 75% de clientes detectan errores.	4
Menor	Incumplimiento con acabados superficiales, presenta ruidos, etc. El defecto es notado por menos del 50% de clientes.	3
Muy menor	No se cumple con los ajustes, acabados o estándares de producción establecidos. Los defectos son notados por menos del 25% de participantes.	2
Ninguno	No se presenta efectos perceptibles.	1

Nota. Tomado de Solano, 2020.

2.2.11 Causas de fallos potenciales

Son las causas que originarían fallos en los equipos, herramientas o procesos.

2.2.12 Ocurrencia

Es la frecuencia con la que una falla se presenta en un determinado rango de tiempo.

Tabla 2*Criterios de ocurrencia de fallas*

Criterio	Probabilidad	Calificación
Muy alta	Fallas persistentes durante el día	10
	Suceden fallas en el día, pero pocas	9
Alta	Fallas frecuentes entre 3 a 5 a la semana	8
	Se presentan fallas semanales entre 1 y 3	7
Moderada	Fallas ocasionales durante cada 15 días de trabajo	6
	Se presentan fallas comunes durante el mes	5
	Las fallas mensuales suceden poco	4
Baja	Las fallas suceden con una frecuencia muy baja	3
	Fallas relativamente bajas durante el año	2
Remota	No se presentan fallas o son de poca consideración	1

Nota: Tomado de Solano, 2020.

2.2.13 Detección

Este criterio se utiliza para determinar la detección de fallas mediante los controles utilizados. Por otro lado, permite evaluar la eficiencia de los controles en un intervalo de 1–10.

Tabla 3*Crterios para la detección de fallas*

Detección	Criterios	Tipos de Inspección			Calificación
		A	B	C	
Casi imposible	Corteza absoluta de no detección			X	10
Muy remota	Los controles probablemente no detectaran, o lo hacen al azar			X	9
Remota	Los controles tienen poca oportunidad de detección, solo inspección visual			X	8
Muy baja	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	7
Baja	Los controles pueden detectar		X	X	6
Moderada	Los controles pueden detectar		X		5
Moderadamente	Los controles tienen buena oportunidad para detectar	X	X		4
Alta	Los controles tienen buena oportunidad para detectar	X	X		3
Muy alta	Controles casi seguros para detectar	X			2
Muy alta	Controles seguros para detectar	X			1

Tipos de inspección: A) A prueba de error B) Medición automatizada C) Inspección

Nota: Tomado de Solano, 2020.

NPR

Se define como número prioritario de riesgo y se utiliza para señalar el grado de importancia de la falla. Se puede obtener mediante el producto de la detección, severidad y ocurrencia.

Ecuación 1 Cálculo del Número Prioritario de Riesgo

$$\text{NPR} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección} \quad [1]$$

Tabla 4

Clasificación según NPR

NPR	Clasificación
0 - 100	Bajo
100 - 200	Moderado
200 - 300	Alto
300 - 1000	Extremo

Nota: Tomado de Solano, 2020.

2.2.14 Fallas funcionales

Las fallas funcionales son factores que impiden el normal funcionamiento de una maquinaria o incluso puede llegar a suspender sus funciones. Por otro lado, según Santisteban (2018), las fallas pueden clasificarse en.

- Fallas prematuras

Se pueden presentar durante todo el funcionamiento de la máquina. Entre las principales causas se tiene: defecto de fabricación, materia prima en mal estado, inadecuado ensamblaje.

- Fallas accidentales

Ocurren durante el normal desenvolvimiento de la máquina. Las razones que podrían generar este tipo de fallo son: inadecuado manejo por parte de los operadores, inapropiado protocolo de operación.

- Fallas por desgaste

Se evidencian cuando la maquinaria presenta el fin de su tiempo de vida útil y se debe al desgaste natural producto de continua vibración, calentamiento, revoluciones, etc.

2.2.15 Modos de falla

Son los motivos de carácter físico por los que un equipo llega al fallo, fractura o pérdida de sus propiedades mecánicas, por ejemplo, corrosión, abrasión, sobretensión, etc.

2.2.16 Efectos de falla

Son las consecuencias que produciría la falla de un equipo. Usualmente puede tener muchas repercusiones, por ejemplo, pérdidas humanas, económicas, contaminación al medio ambiente o detención de la producción.

2.2.17 Tareas proactivas

Según Flores (2010), las tareas proactivas están enfocadas al mantenimiento con la finalidad de detectar y corregir aquellas causas que de no tratarse a tiempo podrían generar desgaste y posteriormente falla en los equipos. Por otro lado, después de identificar las fallas es importante generar un plan de reparación para asegurar que su tiempo de vida no disminuya.

2.2.18 Cálculo de indicadores de mantenimiento

2.2.19 Probabilidad acumulada de fallas

Consiste en una frecuencia de fallos en función del tiempo que sirven para determinar qué acciones son necesarias para corregir los posibles fallos y mejorar la disponibilidad.

Además, al optimizar la tasa de fallas se podrá aumentar la seguridad del procedimiento.

Figura 5

Función de probabilidad de fallas



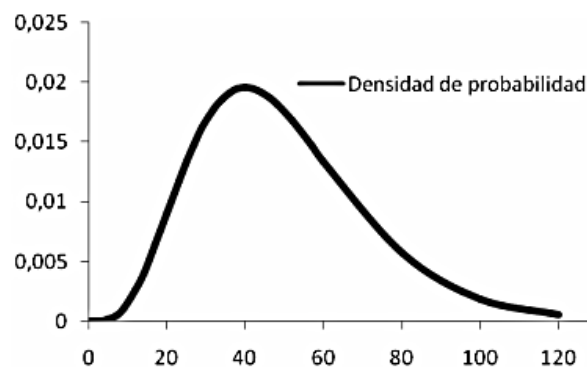
Nota: Tomado de Zegarra, 2016.

2.2.20 Densidad de probabilidad de falla

Es una variable utilizada para determinar la probabilidad de no fallo de equipos a través de distribuciones estadísticas. El modelo más utilizado es la distribución de Weibull, pues, se adapta a diferentes distribuciones de fallas.

Figura 6

Función de probabilidad de densidad de falla



Nota: Tomado de Probabilidad, s.f.

2.3 Definiciones de términos

2.3.1 Vida media

La vida media se define como el periodo de tiempo en el que una máquina funciona al máximo de su rendimiento. Por lo general, este dato se obtiene en los manuales de fabricante

2.3.2 Tasa de Disponibilidad

Es el tiempo en unidad de porcentaje, en el que un aparato se halla en las condiciones de operación.

2.3.3 Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es un indicador utilizado para representar el tiempo que puede operar una maquina sin llegar al fallo. Esto significa, que teóricamente durante este tiempo, el equipo debe funcionar a su máxima eficiencia disponible. Por otro lado, se puede calcular mediante la siguiente fórmula.

Ecuación 2 Cálculo del MTBF

$$MTBF = \frac{\textit{tiempo productivo}}{\textit{número de fallas}} \quad [2]$$

2.3.4 Mantenibilidad (MTTR)

Es también conocida como tiempo medio entre reparaciones y se encarga de señalar el periodo de tiempo que requieren las reparaciones. Esto quiere decir, que durante este tiempo la máquina dejara de producir, por lo tanto, un parámetro muy importante para gestionar las paradas de planta con la finalidad de garantizar la continuidad de producción. Se puede calcular mediante el siguiente modelo matemático:

Ecuación 3 Cálculo del MTTR

$$MTTR = \frac{\textit{tiempo de inactividad (por fallas)}}{\textit{número de falla}} \quad [3]$$

2.3.5 Tasa de reparación

Representa el número de reparaciones durante el mantenimiento que se realiza en relación a la cantidad de tiempo total de reparación (en horas).

2.3.6 Criticidad

La criticidad es un indicador de incidentes y fallas que se puede analizar cuantitativamente en función de la gravedad de sus efectos. Matemáticamente se puede estimar a través de la siguiente relación:

Ecuación 4 Cálculo de la criticidad

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia} \quad [4]$$

Donde:

La frecuencia representa la cantidad de errores que presenta el sistema.

La derivación está relacionada al efecto económico, medioambiental y de seguridad que representa la falla.

2.3.7 Frecuencia de fallas

Hace referencia a la cantidad de veces que se exhibe las fallas en un periodo de tiempo definido.

Tabla 5

Frecuencia de fallas

Frecuencia de fallas	
4	Alto, mayor a 2 fallas al año
3	Promedio, de 1 a 2 fallas al año
2	Buena, de 0.5 a 1 falla al año
1	Excelente, menos de 0.5 falla al año

Nota: Tomado de Salvatierra, 2019.

2.3.8 Gestión en el mantenimiento

2.3.8.1 Desempeño de la gestión de mantenimiento

La presente gestión tiene como finalidad actuar sobre los aspectos cruciales para que una máquina o empresa funcione adecuadamente.

Es así, que, si en un departamento de mantenimiento que no solo se ocupa de la reparación de maquinaria o equipos, sino también de administrar el presupuesto de mantenimiento, los recursos humanos y los depósitos para garantizar una gestión de mantenimiento eficiente.

2.3.8.2 Implementación de la gestión de mantenimiento

Comienza con la creación de un plan de acción que describa las distintas etapas que se suscitarán para que la gestión se implemente. Este plan también debería estar en línea con el plan estratégico de la empresa.

2.3.8.3 Análisis de la situación

Primero, debemos analizar la situación de la empresa, su entorno y sus recursos.

En esta etapa nos daremos cuenta de que es lo que estamos realizando, y de qué manera lo estamos desarrollando.

Es de mucha importancia saber las ventajas de la empresa, sus características, el estado del almacén de repuestos, sus recursos y personal que trabaja en la empresa; con el objetivo de aclarar ideas respecto a la empresa (Torres, 2005).

2.3.8.4 El plan de mantenimiento

Para la elaboración del plan de reparación y conservación primero es necesario definir un método más adecuado en este caso la estrategia del AMEF, pero por otra parte, también se puede utilizar el método P.D.C.A, (planificar, ejecutar, controlar y actuar), en el cual un plan de acción cíclico es instaurado dentro del proceso (Torres, 2005).

- **Planificar:** En función al contexto de hoy en día y los recursos disponibles, se necesita definir los fines que se desea alcanzar empleando conocimientos de gestión, siendo esencial ejecutar el plan de reparaciones y conservación. Todos necesitan establecer metas y progresar para volverse más firmes, si es específico, el resto es fácil.
- **Ejecutar el plan:** Luego de planificar se debe gestionar los recursos que dispone la empresa para poder lograr los objetivos que se han planteado.
- **Controlar:** Es importante poder valorar cuanto se ha avanzado con respecto a los objetivos marcados, el monitoreo de los resultados se ve cuando existe un parangón con las metas que se fijaron al principio.
- **Actuar:** Cualquier discrepancia entre los modelos estándar y los resultados debe corregirse planificando el diseño, la ejecución y retroalimentando el sistema (Torres, 2005).

2.3.8.5 Control de Gestión

Es el conjunto de señales que nos indicarán si es necesario cambiar la acción a través de decisiones o si es necesario ajustarse al plan o planes actuales.

2.3.8.5.1 Objetivos de control de gestión

- Asegurarse de que las acciones y decisiones se ajusten a las metas de mantenimiento de la empresa.
- Comprobar el cumplimiento de los fines planificados
- Ayudar a la toma de decisiones de acción y replanteamiento
- Uso eficiente de recursos
- Guiar los esfuerzos en forma coherente en dirección a los fines de la organización
- Optimizar los sistemas de comunicación

- Coordinación eficiente de tareas y procedimientos

2.3.8.5.2 Factores que Inciden en un Sistema de Control de Gestión

Estos están relacionados con la velocidad del cambio y la innovación, el tiempo que lleva aprender la respuesta a una determinada actividad y el número de centros de variación y responsabilidad. El campo de actividad del control es el centro de costo, centro de utilidad y responsabilidad. El campo de actividad del control es el centro de costo, centro de utilidad y responsabilidad. El campo de actividad del control es el centro de costo, centro de utilidad y responsabilidad. El campo de actividad del control es el centro de costo, centro de utilidad y responsabilidad. En estos sistemas, la efectividad de la contabilidad como medio para monitorear la presencia de incentivos como motivación, la caracterización los puntos clave de control, la elección de individuos clave, el concepto de variables comparativas y la atribución de rasgos críticos para cada indicador (Torres, 2005).

2.3.8.5.3 Instrumentos de un Sistema de Control de Gestión

Estos pueden ser el diagrama de proceso, flujo, forma y manera de realizar el proceso, diagramas de máquinas, preguntas y respuestas de eficiencia de operaciones, la indagación con respecto al tiempo, el logro de la competencia, la rentabilidad y la eficiencia; lo antes mencionados se podrían catalogar como los más útiles y frecuentes instrumentos utilizados dentro del sistema de control de gestión (Torres, 2005).

2.3.8.5.4 Conclusiones

La dirección necesita utilizar el control de gestión para abordar las posibilidades de éxito y lograr la competitividad, rentabilidad y eficiencia dentro de la empresa. Además, el informe de gestión se alimenta de la data proporcionada de los sistemas de indagación. Esto proporciona tableros de control para el diagnóstico y la toma de decisiones (Torres, 2005).

2.3.8.6 Costos de mantenimiento

Se encuentran intrínsecamente unidos con la preservación y la restauración de bienes de las personas o de las corporaciones. Estos tipos de costos son un imprescindible valor que se debe tomar en cuenta si se va a realizar gestiones contables de un plan o proyecto dentro de una empresa. Estos costos a su vez están relacionados con el mantenimiento, los cuales son

independientes frente a los niveles de producción o de ventas, esto quiere decir que haciendo tanto 5.000 sillas como 50.000, las máquinas necesitan ser debidamente conservadas, cuidadas y no desviadas del proceso de producción eficaz (Sánchez, 2021).

2.3.8.6.1 Clasificación de costos de mantenimiento

Los gastos de mantenimiento se dividen oficialmente en dos categorías: gastos fijos y gastos de infraestructura. Esto se debe a que son proyecciones de gastos planificadas. (Sánchez, 2021).

Sin embargo, esto es definitivamente cierto cuando se trata del mantenimiento programado para principios de año. Ya sea que se esté tratando de paliar interrupciones poco averías o interrupciones poco frecuentes, se está hablando de costos variables. El mantenimiento del sistema y la renovación de máquinas o sistemas, son el proceso de evitar mayores costos generales en caso de daño o falla (Sánchez, 2021).

- Costos fijos

Estos costos pueden representar servicios administrativos, servicios de limpieza, servicios indirectos, amortizaciones, contabilidad y mantenimiento. Estos costos de mantenimiento fijo a menudo incluyen la mano de obra y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo. Estos costes están destinados a mantener la calidad de la instalación a medio y largo plazo. Reducir los presupuestos y recursos destinados a estos gastos específicos limita la eficacia de la gestión del mantenimiento, aunque inicialmente suponga un ahorro económico para la empresa. Estos ahorros reducen la dependencia de la calidad de la máquina, la planta y el sistema (Torres, 2005).

- Costos variables

Estos costos incluyen el embalaje, materias primas, energía y costos variables de mantenimiento; el mantenimiento adecuado requiere costos de mano de obra directa. Al igual

que con cualquier otro tipo de mantenimiento, este mantenimiento se puede realizar en caso de daño inesperado o reparación por nuestra parte. Este tipo de trabajo de mantenimiento es difícil de reducir, ya que está directamente relacionado con la necesidad de continuar con la producción, pero puede reducirse evitando las averías de inactividad no planificadas (Torres, 2005).

- Costos financieros

El costo de almacenamiento de las piezas necesarias para las reparaciones agota la ganancia de la empresa y limita su liquidez. Cuando se utilizan repuestos adicionales en una frecuencia particular, se puede mantener la capacidad de la fábrica, reduciendo así los costos de financiamiento. Pero si tardan mucho tiempo para usar repuestos. La empresa no está obteniendo ganancias y está incurriendo en altos costos financieros. Este costo financiero debe incluir el costo de algunas instalaciones o máquinas para aumentar la confiabilidad, al mismo tiempo se debe instalar una máquina o estructura similar que permita la reparación de una de estas máquinas. Este doble esfuerzo a menudo no se tiene en cuenta al calcular los costos operativos (Torres, 2005).

- Costos por falla

Este costo mayormente engloba una gran significación pecuniaria, se valora y se cumple dentro de las compañías y empresas que están en el rubro de la producción de bienes y servicios (Torres, 2005).

- Costo total de mantenimiento

Este costo es la sumatoria de los cuatro costos antes mencionados (los costos fijos, variables, financieros y por falla), este costo total da una idea general de toda la gestión que implica el mantenimiento en la compañía o en la empresa (Torres, 2005).

- Costo óptimo o de equilibrio

No es suficiente lograr una alta disponibilidad o un bajo costo; la gestión de mantenimiento debe implementar una gestión integral de costos que incluya todos los aspectos relevantes para el negocio. Si recordamos los costos de mantenimiento anteriores, podemos ver que no son independientes; en cambio, están conectados directa, indirectamente o viceversa. Los dispositivos, sistemas o máquinas redundantes aumentan los costos, pero reducen los costos por falla. El costo del mantenimiento preventivo disminuye tanto la frecuencia como la gravedad de las fallas como el costo del mantenimiento correctivo. Los costos de mantenimiento correctivo disminuyen gradualmente a medida que aumentan los costos de mantenimiento preventivo. Los costos de prevención dependen de la planificación, pero los costos de reparación son impredecibles (Torres, 2005).

2.3.8.6.2 Principales rasgos de los costos en mantenimiento

En comparación con otros tipos de costos, los costos de mantenimiento tienen muchas características especiales que los definen (Sánchez, 2021).

- Composición del grupo: Los costos de reparación incluyen los costos de mano de obra para el trabajo de mantenimiento y los costos de los materiales y herramientas necesarios.
- Propósito de prevención: Un costo planificado de forma fija que permite el mantenimiento eficiente del equipo para evitar un aumento en los costos generales como resultado del deterioro que se desvía del programa de amortiguación especificado.
- Capacidad de ahorro: Una buena cuenta de mantenimiento ayuda a planificar para que se pueda gastar más dinero en otras partidas.
- Cálculo de costes: Los planes de costos de mantenimiento se presupuestan en función del ciclo de vida de los activos existentes. Por ejemplo, un restaurante de mariscos debe

presupuestar el mantenimiento de su refrigerador en función de la depreciación y la planificación de la vida útil (Sánchez, 2021).

2.3.8.7 Cálculo de costes de mantenimiento

Dentro del cálculo de costes de mantenimiento existen dos enfoques muy utilizados los cuales son:

- El cálculo aproximado.
- El cálculo específico o anual (Mancuzo, 2022).

2.3.8.7.1 Estimación Aproximada de Costos de Mantenimiento

Este método considera el historial previo del dispositivo, para ello, realiza consultas de trabajo, emplea la verificación de mantenimiento y examina el tiempo en el que se cambian piezas o métricas similares (Mancuzo, 2022).

La estimación proximal de costes de mantenimiento:

- Utilizar la información disponible para calcular los costos futuros incurridos por la empresa.
- Predecir el futuro basado en el pasado (Mancuzo, 2022).

Se toma en cuenta el estado actual de la lista de equipos, con el objetivo de determinar qué porcentaje de activos no reparados se puede volver a poner en servicio y qué porcentaje se puede restaurar (Mancuzo, 2022).

2.3.8.7.2 Estimación Específica o Anual de Costes de Mantenimiento

Otro método para calcular los costos de mantenimiento implica estimaciones específicas o anuales diseñadas para ser un proceso complejo, pero preciso. La principal diferencia es que las empresas necesitan profesionales de mantenimiento que puedan proporcionar estimaciones precisas. Por otra parte, los gerentes deben estar familiarizados con

el mantenimiento predictivo, la estandarización de equipos y la ingeniería de repuestos, ya que se esperan fallas (Mancuzo, 2022).

Este modelo de estimación distingue entre dos tipos de presupuestos: uno para los planes de contingencia y otro para el trabajo planificado. El presupuesto de emergencia financia el mantenimiento no planificado, como emergencias y cortes imprevistos (Mancuzo, 2022).

2.3.9 Ventajas del Mantenimiento Predictivo y Correctivo

2.3.9.1 Ventajas del Mantenimiento Correctivo

Dentro de las ventajas del mantenimiento correctivo se encuentran que, brinda un ahorro a corto plazo, se requiere de una mínima planificación y recursos para el mantenimiento de las maquinarias o de los activos, otra ventaja es que es una intervención bastante simple ya que solo corrige las fallas del funcionamiento, y por último genera optimización en todos los procesos de coste de producción, ya que el mantenimiento predictivo suele ser más caro que el mantenimiento correctivo (Vidal, 2021).

2.3.9.2 Ventajas del Mantenimiento Predictivo

- Disminuye los espacios y tiempos de parada.
- Accede el seguimiento de la evolución de imperfecciones en el transcurso del tiempo.
- Mejora la gestión de las personas que trabajan dentro del mantenimiento.
- La confección de un archivo de historia del comportamiento mecánico se realiza gracias a la comprobación del estado de las máquinas tanto de manera periódica como de manera accidental.
- Otra ventaja del mantenimiento predictivo es que nos permite conocer el tiempo límite de actuación que no tome en cuenta los momentos críticos de operación.

- Ejecución de decisiones con respecto a paradas de línea en situaciones críticas dentro de las maquinarias.
- Realización de formas de función en el interior de la empresa o compra de nueva maquinaria.
- Gracias al mantenimiento predictivo se conoce el historial de actuaciones, con el objetivo de utilizarlo en el mantenimiento correctivo.
- Brinda una opción más asequible al análisis e investigación de averías.
- Permite el estudio analítico de estadística del sistema (Vidal, 2021).

2.3.10 Importancia del Mantenimiento

El mantenimiento se refiere al proceso de inspección de equipos, instalaciones y otros materiales utilizados en actividades industriales. Es importante ya que se aplica a cualquier elemento que se encuentre defectuoso o en riesgo de fallar durante la prueba, incluido el mantenimiento. El propósito del mantenimiento es asegurar la eficiencia de cualquier empresa industrial. Estos tipos de pruebas pueden identificar errores existentes o problemas potenciales y determinan las acciones apropiadas a tomar antes de que ocurran consecuencias adversas o irreversibles (CIMELSA, s.f.).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Según lo explicado por Borja (2016) se puede clasificar esta investigación por el tipo aplicativa, ya que según se analiza los datos y variables y con estos modificar la realidad problemática que se ha considerado en el caso a resolver, por este motivo, se ha considerado en la presente investigación en la solución de la problemática surgida en los planes de mantenimiento y como su optimización y mejora van a afectar la productividad de los equipos mismos.

3.1.2 Nivel de investigación

Según lo explicado por Hernández (2010) se puede ver que el nivel explicativo de las investigaciones tienen una tendencia a generar de nuevos conceptos y aplicaciones en el campo donde será aplicado, por este motivo la presente investigación será colocada en este nivel, ya que se analizará y dará la explicación de por qué se aplicaron los conceptos presentes y como estos van a mejorar los datos y variables a analizar, dando así la generación de nuevas aplicaciones a la tecnología moderna en el aspecto de los planes de mantenimiento y a la gestión del mismo.

3.1.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación, según se indicó por Borja (2016) será del tipo no experimental, sub clasificado en el caso de investigación ex post facto (investigación en la cual el investigador parte de acontecimientos ya realizados), ya que se va a realizar un estudio donde se realizará en análisis y se establecerán las relaciones entre las variables y como la dependiente es afectada directamente e indirectamente por la otra, además que no se realizarán variaciones directas en las características y valores de las variables a seleccionar.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de la presente investigación, son los vehículos de línea amarilla del tipo cargador frontal presentes en el taller

3.2.2 Muestra

La muestra a analizar en la presente investigación, son la flota de cargadores frontales Caterpillar 980H presentes en el taller.

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 6*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable independiente La aplicación de las estrategias del AMEF de proceso.	<p>La aplicación de las estrategias del AMEF de proceso, se centra en la aplicación de las herramientas y procedimientos que forman una subparte de la gestión del mantenimiento, que se relaciona de forma directa con el mantenimiento RCM, ya que se centra en la maximización de la confiabilidad operacional de las maquinas, equipos o activos, a partir del análisis, determinación y evaluación de los requerimientos reales del mantenimiento y las fuentes de los errores y fallas que se presentan.</p>	<p>La aplicación de las estrategias del AMEF de proceso, radica en el análisis de las fuentes de fallas más críticas que se hallan en el proceso de inspección de los cargadores frontales, este se basa en el proceso del ARC, que nos permite determinar las fallas principales y rastrear las causas de estas, viendo su raíz de formulación.</p>	<p>Tiempos de mantenimiento. Fallas críticas. Confiabilidad.</p>	<p>Planificación y programación de mantenimiento Historial de fallas en los equipos Órdenes de trabajo</p>
Variable dependiente Gestión de mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 980H.	<p>La gestión de mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 980H, se define como el grupo de estrategias, documentos y procedimientos que se caracteriza, por ser el conjunto de metodologías y tareas que se realizaran a los cargadores frontales en el aspecto preventivo, para así logra reducir las fallas en las máquinas para tener una mejor disponibilidad operativa de las maquinas.</p>	<p>La variable dependiente definida por la gestión de mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar se define como los documentos, medidas donde se van a realizar los procesos de trabajos y las medidas de determinación.</p>	<p>Procedimientos de análisis de los equipos Utilización de los equipos Desgaste en los equipos</p>	<p>Disponibilidad de operatividad de los equipos. Indicadores de mantenimiento: MTTF MTTB</p>

3.4 Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1 Técnicas

Técnica documental: recopilación de datos para el análisis y revisión de bases de datos.

Técnica de observación en el campo de aplicación: participación en el análisis de los cargadores frontales, toma de datos de los indicadores y otros valores de evaluación directamente de los equipos

3.4.2 Instrumentos

En los instrumentos utilizados para realizar la investigación, se tomaron los siguientes:

- Libros de referencia
- Manuales de los equipos
- Base de datos

3.5 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos, se van a analizar en función a los objetivos específicos que se van a tener en la presente investigación.

3.5.1 Objetivo específico 1

Para lograr el objetivo 1, se va a utilizar como técnica de procesamiento de datos, el análisis de los parámetros de funcionamiento y la guía del proceso de evaluación de las fallas que se tienen actualmente basados en los manuales de mantenimiento y procesos de reparación de los cargadores frontales.

3.5.2 Objetivo específico 2

Para alcanzar resultados satisfactorios de este objetivo, se requiere efectuar el análisis de fallas y el procedimiento por medio del diagrama de Ishikawa, donde vamos a evaluar el origen y las consecuencias de las fallas en los cargadores frontales, siendo estos luego

determinados y evaluados de acuerdo a indicadores ya establecidos con la finalidad de determinar el valor de la disponibilidad operativa actual y luego estos serán comparados y evaluados para así lograr una mejora en la disponibilidad final.

3.5.3 Objetivo específico 3

Para lograr el presente objetivo, se va a aplicar la técnica del análisis y evaluación de criticidad, para con estos resultados lograr así una mejora en los indicadores del MTTB, MTTR, confiabilidad y demás valores que vayan a entregar un análisis más exhaustivo y clarificar la mejora de los indicadores de trabajo que se van a tener en los vehículos.

3.6 Equipos y Materiales

Los equipos y materiales que se van a considerar en la presente investigación serán considerados en función al análisis de los indicadores de mantenimiento que se van a tener en el taller donde se están ubicando los vehículos en este caso la flota de cargadores frontales 980H.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Unidad de análisis

La unidad que se va analizar es un Cargador Frontal Caterpillar 980H.

Figura 7

Cargador Frontal Caterpillar 980H



Nota: Tomado de Ferreyros CAT, de:

<https://www.ferreyros.com.pe/equipo/980/?parent=1884>

Tabla 7

Especificaciones generales técnicas de la unidad

DATOS GENERALES

Equipo	: Cargador frontal	
Color	: Amarillo cat	
Año	: 2005	
Ubicación de trabajo	: Cantera	
Código sap / interno	: Em-cfr-8	: 58
Clase de material	: 3000170	

Tabla 8*Datos de la maquinaria*

DATOS DE MÁQUINA		
Marca	: Caterpillar	
Modelo	: 980H	
N.º Serie	: JMS00272	
Arreglo	: 225-5536	
Capacidad colmada	: 5.5 yd ³	: 4.2 m ³
Capacidad al ras	: 4.8 yd ³	: 3.7 m ³
Peso de operación	: 66489.2 lb	: 30159 kg
Capacidad de combustible	: 127 gal	: 479 L
Neumáticos	: 29.5-25	

Dimensiones de la maquinaria

- Especificaciones técnicas:

Figura 8
Especificaciones técnicas del sistema hidráulico

Sistema hidráulico

Sistema de cucharón/herramienta – Salida de la bomba	464 L/min	123 gal/min
Sistema de cucharón/herramienta – Ajuste de la válvula de alivio	20.700 kPa	3.000 lb/pulg ²
Tiempo de ciclo hidráulico – Levantamiento	6 Segundos	
Tiempo de ciclo hidráulico – Descarga	2,06 Segundos	
Tiempo de ciclo hidráulico – Bajar, vacío, descenso libre	3,4 Segundos	
Tiempo de ciclo hidráulico – Total	11,46 Segundos	

- Sistema del accesorio (estándar), bomba de engranajes – Valores nominales de 2.100 rpm y 1.000 lb/pulg² (6.900 kPa).

Frenos

Frenos Cumple con las normas requeridas.

- Cumple con las normas de OSHA, SAE J1473 OCT90 y ISO 3450-1985.

Ejes

Parte delantera	Parte delantera fija	
Parte trasera	Oscilación $\pm 13^\circ$	
Subida y bajada máximas de una sola rueda	550 mm	21,7 pulg

Nota: Tomado de Specalog for Cargador de Ruedas 980H, ASHQ5631.

Figura 9
Dimensiones de la maquinaria

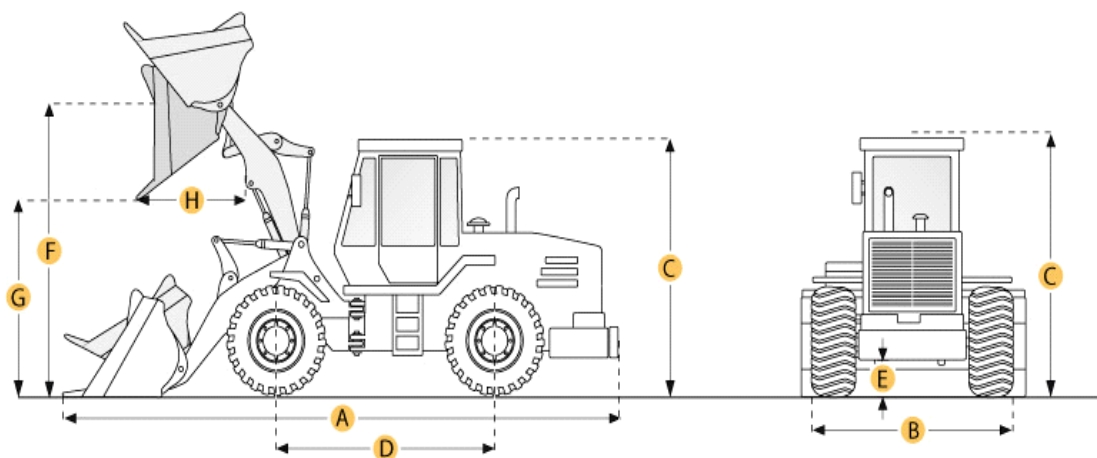


Tabla 9

Dimensiones

DIMENSIONES		
A	31.1 ft in	9480 mm
B	10.6 ft in	3227 mm
C	12.4 ft in	3765 mm
D	12.2 ft in	3700 mm
E	1.5 ft in	442 mm
F	14.8 ft in	4505 mm
G	10.8 ft in	3305 mm
H	5.1 ft in	1554 mm

Contexto operacional

Figura 10

Taxonomía del activo



Tabla 10
Jerarquía de taxonomía

Nivel	Jerarquía de taxonomía				
1	Minería				
2	Explotación				
3	Carga y transporte				
4	Planta de procesamiento				
5	Sistema de extracción				
6	Cargador frontal				
7	sistema de potencia	Sistema de rotación	Sistema hidráulico	Estructura	sistema eléctrico
8	Motor	Unidad de rotación	Bombas hidráulicas	Chasis	Sistema de arranque
9	Radiador	Mangueras	Bomba principal	estructura	baterías
	Turbo	estructura (carcasa)	Bomba secundaria	guardas	alterador
	Enfriador	Conexiones	Bomba auxiliar	estabilizador	arrancador
	Inyectores	Sensores	Mangueras	soportes	
	bomba de combustible	Impulsor	Cilindros hidráulicos		
	bomba de agua	Turbina	Conexiones		
	Monoblock	Eje	Sensores		
	Culata	Sello	Filtro		
	Filtros de combustible	Rodamiento	Válvulas		
	filtros de aire		Controles		
	Aceite				
	Filtros				

4.1.2 Instrumentos y técnicas

Basado en el reporte del proceso de reparación, el manual, historial de fallas y de reparación, entrevista y preguntas a los técnicos y personal de producción visitando el equipo.

4.1.3 Procedimiento y método de análisis

El proceso de desarrollo involucra varias etapas o todas las unidades se centraron en la gestión de los recursos de seguridad para garantizar la fiabilidad, la confiabilidad y la seguridad.

- Selección de maquinaria

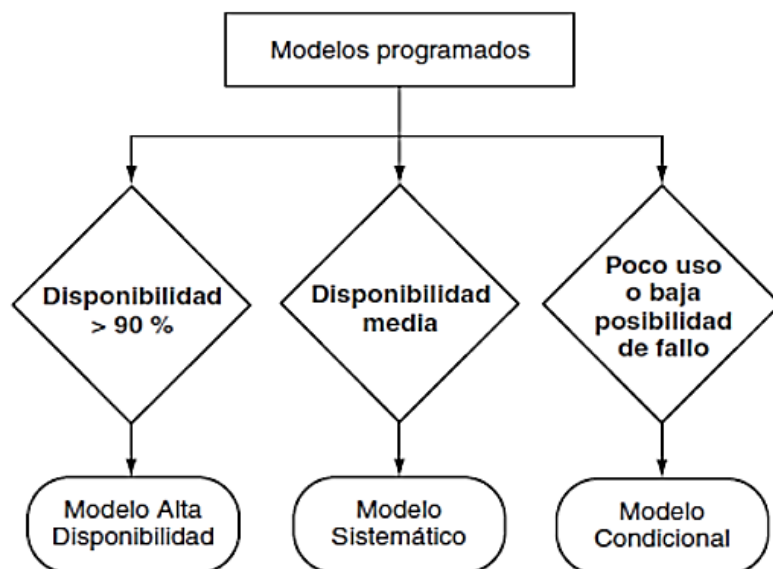
- Recolección de la información
- Identificación de fallas
- Para presentar una mejora de las gestiones para el plan de mantenimiento se determinó realizar unos pasos a seguir que se ajusten a cada objetivo y al método AMEF.
- Datos de entrada para el cumplimiento de los objetivos
- Checklist de Pre Uso Equipo de producción.
- Operadores.
- Reportes de operadores envió en tablas Excel.
- Ordenes de Trabajo de mantenimiento Correctivo y Preventivo.
- Órdenes de compra.
- Reporte diario de Horómetro por equipo.
- Reporte situacional de equipo para área de planificación
- Ordenes de trabajo por reparación finalizadas en el sistema
- Herramientas
- Análisis de Indicador MTBF y MTTR
- Análisis de Costos de Mantenimiento y horas trabajadas
- Análisis de Indicadores KPI de Disponibilidad Mecánica
- Resultados
- Gráficos MTBF

- Mayor % de Fallas por sistema
- Tablas y Gráficos de Resultados KPI

Para desarrollar un plan de mantenimiento que se adapte al método AMEF, las fallas del sistema deben identificarse para poder implementarlas en las tareas nuevas de mantenimiento.

Figura 11

Modelos de planificación de mantenimiento



Nota: Tomado de García, s.f.

Para evaluar el plan de mantenimiento, se tiene en cuenta los requisitos establecidos en el contrato con los clientes, que incluyen una disponibilidad superior al 90%. Por lo tanto, el modelo de mantenimiento del equipo debe programarse para una alta disponibilidad. La marca, el modelo, el código, el proyecto designado y otros elementos relacionados con los planes de mantenimiento se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 11
Descripción de la maquinaria

Descripción de la maquinaria		
Denominación	: Cargador frontal	
Color	: Amarillo CAT	
Marca	: Caterpillar	
Modelo	: 980H	
Año	: 2005	
Proyecto designado	: Cantera	
Código sap / interno	: em-cfr-8	: 58

Tan pronto como se prepara la hoja de equipo está listo para determinar el plan de mantenimiento. En una empresa de investigación, el tipo de mantenimiento que se adapta más al equipo se basa en RCM (implementación de mantenimiento), que se registra en el desarrollo de un conjunto de tareas planificadas que deben realizarse para garantizar el nivel de accesibilidad del equipo. El documento se genera a partir del análisis realizado a partir de incidentes realizados en trabajos de construcción e indicadores en los que hubo un menor rendimiento.

Se examinó la lista (historial de fallas) de verificación del área de mantenimiento y los trabajos de mantenimiento correctivo realizados por los empleados de la empresa para determinar cuántas fallas de incidencia había.

Como resultado del análisis de datos obtenidos se tendrán los siguientes puntos:

Funcionamiento de la maquinaria

Posible fallo de la maquinaria y desarrollo del trabajo para poder evitar paradas no programadas.

Creación de la estrategia de mantenimiento que prevé mayor accesibilidad funcional.

Se determinan el suministro principal de repuestos para el mantenimiento

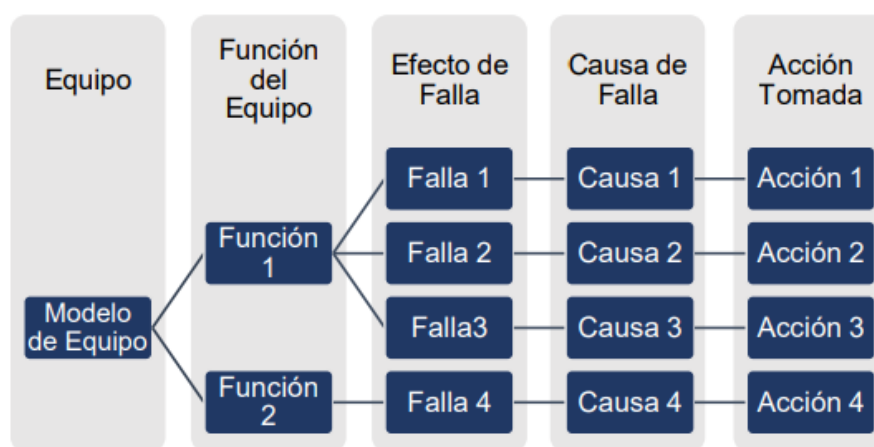
Luego de examinar el modelo de mantenimiento y la criticidad de los equipos, se procede a identificar las fallas técnicas y funcionales de los sistemas que componen cada equipo. La metodología AMEF es la herramienta que se utiliza en este punto.

Se examinan las incidencias más frecuentes reportadas por los sistemas de maquinaria. La lista de verificación de informes de fallas y ordenes de trabajo para los tipos de fallas de sistema más comunes en cada equipo. Las órdenes de trabajo se pueden ver como un historial de desglose en el que se pueden encontrar detalles importantes para completar el programa de mantenimiento.

Se empleó el diagrama de árbol para mostrar los resultados del análisis AMEF, destacando las fallas de los equipos que ocurren con mayor frecuencia y las medidas preventivas que se han tomado.

Figura 12

Diagrama AMEF



Nota: Tomado de Barrientos, 2017.

4.1.4 Análisis de criticidad del Equipo

Creación de un plan de mantenimiento utilizando el método AMEF, análisis de documentos, informes diarios, informes de usuarios, órdenes de trabajo se toman de

formularios preparados y se envían datos de Excel todos los días. Los datos resultantes representan la criticidad del equipo, por lo que se ha elaborado la siguiente Tabla.

Tabla 12
La criticidad del equipo

DENOMINACIÓN	CF CATERPILLAR 980H
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	4
Flexibilidad operacional	2
Costo de mantenimiento	5
Impacto de seguridad y medio ambiente	16
Criticidad	58
Nivel de criticidad	IMPORTANTE

Tabla 13
La criticidad del equipo

		MATRIZ DE RIESGO									
FRECUENCIA		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	4		20	40	60	80	100	120	140	160	180
3		15	40	45	60	75	90	105	120	135	150
2		10	30	30	40	50	60	70	80	90	100
1		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

	CRÍTICO
	IMPORTANTE
	NO CRÍTICO

En el estudio de AMEF, está claro que la mayoría de las tasas de falla están en el sistema de filtrado, especialmente en el subsistema motor, aceite, transmisión. Según el análisis, el funcionamiento del sistema de la máquina es lo más importante, sobre todo en lo referente al

filtro, se realiza un plan de mantenimiento, que incluye inspección periódica de los filtros, renovación y reparación de los filtros.

En las siguientes Tablas, MTBF, MTTR y la tasa de disponibilidad del equipo se calculan de enero a octubre de 2022 para identificar y medir la tasa de rendimiento del equipo y los niveles de rendimiento para garantizar que el mantenimiento del sistema sea nuevo y pagado.

La Tabla 14 cubre los meses de enero a octubre de 2022. El tiempo proyectado de cada mes por el equipo es de 315 horas al mes.

La investigación es determinar el tiempo medio entre fallas (MTBF) del sistema utilizando la herramienta MTBF; para ello divide el tiempo total de funcionamiento por el número de paradas provocadas por averías en los equipos. Se tiene que lograr un MTBF.

$$\text{Ecuación 5} \quad MTBF = \frac{\text{tiempo total de operacion en el periodo}}{\text{numero total de fallas}} \quad [5]$$

Se utiliza una lista de verificación de órdenes de trabajo e informes de errores del sistema para analizar el tiempo de falla de cada dispositivo, mostrando las acciones correctivas tomadas al más alto nivel de cada dispositivo.

También en la investigación se determinará el tiempo medio entre reparación de la falla (MTTR), para ello se divide tiempo total de mantenimiento entre el número de reparaciones.

$$\text{Ecuación 6} \quad MTTR = \frac{\text{tiempo total de Mantenimiento}}{\text{numero total de reparaciones}} \quad [6]$$

Seguidamente se realizará un cálculo de la disponibilidad del equipo mediante la división del tiempo medio entre fallas con la suma del tiempo medio entre fallas con el tiempo medio entre reparación.

$$\text{Ecuación 7} \quad \text{Disponibilidad (\%)} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad [7]$$

Tabla 14

Cargador frontal 980H

HORAS PROYECTADAS:		300								
EQUIPO	I T E M	MES	HORAS TOTALES PARADA	HORAS TOTALES PARADA POR FALLA	HORAS TOTALES PARADA POR MANTENIMIENTO	NUMEROS DE PARADA	HORAS DE OPERACIÓN REAL	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LA MAQUINARIA	MTBF	MTTR
CARGADOR FRONTAL 980H	1	ENE	256,8	248,8	8	8	43,2	14%	5,40	32,10
	2	FEB	20	12	8	1	280	93%	280,00	20,00
	3	MAR	25	17	8	3	275	92%	91,67	8,33
	4	ABR	28,8	20,8	8	4	271,2	90%	67,80	7,20
	5	MAY	49,1	41,1	8	7	250,9	84%	35,84	7,01
	6	JUN	44,3	36,3	8	2	255,7	85%	127,85	22,15
	7	JUL	29	21	8	2	271	90%	135,50	14,50
	8	AGO	53	45	8	6	247	82%	41,17	8,83
	9	SET	29	21	8	2	271	90%	135,50	14,50
	10	OCT	41,6	33,6	8	3	258,4	86%	86,13	13,87
TOTAL						38	2423,4	81%		

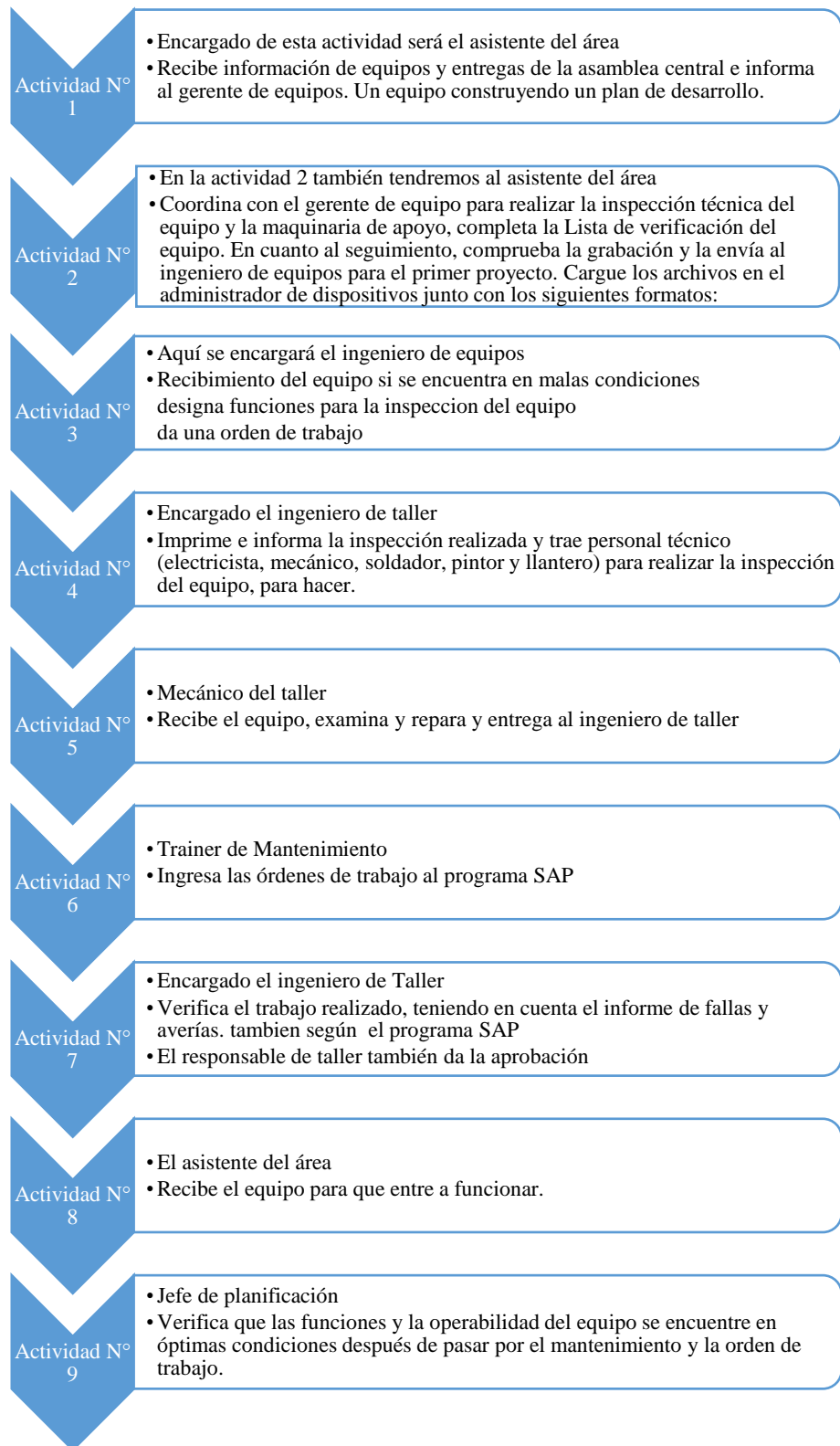
4.1.5 Procedimiento para el mantenimiento del equipo

La junta centrada de la empresa tiene el compromiso de velar por la disposición de la atención y el buen funcionamiento del dispositivo, considerando las normas de seguridad, asegurando la protección del personal y el medio ambiente, afirmando que todas las actividades deben realizarse bajo supervisión.

El mantenimiento realizado en el taller central cubre el mecanismo de producción, vehículos y dispositivos técnicos de la empresa. El trabajo de mantenimiento lo llevan a cabo trabajadores calificados como mecánicos, llanteros, pintores, electricistas y metalúrgicos. La inspección de los trabajos la realizan los ingenieros del grupo y los responsables de formación.

Figura 13

Procedimiento



4.1.6 Propuesta del plan de mantenimiento

El proceso de creación de un sistema consta de tres partes. La revisión del estudio se inició a inicios del año con la planificación de nuevas actividades de gestión utilizando el método AMEF, la revisión financiera se realizó durante todo el año para determinar el nivel de gestión financiera.

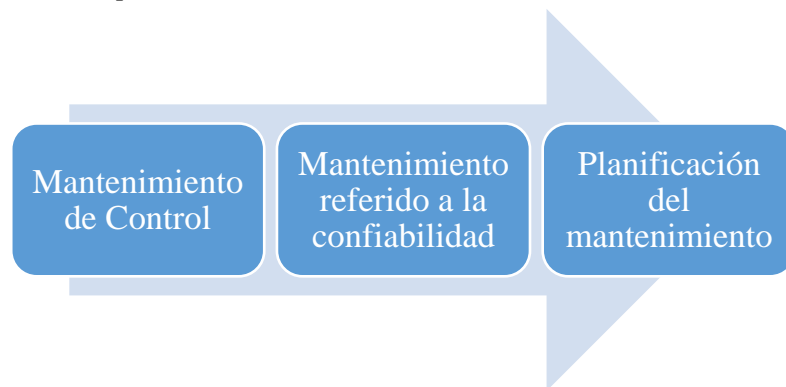
En mayo, se inició la Fase 2 con la implementación del nuevo sistema y el análisis de los tiempos de paradas (MTBF). Mejorar el sistema de información entre el lugar de trabajo y el equipo, además de capacitar a los empleados que realizaban controles de rutina e ingresaban información todos los días.

En el último período se realizó el cálculo de indicadores del sistema, estudios de la tasa productiva, tiempo entre fallas (MTBF) y tiempo de disponibilidad de operación (KPI).

Por lo tanto, se está implementando un plan estratégico para instaurar un módulo de negocios que brinde servicios asentados en la confianza.

Figura 14

Fases del plan de mantenimiento



La planificación y organización de los trabajos de reparación se describe en 4 puntos.

Figura 15

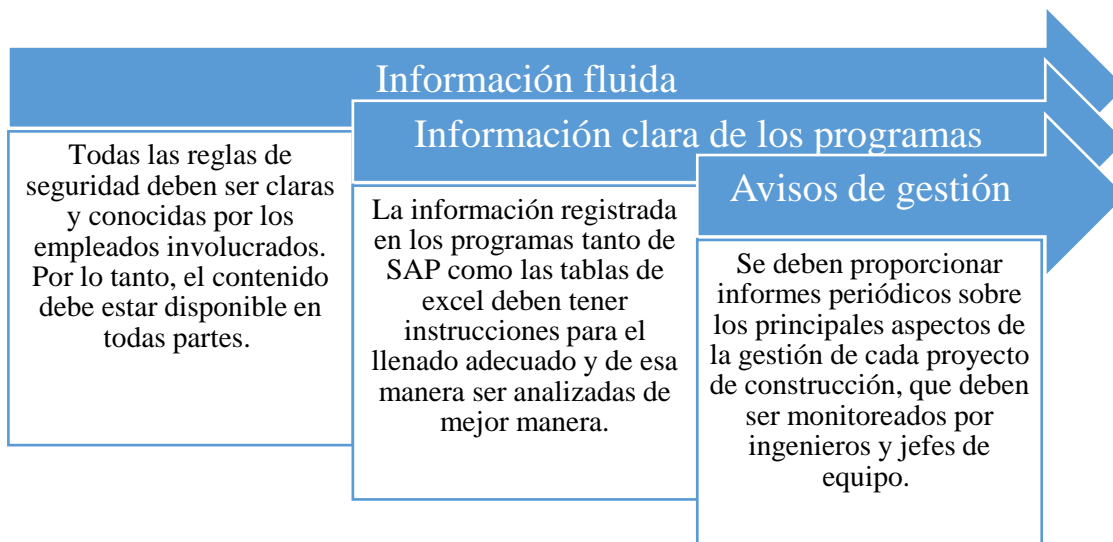
Planificación y organización de los trabajos de reparación

Planificación por medio de programas (SAP o Excel)	Control de elementos	Selección adecuada	Circulación de información
<ul style="list-style-type: none"> • Definir las actividades en el programa a usar. • Emitir las tareas para el mantenimiento del equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Añadir un plan para el cambio de elementos del equipo. • Analizar el tiempo de uso de las componentes para un debido control. 	<ul style="list-style-type: none"> • Según las indicaciones del fabricante, seleccionar adecuadamente los repuesto o elementos a usar. • Evitar la parada del equipo por el repuesto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Circulación del informe de mantenimiento para una adecuada reparación del equipo.

Además de aprender, es importante tener información constante para que puedas encontrar el historial y los resultados del sistema, siendo esencial identificar la necesidad de implementar sistemas que logren gestionar la información idóneamente, tal y como se presenta en el esquema.

Figura 16

Sistema de gestión de la información



En la Tabla 15 se resume las etapas de los indicadores usados en el tema de estudio. Mediante este cuadro también se detallará cómo se implementará la metodología AMEF.

Tabla 15*Implementación de la metodología AMEF*

OBJETIVO	INDICADOR	FINALIDAD	IMPULSO	ENCARGADO
Mejorar el plan de mantenimiento	Número y nuevas actividades agregadas al plan de mantenimiento	Mejorar el plan de mantenimiento	Realizar adecuadamente cada orden de mantenimiento	Supervisor
Reducir el tiempo de reparación de fallas	MTTR	Reducir los tiempos	Seguimiento al equipo	Asistente de mantenimiento
Elevar la disponibilidad del equipo	KPI	Mayor del 95%	Si la disponibilidad es menor que el 95%, programar un mantenimiento, pero fuera de las horas de operatividad	Encargado de mantenimiento.

4.1.7 Análisis AMEF

Para proceder con la implementación del nuevo programa de mantenimiento mediante el método AMEF, primero se realizó un análisis a la data adquirida en el periodo 2022

Tabla 16*Actividades de mantenimiento en el Cargador Frontal 980H Periodo 2022*

Enero	Semana 1	Cambio de Link de Castillo por Rotura	Se realizó la sustitución del enlace del castillo debido a una rotura en el mismo.
		Revisión de Transmisión por Alta Temperatura	Se llevó a cabo una inspección exhaustiva de la transmisión debido a un aumento anormal de temperatura en el sistema.
		Cambio de Turbo por Rotura	Fue necesario reemplazar el turbo debido a una avería.
	Semana 2	Cambio de Cilindro de Basculamiento 31,287 h,	Se procedió al cambio del cilindro de basculamiento después de alcanzar las 31,287 horas de funcionamiento.
		Cambio de Motor de Arranque por Falla	Se sustituyó el motor de arranque debido a un fallo en su funcionamiento.
	Semana 3	Reparación Parcial de Motor 31,312 horas, Pérdida de Potencia	Se realizó una reparación parcial del motor debido a una pérdida de potencia, tras haber alcanzado las 31,312 horas de funcionamiento.
		Refuerzo de Castillo por Roturas	Se llevó a cabo un refuerzo en el castillo para reparar roturas presentes en la estructura.
	Semana 4	Cambio de Balancín de Castillo	Se efectuó el reemplazo del balancín del castillo por motivos de avería.
Febrero	Semana 1		(Sin descripción disponible)
	Semana 2	Cambio de Mangueras Hidráulicas por Fuga	Las mangueras hidráulicas fueron cambiadas debido a una fuga en el sistema.
	Semana 3		(Sin descripción disponible)
	Semana 4		(Sin descripción disponible)
Marzo	Semana 1	Falla en Chapa de Contacto, Cambio con CAT,	Se detectó una falla en la chapa de contacto, la cual fue reemplazada con una nueva suministrada por CAT (Caterpillar).
	Semana 2	Revisión/Reparación del Sistema de Frenos	Se realizó una revisión completa y, si fue necesario, una reparación del sistema de frenos.
	Semana 3	Cambio de Collar de	Se efectuó el cambio del collar del tanque de expansión por razones de deterioro.

		Tanque de Expansión	
	Semana 4		(Sin descripción disponible)
Abril	Semana 1	Cambio de Collar de Tanque de Expansión	Otro cambio del collar del tanque de expansión, posiblemente en otro equipo o en un momento distinto.
	Semana 2	Cambio de Mangueras de Cilindro de Basculamiento	Se procedió al reemplazo de las mangueras del cilindro de basculamiento debido a desgaste o avería.
	Semana 3	Cambio de Retén Corona Delantera por Fuga de Aceite	Se llevó a cabo el cambio del retenedor de la corona delantera debido a una fuga de aceite.
	Semana 4	Rotación de Uñas - 28/04/2011	Se realizó la rotación de las uñas en una fecha específica.
Mayo	Semana 1	Cambio de Manguera de Enfriamiento Eje Posterior	Fue reemplazada la manguera de enfriamiento del eje posterior por avería.
		Cambio de Mangueras Hidráulicas para Varios Sistemas	Se efectuó el cambio de las mangueras hidráulicas que abastecen varios sistemas de la maquinaria.
	Semana 2	Cambio de Perno de Pin de Balancín por Rotura	Se reemplazó el perno del pin del balancín debido a una rotura.
		Cambio de Resorte de Acelerador	Se procedió al cambio del resorte del acelerador por razones de fallo.
		Cambio de Uña de Cucharón por Rotura	Fue necesario reemplazar la uña del cucharón debido a una rotura.
	Semana 3	Cambio de Manguera de Sistema de Alimentación de Aceite Hidráulico	Se llevó a cabo el cambio de la manguera del sistema de alimentación de aceite hidráulico por avería.
	Semana 4	Cambio de Manguera de Orbitrol	Se efectuó el cambio de la manguera del orbitrol debido a desgaste o avería.
Junio	Semana 1		(Sin descripción disponible)
	Semana 2	Reparación de Cilindro de Levante, Fuga de Aceite	Se realizó una reparación en el cilindro de levante debido a una fuga de aceite.
	Semana 3	Cambio de Mangueras del	Fue necesario reemplazar las mangueras del sistema hidráulico por razones de avería.

		Sistema Hidráulico	
	Semana 4		(Sin descripción disponible)
Julio	Semana 1	Cambio por Rotura de Balancín (Link), Reparado	Se llevó a cabo el cambio de un balancín (link) que sufrió una rotura, siendo posteriormente reparado.
	Semana 2	Soldado de Seguro de Pin de Castillo	Se realizó una soldadura en el seguro del pin del castillo para reforzar su sujeción.
	Semana 3		(Sin descripción disponible)
	Semana 4		(Sin descripción disponible)
Septiembre	Semana 1	Soldado de Seguro de Pin de Castillo	Otra operación de soldadura realizada en el seguro del pin del castillo para su refuerzo.
		Eliminación de Fugas Hidráulicas en Válvulas	Se llevó a cabo acciones para eliminar las fugas hidráulicas presentes en las válvulas.
	Semana 2	Refuerzo de Cucharón/Chasis	Se realizó un refuerzo en el cucharón o en el chasis de la maquinaria.
		Reparación de Bomba de Inyección y Calibración de Válvulas	Se efectuó una reparación en la bomba de inyección, seguida de una calibración de las válvulas.
	Semana 3	Cambio de 04 Neumáticos - CF L180C 203	Se procedió al cambio de cuatro neumáticos, identificados como CF L180C 203.
	Semana 4	Cambio de O-Ring Aro Rueda Lado Izquierdo Posterior por Falla	Fue sustituido el O-Ring del aro de la rueda del lado izquierdo posterior debido a una falla.
Octubre	Semana 1	Reparación de Pistón de Basculamiento	Se realizó una reparación en el pistón de basculamiento de la maquinaria.
	Semana 2	Reparación y Cambio de Orbitrol	Se efectuaron reparaciones y se llevó a cabo el cambio del orbitrol debido a desgaste.
	Semana 3	Rotura de Mangueras, Sistema Hidráulico de Frenos,	Se reportó la rotura de las mangueras del sistema hidráulico de frenos, requiriendo su sustitución o reparación.
	Semana 4		

Tabla 17*Eventos De Paradas Por Falla Cargador Frontal 980H*

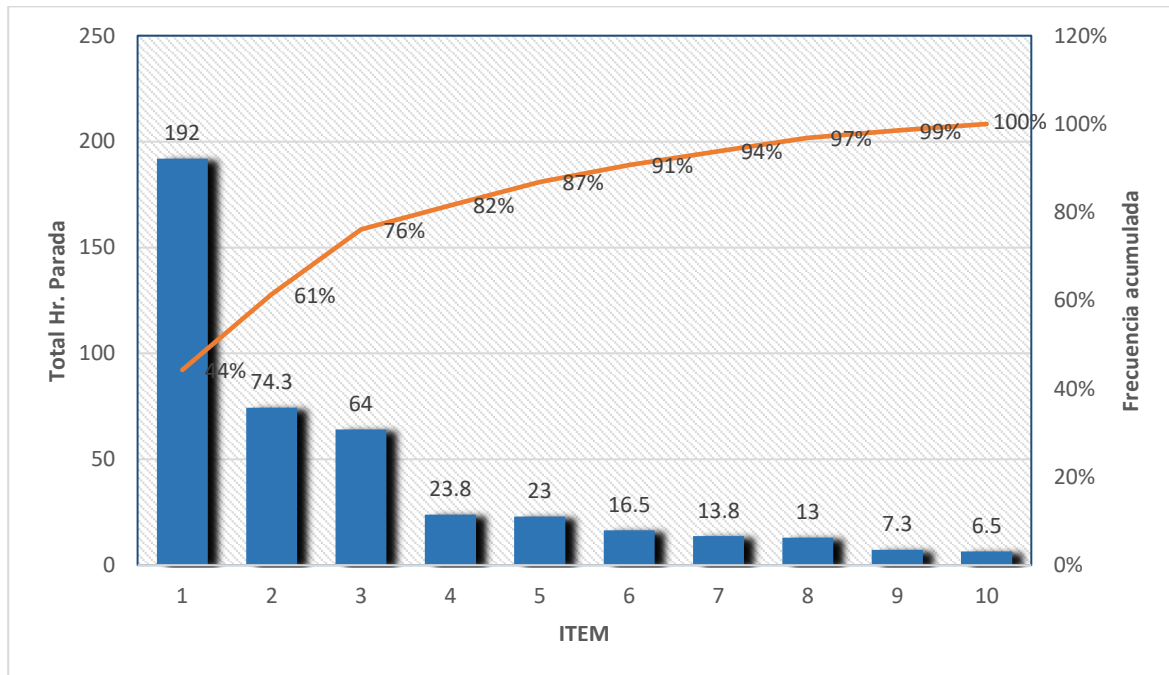
DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	SET	OCT
Cambio de Link de Castillo por Rotura	5,5								
Revisión de Transmisión por Alta Temperatura	4,5								
Cambio de Turbo por Rotura	12,5								
Cambio de Cilindro de Basculamiento 31,287 h,	7,5								
Cambio de Motor de Arranque por Falla	3,0								
Reparación Parcial de Motor 31,312 horas, Pérdida de Potencia	192								
Refuerzo de Castillo por Roturas	12,3								
Cambio de Balancín de Castillo	11,5								
Cambio de Mangueras Hidráulicas por Fuga		12,0							
Falla en Chapa de Contacto, Cambio con CAT,			4,0						
Revisión/Reparación del Sistema de Frenos			10,0						
Cambio de Collar de Tanque de Expansión			3,0	1,5					
Cambio de Mangueras de Cilindro de Basculamiento				2,5					
Cambio de Retén Corona Delantera por Fuga de Aceite				15,3					
Rotación de Uñas - 28/04/2022				1,5					
Cambio de Manguera de Enfriamiento Eje Posterior					8,8				
Cambio de Mangueras Hidráulicas para Varios Sistemas					12,8				
Cambio de Perno de Pin de Balancín por Rotura					2,0				
Cambio de Resorte de Acelerador					2,0				
Cambio de Uña de Cucharón por Rotura					2,5				
Cambio de Manguera de Sistema de Alimentación de Aceite Hidráulico					6,0				
Cambio de Manguera de Orbitrol					7,0				
Reparación de Cilindro de Levante, Fuga de Aceite						22,5			
Cambio de Mangueras del Sistema Hidráulico						13,8			
Cambio por Rotura de Balancín (Link), Reparado							20,0		
Soldado de Seguro de Pin de Castillo							1,0	1,5	
Eliminación de Fugas Hidráulicas en Válvulas								8,5	
Refuerzo de Cucharón/Chasis								5,0	
Reparación de Bomba de Inyección y Calibración de Válvulas								8,0	
Cambio de 04 Neumáticos - CF L180C 203								16,5	
Cambio de O-Ring Aro Rueda Lado Izquierdo Posterior por Falla								5,5	
Reparación de Pistón de Basculamiento									8,8
Reparación y Cambio de Orbitrol									12,0
Rotura de Mangueras, Sistema Hidráulico de Frenos									12,8
* TOTAL HORAS DE PARADA (HRS)	248,8	12,0	17,0	20,8	41,1	36,3	21,0	45,0	33,6

En la Tabla 17, se observa un resumen de las detenciones no planificadas del equipo debido a fallas desde el mes de enero del presente año. Se han elegido los eventos que han generado más de 8 horas de parada, ya que esto equivale a un día laboral.

Tabla 18
Eventos De Paradas Por Falla Cargador Frontal 980H

ITEM	TEXTO BREVE	CANTIDAD EVENTOS	TOTAL, HRS PARADA	FRECUENCIA (%)	ACUMULADO (%)
1	Reparación Parcial del Motor	1	192	44%	44%
2	Cambio y/o Reparación de Componentes Mayores	7	74,3	17%	61%
3	Cambio de Mangueras por Falla	8	64	15%	76%
4	Eliminación de Fugas	2	23,8	5%	82%
5	Cambio de Balancín de Basculamiento por Rotura	3	23	5%	87%
6	Cambio de Neumáticos	1	16,5	4%	91%
7	Reparación mediante Soldadura	2	13,8	3%	94%
8	Cambio de Componentes Menores	5	13	3%	97%
9	Falla en Elementos de Corte	3	7,3	2%	99%
10	Revisión de Sistemas por Falla	2	6,5	2%	100%
	TOTAL	34	434	100%	

Figura 17
Diagrama de Pareto CAT 980H



- El equipo experimentó una parada de 192.0 horas debido a una semi - reparación no programada del motor. Esta situación se originó por la rotura del turbocompresor, lo que ocasionó el desprendimiento de partes del rodete de compresión que ingresaron al cilindro N°3, resultando en daños severos en el cilindro y los anillos. Como consecuencia, fue necesario llevar a cabo la semi - reparación del motor.

- Además, se registró una parada de 74.3 horas debido al cambio y/o reparación de componentes mayores, como los cilindros hidráulicos, el motor de arranque, el alternador y la bomba de inyección.

- Considerando el costo por hora de parada, que es de S/. 172.00, entre enero y octubre de 2022, se acumularon 434.2 horas de parada, representando una pérdida de producción de S/. 74,682.40.

Recomendaciones:

- Dada la falla del turbocompresor, se sugiere implementar un plan de reparación para estos componentes. Se recomienda establecer una frecuencia en horas para cada equipo, con la previsión de contar en el almacén con al menos un turbocompresor por cada tipo de equipo.

- En relación con las reparaciones de los cilindros hidráulicos, se aconseja implementar un plan de mantenimiento. Es crucial disponer de sellos para cada cilindro hidráulico en el almacén, adquiriéndolos con unos seis meses de anticipación a la reparación. Cada dos reparaciones, se debe enviar el cilindro completo a un especialista para una reparación general.

- Se sugiere analizar la viabilidad de tener en el almacén uno o dos cilindros hidráulicos para cada equipo, especialmente si son de características similares.

- El tiempo de espera por trámites logísticos para la compra de componentes mayores, en varios casos, representa el 50% del tiempo de parada del equipo. Este período puede aumentar si la compra se realiza por importación.

- En cuanto a los motores de arranque y alternadores, se recomienda tener en stock una unidad por tipo de equipo, para facilitar la rotación y la reparación en caso necesario.

Se analizaron las listas, los reportes de los usuarios, las órdenes de trabajo y las órdenes de costos de mantenimiento que utiliza la empresa en el módulo PM (SAP), junto con los datos de Excel, para crear un plan de mantenimiento AMEF, publicado semanalmente. El historial de desglose planificado de los métodos de minado y la compra de otras partes con grandes órdenes de trabajo proporciona la información.

Figura 18

Sistemas del equipo Cargador Frontal 980H y su principal falla

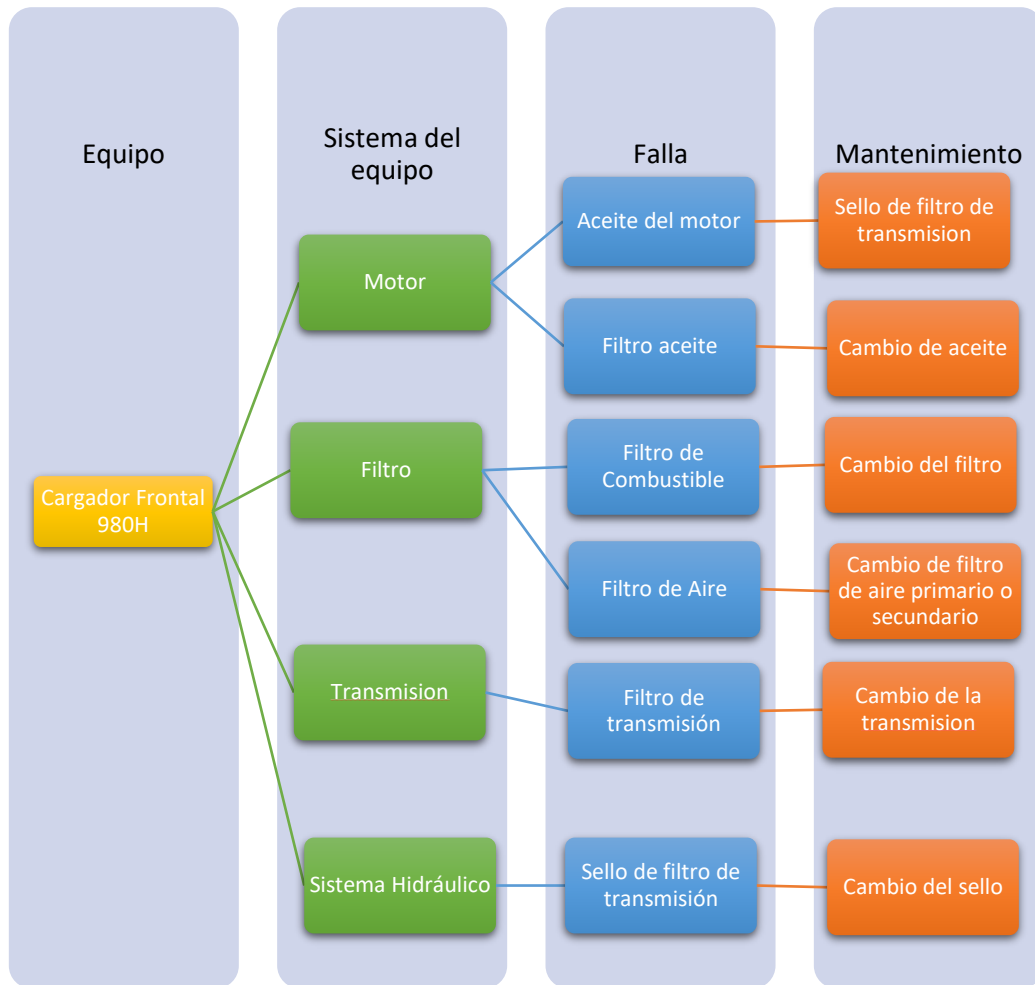


Tabla 19

Funci3n primaria del equipo

Funci3n primaria	Falla total	Falla parcial
Transportar tierra, grava y roca en explotaci3n minera (cantera) con una velocidad m3xima hacia delante de 36,3 Km/h con 280 horas programadas de trabajo al mes	Incapaz de trasportar tierra, grava y roca en la explotaci3n minera	Permite transportar la tierra, grava y roca en la explotaci3n minera con ineficiencia en la velocidad de transporte

Tabla 20
Funciones secundarias del equipo

Tipo de función	Función primaria	Falla total	Falla parcial
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer protección al personal frente a posibles resbalones. • Contener las placas, señaléticas y otra información relacionada con la operación, mantenimiento y seguridad tanto para el personal como para el equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhabilitado para aislar ruido debajo de 90dB. • Inhabilitado para contener los hidrocarburos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del ruido por encima de 90 dB hasta un radio de 35m. • Se muestran fugas pequeñas por conductos de hidrocarburos.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar la seguridad del personal al prevenir atrapamientos en partes en rotación. • Proteger al personal contra lesiones por quemaduras debido a partes calientes. • Evitar caídas a distinto nivel para asegurar la seguridad del personal. • Prevenir resbalamientos para proteger la integridad del personal. • Incluir placas, señaléticas y otra información pertinente relacionada con la operación, mantenimiento y seguridad para el personal y el equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • No puede aislar las partes en movimiento. • No puede aislar la energía térmica. • No proporciona protección contra caídas a desnivel. • No ofrece protección contra resbalamientos. • No tiene la capacidad de contener señaléticas de información de seguridad y operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desprendimiento parcial o separación de las guardas de protección. • Desprendimiento parcial o separación de los aisladores térmicos. • Desajuste, desprendimiento parcial o separación de barandas y escaleras. • Desajuste parcial o desgaste de superficie antideslizante. • Desprendimiento parcial de placas de identificación, señaléticas e información sobre operación, sin llegar a caer.
Protección	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar seguridad al operador al mantener las partes internas en movimiento contenidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhabilitado para contener partes en movimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Etiquetas o señaléticas borrosas o desprendidas
Apariencia	<p>Contar con estructuras y señalizaciones conforme a las normativas NTP para proporcionar información y prevenir la corrosión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de caída de estructuras y protecciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posible caída de pintura o la presencia de rayones en diversas partes de la estructura. • Peligro de daño debido a la corrosión en estructuras y protecciones.

Función primaria de la unidad de potencia

Tabla 21*Función primaria de la unidad de potencia*

Función primaria de la unidad de potencia	Falla total	Falla parcial
Proveer potencia de 237kW (318 hp) a 2100 RPM, con un consumo de combustible de 75 l/h.	Incapaz de proveer potencia.	Provee potencia por debajo de lo esperado, con alto consumo de combustible.

Tabla 22*Función secundaria de la unidad de potencia*

Tipo de función	Función primaria	Falla total	Falla parcial
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar todo tipo de contaminación con hidrocarburos. • Evitar contaminación del aire con emanaciones de gases de escape. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhabilitado para contener hidrocarburos. • Inhabilitado para controlar emisiones de gases. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se muestran fugas leves y humedecimiento de hidrocarburos. • Aumento de la emisión de gases de escape.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar la seguridad del personal evitando atrapamientos causados por partes en rotación. • Salvaguardar al personal contra lesiones por quemaduras originadas por partes calientes. • Proteger al personal de posibles lesiones por contacto con sustancias peligrosas. • Asegurar la integridad auditiva del personal para prevenir lesiones en la audición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Imposibilitado para aislar las partes en movimiento. • Incapaz de aislar la energía térmica. • No puede contener los hidrocarburos. • No apto para aislar el ruido que supera los 90 dB. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es posible separar las partes en movimiento. • Carece de la capacidad para aislar la energía térmica. • No logra contener los hidrocarburos. • No es adecuado para aislar ruidos que superen los 90 dB.
Protección	<ul style="list-style-type: none"> • Brindar protección al operador ante situaciones de riesgo por falla o mala maniobra con sistema de parada de emergencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhabilitado para Brindar protección al operador con parada de emergencia 	
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Entregar potencia de 237kW. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhabilitado para entregar potencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la potencia.

Función primaria del conjunto de bombas hidráulicas del cucharón

Tabla 23*Función primaria del sistema hidráulico*

Función primaria del conjunto de bombas H.	Falla total	Falla parcial
Proveer 310 bar 464 l/min en la Bomba primaria, 20,700 kPa 145 l/min	Incapaz de proveer presión y caudal en la bomba primaria.	Provee presión y caudal en la bomba primaria por debajo de lo esperado.

Tabla 24*Función secundaria del sistema hidráulico*

Tipo de función	Función primaria	Falla total	Falla parcial
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar todo tipo de contaminación con hidrocarburos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhabilitado para contener hidrocarburos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se muestran fugas leves y humedecimiento de hidrocarburos.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar la seguridad del personal frente a atrapamientos causados por partes en movimiento. • Proteger al personal contra posibles lesiones por quemaduras provocadas por partes calientes. • Salvaguardar al personal de lesiones por contacto con sustancias peligrosas. • Asegurar la protección del personal contra lesiones en la audición. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es posible aislar las partes en movimiento. • Carece de la capacidad para aislar la energía térmica. • No puede contener los hidrocarburos. • No está habilitado para aislar ruidos que superen los 90 dB. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconexión o desprendimiento parcial de las guardas de protección. • Separación o desprendimiento parcial de las cubiertas y aislantes térmicos. • Pérdida mínima de hidrocarburos a través de depósitos o conductos. • Incremento intermitente del nivel de ruido por encima de los 90 dB.
Protección	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar seguridad al operador en casos de riesgo debido a fallos o malas maniobras con el sistema de parada de emergencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • No cuenta con la capacidad de ofrecer protección al operador mediante la parada de emergencia. 	

Modos de falla Unidad de potencia.

Tabla 25

Modos de falla para la unidad de potencia

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7
Falla cargador frontal	Falla unidad de potencia	Falla motora	No enciende	Envejecimiento de Baterías		
				Bornes de la batería aflojados	Error en el montaje	
				Bajo nivel de electrolito		
				Celdas cruzadas	Terminales mal instalados	Error en el montaje
				Fusibles en cortocircuito	Fusibles de Baja calidad	Provisión errónea de fusible
				Fusibles en contacto falso	Fusibles mal instalados	Error en el montaje
				Cables en cortocircuitado	Cables desgastados	
					Cables de Baja calidad	Provisión errónea de cables
				Falso contacto en conectores	Conectores mal instalados	Error en el montaje
				Falso contacto en conectores	Conectores de Baja calidad	Provisión errónea de conectores
				El motor de arranque no es capaz de hacer girar el volante del motor	No estar alimentado por energía eléctrica	
				El motor de arranque no es capaz de hacer girar el volante del motor	Rodamientos atorados	
				El motor de arranque no es capaz de hacer girar el volante del motor	El Piñón de arranque no sale	

				El motor de arranque no es capaz de hacer girar el volante del motor	Daño en el piñón de arranque	
				El motor de arranque no es capaz de hacer girar el volante del motor	Daño en la cremallera de la volante	
				Alternador no genera Eléctrica	Fajas aflojadas	Error en el montaje
				Alternador no genera Eléctrica	Fajas cortadas	Desgaste de la faja
				Alternador no genera Eléctrica	Diodos en cortocircuito	Error en el montaje
				Refrigerante congelado	Refrigerante mal seleccionado	Error de suministro
				Bajo nivel de refrigerante	Fuga del refrigerante	
				Lubricante congelado	Mala selección del aceite	Error de suministro
				Bajo nivel de aceite	Fuga de aceite	
				Filtros de aceite saturados	Baja calidad de filtro	Error de suministro
				Bajo nivel de combustible	Fuga de combustible	
				Bajo nivel de combustible	Combustible contaminado	Error de suministro
				Filtros de combustible Saturados	Baja calidad	Error de suministro
Falla cargadora frontal	Falla unidad de potencia	Falla motora de combustión	Pérdida de potencia	Vibración	Pernos de soporte de motor aflojados	Error en el montaje
				Vibración	Pernos de soporte de motor rotos	Perno defectuoso
				Filtros de aire saturados	Desgaste	
				Filtros de aire saturados	Baja calidad	Error de suministro
				Filtros de aire deformados	Error en el montaje	

				Turbo con desgaste	Sello con fuga de aceite	Horas de servicio
				Turbo con desgaste	Impulsor desgastado roto	Horas de servicio
				Turbo con desgaste	Compresor desgastado roto	Horas de servicio
				Turbo con desgaste	Carcasa rota o con rajadura	Horas de servicio
				Turbo con desgaste	Empaquetaduras con fugas	Horas de servicio
				Perdida de compresión	Empaque de culata soplada	
				Perdida de compresión	Culata doblada o con rajadura	
				Perdida de compresión	Monoblock con fisuras	
				Perdida de compresión	Anillos rotos o con desgaste	
				Perdida de compresión	Cilindros con desgaste	
				Perdida de compresión	Asientos de válvula no sellan	
				Perdida de compresión	Guías de válvula desgastadas	
				Perdida de compresión	Válvulas desgastadas	
				Inyectores Saturados	Solenoide en corte	
				Sobre calentamiento	Fajas del ventilador sueltas	
				Sobre calentamiento	Fuga de refrigerante	
				Sobre calentamiento	Radiador con fallas	
				Filtros de combustible saturados	Combustible de Baja calidad	
				Filtros de combustible saturados	Golpeados o deformados	
				Filtros de combustible saturados	Baja calidad	Error de suministro

				Sensor de saturación de filtro de combustible fallado	Baja calidad	Error de suministro
				Sensor de saturación de filtro de combustible fallado	Falso contacto	Error de suministro

Tabla 26
Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)						
Función	Falla funcional			Modo de falla	Efecto de falla	Tipo
Proveer potencia de 237kW (318 hp), con un consumo de combustible de 75 l/h..	A	Motor Inhabilitado para proveer potencia	1	No enciende por Desgaste de Baterías	Hay un riesgo potencial para el personal debido al contacto con químicos. Se estima un tiempo de 4 horas para cambiar las baterías.	
			2	No enciende por Bornes de batería aflojados por Error de montaje	Existe riesgo para el personal debido al contacto con energía eléctrica. Se necesita un período de 20 minutos para ajustar los bornes.	
			3	No enciende por Fusibles cortocircuitados por Baja calidad de fusibles	Se presenta riesgo para el personal debido al contacto con energía eléctrica. Se requieren 25 minutos para identificar y sustituir fusibles.	
			4	No enciende por Fusibles en falso contacto por Error de montaje	Se advierte sobre el riesgo al personal por contacto con energía eléctrica. Se estipula un tiempo de 25 minutos para detectar y ajustar fusibles.	
			5	No enciende por Cables cortocircuitados por Cables deteriorados	Existe un riesgo para el personal debido al contacto con energía eléctrica. Se estipulan 1.5 horas para detectar y reemplazar cables.	
			6	No enciende por Falso contacto de conectores por Error de montaje	Se señala el riesgo para el personal por contacto con energía eléctrica. Se requieren 35 minutos para identificar y cambiar conectores.	
			7	No enciende por Motor de arranque que no gira la volante del motor por Rodamientos amarrados	Se presenta riesgo para el personal por posibles golpes. Se estima un tiempo de 22 horas para cambiar el motor de arranque.	

			8	No enciende por Motor de arranque que no gira la volante del motor por Piñón de arranque no engrana a la volante	Se destaca el riesgo para el personal por posibles golpes. Se requieren 2.5 horas para cambiar el motor de arranque.	
			9	No enciende por Desgaste de cremallera de la volante	Existe riesgo para el personal debido a posibles lesiones. Se necesita un período de 75 horas para cambiar la cremallera de la volante del motor.	
			10	No enciende por Alternador que no genera energía por Fajas sueltas por Error de montaje	Se advierte sobre el riesgo al personal por contacto con energía térmica. Se requieren 28 minutos para ajustar las fajas.	
			11	No enciende por Alternador que no genera energía por Fajas sueltas por Error de montaje	Hay un riesgo para el personal por contacto con energía eléctrica. Se estipulan 32 minutos para cambiar fusibles.	
			12	No enciende por Fajas de ventilador dañadas por Desgaste de la faja	Se presenta riesgo para el personal por posibles golpes. Se requieren 2.5 horas para cambiar las fajas.	
			13	No enciende por Bajo nivel de refrigerante por Fuga del refrigerante	Existe riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por recalentamiento del motor y contaminación del suelo. Se requieren 7 horas para corregir la fuga y rellenar el refrigerante.	
			14	No enciende por Lubricante congelado por Mala selección del aceite por Error en el suministro	Expone riesgo para el personal por contacto con químicos, y para el equipo por la rajadura del monoblock y la culata a causa del aumento de volumen del aceite, generando contaminación del suelo. Se estima que se necesitarán 5 horas para el cambio de aceite.	
			15	No enciende por Bajo nivel de aceite por Fuga de aceite por mangueras dañadas	Se destaca el riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por recalentamiento del motor y contaminación del suelo. Se necesitan 3.5 horas para corregir la fuga y rellenar el aceite.	
			16	No enciende por Filtros de aceite saturados por Baja calidad	Se advierte sobre el riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por recalentamiento del motor y contaminación del suelo. Se requieren 1.5 horas para cambiar los filtros.	
			17	No enciende por Bajo nivel de combustible por Fuga de combustible	Hay un riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por daño a la unidad de rotación y contaminación del suelo. Se necesitan 5 horas para corregir la fuga y rellenar el combustible.	

			18	No enciende por Filtros de combustible Saturados por Combustible contaminado	Se presenta riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por daño a los inyectores, filtros y recalentamiento del motor, así como contaminación del suelo. Se requieren 2.5 horas para cambiar los filtros.
Proveer potencia de 237kW (318 hp), con un consumo de combustible de 75 l/h.	B	Motor Provee baja potencia	1	Disminución de la potencia por Vibración por Pernos de soporte de motor sueltos por Error de montaje	Expone riesgo para el equipo debido a la rotura de soportes o pernos de montaje. Se estima que se necesitarán 35 minutos para el reajuste de los pernos del soporte.
			2	Disminución de la potencia por Pernos de soporte de motor rotos por Perno defectuoso	Se presenta un riesgo para el equipo por la rotura de soportes y la posibilidad de caída del motor. Se requerirán 3.5 horas para llevar a cabo el cambio de pernos del soporte.
			3	Disminución de la potencia por Filtros de aire saturados por Desgaste	Existe un riesgo para el equipo debido a la contaminación de aceite y al desgaste acelerado del motor. Se estima que se necesitará 1.5 horas para el cambio de filtros.
			4	Disminución de la potencia por Filtros de aire deformados por Error en el montaje	Se advierte sobre el riesgo para el equipo por la contaminación del aceite y el desgaste acelerado del motor. Se requerirán 1.5 horas para corregir el montaje de los filtros.
			5	Disminución de la potencia por Turbos con desgaste por Sello con fuga de aceite	Se presenta un riesgo para el equipo por la baja alimentación de aire a la cámara de combustión y la contaminación del suelo debido a la fuga de aceite. Se estima que se necesitarán 3.5 horas para el cambio de turbo.
			6	Disminución de la potencia por Impulsor desgastado o roto	Existe un riesgo para el equipo por la baja alimentación de aire a la cámara de combustión, el daño del motor por el ingreso de partículas metálicas y la contaminación del suelo. Se requerirán 8 horas para el cambio de turbo y la limpieza de las cámaras de combustión.
			7	Disminución de la potencia por Compresor desgastado o roto por Horas de servicio	Se destaca el riesgo para el equipo por la baja alimentación de aire a la cámara de combustión, el daño del motor por el ingreso de partículas metálicas y la contaminación del suelo. Se requerirán 8 horas para el cambio de turbo y la limpieza de las cámaras de combustión.
			8	Disminución de la potencia por Carcasa de turbo rota o rajada por Horas de servicio	Se advierte sobre el riesgo para el equipo por el ingreso de partículas metálicas al motor y la contaminación del suelo. Se requerirán 8 horas para el cambio de turbo y la limpieza de las cámaras de combustión.

			9	Disminución de la potencia por Perdida de compresión por Empaque de culata soplado	Se presenta riesgo para el equipo debido a la contaminación de aceite y al desgaste acelerado del motor. Se estima que se necesitarán 20 horas para el cambio de empaque.	
			10	Disminución de la potencia por Culata doblada o rajada	Hay un riesgo potencial para el equipo debido a la contaminación del aceite y al desgaste acelerado del motor. Se estima que se necesitarán 72 horas para llevar a cabo el cambio de culata.	
			11	Disminución de la potencia por Monoblock con fisura	Se advierte sobre el riesgo para el equipo debido a la contaminación del aceite y al desgaste acelerado del motor. Se requieren 96 horas para la sustitución del monoblock.	
			12	Disminución de la potencia por Anillos desgastados o rotos	Existe un riesgo para el equipo debido a la contaminación del aceite, el desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por los gases de escape. Se estima que se necesitarán 96 horas para realizar el cambio de monoblock, anillos o cilindros.	
			13	Disminución de la potencia por Cilindros desgastados	Se presenta un riesgo para el equipo debido a la contaminación del aceite, el desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por gases de escape. Se requieren 96 horas para llevar a cabo el cambio de monoblock o cilindros.	
			14	Disminución de la potencia por Asientos de válvula no sellan por	Hay un riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por los gases de escape. Se estima que se necesitarán 48 horas para la reparación de la culata.	
			15	Disminución de la potencia por Guías de válvula desgastadas por	Se destaca el riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por los gases de escape. Se requieren 48 horas para la reparación de la culata.	
			16	Disminución de la potencia por Válvulas desgastadas por	Se señala el riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por los gases de escape. Se necesitan 48 horas para realizar la reparación de la culata.	
			17	Disminución de la potencia por Inyectores Saturados	Existe un riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor. Se estima que se necesitarán 3 horas para llevar a cabo el cambio del inyector.	
			18	Disminución de la potencia por Inyectores Saturados por Solenoide en corte	Se advierte sobre el riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor. Se requieren 3 horas para la sustitución del solenoide.	
			19	Disminución de la potencia por Sobre calentamiento por	Hay riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor. Se requieren 2 horas para el reajuste de las fajas sueltas.	

				fajas del ventilador sueltas	
			20	Disminución de la potencia por fuga de refrigerante	Existe un riesgo para el equipo debido a la fundición del motor, lo cual podría tener impactos en el medio ambiente a través de la contaminación del suelo. Se estima que se necesitarán 6 horas para abordar las fugas y rellenar el refrigerante.
			21	Disminución de la potencia por Radiador en falla	Se presenta un riesgo para el equipo debido a la fundición del motor, con consecuencias potenciales para el medio ambiente a través de la contaminación del suelo. Se requerirán 8 horas para llevar a cabo la reparación del radiador y rellenar el refrigerante.
			22	Disminución de la potencia por Filtros de combustible saturados por combustible de mala calidad	Hay un riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado de los inyectores y el motor. Se estima que se necesitarán 2 horas para realizar el cambio de filtros.
			23	Disminución de la potencia por filtros Golpeados o deformados	Existe riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado de los inyectores y el motor. Se requieren 2 horas para llevar a cabo el cambio de filtros.
			24	Disminución de la potencia por Mala calidad de filtros por Error en el suministro	Se presenta un riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado de los inyectores y el motor. Se estima que se necesitarán 2 horas para realizar el cambio de filtros.
			25	Disminución de la potencia por Sensor de saturación de filtro de combustible fallado por Mala calidad por Error en el suministro	Hay un riesgo para la producción debido a la posibilidad de información incorrecta. Se requieren 2 horas para llevar a cabo el cambio del sensor de saturación.
			26	Disminución de la potencia por Falso contacto de conectores del sensor de saturación por error en el montaje	Existe un riesgo para la producción debido a la potencial desinformación. Se necesitan 2 horas para corregir el falso contacto.

Se tiene en consideración el tipo de falla:

H: falla oculta

S: seguridad y medio ambiente

O: operacional

N: no operacional

Las abreviaturas H, S, O y N se emplean para consignar las respuestas relacionadas con las consecuencias asociadas a cada modo de falla. Las designaciones H1/S1/O1/N1 se utilizan para registrar si se ha identificado una tarea adecuada para anticipar el modo de falla con suficiente antelación como para evitar sus consecuencias. Las designaciones H2/S2/O2/N2 se aplican para registrar si se ha encontrado una tarea de reacondicionamiento cíclico apropiada para prevenir fallas. Asimismo, las designaciones H3/S3/O3/N3 se utilizan para registrar si se ha identificado una tarea de reemplazo periódico que evite fallos. Para que una tarea sea considerada técnicamente viable y valga la pena realizarla, es necesario proporcionar respuestas afirmativas a todas las preguntas relacionadas con esta categoría de tareas, y la tarea debe cumplir con el criterio de "merece la pena ser realizada". En caso de que alguna de las respuestas sea negativa o desconocida, la tarea se descarta por completo.

Tabla 27

Elección de tareas de mantenimiento

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)						Elección de las tareas de mantenimiento						
Función	Falla funcional		Modo de falla	Efecto de falla	T I P O	Tipo de mantt	Disciplina	Descripción del mantt	Ejecutante	Frecuencia (h)	HH	Repuestos
Proveer potencia de 237kW (318 hp), con un consumo de combustible de 75 l/h.	A Motor Inhabilitado para proveer potencia	1	No enciende por Desgaste de Baterías	Hay un riesgo potencial para el personal debido al contacto con químicos. Se estima un tiempo de 4 horas para cambiar las baterías.	O 3	Reemplazo periódico	Eléctrica	Reemplazar baterías	Mantenimiento eléctrico	10000	6	Baterías
		2	No enciende por Bornes de batería aflojados por Error de montaje	Existe riesgo para el personal debido al contacto con energía eléctrica. Se necesita un período de 20 minutos para ajustar los bornes.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Eléctrica	Reajustar Bornes de batería	Mantenimiento eléctrico	250	0,5	
		3	No enciende por Fusibles cortocircuitados por Baja calidad de fusibles	Se presenta riesgo para el personal debido al contacto con energía eléctrica. Se requieren 25 minutos para identificar y sustituir fusibles.	O	Ningún mantenimiento preventivo	Eléctrica	Reemplazar fusibles	Mantenimiento eléctrico		1	

			4	No enciende por Fusibles en falso contacto por Error de montaje	Se advierte sobre el riesgo al personal por contacto con energía eléctrica. Se estipula un tiempo de 25 minutos para detectar y ajustar fusibles.	O	Ningún mantenimiento preventivo	Eléctrica	Reajustar fusibles	Mantenimiento eléctrico			
			5	No enciende por Cables cortocircuitados por Cables deteriorados	Existe un riesgo para el personal debido al contacto con energía eléctrica. Se estipulan 1.5 horas para detectar y reemplazar cables.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Eléctrica	Revisar cables eléctricos	Mantenimiento eléctrico	500	1	
			6	No enciende por Falso contacto de conectores por Error de montaje	Se señala el riesgo para el personal por contacto con energía eléctrica. Se requieren 35 minutos para identificar y cambiar conectores.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Eléctrica	Revisar conectores eléctricos	Mantenimiento eléctrico	500	1	
			7	No enciende por Motor de arranque que no gira la volante del motor	Se presenta riesgo para el personal por posibles golpes. Se estima un tiempo de 22 horas para cambiar el motor de arranque.	O 3	Reemplazo periódico	Eléctrica	reemplazar motor de arranque	Mantenimiento eléctrico	5000	2	Motor de arranque

			por Rodamientos amarrados									
		8	No enciende por Motor de arranque que no gira la volante del motor por Piñón de arranque no engrana a la volante	Se destaca el riesgo para el personal por posibles golpes. Se requieren 2.5 horas para cambiar el motor de arranque.	03	Reemplazo periódico	Eléctrica	Reemplazar motor de arranque	Mantenimiento eléctrico	5000	2	Motor de arranque
		9	No enciende por Desgaste de cremallera de la volante	Existe riesgo para el personal debido a posibles lesiones. Se necesita un período de 75 horas para cambiar la cremallera de la volante del motor.	03	Reemplazo periódico	Mecánica	Reemplazar cremallera de volante de motor	Mantenimiento mecánico	20000	24	Cremallera de volante de motor
		10	No enciende por Alternador que no genera energía por	Se advierte sobre el riesgo al personal por contacto con energía térmica. Se requieren 28	02	Reacondicionamiento cíclico	Mecánica	Reajustar fajas de alternador	Mantenimiento mecánico	250	1	

			Fajas sueltas por Error de montaje	minutos para ajustar las fajas.								
		11	No enciende por Alternador que no genera energía por Fajas sueltas por Error de montaje	Hay un riesgo para el personal por contacto con energía eléctrica. Se estipulan 32 minutos para cambiar fusibles.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Reajustar fajas de alternador	Mantenimiento mecánico	250	1	
		12	No enciende por Fajas de ventilador dañadas por Desgaste de la faja	Se presenta riesgo para el personal por posibles golpes. Se requieren 2.5 horas para cambiar las fajas.	O 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Reajustar fajas de alternador	Mantenimiento mecánico	2000	1	Fajas de alternador
		13	No enciende por Bajo nivel de refrigerante por Fuga del refrigerante	Existe riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por recalentamiento del motor y contaminación del suelo. Se requieren 7 horas para corregir la	S 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Revisar mangueras y tapas de sistema de refrigerante de motor	Mantenimiento mecánico	250	1	

				fuga y rellenar el refrigerante.								
		14	No enciende por Lubricante congelado por Mala selección del aceite por Error en el suministro	Expone riesgo para el personal por contacto con químicos, y para el equipo por la rajadura del monoblock y la culata a causa del aumento de volumen del aceite, generando contaminación del suelo. Se estima que se necesitarán 5 horas para el cambio de aceite.	S 2	Reacondicionamiento o cíclico						
		15	No enciende por Bajo nivel de aceite por Fuga de aceite por mangueras dañadas	Se destaca el riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por recalentamiento del motor y contaminación del suelo. Se necesitan 3.5 horas para corregir la fuga y rellenar el aceite.	S 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Revisar mangueras de sistema de lubricación de motor	Mantenimiento mecánico	250	1	

			16	No enciende por Filtros de aceite saturados por Baja calidad	Se advierte sobre el riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por recalentamiento del motor y contaminación del suelo. Se requieren 1.5 horas para cambiar los filtros.	S 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Reemplazar filtros de calidad	Mantenimiento mecánico	250	1	Filtros de aceite de motor
			17	No enciende por Bajo nivel de combustible e por Fuga de combustible	Hay un riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por daño a la unidad de rotación y contaminación del suelo. Se necesitan 5 horas para corregir la fuga y rellenar el combustible.	S 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Revisar conductos del sistema de combustible de motor	Mantenimiento mecánico	250	1	
			18	No enciende por Filtros de combustible Saturados por Combustible	Se presenta riesgo para el personal por contacto con químicos y para el equipo por daño a los inyectores, filtros y recalentamiento del motor, así	S 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Reemplazar filtros de calidad	Mantenimiento mecánico	250	1	Filtros de combustible de motor

				le contaminado	como contaminación del suelo. Se requieren 2.5 horas para cambiar los filtros.								
Proveer potencia de 237kW (318 hp), con un consumo de combustible de 75 l/h.	B	Motor Provee baja potencia	1	Disminución de la potencia por Vibración por Pernos de soporte de motor sueltos por Error de montaje	Expone riesgo para el equipo debido a la rotura de soportes o pernos de montaje. Se estima que se necesitarán 35 minutos para el reajuste de los pernos del soporte.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Reajustar pernos de soporte de motor	Mantenimiento mecánico	2 000	2	
			2	Disminución de la potencia por Pernos de soporte de motor rotos por Perno defectuoso	Se presenta un riesgo para el equipo por la rotura de soportes y la posibilidad de caída del motor. Se requerirán 3.5 horas para llevar a cabo el cambio de pernos del soporte.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Reajustar pernos de soporte de motor	Mantenimiento mecánico	20000	4	Pernos de soporte de motor
			3	Disminución de la potencia por Filtros de aire saturados por Desgaste	Existe un riesgo para el equipo debido a la contaminación de aceite y al desgaste acelerado del motor. Se estima que se	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Reemplazar filtros de aire	Mantenimiento mecánico	250	1	Filtro de aire

				necesitará 1.5 horas para el cambio de filtros.								
		4	Disminución de la potencia por Filtros de aire deformados por Error en el montaje	Se advierte sobre el riesgo para el equipo por la contaminación del aceite y el desgaste acelerado del motor. Se requerirán 1.5 horas para corregir el montaje de los filtros.								
		5	Disminución de la potencia por Turbos con desgaste por Sello con fuga de aceite	Se presenta un riesgo para el equipo por la baja alimentación de aire a la cámara de combustión y la contaminación del suelo debido a la fuga de aceite. Se estima que se necesitarán 3.5 horas para el cambio de turbo.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Reemplazar turbo	Mantenimiento mecánico	10000	8	Turbocompresor
		6	Disminución de la potencia por Impulsor desgastado o roto	Existe un riesgo para el equipo por la baja alimentación de aire a la cámara de combustión, el daño del motor por								

				el ingreso de partículas metálicas y la contaminación del suelo. Se requerirán 8 horas para el cambio de turbo y la limpieza de las cámaras de combustión.								
		7	Disminución de la potencia por Compresor desgastado o roto por Horas de servicio	Se destaca el riesgo para el equipo por la baja alimentación de aire a la cámara de combustión, el daño del motor por el ingreso de partículas metálicas y la contaminación del suelo. Se requerirán 8 horas para el cambio de turbo y la limpieza de las cámaras de combustión.								
		8	Disminución de la potencia por Carcasa de turbo rota o rajada	Se advierte sobre el riesgo para el equipo por el ingreso de partículas metálicas al motor y la contaminación del								

			por Horas de servicio	suelo. Se requerirán 8 horas para el cambio de turbo y la limpieza de las cámaras de combustión.								
		9	Disminución de la potencia por Perdida de compresión por Empaque de culata soplado	Se presenta riesgo para el equipo debido a la contaminación de aceite y al desgaste acelerado del motor. Se estima que se necesitarán 20 horas para el cambio de empaque.	O 1	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Cambio de empaque	Mantenimiento mecánico	10000	4	Empaque de culata
		10	Disminución de la potencia por Culata doblada o rajada	Hay un riesgo potencial para el equipo debido a la contaminación del aceite y al desgaste acelerado del motor. Se estima que se necesitarán 72 horas para llevar a cabo el cambio de culata.	O 1	Tarea condición	Mecánica	Monitoreo de compresión de motor	Mantenimiento mecánico	5 000	6	
		11	Disminución de la potencia por Monobloc	Se advierte sobre el riesgo para el equipo debido a la contaminación del aceite y al	O 1	Tarea condición	Mecánica	Monitoreo de aceite de motor	Mantenimiento mecánico	250	0,5	Kit de monitoreo de aceite

			k con fisura	desgaste acelerado del motor. Se requieren 96 horas para la sustitución del monoblock.								
		12	Disminución de la potencia por Anillos desgastados o rotos	Existe un riesgo para el equipo debido a la contaminación del aceite, el desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por los gases de escape. Se estima que se necesitarán 96 horas para realizar el cambio de monoblock, anillos o cilindros.	O 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Cambio de anillos de motor	Mantenimiento mecánico	10000	4	kit de anillos de motor
		13	Disminución de la potencia por Cilindros desgastados	Se presenta un riesgo para el equipo debido a la contaminación del aceite, el desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por gases de escape. Se requieren 96 horas para llevar a cabo el cambio de	O 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Cambio de anillos de motor	Mantenimiento mecánico	10000	4	Kit de cilindros de motor

				monoblock o cilindros.								
		14	Disminución de la potencia por Asientos de válvula no sellan por	Hay un riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por los gases de escape. Se estima que se necesitarán 48 horas para la reparación de la culata.	O 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Cambio de asientos de válvulas	Mantenimiento mecánico	10000	4	Kit de asientos de válvulas
		15	Disminución de la potencia por Guías de válvulas desgastadas por	Se destaca el riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor y la contaminación del ambiente por los gases de escape. Se requieren 48 horas para la reparación de la culata.	O 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Cambio de guías de válvulas	Mantenimiento mecánico	10000	4	Kit de guías de válvulas
		16	Disminución de la potencia por Válvulas	Se señala el riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor y la contaminación del	O 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Cambio de válvulas	Mantenimiento mecánico	10000	4	Kit de válvulas

			desgastada s por	ambiente por los gases de escape. Se necesitan 48 horas para realizar la reparación de la culata.								
		17	Disminución de la potencia por Inyectores Saturados	Existe un riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor. Se estima que se necesitarán 3 horas para llevar a cabo el cambio del inyector.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Limpieza de inyectores	Mantenimiento mecánico	5000	4	
		18	Disminución de la potencia por Inyectores Saturados por Solenoide en corte	Se advierte sobre el riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor. Se requieren 3 horas para la sustitución del solenoide.								
		19	Disminución de la potencia por Sobre calentamiento por fajas del ventilador sueltas	Hay riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado del motor. Se requieren 2 horas para el reajuste de las fajas sueltas.	O 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Reajustar tensión de fajas de ventilador	Mantenimiento mecánico	500	2	

			20	Disminución de la potencia por fuga de refrigerante	Existe un riesgo para el equipo debido a la fundición del motor, lo cual podría tener impactos en el medio ambiente a través de la contaminación del suelo. Se estima que se necesitarán 6 horas para abordar las fugas y rellenar el refrigerante.	S 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Revisar conductos y componentes del sistema de refrigeración de motor	Mantenimiento mecánico	250	1	
			21	Disminución de la potencia por Radiador en falla	Se presenta un riesgo para el equipo debido a la fundición del motor, con consecuencias potenciales para el medio ambiente a través de la contaminación del suelo. Se requerirán 8 horas para llevar a cabo la reparación del radiador y rellenar el refrigerante.	S 2	Reacondicionamiento o cíclico	Mecánica	Revisar conductos y estructura del radiador de refrigeración de motor	Mantenimiento mecánico	250	1	
			22	Disminución de la potencia	Hay un riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado	O 3	Reemplazo periódico	Mecánica	Reemplazar filtros de combustible	Mantenimiento mecánico	250	1	Filtros de combustib

			por Filtros de combustible saturados por Combustible de mala calidad	de los inyectores y el motor. Se estima que se necesitarán 2 horas para realizar el cambio de filtros.								le de motor
		23	Disminución de la potencia por filtros Golpeados o deformados	Existe riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado de los inyectores y el motor. Se requieren 2 horas para llevar a cabo el cambio de filtros.				Entrenamiento al personal en actividades de mantenimiento preventivo				
		24	Disminución de la potencia por Mala calidad de filtros por Error en el suministro	Se presenta un riesgo para el equipo debido al desgaste acelerado de los inyectores y el motor. Se estima que se necesitarán 2 horas para realizar el cambio de filtros.				Entrenamiento al personal de logística en adquisición de repuestos				
		25	Disminución de la potencia por Sensor de saturación de filtro de	Hay un riesgo para la producción debido a la posibilidad de información incorrecta. Se requieren 2 horas								

			combustible fallado por Mala calidad por Error en el suministro	para llevar a cabo el cambio del sensor de saturación.								
		26	Disminución de la potencia por Falso contacto de conectores del sensor de saturación por error en el montaje	Existe un riesgo para la producción debido a la potencial desinformación. Se necesitan 2 horas para corregir el falso contacto.								

Tabla 28*Actividades de mantenimiento*

CARGADOR FRONTAL						
UNIDADES:		980H				
FRECUENCIA	TIEMPO (H)	TIPO DE MANTT	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
250	0,5	Reacondicionamiento o cíclico	Reajustar Bornes de batería	CAT	1	Bornes de batería
250	1	Reacondicionamiento o cíclico	Reajustar fajas de alternador	CAT	1	Fajas de alternador
250	1	Reacondicionamiento o cíclico	Reajustar fajas de alternador	CAT	1	Fajas de alternador
250	1	Reacondicionamiento o cíclico	Revisar mangueras y tapas de sistema de refrigerante de motor	CAT	1	Mangueras y tapas
250	1	Reacondicionamiento o cíclico	Revisar mangueras de sistema de lubricación de motor	CAT	1	Mangueras del sistema de lubricación
250	1	Reemplazo periódico	reemplazar filtros de calidad	CAT	1	Filtros
250	1	Reacondicionamiento o cíclico	Revisar conductos del sistema de combustible de motor	CAT	1	Conductos
250	1	Reemplazo periódico	Reemplazar filtros de calidad	CAT	1	Filtros
250	1	Reacondicionamiento o cíclico	Reemplazar filtros de aire	CAT	1	Filtros de aire
250	1	Reacondicionamiento o cíclico	Revisar conductos y componentes del sistema de refrigeración de motor	CAT	1	Inspección
250	1	Reacondicionamiento o cíclico	Revisar conductos y estructura del radiador de refrigeración de motor	CAT	1	Inspección
250	1	Reemplazo periódico	Cambio aceite motor	CAT	8	ACEITE 15W40
250	1	Reemplazo periódico	Reemplazar filtros de combustible	CAT	1	Filtros de combustible
500	1	Reacondicionamiento o cíclico	Revisar cables eléctricos	CAT	5	Cables eléctricos
500	1	Reacondicionamiento o cíclico	Revisar conectores eléctricos	CAT	5	Conectores eléctricos

500	2	Reacondicionamiento o cíclico	Reajustar tensión de fajas de ventilador	CAT	1	Tensión de fajas de ventilador
2000	2	Reacondicionamiento o cíclico	Reajustar pernos de soporte de motor	CAT	1	Pernos de soporte de motor
2000	1	Reemplazo periódico	Reajustar fajas de alternador	CAT	1	Fajas de alternador
5000	2	Reemplazo periódico	Reemplazar motor de arranque	CAT	1	Motor de arranque
5000	4	Reacondicionamiento o cíclico	Limpieza de inyectores	CAT	1	Equipo de limpieza
10000	6	Reemplazo periódico	Reemplazar baterías	CAT	2	Baterías
10000	8	Reacondicionamiento o cíclico	Reemplazar turbo	CAT	1	Turbocompresor
10000	4	Reacondicionamiento o cíclico	Cambio de empaque	CAT	1	Empaque de culata
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio de anillos de motor	CAT	1	Kit de anillos de motor
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio de anillos de motor	CAT	1	Kit de cilindros de motor
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio asientos de válvulas	CAT	1	Kit de asientos de válvulas
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio de guías de válvulas	CAT	1	Kit de guías de válvulas
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio de válvulas	CAT	1	Kit de válvulas
20000	24	Reemplazo periódico	Reemplazar cremallera de volante de motor	CAT	1	Cremallera de volante de motor
20000	4	Reacondicionamiento o cíclico	Reajustar pernos de soporte de motor	CAT	1	Pernos de soporte de motor

Tabla de costos:

Tabla 29

Costos asociados a las actividades de mantenimiento propuestas

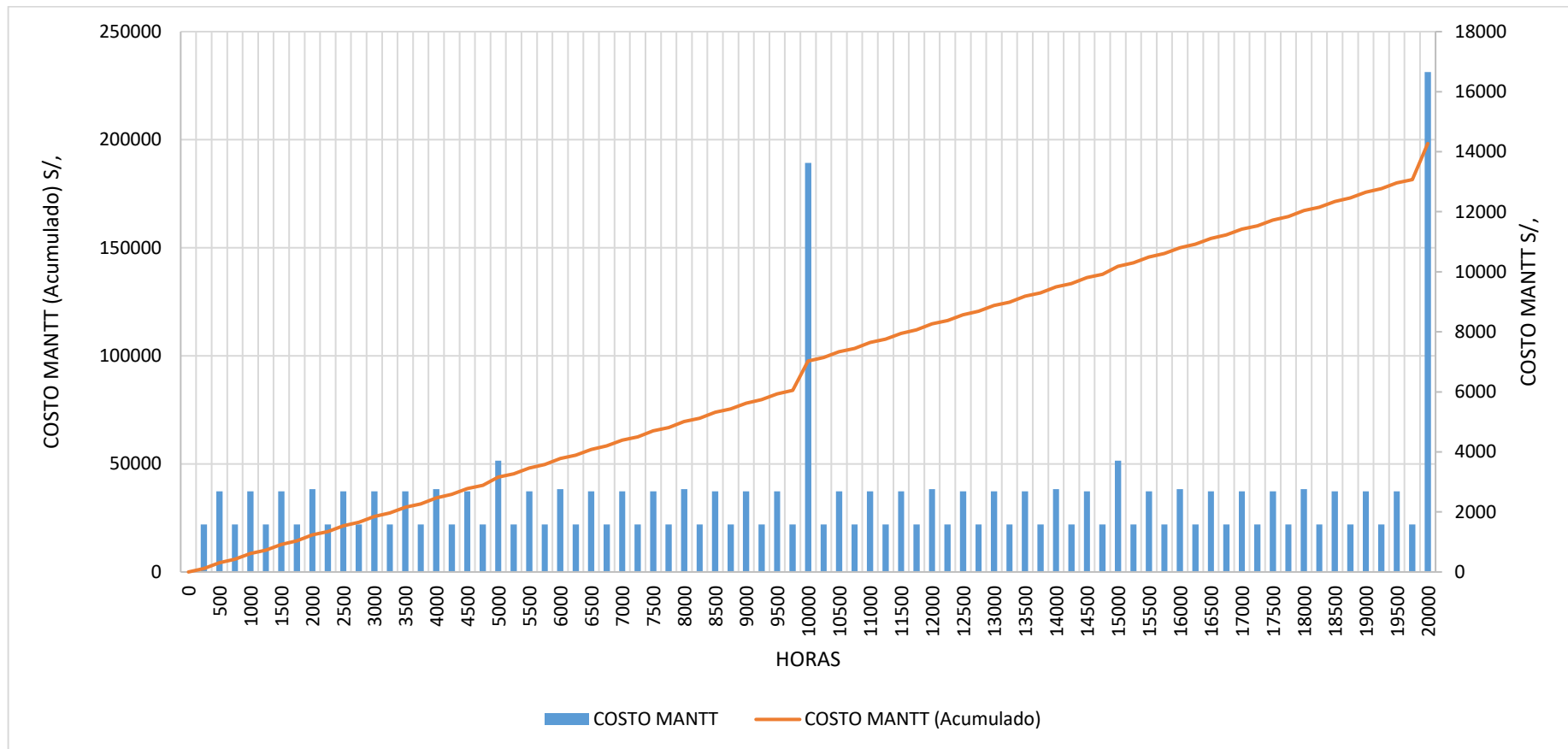
Cargador Frontal											
Unidades:		980h									
Frecuencia	Tiempo(H)	Tipo De Mantt	Descripción Del Mantimiento	Marca	Cantidad	Descripción	Costo Unitario Material	Costo Mano De Obra Por Hora	Costo Total De Mano De Obra	Costo Total De Material	
250	0,5	Reacondicionamiento cíclico	Reajustar Bornes de batería	CAT	1	Bornes de batería	S/-	S/ 25,00	S/ 12,50	S/-	
250	1	Reacondicionamiento cíclico	Reajustar fajas de alternador	CAT	1	Fajas de alternador	S/-	S/ 25,00	S/ 25,00	S/-	
250	1	Reacondicionamiento cíclico	Reajustar fajas de alternador	CAT	1	Fajas de alternador	S/-	S/ 25,00	S/ 25,00	S/-	
250	1	Reacondicionamiento cíclico	Revisar mangueras y tapas de sistema de refrigerante de motor	CAT	1	Mangueras y tapas	S/-	S/ 25,00	S/ 25,00	S/-	
250	1	Reacondicionamiento cíclico	Revisar mangueras de sistema de lubricación de motor	CAT	1	Mangueras del sistema de lubricación	S/-	S/ 25,00	S/ 25,00	S/-	
250	1	Reemplazo periódico	Reemplazar filtros de calidad	CAT	1	Filtros	S/ 200,00	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ 200,00	

250	1	Reacondicionamiento cíclico	Revisar conductos del sistema de combustible de motor	CAT	1	Conductos	S/ -	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ -		
250	1	Reemplazo periódico	Reemplazar filtros de calidad	CAT	1	Filtros	S/ 230,00	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ 230,00		
250	1	Reemplazo periódico	Cambio aceite motor	CAT	8	ACEITE 15W40	S/ 52,00	S/ 20,00	S/ 20,00	S/ 416,00		
250	1	Reacondicionamiento cíclico	Reemplazar filtros de aire	CAT	1	Filtros de aire	S/ 200,00	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ 200,00		
250	1	Reacondicionamiento cíclico	Revisar conductos y componentes del sistema de refrigeración de motor	CAT	1	Inspección	S/ -	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ -		
250	1	Reacondicionamiento cíclico	Revisar conductos y estructura del radiador de refrigeración de motor	CAT	1	Inspección	S/ -	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ -		
250	1	Reemplazo periódico	Reemplazar filtros de combustible	CAT	1	Filtros de combustible	S/ 230,00	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ 230,00	Costo Mantt por 250 hr	S/ 1.583,50
500	1	Reacondicionamiento cíclico	Revisar cables eléctricos	CAT	5	Cables eléctricos	S/ 200,00	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ 1.000,00		
500	1	Reacondicionamiento cíclico	Revisar conectores eléctricos	CAT	5	Conectores eléctricos	S/ -	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ -		
500	2	Reacondicionamiento cíclico	Reajustar tensión de fajas de ventilador	CAT	1	Tensión de fajas de ventilador	S/ -	S/ 25,00	S/ 50,00	S/ -	Costo Mantt por 500 hr	S/ 1.100,00

2000	2	Reacondicionamiento cíclico	Reajustar pernos de soporte de motor	CAT	1	Pernos de soporte de motor	S/ -	S/ 25,00	S/ 50,00	S/ -		
2000	1	Reemplazo periódico	Reajustar fajas de alternador	CAT	1	Fajas de alternador	S/ -	S/ 25,00	S/ 25,00	S/ -	Costo Mantt por 2000 hr	S/ 75,00
5000	2	Reemplazo periódico	Reemplazar motor de arranque	CAT	1	Motor de arranque	S/ 850,00	S/ 25,00	S/ 50,00	S/ 850,00		
5000	4	Reacondicionamiento cíclico	Limpieza de inyectores	CAT	1	Equipo de limpieza	S/ 20,00	S/ 25,00	S/ 100,00	S/ 20,00	Costo Mantt por 5000 hr	S/ 1.020,00
10000	6	Reemplazo periódico	Reemplazar baterías	CAT	2	Baterías	S/ 850,00	S/ 25,00	S/ 150,00	S/ 1.700,00		
10000	8	Reacondicionamiento cíclico	Reemplazar turbo	CAT	1	Turbocompresor	S/ 3.500,00	S/ 25,00	S/ 200,00	S/ 3.500,00		
10000	4	Reacondicionamiento cíclico	Cambio de empaque	CAT	1	Empaque de culata	S/ 2.500,00	S/ 25,00	S/ 100,00	S/ 2.500,00		
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio de anillos de motor	CAT	1	kit de anillos de motor	S/ 200,00	S/ 25,00	S/ 100,00	S/ 200,00		
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio de anillos de motor	CAT	1	Kit de cilindros de motor	S/ 210,00	S/ 25,00	S/ 100,00	S/ 210,00		
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio asientos de válvulas	CAT	1	Kit de asientos de válvulas	S/ 250,00	S/ 25,00	S/ 100,00	S/ 250,00		
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio de guías de válvulas	CAT	1	Kit de guías de válvulas	S/ 300,00	S/ 25,00	S/ 100,00	S/ 300,00		
10000	4	Reemplazo periódico	Cambio de válvulas	CAT	1	Kit de válvulas	S/ 240,00	S/ 25,00	S/ 100,00	S/ 240,00	Costo Mantt por 10000 hr	S/ 9.850,00
20000	24	Reemplazo periódico	Reemplazar cremallera de volante de motor	CAT	1	cremallera de volante de motor	S/ 2.400,00	S/ 25,00	S/ 600,00	S/ 2.400,00		
20000	4	Reacondicionamiento cíclico	Reajustar pernos de soporte de motor	CAT	1	Pernos de soporte de motor	S/ -	S/ 25,00	S/ 100,00	S/ -	Costo Mantt por 200000 hr	S/ 3.100,00

Gráfica de costos de mantenimiento a través del tiempo: A continuación, se presenta los costos relacionados a las tareas de mantenimiento que se lleva a cabo, la Tabla que se usó para el cálculo se presenta en ANEXOS.

Figura 19
Costos de mantenimiento a través del tiempo



Análisis de costos:

De la tabla anterior, se extrae que para el plan de mantenimiento propuesto

a las 250 horas se tiene un gasto en el mantenimiento de S/. 1.583,50

a las 500 horas se tiene un gasto en el mantenimiento de S/ 1.100,00

a las 2000 horas se tiene un gasto en el mantenimiento de S/ 75,00

a las 5000 horas se tiene un gasto en el mantenimiento de S/ 1.020,00

a las 10000 horas se tiene un gasto en el mantenimiento de S/ 9.850,00

a las 20000 horas se tiene un gasto en el mantenimiento de S/ 3.100,00

Como se mencionó anteriormente entre enero y octubre de 2022, se acumularon 434.2 horas de parada, representando una pérdida de producción de S/. 74,682.40. este gasto es únicamente debido a la parada de la producción, no está incluido el costo extra que tuvo el mantenimiento correctivo.

Para el periodo actual las horas totales de parada son 198.5 horas entre enero y octubre de 2023, (se muestra en la siguiente tabla) el cual considerando el costo por hora de parada, que es de S/. 172.00, representa una pérdida de producción de S/. 34,142.00

Entre enero y octubre se tienen 10 meses, y el tiempo de operación planificado del cargador frontal por mes son 300 horas para 10 meses viene a ser 3000 horas que, según el gráfico anterior, en este periodo de tiempo el costo de mantenimiento asciende a S/ 25.677,00. Por lo tanto, sumando ambos valores tanto costo de mantenimiento como costo por pérdida de producción nos da un valor total de S/ 59.819,00. que es inferior al costo por pérdida de producción del periodo anterior (2022).

Tabla 30 Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 12 horas

CARGADOR FRONTAL 980H	Mantenimiento preventivo		INSPECCION DIARIA			
	RE-001					
Versión:	001/ enero 2023		12 HORAS			
EQUIPO	CARGADOR FRONTAL 980H	TIEMPO ESTIMADO				
MARCA	CATERPILLAR	MECÁNICO				
INICIO		FECHA				
FIN		HORÓMETRO				
ACTIVIDADES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO						OBSERVACIONES
1	Llenar ATS					
2	Usar EPP					
3	Ubicar equipo de manera estable					
4	Apagar el equipo					
5	Aplicar bloqueos y rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos					
6	Acordone el área de trabajo con cinta y conos de seguridad					
	MATERIALES E INSUMOS	CÓDIGO	Número de parte	Unidad	Cant.	(v)
1	Trapo industrial					
2	Grasa					
	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	REALIZADO (v)	V. ENCONTRADO	RECOMENDACIÓN		
1	Revisar nivel aceite de motor					
2	Revisar nivel del líquido refrigerante					
3	Revisar fajas del ventilador					
4	Revisar mangueras hidráulicas					
5	Revisar llantas					
6	Revisar funcionamiento de luces					
7	Revisar aislamiento de cables					
8	Revisar parada de emergencia					
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO						
1	Retirar el rotulado y bloqueos después de terminado el trabajo					
2	Examinar que se hayan colocado todas las protecciones que fueron retiradas					
3	Confirmar que no haya personal presente para poner en marcha el equipo					
4	Revisar y eliminar cualquier posible fuga					
5	Completar la documentación requerida para su archivo y notificación					
CONTROL AMBIENTAL						
1	Recoger componentes no funcionales en un área designada para su eliminación posterior					
2	Recoger y organizar todos los materiales inflamables					
3	Recuperar el aceite usado de los cilindros					
4	Prevenir cualquier derrame de aceite.					
OBSERVACIONES						
CARGO	NOMBRE Y APELLIDO		CONFORMIDAD	PROYECTO		
Operador del equipo						
Mecánico a cargo del mantenimiento preventivo						
Residente						

Tabla 31 Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 250 horas

CARGADOR FRONTAL 980H	Mantenimiento preventivo		PM1		
	RE-002		250 HORAS		
Versión:	001/ Enero 2023				
EQUIPO	CARGADOR FRONTAL 980H	TIEMPO ESTIMADO			
MARCA	CATERPILLAR	MECÁNICO			
INICIO		FECHA			
FIN		HORÓMETRO			
ACTIVIDADES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO					OBSERVACIONES
1	Llenar ATS				
2	Usar EPP				
3	Ubicar equipo de manera estable				
4	Apagar el equipo				
5	Aplicar bloqueos y rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos				
6	acordone el área de trabajo con cinta y conos de seguridad				
	MATERIALES E INSUMOS	CÓDIGO	Un	Cant.	(v)
1	Trapo industrial		Kg	1	
2	Fajas de alternador		Pza	1	
3	Mangueras y tapas		Pza	1	
4	Mangueras del sistema de lubricación		Pza	1	
5	Filtros de aire		Pza	1	
6	ACEITE 15W40		gl	5	
7	Filtros de combustible		Pza	1	
8	Grasa		lb	5	
	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	REALIZADO (v)	V. ENCONTRA	RECOMENDACIÓN	
1	Reajustar Bornes de batería	i			
2	Reajustar fajas de alternador				
3	Reajustar fajas de alternador				
4	Revisar mangueras y tapas de sistema de refrigerante de motor				
5	Revisar mangueras de sistema de lubricación de motor				
6	Reemplazar filtros de calidad				
7	Revisar conductos del sistema de combustible de motor				
8	Reemplazar filtros de calidad				
9	Reemplazar filtros de aire				
10	Revisar conductos y componentes del sistema de refrigeración de motor				
11	Revisar conductos y estructura del radiador de refrigeración de motor				
12	Cambio aceite motor				
13	rReemplazar filtros de combustible				
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO					
1	Retirar el rotulado y bloqueos después de terminado el trabajo				
2	Examinar que se hayan colocado todas las protecciones que fueron retiradas				
3	Confirmar que no haya personal presente para poner en marcha el equipo				
4	Revisar y eliminar cualquier posible fuga				
5	Completar la documentación requerida para su archivo y notificación				
CONTROL AMBIENTAL					
1	Recoger componentes no funcionales en un área designada para su eliminación posterior				
2	Recoger y organizar todos los materiales inflamables				
3	Recuperar el aceite usado de los cilindros				
4	Prevenir cualquier derrame de aceite.				
OBSERVACIONES					
CARGO	NOMBRE Y APELLIDO		CONFORMIDAD	PROYECTO	

Operador del equipo			
Mecánico a cargo del mantenimiento preventivo			
Residente			

Tabla 32 Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 500 horas

CARGADOR FRONTAL 980H	Mantenimiento preventivo		PM2			
	RE-003					
Versión:	001/ Enero 2023		500 HORAS			
EQUIPO	CARGADOR FRONTAL 980H	TIEMPO ESTIMADO				
MARCA	CATERPILLAR	MECÁNICO				
INICIO		FECHA				
FIN		HORÓMETRO				
ACTIVIDADES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO						OBSERVACIONES
1	Llenar ATS					
2	Usar EPP					
3	Ubicar equipo de manera estable					
4	Apagar el equipo					
5	Aplicar bloqueos y rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos					
6	Acordone el área de trabajo con cinta y conos de seguridad					
MATERIALES E INSUMOS		CÓDIGO		Unit	Cant.	(v)
1	Cables eléctricos			m	5	
2	Conectores eléctricos			Pza	5	
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD		REALIZADO (v)	V. ENCONTRADO	RECOMENDACIÓN		
1	Revisar cables eléctricos					
2	Revisar conectores eléctricos					
3	reajustar tensión de fajas de ventilador					
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO						
1	Retirar el rotulado y bloqueos después de terminado el trabajo					
2	Examinar que se hayan colocado todas las protecciones que fueron retiradas					
3	Confirmar que no haya personal presente para poner en marcha el equipo					
4	Revisar y eliminar cualquier posible fuga					
5	Completar la documentación requerida para su archivo y notificación					
CONTROL AMBIENTAL						
1	Recoger componentes no funcionales en un área designada para su eliminación posterior					
2	Recoger y organizar todos los materiales inflamables					
3	Recuperar el aceite usado de los cilindros					
4	Prevenir cualquier derrame de aceite.					
OBSERVACIONES						
CARGO	NOMBRE Y APELLIDO		CONFORMIDAD	PROYECTO		
Operador del equipo						
Mecánico a cargo del mantenimiento preventivo						
Residente						

Tabla 33 Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 2000 horas

CARGADOR FRONTAL 980H	Mantenimiento preventivo		PM3			
	RE-003					
Versión:	001/ Enero 2023		2000 HORAS			
EQUIPO	CARGADOR FRONTAL 980H	TIEMPO ESTIMADO				
MARCA	CATERPILLAR	MECÁNICO				
INICIO		FECHA				
FIN		HORÓMETRO				
ACTIVIDADES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO						OBSERVACIONES
1	Llenar ATS					
2	Usar EPP					
3	Ubicar equipo de manera estable					
4	Apagar el equipo					
5	Aplicar bloqueos y rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos					
6	Acordone el área de trabajo con cinta y conos de seguridad					
MATERIALES E INSUMOS		CÓDIGO		Unit	Cant.	(v)
1	Pernos de soporte de motor			Pza	15	
2	Fajas de alternador			Pza	1	
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD		REALIZADO (v)	V. ENCONTRADO	RECOMENDACIÓN		
1	Reajustar pernos de soporte de motor					
2	Reajustar fajas de alternador					
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO						
1	Retirar el rotulado y bloqueos después de terminado el trabajo					
2	Examinar que se hayan colocado todas las protecciones que fueron retiradas					
3	Confirmar que no haya personal presente para poner en marcha el equipo					
4	Revisar y eliminar cualquier posible fuga					
5	Completar la documentación requerida para su archivo y notificación					
CONTROL AMBIENTAL						
1	Recoger componentes no funcionales en un área designada para su eliminación posterior					
2	Recoger y organizar todos los materiales inflamables					
3	Recuperar el aceite usado de los cilindros					
4	Prevenir cualquier derrame de aceite.					
OBSERVACIONES						
CARGO	NOMBRE Y APELLIDO		CONFORMIDAD	PROYECTO		
Operador del equipo						
Mecanico a cargo del mantenimiento preventivo						
Residente						

Tabla 34 Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 5000 horas

CARGADOR FRONTAL 980H	Mantenimiento preventivo		PM4			
	RE-004					
Versión:	001/ enero 2023		5000 HORAS			
EQUIPO	CARGADOR FRONTAL 980H	TIEMPO ESTIMADO				
MARCA	CATERPILLAR	MECÁNICO				
INICIO		FECHA				
FIN		HORÓMETRO				
ACTIVIDADES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO						OBSERVACIONES
1	Llenar ATS					
2	Usar EPP					
3	Ubicar equipo de manera estable					
4	Apagar el equipo					
5	Aplicar bloqueos y rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos					
6	Acordone el área de trabajo con cinta y conos de seguridad					
MATERIALES E INSUMOS		CÓDIGO		Unit	Cant.	(v)
1	Motor de arranque			Pza	1	
2	Equipo de limpieza			Pza	1	
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD		REALIZADO (v)	V. ENCONTRADO	RECOMENDACIÓN		
1	Reemplazar motor de arranque					
2	Limpieza de inyectores					
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO						
1	Retirar el rotulado y bloqueos después de terminado el trabajo					
2	Examinar que se hayan colocado todas las protecciones que fueron retiradas					
3	Confirmar que no haya personal presente para poner en marcha el equipo					
4	Revisar y eliminar cualquier posible fuga					
5	Completar la documentación requerida para su archivo y notificación					
CONTROL AMBIENTAL						
1	Recoger componentes no funcionales en un área designada para su eliminación posterior					
2	Recoger y organizar todos los materiales inflamables					
3	Recuperar el aceite usado de los cilindros					
4	Prevenir cualquier derrame de aceite.					
OBSERVACIONES						
CARGO	NOMBRE Y APELLIDO		CONFORMIDAD	PROYECTO		
Operador del equipo						
Mecánico a cargo del mantenimiento preventivo						
Residente						

Tabla 35 Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 10000 horas

CARGADOR FRONTAL 980H	Mantenimiento preventivo		PM5		
	RE-005		10000 HORAS		
Versión:	001/ enero 2023				
EQUIPO	CARGADOR FRONTAL 980H	TIEMPO ESTIMADO			
MARCA	CATERPILLAR	MECÁNICO			
INICIO		FECHA			
FIN		HORÓMETRO			
ACTIVIDADES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO					OBSERVACIONES
1	Llenar ATS				
2	Usar EPP				
3	Ubicar equipo de manera estable				
4	Apagar el equipo				
5	Aplicar bloqueos y rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos				
6	Acordone el área de trabajo con cinta y conos de seguridad				
	MATERIALES E INSUMOS	CODIGO		Unit t	Cant. (v)
1	Baterías			Pza	1
2	Turbocompresor			Pza	1
3	Empaque de culata			Pza	1
4	Kit de anillos de motor			Pza	1
5	Kit de cilindros de motor			Pza	1
6	Kit de asientos de válvulas			Pza	1
7	Kit de guías de válvulas			Pza	1
8	Kit de válvulas			Pza	1
	DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	REALIZADO (v)	V. ENCONTRADO	RECOMENDACIÓN	
1	Reemplazar baterías				
2	Reemplazar turbo				
3	Cambio de empaque				
4	Cambio de anillos de motor				
5	Cambio de anillos de motor				
6	Cambio asientos de válvulas				
7	Cambio de guías de válvulas				
8	Cambio de válvulas				
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO					
1	Retirar el rotulado y bloqueos después de terminado el trabajo				
2	Examinar que se hayan colocado todas las protecciones que fueron retiradas				
3	Confirmar que no haya personal presente para poner en marcha el equipo				
4	Revisar y eliminar cualquier posible fuga				
5	Completar la documentación requerida para su archivo y notificación				
CONTROL AMBIENTAL					
1	Recoger componentes no funcionales en un área designada para su eliminación posterior				
2	Recoger y organizar todos los materiales inflamables				
3	Recuperar el aceite usado de los cilindros				
4	Prevenir cualquier derrame de aceite.				
OBSERVACIONES					
CARGO	NOMBRE Y APELLIDO		CONFORMIDAD	PROYECTO	
Operador del equipo					
Mecánico a cargo del mantenimiento preventivo					
Residente					

Tabla 36 Aplicación del plan de mantenimiento, inspección cada 20000 horas

CARGADOR FRONTAL 980H	Mantenimiento preventivo		PM6		
	RE-005		20000 HORAS		
Versión:	001/ enero 2023				
EQUIPO	CARGADOR FRONTAL 980H	TIEMPO ESTIMADO			
MARCA	CATERPILLAR	MECÁNICO			
INICIO		FECHA			
FIN		HORÓMETRO			
ACTIVIDADES PRELIMINARES DE MANTENIMIENTO					OBSERVACIONES
1	Llenar ATS				
2	Usar EPP				
3	Ubicar equipo de manera estable				
4	Apagar el equipo				
5	Aplicar bloqueos y rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos				
6	Acordone el área de trabajo con cinta y conos de seguridad				
MATERIALES E INSUMOS		CÓDIGO		Unit	Cant.
1	Cremallera de volante de motor			Pza.	1
2	Pernos de soporte de motor			Pza.	1
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD		REALIZADO (v)	V. ENCONTRADO	RECOMENDACIÓN	
1	Reemplazar cremallera de volante de motor				
2	Reajustar pernos de soporte de motor				
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO					
1	Retirar el rotulado y bloqueos después de terminado el trabajo				
2	Examinar que se hayan colocado todas las protecciones que fueron retiradas				
3	Confirmar que no haya personal presente para poner en marcha el equipo				
4	Revisar y eliminar cualquier posible fuga				
5	Completar la documentación requerida para su archivo y notificación				
CONTROL AMBIENTAL					
1	Recoger componentes no funcionales en un área designada para su eliminación posterior				
2	Recoger y organizar todos los materiales inflamables				
3	Recuperar el aceite usado de los cilindros				
4	Prevenir cualquier derrame de aceite.				
OBSERVACIONES					
CARGO	NOMBRE Y APELLIDO		CONFORMIDAD	PROYECTO	
Operador del equipo					
Mecánico a cargo del mantenimiento preventivo					
Residente					

Las siguientes Tablas calculan MTBF, MTTR y disponibilidad de equipos de enero a octubre del periodo 2023 para comprender y medir el rendimiento y los niveles de rendimiento de los mecanismos, lo que le permite verificar si la atención del nuevo programa tuvo efecto.

Tabla 37*Cálculo de MTBF, MTTR y disponibilidad de equipos*

EQUIPO	N°	MES	HORAS TOTALES PARADA POR MANTENIMIENTO	NÚMEROS DE PARADA	HORAS DE OPERACIÓN REAL	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LA MAQUINARIA
CARGADOR FRONTAL 980H	1	ENE	15.0	2.0	285	142.5	7.5	95.0%
	2	FEB	13.3	2.0	295	147.4	6.6	95.7%
	3	MAR	14.5	3.0	295	98.2	4.8	95.3%
	4	ABR	12.5	4.0	288	72.1	3.1	95.8%
	5	MAY	12.0	3.0	293	97.7	4.0	96.1%
	6	JUN	19.0	3.0	282	94.1	6.3	93.7%
	7	JUL	7.3	2.0	285	142.4	3.6	97.5%
	8	AGO	24.0	4.0	241	60.3	6.0	90.9%
	9	SET	16.0	3.0	279	93.0	5.3	94.6%
	10	OCT	5.0	4.0	276	68.9	1.3	98.2%
TOTAL			198.5	30	2818	101.6	4.9	95.3%

Analizando la Tabla, se visualiza el aumento de disponibilidad a un 95% gracias a la nueva gestión del plan de mantenimiento.

CAPÍTULO V

DISCUSION

5.1 DISCUSIÓN

Durante el estudio, se descubrió que la mayoría de los retrasos en el funcionamiento de las máquinas se debían a una mala organización del mantenimiento, lo que afectaba negativamente la producción.

Se sabe que hay muchas estrategias para la gestión de mantenimiento. Como Martínez (2012) nos dice, se utiliza un enfoque TPM basado en el mantenimiento para eliminar el desperdicio en la fabricación y garantizar que funcione al máximo rendimiento. Si bien este es un método posible para el propósito de este artículo, no se ha utilizado, pues el brindarles conocimientos actuales a los empleados que se encargan de la reparación, es de gran necesidad establecer una cultura novedosa en el manejo de los equipos, aumentando notablemente el tiempo y costo, tomando como decisión contratar personal capacitado, que se encargue de monitorear las tareas asignadas y revisar el equipo para la repetición.

Por lo tanto, es muy importante que la información disponible sea fácilmente accesible y confiable, ya que los datos ingresados incorrectamente al sistema pueden ser la razón de la inestabilidad y errores del sistema, lo que requiere un monitoreo constante de los equipos e ingenieros responsables.

Diferentes estudios hacen la investigación de la perfección de la gestión con diferentes estrategias, empleando data histórica, lo cual permite reconocer la realidad vigente de la empresa, de tal modo que, es muy útil efectuar métodos que sean de contribución para almacenar información, garantizando la implementación de metodologías a finalidad de perfeccionar la toma de decisiones

CONCLUSIONES

- Se logró elaborar el plan de mantenimiento del cargador frontal 980H aplicando la estrategia del AMEF esto permitió llevar a cabo un control más preciso y la identificación de los modos de falla más comunes y las necesidades de mantenimiento preventivo.
- La aplicación de la estrategia AMEF en este plan de mantenimiento dio como resultado una mejora en la disponibilidad operativa del cargador frontal Caterpillar 980H, reduciendo las paradas no programadas e incrementando la disponibilidad del cargador frontal en las operaciones.
- Los indicadores de mantenimiento como el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR) mostraron significativas mejoras tras la implementación de la estrategia AMEF. Con los resultados obtenidos la disponibilidad del vehículo es mayor al 95%.
- Con el plan de mantenimiento ya aplicado se observa un aumento del 14% en la disponibilidad llegando al objetivo deseado.
- Los resultados indican una mejora significativa en la gestión de mantenimiento de enero a octubre del 2023 en comparación de los anteriores en el 2022. La implementación del plan de mantenimiento incrementó la disponibilidad. Con estas mejoras demostramos la eficiencia de las estrategias de mantenimiento al optimizar recursos y mejorar la rentabilidad y operatividad.

RECOMENDACIONES

- Mantener la aplicación del análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) en la gestión de mantenimiento para asegurar la identificación y control de fallas potenciales, esto mejorará la eficiencia y reducirá costos.
- Se debe establecer un programa de monitoreo que permita la actualización continua del plan de mantenimiento basado en (AMEF) para adaptarse a nuevas condiciones de trabajo y mantener la eficiencia y actualización del plan.
- Se debe dar capacitación constante al personal de mantenimiento en la metodología Amed, Además de capacitaciones en mantenimiento preventivo y predictivo.
- Se recomienda incorporar tecnologías de vanguardia en el monitoreo y diagnóstico para una mejor detección de fallas y precisión en la programación del mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.L.EPH. (18 de marzo de 2021). *Aleph*. <https://aleph.org.mx/que-es-uncargador-frontal-y-para-que-sirve>

Amambal, F., y Huatay, C. (2018). Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en la empresa Martinez contratistas e ingeniería S.A. - Arequipa, 2018. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14562/Amambal%20Alaya%20Fernando%20Huatay%20Caja%20Carlos%20V%20adctor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Anton, J. (2021). *Mejora del plan de inspección y mantenimiento preventivo del cargador frontal WA380-6 Komatsu para construcción. Sede Pucusana*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Callao]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Callao.

http://209.45.55.171/bitstream/handle/20.500.12952/6233/TSP_PREGRADO_ANTON_FIME_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barrientos, G. (2017). *Mejora de la Gestión de Mantenimiento de Maquinaria Pesada con la metodología AMEF*. [Tesis de licenciatura, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2a368ebf-71a2-4749-a1eb-1813ec9564d5/content>

Borja, M. (2016). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Recuperado el 18 de marzo de 2022, de <https://1library.co/document/y90kr2wy-metodologia-de-la-investigacion-paraingenieros.html>

CIMELSA. (s.f.). *Por qué es importante el mantenimiento predictivo industrial*. Recuperado el 18 de marzo de 2022 de <https://www.cimelsa.com/es/por-que-es-importante-el-mantenimiento-predictivo-industrial/#:~:text=El%20mantenimiento%20predictivo%20es%20un,ofrecer%C3%AADan%20indicativos%20de%20posibles%20aver%C3%ADas>

ComparaSoftware. (17 de setiembre de 2020). *Blog ComparaSoftware*. <https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>

Dixon, J., y Raouf, A. (2000). *Sistema de mantenimiento Planeación y control*. Ciudad de México: Grupo Noriega.

Flores, C. (2010). *Mantenimiento preventivo para vehículos de carga y maquinaria pesada en operación de movimiento de tierras*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingenierías. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/12027>

García, S. (s.f.). *Organización y gestión del mantenimiento de instalaciones*. https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700502/moodle/file.php/78/2_Curso/0040._Montaje_y_mantenimiento_de_equipos_de_refrigeracion_comercial/Capitulo_IV/Organizacion_y_gestion_del_mantenimiento_de_instalaciones_modif.pdf

Hernández, F. y. (2010). *Metodología De La Investigación* (5ª ed.). España: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill.

Jiménez, O. (2021). Caracterización operacional y de mantenimiento de la flota de cargadores cat-990 en servicio ubicados en una mina de la región Caribe. *Boletín De Innovación, Logística Y Operaciones*, 3(1).

<https://doi.org/https://doi.org/10.17981/bilo.3.1.2021.13>

Lizcano Guerrero, J. A. (2019). Elaboración de una propuesta de mantenimiento mediante la metodología RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) para los cargadores frontales de bajo perfil Sandvik LHD410 en la sociedad minera de Santander S.A.S. [Tesis de licenciatura, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana.

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6243/digital_38288.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mancuzo, G. (26 de julio de 2022). Costes de Mantenimiento: Tipos y Métodos de Cálculo. *Comparasoftware*. <https://blog.comparasoftware.com/costos-de-mantenimiento/>

Martínez, A. (2012). Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria. [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/600661/Tesis%20Mart%C3%ADnez%20Calizaya.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Norma Cema. (2012). *Manual Cema*. Nueva York, Estados Unidos. Obtenido de [https://www.manualesdemecanica.com/manuales/Varios/Manual-de-la-NormaCema-\(espa%C3%B1ol\)/](https://www.manualesdemecanica.com/manuales/Varios/Manual-de-la-NormaCema-(espa%C3%B1ol)/)

Probabilidad. (s.f.). *Probabilidad. Tema 5*.

http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/977/Probabilidad_Tema_5_clase.pdf

Raouf, A., y Dixon, J. (2000). *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. Editorial Limusa S.A.

https://www.academia.edu/27545532/Sistemas_de_Mantenimiento_Duffua_y_Otros

Riera, J. (2012). Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa cubiertas del ecuador Kubiec S.A. en la planta Esthela. [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica del Ejército]. Repositorio Institucional de la Escuela Politécnica del Ejército.

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5974/1/T-ESPE-034434.pdf>

Salvatierra, H. (2019). *Aumento de la confiabilidad de la excavadora 336D2L con la metodología AMEF en la empresa Baeira SAC*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14791>

Sánchez, J. (1 de octubre de 2021). *Costos de mantenimiento*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/costos-de-mantenimiento.html#:~:text=Los%20costos%20de%20mantenimiento%20son,volumen%20de%20costes%20fijos%20totales>.

Santisteban, J. (2018). *Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para la mejora de la operatividad de la flota de maquinaria y equipos de la empresa DCR minería y construcción S.A.C. de Arequipa - Perú*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3187/1414_2018_santis_teban_caceres_j_fain_mecanica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Solano, A. (2020). *Diseño del modelo de gestión de mantenimiento para los equipos mineros de la mina La Chilena en Holcim Costa Rica*. [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio del Instituto Tecnológico de Costa Rica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12299/TFG_Antonio_Solano_Alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tairo, C. (2022). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo y su impacto económico en la empresa Genesur E.I.R.L, Arequipa - 2021*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma San Francisco]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma San Francisco. <http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/694/1/TESIS%20TAIRO%20CHAMPI.pdf>

Torres, L. (2005). *Mantenimiento, su implementación y gestión*. Universitas.

Valderrama, E. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de una flota de cargadores frontales modelo 966G de la empresa Autocentro Cajamarca S.R.L*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24859/Valderrama%20Izquierdo%2c%20Ever%20Eli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vidal, F. (2021). *Mantenimiento correctivo*.

https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-correctivo/#Beneficios_y_desventajas_del_mantenimiento_correctivo

Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y desarrollo*, 19(1), 25-37.

<http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.02>

Zelada, M. (2017). *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF*. [Tesis de Licenciatura, Universidad San Ignacio de Loyola].

Repositorio Institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola.

[https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2a368ebf71a2-4749-a1eb-](https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2a368ebf71a2-4749-a1eb-1813ec9564d5/cont)

[1813ec9564d5/cont](https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2a368ebf71a2-4749-a1eb-1813ec9564d5/cont)

ANEXOS

Tabla A1

Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Metodología	Técnicas de recolección
¿Se podrá realizar la gestión del mantenimiento preventivo aplicando la estrategia del AMEF para la mejora de la disponibilidad en el cargador frontal Caterpillar 980H?	Realizar la gestión del mantenimiento preventivo aplicando la estrategia del AMEF del cargador frontal Caterpillar 980H.	Se podrá realizar la gestión del mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 980H aplicando la estrategia del AMEF	<p>Tipo de investigación El tipo de investigación será el tipo aplicada</p> <p>Nivel de investigación El nivel la investigación será del nivel explicativo</p>	<p>Técnicas Técnica documental: recopilación de datos para el análisis y revisión de bases de datos.</p>
Problemas específicos	Objetivo específico	Hipótesis específica	Método de investigación	Técnica de observación en el campo de aplicación:
¿cómo puede ser elaborado el plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 980H aplicando la estrategia del AMEF?	Elaborar el plan de mantenimiento del cargador frontal Caterpillar 980H aplicando la estrategia del AMEF.	Puede ser elaborado el plan de mantenimiento del cargador frontal Caterpillar 980H aplicando la estrategia del AMEF.	<p>El método de la investigación será del tipo correlación.</p> <p>Diseño de investigación</p>	participación en el análisis de los

<p>¿Se podrá implementar la disponibilidad operativa del cargador frontal Caterpillar 980H al aplicar la estrategia del AMEF?</p>	<p>Mejorar la disponibilidad operativa del cargador frontal Caterpillar 980H al aplicar la estrategia del AMEF.</p>	<p>Puede ser mejorada la disponibilidad operativa del cargador frontal Caterpillar 980H al aplicar la estrategia del AMEF</p>	<p>El diseño de la investigación será del tipo no experimental, sub clasificado en el caso de investigación ex post facto.</p>	<p>cargadores frontales, toma de datos de los indicadores y otros valores de evaluación directamente de los equipos</p>
<p>¿Se podrá medir la mejora los indicadores de mantenimiento del cargador frontal Caterpillar 980H al aplicar la estrategia del AMEF?</p>	<p>Mejorar los indicadores de mantenimiento del cargador frontal Caterpillar 980H aplicando la estrategia del AMEF.</p>	<p>Podrá ser mejorados los indicadores de mantenimiento del cargador frontal Caterpillar 980H al aplicar la estrategia del AMEF</p>		<p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Libros de referencia • Manuales de los equipos • Base de datos • Procedimientos de trabajo en el campo

Tabla A2*Cronograma de actividades*

Actividades	Julio				Agosto				Setiembre				Octubre			
	2022				2022				2022				2022			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recolección y selección de datos	X	X														
Determinación del problema para la investigación			X													
Investigación bibliográfica del problema				X	X	X										
Análisis del problema y posibles soluciones							X	X	X							
Recolección de datos										X	X					
Diseño y elaboración de la propuesta											X	X	X			
Análisis y discusión de resultados													X	X	X	
Informe de resultados de la investigación															X	
Presentación final de la investigación																X

Recursos humanos:

Los recursos humanos que se van a ver afectados en la presente investigación son:

- Asesor de la universidad
- Personal administrativo de la universidad
- Asesor especialista en el área
- Tesista

Bienes

Los bienes a utilizar fueron:

- Materiales de uso de oficina
- Equipos de trabajo de oficina: laptop, impresora
- Suministros de trabajo: memoria USB, textos de consulta

Servicios

Los servicios que se utilizaron en la presente investigación, se pueden clasificar en:

- Asesorías y consultas a especialistas del área
- Visitas al área donde se realizará el análisis de datos

Presupuestos:

Tabla A3

Presupuesto

RECURSOS	CANTIDAD	TIPO	UNIT	COSTO UNIT	Costo total
MATERIALES	Paquete	Hojas Bond A-4	6	S/. 15.00	S/.80.00
	Unidad	Empaste	1	S/. 100.00	S/. 100.00
SERVICIOS	Unidad	Asesoría y consultoría	1	S/. 1,000.00	S/.1000.00
	Unidad	Viajes y viáticos	2	S/. 200.00	S/. 400.00
EQUIPOS	Unidad	Impresora	1	S/. 200.00	S/. 200.00
	Unidad	Laptop	1	S/. 3500.00	S/.3500.00
SUMINISTROS	Unidad	Memoria USB	1	S/. 50.00	S/. 100.00
	Unidad	Textos de consultas	3	S/. 80.00	S/. 240.00
TOTAL					S/.4420.00

Fuente de Financiamiento:

La fuente de financiamiento de la presente investigación será realizada por la misma
tesista Maxiefracia Yesijem Florencia Cuya Quispe.

Tabla A4

Costos asociados al plan de mantenimiento propuesto

COSTO DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO								
HORA	COSTO MANTT 250 HR	COSTO MANTT 500 HR	COSTO MANTT 2000 HR	COSTO MANTT 5000 HR	COSTO MANTT 10000 HR	COSTO MANTT 20000 HR	COSTO MANTT	COSTO MANTT (Acumulado)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	S/1.583,50						1583,5	1583,5
500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	4267
750	S/ 1.583,50						1583,5	5850,5
1000	S/ 1.583,50	1100					2683,5	8534
1250	S/ 1.583,50						1583,5	10117,5
1500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	12801
1750	S/ 1.583,50						1583,5	14384,5
2000	S/ 1.583,50	1100	75				2758,5	17143
2250	S/ 1.583,50						1583,5	18726,5
2500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	21410
2750	S/ 1.583,50						1583,5	22993,5
3000	S/ 1.583,50	1100					2683,5	25677
3250	S/ 1.583,50						1583,5	27260,5
3500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	29944
3750	S/ 1.583,50						1583,5	31527,5
4000	S/ 1.583,50	1100	75				2758,5	34286
4250	S/ 1.583,50						1583,5	35869,5
4500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	38553

4750	S/ 1.583,50						1583,5	40136,5
5000	S/ 1.583,50	1100		1020			3703,5	43840
5250	S/ 1.583,50						1583,5	45423,5
5500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	48107
5750	S/ 1.583,50						1583,5	49690,5
6000	S/ 1.583,50	1100	75				2758,5	52449
6250	S/ 1.583,50						1583,5	54032,5
6500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	56716
6750	S/ 1.583,50						1583,5	58299,5
7000	S/ 1.583,50	1100					2683,5	60983
7250	S/ 1.583,50						1583,5	62566,5
7500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	65250
7750	S/ 1.583,50						1583,5	66833,5
8000	S/ 1.583,50	1100	75				2758,5	69592
8250	S/ 1.583,50						1583,5	71175,5
8500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	73859
8750	S/ 1.583,50						1583,5	75442,5
9000	S/ 1.583,50	1100					2683,5	78126
9250	S/ 1.583,50						1583,5	79709,5
9500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	82393
9750	S/ 1.583,50						1583,5	83976,5
10000	S/ 1.583,50	1100	75	1020	9850		13628,5	97605
10250	S/ 1.583,50						1583,5	99188,5
10500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	101872
10750	S/ 1.583,50						1583,5	103455,5
11000	S/ 1.583,50	1100					2683,5	106139

11250	S/ 1.583,50						1583,5	107722,5
11500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	110406
11750	S/ 1.583,50						1583,5	111989,5
12000	S/ 1.583,50	1100	75				2758,5	114748
12250	S/ 1.583,50						1583,5	116331,5
12500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	119015
12750	S/ 1.583,50						1583,5	120598,5
13000	S/ 1.583,50	1100					2683,5	123282
13250	S/ 1.583,50						1583,5	124865,5
13500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	127549
13750	S/ 1.583,50						1583,5	129132,5
14000	S/ 1.583,50	1100	75				2758,5	131891
14250	S/ 1.583,50						1583,5	133474,5
14500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	136158
14750	S/ 1.583,50						1583,5	137741,5
15000	S/ 1.583,50	1100		1020			3703,5	141445
15250	S/ 1.583,50						1583,5	143028,5
15500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	145712
15750	S/ 1.583,50						1583,5	147295,5
16000	S/ 1.583,50	1100	75				2758,5	150054
16250	S/ 1.583,50						1583,5	151637,5
16500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	154321
16750	S/ 1.583,50						1583,5	155904,5
17000	S/ 1.583,50	1100					2683,5	158588
17250	S/ 1.583,50						1583,5	160171,5
17500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	162855

17750	S/ 1.583,50						1583,5	164438,5
18000	S/ 1.583,50	1100	75				2758,5	167197
18250	S/ 1.583,50						1583,5	168780,5
18500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	171464
18750	S/ 1.583,50						1583,5	173047,5
19000	S/ 1.583,50	1100					2683,5	175731
19250	S/ 1.583,50						1583,5	177314,5
19500	S/ 1.583,50	1100					2683,5	179998
19750	S/ 1.583,50						1583,5	181581,5
20000	S/ 1.583,50	1100		1020	9850	3100	16653,5	198235
TOTAL	S/ 126.680,00	S/ 44.000,00	S/ 675,00	S/ 4.080,00	S/ 19.700,00	S/ 3.100,00	S/ 198.235,00	