



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ

FACULTA DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA
DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. Brajhan David Figueroa Lope

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTA DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA
DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERO
MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO

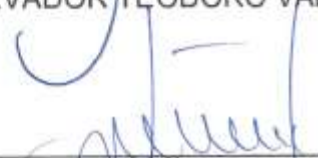
:



Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:



Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA P18



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1442-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 10852 presentado por el (la) Bachiller: **BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 13 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - EPIME

ARTÍCULO CUARTO. - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.





RESOLUCIÓN DECANAL N° 704-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 4628 por el señor (a): BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 538- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 013 - 2025 del integrante del comité de investigación EPIME de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 013 - 2025 **aproband**o el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

DE OSCUNA Y V. MONTE CALLA
DECANO (e)
EIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fando Tito Maldonado Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 227-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 1062, presentado el señor (a) BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN EL PROVEIDO - N° 142 -2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 001-2025 del integrante del comité de investigación EPIIME de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE ha presentado su propuesta de investigación Titulado: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 001-2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
C.P. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Prof. Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo [f]
Interesado [f]



15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos complementarios - UANCV

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA, 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72002230
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-0467-5263
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARRÉON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	01323821
Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA P18
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Paucarcolla</p> <p>Coordenadas: Latitud: -15.745564699306067 Longitud: -70.05617405071658 https://maps.app.goo.gl/CUDYbxBzQrTlu9DT8</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2025 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://purl.org/pe-repo/ocde/ford	<p>Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</p> <p>Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS


 Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE, identificado con DNI Nro. 72002230 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**, **Trabajo Académico** denominada:

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA
DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE
PAUCARCOLLA, 2025

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SÁNCHEZ CARREÓN

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 tuyas 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.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 27 de NOVIEMBRE del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Wilfredo e Yde, a mi hermana Liseth, a mi hija ARLETH y esposa Deyna.

Doy gracias a Dios, pues siento su guía constante en cada paso que doy. A mis padres, pilares fundamentales, les agradezco su apoyo incondicional y la dedicación que han puesto en mi educación. A mi hermana, gracias por acompañarme siempre. Mi hija es mi mayor inspiración, ella me impulsa a ser mejor cada día. A mi esposa, por su apoyo inquebrantable, ya mi abuelo Francisco, que desde el cielo vela por mí.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios por otorgarme las habilidades necesarias para mejorarme a mí mismo, así como a mis padres, quienes siempre han estado a mi lado con su apoyo incondicional para alcanzar mis metas tanto personales como académicas. Ellos son quienes, con su amor, constantemente me han motivado a seguir adelante y a no rendirme ante las dificultades. También han sido los que me han proporcionado el apoyo material y económico para que pueda centrarme en mis estudios y no dejarlos de lado, y a mi hija Arleth, quien me inspira a continuar cada jornada. ¡UNTRIQUE PARATUS!



INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....ix

AGRADECIMIENTOSx

INDICE GENERALxi

ÍNDICE DE FIGURAS xv

ÍNDICE DE TABLAS xvii

RESUMEN xix

ABSTRACT xx

INTRODUCCIÓN xxi

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Análisis De La Situación Problemática..... 1

1.2 Planteamiento del problema..... 2

 1.2.1. Pregunta general..... 2

 1.2.2 Preguntas específicas 2

1.3 Objetivos 3

 1.3.1 Objetivo general 3

 1.3.2 Objetivos específicos 3

1.4 Justificación..... 3

 1.4.1 Justificación teórica 3

 1.4.2 Justificación practica 4

 1.4.3 Justificación metodológica 4

1.5 Hipótesis 4

 1.5.1 Hipótesis general 4

 1.5.2 Hipótesis específicas..... 4



1.6 Variable 5

1.6.1. Variables independientes 5

1.6.2. Variables dependientes..... 5

1.6.3. Operacionalización de Variables..... 6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 *Antecedentes de la investigación*..... 7

2.1.1 Antecedentes internacionales. 7

2.2.2 Antecedentes nacionales 11

2.2.3. Antecedentes de la investigación nivel local 15

2.2. Bases Teóricas 16

2.2.1 Plan De Mantenimiento..... 16

2.2.2 Mantenimiento Preventivo..... 17

2.2.3 Objetivo del plan de mantenimiento 18

2.2.4 Indicadores 19

2.2.4.1 Disponibilidad..... 19

2.2.4.1.1 Formula De Disponibilidad 21

2.2.4.1.2 MTBF: 22

2.2.4.1.3 MTTR: 22

2.2.5 Documentos que intervienen en el plan de mantenimiento..... 23

2.2.6 Normas que están relacionadas con la disponibilidad 25

2.2.6.1. ISO 55000:2014 - Gestión de activos 25

2.2.6.2. ISO 14224:2016 - Recolección y análisis de datos de mantenimiento y confiabilidad 25

2.2.6.3. ISO 9001:2015 - Sistema de gestión de la calidad 26



2.2.6.4. NTP 679.033 (Norma Técnica Peruana) - Mantenimiento preventivo de equipos industriales 26

2.2.7 Método Amef..... 26

2.2.8 Preparación Del Amef 29

2.2.9 Tipos De AMEF 31

2.2.10 Análisis De Criticidad 34

2.2.12. Tipos De Instrumentos De Medición 35

2.2.13 Et Caterpillar 37

2.2.14 Tetragauge Caterpillar 39

2.2.15 Excel Y Google Sherts 40

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION

3.1 Tipo de investigación 43

3.2 Nivel de investigación 43

3.3 Población y muestra..... 43

3.4Técnicas e instrumentos 44

3.5 Identificación de los componentes de las maquinarias 45

3.5.1 Retroexcavadora Cargadora Caterpillar 420..... 45

3.5.2 Cargador de Ruedas Caterpillar 938H 46

3.5.3 Compactador de Suelos Vibratorio Caterpillar CS56 47

3.5.4. Minicargador New Holland L223 49

3.5.5. Tractor Agrícola John Deere 5090E 50

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

CONCLUSIONES..... 94



RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	101



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Disponibilidad de una maquinaria	20
FIGURA 2. Imagen de MTBF y MTTR	23
FIGURA 3 AMEF	27
FIGURA 4 Análisis Del AMEF con Objetivos.....	29
FIGURA 5 Tipos De Amef Comunes	33
FIGURA 6 Diagrama de flujo de análisis de criticidad con AMEF	35
FIGURA 7 Proceso De Conexión De ECM a Et Caterpillar	38
FIGURA 8 Despiece del Tetragague	40
Figura 9 Datos de equipos	53
FIGURA 10 Figura de severidad con conceptos	57
FIGURA 11 Tabla de ocurrencia	58
FIGURA 12 Detecion.....	59
FIGURA 13 Análisis de criticidad BACKHOE LOADER	63
FIGURA 14 Porcentaje de AMEF	64
FIGURA 15 ANALISIS DE CRITICIDAD COMPACTADORA.....	64
FIGURA 16 Porcentaje de AME	65
FIGURA 17 Análisis de criticidad del LOADER	65
FIGURA 18 Porcentaje AMEF del LOADER	66
FIGURA 19 Analisis De Criticidad Del Minicargador	66
FIGURA 20 Porcentajes del AMEF del MINICARGADOR	67
FIGURA 21 Análisis de criticidad del TRACTOR AGRICOLA.....	67
FIGURA 22 Porcentajes de AMEF del TRACTOR AGRICOLA.....	68
FIGURA 23 OT para Municipalidad de Paucarcolla	70
FIGURA 24 Pasos para realizar el plan de mantenimiento	71



FIGURA 25 Cuadro de historial de fallas para la municipalidad.....	73
FIGURA 26 Cuadro de fechas de charlas	74
FIGURA 27 Tipo de contrato	76
FIGURA 28 Contrato para MINICARGADOR.....	77
FIGURA 29 Contrato TRACTOR AGRICOLA	78
FIGURA 30 Grafico de disponibilidad.....	82
FIGURA 31 Grafico de disponibilidad	82
FIGURA 32 Grafico de disponibilidad.....	83
FIGURA 33 Grafico de disponibilidad.....	83
FIGURA 34 Gráfico de disponibilidad.....	84
FIGURA 35 Grafico de mejora	86
FIGURA 36 Grafico de mejora	86
FIGURA 37 Gráfico de mejora	87
FIGURA 38 Gráfico de mejora	88
FIGURA 39 Gráfico de comparación de antes y después.....	93



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1. Operacionalización de variables..... 6

Tabla2. Pasos para el mantenimiento..... 17

Tabla3 Resumen de un Plan de mantenimiento preventivo 18

Tabla 4. Resumen de disponibilidad 20

Tabla 5. Términos de disponibilidad..... 21

Tabla 6. Resumen de fórmula de disponibilidad..... 21

Tabla 7. Resumen DE MTTR Y MTBF 22

Tabla 8. Documentos que intervienen en el plan de mantenimiento 24

Tabla 9. Resumen de documentos..... 25

Tabla 10. Resumen de AMEF 28

Tabla 11. Preparación AMEF 30

Tabla 12. Resumen de la preparación 31

Tabla 13. Tipos de AMEF 32

Tabla 14. Resumen de tipos de AMEF..... 33

Tabla 15. Pasos para el análisis..... 34

Tabla 16 Tipos de instrumentos de medición 36

Tabla 17 Función del ET 37

Tabla 18 Requisitos para usar el ET 38

Tabla 19 Funciones del tetragauge 39

Tabla 20 Maquinarias 54

Tabla 21 Equipos inoperativos 54

Tabla 22 Subsistemas de maquinarias 55

Tabla 23 Criterio..... 57

Tabla 24 Criterio..... 60



Tabla 25 Instrumentos utilizados.....	61
Tabla 26 Discriminación del AMEF de maquinarias	68
Tabla 27 Valoración del AMEF	69
Tabla 28 Cuadro de costos de hora hombre para el mantenimiento.....	75
Tabla 29 Seguimiento de maquinaria.....	79
Tabla 30 Cálculo de disponibilidad de maquinarias	81
Tabla 31 Cálculo de disponibilidad después de aplicar el PMP	85
Tabla 32 Comparación de la disponibilidad antes y después del PMP	88
Tabla 33 Tabla de datos y cálculo de MTBF y MTTR	90
Tabla 34 Tabla de mejora de disponibilidad en los siguientes meses.....	92
Tabla 35 Tabla de comparación de la disponibilidad de antes y después de aplicar el plan de mantenimiento	92



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo proponer un Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad de Paucarcolla, con énfasis en una retroexcavadora Caterpillar 420, un cargador frontal Caterpillar 938, una compactadora Caterpillar, un minicargador New Holland y un tractor agrícola Jhonn Deere. Actualmente, 2 de 5 máquinas presentan una alta frecuencia de fallas debido a la ausencia de una planificación estructurada de mantenimiento, lo cual impacta negativamente en la disponibilidad, genera costos innecesarios por paradas correctivas y limita la operatividad en los servicios municipales. La propuesta parte de un diagnóstico técnico que incluye el análisis de horas de trabajo, historial de fallas y tipo de mantenimiento actual. Se aplicarán herramientas como el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), así como indicadores clave como el MTBF (tiempo medio entre fallas), MTTR (tiempo medio de reparación) y la disponibilidad de cada equipo. Además, se desarrollará un análisis de criticidad para priorizar el mantenimiento según el impacto operativo y la frecuencia de fallas de cada máquina. El plan de mantenimiento incluirá la elaboración de un cronograma técnico detallado basado en las recomendaciones de los fabricantes (Caterpillar y New Holland), considerando los intervalos de servicio. Asimismo, se propondrá el uso de formatos estandarizados para las órdenes de trabajo (OT), checklists diarios y reportes de mantenimiento, así como un sistema digital básico en Excel o Google Sheets para facilitar el control, seguimiento y evaluación continua de las actividades de mantenimiento. Se espera como resultado un incremento significativo en la disponibilidad de los equipos, una reducción en la ocurrencia de fallas imprevistas y una mejora general en el rendimiento de la flota de maquinaria pesada de la municipalidad.

PALABRAS CLAVE: Análisis de criticidad, Disponibilidad, Mantenimiento preventivo, Maquinaria pesada, MTBF, MTTR, AMEF, Plan de mantenimiento.



ABSTRACT

This research aims to propose a Preventive Maintenance Plan to improve the availability of heavy machinery at the Paucarcolla District Municipality, with an emphasis on a Caterpillar 420 backhoe, a Caterpillar 938 front-end loader, a Caterpillar compactor, and a New Holland skid steer loader and agricultural tractor Jhon Deere. Currently, two out of five machines have a high failure rate due to the lack of structured maintenance planning. This negatively impacts availability, generates unnecessary costs for corrective shutdowns, and limits the operational capacity of municipal services.

The proposal is based on a technical diagnosis that includes an analysis of working hours, failure history, and current maintenance type. Tools such as Failure Mode Effects Analysis (FMEA) will be applied, as well as key indicators such as MTBF (mean time between failures), MTTR (mean time to repair), and the availability of each piece of equipment. In addition, a criticality analysis will be developed to prioritize maintenance based on the operational impact and failure frequency of each machine. The maintenance plan will include the development of a detailed technical schedule based on manufacturer recommendations (Caterpillar and New Holland), considering service intervals. It will also propose the use of standardized work order (WO) formats, daily checklists, and maintenance reports, as well as a basic digital system in Excel or Google Sheets to facilitate the control, monitoring, and ongoing evaluation of maintenance activities.

The expected result is a significant increase in equipment availability, a reduction in the occurrence of unforeseen failures, and an overall improvement in the performance of the municipality's heavy machinery fleet.

KEY WORDS: Criticality analysis, Availability, Preventive maintenance, Heavy machinery, MTBF, MTTR, FMEA, Maintenance plan.



INTRODUCCIÓN

En el sector público, la eficiencia en la ejecución de obras y servicios municipales depende, en gran medida, del estado operativo de la maquinaria pesada. Equipos como retroexcavadoras, cargadores frontales, compactadoras, minicargadores y tractores agrícolas son esenciales para tareas como el mantenimiento de vías, obras de saneamiento, movimiento de tierras, entre otras funciones que exigen alta disponibilidad. No obstante, en muchas municipalidades distritales del país, como es el caso de Paucarcolla, el mantenimiento de la maquinaria se realiza de forma empírica, reactiva y sin el respaldo de un plan de mantenimiento estructurado. Esta situación ha conllevado a una frecuencia elevada de averías, interrupciones operativas no planificadas, sobrecostos en mantenimiento correctivo y una pérdida progresiva de eficiencia.

El mantenimiento preventivo constituye una estrategia fundamental para preservar el buen estado de los equipos y extender su vida útil. Este tipo de mantenimiento consiste en una serie de acciones planificadas que buscan anticipar y prevenir fallas antes de que ocurran, basándose en el uso de indicadores técnicos y en los manuales de los fabricantes. Cuando se ejecuta adecuadamente, el mantenimiento preventivo reduce los costos operativos, mejora la disponibilidad y evita la acumulación de daños que podrían volverse críticos con el tiempo. Por otro lado, implementar un plan de mantenimiento sin considerar la criticidad de los equipos puede resultar ineficiente, ya que no todas las máquinas requieren la misma frecuencia ni el mismo nivel de intervención.

En el caso particular de la Municipalidad Distrital de Paucarcolla, se ha identificado que los equipos principales una retroexcavadora Caterpillar 420, un cargador frontal Caterpillar 950, una compactadora Caterpillar, un minicargador



New Holland y un tractor agrícola Jhon Deere carecen de un cronograma definido y de un plan de mantenimiento. Esta ausencia de gestión técnica se traduce en una disminución de la disponibilidad operativa y disponibilidad técnica, lo que compromete directamente la ejecución oportuna de proyectos municipales y genera una mayor dependencia del mantenimiento correctivo, el cual suele ser más costoso, tardío y menos eficiente.

Por ello, esta investigación tiene como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad de los equipos, incorporando herramientas como el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), el análisis de criticidad, y los indicadores técnicos MTBF (Mean Time Between Failures) y MTTR (Mean Time To Repair). Asimismo, se buscará implementar un plan de mantenimiento conforme a las recomendaciones de los fabricantes Caterpillar y New Holland. La propuesta también incluirá el diseño de formatos normalizados para órdenes de trabajo (OT), listas de verificación, y un sistema digital básico en Excel o Google Sheets que permita hacer seguimiento y control de las actividades de mantenimiento.

De esta manera, se espera no solo mejorar la disponibilidad de los equipos, sino también fortalecer la capacidad de planificación y gestión del área de mantenimiento municipal. En última instancia, el estudio contribuirá a optimizar el uso de los recursos públicos, asegurar la continuidad de las operaciones y ofrecer un mejor servicio a la población a través de una maquinaria en óptimas condiciones de trabajo.



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Análisis De La Situación Problemática

En la Municipalidad Distrital de Paucarcolla, la falta de planificación en el mantenimiento de maquinaria pesada ha generado constantes tiempos de inactividad, lo cual afecta directamente la ejecución oportuna de proyectos de infraestructura y servicios municipales. Esta problemática se refleja en la ausencia de un plan estructurado que permita prevenir fallas y asegurar la disponibilidad de los equipos, la cual desempeña un rol clave en actividades de movimiento de tierras, excavaciones y mantenimiento de vías, zanjas y otro trabajo que requieran lo pobladores del lugar.

Según (GUERRERO, 2021), el mantenimiento se ha convertido en un factor estratégico en América Latina, ya que el desgaste progresivo de la maquinaria es inevitable y su control adecuado permite extender su vida útil. No obstante, al igual que en otras municipalidades del país, el enfoque reactivo sigue siendo predominante, como lo evidencia (PACHECO, 2019) al señalar que, en la administración pública, se recurre con frecuencia al mantenimiento correctivo, lo que genera sobrecostos, decisiones improvisadas y baja disponibilidad operativa.



Asimismo (QUISPELUZA, 2024), identificó en la región Puno una situación similar, donde la mala gestión del mantenimiento provoca paralizaciones inesperadas y retrasos en la ejecución de obras. Estas deficiencias en la gestión técnica de la maquinaria pesada afectan no solo la productividad, sino también la eficiencia de los recursos públicos

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1. *Pregunta general*

¿De qué manera se podrá proponer un plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla?

1.2.2 *Preguntas específicas*

Pregunta específica 1.

¿Cómo identificar el nivel de criticidad para el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla?

Pregunta específica 2.

¿Cómo realizar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla?

Pregunta específica 3.

¿Existe diferencia relevante entre el nivel de disponibilidad antes de la propuesta de mantenimiento y después de la implementación del Plan de Mantenimiento preventivo de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla?



1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Proponer el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla bajo condiciones reales

1.3.2 *Objetivos específicos*

Objetivo específico 1.

Determinar el nivel de criticidad con el método AMEF para el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla.

Objetivo específico 2.

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla.

Objetivo específico 3.

Determinar si existe diferencia significativa entre el nivel de disponibilidad antes y después de la implementación de la propuesta del Plan de Mantenimiento preventivo de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla

1.4 Justificación

1.4.1 *Justificación teórica*

Es importante implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla, sobre todo para mantener un sistema productivo eficaz para lograr un mejor funcionamiento de las maquinarias pesadas, este estudio nos posibilita



la investigación de las variables de la propuesta, para incrementar la disponibilidad y la eficaz de la municipalidad y que pueda brindar un mejor servicio a la población de Paucarcolla

1.4.2 Justificación practica

La ejecución del proyecto de tesis permitirá obtener los objetivos del estudio de la investigación, siendo lo general: Determinar el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla bajo condiciones reales

1.4.3 Justificación metodológica

Este tipo de investigación se fundamenta con el enfoque de metodología práctico, ya que se centra en la formulación de estrategias de mantenimiento basadas en el análisis de criticidad y Disponibilidad.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Se propondrá el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla bajo condiciones reales.

1.5.2 Hipótesis específicas

Hipótesis Especifica 1.

Mediante los instrumentos, método AMEF y equipos de medición determinaremos los parámetros mecánicos y eléctricos de la situación actual de las maquinarias pesadas de la municipalidad distrital de Paucarcolla.

Hipótesis Especifica 2.



Se elabora un plan de mantenimiento preventivo bajo normativas técnicas, para incrementar la disponibilidad de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla.

Hipótesis Especifica 3.

Existe diferencia significativa entre el nivel de disponibilidad antes y después de la implementación de la propuesta del Plan de Mantenimiento preventivo de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla.

1.6 Variable

1.6.1. Variables independientes

Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.

1.6.2. Variables dependientes

Basado en la disponibilidad para maquinaria pesada



1.6.3. Operacionalización de Variables

Tabla1.

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DETALLE DE VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICES
VARIABLES INDEPENDIENTES	Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.	Costo del mantenimiento	Costo de mantenimiento Índice de fallas Disponibilidad Criticidad con el método AMEF	Soles Porcentaje Porcentaje RPN
		Plan del mantenimiento preventivo		
		Cumplimiento del plan de mantenimiento		
VARIABLES DEPENDIENTES	Disponibilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad.	Tiempo total disponible de la maquinaria Tiempo de paralización de la maquina	$D = \left(\frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas programadas}} \right) \times 100$ $DT(\%) = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR} \times 100$ Total, de horas disponibles de las maquinas	Porcentaje Hora disponible por mes Hora fuera de servicio

Fuente: Propia



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales.

**Erick Santiago Medina Barrera “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del gad municipal del cantón tiwintza de la provincia de morona Santiago”
Universidad técnica de Ambato – 2023.**

Resumen

En este proyecto se propuso realizar el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del gad municipal del cantón tiwintza de la provincia de morona Santiago – ecuador. En el cual su objetivo fue de Determinar el estado actual e identificar los problemas y fallos más comunes de la maquinaria pesada y vehículos livianos para poder implantar acciones correctivas, al cual Mediante una inspección visual en el taller mecánico municipal se determinó los fallos, daños, arreglos o reparaciones más comunes que tenían día a día, toda esta recopilación de datos fue de gran ayuda para el análisis modal de fallos y efectos en dicha investigación

Julio Gustavo Chicaiza Pachito y Roger Alejandro Yaguana Gualan.

“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO



CAMIONERO DEL CONSEJO PROVINCIAL DE IMBABURA” ...”)

Universidad politécnica salesiana Sede cuenca – Ecuador – 2018

Resumen

En la misma línea de investigación podemos mencionar al proyecto de investigación desarrollado por (GUALAN, 2018), quienes plantearon proponer un plan de mantenimiento para el equipo caminero del consejo provincial de Imbabura – Ecuador, en el cual iniciaron con la búsqueda de información y recopilación de los datos históricos de cada maquinaria pesada hasta la evaluación final de factibilidad, para lo cual elaboraron un programa que permitió analizar los datos obtenidos basados en criterios de Pareto y variables CMD, de manera que priorizaron las maquinarias críticas, los sistemas con mayor número de fallas y el costo de cada elemento de forma específica, en el cual obtuvieron una rentabilidad del equipo, basado en una estimación de ahorro anual por evaluación rápida de USD 31.209,92 lo que equivale al 4% del valor total.

Luis Fernando Ruiz Pineda “elaboración de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada de la división de obras públicas de la dorada caldas”. Fundación universidad de América – Bogotá Colombia - 2022

Resumen

En el ámbito internacional se muestra importantes avances, así podemos nombrar a (PINEDA, 2022) quién propuso realizar la elaboración de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada de la división de obras públicas de la dorada caldas de Colombia, con el objetivo de optimizar el funcionamiento de la maquinaria



Logrando con ello el incremento de la productividad de esta, además de disminuir paros por fallas, tiempos de mantenimiento y sobre costos de operación, para ello propusieron un método estratégico que aborde los diferentes aspectos y elementos necesarios para la optimización de la flota de los vehículos implicados en servicios de construcción y otras actividades similares. ("Anteproyecto practicas - DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE ... - Studocu") Dentro del proyecto se aborda una metodología descriptiva con enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) que permite la construcción de los diversos formatos requeridos para el control y ejecución de las actividades necesarias para la posterior implementación, en el cual utilizaron elementos como: manuales de operario, fichas técnicas y la experiencia y conocimiento tanto del mecánico encargado como los operarios de la maquinaria. En el cual el uso adecuado y oportuno de los formatos de mantenimiento diseñados, permitieron efectuar análisis de frecuencias de fallos, paros e identificación de los repuestos más requeridos para la 70 actividad de mantenimiento que se realizó. Los formatos también serán de gran ayuda en la corrección y eliminación de averías en un menor tiempo, reduciendo tiempo de paro y costos de operación.

Byron Javier Rivera Ochoa & Edison Vinicio Vélez Vélez, "Propuesta de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada y equipo caminero del gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Santiago Méndez". Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca –Cuenca - Ecuador 2019



Resumen

En el ámbito internacional se muestra importantes avances, así podemos nombrar a (OCHOA & VELEZ VELEZ , 2019), quiénes propusieron realizar un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada y equipo caminero del gobierno autónomo descentralizado de la municipalidad del cartón Santiago de Méndez Ecuador, para lo cual obtuvieron toda la información de la gestión de activos que posee la institución, así como la distribución de personal e infraestructura, verificación de stock de repuesto e insumos y la distribución de la toda la flota vehicular. Una vez procesado los datos generaron una aplicación de mantenimiento mediante el uso de un software libre que permitió gestionar actividades y tareas a realizar para cada unidad de la flota vehicular y equipo menor, en todas las unidades vehiculares que disponían de motores de Diesel presentaron falencias con respecto a la falta de mantenimiento en el sistema de alimentación referente a las bombas de inyección e inyectores, para disminuir dicha falla recomendaron realizar las tareas y actividades según el plan de mantenimiento generado, lo cual permitirá prolongar la vida útil y funcionamiento óptimo de los componentes que conforma las unidades de la flota vehicular.

HERNANDO JOSÉ BRAVO JIMÉNEZ & LUIS CARLOS CASTRO UTRIA, "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA INSER SAS". Universidad Tecnológica de bolívar – Cartagena-Ecuador 2012

Resumen

En la misma línea de investigación podemos mencionar al proyecto de investigación desarrollado por (CASTRO y CASTRO), quienes plantearon realizar un plan de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada de la



empresa INSER SAS en Colombia, mediante el estudio de la teoría disponible y las recomendaciones de los fabricantes especificadas en los manuales de los equipos, con el fin de apoyar el mejoramiento continuo de la empresa, lo principal para desarrollar en dicho trabajo de investigación, es identificar claramente los equipos que se enmarcaran en el mismo, para el caso en estudio se tuvieron en cuenta el direccionamiento estratégico de la empresa, el cual apunta al cambio y venta de algunos de estos en el corto plazo, por lo cual no se incluyeron en el alcance de la investigación. Por otro lado, es importante tener presente el modelo de la maquinaria (año) y su nivel de utilización con el fin de tener un mayor control sobre su vida útil, asignando prioridad a aquellas que su funcionalidad se encuentra más comprometida por estas razones. Finalmente, siendo uno de sus objetivos del mantenimiento preventivo la disminución de los costos, se realizó un análisis o un estimativo de los mismos, que muestre para su estudio y aprobación que estos no superan los costos del mantenimiento correctivo; actualmente, el plan presentado fue aprobado y se encuentra en ejecución

2.2.2 Antecedentes nacionales

Edwin Yuwer Mamani Yapurasi “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular y maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Ite”.

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman – Tacna – Perú 2024

Resumen

En el ámbito nacional referida al tema presenta muy pocos resultados. Así se encuentra a (YAPURASI, 2024) quien realizó la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular y maquinaria pesada en la ciudad de Tacna, en el cual teniendo como uno de los



objetivos elaborar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la flota vehicula, al cual han demostrado que existe diferencia significativa de 4.5% entre el nivel de disponibilidad antes y después de la implementación del Plan de Mantenimiento preventivo.

JUAN PABLO RIOJA ALBERCA & LUIS MIGUEL VASQUEZ VASQUEZ

“Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la disponibilidad de maquinaria pesada en la empresa maestro constructor S.R.L”.

Universidad Nacional de Jaén – Jaén -Perú 2023

Resumen

En la misma línea de investigación podemos mencionar al proyecto de investigación desarrollado por (alberca y vasquez vasquez, 2023) quien planteó Proponer un plan de mantenimiento preventivo para la disponibilidad de la maquinaria pesada, en la empresa Maestro Constructor S.R.L. en la ciudad de Cajamarca en un periodo de 04/2022 – 03/2023 como año evaluado en el cual lograron definir los indicadores de mantenimiento para posteriormente comparar a través del programa Excel con los indicadores del año propuesto 05/2023 – 04/2024 , en el cual lograron establecer los indicadores en el plan de mantenimiento con el fin de conocer que acción tomar ante tareas a realizar, codificándolos por colores: rojo, amarillo y verde indicativos de alta baja y media prioridad al efectuar sus tareas de mantenimiento. el cual servirá para que el personal operador pueda realizar algunos mantenimientos diarios, según descritas en dicho programa los cuales sirven para el cuidado de la maquinaria.

EDGAR PUMA SURCO “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para optimizar el rendimiento de la excavadora 350G LC Jhon Deere de la empresa CGM Rental”. (“Propuesta



de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM para ...”)

Universidad Continental – Cusco - Perú 2023

Resumen

En el ámbito nacional referida al tema se muestra importantes resultados. Así se encuentra a (SURCO, 2023), quien realizó la propuesta de un plan de Mantenimiento Preventivo basado en el RCM para optimizar el rendimiento de la excavadora 350G LC Jhon Deere de la empresa CGM Rental con sede principal en ciudad de Lima, El plan de mantenimiento preventivo diseñaron para este equipo en específico, las actividades programadas y la periodicidad de elaboración están sujetas a las instrucciones del fabricante y en recomendaciones de operadores y mantenedores calificados y con la más alta experiencia en este tipo de maniobra. De igual manera se establecieron las herramientas, equipos y personal conveniente para el avance de cada una de las acciones programadas, con la finalidad de proporcionar una estimación de gastos en que la organización debe de incurrir para el desarrollo de dicho plan. El análisis de la empresa CGM Rental se realizó a través del diagrama de Pareto, determinándose las fallas más representativas de la excavadora 350G LC John Deere, de igual manera se analizó la frecuencia de la misma, en base al tiempo de parada de la máquina, donde se obtuvo como resultado que la fuga de aceite por los rodillos, las zapatas rotas por la plancha, los desgaste y las fisuras representan el mayor riesgo de avería para la excavadora, lo que significa que el programa de mantenimiento preventivo debe profundizar esas fallas como principales, ya que representan un mayor número de desgaste.

ELISBAN LABRA QUISPE “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para la Maquinaria pesada para



movimientos de tierra de la municipalidad provincial de Canchis – Cuzco”.

Universidad Nacional del Altiplano – Puno - Perú 2018

Resumen

En la misma línea de investigación podemos mencionar al proyecto de investigación desarrollado por (QUISPE, 2018), quien planteó diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado con la metodología RCM para la maquinaria pesada para movimiento de tierra, en la municipalidad provincial de Canchis – Cuzco, en el cual diagnosticaron la situación en la recopilación y almacenamiento de toda la información necesaria referente a los equipos que constituyen el equipo de movimiento de tierra de la Municipalidad Provincial de Canchis Cuzco en el cual se tomarán en cuenta los equipos operativos, así como. Cargador Frontal, Excavadora Hidráulica, Motoniveladora Tractor Oruga y Minicargador, en el cual lograron identificar y realiza las frecuencias de mantenimiento casi todos los equipos con una confiabilidad el 70% aproximadamente, variando las horas de mantenimiento de cada equipo, previniendo lo que mejorara así su disponibilidad y confiabilidad

LUIS EDILMER TARRILLO SANTA CRUZ “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa construcción y administración Sa provincia de Bagua – Amazonas”.

Universidad Politécnica Amazónica Bagua Grande - Perú 2020

Resumen

En la misma línea de investigación a nivel nacional podemos mencionar al proyecto de investigación desarrollado por (CRUZ, 2020), quien planteó proponer un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa construcción y administración S.A, provincia de Bagua – Amazonas, en



dicha empresa anteriormente el mantenimiento se realizaba de manera informal obedeciendo solamente el mantenimiento correctivo, es decir cuando ya se desarrolló la falla, esto generaba un gasto directo mayor al que debería tener el cambio de repuestos o reparaciones de la falla e indirecta por el tiempo detenido tanto de la máquina como el personal calificado. Por tanto, en este trabajo se realizó la propuesta del plan de mantenimiento reduciendo los costos en la empresa, en el cual los resultados del trabajo de investigación de tesis se muestran el cálculo de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad para el estudio de las máquinas más críticas y proponer su plan de mantenimiento preventivo, los resultados señalan que se reducen los gastos debido a las fallas ocurridas por falta de mantenimiento preventivo. "En la evaluación económica del proyecto resulta un VAN de S/ 256 770,71 y un TIR 25%."

2.2.3. Antecedentes de la investigación nivel local

YEFER VILCA QUISPELUZA "Mejora en la gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos pesados de línea amarilla de la municipalidad de Lampa – Puno". ("Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica") Universidad Nacional del Altiplano - Puno - Perú 2024.

Resumen

En el ámbito regional referida al tema se presenta muy pocos resultados. Así se encuentra a (YEFER, 2024), quien diagnosticó el estado actual de los equipos pesados 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. En el cual con la implementación de estrategias de mantenimiento; así como de la



metodología AMEF, implementación del plan de mantenimiento preventivo, contribuyeron 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

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Plan De Mantenimiento

Un plan de mantenimiento es un conjunto estructurado de actividades técnicas, organizativas y administrativas que tienen como propósito garantizar que un activo físico continúe desempeñando su función de manera efectiva, segura y confiable durante su vida útil, conforme a las necesidades de la organización.

De acuerdo con la norma (ISO 5. , 2014), el mantenimiento debe ser planificado de forma que apoye los objetivos estratégicos de gestión de activos, considerando criterios de riesgo, costo, desempeño y sostenibilidad.

(Mobley, 2002) complementa esta visión indicando que un plan de mantenimiento debe definir claramente qué activos se intervienen, qué actividades se ejecutan, cuándo se hacen y quiénes son los responsables, todo basado en la criticidad de los equipos y la probabilidad de falla, buscando optimizar la disponibilidad y el costo del ciclo de vida.

Tabla2.

Pasos para el mantenimiento.



Nota: *INFRAPEACK. BLOCK*

2.2.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo comprende todas las actividades planificadas de inspección, limpieza, ajuste, lubricación y sustitución de componentes que se realizan antes de que ocurra una falla. El objetivo principal es prolongar la vida útil de los activos, minimizar interrupciones no programadas y mantener la disponibilidad operativa de los equipos bajo condiciones óptimas.

Estas acciones son programadas en función de tiempo de uso (horas de trabajo o kilómetros recorridos), ciclos de operación o condiciones específicas del entorno. De acuerdo con (Mobley, 2002), el mantenimiento preventivo permite anticipar fallos potenciales mediante la programación sistemática de actividades correctivas menores, evitando así fallos mayores que resultarían en costos elevados y paradas prolongadas del equipo.



Tabla 3

Resumen de un Plan de mantenimiento preventivo

Aspecto	Detalle
¿Qué hace el mantenimiento preventivo?	Previene fallas antes de que ocurran.
¿Cómo se programa?	Por horas de uso, kilómetros, condiciones de trabajo.
¿Qué logra?	Aumenta disponibilidad, disminuye costos de reparación, mejora la vida útil del equipo.

Nota: En esta tabla se muestra el resumen de que es un plan de mantenimiento haciéndose 3 preguntas para mejor entendimiento.

2.2.3 Objetivo del plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento tiene como objetivo fundamental programar y coordinar de manera sistemática todas las actividades de inspección, lubricación, ajuste, limpieza, reparación y reemplazo de componentes críticos, con el propósito de asegurar que los activos físicos, como la maquinaria pesada, mantengan un nivel óptimo de disponibilidad operativa.

Además, busca reducir el tiempo de inactividad no programado, minimizar los costos de ciclo de vida de los equipos, y prolongar su vida útil, disminuyendo así la frecuencia de fallas mayores que podrían generar paradas prolongadas y elevados costos de reparación.

Un plan de mantenimiento bien estructurado también tiene como meta optimizar el desempeño funcional de los activos, garantizando su operación eficiente bajo condiciones seguras, contribuyendo no solo al cumplimiento de los



objetivos de producción, sino también a la seguridad laboral y sostenibilidad financiera de la organización.

De acuerdo con la norma (ISO 5. , 2014) y los planteamientos de (Mobley, 2002), el mantenimiento preventivo y planificado debe integrarse a la gestión estratégica de activos, permitiendo alinear las acciones técnicas diarias con los objetivos generales de disponibilidad, confiabilidad y costo-efectividad del negocio.

2.2.4 Indicadores

2.2.4.1 Disponibilidad

La disponibilidad de un equipo se define como la capacidad de un activo para estar en condiciones operativas cuando se requiere su uso, considerando tanto el tiempo efectivo de operación como el tiempo perdido por fallas o mantenimientos. En otras palabras, es el porcentaje de tiempo en que un equipo o sistema está funcionando adecuadamente respecto al tiempo total en que debería estar disponible para su operación. La disponibilidad depende directamente de dos factores: la confiabilidad (qué tanto tiempo funciona sin fallar) y la mantenibilidad (qué tan rápido puede ser reparado después de una falla).

Un alto nivel de disponibilidad es crucial en operaciones industriales, ya que permite maximizar la productividad, reducir costos operativos y garantizar el cumplimiento de los objetivos de producción.

De acuerdo con la (ISO 1. , 2016), la disponibilidad es una medida clave en la gestión de mantenimiento, ya que relaciona la eficiencia operativa de un activo con su rendimiento esperado dentro del ciclo de vida.

Tabla 4.

Resumen de disponibilidad

Aspecto	Detalle
¿Qué mide la disponibilidad?	El tiempo que un equipo está operativo en relación con el tiempo total esperado.
Factores principales	Confiabilidad (menos fallas) + Mantenibilidad (reparaciones rápidas).
¿Por qué es importante?	Aumenta productividad, reduce costos y asegura cumplimiento operativo.

Nota: En esta tabla se muestra el resumen de que es la disponibilidad y la importancia, esta se está mostrando en forma de preguntas.

FIGURA 1.

Disponibilidad de una maquinaria

EN ESTADO OPERATIVO		NO OPERATIVO	
Tiempo de trabajo útil	En reserva o no utilización	En reparación activa o mantenimiento	En espera
			de piezas otros
Máquina en disposición		Máquina fuera de disposición	
EN OPERACIÓN	PARADA		

Nota: Universidad Politécnica de valencia, Víctor Yepes Piqueras.



2.2.4.1.1 Formula De Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \left(\frac{\text{Tiempo operativo real}}{\text{tiempo total programado}} \right) \times 100$$

Tabla 5.

Términos de disponibilidad

Término	Definición
Tiempo operativo real	Es el tiempo en horas en que la máquina estuvo disponible para trabajar (sin fallas, sin paradas no programadas).
Tiempo total programado	Es el tiempo total en que la máquina debió estar disponible (horas programadas para trabajo, incluyendo el tiempo de fallas).

Nota: En esta tabla se muestra el resumen de cada aspecto a evaluar y se está dando en forma clara y concisa.

Tabla 6.

Resumen de fórmula de disponibilidad

Concepto	Fórmula	Qué mide
Disponibilidad (%)	$(\text{Tiempo operativo real} / \text{Tiempo total programado}) \times 100$	Mide el % de tiempo que la máquina estuvo disponible para operar.

Nota: En esta tabla se muestra el resumen de la fórmula de disponibilidad que aplicaremos dentro de nuestro proyecto.



2.2.4.1.2 MTBF:

El MTBF o Tiempo Medio Entre Fallas es un indicador que mide el promedio de horas de operación continua de un equipo o sistema antes de que ocurra una falla.

Este valor representa cuánto tiempo trabaja el activo correctamente sin interrupciones, proporcionando una medida de su confiabilidad operativa. Mientras mayor sea el MTBF, mayor será la confiabilidad y la disponibilidad del equipo (Mobley, 2002).

2.2.4.1.3 MTTR:

El MTTR o Tiempo Medio de Reparación es un indicador que mide el promedio de tiempo que se tarda en reparar un equipo desde el momento en que falla hasta que se restaura su funcionamiento normal.

Este tiempo incluye tanto el diagnóstico de la falla como la ejecución de la reparación. Un MTTR bajo indica mayor eficiencia de mantenimiento y menor impacto en la disponibilidad del activo (Mobley, 2002).

Tabla 7.

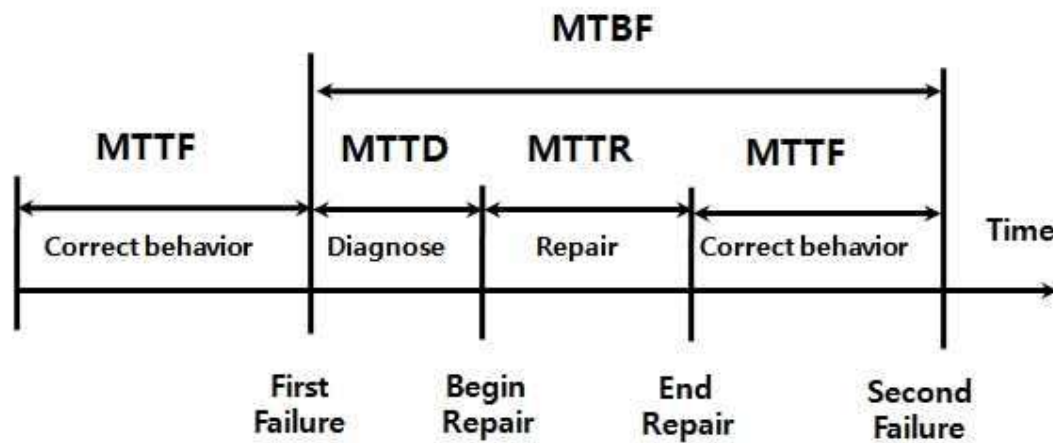
Resumen DE MTTR Y MTBF

Indicador	Qué mide	Interpretación
MTBF	Tiempo promedio entre fallas	Un MTBF alto significa que el equipo es confiable.
MTTR	Tiempo promedio para reparar	Un MTTR bajo significa que el equipo se repara rápido.

Nota: En esta tabla se muestra el resumen de MTBF y MTTR con ciertos aspectos que tomamos en cuenta.

FIGURA2.

Imagen de MTBF y MTTR



Nota: swish.ai (Medición de métricas de confiabilidad y disponibilidad un servicio)

2.2.5 Documentos que intervienen en el plan de mantenimiento

Los documentos en un plan de mantenimiento son el conjunto de registros, manuales, formatos de planificación y herramientas de gestión que garantizan la correcta ejecución, supervisión y evaluación de las actividades de mantenimiento.

Estos documentos se organizan en cuatro grandes categorías:

Técnicos, que proporcionan información específica sobre el funcionamiento y mantenimiento adecuado de los equipos (como manuales y fichas técnicas);

De planificación, que permiten programar las intervenciones preventivas y priorizar activos según su criticidad;

De control, que aseguran el seguimiento efectivo de las tareas realizadas (como checklists y órdenes de trabajo);

Y de gestión, que facilitan la medición del desempeño del plan a través de indicadores como MTBF, MTTR y análisis presupuestales.



Su correcta elaboración y actualización sistemática es esencial para optimizar la disponibilidad de los activos, minimizar fallas, y garantizar la sostenibilidad operativa y económica del sistema de mantenimiento (Mobley, 2002).

Tabla 8.

Documentos que intervienen en el plan de mantenimiento

Documento	Función
Listado de Activos	Relación detallada de los equipos, componentes y sistemas a los que se les aplicará mantenimiento (por ejemplo, retroexcavadora Caterpillar 420F, cargador frontal 950, etc.).
Ficha Técnica de Equipos	Información técnica de cada equipo: modelo, serie, capacidades, fluidos recomendados, especificaciones de torque, etc. (basado en manual del fabricante).
Manual de Operación y Mantenimiento (OEM)	Documento del fabricante que indica las rutinas de mantenimiento, frecuencias, tipos de lubricantes, procedimientos de inspección.
Cronograma Mantenimiento	de Calendario que organiza cuándo se realizarán las actividades de mantenimiento preventivo (por horas, meses o eventos).
Procedimientos Mantenimiento	de Instrucciones paso a paso para realizar correctamente tareas de mantenimiento (por ejemplo: cómo cambiar un filtro hidráulico).
Checklists Inspección	de Listados de verificación que aseguran que todas las tareas fueron realizadas en cada mantenimiento.
Órdenes de Trabajo (OT)	Documentos donde se solicita, registra y aprueba cada tarea de mantenimiento realizada en un equipo.
Historial Mantenimiento	de Registro acumulado de todos los mantenimientos hechos (preventivos, correctivos, predictivos) a cada equipo.
Plan de Repuestos y Suministros	Documento que detalla los repuestos críticos y consumibles necesarios para cumplir con el programa de mantenimiento (filtros, aceites, mangueras, sellos).
Matriz de Criticidad	Documento que clasifica los equipos según su importancia operativa y el impacto de su falla, para priorizar los mantenimientos.
Indicadores de Gestión de Mantenimiento	Reportes periódicos donde se calculan KPIs como MTBF, MTTR, disponibilidad, costos de mantenimiento, etc.
Presupuesto Mantenimiento	de Plan económico que estima el costo de materiales, mano de obra, herramientas y tiempos asociados al cumplimiento del plan.
Programa Capacitación Técnica	de Plan de formación para operadores y técnicos, asegurando que el personal conozca los procedimientos adecuados para operar y mantener los equipos.

Nota: En esta tabla se muestra la documentación que se usa dentro del plan de mantenimiento.



Tabla 9.

Resumen de documentos

Tipo de Documento	Uso Principal
Técnicos (manuales, fichas)	Saber cómo mantener correctamente los equipos.
De planificación (cronograma, criticidad)	Organizar cuándo y qué hacer.
De control (checklists, órdenes de trabajo)	Registrar que se hizo todo correctamente.
De gestión (indicadores, presupuesto)	Evaluar resultados y optimizar recursos.

Nota: En esta tabla se muestra el resumen de los tipos de documentación y cuál es el uso principal de cada uno de ellos

2.2.6 Normas que están relacionadas con la disponibilidad

2.2.6.1. ISO 55000:2014 - Gestión de activos

Esta norma establece que para maximizar el valor de los activos (como maquinaria pesada) se debe mantener un equilibrio entre desempeño, riesgo y costo. Uno de los objetivos explícitos es asegurar la disponibilidad operativa de los activos críticos mediante planes de mantenimiento adecuados. (ISO 5. , 2014)

2.2.6.2. ISO 14224:2016 - Recolección y análisis de datos de mantenimiento y confiabilidad

Proporciona lineamientos para recolectar datos de fallas, tiempos de reparación y tiempos de operación (horas activas vs inactivas). Estos datos son



la base para calcular indicadores de disponibilidad (por ejemplo, MTBF y MTTR).
(ISO 1. , 2016)

2.2.6.3. ISO 9001:2015 - Sistema de gestión de la calidad

Requiere que los equipos utilizados en procesos productivos o de servicios se mantengan en condiciones que aseguren la continuidad de las operaciones. Si un equipo no está disponible, afecta la calidad, por eso la norma exige planes de mantenimiento preventivo (ISO 9. , 2015).

2.2.6.4. NTP 679.033 (Norma Técnica Peruana) - Mantenimiento preventivo de equipos industriales

Específica sobre la planificación de actividades periódicas para conservar operativos los equipos industriales. El objetivo es mantener la disponibilidad funcional mediante inspecciones, ajustes y reemplazos programados (NTP6790333, 2006).

2.2.7 Método Amef

El Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF o AMEFF) es una herramienta sistemática de evaluación que tiene como objetivo identificar y analizar los modos de falla potenciales de un sistema, equipo o proceso, sus efectos sobre el funcionamiento, y priorizar acciones preventivas en función del nivel de criticidad de cada falla.

Este análisis permite:

1. Anticipar los fallos antes de que ocurran.
2. Establecer prioridades en las actividades de mantenimiento.
3. Mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los activos.
4. Reducir costos de reparación y tiempos de parada.

En otras palabras, el AMEF ayuda a planificar qué componentes o sistemas debes mantener con más frecuencia porque su falla tendría consecuencias más graves para la operación (Mobley, 2002) (STAMATIS, 2003).

FIGURA 3

AMEF



Nota: *Instituto Mexicano De Ingeniería Y Confiabilidad (Análisis Del Modo Y Efecto De La Falla AMEF)*

2.2.8 OBJETIVOS DE AMEF

El objetivo principal del método AMEF es identificar de manera anticipada las posibles fallas que pueden presentarse en los componentes, sistemas o procesos, evaluar el impacto que cada falla tendría en la operación, y priorizar acciones preventivas o correctivas en función del nivel de riesgo que representan.



De esta manera, el AMEF ayuda a minimizar la probabilidad de fallos críticos, reducir tiempos de inactividad, aumentar la disponibilidad operativa y optimizar los recursos de mantenimiento.

Según (STAMATIS, 2003), el AMEF busca focalizar los esfuerzos de mantenimiento en los puntos más vulnerables del sistema, permitiendo anticipar fallos antes de que afecten la producción, la seguridad o los costos operativos.

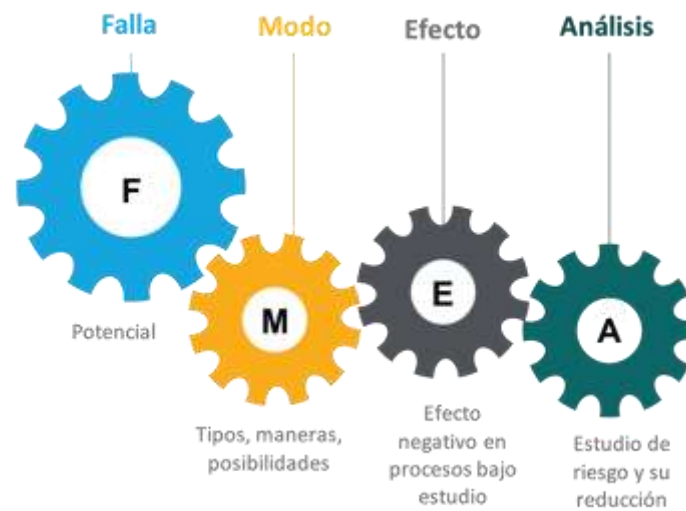
Asimismo, según (Mobley, 2002), el AMEF contribuye a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los activos físicos mediante una evaluación estructurada del riesgo.

Tabla 10.

Resumen de AMEF

Aspecto	Detalle
¿Qué busca el AMEF?	Identificar fallas potenciales, evaluar su gravedad, y priorizar acciones preventivas.
¿Qué logra?	Mejora la confiabilidad, disponibilidad y seguridad de los activos.
¿Por qué es importante?	Permite actuar antes de que una falla genere pérdidas o riesgos mayores.

Nota: En esta tabla se muestra el resumen del método AMEF haciéndose 3 preguntas para mejor entendimiento.

FIGURA 4*Análisis Del AMEF con Objetivos*

Nota: *Instituto Mexicano De Ingeniería Y Confiabilidad (Análisis Del Modo Y Efecto De La Falla AMEF)*

2.2.8 Preparación Del Amef

La preparación del AMEF es un proceso sistemático que consiste en planificar, organizar y estructurar la información necesaria para identificar las posibles fallas de un equipo, analizar sus consecuencias y definir las prioridades de acción.

Para llevar a cabo un AMEF correctamente, se deben seguir las siguientes etapas:

Tabla 11.*Preparación AMEF*

Paso	Actividad
1. Definir el objeto de análisis	Elegir el equipo, componente o sistema que será analizado (por ejemplo, el sistema hidráulico de una retroexcavadora Caterpillar 420F).
2. Formar un equipo de trabajo	Reunir un equipo multidisciplinario que conozca el funcionamiento, el mantenimiento y las fallas típicas del activo (técnicos, operadores, ingenieros).
3. Describir la función del sistema o componente	Indicar cuál es la función esperada (ej.: el sistema hidráulico debe levantar y mover la cuchara de la retro).
4. Identificar los posibles modos de falla	Listar todas las formas en que el componente puede fallar (ej.: fuga de aceite, pérdida de presión, atasco de válvulas).
5. Determinar los efectos de cada falla	Explicar qué pasaría si ocurre la falla (ej.: inmovilización del brazo, pérdida de productividad, riesgo de accidente).
6. Asignar valores de Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección (D)	Evaluar: gravedad del efecto, probabilidad de que ocurra, y facilidad de detección antes del fallo. Cada uno se califica de 1 (bajo) a 10 (crítico).
7. Calcular el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)	Multiplicar $S \times O \times D$ para cada modo de falla.
8. Priorizar acciones correctivas o preventivas	Atender primero los modos de falla con mayor IPR para disminuir el riesgo operativo.

Nota: En esta tabla se muestra es la preparación del AMEF enumerado del 1 al



Tabla 12.

Resumen de la preparación

Concepto	Preparación del AMEF
¿Qué se necesita?	Definir el objeto, reunir el equipo, identificar modos de falla, evaluar riesgos.
¿Qué se busca?	Anticipar fallas críticas, planificar mantenimiento más efectivo.
¿Cómo?	Usando las escalas de S, O y D, y calculando el IPR.

Nota: En esta tabla se muestra el resumen de la preparación del AMEF haciéndose 3 preguntas para mejor entendimiento.

2.2.9 Tipos De AMEF

El método AMEF no es único: se adapta según el objeto de análisis. Existen diferentes tipos de AMEF dependiendo de si analizas un diseño, un proceso, un equipo, o incluso un servicio.

Según (STAMATIS, 2003) y (Moblely, 2002), los principales tipos de AMEF son:



Tabla 13.

Tipos de AMEF

Tipo de AMEF	Descripción técnica
AMEF de Diseño (DFMEA)	Analiza fallas potenciales durante la etapa de diseño de un producto o equipo, para mejorar su confiabilidad y funcionalidad antes de fabricarlo. (Ejemplo: diseño de un motor hidráulico nuevo).
AMEF de Proceso (PFMEA)	Evalúa los posibles fallos en los procesos de fabricación, montaje o mantenimiento que pueden afectar la calidad o la operación del producto. (Ejemplo: errores en el procedimiento de cambio de filtro hidráulico).
AMEF de Sistema	Estudia modos de falla en sistemas completos o subsistemas compuestos por varios componentes interrelacionados. (Ejemplo: el sistema hidráulico completo de una retroexcavadora).
AMEF de Servicio	Aplica a la identificación de fallas en la prestación de servicios (logística, atención postventa, reparaciones externas). (Ejemplo: fallas en servicio de mantenimiento de campo).
AMEF de Mantenimiento	Identifica modos de falla en los propios procedimientos o actividades de mantenimiento , buscando prevenir omisiones o errores que puedan dañar el equipo. (Ejemplo: olvidar purgar aire en sistema hidráulico después de cambiar mangueras).

Nota: (STAMATIS, 2003) y (Moblely, 2002)

Tabla 14.

Resumen de tipos de AMEF

Tipo	Para qué se usa
AMEF de Diseño	Mejorar la confiabilidad desde el diseño de equipos.
AMEF de Proceso	Prevenir errores en fabricación o mantenimiento.
AMEF de Sistema	Analizar modos de falla en sistemas completos.
AMEF de Servicio	Mejorar calidad en atención de servicios.
AMEF de Mantenimiento	Prevenir errores en las actividades de mantenimiento.

Nota: En esta tabla se muestra el resumen de los tipos de AMEF haciéndose 3 preguntas para mejor entendimiento.

FIGURA 5

Tipos De AMEF Comunes



Nota: DataScope.io blog (AMEF)



2.2.10 Análisis De Criticidad

El análisis de criticidad es una herramienta técnica que permite evaluar y clasificar los activos o componentes de un sistema en función del impacto que tendría su falla sobre la operación, la seguridad, el costo y el medio ambiente. Su objetivo es priorizar recursos de mantenimiento (inspecciones, reemplazos, monitoreo) en aquellos equipos cuya falla podría generar las consecuencias más graves, afectando la disponibilidad operativa o generando riesgos inaceptables.

Según (Mobley, 2002), el análisis de criticidad es una etapa fundamental dentro de la gestión de activos, ya que ayuda a enfocar las estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo hacia los elementos más importantes para la continuidad operacional y la reducción de costos.

Tabla 15.

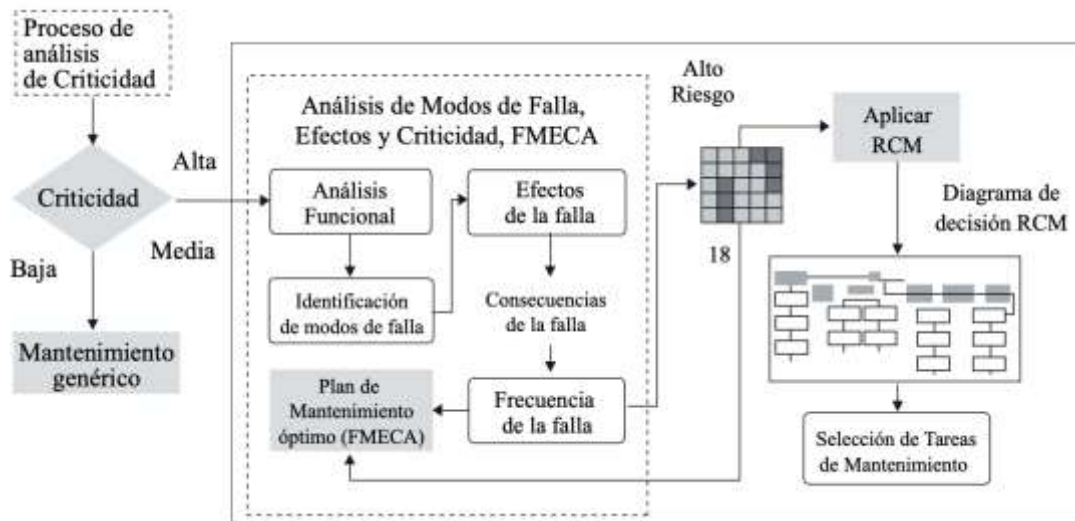
Pasos para el análisis

Paso	Descripción
1. Identificar todos los activos	Listar todos los equipos, sistemas y componentes relevantes (ej.: motor, sistema hidráulico, transmisión de la retroexcavadora).
2. Definir criterios de criticidad	Normalmente se evalúan: según la disponibilidad del equipo y el estado en el que se encuentra.
3. Asignar puntuaciones	Cada criterio se califica en una escala (por ejemplo, de 1 a 5 o de 1 a 10).
4. Calcular el nivel de criticidad	Se suman o multiplican las puntuaciones para obtener un índice global de criticidad.
5. Clasificar los activos	Se agrupan en críticos, medianamente críticos y no críticos, para definir la prioridad del mantenimiento.

Nota: En esta tabla se muestra los pasos se deberá de seguir para hacer el análisis de criticidad aplicando el método AMEF .

FIGURA 6

Diagrama de flujo de análisis de criticidad con AMEF



Nota: *ComparaSoftware (AMEF Y ANALISIS DE CRITICIDAD)*

2.2.12. Tipos De Instrumentos De Medición

Los instrumentos de medición son herramientas que permiten obtener datos cuantitativos o cualitativos sobre las condiciones físicas, operativas o funcionales de los equipos.

Son esenciales para diagnosticar el estado real de los activos, detectar desviaciones, verificar parámetros críticos y programar intervenciones preventivas o correctivas de manera oportuna (Mobley, 2002).

Tabla 16*Tipos de instrumentos de medición*

Tipo de Instrumento	Descripción	Ejemplos comunes
Instrumentos de medición dimensional	Miden dimensiones físicas como longitud, diámetro, profundidad o espesor.	Vernier, micrómetro, cinta métrica.
Instrumentos de medición de presión	Evalúan la presión de fluidos (aceite, aire, agua) en sistemas hidráulicos o neumáticos.	Manómetros, transductores de presión.
Instrumentos de medición de temperatura	Detectan la temperatura de componentes, fluidos o ambientes.	Termómetros digitales, termocuplas, pirómetros infrarrojos.
Instrumentos de medición eléctrica	Miden magnitudes eléctricas como voltaje, corriente o resistencia.	Multímetros, pinzas amperimétricas, megóhmetros.
Instrumentos de medición de vibraciones	Permiten detectar niveles de vibración anormales que pueden indicar fallas mecánicas incipientes.	Acelerómetros, vibrómetros, analizadores de vibraciones.
Instrumentos de medición de velocidad	Miden la velocidad angular o lineal de componentes móviles.	Tacómetros, estroboscopios.
Instrumentos de análisis de lubricantes	Evalúan la condición del aceite y la presencia de contaminantes o desgaste interno.	Kits de análisis de aceite, espectrómetros portátiles.
Instrumentos de medición de espesores	Determinan el espesor de materiales, especialmente en control de desgaste o corrosión.	Medidores de espesores ultrasónicos, calibres de espesores.

Nota: En esta tabla se muestra los tipos de instrumentos que se usan para hacer un análisis de criticidad

2.2.13 Et Caterpillar

El ET Caterpillar (Electronic Technician Caterpillar) es un software de diagnóstico especializado desarrollado por Caterpillar, que permite comunicarse directamente con los sistemas electrónicos de los equipos de la marca.

Este programa permite leer, configurar, diagnosticar, calibrar y actualizar los módulos electrónicos de control (ECMs) de los motores, transmisiones, sistemas hidráulicos y otros componentes.

Tabla 17

Función del ET

Función	¿Para qué sirve?
Lectura de códigos de falla (DTC)	Detecta y muestra errores activos, históricos y eventos registrados en el ECM.
Monitoreo de parámetros en tiempo real	Visualiza en vivo valores como presión hidráulica, temperatura del motor, velocidad del motor, voltajes eléctricos, etc.
Pruebas y calibraciones	Permite realizar pruebas funcionales (ej.: prueba de inyector, calibración de acelerador, ajuste de frenos, ajustes hidráulicos).
Programación de parámetros	Cambia configuraciones como límite de velocidad, presión de corte de bombas, mapas de inyección, etc.
Actualización de software de módulos ECM	Permite cargar nuevas versiones de firmware para mejorar rendimiento o solucionar fallas.
Generación de reportes técnicos	Crea informes de diagnóstico, historial de fallas, tendencias operativas del equipo.

Nota: (Caterpillar, s.f.)

Tabla 18

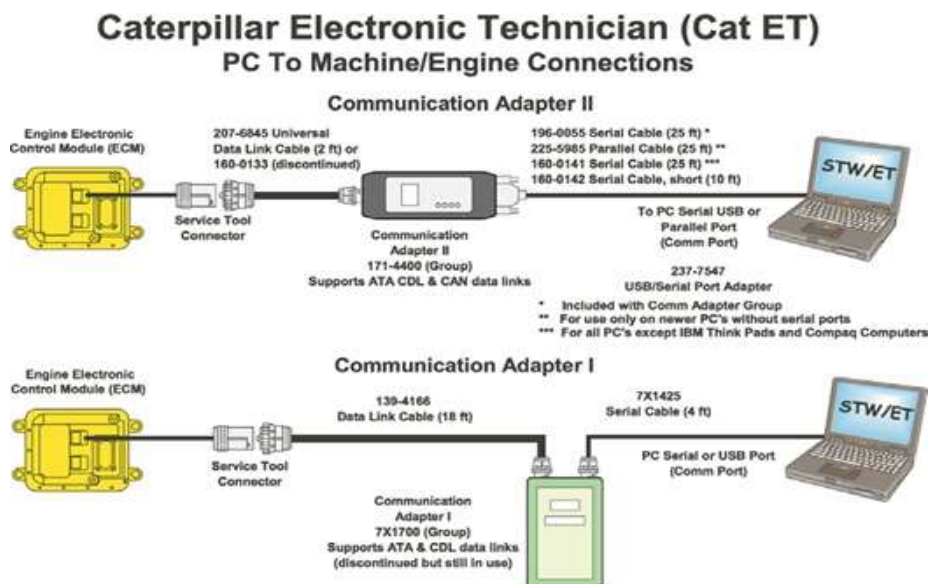
Requisitos para usar el ET

Requisito	Detalle
Software ET	Versión instalada en una laptop (se actualiza
Caterpillar	periódicamente).
Hardware de comunicación	Un adaptador llamado CAT Communication Adapter (por ejemplo, CAT Comm Adapter 3).
Licencia activa	Caterpillar exige licencia de usuario para operar legalmente el software.
Conexión física	El adaptador se conecta al puerto de diagnóstico del equipo (similar a OBD en autos).

Nota: (Caterpillar, s.f.)

FIGURA 7

Proceso De Conexión De ECM a Et Caterpillar



Nota: Mecánica de la Industria (Diagnostico de problemas)



2.2.14 Tetragauge Caterpillar

El Tetragauge es un instrumento de alta precisión diseñado para medir presiones internas de manera muy exacta y rápida en equipos de operación industrial, especialmente en maquinaria pesada, sistemas hidráulicos, neumáticos y procesos donde controlar la presión es crítico.

Su tecnología permite realizar lecturas directas de presión sin necesidad de múltiples dispositivos, ofreciendo alta sensibilidad, exactitud y resistencia en ambientes exigentes (CATERPILLAR, TETRAGAUGE.TECHNOLOGY, 2022)

Tabla 19

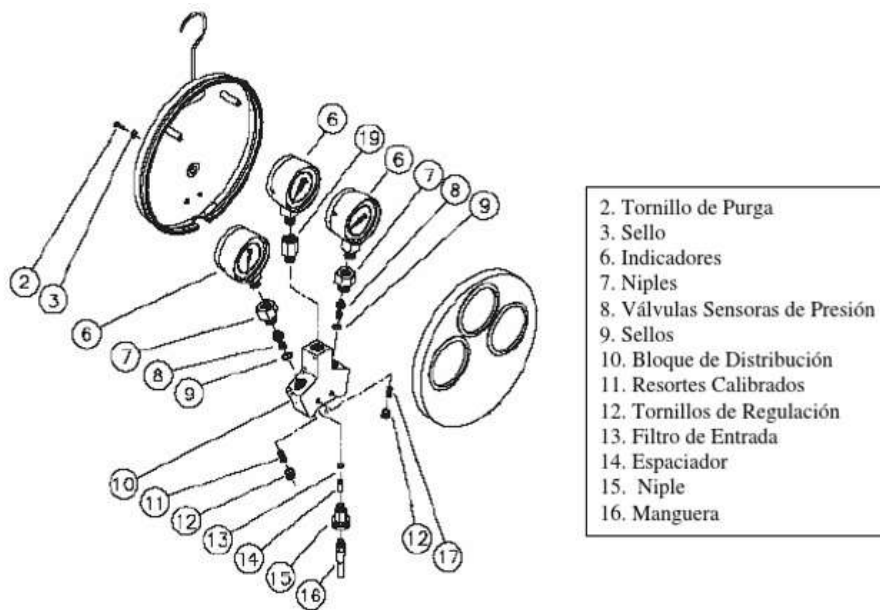
Funciones del tetragauge

Función	¿Para qué sirve?
Medición directa de presión interna	Permite conocer la presión exacta dentro de sistemas hidráulicos, tanques, tuberías o cámaras de maquinaria pesada.
Monitoreo en tiempo real	Permite observar cambios de presión durante la operación para detectar anomalías.
Control de condiciones de operación	Asegura que la maquinaria opere dentro de los límites seguros de presión.
Detección temprana de fallos	Un aumento o disminución anormal de presión puede indicar problemas como fugas, fallas en bombas o bloqueos internos.

Nota: (CATERPILLAR, TETRAGAUGE.TECHNOLOGY, 2022)

FIGURA 8

Despiece del Tetragague



Nota: (CATERPILLAR, TETRAGAUGE. TECHNOLOGY, 2022)

2.2.15 Excel Y Google Sherts

La gestión de mantenimiento industrial implica coordinar tareas de revisión y reparación de equipos para maximizar su disponibilidad. Tradicionalmente se han usado hojas de cálculo por su versatilidad y bajo costo. Por ejemplo, AntsRoute señala que muchas empresas comienzan planificando sus rutas de servicio con Excel o su alternativa en línea Google Sheets, ya que ambas son “muy sencillas de configurar” y útiles para gestionar un número limitado de técnicos y operaciones. Estas herramientas permiten listar activos y tareas en tablas personalizables, aunque carecen de funciones especializadas de un sistema GMAO avanzado. No obstante, son suficientes para la planificación básica de mantenimientos preventivos y correctivos, sobre todo en operaciones pequeñas. A continuación, se describen sus aplicaciones en cada tipo de mantenimiento y su aporte al plan de mantenimiento preventivo.



Excel en mantenimiento preventivo

En el mantenimiento preventivo, se busca programar actividades antes de una falla. Excel facilita este proceso creando un registro de activos y calculando fechas futuras de servicio. Por ejemplo, EasyMaint recomienda configurar una hoja de cálculo con columnas como ID del equipo, descripción, última fecha de mantenimiento y frecuencia preventiva

Con estos datos, es posible automatizar la programación: sumando la frecuencia al último mantenimiento se obtiene la próxima fecha prevista, Además, se pueden usar fórmulas y formatos condicionales para generar alertas visuales (p. ej. colorear en rojo los activos cuya fecha próxima se acerque)

De este modo, el equipo de mantenimiento puede ver de un vistazo qué máquinas requieren atención. Asimismo, Excel permite generar reportes y gráficas que muestran tendencias en los cumplimientos preventivos, lo cual ayuda a ajustar el programa con base en resultados reales

En resumen, Excel es útil para llevar el plan de mantenimiento preventivo mediante calendarios automáticos y recordatorios visuales, siempre y cuando el volumen de datos no sea muy grande.

Sheets en mantenimiento preventivo

Google Sheets ofrece funcionalidades similares para el mantenimiento preventivo, con la ventaja de ser colaborativo y en la nube. Las hojas de mantenimiento pueden compartirse en línea, de modo que múltiples técnicos consulten o actualicen las fechas de servicio en tiempo real. Además, Sheets se integra con otras herramientas de Google: por ejemplo, se pueden generar formularios (Google Forms) para que el personal registre inspecciones, y los resultados se almacenan automáticamente en una hoja de cálculo. Como



destaca TutKit, Google Sheets permite “colaboración en tiempo real” y es “gratis”, lo que resulta ideal para equipos distribuidos que necesitan acceso remoto a los calendarios preventivos. En la práctica, una empresa podría compartir un cronograma preventivo en Sheets y configurar notificaciones por correo (Calendar) basadas en las fechas calculadas en la hoja. Así, Google Sheets facilita la sincronización instantánea de cambios y la actualización de planes preventivos sin necesidad de enviar archivos manualmente. (SNAKTEVA, s.f.)



CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación realizado en este trabajo fue de carácter aplicado. De acuerdo con (MEJIA, 2018). Esta orientación se enfoca en la creación de nuevos conocimientos que se aplican de manera directa y práctica a la resolución de problemas específicos

3.2 Nivel de investigación

El enfoque del estudio fue de carácter explicativo, el cual, según (HERNANDEZ, 2014), Tiene como objetivo identificar las causas de los fenómenos o eventos que se analizan.

3.3 Población y muestra

(HERNANDEZ, 2014), se menciona que un grupo de sujetos o individuos que no son excepcionales y que viven en residencias similares, permite definir el contexto que se va a investigar. Con el tiempo, se busca generalizar las repercusiones de este análisis. La población estará conformada por la Maquinaria pesada de la municipalidad de Paucarcolla.

- A. Retroexcavadoras
- B. Cargador frontal



- C. Minicargador frontal
- D. Compactadora vibratoria

La muestra es una representación de la población, para esta investigación es La falta de disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad de Paucarcolla, juntamente las fallas que existen en dichas maquinas

3.4 Técnicas e instrumentos

Técnica

Se refiere a las estrategias diseñadas para obtener la información requerida que sustenta la formulación de la pregunta de investigación (Mendoza, 2018)

Observación directa

Se trasladó al lugar para llevar a cabo las observaciones del entorno y de la maquinaria.

Entrevista: Se llevó a cabo un contacto directo para intercambiar opiniones y argumentos con los técnicos del taller, con el fin de definir las características, las fallas y el historial de las máquinas.

Análisis documental

En esta investigación se utiliza el análisis documental, que consiste en la revisión de documentos y la selección de información pertinente. Los datos recopilados fueron suministrados por el área de mantenimiento de la municipalidad.

INSTRUMENTOS

De acuerdo con Quispe (2023), el dispositivo de medición es el recurso que utiliza el investigador para capturar información o datos sobre las variables que pretende estudiar.



Cuestionario de la entrevista

El cuestionario se elaboró teniendo en cuenta el objetivo de la entrevista, que consiste en comprender la situación actual de la maquinaria y elaborar un historial que facilite la evaluación tras la implementación de un plan de mantenimiento integral.

Ficha de análisis de documentos

Se empleó para recopilar la información necesaria de documentos, tesis, revistas y manuales técnicos, con el fin de llegar a conclusiones en la investigación.

3.5 Identificación de los componentes de las maquinarias

3.5.1 Retroexcavadora Cargadora Caterpillar 420

Especificaciones Técnicas (principales):

Potencia neta: ~92 HP (68 kW) nominal; potencia pico ~105 HP (79 kW) a 1,800 rpm. Motor diésel Cat C3.6 turbo (Tier 4 Final).

Peso operativo: ~11,0 toneladas ($\approx 11,000$ kg) en configuración máxima.

Capacidad del cucharón (frontal): ~0.96 m³ (1.25 yd³) estándar.

Profundidad de excavación (retroexcavadora): ~4.3 m (14 pies) con brazo estándar (alcance mayor con brazo extensible).

Tracción: 4x4 (tracción en las cuatro ruedas, modo estándar en este modelo).

Descripción:

La Caterpillar 420 es una retroexcavadora cargadora (backhoe loader) diseñada para trabajos versátiles de construcción. Combina en una sola máquina un cargador frontal y una retroexcavadora trasera, lo que le permite cargar materiales con la pala frontal y excavar zanjas o pozos con el brazo trasero. Destaca por su rendimiento y multifuncionalidad: ofrece una fuerza de

excavación y de desprendimiento elevadas, un sistema hidráulico de detección de carga que ajusta automáticamente el flujo según la demanda, y la posibilidad de usar numerosos accesorios (acoplador rápido, diferentes cucharones, martillos hidráulicos, etc.). La 420 alcanza alrededor de 92 HP de potencia neta (hasta ~105 HP pico) y posee tracción en todas las ruedas, lo que le brinda buen desplazamiento en terrenos difíciles. Con un peso operativo del orden de 7.5–11 toneladas según configuraciones y una profundidad de excavación de aproximadamente 4.3 metros, esta máquina puede realizar tareas de excavación, apertura de zanjas, relleno, elevación de cargas y movimiento de tierra en obras civiles con gran eficiencia. Su cabina ergonómica y mandos piloto mejoran la comodidad y control para el operador, mientras que el diseño robusto asegura durabilidad en condiciones exigentes. En resumen, la retroexcavadora Cat 420 es una máquina polivalente en construcción, capaz de desempeñar las funciones de una excavadora y un cargador en un solo equipo. (CATERPILLAR)

3.5.2 Cargador de Ruedas Caterpillar 938H

Especificaciones Técnicas (principales):

Potencia neta: ~172 HP (128 kW) @ 2,200 rpm (motor Cat C6.6 ACERT de 6 cilindros, 6.6 L). Potencia bruta ~197 HP (147 kW).

Peso operativo: ~15,0 toneladas ($\approx 15,059$ kg).

Capacidad del cucharón: $2.3 \text{ m}^3 - 3.0 \text{ m}^3$ (balde estándar entre 3–4 yd³).

Carga de vuelco estática: ~10,073 kg (en giro completo). Fuerza de arranque (breakout) ~12,508 kgf.

Dimensiones aprox.: Longitud 7.3 m; Altura a cabina ~3.3 m; Ancho ~2.7 m (sobre neumáticos).

Descripción:



La 938H de Caterpillar es una cargadora frontal de ruedas de tamaño mediano (clasificada dentro de la serie H de Cat) diseñada para cargar, mover y apilar materiales a granel en construcción, minería ligera, agrícolas u obras viales. Equipada con un motor Cat C6.6 ACERT de ~180 HP, esta cargadora ofrece una capacidad de cucharón entre ~2.3 y 3.0 m³, ideal para manipular tierra, arena, grava u otros agregados. Su peso operativo ronda las 15 toneladas, lo que le proporciona estabilidad y tracción, complementado con un bastidor articulado que le otorga maniobrabilidad en espacios relativamente estrechos. El diseño de la barra en Z del mecanismo del cargador proporciona alta fuerza de arranque, permitiendo excavar montones de material y llenar el balde con eficiencia. La 938H se destaca por su fiabilidad y durabilidad: incorpora componentes probados en campo (ejes, bastidor, transmisión powershift contraeje) y la tecnología ACERT™ en el motor para cumplir normas de emisiones sin sacrificar desempeño. Asimismo, cuenta con mejoras en la comodidad del operador (cabina amplia con controles ergonómicos, bajo nivel de vibración y ruido) y sistemas hidráulicos de detección de carga que garantizan ciclos rápidos y suaves, incrementando la productividad y versatilidad en el sitio de trabajo. En suma, la Cat 938H es un cargador robusto y potente, capaz de mover grandes volúmenes de material con rapidez, ideal para operaciones que requieran fuerza, velocidad en ciclos de carga y facilidad de operación.

(CATERPILLAR)

3.5.3 Compactador de Suelos Vibratorio Caterpillar CS56

Especificaciones Técnicas (principales):

Potencia del motor: 156 HP (116 kW) – motor Cat C6.6 ACERT turbodiésel (Tier 3).



Peso operativo: ~11.7 toneladas ($\approx 11,741$ kg con ROPS/FOPS); con cabina: ~12.5 t (configuración opcional).

Anchura del tambor: 2.13 m (84 pulgadas) – rodillo liso (CS = smooth drum).

Frecuencia de vibración: 30 Hz (~1800 vpm) estándar; amplitud nominal alta ~1.8 mm, baja ~0.9 mm (doble amplitud).

Dimensiones aprox.: Longitud 5.97 m; Ancho 2.37 m; Altura 3.05 m (a ROPS).

Descripción:

El Caterpillar CS56 es un rodillo compactador vibratorio de un solo tambor liso, utilizado para la compactación de suelos granulares y bases en obras civiles (carreteras, plataformas, rellenos). Esta máquina aplica peso estático (aprox. 12 ton) y vibración para densificar eficientemente el terreno. El modelo CS56 cuenta con un tambor de 2130 mm de ancho que vibra mediante un sistema de pesos excéntricos (estilo por sellado, libre de mantenimiento por 3,000 h). Su motor Cat C6.6 de ~156 HP proporciona suficiente potencia tanto para generar la amplitud de compactación requerida como para desplazarse en pendientes con tracción en dos ruedas (dual-pump a las ruedas traseras y al tambor). El CS56 ofrece excelente gradabilidad y tracción en ambas direcciones, gracias al exclusivo sistema de propulsión de doble bomba que envía flujo hidráulico independiente al motor del tambor y al eje trasero. Además, puede equiparse con un kit de zapatas (padfoot shell kit) para compactar suelos cohesivos (cambiando el tambor liso a patas de cabra, convirtiéndose en modelo CP56). En cuanto a control y operación, dispone de estación del operador con visibilidad panorámica (facilitando ver los bordes del tambor y ruedas) y bajo nivel de vibración en la plataforma, aumentando la seguridad y comodidad durante largas jornadas. El sistema inteligente AccuGrade™ Compaction es opcional, permitiendo al



operador monitorear en tiempo real la densidad alcanzada y mapear áreas compactadas, evitando pasadas innecesarias y garantizando uniformidad. En resumen, el Cat CS56 es un compactador robusto y productivo, capaz de lograr altas densidades de suelo de forma uniforme y eficiente, siendo clave en proyectos de construcción de bases sólidas y duraderas. (CATERPILLAR)

3.5.4. Minicargador New Holland L223

Especificaciones Técnicas (principales):

Potencia del motor: ~70 HP (51 kW) netos, motor FPT 3.2 L turbo (4 cilindros, Diesel).

Peso operativo: ~3.35 toneladas (\approx 3350 kg) con cabina ROPS/FOPS estándar.

Capacidad de carga nominal (ROC): 1020 kg (carga operativa segura, equivale a 2,250 lb).

Capacidad del balde: ~0.62 m³ (con balde estándar de ~1.9 m de ancho).

Altura máx. de elevación: eje de pasador a ~3.29 m; altura de descarga ~2.56 m.

Descripción:

El New Holland L223 es un minicargador de dirección deslizante (skid steer) perteneciente a la serie 200 de New Holland. Es una máquina compacta y maniobrable, diseñada para múltiples aplicaciones en construcción, paisajismo, agricultura y obras urbanas. Posee un diseño de elevación vertical "Super Boom", lo que le permite alcanzar mayor altura de carga y descargar materiales más al centro de camiones o tolvas en comparación con diseños de elevación radial. Con un motor Diesel turbo de alrededor de 70 HP, el L223 puede manipular cargas operativas de hasta ~1 tonelada (ROC 1020 kg) manteniendo la estabilidad gracias a su bajo centro de gravedad y chasis robusto. Su peso operativo (~3.3 t) y su sistema de doble tracción por ruedas (skid-steer) le brindan



una excelente combinación de estabilidad y agilidad, pudiendo girar sobre sí mismo en espacios reducidos. El L223 típicamente se equipa con un cucharón de ~0.6 m³, pero es altamente versátil: mediante el acoplador universal puede emplear numerosos implementos (palas, horquillas pallet, martillos hidráulicos, ahoyadores, barredoras, etc.), convirtiéndolo en una herramienta multiuso en obras pequeñas y medianas. La cabina ROPS/FOPS ofrece protección al operador, con controles ergonómicos (opción de mandos mecánicos o servo hidráulicos) y buena visibilidad en 360°. En cuanto a rendimiento, este minicargador alcanza una velocidad máxima de ~19 km/h y cuenta con un sistema hidráulico auxiliar de alto flujo (opcional) para accionar implementos exigentes. En suma, el New Holland L223 es un cargador compacto confiable y potente para su tamaño, ideal para tareas que requieran movilidad en sitios estrechos, cambios rápidos de accesorios y trabajos ligeros de carguío/excavación con productividad. (INDUSTRIAL.)

3.5.5. Tractor Agrícola John Deere 5090E

Especificaciones Técnicas (principales):

Potencia del motor (nominal): 90 HP (67.1 kW) @ 2400 rpm. Potencia máxima ~92 HP (69 kW). Motor JD PowerTech™ 4.5 L (4 cilindros turbo, Tier 3/Tier 4i).

Potencia a la Toma de Fuerza (PTO): ~75 HP (55.9 kW) disponible en la PTO trasera a 2400 rpm (régimen nominal).

Tracción y transmisión: 4WD (doble tracción) con transmisión PowrReverser de 12x12 o 24x12 velocidades (inversor electrohidráulico) – según versión.

Velocidad máxima ~33 km/h.

Peso operativo: ~3.3 t (3299 kg con ROPS) a ~3.7 t (3696 kg con cabina).

Descripción:



El John Deere 5090E es un tractor agrícola utilitario de aproximadamente 90 HP, perteneciente a la serie 5E de John Deere (modelos económicos de gama media). Es un tractor versátil, empleado en diversas labores agropecuarias como preparación de suelo (arar, rastrillar), siembra, labores de heno, aplicación de agroquímicos y transporte con remolques. Viene disponible con plataforma ROPS (estructura antivuelco abierta) o con cabina cerrada opcional, ambas configuraciones diseñadas para ofrecer comodidad al operador durante jornadas prolongadas. El 5090E está propulsado por un motor John Deere PowerTech de 4.5 L turbo diésel, el cual entrega 90 HP brutos (aprox. 75 HP a la PTO) y cumple con normativas de emisiones según la región (Tier 3 ó Tier 4). Este tractor cuenta con tracción en las cuatro ruedas (4x4) para asegurar agarre en terrenos difíciles o suelos blandos, y frenos hidráulicos de disco en baño de aceite que garantizan una detención fiable. Incorpora un enganche de tres puntos Category II con control de esfuerzo (censado superior) y una capacidad de elevación de alrededor de 1.45 ton, suficiente para operar implementos como arados de varias rejas, cultivadores, sembradoras o desbrozadoras pesadas. La transmisión PowrReverser (tipo power shuttle) ofrece cambios sincronizados y reversión de marcha adelante/atrás sin embrague, facilitando tareas como cargado frontal. Hablando de cargador frontal, el 5090E es compatible con cargadores frontales JD (serie 540, etc.), ampliando su funcionalidad para movimiento de materiales. En resumen, el John Deere 5090E es un tractor confiable y de desempeño sólido, diseñado para brindar una mezcla de potencia, facilidad de manejo y versatilidad, siendo apropiado para pequeños y medianos productores que requieren un equipo capaz de realizar múltiples tareas en la finca con eficiencia y respaldo de la marca John Deere. (DEERE).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Para poder proponer el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad de la maquinaria pesada nos basamos a los siguientes aspectos:

Paso 1 Realizar el inventario de los equipos

Para empezar con nuestro plan de mantenimiento debemos de tener un inventario de los equipos de la municipalidad, la cual nos permitirá conocer el tipo de maquinaria, cantidad y el estado cada una de ella.

Dentro de las grandes empresas con llevan una lista con Softwares como el Excel y el Google sheets entre otros. Gracias a esto se dispone un buen seguimiento de los datos de los equipos la cual describe los siguientes aspectos:

- Tipo de equipo
- Descripción, fabricante
- Ubicación exacta
- Costos de anteriores mantenimientos
- Lectura de la vida útil de las maquinarias
- Referencia de una lista de repuestos y planos
- Referencia de manuales



A continuación, se presentará los aspectos mencionados anteriormente:

Figura 9

Datos de equipos

Nº	Tipo de Equipo	Descripción y Fabricante	Ubicación Exacta	Costos de Anteriores Mantenimientos	Lectura de Vida Útil (hrs)	Referencia de Repuestos y	Referencia de Manuales Técnicos
1	Retroexcavadora	CAT 420F2 – Caterpillar	Taller municipal de Paucarcolla	S/ 8,000 (últimos 6 meses)	2500hrs	Cat® Parts Manual – 420F2; Plano hidráulico CAT	Manual de Operación y Mantenimiento CAT 420F2
2	Cargador Frontal	CAT 938H – Caterpillar	Taller municipal de Paucarcolla	S/ 12,000 (últimos 12 meses)	7,800 hrs	Parts Manual CAT 938H; Esquema eléctrico CAT	Manual de Operación CAT 938H
3	Compactadora	CAT CS56B – Caterpillar	Taller municipal de Paucarcolla	S/ 5,500 (últimos 4 meses)	6,200 hrs	Rodillos, filtros, vibrador; Plano vibración	Manual Técnico CS56B Caterpillar
4	Minicargador	L223 – New Holland	Taller municipal de Paucarcolla	S/ 4,200 (últimos 6 meses)	6,800hrs	Lista de repuestos New Holland Perú	Manual de usuario y servicio L223
5	Tractor Agrícola	John Deere 5090E – 90 HP	Taller municipal de Paucarcolla	S/ 6,800 (último año agrícola)	2600 hrs	JDParts.com: 5090E Parts Catalog	Manual de Operación JD 5090E

Nota: Fuente Propia

El cuadro nos muestra los datos de las maquinarias y los requerimientos para poder visualizar los aspectos que se requieren para poder empezar nuestro plan de mantenimiento

Tabla 20

Maquinarias

ITEM	CODIGO	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO	SERIE	ESTADO
1	EQUIP001	BACKHOE LOADER	CATERPILLAR	420	2023	L9T	OPERATIVO
2	EQUIP002	LOADER	CATERPILLAR	938H	2001	8RS	INOPERATIVO
3	EQUIP003	VINRATORI SOIL COMPACTOR	CATERPILLAR	CS56	2012	C5S	INOPERATIVO
4	EQUIP004	SKID STEER LOADER	NEW HOLLAND	223I	2012	NN	OPERATIVO
5	EQUIP005	TRACTOR	JHON DEERE	5090e	2023	NN	OPERATIVO

Nota: Fuente propia

En este cuadro vemos que nuestras maquinarias están con un código para poder hacer el registro de manera más visible y poder tener un inventario de las máquinas de la municipalidad, vemos que se están nombrando por el nombre que impone la empresa de fabricación para así tener un mejor entendimiento, por otro lado, el cuadro indica el modelo, marca, año de equipo, serie del equipo y el estado en el que se encuentra.

Tabla 21

Equipos inoperativos

2	EQUIP003	LOADER	CATERPILLAR	938H	2001	8RS	INOPERATIVO
3	EQUIP004	VINRATORI SOIL COMPACTOR	CATERPILLAR	CS56	2012	C5S	INOPERATIVO

Nota: Fuente propia

En esta parte vemos que hay dos maquinarias que están con el estado de INOPERATIVO, según la encuesta verbal que se tuvo con el jefe de

infraestructura, nos comentó que estas maquinarias estuvieron sin funcionamiento por motivos de no tener un plan de mantenimiento y no saber qué tipo de fallas tenían estos equipos.

Paso 2: Nivel de criticidad

Ese paso es muy importante que lo veremos más adelante y la cual nos permitirá realizar el mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad de las maquinarias, para esto debemos de tomar unas buenas decisiones sobre el método que usaremos, para ello nos basamos en el Método Amef.

Para poder hallar el NPR (Numero de Prioridad de Riesgo) tenemos que analizar este indicador por sistemas de nuestras maquinarias, ya que todos con llevan casi los mismos sistemas, tendremos los mismos aspectos con diferencia del tractor agrícola.

Tabla 22

Subsistemas de maquinarias

SISTEMAS	SUB-SISTEMAS
MOTOR	PISTON
	ANILLOS
	CAMISAS
	CILINDROS
	EMPAQUETADURAS
	VALVULA DE ADMISION
	VALVULA DE ESCAPE
	TURBO COMPRESOR
	SENSORES
	ECM
	BOMBA DE INYECCION
	SELENOIDES
	FAJAS DE DISTRIBUCION
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	FILTRO DE REFRIGERANTE
	BOMBA DE REFIRGERANTE
	MANGUERAS
	TERMOSTATO
	RADIADOR



	ENFRIADOR DE ACEITE
SISTEMA DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE	BOMBA DE COMBUSTIBLE
	CARTER
	COLADOR
	FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO
	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO
SISTEMA DE LUBRICACION	FILTRO PRIMARIO
	FILTRO SECUNDARIO
	BOMBA DE ACEITE
	CARTER
SISTEMA ELECTRICO	ECM
	BATERIAS
	FAROS DELANTEROS
	FAROS POSTERIORES
	FUSIBLES
	SENSORES
	CIRCULINA
SISTEMA HIDRAULICO	MANGUERAS
	CONECTORES
	CILINDROS
	SELLOS
	TANQUE HIDRAULICO
	BOMBA HIDRAULICA
IMPLEMENTOS	CUCHARON
	SISTEMA VIBRATORIO
	CANTONERAS
	UÑAS
SISTEMA DE TRANSMISION	BOMBAS
	SELENOIDES
	CONVERTIDOR DE PAR
	CONVERTIDOR DE TORQUE
	CARDANES
	EJES

Nota: Fuente propia

Según la tabla se da a observar los subsistemas de las maquinarias la cual posteriormente se evaluará con los criterios del método AMEF para poder tener nuestro nivel de criticidad con los aspectos de severidad, ocurrencia y detección:

Severidad

Para que nosotros podamos estimar el grado de severidad debemos de tomar en cuenta el efecto de la falla de nuestras maquinarias, en la cual usamos la siguiente escala del 1 al 10 donde:

Tabla 23

Criterio

Escala	Criterio
1	Indica una consecuencia sin efecto
10	Indica una consecuencia grave

Nota: En esta parte nos basamos según: (Leansolutions, s.f.)

FIGURA10

Figura de severidad con conceptos

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Critico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Critico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Nota: (Leansolutions, s.f.)

Ocurrencia

Juntamente para poder asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla esta también se dará en un rango de 1 a 10

FIGURA11

Tabla de ocurrencia

Ocurrencia (Probabilidad de que pase)				
ASQ (American Society for Quality)				
Clasificación	Ocurrencia	Descripción	Frecuencia	Cpk (índice de capacidad real)
10	Muy Alta	La falla del proceso es casi inevitable	1 en 2	0.33
9			1 en 3	0.51
8	Alta	Procesos similares han presentado fallas	1 en 8	0.67
7			1 en 20	
6	Moderada	Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares	1 en 80	0.83
5			1 en 400	1.00
4			1 en 2,000	1.17
3	Baja	Pocas fallas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	1.33
2			1 en 150,000	1.5
1	Remota	Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	> 1.67

Nota: (Leansolutions, s.f.)

Detección

Para cada modo de falla, la detección es la probabilidad de que nuestras fallas sean detectadas.

FIGURA 12

Detección

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Nota: (Leansolutions, s.f.)

Para poder calcular nuestro NPR (NUMERO PRIORITARIO DE RIESGO), necesitamos un valor que establezca una jerarquización de los problemas a través la multiplicación de los aspectos anteriores (ocurrencia, severidad y detección) gracias a esta operación nos dará una jerarquía para poder atacar la falla más crítica.

$$NPR = OCURRENCIA * SEVERIDAD * DETECCION$$

DONDE:



Tabla 24

Criterio

ESCALA	CRITERIO
500 – 1000	ALTO RIESGO DE FALLA
125 – 499	RIESGO DE FALLO MEDIO
1 – 124	RIESGO DE FALLO BAJO
0	NO EXISTE RIESGO DE FALLA



Nota: (Leansolutions, s.f.)

Ahora que tenemos nuestros aspectos a tratar empezamos a discriminar cada componente de la maquinaria pesada de la municipalidad de Paucarcolla mediante los instrumentos de medición.

Tabla 25

Instrumentos utilizados

INSTRUMENTOS UTILIZADO	
Tetragage	
Et Caterpillar	
Common adapter	

CNHEST 9,5	
Scanner John Deere Edl V3	

Nota: En esta tabla mostramos los instrumentos de medición que se usaran para determinar la criticidad de los componentes

Entonces:

MAQUINARIA N° 001 BACKHOE LOADER

FIGURA 13

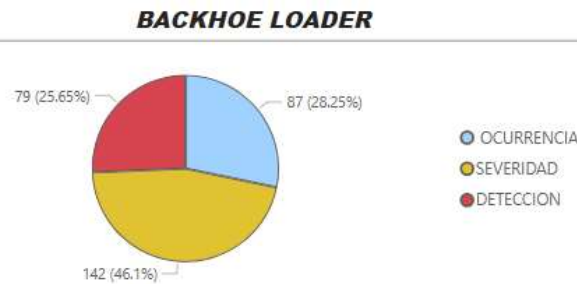
Análisis de criticidad BACKHOE LOADER

SISTEMAS	COMPONENTE	FALLA POTENCIA	EFECTO DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	RPN	
MOTOR	PISTON	Desgaste del pistón	Desgaste natural	Falta de lubricación adecuada	6	4	3	72	
	ANILLOS							0	
	CAMISAS							0	
	CILINDROS	Fuga en cilindros	Junta defectuosa	Calentamiento excesivo y falta de mantenimiento	7	5	3	105	
	EMPAQUETADURAS							0	
	VALVULA DE ADMISION							0	
	VALVULA DE ESCAPE							0	
	TURBO COMPRESOR	Fallo de presión	Acumulación de suciedad	Combustión incompleta y cambio tardío de aceite	6	4	3	72	
	SENSORES							0	
	ECM							0	
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	BOMBA DE INYECCION	Fuga en inyector	Aire en el sistema	Filtro de combustible dañado o vencido	6	4	4	96	
	SELENOIDES							0	
	FAJAS DE DISTRIBUCION	Desgaste de faja	Falta de tensión	Tensión inadecuada y falta de revisión periódica	6	4	3	72	
	FILTRO DE REFRIGERANTE	Obstrucción	Mantenimiento deficiente	No cumplir con el programa de cambio	5	3	4	60	
	BOMBA DE REFRIGERANTE							0	
	MANGUERAS							0	
	TERMOSTATO	Desgaste	Uso prolongado	No se realizó reemplazo según el manual	5	3	3	45	
	RADIADOR	Fugas	Manguera rota	Fatiga de material y vibraciones continuas	6	4	3	72	
	ENRIADOR DE ACEITE							0	
	BOMBA DE COMBUSTIBLE	Fugas	Aire o burbujas	Combustible de baja calidad	6	4	4	96	
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	CARTER							0	
	COLADOR	Obstrucción	Falta de limpieza	Omisión de limpieza durante mantenimientos	5	3	4	60	
	FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO	Acumulación de impurezas	Cambio tardío	Intervalos de cambio no respetados	5	3	3	45	
	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	Saturación de filtro	Mantenimiento deficiente	Combustible de baja calidad	5	3	3	45	
	FILTRO PRIMARIO							7	
	FILTRO SECUNDARIO							4	
	BOMBA DE ACEITE							0	
	CARTER							0	
	SISTEMA ELECTRICO	ECM	Fallos intermitentes	Calor excesivo	Mala ubicación del módulo o sobrecarga eléctrica	6	4	4	96
		BATERIAS	Descarga rápida	Ciclo profundo de carga	Alternador defectuoso o conexiones flojas	6	5	3	90
FAROS DELANTEROS		Falla de iluminación	Vibración o golpes	Soporte flojo o caminos accidentados	4	2	2	16	
FAROS POSTERIORES		Falla de señalización	Cables sueltos	Vibración constante y mal ajuste de conectores	4	2	2	16	
FUSIBLES		Conducto	Fusible vencido	Humedad o sobrecarga eléctrica	5	2	2	20	
SENSORES		Error de lectura	Sensor sucio	(polvo/odo)	5	3	4	60	
CIRCUJINA								0	
MANGUERAS								0	
CONECTORES								0	
SISTEMA HIDRAULICO		CILINDROS							0
	SELLOS							0	
	TANQUE HIDRAULICO	Contaminación	Aceite sucio		5	3	3	45	
	BOMBA HIDRAULICA	Pérdida de presión	Contaminantes en el sistema	Bajo nivel de aceite o fugas externas	7	4	3	84	
IMPLEMENTOS	CUCHARON	Deformación	Impacto	Maniobras agresivas con material rocoso	6	4	4	96	
	SISTEMA VIBRATORIO							0	
	CANTONERAS	Desgaste	Desgaste excesivo	Fricción continua con superficies irregulares	6	3	3	54	
SISTEMA DE TRANSMISION	UNAS							0	
	BOMBAS							0	
	SELENOIDES							0	
	CONVERTIDOR DE PAR	Fuga de presión	Fugas internas	Uso prolongado sin revisar sellos	7	4	3	84	
	CONVERTIDOR DE TORQUE							0	
	CARDANES	Vibración excesiva	Soporte flojo	en bujes	6	3	3	54	
EJES							0		

Nota: Fuente Propia

FIGURA 14

Porcentaje de AMEF



Nota: Fuente propia

MAQUINARIA N° 001 COMPACTADORA

FIGURA15

ANALISIS DE CRITICIDAD COMPACTADORA

SISTEMAS	COMPONENTE	FALLA POTENCIA	EFECTO DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL	SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCION	RPN
MOTOR	PISTON	Desgaste severo	Pérdida total de compresión	Falta de mantenimiento, aceite muy sucio	9	5	4	180
	ANILLOS	Desgaste o rotura	Pérdida de compresión, humo excesivo	Lubricación deficiente, sobrecalentamiento	9	5	8	360
	CAMISAS	Rayaduras o desgaste extremo	Pérdida de potencia y consumo de aceite	Ingreso de partículas, falta de filtrado adecuado	9	5	8	360
	CILINDROS							0
	EMPAQUETADURAS							0
	VALVULA DE ADMISION	Fugas o rotura	Pérdida de fluidos, sobrecalentamiento	Envejecimiento, torque incorrecto en montaje	9	5	8	360
	VALVULA DE ESCAPE							0
	TURBO COMPRESOR	Bloqueo del rotor	Motor no genera potencia	Falta de limpieza y filtro de aire sucio	9	4	9	324
	SENSORES							0
	ECM							0
	BOMBA DE INYECCION							0
	SELENOIDES							0
FAJAS DE DISTRIBUCION							0	
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	FILTRO DE REFRIGERANTE	Obstrucción o saturación	Sobrecalentamiento del motor	Cambio no realizado, refrigerante contaminado	9	5	9	405
	BOMBA DE REFRIGERANTE							0
	MANGUERAS							0
	TERMOSTATO							0
RADIADOR	Rotura por sobrepresión	Sobrecalentamiento crítico	Presión excesiva no controlada	10	4	3	120	
ENFRAMADOR DE ACEITE							0	
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	BOMBA DE COMBUSTIBLE	Falla de bombeo/ presión baja	Motor no arranca o pierde fuerza	Contaminación en el combustible, desgaste interno	9	6	9	486
	CARTER							0
	COLADOR							0
SISTEMA DE LUBRICACION	FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO	Bloqueo total del flujo	Parada total del motor	Filtro saturado o mal combustible	9	4	3	108
	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO							0
SISTEMA DE LUBRICACION	FILTRO PRIMARIO	Obstrucción o saturación	Daños a los empaques	cambio no realizado	10	6	5	300
	FILTRO SECUNDARIO							0
	BOMBA DE ACEITE							0
SISTEMA ELECTRICO	CARTER							0
	ECM	Daño total de la placa	Fallo total del sistema	Sobrecarga eléctrica o humedad	10	3	3	90
	BATERIAS	Descarga total o sulfatación	El motor no arranca, sistema eléctrico muerto	Mala del vehículo, falta de carga, terminales sulfatados				0
	FAROS DELANTEROS							0
SISTEMA ELECTRICO	FAROS POSTERIORES							0
	FUSIBLES	Fusible quemado	Corta de energía a componentes eléctricos	Sobrecarga eléctrica, corto circuito	10	6	4	240
	SENSORES	Lecturas erróneas o nulas	arranque	desconexión, cable dañado	10	6	5	300
	CIRCUITINA							0
SISTEMA HIDRAULICO	MANGUERAS	Fuga o rotura	Pérdida de presión, detención de funciones	Desgaste por uso, presión excesiva, mala instalación	10	5	6	300
	CONECTORES							0
	CILINDROS							0
	SELLOS	Fuga de aceite	Baja presión, contaminación del sistema	envejecimiento, mala instalación	9	5	8	360
SISTEMA HIDRAULICO	TANQUE HIDRAULICO							0
	BOMBA HIDRAULICA	Fugas totales	Sin capacidad hidráulica	Desgaste por aceite sucio	10	5	3	150
	CUCHARON							0
IMPLEMENTOS	SISTEMA VIBRATORIO	Vibración estructural	Inutilización del equipo	Uso prolongado sin revisión	10	4	2	80
	CANTONERAS							0
SISTEMA DE TRANSMISION	UÑAS							0
	BOMBAS							0
	SELENOIDES							0
	CONVERTIDOR DE PAR	Desintegración interna	Pérdida de tracción	Aceite muy contaminado, sin cambio	9	5	4	180
	CONVERTIDOR DE TORQUE							0
	CARDANES							0
	EJES							0

Nota: Fuente propia

FIGURA 16

Porcentaje de AME



Nota: Fuente Propia

MAQUINARIA N° 001 LOADER

FIGURA 17

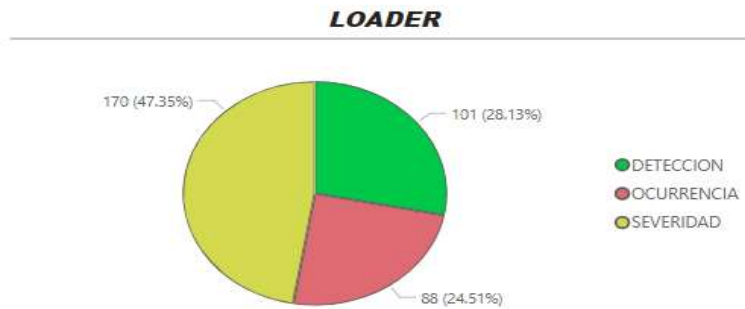
Análisis de criticidad del LOADER

SISTEMAS	COMPONENTE	FALLA POTENCIA	EFECTO DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	RPN
MOTOR	PISTON	Desgaste severo	Pérdida total de compresión	Falta de mantenimiento, aceite muy sucio	9	5	4	180
	ANILLOS	Desgaste o rotura	Pérdida de compresión, humo excesivo	Lubricación deficiente, sobrecalentamiento	9	5	8	360
	CAMASAS	Rizaduras o desgaste extremo	Pérdida de potencia y consumo de aceite	Ingreso de partículas, falta de filtrado adecuado	9	5	8	360
	CILINDROS							0
	EMPAQUETADURAS	Fugas o rotura	Pérdida de fluidos, sobrecalentamiento	Envejecimiento, torque incorrecto en montaje	9	5	8	360
	VALVULA DE ADMISION							0
	VALVULA DE ESCAPE							0
	TURBO COMPRESOR	Bloqueo del rotor	Motor no genera potencia	Falta de limpieza y filtro de aire sucio	9	4	9	324
	SENSORES							0
	ECM							0
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	BOMBA DE INYECCION							0
	SELENOIDES							0
	FALAS DE DISTRIBUCION							0
	FILTRO DE REFRIGERANTE	Ostrucción o saturación	Sobrecalentamiento del motor	Cambio no realizado, refrigerante contaminado	9	5	9	405
	BOMBA DE REFRIGERANTE							0
	MANGUERAS							0
	TERMOSTATO							0
	FRASADOR	Rotura por sobrepresión	Sobrecalentamiento crítico	Presión excesiva no controlada	10	4	3	120
	ENRIADOR DE ACEITE							0
	BOMBA DE COMBUSTIBLE	Falla de bombas/ presión baja	Motor no arranca o pierde fuerza	Contaminación en el combustible, desgaste interno	9	6	9	486
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	CARTER							0
	COLADOR							0
	FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO	Bloqueo total del flujo	Parada total del motor	Filtro saturado o mal combustible	9	4	3	108
	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO							0
SISTEMA DE LUBRICACION	FILTRO PRIMARIO	Ostrucción o saturación	Daños a los empaques	cambio no realizado	10	6	2	360
	FILTRO SECUNDARIO							0
	BOMBA DE ACEITE							0
	CARTER							0
SISTEMA ELECTRO	ECM	Definición de la placa	Fallo total del sistema	Sobrecarga eléctrica o humedad	10	3	3	90
	BATERIAS	Descarga total o sulfatación	El motor no arranca, sistema eléctrico muerto	Vida del vehículo, falta de carga, terminales sulfatados				0
	FAROS DELANTEROS							0
	FAROS POSTERIORES							0
	FUSIBLES	Fusible quemado	Corta de energía a componentes eléctricos	Sobrecarga eléctrica, corto circuito	10	6	4	240
	SENSORES	Lecturas erróneas o nulas	arranque	desconexión, cable dañado	10	6	5	300
SISTEMA HIDRAULICO	CIRCUITINA							0
	MANGUERAS	Fugas o rotura	Pérdida de presión, detención de funciones	Desgaste por uso, presión excesiva, mala instalación	10	5	6	300
	CONECTORES							0
	CILINDROS							0
IMPLEMENTOS	SELLOS	Fuga de aceite	Baja presión, contaminación del sistema	envejecimiento, mala instalación	9	5	8	360
	TANQUE HIDRAULICO							0
	BOMBA HIDRAULICA	Fugas totales	Sin capacidad hidráulica	Desgaste por aceite sucio	10	5	3	150
	COLOCACION							0
SISTEMA DE TRANSMISION	SISTEMA VIBRATORIO							0
	CANTONERAS							0
	BIJES							0
	BOQUAS							0
	SELENOIDES							0
	CONVERTIDOR DE PAR	Desintegración interna	Pérdida de tracción	Aceite muy contaminado, sin cambio	9	4	4	144
	CONVERTIDOR DE TORQUE							0
	EJES							0

Nota: Fuente propia

FIGURA 18

Porcentaje AMEF del LOADER



Nota: Fuente Propia

MAQUINARIA N° 001 MINICARGADOR

FIGURA 19

Análisis De Criticidad Del Minicargador

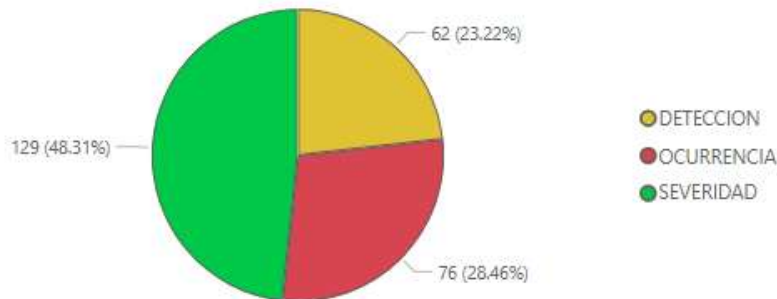
SISTEMAS	COMPONENTE	FALLA POTENCIA	EFFECTO DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	RPN
MOTOR	PISTON	Desgaste	Bajo rendimiento, consumo excesivo de aceite	Alta carga de trabajo, lubricación inadecuada	8	5	3	120
	ANILLOS	Rayado / desgaste	Diminución de compresión, sobrecalentamiento	Contaminantes en la combustión, deficiente filtrado	9	4	3	108
	CAMISAS							0
	CLINDROS							0
	EMPAQUETADURAS	Fugas de aceite / refrigerante	Daños en motor por pérdida de fluidos	Instalación deficiente, fatiga térmica	9	4	3	108
	VALVULA DE ADMISION							0
	VALVULA DE ESCAPE							0
	TURBO COMPRESOR							0
	SENSORES							0
	ECM							0
BOMBA DE INYECCION	SELENOIDES	volaje menor	Pérdida de potencia	Pólv, Batería en mal estado	8	5	4	160
	FAJAS DE DISTRIBUCION							0
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	FILTRO DE REFRIGERANTE	Saturado u obstruido	Sobrecalentamiento	Falta de mantenimiento preventivo	8	4	3	96
	BOMBA DE REFRIGERANTE							0
	MANGUERAS							0
	TERMOSTATO							0
	RADIADOR							0
	ENFRIADOR DE ACEITE							0
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	BOMBA DE COMBUSTIBLE	Baja presión o falla	Pérdida de potencia, motor no arranca	Óxido contaminado, desgaste interno	7	4	3	84
	CARTER							0
	COLADOR							0
	FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO	Tapones y baja filtración	Daños a los cilindros	Diesel contaminado	9	5	6	270
SISTEMA DE LUBRICACION	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO							0
	FILTRO PRIMARIO	Baja presión, tapones en válvulas	Daños a bombas hidráulicas	Acete sucio / falta de mantenimiento	9	5	3	135
SISTEMA DE LUBRICACION	FILTRO SECUNDARIO	Baja presión, tapones en válvulas	Daños a bombas hidráulicas	Acete sucio / falta de mantenimiento	9	5	3	135
	BOMBA DE ACEITE							0
	CARTER							0
	ECM							0
SISTEMA ELECTICO	BATERIAS	Sin carga o sulfatada	No arranca el motor ni el sistema eléctrico	Terminales sulfatados, falta de carga, tin de vida útil	6	4	3	72
	FAROS DELANTEROS							0
	FAROS POSTERIORES							0
	FUSIBLES	Fusible quemado	Fallo de luces, sensores o arranque	Sobrecarga, humedad, envejecimiento	6	4	3	72
	SENSORES	Fallo en la señal o lectura	Parada de máquina, pérdida de control del sistema	Filtración excesiva, humedad, fallos contactos	7	4	3	84
	CIRCUJUNA							0
SISTEMA HIDRAULICO	MANGUERAS	Fugas, rajaduras	Baja presión, sistema hidráulico inoperante	Calor excesivo, abrasión por fricción, acoples flojos	3	4	3	36
	CONECTORES							0
	CLINDROS							0
	SELLOS	Fugas internas	Inestabilidad del brazo y pérdida de potencia	Desgaste por presión continua, fatiga por temperatura	6	3	3	54
SISTEMA DE INYECION	TANQUE HIDRAULICO							0
	BOMBA HIDRAULICA							0
SISTEMA DE TRANSMISION	CLICHARON	Deformación o grietas	Mala recolección de material, respó de des	Golpes constantes, sobrecarga, fatiga	7	5	6	210
	SISTEMA VIBRATORIO							0
	CANTONERAS	Desgaste o rotura	Pérdida de eficiencia al raspar o nivelar, vib	Eccesso de fricción, materiales abrasivos	9	6	5	270
	URAS							0
SISTEMA DE TRANSMISION	BOMBAS							0
	SELENOIDES	PRECONESBAJUS	No hace cambio en F y R	Falta de mantenimiento preventivo	9	5	5	225
	CONVERTIDOR DE PAR TORQUE							0
	CARDANES							0
	EJES							0

Nota: Fuente propia

FIGURA20

Porcentajes del AMEF del MINICARGADOR

MINI CARGADOR



Nota: Fuente Propia

MAQUINARIA N° 001 TRACTOR AGRICOLA

FIGURA21

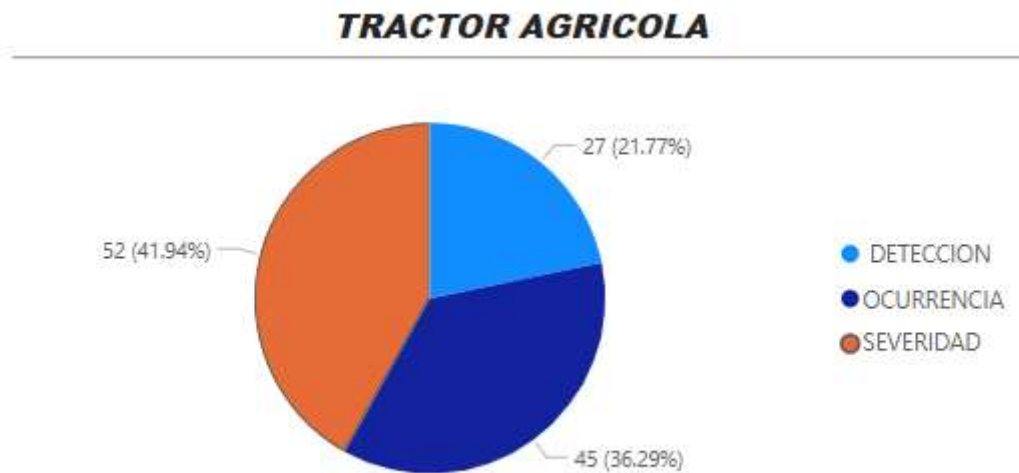
Análisis de criticidad del TRACTOR AGRICOLA

SISTEMAS	COMPONENTE	FALLA POTENCIA	EFFECTO DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	RPM	
MOTOR	PISTON							0	
	ANILLOS							0	
	CAMISAS							0	
	CILINDROS							0	
	EMPUJES/TAJAS							0	
	VALVULA DE ADMISION							0	
	VALVULA DE ESCAPE							0	
	TURBO COMPRESOR							0	
	SENSORES							0	
	ECM							0	
BOMBA DE INYECCION							0		
SELECCIONES	Bajo voltaje	perdida de potencia	Daños al ECM/DE MOTOR		8	8	1	40	
FAJAS DE DISTRIBUCION								0	
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	FILTRO DE REFRIGERANTE	Ostrucción	Sobrecalentamiento del motor	No se reemplazó a tiempo, suciedad a		7	5	4	140
	BOMBA DE REFRIGERANTE							0	
	MANGUERAS							0	
	TERMOSTATO							0	
	RAPIADOR							0	
	ENFRIADOR DE ACEITE							0	
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	BOMBA DE COMBUSTIBLE	Pérdida de presión o bloqueo	Motor no arranca o se detiene	Diesel contaminado, obstrucción en l	8	6	3	144	
	CARTER							0	
	COLADOR							0	
	FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO							0	
SISTEMA DE LUBRIFICACION	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO							0	
	FILTRO PRIMARIO							0	
	FILTRO SECUNDARIO							0	
SISTEMA ELECTRICO	BOMBA DE ACEITE							0	
	CARTER							0	
	ECM							0	
	BATERIAS							0	
	FAROS DELANTEROS							0	
SISTEMA HIDRAULICO	FAROS POSTERIORES							0	
	FUSIBLES	Fusibles quemados	Pérdida de funciones eléctricas o arranque	Sobrecarga eléctrica, humedad	8	5	2	80	
	SENSORES	Lectura errónea o fallida	Paradas inesperadas, datos incorrectos al	Choques, humedad, conectores flojos	7	6	1	42	
	CIRCUITUM							0	
	MANGUERAS							0	
	CONECTORES							0	
SISTEMA DE TRANSMISION	CILINDROS							0	
	SELLOS	Fugas internas o externas	Pérdida de precisión en el sistema hidráulico	Presión alta continua, mal montaje	8	5	5	150	
	TANQUE HIDRAULICO							0	
	BOMBA HIDRAULICA							0	
SISTEMA DE TRANSMISION	CUCHARON							0	
	SISTEMA VIBRATORIO							0	
	CANTONERAS							0	
	LUÑAS							0	
	BOMBAS							0	
EMBRAGUE	Patillaje o falla al acoplar	Imposibilidad de moverse o pérdida de fuer	Desgaste, mala operación del operad	6	5	5	150		
CAJA DE CAMBIOS	Cambio errático o bloqueo	Imposibilidad de cambiar velocidad	Mal uso, desgaste interno	5	5	6	150		
CONVERTIDOR DE TORQUE								0	
TONQUE								0	
CARDANES								0	
EJES								0	

Nota: Fuente Propia .

FIGURA 22

Porcentajes de AMEF del TRACTOR AGRICOLA



Nota: *Fuente Propia*

Tabla 26

Discriminación del AMEF de maquinarias

RANGO	CRITERIO
> 100	MUY ALTO
<98	ALTO
<40	BAJO

Nota: *En esta tabla se muestra la discriminación del AMEF según este criterio que le estamos dando después de haber hecho el análisis de criticidad de cada equipo.*



Tabla 27

Valoración del AMEF

MAQUINARIA	CODIGO	RANGO	CRITERIO
BACKHOE LOADER	EQUI0001	142	MUY ALTO
LOADER	EQUI0002	170	MUY ALTO
COMPATOR	EQUI0003	170	MUY ALTO
MINICARGADOR	EQUI0004	129	MUY ALTO
TRACTOR AGRICOLA	EQUI0005	52	ALTO

Nota: *Se muestra en esta tabla ya la discriminación completa de cada maquinaria con su respectivo criterio en el estado en el que se encuentra.*

Paso 3: Desarrollar ordenes de trabajo de Mantenimiento Preventivo

Muy aparte de los chequeos debemos tener una OT (Orden de Trabajo) las cuales trata de tener una lista de requerimientos como las herramientas y los materiales que se usaran para realizar el mantenimiento preventivo, para este caso usamos un periodo trimestral.


Recordemos que cada Ot debe de estar relacionada a las maquinarias las cuales esta nos podrá definir la tarea del Mantenimiento Preventivo. Toda OT debe de incluir los siguientes aspectos:

- Tipo de trabajo
- Descripción del trabajo
- Lugar de ejecución del trabajo
- Tiempo estimado
- Herramientas
- Repuestos y materiales que se necesiten
- Planos, manuales
- Horómetro de la maquinaria



FIGURA 23

OT para Municipalidad de Paucarcolla

				
MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA				
ORDEN DE TRABAJO				
FECHA		MARCA		FECHA DE INICIO
EQUIPO		HOROMETRO		FECHA DE FINALIZACION
MODELO		TIPO DE MANTENIMIENTO		LUGAR DE TRABAJO
MATERIALES UTILIZADOS				
CONCEPTO				
N°	REPUESTOS		CANTIDAD	PRECIO
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
TOTAL				
PERSONAL			FIRMA	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS			UNIDAD	CANTIDAD
OBSERVACIONES				
RESPONSABLE				

Nota: *Este es un formato donde se muestra la OT que se propondrá para poder realizar el seguimiento a cada maquinaria y cada acción que se va a dar. (Fuente Propia)*

Paso 4: Desarrollar nuestro plan de Mantenimiento

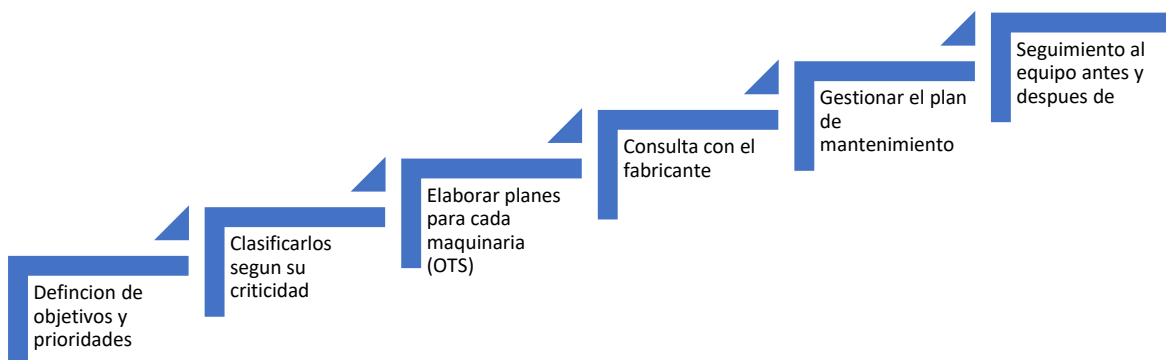
Para que la disponibilidad de nuestra maquinaria mejore se necesita un plan de mantenimiento proactivo teniendo en cuenta un contador (horómetro).

Bajo esto se encontrará las listas de verificación, horómetro de cada maquinaria, programar una retroalimentación los operadores y el personal de mantenimiento la cual esto será más dinámico.

Se utilizó el manual de operación y servicio para poder realizar el plan de mantenimiento según a nuestro análisis de criticidad y dando más énfasis en ellos para así alargar la vida útil y mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la municipalidad de Paucarcolla, donde se muestra en el Anexo N° 10 para mayor entendimiento.

FIGURA24

Pasos para realizar el plan de mantenimiento



Nota: *(Fuente Propia)*

Presupuesto para la cotización de los repuestos.

Para esta parte nosotros realizamos de parte una cotización a empresas de la ciudad de Juliaca para poder obtener los componentes y poder realizar el mantenimiento preventivo a cada maquinaria de la municipalidad de Paucarcolla.

Entonces usaremos el sofwar del siscat para poder obtener las piezas correctas y no tener algún inconveniente al realizar la cotización.

Municipalidad de Paucarcolla										
Índice de Insumos para mantenimiento preventivo de cada maquinaria										
Equipo	Sistema	Insumo	Cantidad	Observaciones	Total_USD	Total_PEN	IGV_18%_PEN	Margin_10%_PE	Total_Final_PEN	
Retrosacadora CAT	Motor	Kit filtro (aceite + aire + combustible)	1	Repuesto original Ferreyros	320	5107.2	109.3	110.72	5437.22	
Retrosacadora CAT	Hidráulica	Filtro hidráulico (ej. IR-0789 / equivalente)	1	Verificar número de parte	80	276.8	49.82	27.68	354.3	
Retrosacadora CAT	Eléctrico	Relé 24V (repuesto)	1	Consultar disponibilidad Ferreyros s.	60	207.6	37.37	20.76	265.73	
Retrosacadora CAT	Eléctrico	Switch / interruptor (panel/encendido)	1	Repuesto original CAT	40	138.4	24.91	13.84	177.15	
Cargador frontal CAT	Motor	Filtro aceite motor (Flawguard o CAT)	1	Repuesto alternativo disponible	30	103.8	18.68	10.38	132.86	
Cargador frontal CAT	Motor	Filtro combustible	1	Verificar compatibilidad con modelo	35	121.3	21.8	12.13	155.01	
Cargador frontal CAT	Hidráulica	Filtro hidráulico	1	Repuesto original CAT	80	276.8	49.82	27.68	354.3	
Cargador frontal CAT	Eléctrico	Relé / fusible / pequeños eléctricos (set)	1	Sugerido stock mínimo 2 unidades	50	173	31.54	17.3	221.44	
Mini cargador New Holland	Motor	Filtro aceite (elemental)	1	Repuesto OEM	28	96.88	17.44	9.69	124.01	
Mini cargador New Holland	Motor	Filtro combustible	1	Verificar disponibilidad en Newmas	30	103.8	18.68	10.38	132.86	
Mini cargador New Holland	Hidráulica	Filtro hidráulico (New Holland)	1	Verificar código exacto	65	224.9	40.48	22.49	287.87	
Mini cargador New Holland	Eléctrico	Switch / relé pequeño	1	Repuesto genérico disponible	35	121.3	21.8	12.13	155.01	
Tractor John Deere	Motor	Filtro aceite John Deere (ej. RES04836-o)	1	Repuesto original John Deere	45	155.7	28.03	15.57	199.3	
Tractor John Deere	Motor	Filtro combustible / separador de agua	1	Consultar sucursal John Deere taller	40	138.4	24.91	13.84	177.15	
Tractor John Deere	Hidráulica	Filtro hidráulico / retorno	1	Repuesto original	70	242.2	43.6	24.22	310.02	
Tractor John Deere	Eléctrico	Switch de encendido / relé	1	Verificar amperaje correcto	30	138.4	24.91	13.84	177.15	
Varios	Eléctrico	Largo fusibles / bornillas / conexiones	2	Repuestos menores	24	41.52	7.47	4.15	53.14	
Varios	Herramientas	Seños / juntas menores (kits)	4	Usar stock disponible	72	62.28	11.21	6.23	79.29	
Varios	Lubricantes	Acetite motor (20L) - por equipo (referencia)	4	Usar aceite recomendado por fabrica	340	294.5	53.81	29.45	377.76	
TOTAL									6572.29	

Paso 5: Mantener el Historial de los equipos

Esto lo usamos para tener una buena historia de nuestras maquinarias y así mantener la disponibilidad y evitar las fallas. Esto es un buen indicador para nuestro mantenimiento porque en pocas municipalidades llevan el control de sus maquinarias la cual esto puede llevar a un deterioro total de la maquinaria como las que tenemos dentro de la municipalidad de Paucarcolla. Para un buen Historial de nuestros equipos necesitamos:

1. Detectar fallas
2. Desarrollar una retroalimentación a los operadores y técnicos
3. Costo de la mano de obra, costo de repuestos



4.1 .- Detectar fallas

Para este caso nosotros creamos un formato donde el operador o técnico operador nos indicara en qué momento se paró la máquina para así hacerle un seguimiento severo a cada maquinaria de la municipalidad.

FIGURA25

Cuadro de historial de fallas para la municipalidad.

HISTORIAL DE FALLAS									
ITEM	MAQUINARIA	FECHA	N° DE OT	SISTEMA	FALLA	DESCRIPCION	TUVO PARADA EL EQUIPO	TIEMPO DE PARADA	HOROMETRO
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									

Nota: *Este es un formato donde el técnico o supervisor tendrá que llenar para poder hacer el seguimiento a la maquinaria.*

4.2 .- Desarrollar una retroalimentación a operadores y técnicos

Para la implementación de la capacitación de los técnicos se aplicará los siguientes días y temas para el año 2025.

FIGURA 26*Cuadro de fechas de charlas*

Fecha	Día	Tema de Charla	Responsable	Lugar	Firma de Asistentes
2/06/2025	Lunes	Inspección diaria de maquinaria pesada	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
5/06/2025	Jueves	Chequeo del sistema de frenos	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
9/06/2025	Lunes	Interpretación de paneles y alarmas	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
12/06/2025	Jueves	Cambio de filtros y control de contaminantes	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
16/06/2025	Lunes	Diagnóstico básico de fallas electrónicas	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
19/06/2025	Jueves	Lubricación y tipos de aceites recomendados	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
23/06/2025	Lunes	Revisión del sistema de combustible	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
26/06/2025	Jueves	Evaluación de disponibilidad técnica	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
30/06/2025	Lunes	Seguridad en mantenimiento eléctrico	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	
3/07/2025	Jueves	Planificación de mantenimiento preventivo	Jefe de mantenimiento	Taller Municipal	

Nota: Este es una figura donde nos indica la fecha, el tema, responsable y lugar donde se dará la charla para poder prevenir futuras fallas y mejorar la cultura de mantenimiento en operadores y técnicos.

4.3 .- Costo de mano de obra

Para el costo de mano de obra nosotros nos basamos en los siguientes para poder dar un costo hora hombre para un mantenimiento preventivo básico, y uno programado

- Tarifarios referenciales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)
- Proyectos financiados por el MEF – Invierte.pe



- Tarifas de empresas contratistas (Ferreyros, Komatsu-Mitsui, JRC, COSAPI, entre otras)
- Información recogida de técnicos de mantenimiento y supervisores locales en zonas rurales.

Tabla 28

Cuadro de costos de hora hombre para el mantenimiento

Tipo de mantenimiento	Tipo de personal	Tarifa por hora (S/.)	Horas estimadas por tarea	Costo total por tarea (S/.)
Preventivo básico	Técnico mecánico	25	4 h	100
	Lubricador / ayudante técnico	18	4 h	72
	Subtotal			172
Preventivo programado	Técnico mecánico senior	30	6 h	180
	Electricista / técnico auxiliar	25	4 h	100
	Supervisor de mantenimiento	35	2 h	70
	Subtotal			350

Nota: Este cuadro nos muestra el total de presupuesto que se dará para las reparaciones de los predictivos.

Paso 6: Tipo de contrato

Se debe de tener en cuenta la evaluación que se inició en el mes de enero del 2025 donde la municipalidad solo trabaja de 8 am a 5 pm los lunes y viernes y donde no se considera los días feriados, sábados y domingos. La cual se tiene un trabajo de 8 hrs diarias. Ahora aquí definimos que la maquinaria trabaja según el contrato de los locadores del lugar, teniendo en cuenta esto detallamos según el tipo de contrato de las maquinarias pesadas.



Tipo de contrato 2024 – 2025 DE LA RETROEXCADADORA

FIGURA27

Tipo de contrato

PROGRAMACION DE MAQUINARIA RETRO EXCAVADORA 2025								
ITEM	DIA	HORA	RETRO EXACABADORA	DESCRIPCION DEL TRABAJO	LUGAR DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO	PRECIO DE MAQUINARIA POR HORA	ESTADO
01	26/12/2024	8:00 a.m.	X	TRASLADO DE PIEDRA 2 VOLQUETADAS	PAUCARCOLLA	5.00	110.00	ATENDIDO
02	27/12/2024	8:00 a.m.	X	NIVELACION DE TERRENO	YANICO RUMINI	2.00	110.00	ATENDIDO
03	28/12/2024	8:00 a.m.	X	APERTURA DE POZO DE 12X6 profundidad	LLOCAJACHI	4.00	110.00	ATENDIDO
04	29/12/2024	6:00 a.m.	X	EXCABACION DE POZO Y ZANJAS	CUPI	3.00	110.00	ATENDIDO
05	6/01/2025	8:00 a.m.	X	APERTURA DE POZO DE 12X6 profundidad	LLOCAJACHI	4.00	110.00	ATENDIDO
06	7/01/2025	8:30 a.m.	X	NIVELACION	PAUCARCOLLA	0.30	110.00	ATENDIDO
07	10/10/2024	3:00 p.m.		ELIMINACION DE MATERIAL + RETRO EXCA	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 1,120.00	ATENDIDO
08	15/01/2025	8:00 a.m.	X	NIVELACION DE TERRENO TRASLADO	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 110.00	ATENDIDO
09	16/01/2025	1:00 p.m.	X	LIMPIEZA DE POZO	SACHASOCUMI	1.00	S/ 110.00	ATENDIDO
10	16/01/2025	9:00 a.m.	X	NIVELACION DE PISO	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 220.00	ATENDIDO
11	16/01/2025	15:30 pm	X	ACUMULACION DE HORMIGON	PAUCARCOLLA	0.15	S/ 28.00	ATENDIDO
12	20/01/2025		X	NIVELACION	COLILA	2.00	S/ 220.00	ATENDIDO
13	21/01/2025	MIERCOLES	X	TRASLADO DE PIEDRA 2 VOLQUETADAS	PAUCARCOLLA	1.00	140.00	ATENDIDO
14	22/01/2025	lunes	x	traslado de piedra 2 viajes + retro	apacheta - km 19	2.00	S/ 330.00	ATENDIDO
15	23/01/2025	4/11/2024	x	limpieza de pozo	llantapampa	5.00	S/ 700.00	ATENDIDO
16	24/01/2025	11/1124		EXCABACION	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 1,120.00	ATENDIDO
17	25/01/2025	11/1125		traslado de huano chulara hasta jijnata	PAUCARCOLLA	5.00	S/ 700.00	ATENDIDO
18				EXCABACION	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 1,120.00	ATENDIDO
19	8/02/2025	8:00 a.m.	x	esxcabacion para cimentacion	chingarani	3.00	S/ 330.00	ATENDIDO
20	8/02/2025	#####	x	esxcabacion para cimentacion	chingarani	1.00	S/ 110.00	ATENDIDO
21	8/02/2025	2.00pm	x	excavacion limpieza de pozo	cocotea	2.00	S/ 220.00	ATENDIDO
22	11/02/2025	08:00	X	limpieza de pozo	llantapampa	2.00	S/ 220.00	ATENDIDO
23	11/02/2025	11:00 am	x	limpieza de rio descolmacion	paccha	1.30	S/ 165.00	ATENDIDO
24	11/02/2025	2:00 p.m.	x	carguio y trasladode piedra (chulara - pueb	chulara-pueblo	1.00	S/ 220.00	ATENDIDO
25	13/02/2025	08:00	X	limpieza de pozo	llantapampa	1.00	S/ 110.00	ATENDIDO
26	14/02/2025	10:00	X	paucarcolla - sector pucamocco	pucamocco	2.00	S/ 220.00	ATENDIDO
27	15/02/2025	04:00	X	paucarcolla - sector pucamocco	pucamocco	3.00	S/ 420.00	ATENDIDO
28	14/02/2025	7:00 a.m.		traslado de piedra	COLLANA	10.00	S/ 140.00	ATENDIDO
29	14/02/2025	8:00am	X	limpieza de rio descolmacion	paccha	1.30	S/ 165.00	ATENDIDO
30	14/02/2025	11:00	X	zanja para cimiento	km 19 (costado	1.00	S/ 110.00	ATENDIDO
31	15/02/2025	01:00	X	carguio de material	jijnata	2.00	S/ 220.00	ATENDIDO
32	16/02/2025	01:00		traslado de material abono	jijnata - chulara	2.00	S/ 280.00	ATENDIDO
33	17/02/2025	09:00	x	trabajo en obra todo el dia	moro	8.00	S/ 1,120.00	ATENDIDO
34	18/02/2025	09:00	x	trabajo en obra todo el dia	moro	8.00	S/ 1,120.00	ATENDIDO
35	5/03/2025	08:00	x	carguio de piedra	huancarani	2.00	S/ 280.00	ATENDIDO
36	5/03/2025	08:00		carguio de piedra	huancarani-pea	2.00	S/ 280.00	ATENDIDO
37	5/03/2025	11.00	x	nivelcion de terreno	cuajata	2.00	s/ 250.00	ATENDIDO
38	10/03/2025	08:00	x	carguio de material desmonte	paucarcolla	2.00	S/ 220.00	ATENDIDO
39	10/03/2025	08:00		carguio de material desmonte 2 viajes	paucarcolla	2.00	S/ 280.00	ATENDIDO
40	10/03/2025	08:00	x	cargui de material desmonte	huancarani	2.00	S/ 220.00	ATENDIDO
41	10/03/2025	08:00		carguio de material desmonte 2 viajes	paucarcolla	2.00	S/ 200.00	ATENDIDO
42	15/03/2025	11.00	x	cargui de material desmonte	jijnata	2.00	S/ 420.00	ATENDIDO
43	16/03/2025	11.00		carguio de material desmonte 2 viajes	jijnata	2.00	S/ 380.00	ATENDIDO
44	17/03/2025	08:00	x	carguio de material desmonte	paucarcolla	1.00	S/ 110.00	ATENDIDO
45	20/03/2025	09:00	x	LIMPIEZA DE POZO	YANICO RUMINI	3.30	S/ 415.00	ATENDIDO
46	21/03/2025	00:00	x	MOVMIENTO DE TIERRAS		8.00	S/ 1,120.00	ATENDIDO
47	22/03/2025	8.00 am	x	limpieza	palca	2.00	S/ 250.00	ATENDIDO
48	27/03/2025	8.00 am	x	traslado de material	paucarcolla	1.00	S/ 110.00	ATENDIDO
49	28/03/2025	8.00 am	x	EXACVACION DE ZANJA	paucarcolla	2.00	S/ 250.00	ATENDIDO

Nota: En esta tabla se muestra el contrato de la maquinaria.

MINICARGADOR

FIGURA 28

Tipo de contrato para MINICARGADOR

PROGRAMACION DE MAQUINARIA MINI CARGADOR 2025								
ITEM	DIA	HORA	MINI CARGADOR	DESCRIPCION DEL TRABAJO	LUGAR DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO	PRECIO DE MAQUINARIA PORHORA	ESTADO
01	26/12/2024	8:00 a. m.	X	TRASLADO DE PIEDRA 2 VOLQUETADAS	PAUCARCOLLA	5.00	S/ 800.00	ATENDIDO
02	27/12/2024	8:00 a. m.	X	NIVELACION DE TERRENO	YANICORUMINI	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
03	28/12/2024	8:00 a. m.	X	APERTURA DE POZO DE 12X6 profundidad	LLOCAJACHI	4.00	S/ 640.00	ATENDIDO
04	29/12/2024	6:00 a. m.	X	EXCABACION DE POZO Y ZANJAS	CUPI	3.00	S/ 480.00	ATENDIDO
05	6/01/2025	8:00 a. m.	X	APERTURA DE POZO DE 12X6 profundidad	LLOCAJACHI	4.00	S/ 640.00	ATENDIDO
06	7/01/2025	8:30 a. m.	X	NIVELACION	PAUCARCOLLA	0.30	S/ 48.00	ATENDIDO
07	10/10/2024	3:00 p. m.		ELIMINACION DE MATERIAL + RETRO EXCA	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 1,280.00	ATENDIDO
08	15/01/2025	8:00 a. m.	X	NIVELACION DE TERRENO TRASLADO	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
09	16/01/2025	1:00 p. m.	X	LIMPIEZA DE POZO	SACHASOCUM	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
10	16/01/2025	9:00 a. m.	X	NIVELACION DE PISO	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
11	16/01/2025	15:30 pm	X	ACUMULACION DE HORMIGON	PAUCARCOLLA	0.15	S/ 24.00	ATENDIDO
12	20/01/2025		X	NIVELACION	COLILA	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
13	21/01/2025	MIERCOLES	X	TRASLADO DE PIEDRA 2 VOLQUETADAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
14	22/01/2025	Lunes	x	traslado de piedra 2 viajes + retro	apacheta - km 1	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
15	23/01/2025	4/11/2024	x	limpieza de pozo	llantapampa	5.00	S/ 800.00	ATENDIDO
16	24/01/2025	11/1124		EXCABACION	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 1,280.00	ATENDIDO
17	25/01/2025	11/1125		traslado de huano chulara hasta jijnata	PAUCARCOLLA	5.00	S/ 800.00	ATENDIDO
18				EXCABACION	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 1,280.00	ATENDIDO
19	8/02/2025	8:00 a. m.	x	excavacion para cimentacion	chingarani	3.00	S/ 480.00	ATENDIDO
20	8/02/2025	#####	x	excavacion para cimentacion	chingarani	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
21	8/02/2025	2.00pm	x	excavacion limpieza de pozo	cocotea	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
22	11/02/2025	08:00	X	limpieza de pozo	llantapampa	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
23	11/02/2025	11:00 am	x	limpieza de rio descolmatacion	paccha	1.30	S/ 208.00	ATENDIDO
24	11/02/2025	2:00 p. m.	x	carguio y traslado de piedra (chulara - pueb	chulara-pueblo	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
25	13/02/2025	08:00	X	limpieza de pozo	llantapampa	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
26	14/02/2025	10:00	X	paucarcolla - sector pucamocco	pucamocco	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
27	15/02/2025	04:00	X	paucarcolla - sector pucamocco	pucamocco	3.00	S/ 480.00	ATENDIDO
28	14/02/2025	7:00 a. m.		traslado de piedra	COLLA	10.00	S/ 1,600.00	ATENDIDO
29	14/02/2025	8:00am	X	limpieza de rio descolmatacion	paccha	1.30	S/ 208.00	ATENDIDO
30	14/02/2025	11:00	X	zanja para cimient	km 19 (costado	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
31	15/02/2025	01:00	X	carguio de material	jijnata	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
32	16/02/2025	01:00		traslado de material abono	jijnata - chulara	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
33	17/02/2025	09:00	x	trabajo en obra todo el dia	moro	8.00	S/ 1,280.00	ATENDIDO
34	18/02/2025	09:00	x	trabajo en obra todo el dia	moro	8.00	S/ 1,280.00	ATENDIDO
35	5/03/2025	08:00	x	carguio de piedra	huancarani	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
36	5/03/2025	08:00		carguio de piedra	huancarani-pea	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
37	5/03/2025	11.00	x	nivelcion de terreno	cuajata	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
38	10/03/2025	08:00	x	carguio de material desmonte	paucarcolla	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
39	10/03/2025	08:00		carguio de material desmonte 2 viajes	paucarcolla	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
40	10/03/2025	08:00	x	cargui de material desmonte	huancarani	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
41	10/03/2025	08:00		carguio de material desmonte 2 viajes	paucarcolla	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
42	15/03/2025	11.00	x	cargui de material desmonte	jijnata	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
43	16/03/2025	11.00		carguio de material desmonte 2 viajes	jijnata	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
44	17/03/2025	08:00	x	carguio de material desmonte	paucarcolla	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
45	20/03/2025	09:00	x	LIMPIEZA DE POZO	YANICORUMINI	3.30	S/ 528.00	ATENDIDO
46	21/03/2025	00:00	x	MOVIMIENTO DE TIERRAS		8.00	S/ 1,280.00	ATENDIDO
47	22/03/2025	8:00 am	x	limpieza	palca	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO
48	27/03/2025	8:00 am	x	traslado de material	paucarcolla	1.00	S/ 160.00	ATENDIDO
49	28/03/2025	8:00 am	x	EXCACION DE ZANJA	paucarcolla	2.00	S/ 320.00	ATENDIDO

Nota: En esta tabla de muestra el contrato de la maquinaria



TRACTOR AGRICOLA

FIGURA29

Contrato TRACTOR AGRICOLA

PROGRAMACION DE MAQUINARIA TRACTOR AGRICOLA 2025								
ITEM	DIA	HORA	TRACTOR AGRICOLA	DESCRIPCION DEL TRABAJO	LUGAR DE TRABAJO	HORAS DE TRABAJO	PRECIO DE MAQUINARIA POR HORA	ESTADO
01	26/12/2024	8:00 a.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
02	27/12/2024	8:00 a.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
03	28/12/2024	8:00 a.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	4.00	S/ 320.00	ATENDIDO
04	29/12/2024	6:00 a.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	3.00	S/ 240.00	ATENDIDO
05	6/01/2025	8:00 a.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	4.00	S/ 320.00	ATENDIDO
06	7/01/2025	8:30 a.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	0.30	S/ 24.00	ATENDIDO
07	10/10/2024	3:00 p.m.		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 640.00	ATENDIDO
08	15/01/2025	8:00 a.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
09	16/01/2025	1:00 p.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
10	16/01/2025	9:00 a.m.	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
11	16/01/2025	15:30 pm	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	0.15	S/ 12.00	ATENDIDO
12	20/01/2025		X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
13	21/01/2025	MIERCOLES	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
14	22/01/2025	lunes	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
15	23/01/2025	4/11/2024	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	5.00	S/ 400.00	ATENDIDO
16	24/01/2025	11/1124		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 640.00	ATENDIDO
17	25/01/2025	11/1125		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	5.00	S/ 400.00	ATENDIDO
18				TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 640.00	ATENDIDO
19	8/02/2025	8:00 a.m.	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	3.00	S/ 240.00	ATENDIDO
20	8/02/2025	#####	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
21	8/02/2025	2.00pm	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
22	11/02/2025	08:00	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
23	11/02/2025	11:00 am	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.30	S/ 104.00	ATENDIDO
24	11/02/2025	2:00 p.m.	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
25	13/02/2025	08:00	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
26	14/02/2025	10:00	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
27	15/02/2025	04:00	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	3.00	S/ 240.00	ATENDIDO
28	14/02/2025	7:00 a.m.		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	10.00	S/ 800.00	ATENDIDO
29	14/02/2025	8:00am	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.30	S/ 104.00	ATENDIDO
30	14/02/2025	11:00	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
31	15/02/2025	01:00	X	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
32	16/02/2025	01:00		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
33	17/02/2025	09:00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 640.00	ATENDIDO
34	18/02/2025	09:00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 640.00	ATENDIDO
35	5/03/2025	08:00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
36	5/03/2025	08:00		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
37	5/03/2025	11.00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
38	10/03/2025	08:00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
39	10/03/2025	08:00		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
40	10/03/2025	08:00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
41	10/03/2025	08:00		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
42	15/03/2025	11.00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
43	16/03/2025	11.00		TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
44	17/03/2025	08:00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
45	20/03/2025	09:00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	3.30	S/ 264.00	ATENDIDO
46	21/03/2025	00:00	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	8.00	S/ 640.00	ATENDIDO
47	22/03/2025	8.00 am	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO
48	27/03/2025	8.00 am	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	1.00	S/ 80.00	ATENDIDO
49	28/03/2025	8.00 am	x	TRACTOREADO TIERRAS	PAUCARCOLLA	2.00	S/ 160.00	ATENDIDO

Nota: En esta tabla se muestra el movimiento que tuvo el tractor agrícola mostrando cuantas horas trabajo.



Teniendo en cuenta el tipo de trabajo que tienen nuestras maquinarias (retroexcavadora, tractor agrícola, minicargador) empezamos a analizar el tiempo de trabajo, horas de parada según el operador y las horas trabajadas en los meses de enero a marzo, esto se analizara después de la implementación de nuestro PMP y aplicación de seguimiento de las maquinarias.

Tabla 29

Seguimiento de maquinaria

Mes	Maquinaria	Horas Programadas	Horas Trabajadas	Horas Detenidas
Enero	Cargador Frontal	160	0	160
Febrero	Cargador Frontal	160	0	160
Marzo	Cargador Frontal	160	0	160
Enero	Retroexcavadora	160	40	120
Febrero	Retroexcavadora	160	50	110
Marzo	Retroexcavadora	160	55	105
Enero	Minicargador	160	30	130
Febrero	Minicargador	160	35	125
Marzo	Minicargador	160	45	115
Enero	Compactadora	160	0	160
Febrero	Compactadora	160	0	160
Marzo	Compactadora	160	0	160
Enero	Tractor Agrícola	160	50	110
Febrero	Tractor Agrícola	160	55	105
Marzo	Tractor Agrícola	160	60	100

Nota: *En esta tabla se muestra los datos de las maquinarias del mes de enero a marzo .*



Teniendo en cuenta los datos de la tabla 26 empezamos a calcular la disponibilidad antes de aplicar el plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la municipalidad para así tener una referencia del cambio de estos.

Disponibilidad operacional

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \left(\frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas programadas}} \right) \times 100$$

Ejemplo según el mes de enero

Horas programadas: 160

Horas trabajadas: 40

Entonces:

$$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{40}{160} \right) \times 100 = 25.00\%$$

Ahora, las horas programadas representan la cantidad total de horas donde la maquina debería de estar disponible, como ya mencionado la municipalidad trabaja las:

$$8\text{hrs días esto} \times 20 \text{ días hábiles} = 160 \text{ hora/mes}$$

Las horas trabajadas son las horas realmente cuando estuvo en operación sin fallas.

Teniendo en claro estos aspectos empezamos a calcular la disponibilidad operativa de todas las maquinarias incluyendo las maquinarias que están paradas.



Tabla 30

Cálculo de disponibilidad de maquinarias

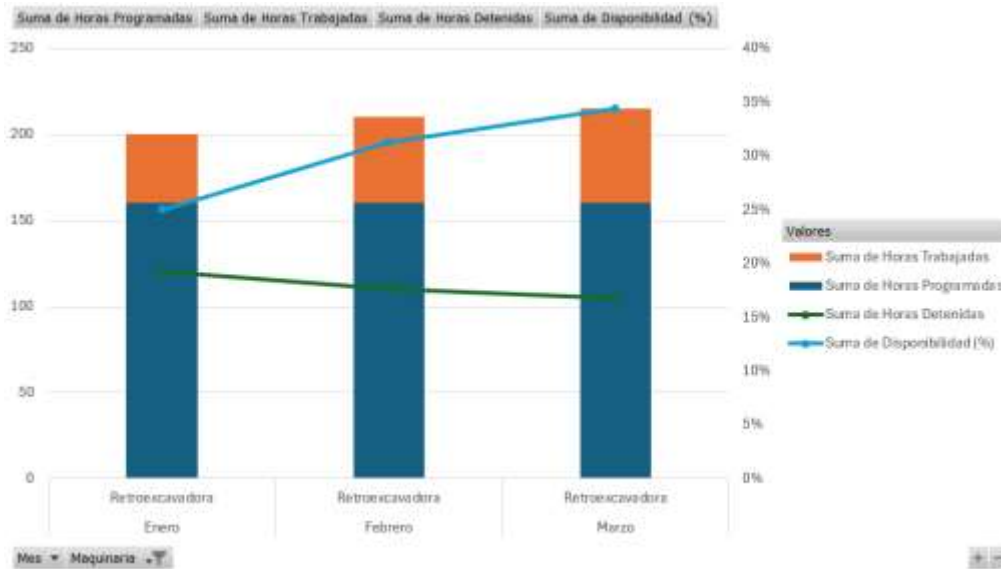
Mes	Maquinaria	Horas Programadas	Horas Trabajadas	Horas Detenidas	Disponibilidad (%)
Enero	Cargador Frontal	160	0	160	0%
Febrero	Cargador Frontal	160	0	160	0%
Marzo	Cargador Frontal	160	0	160	0%
Enero	Retroexcavadora	160	40	120	25%
Febrero	Retroexcavadora	160	50	110	31%
Marzo	Retroexcavadora	160	55	105	34%
Enero	Minicargador	160	30	130	19%
Febrero	Minicargador	160	35	125	22%
Marzo	Minicargador	160	45	115	28%
Enero	Compactadora	160	0	160	0%
Febrero	Compactadora	160	0	160	0%
Marzo	Compactadora	160	0	160	0%
Enero	Tractor Agrícola	160	50	110	31%
Febrero	Tractor Agrícola	160	55	105	34%
Marzo	Tractor Agrícola	160	60	100	38%

Nota: *En esta tabla se muestra el cálculo de la disponibilidad de cada una de las maquinarias.*

RETROEXCABADORA

FIGURA30

Grafico de disponibilidad

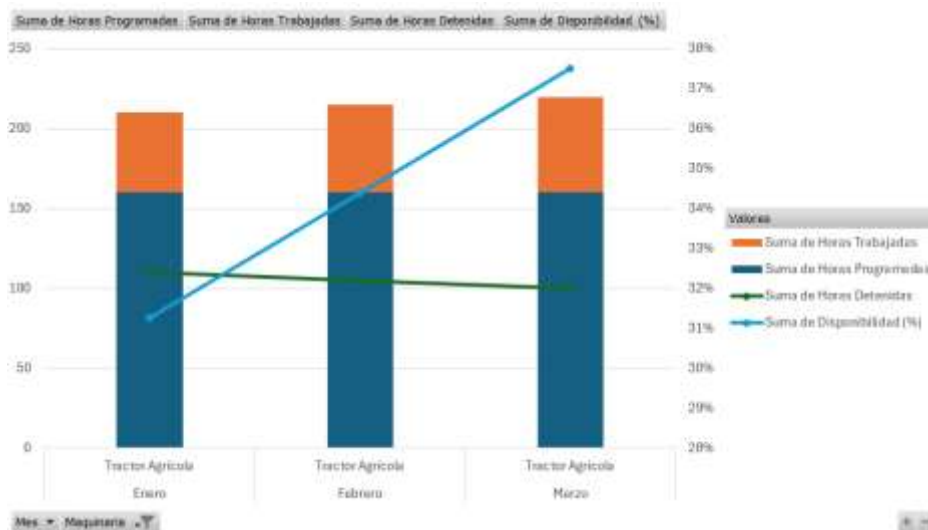


Nota: Fuente Propia

TRACTOR AGRICOLA

FIGURA31

Gráfico de disponibilidad

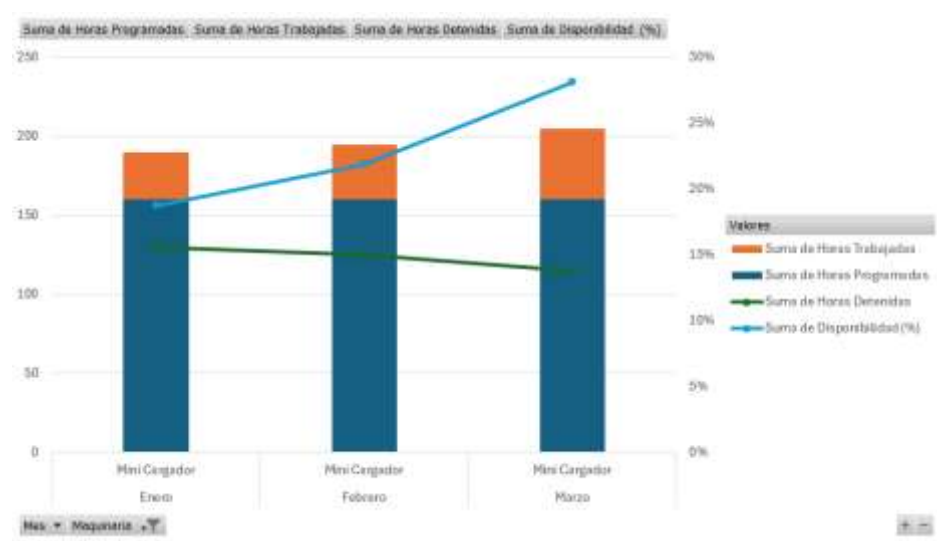


Nota: Fuente Propia

MINICARGADOR

FIGURA32

Grafico de disponibilidad

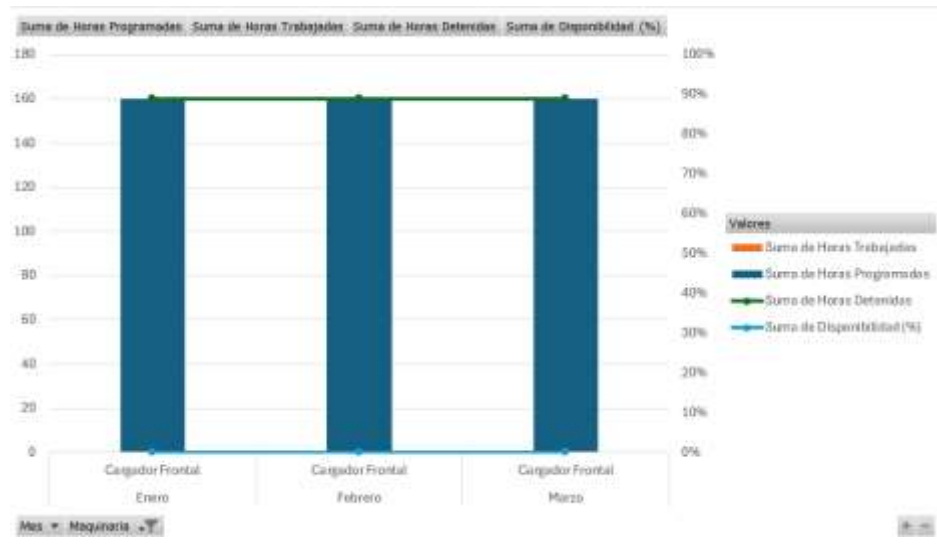


Nota: Fuente Propia

LOADER

FIGURA33

Grafico de disponibilidad

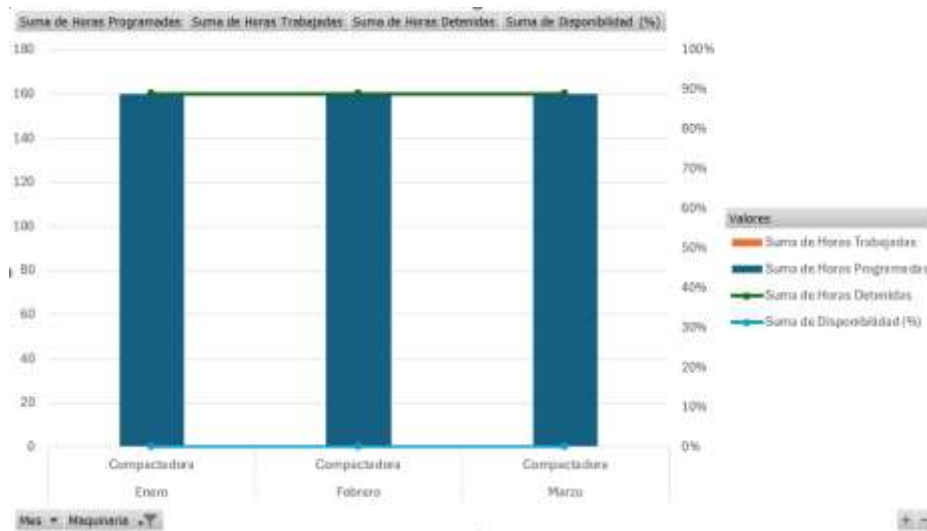


Nota: Fuente Propia

COMPACTADORA

FIGURA34

Gráfico de disponibilidad



Nota: Fuente Propia

Evaluación De La Disponibilidad Aplicando Del Plan De Mantenimiento Preventivo

Como consiguiente, se muestra un cuadro donde se ve la disponibilidad de la maquinaria pesada aplicando el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad en un periodo de 3 meses:



Tabla 31

Cálculo de disponibilidad después de aplicar el PMP

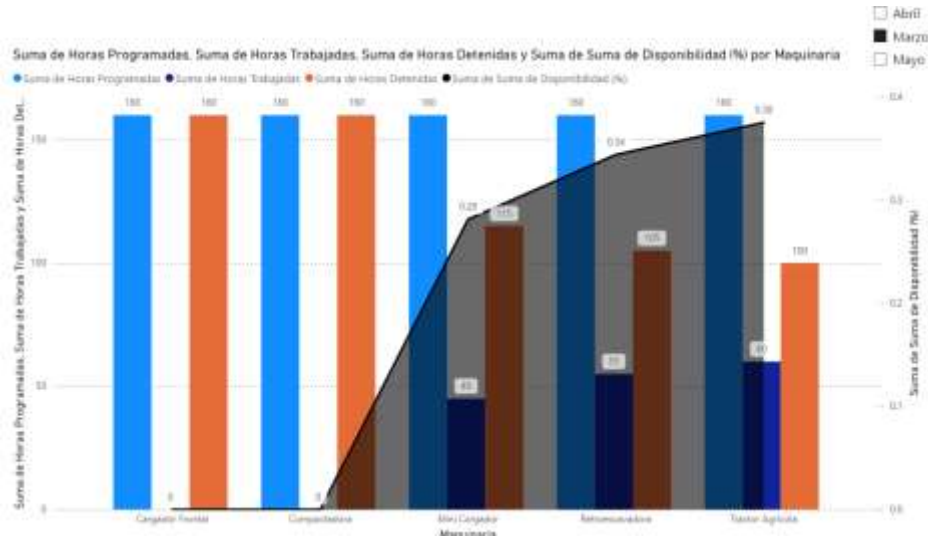
Mes	Maquinaria	Horas Programadas	Horas Trabajadas	Horas Detenidas	Disponibilidad (%)
Marzo	Cargador Frontal	160	0	160	0.00 %
Abril	Cargador Frontal	160	60	100	37.50 %
Mayo	Cargador Frontal	160	100	60	62.50 %
Marzo	Retroexcavadora	160	55	105	34.38 %
Abril	Retroexcavadora	160	120	40	75.00 %
Mayo	Retroexcavadora	160	140	20	87.50 %
Marzo	Minicargador	160	45	115	28.12 %
Abril	Minicargador	160	100	60	62.50 %
Mayo	Minicargador	160	130	30	81.25 %
Marzo	Compactadora	160	0	160	0.00 %
Abril	Compactadora	160	50	110	31.25 %
Mayo	Compactadora	160	90	70	56.25 %
Marzo	Tractor Agrícola	160	60	100	37.50 %
Abril	Tractor Agrícola	160	120	40	75.00 %
Mayo	Tractor Agrícola	160	145	15	90.62 %

Nota: *En esta tabla se muestra el resumen de disponibilidad después de implementar el plan de mantenimiento.*

Marzo

FIGURA35

Grafico de mejora

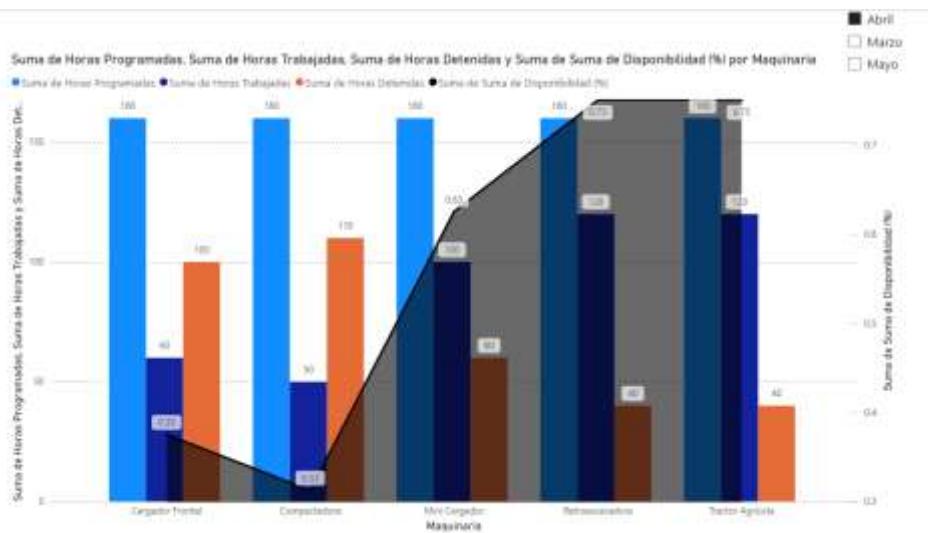


Nota: *Fuente Propia*

Abril

FIGURA36

Grafico de mejora

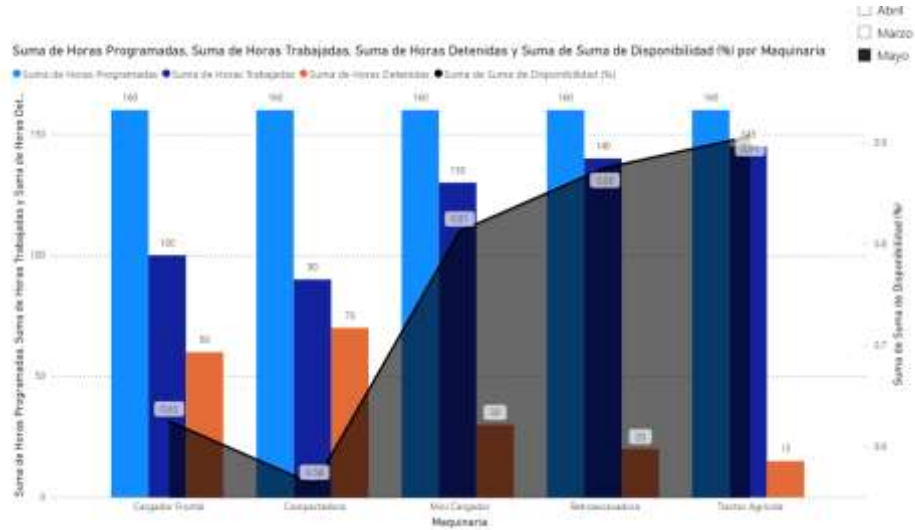


Nota: *Fuente Propia*

Mayo

FIGURA37

Gráfico de mejora

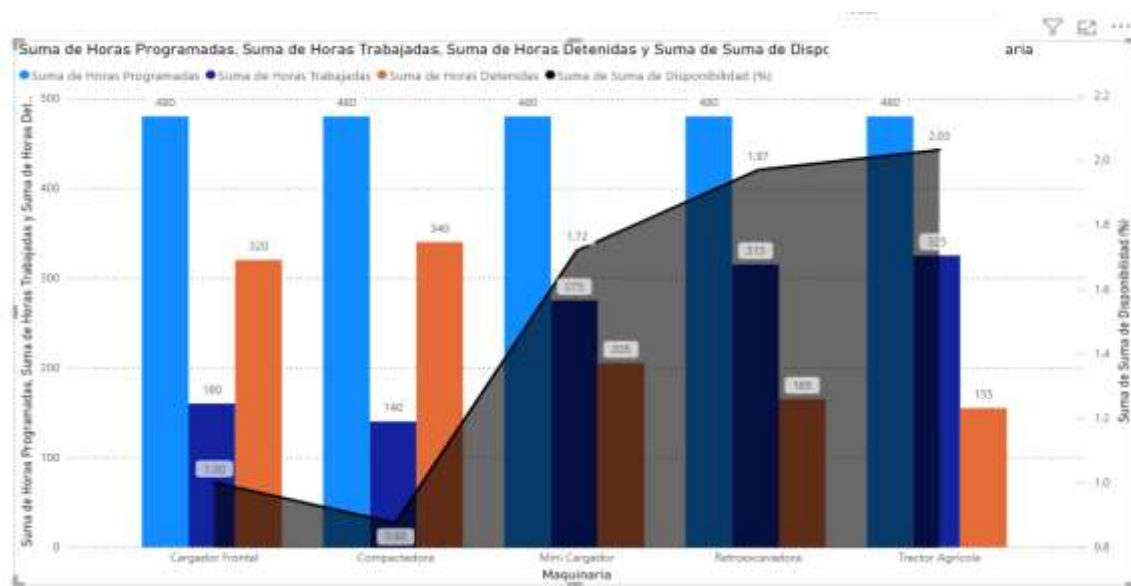


Nota: Fuente Propia

Gráfico de cómo evolucionan nuestras maquinarias gracias al plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad

FIGURA38

Gráfico de mejora



Nota: Fuente Propia

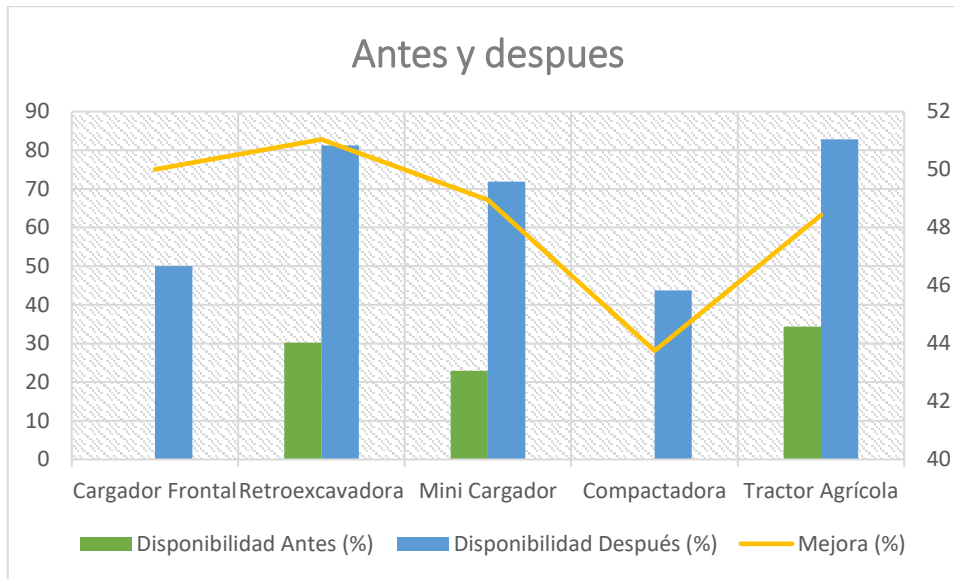
Teniendo los datos ya dados iniciamos un análisis de cuanto fue la mejora de la disponibilidad de antes y después de implementar el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 32

Comparación de la disponibilidad antes y después del PMP

Maquinaria	Disponibilidad Antes (%)	Disponibilidad Después (%)	Mejora (%)
Cargador Frontal	0	50	50
Retroexcavadora	30.21	81.25	51.04
Minicargador	22.92	71.88	48.96
Compactadora	0	43.75	43.75
Tractor Agrícola	34.38	82.81	48.43

Nota: En esta tabla se muestra un cuadro comparativo donde se muestra la mejora entre antes y después



Este análisis demuestra que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tuvo un impacto positivo directo en la operatividad de las máquinas. Equipos que antes estaban completamente fuera de servicio, como el cargador frontal y la compactadora, lograron volver a operar. Y otros equipos, como el tractor agrícola y la retroexcavadora, mejoraron notablemente su rendimiento al reducir el tiempo de fallas.

Disponibilidad técnica.

$$Disponibilidad\ tecnica\ (\%) = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR} \times 100$$

Donde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (horas de operación sin fallas)

MTTR: Tiempo medio para reparar una falla (horas de reparación)



Tabla 33

Tabla de datos y cálculo de MTBF y MTTR

Maquinaria	Horas trabajadas	N.º de fallas	Horas detenidas	MTBF (h)	MTTR (h)
Cargador Frontal	0 h	3	150 h	10	50
Retroexcavadora	145 h	4	80 h	36.25	20
Minicargador	120 h	4	100 h	30	25
Compactadora	0 h	2	80 h	8	40
Tractor Agrícola	165 h	3	60 h	55	20

Nota: En esta tabla se muestra los resultados del MTBF y MTTR.

Como se halla la disponibilidad , MTTR y MTBF para cada maquinaria

Retroexcavadora:

Horas trabajadas: 145 h

N.º de fallas: 4

Horas detenidas: 80 h

MTBF:

$$\frac{145}{4} = 36.25h$$

MTTR:

$$\frac{80}{4} = 20h$$

Disponibilidad Técnica:

$$\frac{36.25}{36.25 + 20} \times 100 = 64.44\%$$

Minicargador:

MTBF: $120 \div 4 = 30$ h



$$\frac{120}{4} = 30h$$

MTTR: $100 \div 4 = 25$ h

$$\frac{100}{4} = 25h$$

Disponibilidad Técnica:

$$\frac{30}{30 + 25} \times 100 = 54.55\%$$

Tractor Agrícola:

MTBF: $165 \div 3 = 55$ h

$$\frac{165}{3} = 55h$$

MTTR: $60 \div 3 = 20$ h

$$\frac{60}{3} = 20h$$

Disponibilidad Técnica:

$$\frac{55}{55 + 20} \times 100 = 73.33\%$$

Mejora de disponibilidad después de la implementación del plan de mantenimiento en los siguientes meses

Tabla 34

Tabla de mejora de disponibilidad en los siguientes meses

Maquinaria	Horas trabajadas	N.º de fallas	Horas detenidas	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad Técnica (%)
Cargador Frontal	160 h	2	40 h	80	20	80.00 %
Retroexcavadora	260 h	2	30 h	130	15	89.66 %
Minicargador	230 h	2	40 h	115	20	85.19 %
Compactadora	140 h	2	60 h	70	30	70.00 %
Tractor Agrícola	265 h	2	35 h	132.5	17.5	88.33 %

Nota: En esta tabla se muestra la disponibilidad técnica de cada maquinaria.

Comparación de la disponibilidad de antes y después

Tabla 35

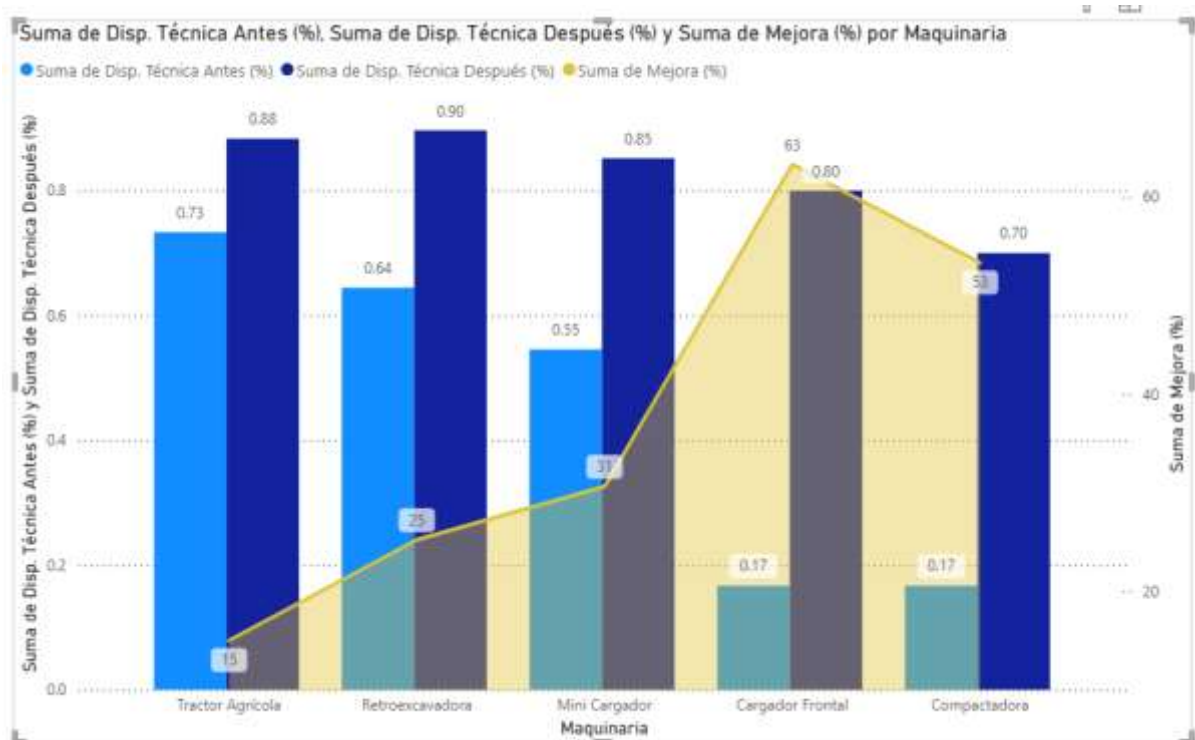
Tabla de comparación de la disponibilidad de antes y después de aplicar el plan de mantenimiento

Maquinaria	MTBF Antes (h)	MTTR Antes (h)	Disp. Técnica Antes (%)	MTBF Después (h)	MTTR Después (h)	Disp. Técnica Después (%)	Mejora (%)
Cargador Frontal	10	50	16.67 %	80	20	80.00 %	63.33
Retroexcavadora	36.25	20	64.44 %	130	15	89.66 %	25.22
Minicargador	30	25	54.55 %	115	20	85.19 %	30.64
Compactadora	8	40	16.67 %	70	30	70.00 %	53.33
Tractor Agrícola	55	20	73.33 %	132.5	17.5	88.33 %	15

Nota: En esta tabla se muestra la comparación del antes, después y cuál fue la mejora del mantenimiento una vez implementado el plan de mantenimiento.

FIGURA 39

Gráfico de comparación de antes y después



Nota: Fuente Propia

Conclusiones:

El cargador frontal y la compactadora, que antes estaban casi inoperativas, mejoraron drásticamente su desempeño.

Las demás maquinarias también aumentaron su disponibilidad técnica, superando en la mayoría de los casos el 85 %, lo que indica alta confiabilidad operativa.

El plan de mantenimiento preventivo tuvo un impacto positivo y medible en toda la flota pesada.



CONCLUSIONES

PRIMERA: La investigación desarrollada permitió demostrar que la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad es una solución técnica viable y eficaz para mejorar el rendimiento operativo de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Paucarcolla. La situación inicial reflejaba una administración ausente de mantenimiento, sin registros técnicos ni programación anticipada, lo cual generaba altos tiempos de inactividad y baja disponibilidad de los equipos.

SEGUNDA: Se aplicó el método AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallos) a cada una de las cinco maquinarias en operación (retroexcavadora, minicargador, tractor agrícola, compactadora y cargador frontal). Esta metodología permitió identificar los modos de falla más frecuentes en componentes críticos como el sistema hidráulico, motor, sistema de refrigeración y el sistema eléctrico-electrónico. A través del cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (RPN), se establecieron los fallos con mayor impacto en la disponibilidad y seguridad operativa. Las máquinas con mayor criticidad fueron el cargador frontal y la compactadora, al presentar altos valores de RPN debido a la recurrencia de fallas y la dificultad de detección anticipada.

TERCERA: Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo ajustado a las condiciones reales de uso de la maquinaria. El plan incluyó un cronograma detallado de inspecciones diarias, semanales y mensuales; listas de chequeo por componente y capacitación básica



al personal operativo. La implementación del plan en el periodo abril– mayo demostró su efectividad: la disponibilidad técnica de todas las maquinarias mejoró significativamente.

CUARTA: Se analizaron los índices de disponibilidad técnica y operativa durante los meses de enero a marzo y luego de abril a mayo tras la ejecución del plan. Los hallazgos mostraron una mejora significativa en todos los equipos examinados. El MTBF se incrementó y el MTTR se redujo de manera notable en cada una de las máquinas, lo que refleja una mejora tangible en la eficiencia operativa.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Implementar formalmente el plan preventivo propuesto, validado en esta investigación, incluyendo cronogramas, formatos de inspección y control de fallas. Es crucial capacitar al personal operativo y técnico para su cumplimiento riguroso.

SEGUNDA: Se recomienda implementar controles más estrictos sobre los componentes con altos RPN, como sensores, bomba hidráulica, sistema de refrigeración y ECM, mediante inspecciones periódicas, análisis predictivos y mayor disponibilidad de repuestos. Además, el AMEF debe ser actualizado semestralmente para incluir nuevas fallas y ajustes técnicos que aseguren su utilidad como herramienta de mejora continua.

TERCERA: Se sugiere continuar con la aplicación del plan de forma constante y establecer un sistema de monitoreo para registrar en tiempo real las horas trabajadas, fallas y mantenimientos realizados. Asimismo, es fundamental reforzar la capacitación aún más al personal de campo para que participe activamente en el cumplimiento del programa.

CUARTA: Se recomienda institucionalizar el uso de indicadores de disponibilidad, MTBF y MTTR en los informes mensuales de maquinaria. Además, se puede realizar una evaluación estadística más profunda utilizando pruebas para muestras relacionadas, con el fin de validar matemáticamente la significancia de los resultados obtenidos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberca, J. P., & Vasquez Vasquez, L. M. (2023). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Disponibilidad De Maquinaria Pesada En La Empresa Mestro Constructor Srl* . Jaen : Universidad Nacional De Jaen .
- Castro, H., & Castro, L. (2012). Plan De Mantenimiento Preventivo De Maquinaria Pesada De La Empresa Inser Sas. *Plan De Mantenimiento Preventivo De Maquinaria Pesada De La Empresa Inser Sas*. Universidad Tecnologica De Bolivar, Cartagena Ecuador.
- Caterpillar. (2022). *Tetragauge. Technology*. Caterpillar: Tetragauge Technology - Tetra Technologies
- Caterpillar. (S.F.). *Especificaciones Tecnicas Del Cargador De Ruedas 938h*.
- Caterpillar. (S.F.). *Especificaciones Tecnicas Del Compactador De Suelos Cs56*.
- Caterpillar. (S.F.). *Manual De Operacion Y Mantenimiento Backhoeloder* .
- Cruz, L. E. (2020). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada De La Empresa Construccion Y Adminitracion S.A, Provincia De Bagua - Amazonas* . Bagua Grande : Universidad Politecnica Amazonica .
- Deere, J. (S.F.). *Manual Del Operador - Tracctor 5090e*.
<https://pdfcoffee.com/manual-tractor-john-deere-5090e--5-pdf-free.html>
- Gualan, J. G. (2018). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Para El Equipo Camionero Del Consejo Provincial De Embabura*.



- Guerrero, L. Y. (2021). Desarrollo De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada De La Alcanddia Del Municio De La Espezanza. En L. Y. Guerrero.
- Hernandez, R. S. (2014). *Metodologia De La Investigacion*. Mc Graw Hill Education.
- Industrial., C. (S.F.). *Manual Del Operador L223*.
<https://www.Manualslib.Com/Products/New-Holland-L223-10538865.Html>
- Iso, 1. (2016). *Iso.Org*. Iso.Org: Iso 14224 En Iso.Org
- Iso, 5. (2014). *Iso 55000*. Iso 55000:
<https://www.Iso.Org/Obp/Ui#Iso:Std:Iso:55000:Ed-1:V2:Es>
- Iso, 9. (2015). *Iso.Org*. Iso.Org: Iso 9001 En Iso.Org
- Mejia, E. D. (2018). *Introducción A La Metodología De La Investigación Científica*. Comisión Editorial De La Universidad De Las Fuerzas Armadas Espe.
- Mendoza, T. P. (2018). *Metodologia De La Investigacion 6ta Edicion* . Mc Graw Hill Education .
- Mobley. (2002). An Introduction To Predictive Maintenance. En R. K. Mobley, *An Introduction To Predictive Maintenance*. Google Books:
https://www.Google.Com/Pe/Books/Edition/An_Introduction_To_Predictive_Maintenanc/Sjqxzxpaqsqc?HI=Es-419&Gbpv=1&Dq=Mobley+-+Introduction+To+Predictive+Maintenance&Pg=Pa356&Printsec=Frontcover
- Ntp6790333. (2006). *Inacal.Ntp*. Inacal.Ntp: <https://www.Gob.Pe/Inacal>



- Ochoa, B. J., & Velez Velez , E. V. (2019). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Para La Maquinaria Pesada Y Equipo Camionero Del Gobierno Autonomo Descentralizado Municipal Del Cantos Santiago Mendez*. Ecuador - Cuenca : Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca.
- Pacheco, W. A. (2019). *Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Flora De Maquinaria Pesada Y Vehiculos Administrativos Del Municipio De Motavita*.
- Pineda, L. F. (2022). *Elaboracion De Un Plan De Mantenimiento Para La Maquinaria Pesada De La Division De Obras Publicas De La Dorada Caldas*. Bogota Colombia.
- Quispe, E. L. (2018). *Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Basado En La Metodologia Rcm Para La Maquinaria Pesada Para Movimientos De Tierra De La Municipalidad Provincial De Canchis Cusco* . Puno : Universidad Nacional Del Altiplano .
- Quispeluz, Y. V. (2024). *Mejora En La Gestion De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Disponibilidad Mecanica De Los Equipos Pesados De Linea Amarilla De La Municipalidad Provincial De Lampa - Puno* .
- Snakteva. (S.F.). *Easy Predictive Maintenance With Ai And Excel*. Snakteva:
<https://Snackteva.Com/Easy-Predictive-Maintenance-With-Ai-And-Excel-No-Cost-Big-Impact/>
- Stamatis, H. (2003). *Failure Mode And Effect Analyziz: Fmea From Thory To Excution 2da Ed*. Asq. Quality Press.



- Surco, E. P. (2023). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Basado En El Rcm Para Optimizar El Rendimiento De La Excavadora 350g Lc Jhon Deere De La Empresa Cgm Renal . Cusco : Universidad Continental .*
- Yapurasi, E. Y. (2024). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Aumentar La Disponibilidad De La Flota Vehicular Y Maquinaria Pesada De La Nunucipalidad Distrital De Ite. Tacna - Peru, Peru: Universidad Nacional Jorge Basadre .*
- Yefer, V. Q. (2024). *Mejora En La Gestion De Mantenimiento Preventico Para Incrementar La Disponibilidad Mecanica De Los Equipos Pesados De Linea Amarilla De La Municipalidad De Lampa Puno . Puno : Universidad Nacional Del Altiplano .*



ANEXOS

Se adjunta:

Seguimiento de maquinaria

Fotografías de evaluaciones

Reparación del cargador frontal y compactadora

Com adapter Caterpillar

Matriz de consistencia

Organigrama de la municipalidad de Paucarcolla

Plan de mantenimiento de las maquinarias

Verificación del plan de mantenimiento.

Análisis con el ET Caterpillar



ANEXO 1: SEGUIMIENTO DE LA MAQUINARIA



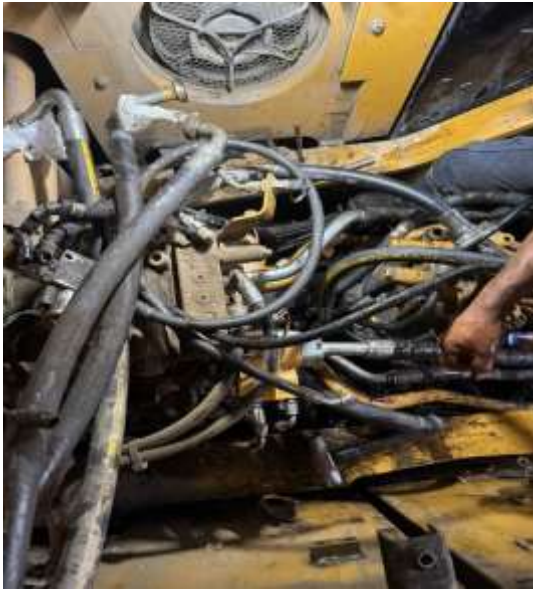


ANEXO 2 : EVALUACION DE LA MAQUINARIA





ANEXO 3: REPARACIÓN DEL CARGADOR FRONTAL Y COMPACTADORA





ANEXO 4. COMADAPTER CATERPILLAR





ANEXO 5. MATRIZ DE CONSISTENCIA

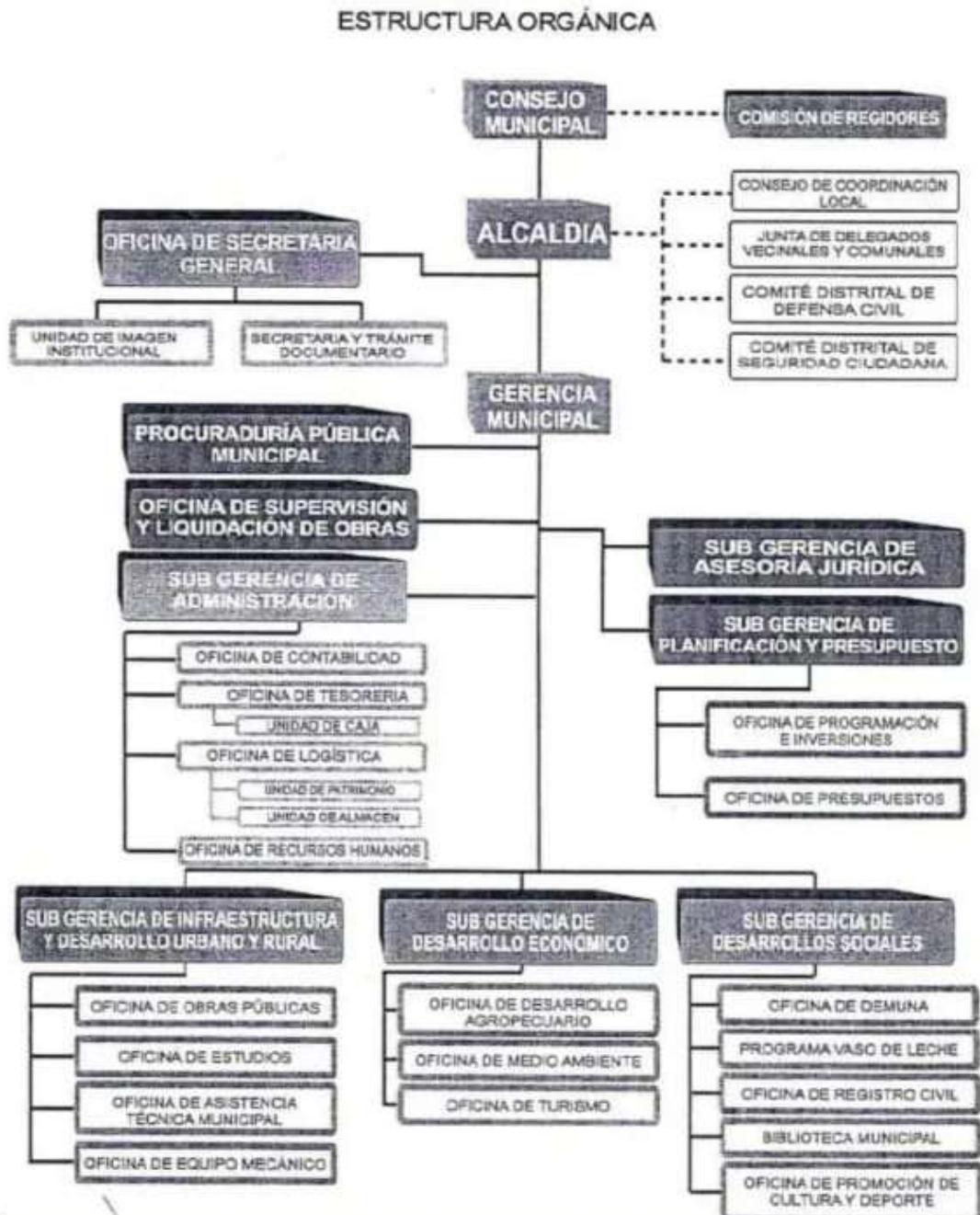
“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA 2025.”

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño Metodológico
<p>Pregunta general ¿De qué manera se podrá proponer un plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla?</p> <p>Preguntas específicas Pregunta específica 1. • ¿Cómo identificar el nivel de criticidad para el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla?</p> <p>Pregunta específica 2. • ¿Cómo realizar un plan de mantenimiento</p>	<p>Objetivo general Proponer el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla bajo condiciones reales</p> <p>Objetivos específicos Objetivo específico 1. •Determinar el nivel de criticidad con el método AMEF para el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad</p>	<p>Hipótesis general Se propondrá el plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad para maquinaria pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla bajo condiciones reales.</p> <p>Hipótesis específicas Hipótesis Específica 1. Mediante los instrumentos, método AMEF y equipos de medición determinaremos los parámetros mecánicos y eléctricos de la situación actual de las maquinarias</p>	<p>Variables independientes Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.</p> <p>Variables dependientes Basado en la disponibilidad para maquinaria pesada</p>	<p>Método de investigación El método de investigación es un método científico de forma general en ese contexto se utiliza de forma específica en la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la disponibilidad</p> <p>Instrumentos de recolección de datos El instrumento de recolección de datos fue de forma digital utilizando softwares, informes, páginas de empresas encontradas en la web</p> <p>Procedimiento de recolección de datos Primero Utilizamos el método de la observación Segundo discriminamos el nivel de criticidad del equipo</p>



<p>preventivo para incrementar la disponibilidad de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla?</p> <p>Pregunta especifica 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe diferencia relevante entre el nivel de disponibilidad antes de la propuesta de mantenimiento y después de la implementación del Plan de Mantenimiento preventivo de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla? 	<p>distrital de Paucarcolla.</p> <p>Objetivo específico 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla. <p>Objetivo específico 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Determinar si existe diferencia significativa entre el nivel de disponibilidad antes y después de la implementación de la propuesta del Plan de Mantenimiento preventivo de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla 	<p>pesadas de la municipalidad distrital de Paucarcolla.</p> <p>Hipótesis Especifica 2.</p> <p>Se elabora un plan de mantenimiento preventivo bajo normativas técnicas, para incrementar la disponibilidad de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla.</p> <p>Hipótesis Especifica 3.</p> <p>Existe diferencia significativa entre el nivel de disponibilidad antes y después de la implementación de la propuesta del Plan de Mantenimiento preventivo de las maquinarias pesada de la municipalidad distrital de Paucarcolla.</p>		<p>Tercero aplicamos el plan de mantenimiento Evaluamos que diferencia existe entre antes y después</p> <p>Procedimiento de análisis de datos</p> <p>Se indico la definición de las variables de estudio Identificamos los resultados obtenidos Definimos los mecanismos de los datos</p>
--	--	---	--	--

ANEXO 6 : ORGANIGRAMA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA





				5	0	5						5	0	5	0	5	0	5	0	2	5	7	0	2	5	7	0	
				0	0	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0
CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	UN D	2																										
CAMBIAR FILREO DE COMBUSTIBLE	UN D	1																										
CAMBIAR SEPARADOR DE AGUA	UN D	1																										
SEPARADOR DE AGUA PARA SERVIVIOC PESADO (RACCOR) SI ESTA EQUIPADO	UN D																											
LIMPIAR FILTRO METALICO DE INGRESO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	UN D																											
CAMBIAR ACEITE MOTOR 15W40	BAL DE	2																										
AGREGAR REFRIGERANTE AL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	GAL	1																										
CAMBIAR EL REFRIGERANTE - 12000 HRS	GAL	13																										
AGREGAR PROLONGADOR DE ADITIVO REFRIGERANTE - 6000HRS	LIT RO	1																										



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS


ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

- I. Referencia
 - 1.1 Experto: ING. Fernando Pinto Ala
 - 1.2 Especialidad: Ingeniero Eléctrico
 - 1.3 Cargo actual: Ingeniero de servicios
 - 1.4 Grado Académico: Bachiller
 - 1.5 Nombre del instrumento de investigación: **PLAN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA BASADO EN LA DISPONIBILIDAD**
 - 1.6 Autor: Bachiller Brajhan David Figueroa Lope
- II. Aspectos de validación

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE				REGULAR				BUENA				MUY BUENA				EXCELENTE			
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1. CLARIDAD	Esta redactado con lenguaje apropiado																				
2. OBJETIVIDAD	Esta expresando en capacidades observables																				
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia																				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica de los ítems con las variables																				
5. SUFICIENCIA	Valoran las dimensiones en cantidad y calidad suficiente																				
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para cumplir los objetivos de la investigación																				
7. CONSISTENCIA	Esta basado en aspectos teóricos y científicos																				
8. COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores, ítems e índices																				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación																				
10. PERTINENCIA	El instrumento es útil y adecuado para investigación																				

FUENTE. TOMADO Y ADAPTADO DE PALOMINO, PEÑA, ZEBALLOS (2015, P.217)

III. RESOLUCION DEL EXPERTO

DNI	FIRMA	CELULAR	LUGAR Y FECHA
47257651	 Ferreiros S.A. Fernando Pinto Ala 47257651	-	Oficina Ferreyros JULIACA 30 DE MAYO DEL 2025



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PAUCARCOLLA				
REGISTRO DE MAQUINARIA				
DATOS DE LA MAQUINA			RM_001	
MAQUINA		HOROMETRO		
MARCA		NIVEL COMBUSTIBLE		
MODELO		INGRESO O SALIDA		
SERIE		FECHA		
Nº	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	SERIE
1	MOTOR			
2	TRANSMISION			
3	SIST. HIDRAULICO			
4	LAMPON			
5	ESCRIFICADOR			
6	TURBO COMPRESOR			
7	BOMBA DE INYECCION			
8	BOMBA HIDRAULICA			
9	CONVERTIDOR			
10	ALTERNADOR			
11	ARRANCADOR			
12	COMPRESOR			
13	EJE CARDANICO			
14	LLANTAS			
15	RIPPER			
16	MANDOS FINALES			
17	SIST. REFRIGERACION			
	FECHA DE COMPRA	PRECIO DE COMPRA	COSTO TOTAL	VENDEDOR
JEFE DE TALLER:		TECNICO:		
	FIRMA		FIRMA	



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PAUCARCOLLA					
RECEPCION DE MAQUINA					
MAQUINA	MARCA	MODELO	SERIE	HOROMETRO	
CLIENTE MECANICO			FECHA:		
			LUGAR		
MARCAR CON UN CHECK SI LA MAQUINA CONTIENE EL ITEM CASO CONTRARIO CON UN ASPA X					
DESCRIPCION DE PARTES	BUENO	REGULAR	MALO	CANTIDAD	OBSERVACION
MOTOR					
Nº	COMPONENTES				
1	NIVEL DE ACEITE				
2	NIVEL DE REFRIGERANTE				
3	FILTRO DE ACEITE				
4	SILTRO DE AIRE				
5	PRESION DE ACEITE				
6	RESPIRADERO				
7	RADIADOR				
8	FAJA DE VENTILADOR				
9	VENTILADOR				
10	DUGA DE ACEITE				
11	FUGA DE AGUA				
12	FILTRO DE COMBUSTIBLE				
13	FUGA DE COMBUSTIBLE				
14	SISTEMA DE ADMISION				
15	SISTEMA DE ESCAOE				
16	BOMBA DE INYECCION				
17	BOMBA DE CEBADO				
18	TURBOCOMPRESOR				
19	TANQUE DE COMBUSTIBLE				
20	ENGRIADORES				
21	TAPA DE ACEITE				
22	INYECTORES				
23	SENSORES				
ELECTRICO					
1	BATERIAS				
2	ARRANCADOR				
3	ALTERNADOR				
4	LUCES				
5	INDICADORES				
6	ELECTROVALVULAS				
7	ECM				
8	FUSIBLES				
9	SENSORES ACTIVOS Y PASIVOS				
TRANSMISION					
1	NIVEL DE ACEITE				
2	NIVEL DE ACEITE EN MANDOS FINALE S				
3	FUGAS DE ACEITE				
4	FILTRO DE TRANSMISION				
5	CRUCETAS				
6	PRESION DE ACEITE				
7	ENFRIADOR				
8	FRENOS				
9	DIRECCION				
10	BOMBA DE TRANSMISION				
11	CONVERTIDOR				
12	BOMBA DE CONVERTIDOR				
13	EJES CARDANICOS				
14	CONVERTIDOR				
RIPPER					
1	CILINDROS HIDRAULICOS				
2	PIN				
3	PROTECTOR				
4	FUGAS DE ACEITE				
5	OTROS				
SISTEMA HIDRAULICO					
1	NIVEL DE ACEITE				
2	FILTRO				
3	FUGA DE ACEITE				
4	BOMBA HIDRAULICA				
5	VALVULAS HIDRAULICAS				
6	ENFRIADORES				
7	TANQUE HIDRAULICO				
8	MANGUERAS HIDRAULICAS				
9	CONECTORES HIDRAULICOS				
10	CILINDROS HIDRAULICOS				
OTROS SISTEMAS					
1	TRABAJOS DE SOLDADURA				
2	CABINA				
3	PINTURA				
4	PISOS				
5	OTROS				
BASTIDOR , LAMPON Y CUCHARON					
1	RUEDA GUIA				
2	CARRILES INFERIORES				
3	CARRILES SUPERIORES				
4	VALVULAS				
5	ZAPATAS DE CADENA				
6	PROTECTORES				
7	GUARDAS				



	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PAUCARCOLLA					CODIGO	
	CHECK LIST RETROEXCADADORA					FECHA	
	PROYECTO						
FECHA		HORA INICIO		HORA FINAL			
MARCA		SERIE:					
HOROMETRO							
PARTES	ITEM	CANTIDAD	BIEN	MAL	OBSERVACION		
LUCES	FRONTALES DE TRABAJO						
	TRASERAS DE TRABAJO						
	DIRECCIONALES DELANTERAS						
	DIRECCIONALES TRASERAS						
	DE STOP Y SEÑAL TRASERA						
CABINA	CINTURON DE SEGURIDAD						
	EXTINTOR DE INCENDIOS						
	BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS						
	ASIENTO						
	ALARMA DE RETROCESO						
	ESCALERAS Y APOYOS						
	ESPEJOS LATERALES						
	ESPEJO CENTRAL CONVEXO						
	PALANCAS DE MANDO						
	PEDALES						
	VIDRIO FRONTAL						
	LIMPIA BRISAS						
	MANDOS DE LEVANTE DEL BRAZO						
	CLAXO						
ESTADO MECANICO	CONTROL DE FUGAS HIDRAULICAS						
	ESTADO DE PASADORES						
	MECANISMOS DE GIRO (BACKHOE)						
	FUNCION HIDRAULICA						
	FRENO DE SERVICIO						
	FRENO DE SEGURIDAD						
INDICADORES	COMPARTIMIENTOS DEL MOTOR						
	NIVEL DE REFRIGERANTE DE MOTOR						
	NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO (IMPLEMENTOS)						
	NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO (TRANSMISION)						
	NIVEL DE CONBUSTIBLE						
	NIVEL DE ACEITE DE MOTOR						
			<ol style="list-style-type: none"> 1. Brazo excavador (mecanismo de giro) 2. Cabina 3. Deposito de liquido hidraulico (fugas hidraulicas) 4. Compartimiento de baterias 5. Pluma 6. Deposito de combustible 7. Gases estabilizadores 8. Montante 9. Balancin 10. Pasador 				
REVISADO POR EN EL ENCARGADO:				OPERADOR:			
JEFE DE TALLER TECNICO				HORA:			



ANEXO 8: ANALISIS CON EL ET

Cat Electronic Technician 2018A v1.0

Informe del estado del producto

28/02/2025 20:37

** ECM DEL INSTRUCTOR **

Informe del estado del producto

Parámetro	Valor
Identificación de producto	LOADER PAUCARCOLLA
Identificación del equipo	777C
Comentarios	DIAGNOSTICO REALIZADO POR BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE

Sistema de monitor de Cat 980H (JMS00001)

Parámetro	Valor
Identificación de producto	JMS00001
Identificación del equipo	BOB'S TRAINER
Número de pieza del ECM	1547443-05
Número de serie del ECM	0000D001ED
Número de pieza del grupo del software	3136310-04
Fecha de publicación del grupo del software	SEP09
Descripción del grupo del software	980H Monitoring System
Códigos de diagnóstico activos presentes	No
Reloj de diagnóstico	1401

Códigos de diagnóstico registrados [Reloj de diagnóstico = 1401 horas] - Sistema de monitor de Cat 980H (JMS00001)

Código	Descripción	Veces	Primera	Última
821- 3	Suministro de corriente de despliegue : Voltaje sobre normal	1	21	21

Códigos de diagnóstico activos - Sistema de monitor de Cat 980H (JMS00001)

Código	Descripción
No hay códigos de diagnóstico activos	

Totales actuales - Sistema de monitor de Cat 980H (JMS00001)

Descripción	Valor	Unidad
Total de horas de operación	0	horas
Distancia total	0.00	km



Configuración - Sistema de monitor de Cat 980H (JMS00001)

Descripción	Valor	Unidad
Identificación de producto	JMS00001	
Estado de unidades de información	Inglés	

C15 980H (LHX00001)

Parámetro	Valor
Número de serie del motor	LHX00001
Número de pieza del ECM	2622878-00
Número de serie del ECM	00000001JL
Número de pieza del grupo del software	2310317-21
Fecha de publicación del grupo del software	AUG09
Descripción del grupo del software	C15-980H
Códigos de diagnóstico activos presentes	Si

Códigos de diagnóstico registrados [Reloj de diagnóstico = 1067.6939 horas] - C15 980H (LHX00001)

Código	Descripción	Veces	Primera	Última
94- 3	Sensor de presión de entrega de combustible : Voltaje sobre normal	1	678	678

Códigos de eventos registrados [Reloj de diagnóstico = 1067.6939 horas] - C15 980H (LHX00001)

Código	Descripción	Veces	Primera	Última
E194 (3)	Temperatura alta de escape	1	621	621
E361 (3)	Alta temperatura refrigerante del motor	1	621	621

Códigos de diagnóstico activos - C15 980H (LHX00001)

Código	Descripción
596- 9	Control implemento : Velocidad de actualización anormal

Códigos de suceso activo - C15 980H (LHX00001)

Código	Descripción
E194 (3)	Temperatura alta de escape

Totales actuales - C15 980H (LHX00001)

Descripción	Valor	Unidad
Tiempo de marcha en vacío total	0:00	horas
Combustible total	456	L
Combustible de marcha en vacío total	0	L
Combustible máximo total	0	L
Total de horas de operación	1068	horas
El motor arranca	0	
Revoluciones totales en la vida útil del motor	0	rev
Recuento total de paradas del motor en vacío	0	



Recuento total de anulaciones de parada en vacío del motor	0	
RPM promedio	0.00	rpm
Porcentaje de tiempo de velocidad en vacío	0.00	%
Promedio de consumo de combustible	0.43	L/h
Factor de carga general	0	%

Configuración - C15 980H (LHX00001)

Descripción	Valor	Unidad
Número de serie del motor	LHX00001	
Número de pieza del ECM	2622878-00	
Número de serie del ECM	00000001JL	
Número de pieza del grupo del software	2310317-21	
Fecha de publicación del grupo del software	AUG09	
Descripción del grupo del software	C15-980H	
Control del ventilador del motor	Encendido(a)	
Voltaje bajo del sistema de la batería en velocidad en vacío elevada	Activado(a)	
Configuración del solenoide de éter	Solenoide de débito continu	
Función de inversión del ventilador del motor	Desactivado	
Estado de instalación del inmovilizador del sistema de seguridad	Desactivado o no instalado	
Estado de activación de la función de velocidad en vacío elevada de calentamiento del motor	Activado(a)	
Configuración de velocidad en vacío baja de máquina en funcionamiento	800.0	rpm
Configuración de velocidad en vacío baja de máquina en hibernación	600.0	rpm
Estado de activación de la parada en vacío del motor	Desactivado	
Tiempo de demora de la parada en vacío del motor	5.0	min
FLS (Ajuste a plena carga)	8	
FTS (Ajuste al par máximo)	3	
Anunciador total	72	

Histograma - C15 980H (LHX00001)

No hay datos del histograma disponibles

Calibración del ajuste del inyector - C15 980H (LHX00001)

Inyector	Número de serie	Versión del archivo
Inyector1	Sin programar	0
Inyector2	Sin programar	0
Inyector3	Sin programar	0
Inyector4	Sin programar	0
Inyector5	Sin programar	0



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 27 - 11- 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BRAJHAN DAVID FIGUEROA LOPE

Dirección: JR. CABANA 358

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72002230

Teléfono: 923474829

email: Brajhanfigueroa@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono:

email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SÁNCHEZ CARREÓN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Título: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA
DISPONIBILIDAD PARA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DE PAUCARCOLLA,
2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Criticality analysis, Availability, Preventive maintenance, Heavy machinery.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Título
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA P18

Firma de Autor



huella digital

27 -11 - 2025

Fecha