



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE
LOS EQUIPOS PESADOS DE LÍNEA AMARILLA DE LA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMPA-PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

YEFER VILCA QUISPELUZA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LOS

AUTOR

YEFER VILCA QUISPELUZA

RECuento de palabras

16805 Words

RECuento de caracteres

99057 Characters

RECuento de páginas

98 Pages

Tamaño del archivo

2.4MB

Fecha de entrega

Nov 18, 2024 6:00 PM GMT-5

Fecha del informe

Nov 18, 2024 6:02 PM GMT-5


● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


M.Sc. Henry Shuta Loella
Ingeniero Mecánico Eléctrico
CIP. 91224


M.Sc. Felipe Sondori Chambilla
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACION
EPIME

Resumen



DEDICATORIA

Esta investigación dedico a mis queridos padres, Nicacio e Ignacia, por permitirme estudiar con la tranquilidad de tener su respaldo, y que siempre me han ofrecido su apoyo incondicional permitiéndome alcanzar cada uno de mis objetivos académicos y personales.

A mi familia por su constante apoyo, a las personas que han sido una fuente de inspiración y apoyo durante mi trayectoria académica. Gracias a ellos, este proyecto paso a ser una meta personal.

Yefer Vilca Quispeluz



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza y acompañarme en cada etapa de mi vida, permitiéndome culminar exitosamente este proyecto.

Quiero expresar mi gratitud a la Universidad Nacional del Altiplano por darme la bienvenida en sus instalaciones. A la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, a los docentes por las enseñanzas y experiencias compartidas durante toda la etapa de mi formación académica y profesional.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que contribuyeron a la culminación de este trabajo. A todos ustedes, muchas gracias.

Yefer Vilca Quispeluz



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PROBLEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	19
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. Hipótesis general	20
1.3.2. Hipótesis específicas	20
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo general	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO.....	26



2.3.	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	27
2.4.	ETAPAS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	27
2.4.1.	Identificación y registro de activos	28
2.4.2.	Planificación del mantenimiento	28
2.4.3.	Programación del mantenimiento.....	28
2.4.4.	Ejecución del mantenimiento	28
2.4.5.	Monitoreo y control.....	28
2.5.	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	29
2.5.1.	Maximizar la disponibilidad.....	29
2.5.2.	Mejorar la confiabilidad	29
2.5.3.	Optimizar el costo	29
2.5.4.	Prolongar la vida útil	29
2.5.5.	Garantizar la seguridad.....	30
2.5.6.	Cumplir con normativas	30
2.6.	TIPOS DE MANTENIMIENTO	30
2.6.1.	Mantenimiento Correctivo.....	30
2.6.2.	Mantenimiento Preventivo	31
2.6.3.	Mantenimiento Predictivo	32
2.7.	INDICADORES DEL MANTENIMIENTO	32
2.7.1.	Confiabilidad	33
2.7.2.	Mantenibilidad	33
2.7.3.	Disponibilidad	34
2.8.	INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO (KPI)	34
2.8.1.	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	34
2.8.2.	Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)	35



2.8.3.	Disponibilidad Mecánica (Disp M%).....	35
2.9.	CARGADOR FRONTAL 938G CATERPILLAR	35
2.9.1.	Especificaciones del cargador frontal 938G CAT.....	36
2.9.2.	Dimensiones del cargador frontal 938G CAT.....	36
2.9.3.	Sistemas del cargador frontal 938G CAT.	37
2.10.	TRACTOR DE CADENAS D6T CATERPILLAR	40
2.10.1.	Especificaciones del tractor de cadenas D6T CAT.....	41
2.10.2.	Dimensiones del tractor de cadenas D6T CAT.....	41
2.11.	MOTONIVELADORA 620G JOHN DEERE.....	42
2.11.1.	Especificaciones de la motoniveladora 620G.....	43
2.11.2.	Dimensiones motoniveladora 620G John Deere.....	44
2.12.	RETROEXVADORA 310SL JOHN DEERE.....	44
2.12.1.	Especificaciones retroexcavadoras 310SL	44
2.12.2.	Dimensiones retroexcavadoras 310SL John Deere.....	45

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	46
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.2.1.	Población	46
3.2.2.	Muestra	46
3.3	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	47
3.3.1.	Tipo de investigación	47
3.3.2.	Diseño de investigación	48
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	48
3.4.1.	Entrevistas	48



3.4.2. Check List	49
3.4.3. Documental	49
3.4.4. Manuales de operación y mantenimiento.....	51
3.4.5. Ficha técnica.....	51
3.4.6. Método de la investigación.	51
3.4.7. Organigrama del área de mantenimiento	52
3.5 PROCEDIMIENTO.....	53
3.5.1. Diagnóstico de la situación actual.	53
3.5.2. Control de uso de equipos	53
3.5.3. Control de inspección de equipos.....	53
3.5.4. Control de plan de mantenimiento	53
3.5.5. Análisis de modo y efectos de fallas	54
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	58
4.1.1. Diagrama de Ishikawa.....	58
4.2. DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO. 61	
4.3. DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE EQUIPOS PESADOS	63
4.3.1. Disponibilidad mecánica de la motoniveladora 620G.	64
4.3.2. Disponibilidad mecánica retroexcavadora 310SL.....	64
4.3.3. Disponibilidad mecánica cargador frontal 938G.	65
4.3.4. Disponibilidad mecánica tractor de cadenas D6T.	66
4.3.5. Disponibilidad mecánica rodillo compactador.....	66
4.4. DETERMINACIÓN DE TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES	
(MTTR).	67



4.5. DETERMINACIÓN DE TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF)...	68
4.6. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMFE)	70
4.7. DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	75
4.8. ESTRUCTURACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO	82
4.9. NUEVO VALOR DE LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA	84
V. CONCLUSIONES.....	87
VI. RECOMENDACIONES	88
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS.....	92

Área: Ingeniería mecánica

Tema: Gestión de mantenimiento de equipo pesado

Fecha de sustentación: 06 de Diciembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Especificaciones técnicas cargador frontal 938G.	36
Tabla 2 Especificaciones técnicas del tractor de cadenas D6T CAT	41
Tabla 3 Especificaciones técnicas motoniveladora 620G	43
Tabla 4 Especificaciones técnicas cuchilla central de motoniveladora 620G.....	43
Tabla 5 Especificaciones técnicas retroexcavadora 310SL.	44
Tabla 6 Especificaciones técnicas de los implementos de retroexcavadora 310SL..	45
Tabla 7 Descripción de equipos.	47
Tabla 8 Severidad(S). Evalúa el impacto del fallo en el sistema, proceso o producto.	55
Tabla 9 Ocurrencia(O). Mide la probabilidad de que el fallo ocurra.....	55
Tabla 10 Detección(D). Evalúa la capacidad de detectar el fallo antes de que cause problemas.....	56
Tabla 11 Cuadro Resumen de Procedimiento y Método de Análisis.....	57
Tabla 12 Causas de fallas más ocurridas en el área de mantenimiento	59
Tabla 13 Frecuencia de los factores que afectan la disponibilidad de la maquinaria pesada.....	60
Tabla 14 Horas trabajadas de la motoniveladora desde Febrero a Junio	62
Tabla 15 Horas trabajadas de la retroexcavadora desde Febrero a Junio	62
Tabla 16 Horas trabajadas del cargador frontal desde Febrero a Junio	62
Tabla 17 Horas trabajadas del tractor de cadenas desde Febrero a Junio	63
Tabla 18 Horas trabajadas del rodillo compactador desde Febrero a Junio.....	63
Tabla 19 Disponibilidad mecánica de equipos pesados de la municipalidad provincial de Lampa.....	63



Tabla 20	Frecuencia de fallas identificados por sistemas de la flota de equipos de línea amarilla.....	67
Tabla 21	Cuadro Resumen de la Mantenibilidad de maquinaria pesada.	68
Tabla 22	Cuadro de confiabilidad de cargador frontal 938G.....	69
Tabla 23	Cuadro de confiabilidad de tractor de cadena D6T.	69
Tabla 24	Cuadro de confiabilidad de rodillo compactador.....	70
Tabla 25	AMEF para el sistema motor.	71
Tabla 26	AMEF para el sistema hidráulico.....	71
Tabla 27	AMEF para el sistema eléctrico.....	72
Tabla 28	AMEF para el sistema de tren de potencia.	74
Tabla 29	AMEF para el sistema implemento y chasis.....	75
Tabla 30	Plan de Mantenimiento preventivo general.	76
Tabla 31	Obtención de la fecha para ejecutar el mantenimiento preventivo PM1.	76
Tabla 32	Obtención de la fecha para ejecutar el mantenimiento preventivo PM1.	77
Tabla 33	Obtención de la fecha para ejecutar el mantenimiento preventivo PM1.	78
Tabla 34	Obtención de la fecha para ejecutar el mantenimiento preventivo PM1.	79
Tabla 35	Cronograma de plan de Mantenimiento preventivo general.....	81
Tabla 36	Funciones del Jefe de mantenimiento.....	82
Tabla 37	Funciones del técnico mecánico de mantenimiento.....	83
Tabla 38	Funciones de los operadores de maquinaria pesada.....	84
Tabla 39	Valores de la disponibilidad mecánica antes y después de la flota de equipos pesados.....	85



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Evolución del mantenimiento.....	26
Figura 2 Dimensiones cargador frontal 938G.....	36
Figura 3 Estructura Motor 3126B, del cargador frontal 938G.....	37
Figura 4 Árbol de transmisión del cargador frontal 938G.....	38
Figura 5 Conexión de tren de potencia del cargador frontal 938G.....	39
Figura 6 Sistema hidráulico de dirección del cargador frontal 938G.....	40
Figura 7 Dimensiones del tractor de cadenas D6T.....	42
Figura 8 Dimensiones motoniveladora 620G.....	44
Figura 9 Dimensiones retroexcavadoras 310SL.....	45
Figura 10 Registro de control de trabajos de mantenimiento.....	50
Figura 11 Organigrama de personal del área de mantenimiento.....	52
Figura 12 Diagrama de Ishikawa de maquinaria pesada.....	59
Figura 13 Diagrama de Pareto.....	61
Figura 14 Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica Motoniveladora periodo Febrero a Junio.....	64
Figura 15 Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica Retroexcavadora periodo Febrero a Junio.....	65
Figura 16 Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica Cargador Frontal periodo Febrero a Junio.....	65
Figura 17 Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica Tractor de Cadenas periodo Febrero a Junio.....	66
Figura 18 Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica rodillo compactador periodo Febrero a Junio.....	66



Figura 19 Diagrama de Pareto frecuencia de fallas por sistemas del equipo..... 67



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Fotografías	92
ANEXO 2 Diagrama hidráulico 938G CAT	94
ANEXO 3 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	97
ANEXO 4 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	98



ACRÓNIMOS

MTTR:	Tiempo Promedio para Reparar.
MTBF:	Tiempo Promedio Entre Fallas.
KPI:	Indicador Clave de Rendimiento.
NPR:	Numero Prioritario de Riesgo
SOS:	Muestreo de Aceite del Equipo
OT:	Orden de Trabajo
PM:	Mantenimiento Preventivo



RESUMEN

El objetivo de esta investigación es mejorar la gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos pesados de línea amarilla de la municipalidad provincial de Lampa, departamento Puno, las maquinarias presentan una baja disponibilidad mecánica por las interrupciones frecuentes de los sistemas del equipo (hidráulico, motriz, eléctrico, tren de potencia, implemento y chasis). Para el estudio de la mejora de gestión de mantenimiento se buscó información en la municipalidad provincial de Lampa, taller de mantenimiento, revisando los reportes de fallas de los equipos con la cual se determinó la disponibilidad actual de los equipos. Luego se procedió a analizar y plantear estrategias de mantenimiento para mejorar la gestión de mantenimiento e incrementar la disponibilidad mecánica del equipo para ello se tomó los datos de los últimos 5 meses (Febrero a Junio) obteniendo una disponibilidad mecánica de 82%. Mediante el uso de la metodología de Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), se busca optimizar las prácticas de mantenimiento de los equipos y reducir los costos asociados. Tras analizar los procesos implicados, se busca controlar las desviaciones detectadas en la planificación del mantenimiento y ajustar el plan de mantenimiento en colaboración con los involucrados en la gestión. A partir de estos resultados, se sugirieron acciones preventivas y mejoras en los procesos de mantenimiento mediante el uso de diferentes estrategias de mantenimiento, se obtiene una disponibilidad mecánica de 90%. En conclusión, los resultados obtenidos indican que los objetivos planteados en la investigación son factibles, lo que lleva a la solución del problema identificado.

Palabras Clave: AMEF, Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenimiento preventivo.



ABSTRACT

The objective of this research is to improve preventive maintenance management to increase the mechanical availability of heavy yellow line equipment in the provincial municipality of Lampa, Puno department. The machinery has low mechanical availability due to frequent interruptions of the equipment systems. (hydraulic, drive, electrical, power train, implement and chassis). For the study of the improvement of maintenance management, information was sought in the provincial municipality of Lampa, maintenance workshop, reviewing the equipment failure reports with which the current availability of the equipment was determined. Then, we proceeded to analyze and propose maintenance strategies to improve maintenance management and increase the mechanical availability of the equipment. For this, data from the last 5 months (February to June) was taken, obtaining a mechanical availability of 82%. Through the use of the Failure Modal Effects Analysis (FMEA) methodology, the aim is to optimize equipment maintenance practices and reduce associated costs. After analyzing the processes involved, the aim is to control the deviations detected in maintenance planning and adjust the maintenance plan in collaboration with those involved in management. From these results, preventive actions and improvements in maintenance processes were suggested through the use of different maintenance strategies, a mechanical availability of 90% was obtained. In conclusion, the results obtained indicate that the objectives set in the research are feasible, which leads to the solution of the identified problem.

Keywords: FMEA, Reliability, Availability, Preventive maintenance.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La importancia de esta investigación se realiza con el objetivo de mejorar la gestión de mantenimiento de la maquinaria e incrementar la disponibilidad mecánica, reduciendo los costos de mantenimiento beneficiando directamente a la disponibilidad y confiabilidad de los equipos en la municipalidad provincial de Lampa, región Puno, el cual desarrolla proyectos de obras civiles, construcción, mantenimiento de vías excavación de zanjas y entre otros servicios municipales.

Utilizar la metodología (AMEF) permitirá realizar un análisis detallado de los modos, efectos y causas de fallos, permitiendo una comprensión completa de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos pesados de línea amarilla de la municipalidad provincial de Lampa, región Puno.

Este resultado nos permitirá mejorar los siguientes indicadores (KPi); aumentar el tiempo medio entre fallos (MTBF), reducir el tiempo medio de reparación (MTTR) y mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos pesados de línea amarilla en la municipalidad provincial de Lampa, Región Puno.

En conclusión, una gestión de mantenimiento bien organizada aumenta considerablemente la confiabilidad y la eficiencia operativa de la maquinaria pesada, aportando un valor significativo a la organización.



1.1. PROBLEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

El proceso de producción de los equipos pesados de línea amarilla en la municipalidad provincial de Lampa-Puno, desarrolla proyectos de obras civiles, construcción, mantenimiento de vías, excavación de zanjas y entre otros servicios municipales. La gestión inadecuada del mantenimiento de los equipos pesados de línea amarilla está causando una alta frecuencia de fallas y tiempos de inactividad no planificados, lo que afecta negativamente la disponibilidad mecánica y aumenta los costos de reparación. Por ello es fundamental garantizar la disponibilidad mecánica de los equipos pesados, evitando la repetición de fallas, que puedan comprometer la ejecución y cumplimiento de los proyectos programados por la municipalidad provincial de Lampa, región Puno.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Los equipos pesados de la municipalidad provincial de Lampa – Puno están sujetos a un plan de mantenimiento que no garantiza una mantenibilidad y disponibilidad mecánica adecuada para cumplir con las nuevas exigencias de un programa de mantenimiento. Las constantes paradas inesperadas de estos equipos, que influyen en su disponibilidad mecánica y en el presupuesto de mantenimiento, indican que el proceso de mantenimiento implementado no era el adecuado. Por lo tanto, la implementación de estrategias de mantenimiento, como el uso del Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF) y la creación de un plan de mantenimiento preventivo, es crucial para mejorar la gestión de mantenimiento en la Municipalidad Provincial de Lampa-Puno. Estas estrategias permitirán identificar y priorizar los riesgos potenciales en los equipos pesados, optimizar las intervenciones preventivas y reducir la frecuencia de fallas y tiempos de inactividad. El proyecto contribuirá a aumentar la disponibilidad mecánica de



los equipos, disminuir los costos de reparación y mejorar el rendimiento general de la entidad municipal con respecto al área de mantenimiento.

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

Optimizar la gestión de mantenimiento preventivo influirá en la incrementación de la disponibilidad mecánica, de los equipos pesados de línea amarilla de la municipalidad provincial de Lampa-Puno.

1.3.2. Hipótesis específicas

- El estado actual de la gestión de mantenimiento de los equipos pesados de línea amarilla en la Municipalidad Provincial de Lampa-Puno presenta deficiencias en la planificación, ejecución y registro de mantenimiento, lo que está contribuyendo a una mayor frecuencia de fallas.
- Una revisión y análisis detallado del tiempo medio entre fallas (MTBF) de los sistemas o componentes críticos permitirá identificar patrones de fallas recurrentes, lo que facilitará la optimización del plan de mantenimiento y reducirá la frecuencia de paradas no programadas.

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Mejorar la gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica, de los equipos pesados de línea amarilla de la municipalidad provincial de Lampa-Puno.



1.4.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de la gestión de mantenimiento de los equipos pesados de línea amarilla en la municipalidad provincial de Lampa-Puno.
- Analizar el tiempo medio entre fallas de un sistema o componente crítico (MTBF) con el fin de reducir la frecuencia de paradas no programadas en el plan de mantenimiento.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Gutierrez (2021), en su investigación para obtener el título de ingeniero industrial “propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en una municipalidad” El estudio tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo en una municipalidad para optimizar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada. A través de un diagrama de Ishikawa y la técnica de Pareto, se identificaron y analizaron las causas de la baja disponibilidad mecánica, destacando la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo, la necesidad de implementar indicadores de gestión de equipos, la falta de un software de mantenimiento para órdenes de trabajo y requerimientos, así como deficiencias en la capacitación en mantenimiento y en el orden y limpieza. Posteriormente, mediante un análisis de criterios, se seleccionó el Cargador Frontal Caterpillar 938G para aplicar herramientas de gestión de mantenimiento enfocadas en mejorar su disponibilidad mecánica. Tras el análisis de resultados, se observó que el indicador de disponibilidad mecánica del Cargador Frontal Caterpillar 938G aumentó de 68% a 97%. En conclusión, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en una municipalidad, disminuyendo las paradas no planificadas y aumentando los ingresos por alquiler de maquinaria.

Martinez & Minchan (2019), en su investigación para optar el grado de ingeniero de minas, tesis nacional “mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de una empresa minera de la



libertad” tuvo como objetivo; demostrar como la mejora de gestión de mantenimiento incrementará la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de una empresa minera de La Libertad. La investigación actual tuvo como objetivo mejorar la gestión de mantenimiento en una empresa minera de La Libertad, enfocándose en aumentar la disponibilidad mecánica de la flota de camiones Mercedes Benz, modelo Actros 4144K, y excavadoras CAT, modelo 390D. Para ello, se empleó un diseño de investigación de tipo descriptivo, obteniendo los siguientes resultados: se identificaron y analizaron las causas de la baja disponibilidad mecánica, observándose que la maquinaria no cumple con el programa de mantenimiento preventivo, presenta una gestión deficiente en la adquisición de repuestos, carece de procedimientos de trabajo adecuados, no cuenta con registros de fallas mecánicas y muestra insuficiente capacitación del personal. Esta investigación permitió implementar mejoras en la gestión de mantenimiento en la empresa minera de La Libertad, logrando incrementar la disponibilidad mecánica.

Martinez & Rojas (2022), en su investigación para obtener el título profesional de ingeniero mecánico, tesis nacional, “elaboración de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad inherente en el sistema hidráulico de las excavadoras CATERPILLAR 330Bl. La presente tesis aplicó la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance – Mantenimiento centrado en la confiabilidad) para mejorar la disponibilidad inherente en el sistema más crítico de las excavadoras CATERPILLAR 330BL. Se identificó el equipo con menor disponibilidad inherente y el sistema con mayor número de fallos mediante la herramienta Jack-Knife, desarrollando una matriz de historial de fallas del sistema hidráulico, con una disponibilidad inherente inicial del 76.15%. Se analizó el impacto económico de las pérdidas por ineficiencia, superando los \$40,000 desde julio de 2021. Asimismo, se realizó un análisis de modo y efecto de falla, evaluando fallos funcionales, modos y efectos de falla, consecuencias operativas, costos



de inoperatividad y efectos en seguridad y medio ambiente. Se desarrolló una hoja de decisión para determinar las tareas de mantenimiento, clasificándolas como tareas a condición, de reacondicionamiento cíclico o de sustitución cíclica. En conclusión, se implementó un programa de mantenimiento basado en el protocolo de fábrica y la metodología RCM, logrando un incremento del 10.6% en la disponibilidad inherente.

Mariños (2014), en su investigación para obtener el título profesional de ingeniero industrial, tesis nacional, “Propuesta de mejora de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa Tableros Peruanos s.a.” En el presente proyecto se presenta el estudio que tiene como finalidad realizar UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE LA EMPRESA TABLEROS PERUANOS S.A.”. Este trabajo tiene como objetivo general mejorar la disponibilidad de equipos a través de una propuesta de optimización en la gestión de mantenimiento preventivo programado para asegurar la ejecución efectiva de reparaciones planificadas en la empresa Tableros Peruanos S.A. Se busca garantizar la disponibilidad operativa de los equipos analizados a lo largo de su ciclo de uso. Mediante la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, se evaluará y analizará el rendimiento de la jefatura de mantenimiento utilizando indicadores de gestión. El procedimiento seguido incluyó el análisis de datos históricos sobre fallas, tiempos de demora, horas de reparación, referencias bibliográficas, órdenes de mantenimiento, toneladas no producidas por problemas de mantenimiento y producción real. Se llevaron a cabo reuniones con la jefatura de mantenimiento y otras áreas de la empresa para discutir y aplicar la información recopilada en el estudio, seleccionando las estrategias más adecuadas e identificando los indicadores clave de gestión de mantenimiento. Finalmente, se presentaron conclusiones y recomendaciones.



Huaman (2018), en su investigación para obtener el título profesional de ingeniero mecánico, tesis nacional, “Plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de carguío y acarreo en una cantera de caliza – Marcapomacocha Junín”. Esta tesis tiene como propósito diseñar un plan de mantenimiento preventivo siguiendo la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), con el fin de mejorar la disponibilidad de los equipos pesados utilizados en carguío y acarreo en una cantera de caliza ubicada en el distrito de Marcapomacocha, provincia de Yauli, departamento de Junín. Se trata de una investigación tecnológica con un diseño no experimental, cuya muestra incluye un tractor oruga Cat. D8T, un cargador frontal SEM 659C y un cargador frontal Cat. 966H. Para alcanzar el objetivo, se analizó la situación actual de la gestión de mantenimiento, recopilando información sobre datos técnicos, fallas e indicadores; además, se realizaron análisis de AMEF y de Criticidad. Luego, utilizando la Hoja de decisión del RCM, se propusieron las tareas de mantenimiento y sus frecuencias. Como resultado, se obtuvo un plan de mantenimiento preventivo para estos equipos, y al implementarlo, se observó una mejora en la disponibilidad del tractor oruga Cat. en un 7.19%, del cargador frontal SEM en un 8.06%, y del cargador frontal Cat. en un 7.12%.

Navarro (2022), en su investigación para obtener el título profesional de ingeniero industrial, tesis nacional, “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para optimizar el desempeño en una unidad minera del sur del país – Arequipa 2021” la investigación ejecutada en la unidad minera tuvo como propósito principal el diseñar una propuesta que mejore la gestión del mantenimiento del caldero Oschatz y optimice el desempeño en una unidad minera del sur del país mediante un sistema idóneo para optimizar el proceso. Para tal fin se empleó el método deductivo para identificar las diversas actividades que no aportaban valor y que por el contrario ocasionaban pérdidas

monetarias para la unidad minera; asimismo, la investigación, que es de nivel descriptivo y propositiva, se presentó una serie de propuestas para la optimización de ciertos aspectos vinculados a la baja disponibilidad de los componentes y el desempeño de las actividades de mantenimiento.

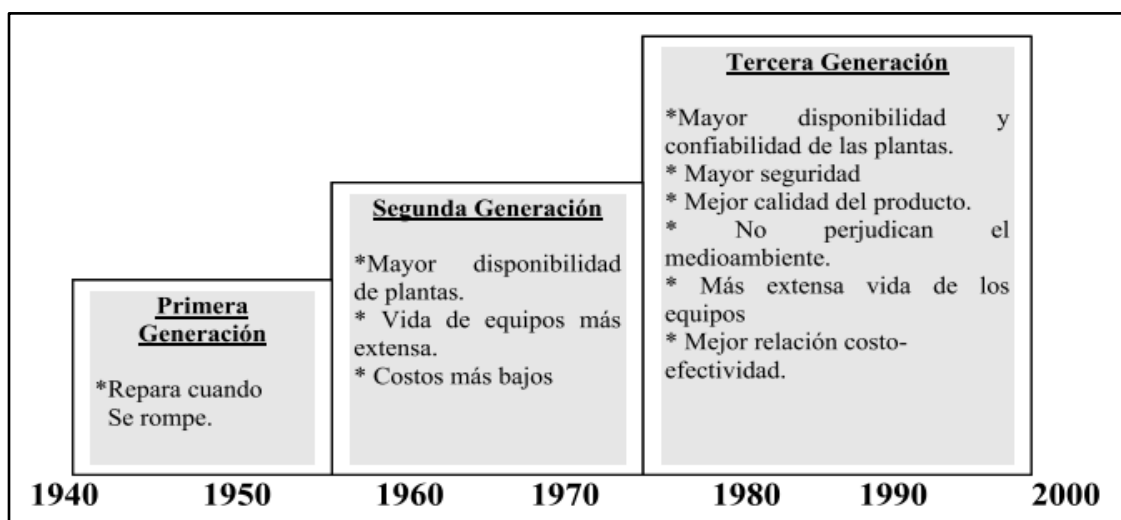
2.2. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento (García, 2003).

El mantenimiento se define como el conjunto de actividades y procedimientos técnicos que tienen como objetivo conservar o restablecer un equipo, máquina, instalación o sistema en condiciones óptimas de funcionamiento. Estas actividades pueden incluir inspecciones, ajustes, reparaciones, reemplazos y mejoras, y están diseñadas para prevenir fallas, asegurar la operatividad continua y prolongar la vida útil de los activos.

Figura 1

Evolución del mantenimiento



Fuente: (Moubray, 2004), mantenimiento centrado en la confiabilidad.



2.3. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La gestión de mantenimiento es un proceso integral que abarca la planificación, programación, ejecución y control de todas las actividades necesarias para mantener en condiciones óptimas de funcionamiento los equipos, instalaciones y sistemas de una organización. Su objetivo principal es maximizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos, minimizando los costos y tiempos de inactividad.

La gestión de mantenimiento se puede definir como el uso eficaz y eficiente de los recursos materiales, económicos, humanos y temporales para lograr los objetivos del mantenimiento. La gestión del mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando entre otras cuestiones, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas asegurando la disponibilidad planeada dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos (Salvatierra, 2019).

En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación. La primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento (Mora, 2009).

2.4. ETAPAS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La gestión del mantenimiento es un proceso sistemático y continuo que asegura el buen funcionamiento y la eficiencia de los equipos e instalaciones. A continuación, se presentan las etapas clave de la gestión del mantenimiento:



2.4.1. Identificación y registro de activos

Crear y mantener un inventario detallado de todos los equipos e instalaciones, incluyendo especificaciones técnicas, controles de mantenimiento y ubicación del activo. Clasificar los activos según su criticidad, valor y función para priorizar las actividades de mantenimiento.

2.4.2. Planificación del mantenimiento

Definir estrategias de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo, proactivo) basadas en las necesidades y criticidad de los equipos. De la misma manera elaborar un plan de mantenimiento que incluya actividades programadas, frecuencias, recursos necesarios y responsables.

2.4.3. Programación del mantenimiento

Asignar tiempos específicos y recursos (humanos, materiales y costos) para las actividades de mantenimiento. Elaborar un calendario detallado de tareas de mantenimiento, asegurando que no interfieran con la operación regular y minimizando el tiempo de inactividad.

2.4.4. Ejecución del mantenimiento

Llevar a cabo las actividades de mantenimiento según lo planificado, incluyendo inspecciones, reparaciones, reemplazos de componentes y lubricación. Registrar todas las actividades realizadas, incluyendo detalles de trabajos realizados, piezas reemplazadas y tiempos empleados.

2.4.5. Monitoreo y control

Hacer seguimiento de indicadores clave de rendimiento (KPI) como el tiempo medio entre fallos (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR) y costos de



mantenimiento. Realizar inspecciones periódicas y auditorías para asegurar que las actividades de mantenimiento se realizan conforme a los estándares establecidos y planificadas.

2.5. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

La misión principal de mantenimiento es garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el usuario, durante el tiempo solicitado para operar, con las velocidades requeridas, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente (Mora, 2009).

Los objetivos del mantenimiento son fundamentales para asegurar que los equipos, máquinas, instalaciones y sistemas operen de manera eficiente, segura y económica. A continuación, se detallan los principales objetivos del mantenimiento:

2.5.1. Maximizar la disponibilidad

Asegurar que los equipos y sistemas estén operativos y disponibles para su uso cuando se necesiten.

2.5.2. Mejorar la confiabilidad

Reducir la frecuencia y gravedad de las fallas para garantizar un rendimiento constante y predecible de los activos.

2.5.3. Optimizar el costo

Minimizar los costos asociados al mantenimiento, incluyendo costos de reparación, repuestos y mano de obra.

2.5.4. Prolongar la vida útil



Extender la vida útil de los equipos y sistemas mediante el mantenimiento adecuado y oportuno.

2.5.5. Garantizar la seguridad

Asegurar que los equipos y sistemas operen de manera segura para proteger a los trabajadores y al entorno.

2.5.6. Cumplir con normativas

Asegurar el cumplimiento de regulaciones y normativas legales relacionadas con la operación y mantenimiento de los activos.

2.6. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Para que una gestión sea efectiva y eficiente, es fundamental desarrollar estrategias de mantenimiento considerando, como aspecto clave para seleccionar las tácticas adecuadas, las características de las fallas. Asimismo, dichas tácticas deben obedecer a los siguientes principios (Salvatierra, 2019).

2.6.1. Mantenimiento Correctivo

Correspondiente al conjunto de actividades destinadas a corregir defectos y solucionar fallas, en este caso se espera a que ocurra el problema para brindar la solución adecuada (Integra, 2018).

Es el conjunto de actividades de reparación y reemplazo de componentes deteriorados mediante repuestos, llevado a cabo una vez que se presenta la falla. Este sistema es aplicable en sistemas complejos, usualmente componentes electrónicos o aquellos en los que no es posible prever fallos, así como en procesos que pueden ser interrumpidos en cualquier momento y por cualquier duración, sin comprometer la



seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad (B. Muñoz, 2011).

- **Objetivo.** Restaurar el funcionamiento normal del equipo.
- **Ejemplo.** Repara una máquina que se ha detenido debido a una falla mecánica.

2.6.2. Mantenimiento Preventivo

Conformado por el conjunto de actividades que buscan anticiparse a la ocurrencia de un problema avería o falla, estas actividades son planificadas en el tiempo y espacio, buscando fortalecer puntos frecuentes de falla, localizando vulnerabilidades, reemplazando componentes antiguos o desgastados (Integra, 2018).

El mantenimiento preventivo se basa en planificar intervenciones o reemplazos de ciertos componentes, lubricantes o piezas en intervalos establecidos de acuerdo a los tiempos de trabajo de cada equipo, como horas de servicio, kilómetros recorridos o toneladas producidas.

El objetivo de este tipo de mantenimiento es reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación tratando de planificar unas intervenciones que se ajusten al máximo a la vida útil del elemento intervenido (Contreras, 2016).

- **Objetivo.** Reducir la probabilidad de fallos y averías mediante inspecciones, ajustes y reemplazos programados.
- **Ejemplo.** Lubricación periódica de componentes mecánicos, cambio de filtros.



2.6.3. Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo en maquinaria pesada es una herramienta crucial para maximizar la eficiencia operativa, reducir costos y garantizar la seguridad en las operaciones. Esta técnica emplea diversas tecnologías avanzadas, como el análisis de vibraciones, la termografía, y el análisis de aceite, para detectar problemas incipientes en los equipos. Al intervenir solo cuando los datos indican que es necesario, se optimiza la vida útil de los equipos, se reducen los tiempos de inactividad no planificados y se minimizan los costos operativos.

Es aquel encargado de recopilar y analizar información que permita determinar el momento y lugar adecuado para efectuar tareas de mantenimiento preventivo, conociendo e informando permanentemente el estado del equipamiento de planta, lo cual requiere contar con instrumentos adicionales que permitan adquirir dicha información, sin embargo permite reducir costos de mantenimiento al hacer un uso eficiente de los recursos (Integra, 2018).

- **Objetivo.** Anticipar y prevenir fallos mediante el monitoreo continuo y el análisis de datos
- **Ejemplo.** Análisis de aceite del sistema hidráulico, motriz y transmisión el cual nos permite detectar partículas metálicas que indican el desgaste interno.

2.7. INDICADORES DEL MANTENIMIENTO

Los indicadores de mantenimiento en maquinaria pesada son esenciales para evaluar y mejorar la efectividad y eficiencia del mantenimiento, así como para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Los indicadores de mantenimiento se definen como métricas esenciales utilizadas



para medir, evaluar y controlar la eficiencia y efectividad de las actividades de mantenimiento en una organización. Estos indicadores son cruciales para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y rendimiento óptimo de los equipos y maquinarias, permitiendo una gestión proactiva y la toma de decisiones informadas para mejorar continuamente los procesos de mantenimiento y reducir costos operativos (Beltran, 2011)

2.7.1. Confiabilidad

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno (Mora, 2009).

La confiabilidad es la probabilidad de que las máquinas y equipos funciones sin fallar durante un tiempo determinado y bajo condiciones específicas (Ybañez, 2018).

Se define como la probabilidad de que un equipo no falle, es decir funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecidos, en una determinada etapa de su vida útil para un tiempo de operación estipulada, teniendo como condición que el equipo se use para el fin y con la carga para que fuera diseñado (Galarza, 2017).

2.7.2. Mantenibilidad

La mantenibilidad se define como la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo pueda volver a su estado operativo normal tras una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante tareas de mantenimiento que eliminan las causas inmediatas de dichas interrupciones. La normalidad del sistema al restaurarse su funcionalidad se refiere a su cuerpo y a su función (Mora, 2009).

2.7.3. Disponibilidad

La disponibilidad como la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables (Galarza, 2017).

La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Se define como la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un período de tiempo determinado, o sea que no esté parada por averías o ajustes (Buelvas & Martinez, 2014).

Según (Mora, 2009) la disponibilidad es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

2.8. INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO (KPI)

Al implementar y monitorear los KPIs, las organizaciones pueden mejorar la gestión de sus equipos pesados, optimizando su rendimiento y reduciendo costos operativos.

2.8.1. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

El MTBF (Mean Time Between Failures), es un indicador que mide el tiempo promedio que transcurre entre fallos sucesivos de un equipo o sistema durante su operación normal. En otras palabras, un MTBF más alto indica que el equipo opera por periodos más largos sin experimentar fallos.



$$MTBF(hr) = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Numero de fallos}}$$

2.8.2. Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)

El MTTR (Mean Time to Repair) es un indicador clave en el mantenimiento que mide el tiempo promedio que se tarda en reparar un equipo o sistema después de que se ha presentado la avería. Es decir, el MTTR es una herramienta fundamental en el mantenimiento, ya que permite a las organizaciones mejorar la eficiencia de sus procesos de reparación, mantenimiento, reducir los tiempos de inactividad y optimizar el rendimiento operativo de sus equipos.

$$MTTR(hr) = \frac{\text{Horas de mantenimiento}}{\text{Numero de fallos}}$$

2.8.3. Disponibilidad Mecánica (Disp M%)

La disponibilidad mecánica es un indicador esencial para garantizar la eficiencia y productividad en el uso de equipos pesados, y su gestión adecuada puede llevar a importantes beneficios operativos y financieros.

$$\text{Disp Mec}(\%) = \frac{\text{Hrs totales de operación} - \text{Hrs de mantenimiento}}{\text{Hrs de operación}} * 100$$

- $DM = \frac{\text{Horas totales de operación} - \text{Horas de mantenimiento}}{\text{Horas de operación}} * 100$

2.9. CARGADOR FRONTAL 938G CATERPILLAR

El cargador frontal Cat 938G es un equipo pesado utilizado en una variedad de aplicaciones, incluyendo la construcción, la minería, y la manipulación de materiales. Fabricado por Caterpillar, el modelo 938G es conocido por su versatilidad, durabilidad y eficiencia en el trabajo. A continuación, se detallan algunas características clave,

especificaciones y aspectos relevantes de mantenimiento y operación del cargador frontal
Cat 938G.

2.9.1. Especificaciones del cargador frontal 938G CAT

Tabla 1

Especificaciones técnicas cargador frontal 938G.

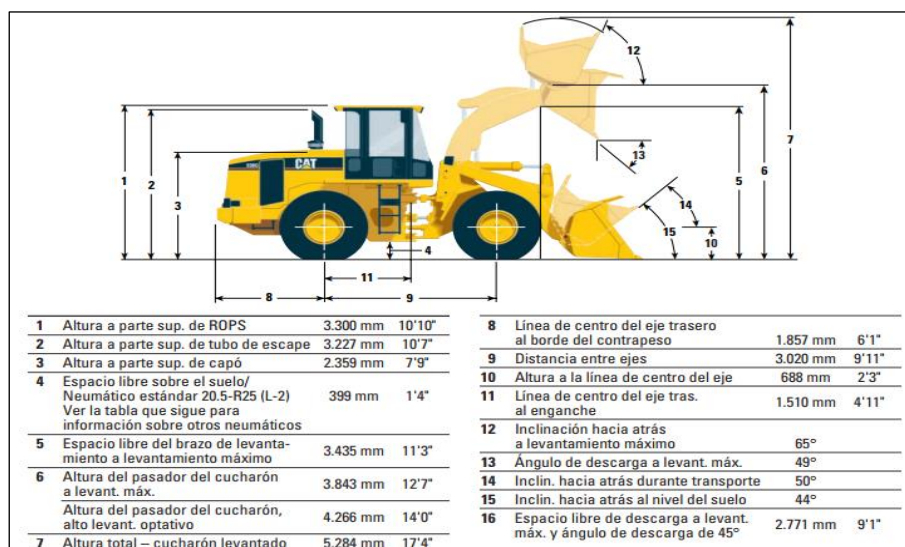
Característica	Descripción
Modelo de motor	3126B ATAAC
Potencia de motor	172 HP
Tipo de transmisión	Trans. Planetaria power shift
Baterías	2X12 V
Capacidad de cucharón	2.1- 2.8 m ³
Máxima velocidad en avance 4ta	39 km/hr
Máxima velocidad en reversa 3ra	23 km/hr
Régimen de trabajo	2200 rpm
Peso total del equipo	13,181 kg
Cilindrada	6,6 L
Enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Especificaciones técnicas (UNASAM, 2007)

2.9.2. Dimensiones del cargador frontal 938G CAT.

Figura 2

Dimensiones cargador frontal 938G.



Fuente: Mediciones del equipo, adaptada de catálogo-cargador de ruedas, por Caterpillar. (2003).

2.9.3. Sistemas del cargador frontal 938G CAT.

Sistema motor

El motor electrónico del 938G cuenta con un ventilador de enfriamiento que opera bajo demanda. Este motor ajusta las variaciones de carga del ventilador, garantizando una potencia neta constante en cualquier condición de funcionamiento. El Motor 3126B ATAAC entrega una potencia neta de 128 Kw (172 hp). (C. frontal Catalogo, 2003).

Figura 3

Estructura Motor 3126B, del cargador frontal 938G.



Fuente: Estructura motor, adaptada de catálogo-cargador de ruedas, por Caterpillar. (2003).

Sistema eléctrico

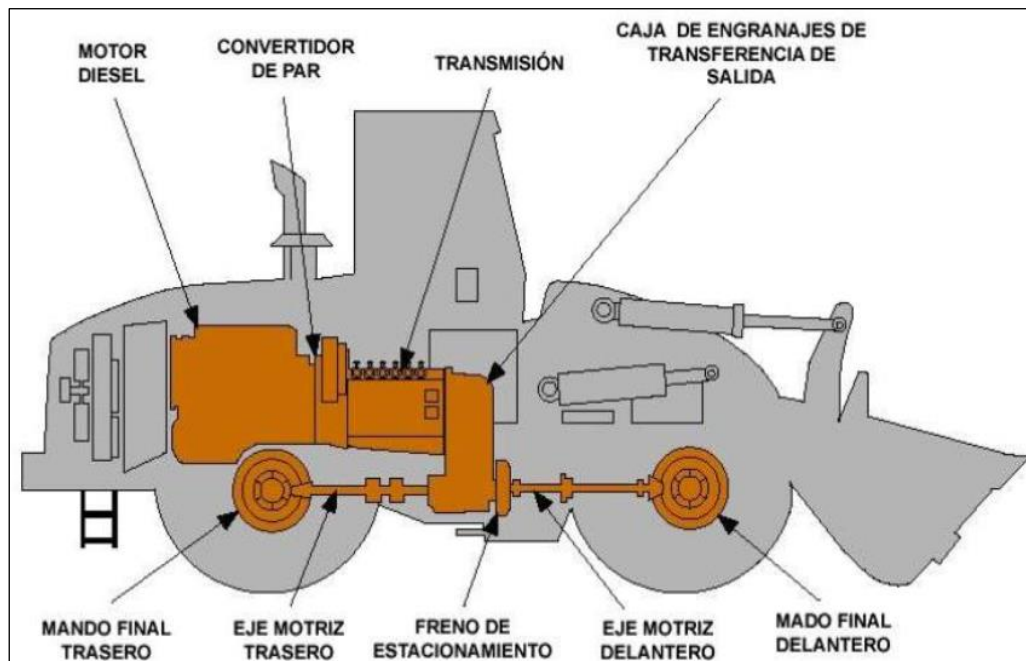
El sistema eléctrico del cargador frontal 938G Cat es fundamental ya que gestiona y distribuye la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de varios sistemas del equipo, incluidos el encendido del motor, los sistemas de control, la iluminación y otros accesorios eléctricos.

Sistema tren de potencia

El tren de potencia en maquinaria pesada es el conjunto de componentes y sistemas que trabajan juntos para transmitir la potencia generada por el motor a las ruedas u otros mecanismos de trabajo, permitiendo que la equipo se mueva y realice sus funciones operativas para el cual ha sido diseñado.

Figura 4

Árbol de transmisión del cargador frontal 938G.



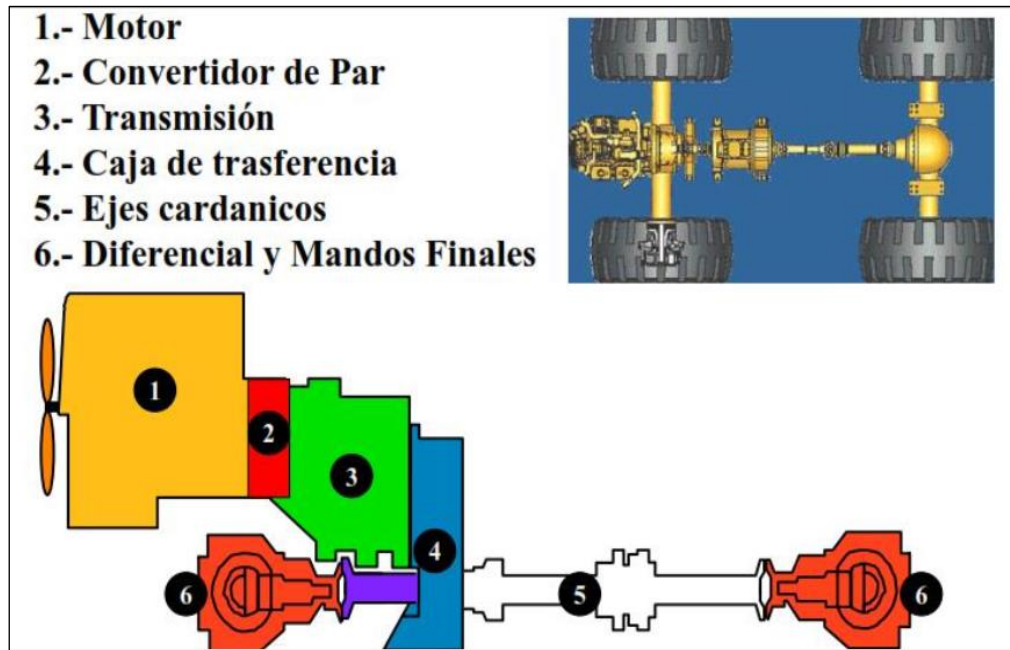
Fuente: Especificaciones técnicas. (UNASAM, 2007).

- **Motor.** Es el corazón del tren de potencia.
- **Convertidor de par.** Este componente convierte la potencia del motor en torque y la transfiere a la transmisión.
- **Transmisión.** En el 938G, generalmente es una transmisión powershift que permite cambiar de marcha sin interrumpir la potencia
- **Caja de transferencia.** distribuir la potencia del motor hacia los ejes delantero y trasero,

- **Ejes diferenciales.** Los ejes conectan la transmisión a las ruedas.
- **Mandos finales.** Función principal es reducir la velocidad de rotación y aumentar el torque

Figura 5

Conexión de tren de potencia del cargador frontal 938G



Fuente: Especificaciones técnicas. (UNASAM, 2007).

Sistema hidráulico

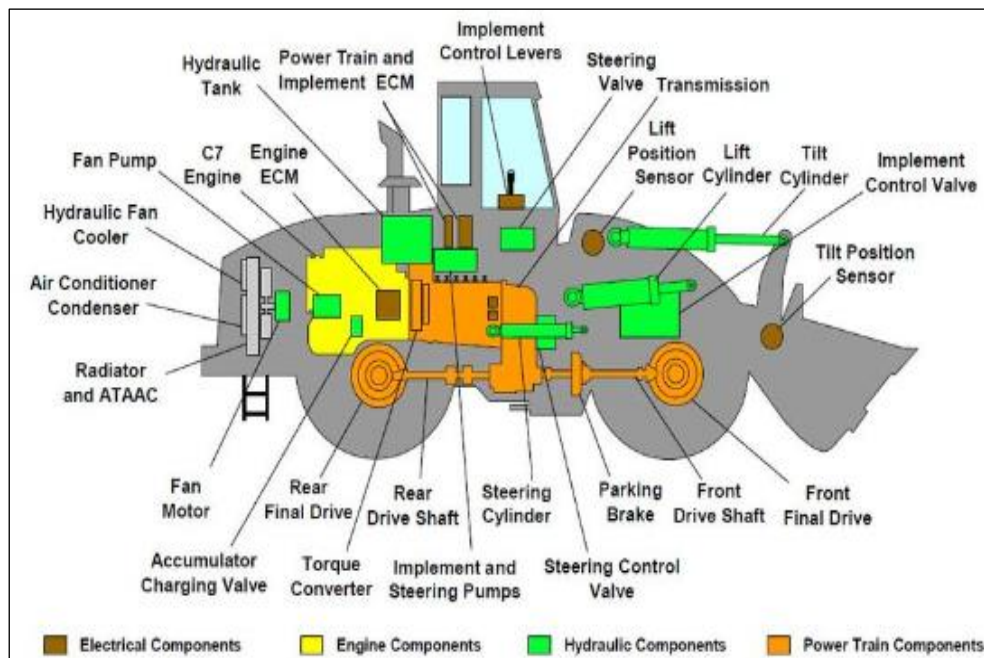
La hidráulica consiste en el uso de fluidos para transmitir fuerza en las diferentes aplicaciones de trabajo. Los sistemas hidráulicos funcionan transformando la energía mecánica en energía hidráulica en el extremo de entrada del sistema, para luego convertir nuevamente esa energía hidráulica en trabajo mecánico en el extremo de salida.

El sistema hidráulico del cargador consiste de tres bombas hidráulicas, depósitos de aceite, válvulas de control, enfriador de aceite, filtros, instrumentos, cilindros, conductos y mangueras. Los mandos de la cuchara son controlados por

válvulas piloto por medio de una bomba hidráulica separada que reduce el esfuerzo requerido por el operador al manipular los mandos hidráulicos. (UNASAM, 2007).

Figura 6

Sistema hidráulico de dirección del cargador frontal 938G



Fuente: Especificaciones técnicas. (UNASAM, 2007).

2.10. TRACTOR DE CADENAS D6T CATERPILLAR

El tractor de cadenas Cat D6T es una máquina de construcción versátil y potente, diseñada para ofrecer alto rendimiento y durabilidad en diversas el D6T se utiliza en una variedad de aplicaciones.

Realiza trabajos desde explanación, desgarramiento, trabajos con traíllas y desmonte de terrenos, hasta nivelación de acabado, mantenimiento de vías, abastecimiento de material en las chancadoras de plantas concentradoras, relleno de zanjas, preparación de terrenos para la generación de energía eólica o la extracción de gas y petróleo, así como labores en rellenos sanitarios.

Con su avanzado sistema de control, tren de rodaje resistente y características de confort y seguridad para el operador, el D6T es una elección confiable para proyectos que requieren equipos pesados y eficientes.

2.10.1. Especificaciones del tractor de cadenas D6T CAT

Tabla 2

Especificaciones técnicas del tractor de cadenas D6T CAT

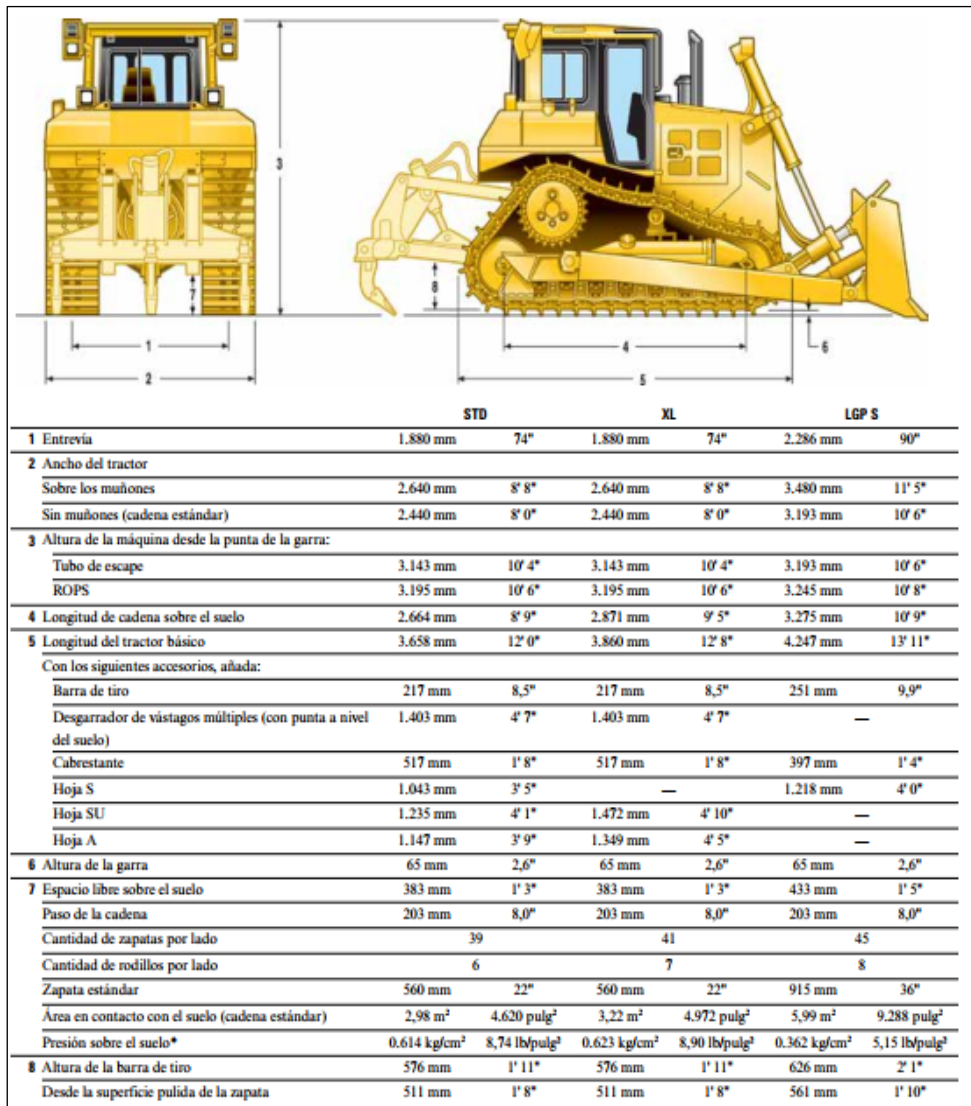
Característica	Descripción
Modelo de motor	C9 Acert
Potencia de motor	185 HP
Numero de cilindros	6
Tipo de transmisión	Trans. Planetaria power shift
Baterías	2X12 V
Capacidad de cucharón	3.75 m ³
Máxima velocidad en avance 5 ^{ta}	11.4 km/hr
Máxima velocidad en reversa 5 ^{ta}	14.6 km/hr
Régimen de trabajo	1850 rpm
Peso total del equipo	18,393 kg
Cilindrada	8,8 L
Enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar 40. (Lewandowski, 2010).

2.10.2. Dimensiones del tractor de cadenas D6T CAT.

Figura 7

Dimensiones del tractor de cadenas D6T.



Fuente: Mediciones del equipo, adaptada de catálogo-tractor de cadenas, por Caterpillar. (2018).

2.11. MOTONIVELADORA 620G JOHN DEERE.

Las motoniveladoras de la serie G entregan la potencia adecuada justo cuando se requiere. La fuerza y el torque se ajustan para cada marcha, optimizando así el rendimiento sin importar el propósito de uso. Una motoniveladora es una máquina de construcción equipada con una larga hoja central que se puede ajustar para nivelar y dar forma a superficies. Es utilizada principalmente en la construcción y mantenimiento de carreteras. (J. D. Catalogo, 2018).

2.11.1. Especificaciones de la motoniveladora 620G

Tabla 3

Especificaciones técnicas motoniveladora 620G

Característica	Descripción
Modelo de motor	6068H Tech
Potencia de motor	185 HP
Numero de cilindros	6
Tipo de transmisión	Powershift plus™ de mando directo
Baterías	2X12 V
Marchas	Avance = 8 / Retroceso = 8
Régimen de trabajo	2100 rpm
Peso total del equipo	16,800 kg
Cilindrada	6,8 L
Enfriamiento	Líquido refrigerante

Fuente: Especificaciones técnicas (Mavesa, 2020)

Tabla 4

Especificaciones técnicas cuchilla central de motoniveladora 620G.

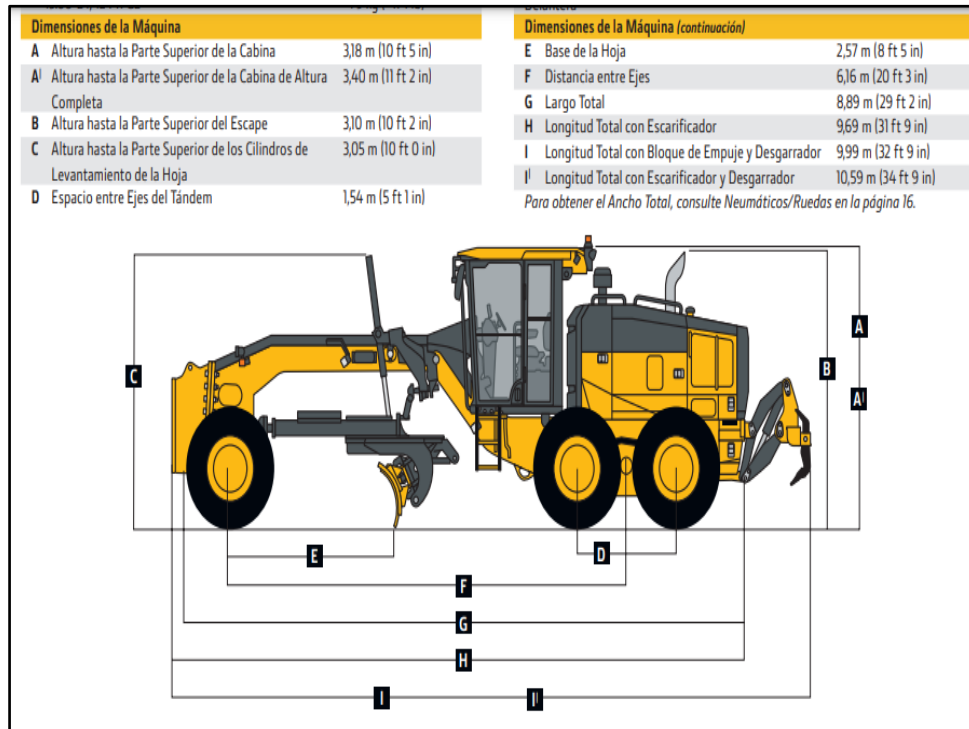
Característica	Descripción
Cuchilla central	Acero de alto contenido de carbono.
Largo	3.6 Mts
Altura	0.60 Mts
Espesor	22 mm
Ángulos de corte de bancos (a derecha o izquierda)	90°

Fuente: Especificaciones técnicas (Mavesa, 2020)

2.11.2. Dimensiones motoniveladora 620G John Deere.

Figura 8

Dimensiones motoniveladora 620G.



Fuente: Mediciones del equipo, adaptada de catálogo-motoniveladora 620G. (Catalogo, 2018)

2.12. RETROEXVADORA 310SL JOHN DEERE.

La retroexcavadora John Deere 310SL es una máquina robusta y versátil, diseñada para cumplir con una variedad de tareas en la construcción, agricultura y otros campos que requieren excavación y movimiento de materiales.

2.12.1. Especificaciones retroexcavadoras 310SL

Tabla 5

Especificaciones técnicas retroexcavadora 310SL.

Característica	Descripción
Modelo de motor	John Deere PowerTech™ 4045TT096
Potencia de motor	99 HP
Numero de cilindros	6

Tipo de transmisión	Transmisión Powershift™
Baterías	1X12 V
Marchas	Avance = 5 / Retroceso = 3
Régimen de trabajo	2000 rpm
Peso total del equipo	7,100 kg
Cilindrada	4,5 L

Fuente: Especificaciones técnicas. (John, 2020)

Tabla 6

Especificaciones técnicas de los implementos de retroexcavadora 310SL.

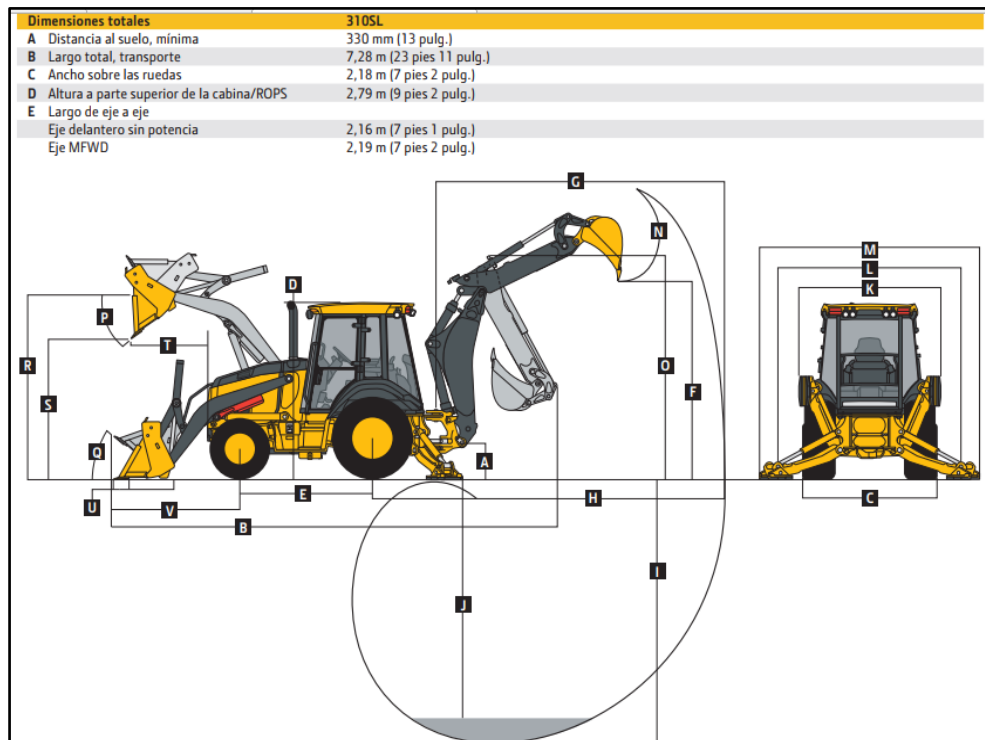
Característica	Descripción
Pala cargadora (capacidad)	1m ³
Ancho de la cuchara	2,337 mm
Altura máxima del pin del cucharón	3,455 mm
Cucharón (capacidad)	0.25 m ³
Ancho de la cuchara	610 mm

Fuente: Especificaciones técnicas.(John, 2020)

2.12.2. Dimensiones retroexcavadoras 310SL John Deere.

Figura 9

Dimensiones retroexcavadoras 310SL.



Fuente: Mediciones del equipo, adaptada de catálogo-retroexcavadora 310SL. (John, 2020)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

Esta investigación se realizó en la provincia de Lampa, departamento de Puno, ubicado a una altitud de 3,872 msnm. Con las siguientes coordenadas.

Latitud: 15°21'.53"Sur

Longitud: 70°22'.03"Oeste

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Población

Para el presente proyecto de investigación la población a considerar será los equipos pesados de línea amarilla, los cuales desarrolla proyectos de obras civiles, construcción, mantenimiento de vías excavación de zanjas y entre otros servicios municipales en la provincia de Lampa.

3.2.2. Muestra

La muestra de esta investigación está compuesta por cinco equipos pesados de línea amarilla de la municipalidad provincial de Lampa, región Puno.

Tabla 7

Descripción de equipos.

Ítems	Descripción	Cantidad de equipos
1	Cargador frontal	1
2	Tractor de cadenas	1
3	motoniveladora	1
4	Retroexcavadora	1
5	Rodillo compactador	1

Fuente: Elaboración propia

3.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de investigación

Descriptivo: Debido a que nuestro objetivo es mejorar la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos pesados de línea amarilla, fue necesarios recolectar datos, documentos históricos y buscar diversas fuentes de información como: Manuales de mantenimientos, manual de partes, Páginas web, tesis, catálogos de maquinaria pesada, libros, y otras informaciones relacionados al tema.

En una investigación descriptiva el investigador diseña un proceso para descubrir las características o propiedades de determinados grupos, individuos o fenómenos; estas correlaciones le ayudan a determinar o describir el comportamiento o atributos de las poblaciones, hechos o fenómenos investigados, sin dar una explicación casual de los mismos. Por ejemplo, describir hábitos, o las características de una población animal, o mediante datos describir el comportamiento de una población humana, sus costumbres, ritos, mitos, tradiciones entre otros. (Muñoz, 2015).



3.3.2. Diseño de investigación

Este proyecto de investigación de tipo descriptiva, permitir al investigador definir los valores a medir, en este caso los conceptos, las variables, los componentes. Explicar las causas y los efectos por último predecir su ocurrencia. De la misma forma la recolección de datos lo puede realizar el mismo investigador.(Sampieri, 2006).

Por otro lado, se denomina campo porque se obtiene información directamente del entorno. El propósito principal de este estudio es medir la disponibilidad mecánica y, posteriormente, evaluar el impacto de rendimiento de la maquinaria pesada.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Después de elegir el diseño de investigación adecuado y definir una muestra alineada con nuestro problema de estudio y nuestras hipótesis, el siguiente paso es recopilar los datos relevantes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo, análisis o casos (como participantes, grupos, fenómenos, procesos, organizaciones, entre otros). Recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico. (Sampieri, 2006). Los instrumentos utilizados para recolección de información son:

- Recopilación de bibliografía, encuestas, entrevista, observación, etc.
- Una laptop con acceso a internet, Software SIS CAT, office.

3.4.1. Entrevistas

Es un método crucial para esta investigación es la herramienta de recolección de datos, que permite obtener información sobre las causas



recurrentes de fallas en los equipos pesados de línea amarilla. En este marco, se realizaron entrevistas con los operadores, técnicos mecánicos, y el jefe de mantenimiento, empleando guías y formatos no estructurados para reunir la información requerida para el estudio.

3.4.2. Check List

Un checklist de maquinaria pesada es una lista de verificación que se utiliza para asegurar que los componentes y sistemas de maquinaria pesada estén en condiciones óptimas de operación antes de ser utilizada. Esta lista ayuda a los operadores y personal de mantenimiento a identificar posibles problemas de mantenimiento, seguridad y operatividad que deben ser abordados para evitar accidentes y fallos.

Detectar anomalías: Revisar las observaciones y notas en los check-lists para identificar cualquier problema o anomalía reportada por el operador

Priorizar problemas: Clasifica los problemas según su gravedad y urgencia, priorizando aquellos que puedan afectar la seguridad o la operación del equipo.

Planificar reparaciones: Programa las reparaciones necesarias basados en los problemas identificados en los check-lists.

Asignar tareas: Distribuye las tareas de mantenimiento entre los técnicos, asegurando de que cada tarea sea asignada a personal entrenado.

3.4.3. Documental

Se emplea para recopilar información sobre fallas y las acciones de

mantenimiento correctivo y preventivo realizadas en períodos anteriores, a través de la revisión de los siguientes documentos:

-Registro histórico de fallas y mantenimiento: Es un conjunto de datos que detalla las horas dedicadas a mantenimientos preventivos programados, correctivos programados y correctivos no programados. También registra las fechas en las que se realiza el mantenimiento, junto con una breve descripción de la tarea, sistema o componente reparado.

Después de completar una tarea de mantenimiento correctivo o preventivo, es necesario registrar el trabajo en un formato de Orden de Trabajo, donde posteriormente el jefe de taller se encargará de documentarlo en un archivo Excel (Data). Este formato está diseñado para facilitar la generación de datos que puedan ser analizados posteriormente.

Figura 10

Registro de control de trabajos de mantenimiento

CONTROL DE TRABAJOS REALIZADOS POR MANTENIMIENTO								
FECHA	AÑO	MES	EQUIPO	Hr DIESEL	TIEMPO DE PARADA	TIPO DE MANTENIMIENTO	SISTEMA	DESCRIPCION DEL TRABAJO

Fuente: Elaboración propia

-Registro de historial de disponibilidad de equipos: Proporciona información sobre la disponibilidad inicial de los equipos pesados antes de la



aplicación del estudio y, tras la implementación de la mejora de gestión de mantenimiento, ayuda a mejorar la disponibilidad final de los equipos.

3.4.4. Manuales de operación y mantenimiento

Los manuales de operación y mantenimiento de maquinaria pesada son documentos fundamentales que ofrecen instrucciones precisas sobre el uso, la operación, el mantenimiento y la reparación de equipos pesados. Elaborados por los fabricantes de la maquinaria, estos manuales están destinados a garantizar que los operadores y técnicos puedan utilizar y mantener los equipos de manera segura y eficiente.

3.4.5. Ficha técnica

La ficha técnica de maquinaria pesada es un documento que detalla las características técnicas, especificaciones y capacidades de una máquina específica. Este documento es esencial para entender las capacidades, el rendimiento y los requisitos de operación y mantenimiento del equipo.

3.4.6. Método de la investigación.

El método aplicado para mejorar la gestión del mantenimiento de los equipos pesados de línea amarilla para incrementar la disponibilidad mecánica se compone principalmente de los siguientes pasos.

- Realizar un inventario detallado de todos los equipos pesados de línea amarilla en la municipalidad provincial de Lampa, región Puno.
- Inspeccionar el estado actual de cada máquina para identificar necesidades de mantenimiento y reparaciones.

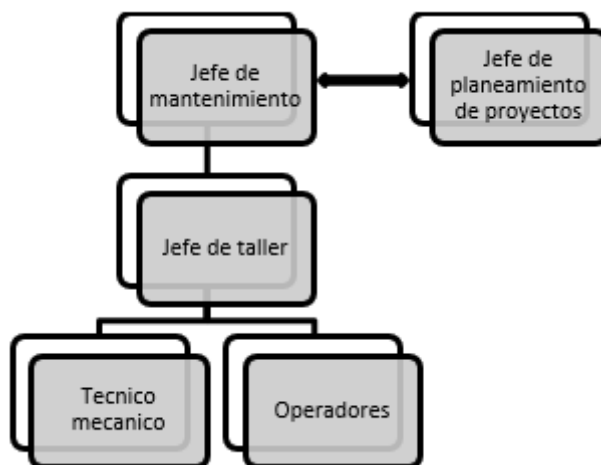
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones del fabricante y en el uso real de los equipos.
- Descripción detallada de las funciones de cada sistema y subsistema para identificar sus operaciones, posibles fallas funcionales y modos de falla.
- Encontrar los componentes de mayor importancia o los más críticos.
- Calcular la disponibilidad mecánica utilizando el registro histórico de fallas.

3.4.7. Organigrama del área de mantenimiento

Para obtener una visión más completa del área de mantenimiento, se presenta un organigrama que muestra el departamento responsable de asegurar la eficiencia de los equipos en la municipalidad provincial de Lampa. Este departamento incluye principalmente un jefe de mantenimiento de equipo pesado, un jefe de taller, técnicos mecánicos y operadores, como se detalla a continuación:

Figura 11

Organigrama de personal del área de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia



3.5 PROCEDIMIENTO

3.5.1. Diagnóstico de la situación actual.

Al inicio de la investigación, se recolecta información sobre la disponibilidad mecánica de los equipos pesados de línea amarilla, los registros de fallos durante 5 meses para el tipo de activo crítico. También se realizan entrevistas y se revisan manuales de mantenimiento y operación, manuales de partes y fichas técnicas.

3.5.2. Control de uso de equipos

Este control nos permitirá tener el control de uso de los equipos en horas y/o kilometrajes durante el servicio de alquiler así también poder analizar el dimensionamiento de equipos según el cliente u operación, para establecer programas de mantenimiento acorde a la frecuencia de trabajo. (Cari, 2023).

3.5.3. Control de inspección de equipos

El control de inspección de equipos pesados en una municipalidad es un proceso sistemático diseñado para evaluar y verificar el estado, el funcionamiento y la seguridad de la maquinaria pesada utilizada por la municipalidad. Este proceso es esencial para asegurar que los equipos, como excavadoras, cargadores frontales, motoniveladoras, retroexcavadoras, rodillos y otros, operen de manera eficiente y segura.

3.5.4. Control de plan de mantenimiento

El control del plan de mantenimiento de maquinaria pesada implica gestionar y supervisar de manera sistemática las actividades de mantenimiento



para asegurar que la maquinaria opere de manera eficiente y segura. La frecuencia de mantenimientos preventivos para los equipos pesados de línea amarilla esta determinada por las recomendaciones del fabricante y las condiciones de trabajo del equipo.

3.5.5. Análisis de modo y efectos de fallas

El propósito del AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallos) en el mantenimiento de maquinaria pesada es detectar, analizar y reducir los riesgos relacionados con posibles fallos en los equipos. Este proceso se lleva a cabo para aumentar la confiabilidad, seguridad y eficiencia operativa en la maquinaria.

El análisis de modos de fallo y efectos (AMFE) es una denominación que se da a un conjunto de actividades que se llevan a cabo para garantizar que las fallas potenciales

de un activo se hayan reconocido y que se tomarán las medidas adecuadas para evitar que el activo en lo posterior presente alguna anomalía en su funcionamiento. (Moubray, 2004).

En el AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallos), se utilizan tres valores clave para evaluar los riesgos asociados con los modos de fallo: Severidad, Ocurrencia y Detección. Cada uno de estos valores se evalúa en una escala de 1 a 10. La combinación de estos valores resulta en el Número de Prioridad de Riesgo (NPR), que se emplea para priorizar las acciones correctivas. A continuación, se presenta una descripción de cada valor.

Tabla 8

Severidad(S). Evalúa el impacto del fallo en el sistema, proceso o producto.

Valor	Rango de severidad	Descripción
1	Sin efectos perceptibles:	El fallo no tiene ningún impacto en la operación o el rendimiento.
2	Efecto muy menor:	Impacto insignificante en la operación, no afecta la funcionalidad.
3	Efecto menor:	Pequeño impacto en el rendimiento, sin pérdida de funcionalidad.
4	Efecto moderado:	Afecta ligeramente el rendimiento, pero la operación sigue siendo aceptable.
5	Efecto algo significativo:	Efecto algo significativo: El rendimiento se reduce, pero la operación continúa de manera limitada.
6	Efecto significativo:	Pérdida parcial de funcionalidad, la operación es difícil pero posible.
7	Efecto serio:	Pérdida considerable de rendimiento, operación restringida.
8	Efecto muy serio:	El fallo afecta gravemente la funcionalidad, operación apenas posible.
9	Efecto crítico:	Casi total pérdida de funcionalidad, operación apenas posible o insegura.
10	Efecto catastrófico:	Total, pérdida de funcionalidad, la operación es imposible o extremadamente peligrosa.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Ocurrencia(O). Mide la probabilidad de que el fallo ocurra

Valor	Rango de ocurrencia	Descripción
1	Muy remoto	Fallo extremadamente improbable, casi nunca ocurre.
2	Remoto	Fallo improbable, rara vez ocurre.
3	Muy bajo	Fallo ocurre rara vez.
4	Bajo	Fallo poco frecuente.
5	Moderado	Fallo ocasional.
6	Moderadamente alto	Fallo ocurre más frecuentemente.
7	Alto	Fallo ocurre frecuentemente.

8	Muy alto	Fallo ocurre muy frecuentemente.
9	Casi cierto	Fallo ocurre casi siempre.
10	Cierto	Fallo ocurre con certeza.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Detección(D). Evalúa la capacidad de detectar el fallo antes de que cause problemas.

Valor	Rango de detección	Descripción
1	Muy alta	Casi seguro que el fallo será detectado antes de que cause problemas.
2	Alta	Alta probabilidad de que el fallo será detectado.
3	Moderadamente alta	Buena probabilidad de que el fallo será detectado.
4	Moderada	Moderada probabilidad de que el fallo será detectado.
5	Moderadamente baja	Algunas veces se detecta el fallo.
6	Baja	Baja probabilidad de detección.
7	Muy baja	Muy baja probabilidad de detección.
8	Remota	Probabilidad de detección muy baja.
9	Muy remota	Fallo casi nunca se detecta antes de que cause problemas.
10	Imposible	No hay posibilidad de detección del fallo antes de que cause problemas.

Fuente: Elaboración propia

Número de Prioridad de Riesgo (NPR), El NPR se calcula multiplicando los valores de Severidad, Ocurrencia y Detección:

$$NPR = S * O * D$$

Este valor se utiliza para priorizar los modos de fallo y determinar qué acciones correctivas se deben tomar. Los fallos con un NPR más alto son los que



requieren atención inmediata y priorización.

Tabla 11

Cuadro Resumen de Procedimiento y Método de Análisis

Información de entrada	Herramientas metodológicas	Resultados
Check list de operadores.	Análisis de indicadores MTBF y MTTR.	Gráficos MTBF y MTTR
Reportes de trabajos diarios.	Análisis de indicadores Kpi de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad mecánica.	Tablas y Gráficos de resultados KPI
Reporte de trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.	Análisis según el AMEF para priorizar los fallos de los sistemas del equipo.	Comparación de Disp. Mec%.

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se lleva a cabo una interpretación y análisis de los datos recopilados de las fuentes de información previamente mencionadas, con el fin de obtener conceptos relevantes sobre el problema de investigación y responder a los objetivos.

4.1.1. Diagrama de Ishikawa

Este diagrama nos permitió identificar las causas más importantes de la baja disponibilidad en la maquinaria pesada. Para ello, se realizó una reunión con los trabajadores del área de mantenimiento y operación dado que son los responsables en mantener y operar los equipos, y de esta manera no afectar las tareas planificadas en diversos puntos de la población.

- Primero, se realizó una reunión con todos los involucrados del área de mantenimiento y operación.
- Segundo, se presentó el tema de investigación a tratar.
- Tercero, cada uno de los miembros compartió sus ideas y inconvenientes de cada equipo.
- Cuarto, se llevó a cabo un consenso de ideas planteadas por los presentes.
- Quinto, se clasifican y ordenan las ideas mencionadas.

Se lograron identificar seis causas a través de los informes de fallas y reportes del personal de mantenimiento, todas ocurrieron antes de implementar las estrategias para el mantenimiento.

Tabla 12

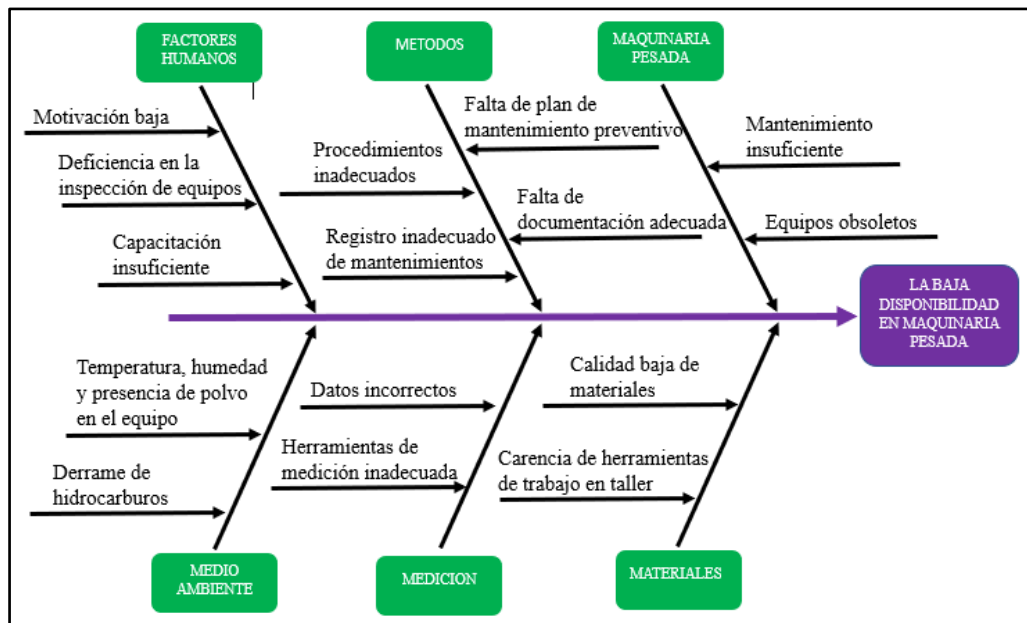
Causas de fallas más ocurridas en el área de mantenimiento

Ítem	Causas	Cant. Causas	% Causas
1	Factores humanos	6	14%
2	Métodos	16	37%
3	Maquinaria pesada	10	23%
4	Medio ambiente	4	9%
5	Medición	3	7%
6	Materiales	4	9%
Total		43	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Diagrama de Ishikawa de maquinaria pesada



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11, se identificaron quince causas principales de la baja disponibilidad de la maquinaria pesada en la municipalidad provincial de Lampa en seis factores: De la tabla 13, factores humanos (14%), métodos (37%), maquinaria pesada (23%), medio ambiente (9%), medición (7%) y materiales (9%). El mayor porcentaje de las causas corresponde al factor de métodos, debido a la falta en la mejora de gestión de mantenimiento, ya que carecen de un plan de

mantenimiento preventivo, planificación eficiente, implementación de estrategias de mantenimiento, y la falta de un control de registro adecuado de mantenimiento.

Tabla 13

Frecuencia de los factores que afectan la disponibilidad de la maquinaria pesada

Ítem	Causas	Frecuencia	% de Frecuencia	% Frec. Acumulado
1	Falta de un plan de mantenimiento	7	16%	16%
2	Maquinaria obsoleta	6	14%	30%
3	Registro inadecuado de mantenimiento	5	12%	42%
4	Mantenimiento insuficiente	4	9%	51%
5	Deficiencia en la inspección de equipos	3	7%	58%
6	Falta de documentación adecuada	2	5%	63%
7	Procedimientos inadecuados	2	5%	67%
8	Capacitación insuficiente	2	5%	72%
9	Derrame de hidrocarburos	2	5%	76%
10	Tem, Humedad, presencia de polvo	2	5%	81%
11	Calidad baja de materiales	2	5%	86%
12	Carencia de herramientas de trabajo	2	5%	90%
13	Herramientas de medición inadecuada	2	5%	95%
14	Motivación baja	1	2%	97%
15	Datos incorrectos	1	2%	100%
Total		43	100%	

Fuente: Elaboración propia

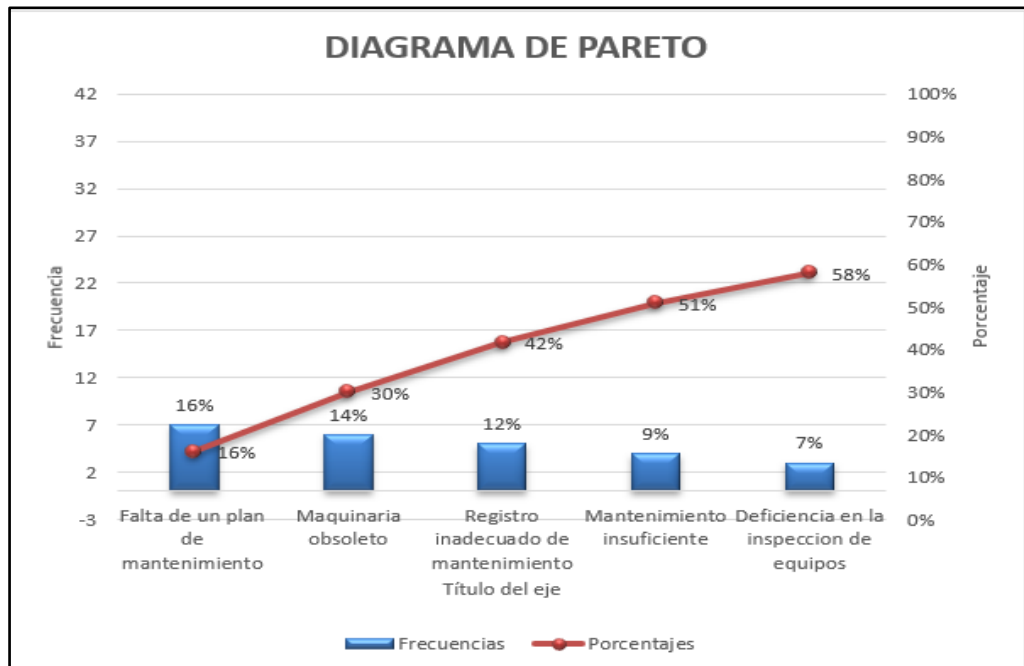
- La frecuencia indica la cantidad de veces que se ha identificado cada causa.
- El porcentaje muestra la proporción de cada causa en relación con el total de causas identificadas, lo cual ayuda a entender qué factores son los más críticos.

Esta tabla permite identificar las causas más frecuentes de la baja disponibilidad de la maquinaria pesada, facilitando la priorización de acciones

correctivas y preventivas. Para una mejor comprensión se plantea una gráfica, donde analizaremos la curva de Pareto.

Figura 13

Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

De la figura 12, se identificaron los principales factores que contribuyen a la baja disponibilidad de la maquinaria pesada. El factor más significativo es la falta de un plan de mantenimiento preventivo (16%), seguido por la maquinaria obsoleta (14%), también se ve afectado por el registro inadecuado de mantenimiento (12%), los mantenimientos insuficientes representan un (9%) y finalmente, la deficiencia en la etapa de inspección representa un (7%).

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores de mantenimiento son valores utilizadas para evaluar y monitorear la efectividad de las actividades de mantenimiento en una organización. Primero, calcularemos el tiempo programado en los últimos 5 meses sumando las horas

trabajadas desde Febrero hasta Junio. A continuación, se presenta la tabla de horas trabajadas por equipo.

Tabla 14

Horas trabajadas de la motoniveladora desde Febrero a Junio

Horas trabajadas de la motoniveladora 620G John Deere				
Ítem	Mes	Total de horas trabajadas	Meta	Diferencia
1	Febrero	100	176	76
2	Marzo	110	176	66
3	Abril	160	176	16
4	Mayo	165	176	11
5	Junio	176	176	0
Total		711	880	169

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Horas trabajadas de la retroexcavadora desde Febrero a Junio

Horas trabajadas de la retroexcavadora 310SL John Deere				
Ítem	Mes	Total de horas trabajadas	Meta	Diferencia
1	Febrero	170	176	6
2	Marzo	170	176	6
3	Abril	170	176	6
4	Mayo	176	176	0
5	Junio	176	176	0
Total		862	880	18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Horas trabajadas del cargador frontal desde Febrero a Junio

Horas trabajadas del cargador frontal 938G CAT				
Ítem	Mes	Total de horas trabajadas	Meta	Diferencia
1	Febrero	170	176	6
2	Marzo	155	176	21
3	Abril	150	176	26
4	Mayo	150	176	26
5	Junio	155	176	21



Total	780	880	100
--------------	------------	------------	------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Horas trabajadas del tractor de cadenas desde Febrero a Junio

Horas trabajadas del tractor de cadenas D6T CAT				
Ítem	Mes	Total de horas trabajadas	Meta	Diferencia
1	Febrero	150	176	26
2	Marzo	155	176	21
3	Abril	150	176	26
4	Mayo	145	176	31
5	Junio	90	176	86
Total		690	880	190

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Horas trabajadas del rodillo compactador desde Febrero a Junio.

Horas trabajadas del rodillo compactador				
Ítem	Mes	Total de horas trabajadas	Meta	Diferencia
1	Febrero	0	176	176
2	Marzo	0	176	176
3	Abril	0	176	176
4	Mayo	100	176	76
5	Junio	130	176	46
TOTAL		230	880	650

Fuente: Elaboración propia

4.3. DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE EQUIPOS PESADOS

Tabla 19

Disponibilidad mecánica de equipos pesados de la municipalidad provincial de Lampa.

Ítem	Mes	Disp Mec(%) Motoniveladora 620G	Disp Mec(%) Retroexcavadora 310SL	Disp Mec(%) Cargador frontal 938G	Disp Mec(%) Tractor de cadenas D6T	Disp Mec(%) Rodillo
1	Febrero	82%	89%	85%	83%	0%

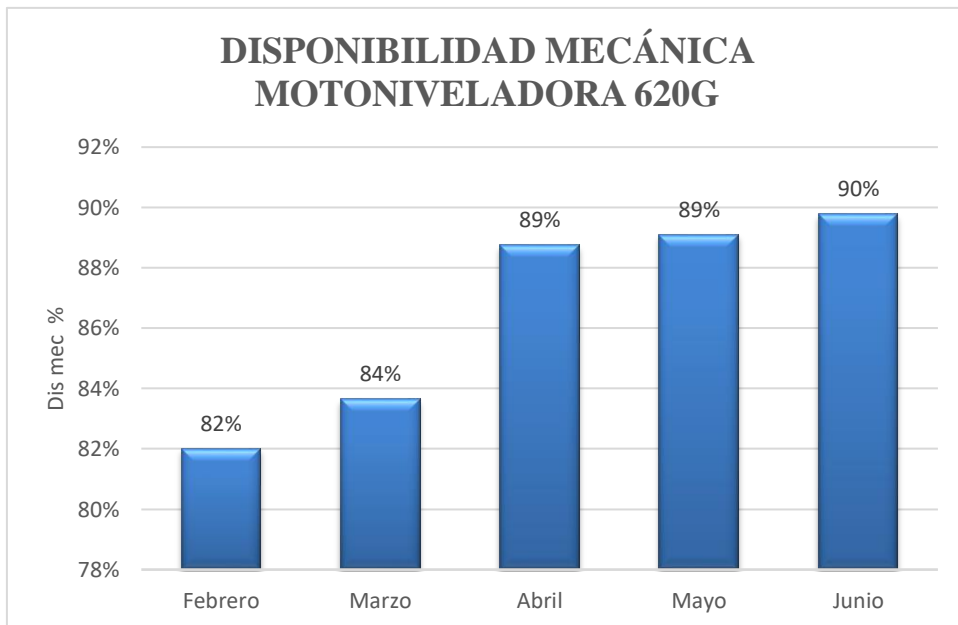
2	Marzo	84%	89%	83%	83%	0%
3	Abril	89%	89%	83%	83%	0%
4	Mayo	89%	90%	83%	82%	70%
5	Junio	90%	90%	83%	71%	77%

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Disponibilidad mecánica de la motoniveladora 620G.

Figura 14

Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica Motoniveladora periodo Febrero a Junio.



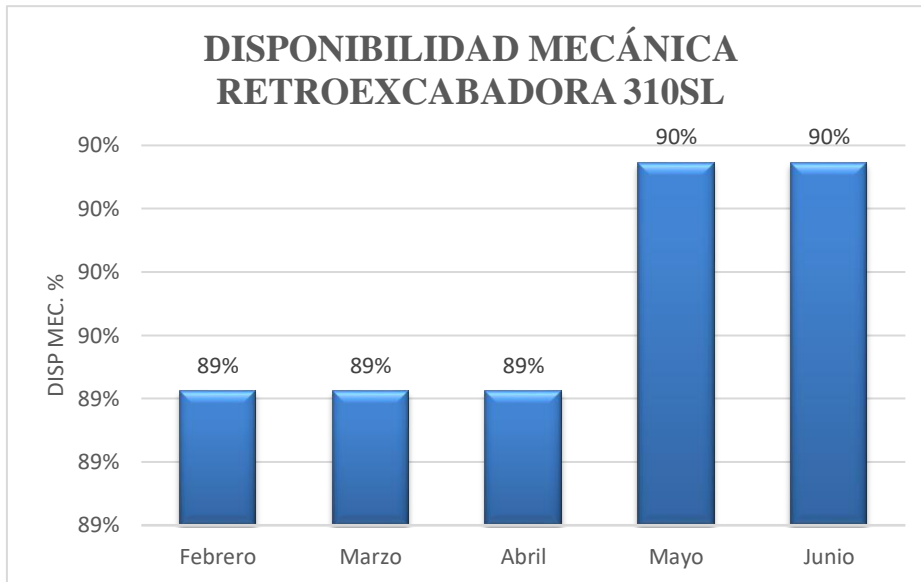
Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Disponibilidad mecánica retroexcavadora 310SL.

Figura 15

Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica Retroexcavadora periodo

Febrero a Junio



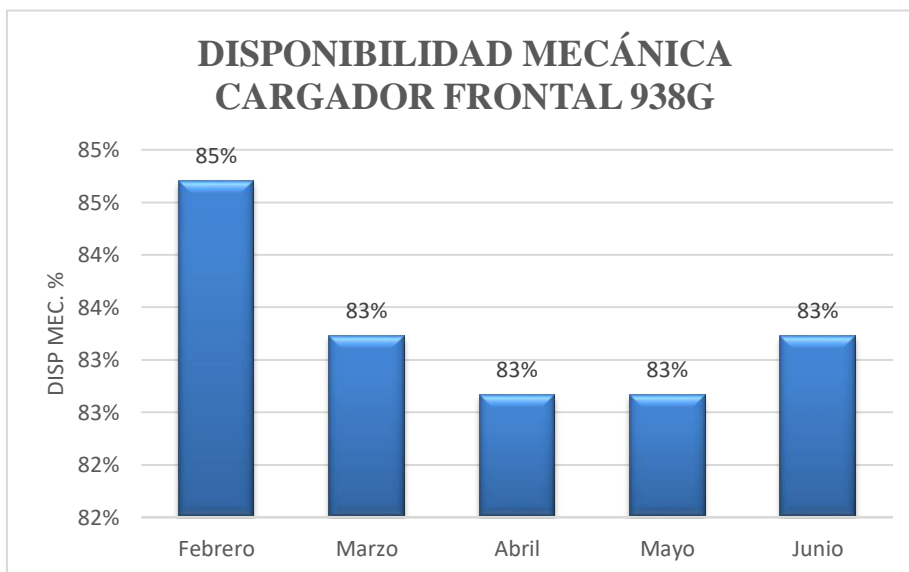
Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Disponibilidad mecánica cargador frontal 938G.

Figura 16

Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica Cargador Frontal periodo

Febrero a Junio

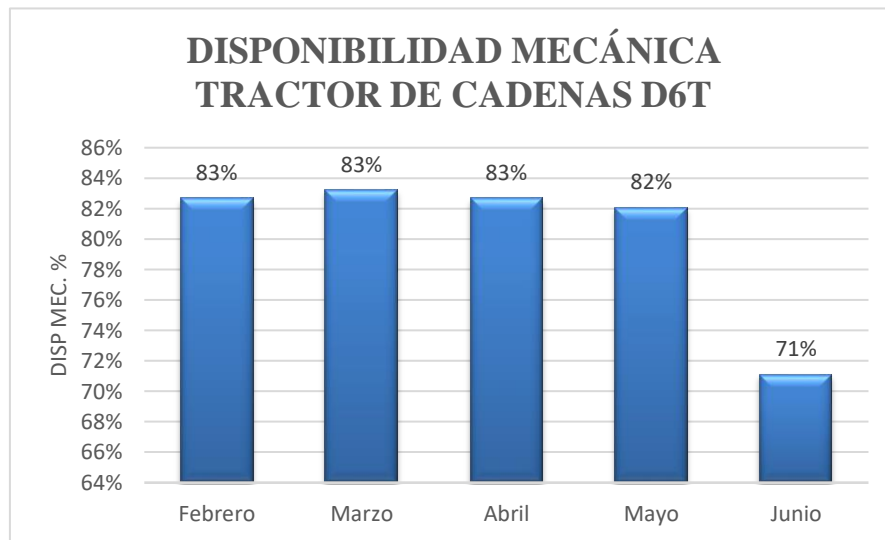


Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Disponibilidad mecánica tractor de cadenas D6T.

Figura 17

Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica Tractor de Cadenas periodo Febrero a Junio.

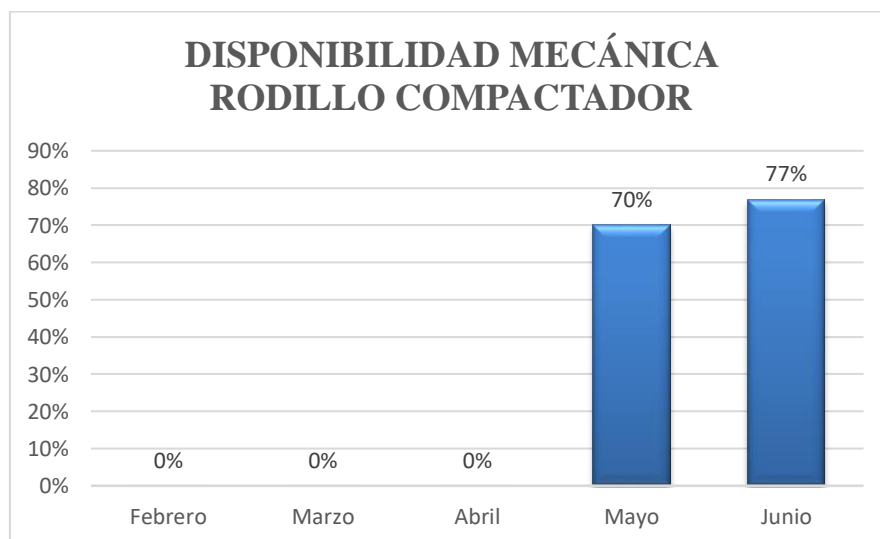


Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Disponibilidad mecánica rodillo compactador.

Figura 18

Diagrama de Pareto de la disponibilidad mecánica rodillo compactador periodo Febrero a Junio.



Fuente: Elaboración propia

4.4. DETERMINACIÓN DE TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES (MTTR).

Tabla 20

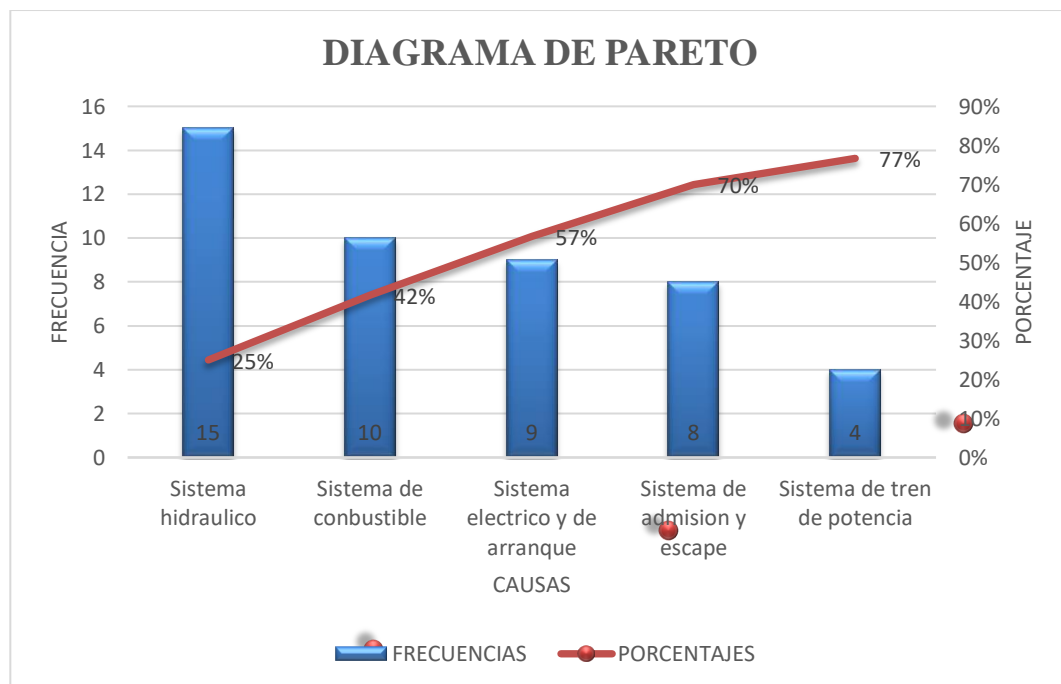
Frecuencia de fallas identificados por sistemas de la flota de equipos de línea amarilla.

Ítem	Sistema del equipo	Total de frecuencia	% de frecuencia	% de frec. acumulado
1	Sistema hidráulico	15	25%	25%
2	Sistema de combustible	10	17%	42%
3	Sistema eléctrico y de arranque	9	15%	57%
4	Sistema de admisión y escape	8	13%	70%
5	Sistema de tren de potencia	4	7%	77%
6	Sistema motor	4	7%	83%
7	Sistema de refrigeración	3	5%	88%
8	Cabina del operador	3	5%	93%
9	Implementos del equipo	2	3%	97%
10	Chasis del equipo	2	3%	100%
Total		60	100%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Diagrama de Pareto frecuencia de fallas por sistemas del equipo



Fuente: Elaboración propia

La figura anterior revela que la frecuencia de fallas por sistema indica claramente que hay dos sistemas que fallan con mayor frecuencia: el primero es el sistema hidráulico y el segundo es el sistema de combustible.

Tabla 21

Cuadro Resumen de la Mantenibilidad de maquinaria pesada.

Ítem	Sistema	Cantidad de fallas	Tiempo de reparación por cada equipo	Indicador MTTR(Hr)
1	Sistema hidráulico	15	30	2.0
2	Sistema motor	10	55	5.5
3	Sistema eléctrico	9	18	2.0
5	Sistema de tren de potencia	4	45	11.3
6	Cabina	3	10	3.3
7	Implemento y chasis	2	15	7.5
Total		43	173	31.6

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior la falla que más tiempo ha empleado para su reparación durante estos 5 meses de investigación ha sido el sistema de tren de potencia, implemento y chasis. Debido a que tienen costos de mantenimiento elevado, la entidad municipal no dispone de un presupuesto que le permita atender de manera inmediata las necesidades derivadas de las fallas que presentan los equipos en el sistema de tren de potencia.

4.5. DETERMINACIÓN DE TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS (MTBF).

Este indicador expresa el tiempo promedio que un sistema o equipo opera sin fallar. Lo calculamos dividiendo el tiempo total de operación del equipo entre el número de fallos ocurridos durante ese período de trabajo.

Tabla 22*Cuadro de confiabilidad de cargador frontal 938G.*

Ítem	Sistema	Cantidad de fallas	Horas de operación de 5 meses	Indicador MTBF(Hr)
1	Sistema hidráulico	15		52.0
2	Sistema motor	10		78.0
3	Sistema eléctrico	9		86.7
4	Sistema de tren de potencia	4		195.0
5	Implemento y chasis	3		260.0
6	Cabina	2		390.0
Total		43	780	1061.7

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior nos indica que el sistema hidráulico es el más crítico, ya que presenta una falla aproximadamente cada 52 horas; seguido por el sistema motor presentando una falla cada 78 horas. De esta manera se da la prioridad según el valor del indicador para prevenir fallos y evitar interrupciones durante la operación.

Tabla 23*Cuadro de confiabilidad de tractor de cadena D6T.*

Ítem	Sistema	Cantidad de fallas	Horas de operación de 5 meses	Indicador MTBF(Hr)
1	Sistema hidráulico	13		60.0
2	Sistema motor	9		86.7
3	Sistema eléctrico	7		111.4
4	Sistema de tren de potencia	5		156.0
5	Implemento y chasis	3		260.0
6	Cabina	2		390.0
Total		39	690	1064.1

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior nos indica que el sistema hidráulico es el más crítico, dado que presenta una falla aproximadamente cada 60 horas, seguido por el sistema motor, que registra una falla cada 87 horas. Esto permite establecer prioridades basadas en el valor del indicador, con el fin de prevenir fallos y evitar interrupciones en la operación.

Tabla 24*Cuadro de confiabilidad de rodillo compactador.*

Ítem	Sistema	Cantidad de fallas	Horas de operación de 5 meses	Indicador MTBF(Hr)
1	Sistema motor	10		78.0
2	Sistema eléctrico	8		97.5
3	Sistema hidráulico	5		156.0
4	Sistema de tren de potencia	3		260.0
5	Implemento y chasis	2		390.0
Total		28	230	981.5

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior nos indica que el sistema motor es el más crítico, dado que presenta una falla cada 78 horas aproximadamente, seguido por el sistema eléctrico, que registra una falla cada 98 horas. Esto facilita la toma de decisiones para priorizar el valor del indicador, con el objetivo de prevenir fallos y evitar interrupciones en la operación.

4.6. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMFE)

Siguiendo el procedimiento establecido para mejorar la gestión de mantenimiento con el objetivo de aumentar la disponibilidad mecánica, se llevará a cabo utilizando la hoja de trabajo AMEF.

Este análisis considera a los equipos pesados de línea amarilla de la municipalidad provincial de Lampa, la función que desempeña en el proceso productivo es realizar trabajos de mantenimientos de vías, excavación de zanjas, entre otros servicios, según la programación y necesidades requeridas por la población de Lampa.

Para este estudio se obtuvieron los siguientes datos de acuerdo al formato realizado para los diferentes sistemas del equipo.

Tabla 25

AMEF para el sistema motor.

Ítem	Sistema	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Causa de falla	Ocurrencia	Control actual	Detección	NPR
1	Motor	Falla en el sistema de combustible del motor.	Equipo genera paradas	5	Filtros de combustible obstruidos.	5	Plan de mantto preventivo	4	100
2		Falla en el sistema de admisión y escape del motor.	Perdida de potencia del equipo	6	Filtros de aire saturados de polvo.	5	Plan de mantto preventivo	4	120
3		Falla en el sistema de enfriamiento de motor.	Se genera el recalentamiento del motor	8	Depósito de refrigerante dañado.	3	Realizar inspección por personal de mantto.	2	48
4		Falla en el sistema eléctrico del motor.	el motor de arranque no genera el encendido del motor Diesel	10	Relé de arranque averiado.	4	Realizar inspección por personal de mantto.	6	240

Fuente: Elaboración propia.

Este enfoque asegura que las acciones correctivas estén enfocadas en los problemas más críticos, mejorando la confiabilidad y el rendimiento del sistema motor de acuerdo con el Número de Prioridad de Riesgo, los intervalos entre 240 y 120 se considerarán críticos, por lo que se tomarán acciones preventivas sobre ellos.

Tabla 26

AMEF para el sistema hidráulico.

Ítem	Sistema	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Causa de falla	Ocurrencia	Control actual	Detección	NP R
1	Hidráulico	Fuga de aceite hidráulico	Pérdida de presión, ineficiencia operativa	8	Sellos desgastados o dañados	6	Inspección regular de conexiones y sellos.	4	192

2	Falla de la bomba hidráulica	Pérdida total de fuerza hidráulica	9	Desgaste de componentes internos	4	Mantenimiento y revisión periódica de la bomba	3	108
3	Rotura de manguera hidráulico	Pérdida de aceite, paro del sistema	9	Daños físicos, desgaste por uso	4	Inspección regular de mangueras, conexiones y sellos.	3	108
4	Contaminación del fluido	Daño en componentes, pérdida de eficiencia	8	Ingreso de partículas, falta de filtración	6	Procedimientos estrictos de limpieza durante el mantenimiento	4	192
5	Mal funcionamiento de cilindro	Movimiento errático, pérdida de fuerza	8	Desgaste de sellos, contaminación interna	5	Inspección visual y medición de desgaste en los cilindros.	4	160
6	Falla del acumulador hidráulico	Falta de amortiguación, picos de presión	7	Pérdida de presión de gas, desgaste	4	Monitorear las presiones de trabajo del acumulador	3	84

Fuente: Elaboración propia.

Este enfoque facilita la identificación de los problemas más críticos en el sistema hidráulico, garantizando que las acciones correctivas se dirijan a los modos de falla con mayor impacto en el funcionamiento, teniendo los intervalos entre 192 y 160 se considerarán críticos, por lo que se tomarán acciones preventivas sobre ellos para evitar paradas imprevistas.

Tabla 27

AMEF para el sistema eléctrico.

Ítem	Sistema	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Causa de falla	Ocurrencia	Control actual	Detección	NPR
1	Eléctrico	Batería descargada	Imposibilidad de arrancar el equipo	8	Fallo en el alternador, batería vieja	5	Mantenimiento regular y pruebas de carga de las baterías.	3	120
2		Conexiones sueltas o corroídas	Fallos intermitentes, corto circuitos	7	Vibraciones, ambiente corrosivo	6	Inspección regular de cables y conexiones para detectar	4	168

Ítem	Sistema	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Causa de falla	Ocurrencia	Control actual	Detección	NPR
							desgaste o daños		
3		Fusible fundido	Pérdida de funcionalidad en sistemas específicos (iluminación)	6	Sobrecarga, defecto eléctrico	4	Inspección y prueba regular de relés y fusibles.	5	120
4		Motor de arranque defectuoso	Imposibilidad de arrancar el equipo	9	Desgaste de componentes internos	4	Inspección y mantenimiento o regular del sistema de arranque. Correcta fijación y protección del cableado para evitar daños mecánicos	3	108
5		Falla en el sistema de iluminación	Riesgo de accidentes, trabajo nocturno imposible	8	Bombillas quemadas, conexiones defectuosas	5	Mantenimiento y revisión regular del alternador.	4	160
6		Alternador defectuoso	Batería no se carga, equipo se apaga	9	Fallo en el regulador de voltaje, desgaste del alternador	4	Inspección y monitoreo continuo de las señales de los sensores. Correcta fijación y protección del cableado para evitar daños mecánicos.	3	108
7		Sensor defectuoso	Lecturas incorrectas, fallo en sistemas automáticos	7	Desgaste, ambiente adverso	5	Inspección y monitoreo continuo de las señales de los sensores. Correcta fijación y protección del cableado para evitar daños mecánicos.	4	140
8		Cableado dañado	Cortocircuitos, fallos intermitentes	8	Desgaste, abrasión	5		3	120

Fuente: Elaboración propia.

Este método asegura que las acciones correctivas se centren en los problemas más críticos del sistema eléctrico, mejorando así su rendimiento y seguridad, teniendo los intervalos entre 168 y 160 se considerarán críticos, por lo que se realizara una revisión exhaustiva del sistema de conexión y actualizar el cableado para prevenir sobrecargas.

Tabla 28

AMEF para el sistema de tren de potencia.

Ítem	Sistema	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Causa de falla	Ocurrencia	Control actual	Detección	NP R
1	Tren de potencia	Desgaste del embrague	Pérdida de tracción, dificultad para cambiar marchas	8	Uso prolongado, sobrecarga	5	Ajuste y calibración regular del sistema de embrague	4	160
2		Fuga de aceite de la transmisión	Pérdida de lubricación, daño en componentes internos	9	Sellos desgastados, conexiones flojas	5	Inspección regular de sellos y juntas.	3	135
3		Desgaste de engranajes	Ruidos, pérdida de eficiencia	8	Falta de lubricación, uso prolongado	4	Inspección visual periódica de los engranajes. Evaluación de los	4	128
4		Falla en el convertidor de par	Pérdida de potencia, sobrecalentamiento	9	Desgaste interno, contaminación del fluido	4	componentes internos del convertidor	3	108
5		Falla en el diferencial	Pérdida de tracción, ruido	9	Desgaste de componentes internos, falta de lubricación	4	Inspección y mantenimiento regular del diferencial.	3	108

Fuente: Elaboración propia.

Este enfoque ayuda a priorizar los problemas más críticos en el sistema de tren de potencia, asegurando que las acciones correctivas se enfoquen en los fallos que tienen el mayor impacto en el rendimiento del sistema. Teniendo los intervalos entre 160 y 135 se considerarán críticos, por lo que se requiere acciones inmediatas. Implementar un programa de mantenimiento preventivo más riguroso y realizar revisiones periódicas del embrague.

Tabla 29

AMEF para el sistema implemento y chasis.

Ítem	Sistema	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Causa de falla	Ocurrencia	Control actual	Detección	NPR
1	Implemento y chasis	Desgaste en las uñas del cucharón	Disminuye la capacidad de carguío de material	7	Uso prolongado y mantenimiento inadecuado	5	Inspección visual y medición del desgaste.	4	140
2		Fisuras en los brazos del implemento	Pérdida de funcionalidad del implemento	9	Sobrecarga, impactos repetidos	4	Reparación inmediata de fisuras y grietas detectadas.	3	108
3		Corrosión en el chasis	Debilitamiento estructural	8	Exposición a condiciones ambientales	5	Aplicación de recubrimientos protectores y pinturas anticorrosivas.	4	160
4		Desgaste en las articulaciones	Movimiento ineficaz, ruidos	7	Desgaste, falta de lubricación	5	Lubricación regular de las articulaciones.	4	140
5		Desgaste de los neumáticos	Ineficiencia operativa, riesgo de accidentes	7	Uso prolongado, condiciones extremas	6	Inspección y medición de cocadas del neumático.	3	126

Fuente: Elaboración propia.

Este enfoque garantiza que las acciones correctivas se concentren en los problemas más graves del sistema de implemento y chasis, lo que optimiza su rendimiento y extiende su vida útil. Teniendo los intervalos entre 160 y 140 se considerarán críticos, Requiere acciones urgentes como implementar protección contra la corrosión y mantener el implemento en condiciones adecuadas para minimizar la exposición a ambientes corrosivos. Reemplazar dientes desgastados y mejorar el mantenimiento preventivo.

4.7. DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Para elaborar el plan de mantenimiento, se observa y analiza las necesidades de la entidad municipal y sus prioridades con respecto al área de mantenimiento de equipos. Un plan de mantenimiento bien diseñado es crucial para asegurar la eficiencia operativa,

la seguridad y la durabilidad de la maquinaria pesada.

Tabla 30

Plan de Mantenimiento preventivo general.

Ítem	Plan de mantenimiento
PM1	Intervalo de 250 horas, mantenimiento preventivo sistema motor.
PM2	Intervalo de 500 horas, mantenimiento preventivo sistema motor y transmisión.
PM3	Intervalo de 750 horas, mantenimiento preventivo sistema motor, inspección y lubricación general del equipo.
PM4	Intervalo de 1000 horas, mantenimiento preventivo motor, transmisión, mandos finales y diferenciales.
PM5	Intervalo de 1250 horas, mantenimiento preventivo sistema motor.
PM6	Intervalo de 1500 horas, mantenimiento preventivo motor y transmisión.
PM7	Intervalo de 1750 horas, mantenimiento preventivo sistema motor, inspección y lubricación general del equipo.
PM8	Intervalo de 2000 horas, mantenimiento preventivo sistema hidráulico y PM4.

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de los ciclos de mantenimientos preventivos de toda la flota se va a trabajar como referencia con el cargador frontal 938G Cat de la municipalidad provincial de Lampa, a continuación, lo presentamos en la siguiente tabla.

Tabla 31

Obtención de la fecha para ejecutar el mantenimiento preventivo PM1.

FECHA		N° SEMANA	FECHA		N° SEMANA
JUNIO	1/06/2024	22	JULIO	1/07/2024	27
JUNIO	2/06/2024	23	JULIO	2/07/2024	27
JUNIO	3/06/2024	23	JULIO	3/07/2024	27
JUNIO	4/06/2024	23	JULIO	4/07/2024	27
JUNIO	5/06/2024	23	JULIO	5/07/2024	27
JUNIO	6/06/2024	23	JULIO	6/07/2024	27
JUNIO	7/06/2024	23	JULIO	7/07/2024	28
JUNIO	8/06/2024	23	JULIO	8/07/2024	28
JUNIO	9/06/2024	24	JULIO	9/07/2024	28



JUNIO	10/06/2024	24	JULIO	10/07/2024	28
JUNIO	11/06/2024	24	JULIO	11/07/2024	28
JUNIO	12/06/2024	24	JULIO	12/07/2024	28
JUNIO	13/06/2024	24	JULIO	13/07/2024	28
JUNIO	14/06/2024	24	JULIO	14/07/2024	29
JUNIO	15/06/2024	24	JULIO	15/07/2024	29
JUNIO	16/06/2024	25	JULIO	16/07/2024	29
JUNIO	17/06/2024	25	JULIO	17/07/2024	29
JUNIO	18/06/2024	25	JULIO	18/07/2024	29
JUNIO	19/06/2024	25	JULIO	19/07/2024	29
JUNIO	20/06/2024	25	JULIO	20/07/2024	29
JUNIO	21/06/2024	25	JULIO	21/07/2024	30
JUNIO	22/06/2024	25	JULIO	22/07/2024	30
JUNIO	23/06/2024	26	JULIO	23/07/2024	30
JUNIO	24/06/2024	26	JULIO	24/07/2024	30
JUNIO	25/06/2024	26	JULIO	25/07/2024	30
JUNIO	26/06/2024	26	JULIO	26/07/2024	30
JUNIO	27/06/2024	26	JULIO	27/07/2024	30
JUNIO	28/06/2024	26	JULIO	28/07/2024	31
JUNIO	29/06/2024	26	JULIO	29/07/2024	31
JUNIO	30/06/2024	27	JULIO	30/07/2024	31
			JULIO	31/07/2024	31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Obtención de la fecha para ejecutar el mantenimiento preventivo PMI.

FECHA		N° SEMANA	FECHA		N° SEMANA
AGOSTO	1/08/2024	31	SETIEMBRE	1/09/2024	36
AGOSTO	2/08/2024	31	SETIEMBRE	2/09/2024	36
AGOSTO	3/08/2024	31	SETIEMBRE	3/09/2024	36
AGOSTO	4/08/2024	32	SETIEMBRE	4/09/2024	36
AGOSTO	5/08/2024	32	SETIEMBRE	5/09/2024	36
AGOSTO	6/08/2024	32	SETIEMBRE	6/09/2024	36
AGOSTO	7/08/2024	32	SETIEMBRE	7/09/2024	36
AGOSTO	8/08/2024	32	SETIEMBRE	8/09/2024	37
AGOSTO	9/08/2024	32	SETIEMBRE	9/09/2024	37
AGOSTO	10/08/2024	32	SETIEMBRE	10/09/2024	37
AGOSTO	11/08/2024	33	SETIEMBRE	11/09/2024	37
AGOSTO	12/08/2024	33	SETIEMBRE	12/09/2024	37
AGOSTO	13/08/2024	33	SETIEMBRE	13/09/2024	37
AGOSTO	14/08/2024	33	SETIEMBRE	14/09/2024	37



AGOSTO	15/08/2024	33	SETIEMBRE	15/09/2024	38
AGOSTO	16/08/2024	33	SETIEMBRE	16/09/2024	38
AGOSTO	17/08/2024	33	SETIEMBRE	17/09/2024	38
AGOSTO	18/08/2024	34	SETIEMBRE	18/09/2024	38
AGOSTO	19/08/2024	34	SETIEMBRE	19/09/2024	38
AGOSTO	20/08/2024	34	SETIEMBRE	20/09/2024	38
AGOSTO	21/08/2024	34	SETIEMBRE	21/09/2024	38
AGOSTO	22/08/2024	34	SETIEMBRE	22/09/2024	39
AGOSTO	23/08/2024	34	SETIEMBRE	23/09/2024	39
AGOSTO	24/08/2024	34	SETIEMBRE	24/09/2024	39
AGOSTO	25/08/2024	35	SETIEMBRE	25/09/2024	39
AGOSTO	26/08/2024	35	SETIEMBRE	26/09/2024	39
AGOSTO	27/08/2024	35	SETIEMBRE	27/09/2024	39
AGOSTO	28/08/2024	35	SETIEMBRE	28/09/2024	39
AGOSTO	29/08/2024	35	SETIEMBRE	29/09/2024	40
AGOSTO	30/08/2024	35	SETIEMBRE	30/09/2024	40
AGOSTO	31/08/2024	35			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Obtención de la fecha para ejecutar el mantenimiento preventivo PMI.

FECHA		N° SEMANA	FECHA		N° SEMANA
OCTUBRE	1/10/2024	40	NOVIEMBRE	1/11/2024	44
OCTUBRE	2/10/2024	40	NOVIEMBRE	2/11/2024	44
OCTUBRE	3/10/2024	40	NOVIEMBRE	3/11/2024	45
OCTUBRE	4/10/2024	40	NOVIEMBRE	4/11/2024	45
OCTUBRE	5/10/2024	40	NOVIEMBRE	5/11/2024	45
OCTUBRE	6/10/2024	41	NOVIEMBRE	6/11/2024	45
OCTUBRE	7/10/2024	41	NOVIEMBRE	7/11/2024	45
OCTUBRE	8/10/2024	41	NOVIEMBRE	8/11/2024	45
OCTUBRE	9/10/2024	41	NOVIEMBRE	9/11/2024	45
OCTUBRE	10/10/2024	41	NOVIEMBRE	10/11/2024	46
OCTUBRE	11/10/2024	41	NOVIEMBRE	11/11/2024	46
OCTUBRE	12/10/2024	41	NOVIEMBRE	12/11/2024	46
OCTUBRE	13/10/2024	42	NOVIEMBRE	13/11/2024	46
OCTUBRE	14/10/2024	42	NOVIEMBRE	14/11/2024	46
OCTUBRE	15/10/2024	42	NOVIEMBRE	15/11/2024	46
OCTUBRE	16/10/2024	42	NOVIEMBRE	16/11/2024	46
OCTUBRE	17/10/2024	42	NOVIEMBRE	17/11/2024	47
OCTUBRE	18/10/2024	42	NOVIEMBRE	18/11/2024	47
OCTUBRE	19/10/2024	42	NOVIEMBRE	19/11/2024	47
OCTUBRE	20/10/2024	43	NOVIEMBRE	20/11/2024	47



OCTUBRE	21/10/2024	43	NOVIEMBRE	21/11/2024	47
OCTUBRE	22/10/2024	43	NOVIEMBRE	22/11/2024	47
OCTUBRE	23/10/2024	43	NOVIEMBRE	23/11/2024	47
OCTUBRE	24/10/2024	43	NOVIEMBRE	24/11/2024	48
OCTUBRE	25/10/2024	43	NOVIEMBRE	25/11/2024	48
OCTUBRE	26/10/2024	43	NOVIEMBRE	26/11/2024	48
OCTUBRE	27/10/2024	44	NOVIEMBRE	27/11/2024	48
OCTUBRE	28/10/2024	44	NOVIEMBRE	28/11/2024	48
OCTUBRE	29/10/2024	44	NOVIEMBRE	29/11/2024	48
OCTUBRE	30/10/2024	44	NOVIEMBRE	30/11/2024	48
OCTUBRE	31/10/2024	44			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Obtención de la fecha para ejecutar el mantenimiento preventivo PMI.

FECHA		Nº SEMANA
DICIEMBRE	1/12/2024	49
DICIEMBRE	2/12/2024	49
DICIEMBRE	3/12/2024	49
DICIEMBRE	4/12/2024	49
DICIEMBRE	5/12/2024	49
DICIEMBRE	6/12/2024	49
DICIEMBRE	7/12/2024	49
DICIEMBRE	8/12/2024	50
DICIEMBRE	9/12/2024	50
DICIEMBRE	10/12/2024	50
DICIEMBRE	11/12/2024	50
DICIEMBRE	12/12/2024	50
DICIEMBRE	13/12/2024	50
DICIEMBRE	14/12/2024	50
DICIEMBRE	15/12/2024	51
DICIEMBRE	16/12/2024	51
DICIEMBRE	17/12/2024	51
DICIEMBRE	18/12/2024	51
DICIEMBRE	19/12/2024	51
DICIEMBRE	20/12/2024	51
DICIEMBRE	21/12/2024	51
DICIEMBRE	22/12/2024	52
DICIEMBRE	23/12/2024	52
DICIEMBRE	24/12/2024	52
DICIEMBRE	25/12/2024	52
DICIEMBRE	26/12/2024	52



DICIEMBRE	27/12/2024	52
DICIEMBRE	28/12/2024	52
DICIEMBRE	29/12/2024	53
DICIEMBRE	30/12/2024	53

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 31, 32, 33, y 34 se obtiene las fechas en la que se va a realizar el mantenimiento preventivo de 250 horas de trabajo del sistema motor (PM1), controlando el horómetro del equipo se define el siguiente mantenimiento preventivo de 500 horas del sistema de transmisión más el mantenimiento preventivo de sistema motor.

Con los siguientes datos obtenidos realizamos el cronograma de plan de mantenimiento preventivo general para el equipo, considerando las horas de trabajo del equipo, los reportes de fallas del equipo por parte de los operadores, y tomando en cuenta las inspecciones diarias por parte de los técnicos de mantenimiento.

Con los conceptos mencionados anteriormente se realiza la programación de actividades de mantenimiento preventivo del equipo, en la siguiente tabla 35 se observa el cronograma de plan de mantenimiento preventivo para el equipo cargador frontal 938G, siendo el equipo que realiza múltiples servicios en la entidad municipal.



Tabla 35

Cronograma de plan de Mantenimiento preventivo general.

		CUMPLIMIENTO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO JUNIO-DICIEMBRE 2024																															
Equipo	PM Semanal	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52		
938G CAT	PMA 250																																
938G CAT	PMB 500																																
938G CAT	PMB 750																																
938G CAT	PMA 1000																																
938G CAT	PMA 1250																																
938G CAT	PMA 1500																																
938G CAT	PMT 1750																																
938G CAT	PMB 2000																																

Fuente: Elaboración propia

4.8. ESTRUCTURACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO

Jefe del mantenimiento: Es el encargado de coordinar y asegurar el funcionamiento de los equipos y su disponibilidad para que puedan ser utilizados según las programaciones y necesidades de la entidad municipal.

Tabla 36

Funciones del Jefe de mantenimiento.

INFORMACIÓN GENERAL DEL JEFE DE MANTENIMIENTO		
NOMBRE:	Ing. Pablo M.	
AREA:	Mantenimiento de equipos	
EQUIPO:	Flota de equipos	
ÍTEM	FUNCIONES	DESCRIPCIÓN
1	Planificación y Programación	Desarrollar y supervisar los planes de mantenimiento preventivo, correctivo y controles de lubricación para la maquinaria pesada, asegurando el cumplimiento de los cronogramas planificadas.
2	Supervisión de Personal	Coordinar y supervisar al personal de mantenimiento, asignando tareas y evaluando el desempeño de los técnicos mecánicos de maquinaria pesada.
3	Gestión de Inventarios	Controlar el inventario de repuestos y materiales necesarios para los trabajos de mantenimiento de maquinaria pesada, asegurando su disponibilidad de los activos.
4	Evaluación de Equipos	Inspeccionar y evaluar el estado de la maquinaria pesada, identificando las necesidades de reparación o cambio de componentes.
5	Seguridad y Cumplimiento	Asegurar que todas las operaciones de mantenimiento se realicen cumpliendo con las normas de seguridad y cuidados al medio ambiente.
6	Documentación y Reportes	Mantener registros detallados de todas las actividades de mantenimiento realizadas en la maquinaria pesada y preparar informes periódicos sobre el estado de los equipos, componentes y el rendimiento del mantenimiento.
7	Capacitación	Proveer y coordinar la capacitación continua del personal de mantenimiento para mejorar sus habilidades y conocimientos técnicos en maquinaria pesada.
8	Coordinar con otras áreas	Colaborar con otros departamentos para asegurar que la maquinaria pesada esté disponible y en condiciones óptimas para su uso en los proyectos municipales.

9	Gestión del presupuesto	Administrar el presupuesto asignado al mantenimiento de maquinaria pesada, asegurando una correcta utilización de los recursos financieros.
---	-------------------------	---

Fuente: Elaboración propia

Técnico mecánico: Las funciones típicas del técnico mecánico de mantenimiento de maquinaria pesada, se presenta en la siguiente figura.

Tabla 37

Funciones del técnico mecánico de mantenimiento.

INFORMACIÓN GENERAL DEL TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
NOMBRE:	Tec.	
AREA:	Mantenimiento de equipos	
EQUIPO:	Flota de maquinaria pesada	
ÍTEM	FUNCIONES	DESCRIPCIÓN
1	Diagnóstico de Fallos	Identificar y diagnosticar problemas y fallos en la maquinaria pesada utilizando herramientas y técnicas especializadas.
2	Reparaciones y Reemplazos	Realizar reparaciones y reemplazos de piezas y componentes defectuosos en la maquinaria pesada para asegurar su correcto funcionamiento.
3	Mantenimiento Preventivo	Ejecutar tareas de mantenimiento preventivo según los planes establecidos para prevenir fallos y prolongar la vida útil de los equipos.
4	Inspecciones de Equipos	Realizar inspecciones regulares de la maquinaria pesada para detectar posibles problemas y asegurar que se encuentren en condiciones óptimas.
5	Documentación de Trabajos	Mantener registros detallados de todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo las reparaciones y piezas reemplazadas.
6	Cumplimiento de Normas de Seguridad	Asegurar que todas las tareas de mantenimiento se realicen cumpliendo con las normas de seguridad y regulaciones aplicables.
7	Coordinación con Supervisores	Colaborar con el jefe de mantenimiento y otros supervisores para coordinar las tareas de mantenimiento y reparaciones necesarias.
8	Uso de Herramientas y Equipos	Manejar y mantener en buen estado las herramientas y equipos utilizados para el mantenimiento y reparación de la maquinaria pesada.
9	Capacitación Continua	Participar en programas de capacitación y actualización técnica para mejorar las habilidades y conocimientos en mantenimiento de maquinaria pesada.

Fuente: Elaboración propia.



Operador de maquinaria pesada: Las funciones del operador de equipo pesado, se presenta en la siguiente figura.

Tabla 38

Funciones de los operadores de maquinaria pesada.

INFORMACIÓN GENERAL DEL OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA		
NOMBRE:		
AREA:	Mantenimiento de equipos	
EQUIPO:	Flota de maquinaria pesada	
ÍTEM	FUNCIONES	DESCRIPCIÓN
1	Operación de Equipos	Manejar y operar la maquinaria pesada de manera segura y eficiente para realizar tareas específicas según los requerimientos del proyecto.
2	Inspección Previa al Uso	Realizar inspecciones diarias de la maquinaria antes de su uso para asegurar que esté en condiciones óptimas y detectar posibles problemas.
3	Mantenimiento Básico	Llevar a cabo tareas de mantenimiento básico como lubricación, limpieza y revisión de niveles de fluidos para mantener el buen funcionamiento de los equipos.
4	Cumplimiento de Normas de Seguridad	Asegurar que todas las operaciones se realicen cumpliendo con las normas de seguridad y regulaciones aplicables, utilizando el equipo de protección personal adecuado.
5	Documentación de Actividades	Mantener registros detallados de las actividades diarias, incluyendo las horas de operación y cualquier incidencia o problema detectado.
6	Coordinación con el Equipo de Trabajo	Colaborar con otros miembros del equipo y supervisores para coordinar las actividades y asegurar una operación eficiente y segura.
7	Reporte de Fallos y Averías	Informar de inmediato sobre cualquier fallo, avería o problema detectado en la maquinaria a los técnicos de mantenimiento para su pronta reparación.

Fuente: Elaboración propia.

4.9. NUEVO VALOR DE LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA

Tabla 39

Valores de la disponibilidad mecánica antes y después de la flota de equipos pesados.

Disp. Mec. (%) de Flota	Disp. Mec. (%) de Flota
Febrero a Junio	Julio a Diciembre
82%	90%

Fuente: Elaboración propia

Al analizar y gestionar estos datos de manera efectiva, se puede mejorar la disponibilidad mecánica, maximizando el tiempo de operación y minimizando el tiempo de inactividad de la maquinaria pesada.

Con la metodología AMEF: Se incrementa la disponibilidad mecánica mediante la identificación de modos posibles de fallos de los componentes de maquinaria pesada. Cada modo de fallo es evaluado en términos de su gravedad, frecuencia de ocurrencia y capacidad de detección antes que cause un problema mayor. También se asignan valores a cada modo de fallo en una escala de 1 a 10 para la gravedad, la ocurrencia y la detección y se calcula el NPR multiplicando estos 3 valores. A través de los valores NPR más altos se priorizan para tomar acciones correctivas o preventivas, para reducir o eliminar los fallos más críticos, mejorando así la confiabilidad y el tiempo de funcionamiento de la maquinaria pesada. Finalmente se hace un monitoreo de los resultados de las acciones implementadas e identificar nuevas áreas de mejora.

Un plan de mantenimiento preventivo: Nos ayuda a incrementar la disponibilidad mecánica de varias maneras. Detecta y resuelve problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos serios, previniendo así interrupciones imprevistas en la operación. Programar mantenimientos periódicos disminuye el tiempo de inactividad no planificado, garantizando que la maquinaria permanezca operativa por más tiempo. Al mantener los



equipos en buen estado mediante inspecciones y ajustes regulares, se prolonga su vida útil y se reduce la necesidad de reemplazos. Equipos bien mantenidos operan de manera más eficiente. Un mantenimiento apropiado garantiza el correcto funcionamiento de todos los componentes, disminuyendo el riesgo de accidentes y aumentando la seguridad en el lugar de trabajo. Las inspecciones periódicas facilitan la detección de problemas menores antes de que se transformen en fallos graves, lo que permite realizar reparaciones de manera más rápida y menos costosas.



V. CONCLUSIONES

- El diagnóstico permitió evaluar el estado de los equipos de línea amarilla, evidenciando el nivel de desgaste, frecuencia de fallas y las condiciones operativas generales. Se detectaron equipos que requieren intervenciones inmediatas debido a problemas mecánicos críticos. Con la implementación de estrategias de mantenimiento; así como de la metodología AMEF, implementación del plan de mantenimiento preventivo, contribuimos directamente a mejorar la gestión del mantenimiento, garantizando e incrementando la disponibilidad mecánica de 82% a 90% en jornadas laborales de 8 horas diarias de la flota de equipos pesados de línea amarilla en la municipalidad provincial de Lampa, región Puno.
- El análisis del MTBF reveló la presencia de fallas recurrentes en sistemas o componentes claves del equipo. Se observó que algunos componentes y equipos fallan con más frecuencia de lo previsto, identificando que los sistemas que provocan la mayor cantidad de paradas son el sistema hidráulico y el sistema motor, el análisis de Número de Prioridad de Riesgos (NPR) del sistema hidráulico indica la fuga de aceite hidráulico como falla crítica, alcanzando una puntuación de 192, para el sistema motor presenta la falla del motor de arranque con un puntaje NPR de 240. El uso del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) en el Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF) para maquinaria pesada es esencial para optimizar la gestión del mantenimiento. El NPR permite priorizar las acciones correctivas y preventivas según la gravedad, frecuencia y capacidad de detección de los fallos potenciales. Al enfocarse en los modos de fallo con los NPR más elevados, se puede disminuir significativamente el tiempo de inactividad no planificado, aumentar la disponibilidad mecánica y extender la vida útil de los equipos. Esto, a su vez, mejora la eficiencia operativa y la seguridad.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un inventario detallado de los equipos y su estado operativo, evaluar la efectividad del plan de mantenimiento preventivo y su cumplimiento, y capacitar al personal en técnicas actualizadas de mantenimiento. Además, para asegurar la disponibilidad mecánica de los equipos pesados, se debe cumplir con el plan de mantenimiento preventivo de manera continua y regular. Esto ayudará a prevenir fallos y paradas de la maquinaria, evitando así pérdidas significativas para la entidad.
- Para reducir la frecuencia de paradas no programadas a través del análisis del MTBF, se recomienda implementar un monitoreo continuo de los equipos críticos, ajustar los intervalos de mantenimiento preventivo en base a los datos del MTBF. También es importante priorizar componentes con bajo MTBF, mejorar la gestión de repuestos, y establecer indicadores de rendimiento. Por otro lado, es importante priorizar el mantenimiento correctivo y preventivo para el sistema hidráulico y el sistema motriz, asegurando que se realicen inspecciones y reparaciones regulares para prevenir fallos graves, con base en las puntuaciones NPR.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beltran, J. M. (2011). Indicadores de gestion: Herramientas para lograr competitividad. In 3R Editores (p. 147).
https://www.economicas.unsa.edu.ar/afinan/informacion_general/book/manual_indicadores.pdf
- Bochure, D. (2018). Catalogo tractor de cadenas D6T Caterpillar.
- Buelvas, C., & Martinez, K. (2014). Elaboracion de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. Pontificia Universidad Catolica Del Peru, 8(33), 44.
- Cari, R. (2023). Diseño de un plan de mantenimiento proactivo para incrementar la disponibilidad mecanica del volquete Mercedes Benz modelo Actros 4144K de la empresa Mur Wy S.A.C. Tesis, 10–70.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Catalogo, C. frontal. (2003). Cargador de ruedas 938G. 0–4.
- Catalogo, J. D. (2018). Motoniveladoras con traccion en las 4 ruedas de la serie “G.”
- Contreras, C. A. (2016). Plan De Mantenimiento De Equipos De Movimiento De Tierra Por Criticidad Para Tener Maquinas Disponibles En La Municipalidad Provincial De Yauli La Oroya Presentada.
- Galarza, J. A. (2017). Plan De Mantenimiento Basado En Análisis De Aceite Para Mejorar La Disponibilidad De La Excavadora Caterpillar 390Fl De Stracon Gym – Cajamarca.
http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3668/Galarza_Mendoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, S. (2003). Organizacion y gestion integral de mantenimiento. In Jurnal Sains dan Seni ITS (Vol. 6, Issue 1).
<http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
<http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055>
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>



%0Ahttps://doi.org/10.1

- Gutierrez, E. W. (2021). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en una municipalidad.
- Huaman, D. (2018). Plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de carguío y acarreo en una cantera de caliza – Marcapomacocha Junín.
- Integra, M. (2018). Gestion y planificacion del mantenimiento industrial.
- John, D. (2020). Serie L Retroexcavadoras.
- Lewandowski, C. M. (2010). Manual de Rendimiento Caterpillar 40. Algo, 1, 45–67.
- Mariños, R. (2014). Propuesta de mejora de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la empresa Tableros Peruanos s.a.
- Martinez, A. K., & Minchan, P. (2019). Mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de una empresa minera de la libertad.
- Martinez, J. G., & Rojas, D. J. (2022). Elaboración de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad inherente en el sistema hidráulico de las excavadoras CATERPILLAR 330BL aplicando la metodología RCM.
- Mavesa, G. (2020). Especificaciones tecnicas Motoniveladora 620G John Deere.
- Mora, A. (2009). Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control. In Alfaomega (Vol. 1, Issue 69).
- Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Industrial Press Inc., 2, 330.
- Muñoz, B. (2011). Mantenimiento industrial.
<https://doi.org/10.7767/boehlau.9783205790099.28>
- Muñoz, C. (2015). Metodologia de la investigacion.
- Navarro, C. C. (2022). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para



optimizar el desempeño en una unidad minera del sur del país.

Salvatierra, H. (2019). Aumento de la confiabilidad de la excavadora 336d2l con la metodología AMEF en la empresa BAEIRA SAC.

Sampieri, R. (2006). Metodología de la Investigación.

UNASAM. (2007). Maquinaria para movimiento de tierras. International Organization for Standardization, 10406-1:20, 3–6.

Ybañez, O. (2018). Indicadores de Gestion de Mantenimiento.

ANEXOS

ANEXO 1. Fotografías

Foto 1.1: Motoniveladora 620G John Deere



Foto 1.2: Retroexcavadora 310SL John Deere



Foto 1.3: Cargador frontal 938G Cat



Foto 1.4: Tractor de cadenas D6T Cat



Foto 1.5: Rodillo Tandem

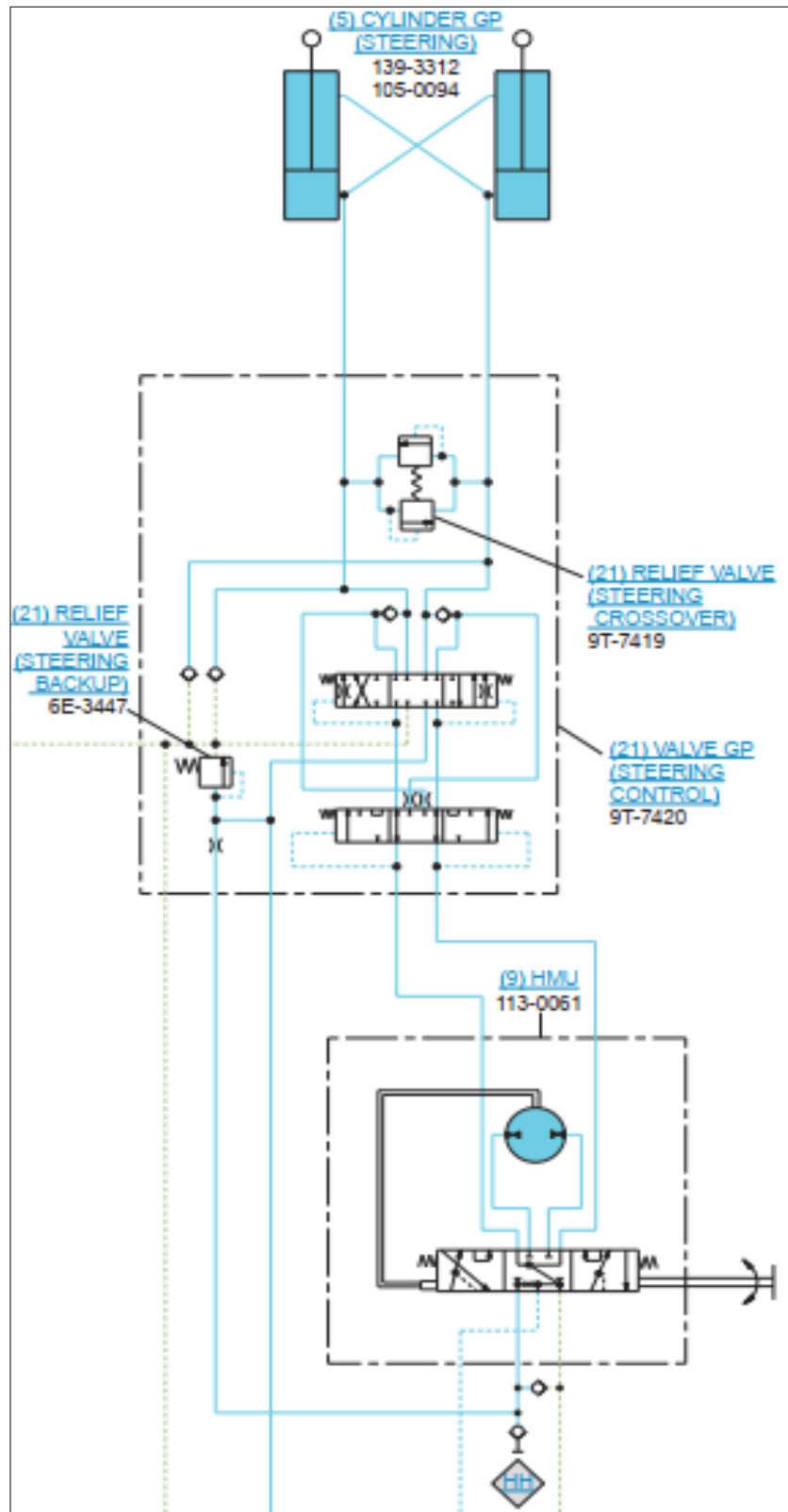


Foto 1.6: Equipos en mantenimiento de vías en la provincia de Lampa.

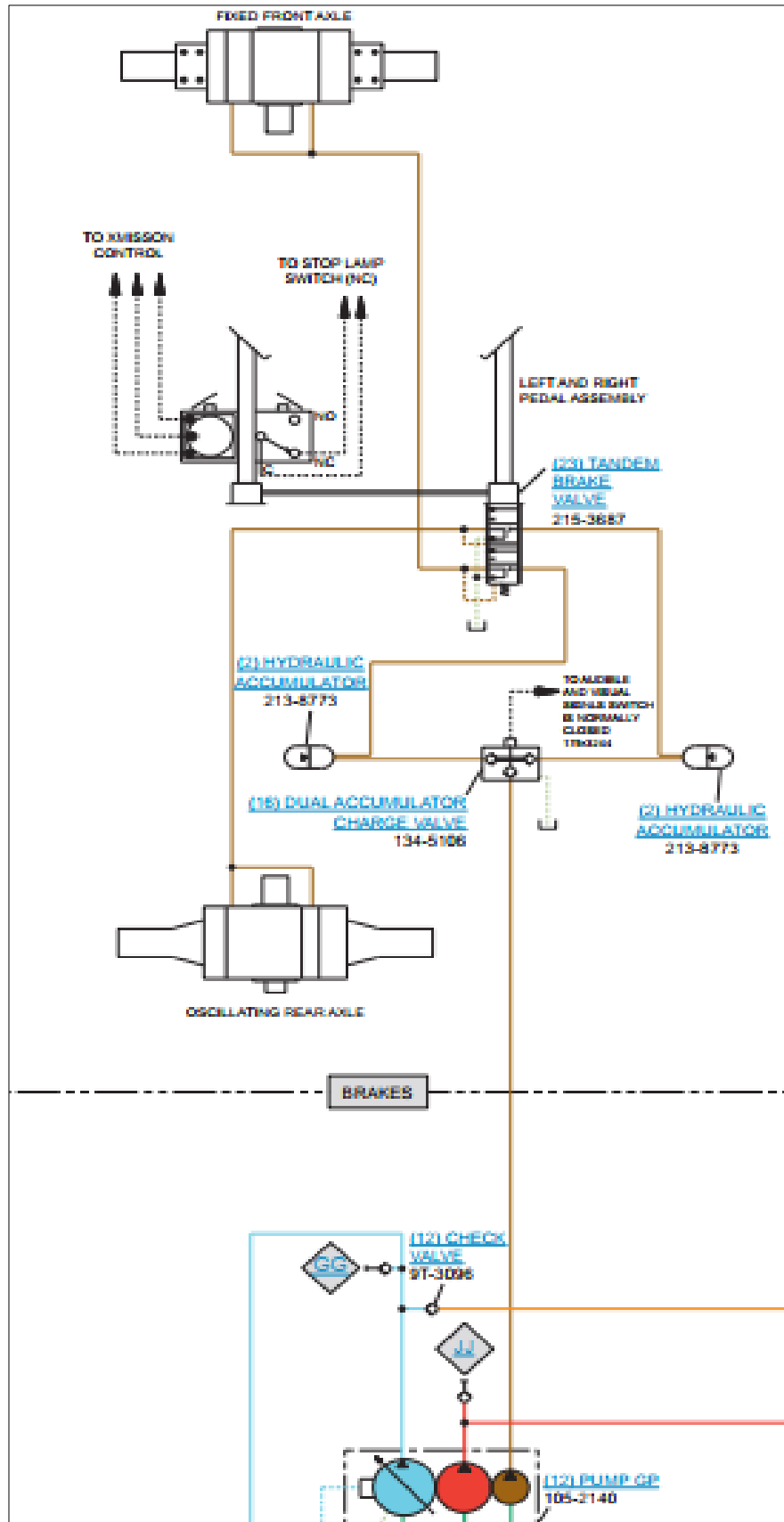


ANEXO 2. Diagrama hidráulico 938G CAT

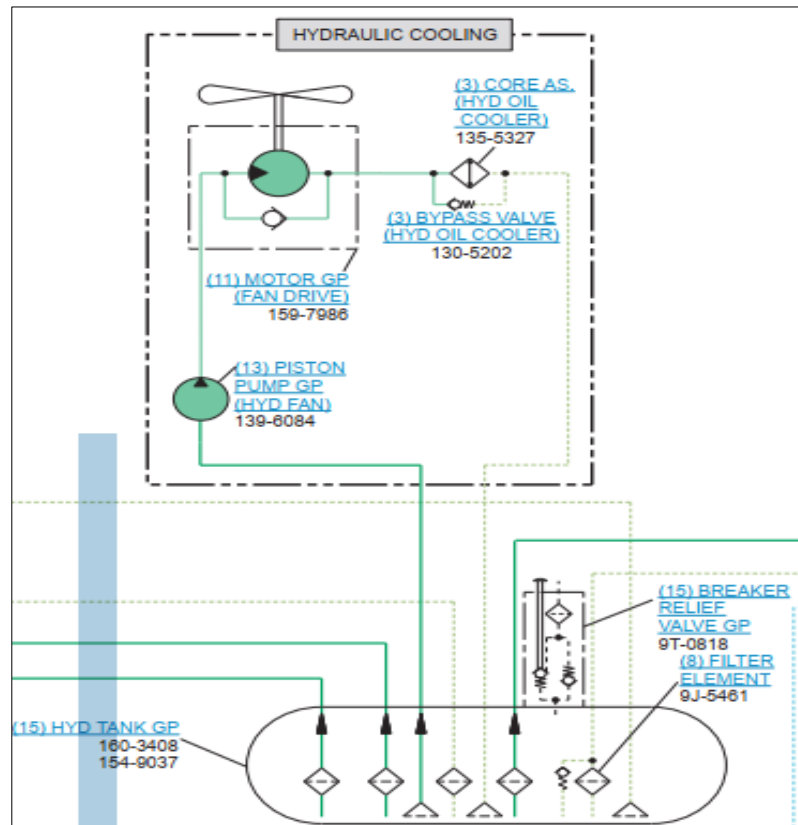
2.1: Sistema de dirección



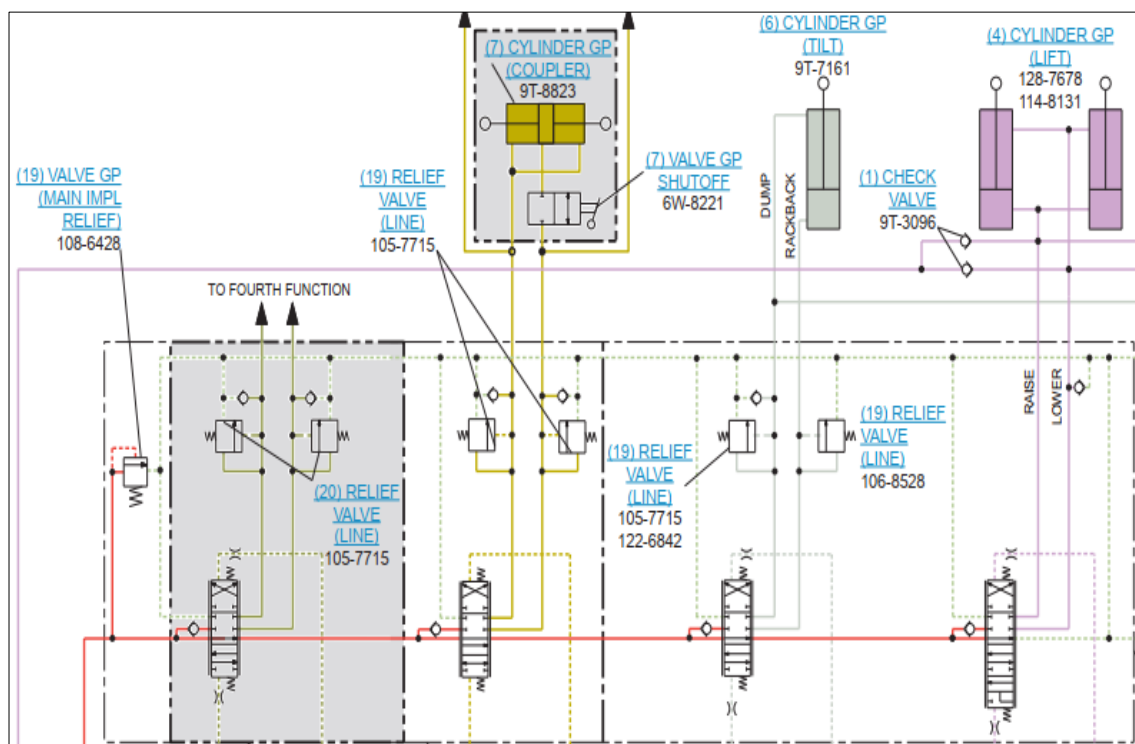
2.2: Sistema de frenos



2.3: Sistema de enfriamiento



2.4: Sistema de levante y volteo de implemento





ANEXO 3. Declaración jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo YEFER VILCA QUISPELUZA
identificado con DNI 74067067 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD

MECÁNICA DE LOS EQUIPOS PESADOS DE LÍNEA AMARILLA DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE

LAMPA-PUNO. "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como *suyas las opiniones vertidas por terceros*, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 06 de Noviembre del 2024


Yefer Vilca Quispeluz




Huella




ANEXO 4. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo YEFER VILCA QUISPELUZA
identificado con DNI 74067067 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, **Programa de Segunda Especialidad**, **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la **Tesis** o **Trabajo de Investigación** denominada:

"MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LOS EQUIPOS PESADOS DE LÍNEA AMARILLA DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMPA-PUNO."

para la obtención de **Grado**, **Título Profesional** o **Segunda Especialidad**.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:


Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 06 de Noviembre del 2024



Yefer Vilca Quispeluz



Huella