



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en  
cargador frontal Volvo L120F para incrementar la disponibilidad en  
la Municipalidad de Azángaro

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Canaza Charca, Vidal Yoni ([orcid.org/0009-0009-9475-2775](https://orcid.org/0009-0009-9475-2775))

**ASESOR:**

Mg. Cuadros Camposano, Edwin Huber ([orcid.org/0000-0001-6478-8130](https://orcid.org/0000-0001-6478-8130))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TRUJILLO - PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre, a mi padre y hermanos quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes para apoyar moral y psicológicamente.

Vidal Yoni Canaza Charca.

## **Agradecimiento**

El agradecimiento de mi tesis es principalmente a DIOS quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza de seguir adelante.

Agradezco a mi madre, padre y hermanos por su apoyo, colaboración e inspiración para la realización de esta tesis.

Vidal Yoni Canaza Charca.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Implementación de un Plan de mantenimiento preventivo en cargador frontal Volvo L120F para incrementar la disponibilidad en la Municipalidad de Azángaro", cuyo autor es CANAZA CHARCA VIDAL YONI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 10 de Abril del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO DNI: 09599387 ORCID: 0000-0001-6478-8130	Firmado electrónicamente por: EHCUADROS el 27- 06-2024 15:06:51

Código documento Trilce: TRI - 0742716



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, CANAZA CHARCA VIDAL YONI estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Implementación de un Plan de mantenimiento preventivo en cargador frontal Volvo L120F para incrementar la disponibilidad en la Municipalidad de Azángaro", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
VIDAL YONI CANAZA CHARCA DNI: 73424892 ORCID: 0009-0009-9475-2775	Firmado electrónicamente por: VYCANAZA el 10-04- 2024 14:37:41

Código documento Trilce: TRI - 0742714

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor .....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA .....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra y muestreo .....	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	15
3.5 Procedimiento .....	15
3.6 Método de análisis de datos .....	16
3.7 Aspectos éticos .....	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN .....	41
VI. CONCLUSIONES .....	45
VII. RECOMENDACIONES .....	47
REFERENCIAS.....	48
ANEXOS .....	53

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Instrumentos.....	15
<b>Tabla 2</b> Registro de las Horas de Disponibles, Operación y Elaboración de Indicadores y la Disponibilidad del Cargar Frontal Volvo L120 del Ejercicio 2022	20
<b>Tabla 3</b> Horas de Falla y Costo de Pérdidas por Alquiler de Cargador Frontal 2022 .....	23
<b>Tabla 4</b> Resumen y Valoración del Resultado del Diagrama de Ishikawa del Cargador Frontal Volvo L120F del 2022 .....	25
<b>Tabla 5</b> Análisis de Modos y Efectos de Falla del Cargador Frontal Volvo L120F del 2023.....	26
<b>Tabla 6</b> Plan de Mantenimiento Preventivo Predeterminado del Fabricante del Cargador Frontal Volvo L120F del 2022 .....	27
<b>Tabla 7</b> Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 50 horas .....	29
<b>Tabla 8</b> Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 250 horas .....	29
<b>Tabla 9</b> Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 500 horas .....	30
<b>Tabla 10</b> Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 1000 horas .....	31
<b>Tabla 11</b> Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 2000 horas.....	32
<b>Tabla 12</b> Plan de Mantenimiento Preventivo Inspecciones con una Frecuencia Diaria .....	33
<b>Tabla 13</b> Disponibilidad del Ejercicio 2023 del Cargador Frontal Volvo L120F.....	35
<b>Tabla 14</b> Gasto por Alquiler de Cargadores del Ejercicio 2023 por Fallas del Cargador Volvo L120F .....	38
<b>Tabla 15</b> Pérdidas por Falla de Equipo y Beneficio de Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo 2023 .....	39

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Definiciones y tipos de mantenimiento norma UNE EN 13306 .....	6
<b>Figura 2</b> Diagrama de Ishikawa .....	16
<b>Figura 3</b> Especificaciones generales del cargador frontal Volvo L120F .....	18
<b>Figura 4</b> Plan de mantenimiento preventivo inicial del cargador frontal período 2022 .....	19
<b>Figura 5</b> Disponibilidad en porcentaje del cargador frontal Volvo L120F del 2022 .....	21
<b>Figura 6</b> MTBF del cargador Frontal Volvo L120F de la municipalidad de Azángaro 2022 .....	21
<b>Figura 7</b> MTBF del cargador Frontal Volvo L120F de la municipalidad de Azángaro 2022 .....	22
<b>Figura 8</b> Diagrama de Ishikawa se muestra el estudio, análisis de causa raíz equipo cargador frontal Volvo L120F de la municipalidad de Azángaro del 2022	24
<b>Figura 9</b> Disponibilidad del ejercicio 2023 en porcentaje del cargador frontal Volvo L120F .....	36
<b>Figura 10</b> Tiempo medio entre fallas (MTBF) 2023 del cargador frontal Volvo L120F .....	37

## Resumen

El trabajo de investigación fue desarrollado en la municipalidad provincial de Azángaro del departamento de Puno, está conformado de equipos pesados para realizar trabajos en proyectos de construcción civil y mantenimiento de vías trochas, carreteras y cualquier solicitud de la población.

El tipo de investigación es aplicada, diseño cuantitativo y de alcance preexperimental y tiene como objetivo la implementación del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F 2008. Se emplearon como instrumentos la ficha de registro del cargador frontal L120F, ficha de recolección de datos, análisis causa a raíz y ficha de registro de planes y actividades de mantenimiento preventivo. Se utilizó la metodología de Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMFE) para desarrollar e implementar un plan de mantenimiento preventivo predeterminado y basado en condición no predictivo (de acuerdo con la norma UNE EN 13306 del 2018).

Se implementó el plan de mantenimiento preventivo mediante análisis de modos y efectos de falla y el análisis a causa raíz y como resultados se logró incrementar la disponibilidad del cargador frontal de 68% a 95% y con una confiabilidad de 12.5% a 25% y una mantenibilidad con un promedio ponderado de 27% a 40% mediante el software Excel. Ya finalizado se concluye que gracias a la implementación del plan de mantenimiento preventivo se logró incrementar la disponibilidad, la confiabilidad y mejorar la mantenibilidad.

**Palabra clave:** Plan de mantenimiento preventivo, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, cargador frontal.

## **Abstract**

The research work was developed in the provincial municipality of Azángaro of the department of Puno, this conformed of heavy equipment to carry out works in projects of civil construction and maintenance of roads, highways and any request of the population.

The type of research is applied, quantitative design and pre-experimental scope and aims to implement the preventive maintenance plan to increase the availability of the Volvo L120F 2008 front loader. The instruments used were the L120F front loader record card, data collection card, root cause analysis and record card of preventive maintenance plans and activities. The Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) methodology was used to develop and implement a predetermined preventive maintenance plan based on a non-predictive condition (according to the UNE EN 13306 standard of 2018).

The preventive maintenance plan was implemented by means of failure modes and effects analysis and root cause analysis and as a result the availability of the front loader was increased from 68% to 95% and with a reliability from 12.5% to 25% and a maintainability with a weighted average of 27% to 40% by means of the excel software. It is concluded that thanks to the implementation of the preventive maintenance plan, it was possible to increase availability, reliability and improve maintainability.

**Keywords:** Preventive maintenance plan, availability, reliability, maintainability, front loader.

## I. INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, las empresas enfrentan altos costos debido al tiempo de inactividad no planificado de los equipos pesados, los procesos de fabricación disruptivos y el cumplimiento operativo. A los empleadores todavía les preocupa cómo utilizar la planificación de actividades de mantenimiento para minimizar estas averías y el tiempo de inactividad sin detener la producción. Según los distribuidores de equipos pesados como Ferreyros y Perkins señalan que el mantenimiento correctivo de estas máquinas implica el desgaste de componentes críticos, y si el equipo se estropea, su vida útil se ve más afectada.

En el ámbito industrial a nivel global, la búsqueda de optimización de procesos y la reducción de tiempo de inactividad debido a fallos en equipos de procesos continuos es una prioridad. Esto se aplica también a las municipalidades, donde las horas perdidas por mantenimiento correctivo en sus componentes industriales representan grandes pérdidas económicas en términos de producción. En la actualidad, la reducción del tiempo de inactividad por mantenimiento es un objetivo alcanzable mediante una planificación preventiva adecuada.

Las municipalidades buscan optimizar sus ciclos de operación y aumentar su productividad para hacer sus operaciones más rentables. Para lograr esto, están invirtiendo en equipos de tecnología para lograr afrontar sus metas.

Al realizar tareas de mantenimiento, especialmente las de mantenimiento preventivo y predictivo, se puede maximizar la disponibilidad de los activos y anticipar posibles fallas, afirmó Ferreyros. De esta manera, es menos probable que el equipo se averíe inesperadamente, lo que reduce la necesidad de mantenimiento no programado y, por lo tanto, reduce los aumentos de costos para el cliente. (Terrel, 2021)

Esta tesis lo estoy realizando en la provincia de Azángaro. La provincia de Azángaro cuyo distrito del mismo nombre en el departamento de Puno en la zona sierra del sureste del Perú. Esta populosa ciudad se encuentra a una altitud de 3859 metros sobre el nivel del mar. Ubicado en la Meseta del Collao, al noroeste del Lago Titicaca. Mientras se supervisó el funcionamiento del municipio, se evidencio una falta de gestión de planes de mantenimiento preventivo, para asegurar un buen

programa de planes de mantenimiento preventivo para un valor óptimo de disponibilidad, en este caso la provincia de Azángaro cuenta con varias máquinas pesadas con conductores técnicos que realizan diversas actividades diariamente en diferentes centros poblados, comunidades y agencias gubernamentales de la provincia de Azángaro también utilizan diversas maquinarias pesadas como motoniveladoras, volquetes y otros, para mantener el acceso peatonal, vehicular y las salidas de emergencia en caso de desastres naturales inesperados. La maquinaria (cargador frontal Volvo) tuvo una disponibilidad del 68% con respecto al ejercicio 2022, lo que provocó incomodidad a la municipalidad e impacto en retrasos en la secuencia de trabajos programados por la municipalidad, más detalles ver anexo 2.

El objetivo es implementar los planes de mantenimiento preventivo destinado a aumentar el tiempo disponible del cargador frontal Volvo L120F, medido a través del indicador Disponibilidad. La gestión del mantenimiento contribuye parcialmente a la productividad de las operaciones de la municipalidad de Azángaro al aumentar la confiabilidad de los equipos, reducir los costos, inspeccionar periódicamente los equipos y componentes al realizar reparaciones y actualizaciones. Se debe asegurar de que su sistema esté en buen estado de funcionamiento. En esta investigación se usa como instrumento la ficha del cargador frontal, el registro de recolección de fallas y los formatos para los planes y documentar las diferentes actividades. Considerando el problema anterior, se formula el problema de la siguiente manera da la respuesta. ¿Qué resultado produce la implementación de un Plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120L volvo del año 2008 de la municipalidad de Azángaro?

Este estudio se justifica porque busca reducir las incertidumbres asociadas con un mantenimiento deficiente como el mantenimiento correctivo excesivo, el aumento de los costos operativos y las fallas persistentes del cargador frontal Volvo L120F al brindar un plan de mantenimiento preventivo. La justificación ambiental tiene como objetivo limitar el alcance de las acciones de mantenimiento correctivo que impliquen el uso de productos nocivos para el medio ambiente como grasas, aceites y otros derivados del petróleo. La justificación económica tiene como objetivo reducir el costo de los trabajos de mantenimiento correctivo, lo que repercute

significativamente en los tiempos improductivos provocados por fallas que detienen la producción en beneficio del Ayuntamiento de Azángaro.

El presente estudio, se planteó como objetivo general: Implementar el plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F de la municipalidad de Azángaro. Como objetivos específicos; i) Evaluación de la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F; ii) Elaborar el plan de mantenimiento preventivo de acuerdo con la norma EN 13306-2018 del cargador frontal Volvo L120F; iii) Determinar la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F post implementación del plan de mantenimiento preventivo

## II. MARCO TEÓRICO

La implementación de este proyecto de investigación cuenta con los siguientes antecedentes, los cuales se presentan a continuación.

Para Gutiérrez Serna (2018), el objeto de su estudio fue averiguar el impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad de cargadores frontales. Con base en los resultados, se puede decir que la implementación del mantenimiento preventivo tiene un impacto directo en la disponibilidad. El resultado final era que la empresa debía continuar con el programa de mantenimiento preventivo, pero al 100% para mantener la disponibilidad de las máquinas y así generar mayores beneficios a futuro.

Según Briones Rodríguez (2023), ha implementado un programa de nuevas actividades de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los cargadores frontales y lograr una carga promedio del 62.8%. Este valor es demasiado bajo, dando un indicativo que se debe incrementar para mejorar por lo que es necesario mejorar la usabilidad. El ciclo de implementación del plan de mantenimiento preventivo es de 250 horas, 500 horas, 1000 horas, 2000 horas. La disponibilidad lograda del equipo de maquinaria pesada después de ejecutar el mantenimiento preventivo fue del 92,3%, lo que corresponde a un aumento del 29,5% en la disponibilidad de la máquina. El costo anual de incorporar esta propuesta es: \$20.496,86.

Para Mosquera Peña (2018), se encontró que debido a la baja disponibilidad de la maquinaria de carga frontal 962H cuando se encontraba realizando operaciones de carga y descarga de mineral, la disponibilidad de la empresa Volcán era de al menos un 85%, lo que también afectó a la empresa para penalizar el 10% de la producción mensual. % La disponibilidad de las máquinas después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo fue en promedio del 91%.

Para Valderrama Izquierdo (2020), su propósito de estudio fue desarrollar la mejor estrategia de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos CAT 966-G (Front Loader). Los diagnósticos de escenarios revelaron que el principal problema que afectaba al equipo CAT 966G era solo el 68 % de disponibilidad,

lo que estaba por debajo del objetivo de la empresa del 90 %. La formulación de políticas, el diagrama de flujo de procesos, el plan de mantenimiento preventivo, el plan de aplicación del plan de mantenimiento, el informe técnico del plan de mantenimiento y el plan de capacitación conforman el plan de mantenimiento. El plan de mantenimiento consta de un plan de mantenimiento preventivo, un diagrama de aplicación del plan de mantenimiento, un informe técnico del plan de mantenimiento y un resumen de formación. La implementación del programa de mantenimiento aumentó la disponibilidad al 81%. Éxito académico, TIR 153%, VAN153 99.380,91 Sol.

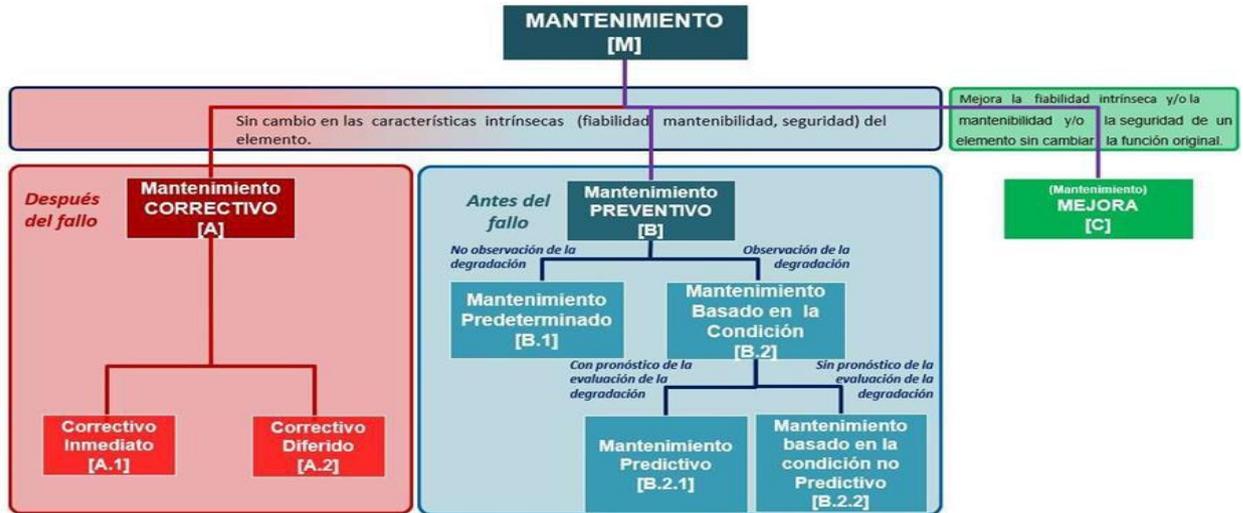
Según Calderón Osorio (2018), se realizó una investigación científica y se elaboró el "Programa de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada en la empresa METALPAR S.A.S.". Colombia con base en información de CV, hojas de datos e inspecciones rigurosas de equipos utilizando paneles de control prioritarios para identificar y programar el mantenimiento preventivo en los equipos inspeccionados. Una fecha adecuada para el mantenimiento mensual, que es el objetivo principal de este trabajo. También señaló que la vida útil de los equipos depende en gran medida de las recomendaciones del fabricante y de las necesidades del usuario para satisfacer sus necesidades operativas; para ello, utiliza el enfoque LEMIS (Lubricación, Electricidad, Mecánica, Instrumentación y Seguridad), con el único objetivo de realizar un mantenimiento preventivo estandarizado.

Para Lazo (2022), publicó un artículo en la Universidad de Atacama titulado "Desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo para una empresa de alquiler de equipos pesados para minería" con el objetivo de: desarrollar un programa de mantenimiento preventivo para cada ciudad.

Para Castañeda (2017), en su estudio titulado "Propuesta de un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de equipos pesados en la provincia de Jaén - 2017", ubicado en la región de Cajamarca, sugiere la elección del título profesional Electromecánico, cuyos objetivos son: La evaluación del programa de mantenimiento preventivo debe comenzar por la organización, en este caso el déficit de disponibilidad llegó al 50%, lo que significa que la mitad de las máquinas no estaban funcionando en ese momento por falta de mantenimiento. En la presente investigación, la normativa a seguir será la Norma Aenor Una Norma

Española (UNE) European Norma (EN) 13306 versión del año 2018, es así que para su mayor entendimiento definiremos cada uno de los conceptos de acuerdo con esta norma.

**Figura 1** Definiciones y Tipos de Mantenimiento Norma UNE EN 13306



Fuente: Extracto de Una Norma Española EN 13306

Definición de mantenimiento [M]: Se refiere a una mezcla varias acciones técnicas, administrativas y que correctamente gestionadas a lo largo del ciclo de vida de un equipo, componente, con el fin de mantenerlo o restaurarlo a una condición en el que pueda cumplir con la función requerida. (Garcia, 2009 - 2012)

Gestión del mantenimiento: Engloba todas las acciones, que se van a gestionar y que definen los valores, requisitos indispensables, metas y objetivos, estrategias tácticas y las funciones y responsabilidades del mantenimiento, así como la implementación de dichas actividades mediante la planificación, control y mejora del mantenimiento, además de abordar aspectos económicos relacionados con estas actividades. (Garrido, 2003)

Mantenimiento Preventivo [B]: Según lo establecido en la figura, se refiere al mantenimiento ejecutado para mitigar el deterioro y minimizar la probabilidad de fallas de los componentes mantenibles de los equipos. Este tipo de mantenimiento de acuerdo con la norma lo podemos dividir en dos tipos:

Mantenimiento predeterminado [B.1]: En este tipo de mantenimiento, es el que nose observa el deterioro del componente a realizar el cambio en el equipo. Es

decir, tras una evaluación técnica del deterioro de los repuestos a realizar el cambio, se establecen los periodos de cambio en función de las cantidades producidas. Por lo general, los fabricantes en el diseño de su equipo entregan recomendaciones sobre cuándo este plan de mantenimiento preventivo del equipo.

Mantenimiento basado en la condición [B.2]: En este enfoque, se observa el deterioro de cada elemento o componente que requiere su cambio. Se utilizan herramientas especiales que ayudan con la predicción y se espera que el operador utilice sus sentidos para ubicar y así actuar sobre las degradaciones. Este mismo tipo de mantenimiento también se divide en dos tipos de mantenimientos basados en condición, tal cual se aprecia en la figura 1.

Mantenimiento Predictivo [B.2.1]: Este tipo de mantenimiento implica la evaluación de la degradación mediante herramientas predictivas. Se basa en el mantenimiento basado en la condición y se realiza siguiendo pronósticos obtenidos del análisis repetido o de características conocidas. Se evalúan los parámetros significativos de la degradación del elemento para anticipar y programar acciones correctivas antes de que ocurra un fallo. (Sánchez, 2017)

Mantenimiento basado en la condición no Predictivo [B.2.2]: En este tipo de mantenimiento, no se realizan pronósticos de la evaluación de la degradación. La predicción se realiza por parte de los técnicos de mantenimiento y los operadores, quienes están capacitados o entrenados para ello. Se lleva a cabo a través de actividades como limpiezas, inspecciones, lubricaciones y ajustes de los equipos, donde se utilizan la experiencia y el conocimiento práctico para detectar y abordar cualquier señal de deterioro o desgaste antes de que se convierta en un problema más grave. Mantenimiento Correctivo [A]: Se refiere al mantenimiento que se lleva a cabo después de detectar una avería, con el propósito de restaurar un elemento a un estado en el que pueda cumplir con su función requerida. Este tipo de mantenimiento también se subdivide en dos categorías, como se ve en la figura 1.

Correctivo Inmediato [A.1]: Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo inmediatamente después de que se produce una falla. Esto ocurre cuando un componente falla y causa repercusiones en otros componentes del equipo, o

cuando la falla tiene consecuencias en el proceso productivo, como pérdidas de materia prima, productos terminados o mano de obra directa. Estas pérdidas afectan a los indicadores de mantenimiento, como la confiabilidad y mantenibilidad, y, a su vez, tienen un impacto negativo en la rentabilidad de la organización.

Correctivo Diferido [A.2]: Este tipo de mantenimiento implica la observación de una falla en el componente mantenible. Sin embargo, la intervención no es inmediata y se pospone para un momento en el que no afecte al proceso productivo. Por ejemplo, la intervención puede programarse durante cambios de turno, durante la noche cuando el proceso productivo no está en marcha, los fines de semana o al final del mes. Esta decisión de programar la intervención se toma previamente por parte del equipo técnico especializado en estos equipos.

Confiabilidad: Se refiere a la capacidad de un elemento para desempeñar una función requerida bajo condiciones específicas durante un período de tiempo determinado. Esta capacidad se mide a través del MTBF (mean time between failure), que representa el tiempo medio entre fallos. En otras palabras, la confiabilidad indica la probabilidad de que un elemento funcione correctamente sin experimentar fallas durante un intervalo de tiempo específico. (Ortiz, 2021).

MTBF es una medida del tiempo medio entre fallas sucesivas de un sistema o componente reparable y, como sugiere el nombre, se calcula desde el momento en que ocurre una falla hasta el momento en que ocurre otra falla. (Rosales, 2023).

$$MTBF = \frac{\text{Sumatoria Tiempo Operativo}}{\text{Numero de eventos de falla}} \text{ (horas)} \quad \dots (1).$$

Mantenibilidad: La mantenibilidad se refiere a la capacidad de un elemento, bajo las condiciones de uso específicas, de ser preservado o restaurado a un estado en el que pueda cumplir con una función requerida. Esto ocurre cuando se realiza el mantenimiento bajo condiciones específicas y utilizando los procedimientos y recursos establecidos para tal fin. En resumen, la mantenibilidad se centra en la facilidad y efectividad con la que un elemento puede ser mantenido o reparado cuando sea necesario. (Ortiz, 2021).

MTTR (Mean Time to Repair) es el tiempo promedio que se tarda en reparar un

sistema (generalmente un problema técnico o mecánico). Incluye tiempo de mantenimiento y tiempo de prueba. (ATLASSIAN, 2023).

$$MTTR = \frac{\text{Sumatoria de tiempos falla}}{\text{Numero de eventos de falla}} \text{ (horas)} \quad \dots (2)$$

MTBF mide la confiabilidad y MTTR mide la eficiencia. Sus interrelaciones nos permiten predecir cuándo un sistema en particular dejará de estar disponible. El análisis agregado de MTBF y MTTR también le permite predecir los costos de producción anuales y los costos de mantenimiento y reparación. (Sierra Porta, 2021).

La disponibilidad es solo una forma de determinar el tiempo de actividad del equipo. Cuanto mayor sea la disponibilidad, mayor será la cantidad que se puede producir y mayor será el rendimiento de los activos. (EMERSON, 2023).

Disponibilidad: Se refiere al tiempo disponible que tiene un equipo para poder operar en las condiciones de diseño por el cual fue fabricado, y con las condiciones externas necesarias que demande la disponibilidad. La disponibilidad puede ser cuantificada mediante medidas o indicadores apropiados, y se puede describir como el rendimiento de la mantenibilidad. (Mesa, Ortiz, & Pinzón, 2006).

La medición de la disponibilidad como indicador del proceso productivo y del desempeño de la máquina, se construye desde los indicadores propios de mantenimiento, estas son la confiabilidad medida a través del tiempo medio entre fallas (MTBF que significa mean time between failures) y la mantenibilidad medida a través del tiempo medio de reparación (MTTR, que significa mean time to repair). La disponibilidad inherente para los equipos se determina mediante la siguiente fórmula (3)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 \quad \dots (3)$$

Esta fórmula proporciona una medida de la disponibilidad inherente de un equipo, que indica la proporción de tiempo en la que el equipo está disponible para realizar su función en comparación con el tiempo total entre fallas y tiempos de reparación.

Según lo mostrado en la figura 1, de la presente investigación ayudaron a implementar los planes de mantenimiento preventivo, es así como el Plan de Mantenimiento Preventivo Predeterminado. Este plan consistió en una lista de actividades de mantenimiento que incluían el cambio de componentes del cargador frontal, en conformidad con las directrices establecidas por la norma correspondiente.

De acuerdo con la figura 1, en la presente investigación se implementó el Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Condición no Predictivo. Este plan incluyó:

Planes de limpieza e inspección del cargador frontal: Actividades programadas para limpiar y realizar inspecciones visuales en componentes clave del cargador frontal para detectar signos de desgaste, daños u otros problemas.

Planes de lubricación del cargador frontal: Programación de la aplicación de lubricantes en partes móviles y componentes del cargador frontal para garantizar un funcionamiento adecuado y reducir el desgaste.

Planes de ajustes del cargador frontal: Actividades para ajustar componentes específicos del cargador frontal según sea necesario para mantener su funcionamiento óptimo y prevenir problemas de rendimiento.

Estos planes se diseñaron y ejecutaron de acuerdo con las directrices establecidas por la norma aplicable para garantizar un mantenimiento efectivo y mantener la disponibilidad y confiabilidad del cargador frontal.

En un entorno industrial, el término "falla" se refiere a uno o más eventos en máquinas y equipos que provocan su mal funcionamiento. (Cyrino, 2023).

Funciones lo que desea hacer un propietario o usuario de un recurso o sistema físico. (SAE-JA1011, 1999). Una verificación de mantenimiento es un procedimiento de evaluación creado para confirmar la funcionalidad de las máquinas y equipos que se utilizan con frecuencia (Mancuzo, 2020). El fallo se produce si una máquina no es capaz de realizar las actividades que se espera que se realice. (Moubray, 2014)

La lubricación implica reducir la fricción entre dos partes móviles mediante la

introducción de líquido para separar las dos superficies en contacto. El término "lubricación" se utiliza cuando se utiliza grasa como base para lubricantes. (Lefresne, 2016).

El mantenimiento se refiere a las acciones o pasos que se toman durante la fase de diseño de un producto. Incluye características que mejoran el mantenimiento y aseguran un tiempo de inactividad mínimo y bajos costos de soporte durante el ciclo de vida. (Predictiva21, 2023).

El mantenimiento cerrado es una de las medidas más importantes en el mantenimiento preventivo de equipos industriales. El tiempo de inactividad de las instalaciones o el tiempo de inactividad técnico es crítico porque el trabajo que constituye la instalación no se puede realizar durante el funcionamiento normal de la maquinaria industrial. (servidor-alicante, 2018).

Una máquina es un sistema mecánico que realiza una acción específica. En otras palabras, una máquina es una unidad que consta de una serie de elementos mecánicos que se combinan para facilitar la realización de un trabajo. (Ingenierizando.com, 2023).

El objetivo de la función de mantenimiento es: maximizar la disponibilidad de máquinas y sistemas de producción. Preservar el valor de los activos y minimizar su uso y deterioro. Para alcanzar estos objetivos a largo plazo de la forma más económica. (Heintzelman, 1987).

El mantenimiento preventivo es el mantenimiento realizado con anticipación para evitar que los equipos, equipos electrónicos, vehículos de motor, maquinaria pesada, etc. (García Palencia, 2012). El mantenimiento preventivo es un proceso de mantenimiento regular (de rutina) del equipo, que puede abarcar desde la lubricación de rutina hasta el ajuste de piezas o componentes a lo largo del tiempo. El intervalo entre servicios puede ser en tiempo de ejecución. (TECSUP, 2007, pág. 11).

El mantenimiento correctivo es una serie de acciones que se realizan en caso de avería para que el equipo vuelva a funcionar. (GUTIERREZ SERNA, 2018, pág. 26)

Mantenimiento reactivo, que se utiliza en grandes proporciones a nivel industrial en nuestros países latinoamericanos y muchos países menos desarrollados. Este tipo de mantenimiento correctivo se realiza cuando una máquina está fuera de servicio debido a daños o mal funcionamiento, y el objetivo es reanudar las operaciones con el menor impacto posible en la productividad; por lo general, las partes del equipo o la maquinaria se retiran lo antes posible, se reparan o reemplazan. (Pérez Rondón, 2021)

Las cargadoras de ruedas son un tipo de equipo pesado de movimiento de tierras y son adecuadas para muchos tipos de aplicaciones, incluidas carga, transporte, excavación, movimiento de tierras, etc. (AVILES ANTEZANA, 2016, pág. 86)

Los cargadores frontales están diseñados para excavar, cargar, acarrear, empujar materiales y transportarlos en trayectos breves. (DEVELON, 2023).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Esta investigación es de tipo aplicada y tiene como objetivo hacer un problema práctico específico al que se enfrentan la sociedad y la municipalidad de Azángaro cuando un cargador frontal L120F Volvo se avería inesperadamente desde una perspectiva cuantitativa, la rentabilidad de la municipalidad de Azángaro mejoró debido a las oportunidades de realizar mejoras a través de programas de mantenimiento preventivo, una mayor disponibilidad de las cargadoras de ruedas Volvo L120F y una mayor confiabilidad del equipo.

La investigación de tipo aplicada tiene como finalidad la solución de un problema o un método específico, centrándose en la búsqueda del conocimiento y fortaleciéndolo para su aplicación, enriqueciendo así el desarrollo de la cultura y la ciencia. (DuocUC, 2023).

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

Es experimental, de alcance preexperimental por que se manipula la variable y se establece a relación causa efecto, los investigadores intentaron investigar, pero no tuvieron los controles suficientes para lograr la validez interna de la investigación, tales mantenimientos preventivos, son utilizadas en el trabajo de campo, que se hacen en la investigación realizando diferentes valorizaciones. El objetivo de toda investigación preexperimentales descubrir posibles relaciones causales entre los factores que se manipulan (la variable dependiente) y el fenómeno conductual que se estudia (la variable independiente). (SAIZ MANZANARES, 2022).

#### **3.2 Variables y operacionalización**

Variable Independiente: Implementación del Plan de Mantenimiento preventivo. Siendo una serie de actividades que se realizan con determinadas frecuencias a lo largo del ciclo de vida de un equipo, con el objetivo de contra restar las fallas.

Variable Dependiente: Disponibilidad, la disponibilidad del equipo sujeto a la investigación en este caso el cargador frontal, evalúa el tiempo en el cual estuvo operativo, es decir sin paradas, sin fallas dividido sobre el tiempo disponible con el cual se cuenta, durante un período, este período normalmente es el ejercicio de un

mes calendario, y luego se analiza, para esto se puede hallar la disponibilidad inherente en función de los criterios de mantenibilidad, confiabilidad del cargador frontal L120F Volvo (Tasé et al., 2020).

En el anexo 1, se presentan conceptos, definiciones, dimensiones, indicadores y escalas de medición de carácter operativo para las variables operacionales.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1 Población**

La población es el conjunto de cargadores frontales modelo Volvo, equipo pesado para las diferentes labores de carga de material pesado, en diferentes actividades.

Criterios de inclusión: el cargador frontal modelo L120F volvo del año 2008.

Criterios de exclusión: No se tomarán en cuenta los cargadores frontales de otros modelos y años de fabricación más antiguas.

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra es el cargador frontal Volvo modelo L120F 2008 propiedad de la Municipalidad de la ciudad de Azángaro.

Una muestra es un subconjunto de la población de estudio. Representa la población más grande y se utiliza para sacar conclusiones de esa población (Muguiru, 2023).

#### **3.3.3 Muestreo**

El muestreo se considera no probabilístico por juicio, como investigador estoy dando a elegir directamente a la maquinaria pesada, al cargador frontal L120F Volvo del año 2008. Especialmente con el muestreo no probabilístico, los individuos se seleccionan según los criterios subjetivos del investigador. (www.probabilidadyestadistica.net, 2023).

#### **3.3.4 Unidad de análisis**

Para el presente estudio la unidad de análisis está compuesta por el cargador frontal L120F marca Volvo del año 2008 de la municipalidad de Azángaro. (Gallardo, 2017).

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos: Para lograr la propuesta del proyecto de investigación, se llevarán a cabo los métodos y herramientas enumerados y se comenzará su implementación. En la Tabla 1 se detallará.

**Tabla 1 Instrumentos**

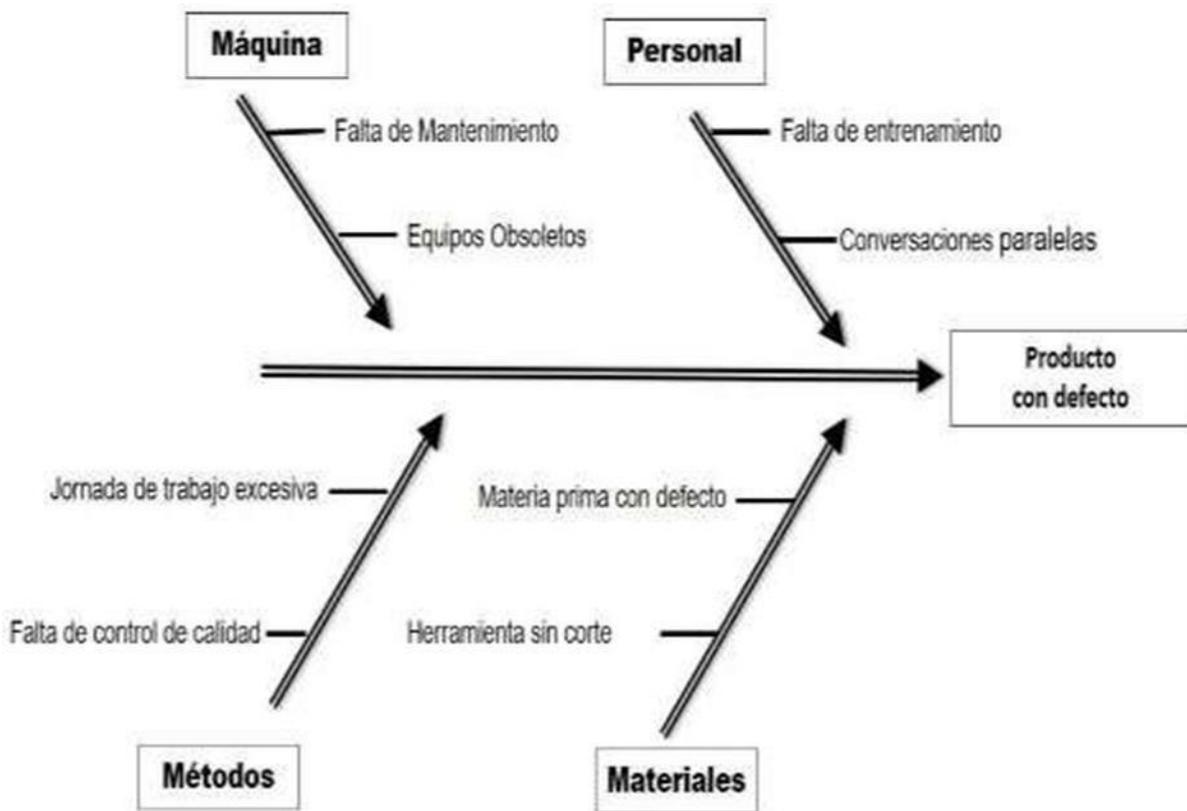
Data	Técnica	Instrumento	Objetivo
Registro de componentes del cargador frontal L120F	Observación directa en base al manual	Ficha de registro del cargador frontal L120F	Encontrar los componentes mantenibles y su frecuencia de mantenimiento
Registro de modo y efecto de fallas del cargador frontal L120f	Análisis documental	Ficha recolección de datos, análisis de causa raíz	Encontrar los componentes mantenibles para su análisis y determinación de frecuencia de mantenimiento
Registro de un plan de mantenimiento preventivo	Análisis documental	Ficha de registro de actividades de mantenimiento	Clasificar los planes de Mantenimiento Preventivo

*Fuente:* Elaboración propia, de acuerdo con los instrumentos recopilados.

### 3.5 Procedimiento

Primeramente, i) en coordinación con la municipalidad de Azángaro, se pedirá la autorización para recopilar los datos; ii) Se determinará la disponibilidad del cargador frontal l120f para ello se implementará los formatos de registro de fallas; iii) Se revisará y analizará el manual del cargador, se elaborará el diagrama de Ishikawa, historia de fallas; iv) Se elaborará el plan de mantenimiento preventivo en base a la norma UNE EN 13306 versión 2018. Plan predeterminado, plan de inspecciones y limpieza, Plan de lubricación, Plan de ajustes de acuerdo con la norma indicada v) Se Implementará los planes de mantenimiento preventivo de acuerdo con la norma; vi) Ya con el registro de fallas se evaluará la disponibilidad del cargador frontal L120F. En la figura 2, se detalla el diagrama de Ishikawa.

**Figura 2** Diagrama de Ishikawa



*Fuente:* Tomado del libro ¿Qué es el control de calidad?

Por otra parte, se realizará encuesta al operador y mantenedor de dicha maquinaria pesada de la municipalidad de Azángaro, donde se podrá obtener información respecto a las paradas, periodo de fallas, periodo de mantenimiento, recorridos de trabajo inicio a fin.

### **3.6 Método de análisis de datos**

En esta sección se desarrollan los métodos analíticos para el desarrollo de la investigación descriptiva, ya que los resultados se presentarán en forma de tablas y gráficos para este análisis se usará el software (Excel) para lograr los objetivos contenidos de nuestra investigación. Según Hernández y Mendoza (2018), concluyen que los métodos descriptivos incluyen aquellos relacionados con la observación, lo cual es importante en cuanto a factores relacionados con la validez interna y externa del estudio.

### **3.7 Aspectos éticos**

Cumple con la Resolución del Consejo Estudiantil de la Universidad César Vallejo N° 0262 de 2020. Los parámetros utilizados en las investigaciones de la Universidad César Vallejo, que también son los establecidos en el Código de Ética de los Psicólogos Peruanos, son los siguientes tres principios: i) Respeto Humano: Todas las personas que participen en este estudio serán tratadas con el debido respeto. ii) Equidad: Todos los estudiantes reciben el mismo trato, a todos se les da el mismo nivel de responsabilidad y se evitan prejuicios y tratos discriminatorios. iii) Buena fe y no malicia: Con ello buscamos obtener el máximo beneficio de nuestra investigación.

#### IV. RESULTADOS

El cargador frontal Volvo L120F del presente trabajo de investigación, equipo que pertenece a la municipalidad de Azángaro ubicado en la región Puno, y es denominado de gran utilidad para la población Azangarina. Ya que sus funciones son de excavar, cargar, acarrear, empujar materiales y transportarlos en trayectos breves materias primas como: piedras, hormigones, arenas, tierras y otros. Según su capacidad de carga en cuchara no menos 3400 kg.

#### Determinación de la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F.

#### Especificaciones técnicas del cargador frontal Volvo L120F

En la figura 3 se detallan las características técnicas del cargador frontal Volvo L120F, que es motivo de estudio en la presente investigación, información recopilada en las estaciones de la municipalidad de Azángaro.

**Figura 3** Especificaciones Generales del Cargador Frontal Volvo L120F

<b>MANUAL</b>	<b>FICHA DE REGISTRO</b>	FECHA:
		CODIGO:
	<b>CARGADOR FRONTAL VOLVO L120F</b>	MANUAL DEL FABRICANTE:
		UBICACIÓN:
<b>DATOS GENERALES DEL CARGADOR FRONTAL VOLVO</b>		<b>IMAGEN DE REFERENCIA</b>
MARCA	VOLVO	
MODELO	L120F	
AÑO DE FABRICACION	2008	
PAIS ORIGEN	ZUECIA	
DIMENSION (A)	2.67M	
DIMENSION (L)	6.658M	
DIMENSION (H)	3.37M	
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>		
PESO	19.2T	
MODELO DEL MOTOR	D7ELBW3	
RENDIMIENTO DEL MOTOR	180KW	
REVOLUCION	1700RPM	
CILINDRADA	7.1L	
VELOCIDAD	37KMH	
ALTURA VERTIDO MAX	4.09M	
POTENCIA ELEVACION	151KN	
CAPACIDAD DE CUCHARA	3.4M3	
CAPACIDAD DE LA PALA MIN.	3.4M3	
NEUMATICOS ESTANDAR	750/65 R25	

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad

De acuerdo con la figura 3, para el cargador frontal Volvo L120F, se destaca una potencia de 180 kW, una velocidad de 1700 revoluciones por minuto y una potencia de elevación de 151 kN, año de fabricación 2008.

### Cálculo de la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F

El cargador frontal Volvo L120F es un equipo de la línea amarilla, cuenta con un plan de operación que va de lunes a viernes, horario dispuesto por la municipalidad de Azángaro para sus diferentes actividades, con un rango de trabajo de 9 horas, de las cuales 1 hora se destina para el almuerzo del operador, se tiene una disponibilidad diaria de ocho horas diarias. Trabajos realizados según su demanda para las instituciones, la población, proyectos de construcción y mantenimiento de vías.

El trabajo de campo se realizó mediante la coordinación primeramente con el jefe de maquinarias pesadas en donde nos dio alcance de que el equipo cuenta con un plan de mantenimiento indicado por el fabricante, que es el que normalmente se recomienda para equipos de la línea amarilla, este se muestra en la figura 4. En este plan del fabricante las actividades de mantenimiento preventivo se dan cada 250 horas de funcionamiento, para el cambio de componentes.

**Figura 4 Plan de Mantenimiento Preventivo Inicial del Cargador Frontal Período 2022**

PLAN PREDETERMINADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					EQUIPO: CARGADOR F. VOLVO L120F		CODIGO: C3 G1 62							
PM01: 25						F. REGISTRO DE PLANES Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
PM02: 50						MARQUE CON UNA (X) PM QUE CORRESPONDA								
PM03: 75	ORDEN DE MANTENIMIENTO:			H										
PM04: 100	TIEMPO ESTIMADO:			H										
PM05: 125	EJE CUIDADO/ HOROMETRO:			H/ KM										
PM06: 150	DURACION:			H										
PM07: 175	UBICACION:													
PM08: 200	FECHA:													
<b>COMPONENTES A CAMBIAR</b>														
ITEM	DESCRIPCION	CAMBIO	CODIGOS	CANTIDAD	UNIDAD	FRECUENCIA	PM-01 250 HORAS	PM-02 500 HORAS	PM-03 750 HORAS	PM-04 1000 HORAS	PM-05 1250 HORAS	PM-06 1500 HORAS	PM-07 1750 HORAS	PM-08 2000 HORAS
<b>MOTOR</b>														
1	ACEITE DE MOTOR 150/40	-	VOLVO V054	10	DLN	250 HORAS								
2	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	-	VOE837336	1	UND	250 HORAS								
3	FILTRO DE RETROLEO	-	VOE8138841	1	UND	250 HORAS								
4	FILTRO DE PETROLEO CON SEPARADOR DE AGUA	-	V0E11110288	1	UND	250 HORAS								
5	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	-	V0E11110223	1	UND	1.000 HORAS								
6	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	-	V0E11110222	1	UND	2.000 HORAS								
7	REFRIGERANTE DEL TANQUE	-	V0E11112927	1	UND	2.000 HORAS								
8	BOMBA DE AGUA	-	V0LV0	1	UND	(---)								
9	CORREAS DE MOTOR ELECTRICO	-	V0LV0	3	UND	(---)								
10	REFRIGERANTE	-	COOLANT RJ 50/50	10	DLN	(---)								
<b>TRANSMISION</b>														
9	ACEITE DE TRANSMISION A 750	-	SHELL SPIRA1 52	10,3	DLN	1.000 HORAS								
10	FILTRO DE TRANSMISION	-	V0E10312818	1	UND	1.000 HORAS								
<b>CABINA</b>														
11	FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO	-	V0E11728979	1	UND	1.000 HORAS								
12	FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO	-	V0E11110258	1	UND	2.000 HORAS								
<b>EJES DELANTERO - POSTERIOR</b>														
13	ACEITE DE EJE	-	SHELL SPIRA1 S4 70W	20,3	DLN	1.000 HORAS								
14	RESPIRADERO DE LA CORONA	-	V0E11172927	2	UND	2.000 HORAS								
<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>														
15	ACEITE HIDRAULICO	-	SHELL TELLUS S2 M1X40	34,8	DLN	2.000 HORAS								
16	FILTRO HIDRAULICO	-	COOLANT RJ 50/50	1	UND	2.000 HORAS								
17	RESPIRADERO DE TANQUE	-	V0E1172927	1	UND	2.000 HORAS								
<b>SISTEMA CERRAJE</b>														
18	DENTES	-	V0LV0	8	UND	2.000 HORAS								
19	CUCHILLA	-	V0LV0	1	UND	2.000 HORAS								
20	PERNOS	-	CABEZAL EXADONAL	3	UND	2.000 HORAS								
21	TUERCAS	-	PLANJE	3	UND	2.000 HORAS								

Fuente: Data elaborada con operadores de la municipalidad

El equipo de operaciones de la municipalidad hace el mayor esfuerzo de cumplir con las actividades indicadas por el fabricante, sin embargo nos las cumple por el factor de falta de compra oportuna de repuestos es así que el cargador presenta una serie de fallas, motivo el cual se coordinó para la recolección de la data del cuaderno de control de los tiempos disponibles, los tiempos de falla, la frecuencia de fallas y este nos sirva de base para determinar los indicadores iniciales, así como determinar la disponibilidad inherente del equipo mediante la recolección de datos, datos recopilados del cuaderno de control de operaciones del cargador, con la ayuda del operador se elaboró la ficha de registro de fallas, las horas de falla recopiladas del año 2022, se muestran a continuación en la tabla 2.

**Tabla 2** Registro de las Horas de Disponibles, Operación y Elaboración de Indicadores y la Disponibilidad del Cargar Frontal Volvo L120 del Ejercicio 2022

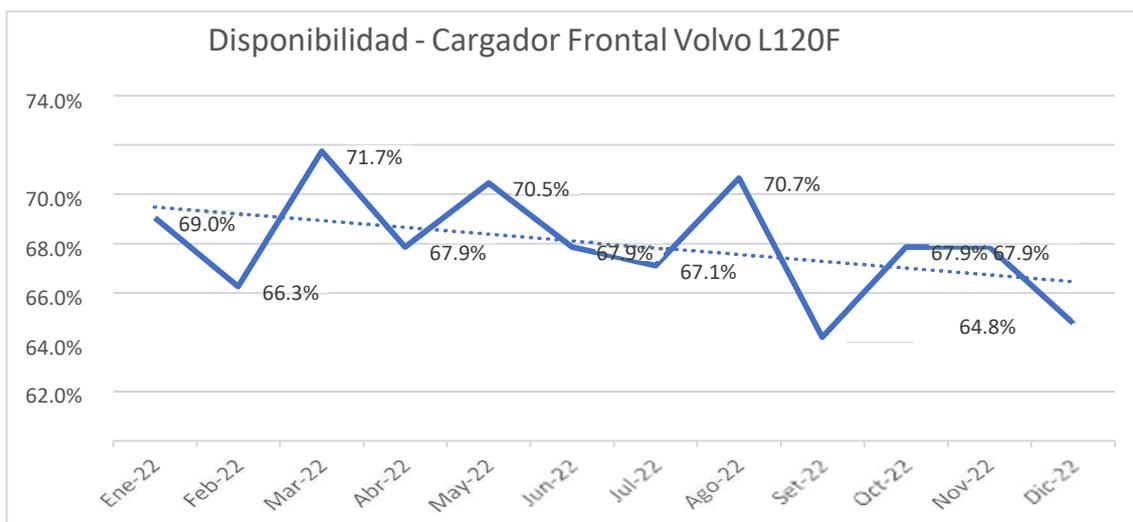
<i>mes</i>	<i>TD (hrs)</i>	<i>TO (hrs)</i>	<i>TF (hrs)</i>	<i>F (veces/falla)</i>	<i>MTBF (hrs)</i>	<i>MTTR (hrs)</i>	<i>D (%)</i>
<i>Ene-22</i>	168	116.0	52.0	14	8.3	3.7	69.0%
<i>Feb-22</i>	160	106.0	54.0	12	8.8	4.5	66.3%
<i>Mar-22</i>	184	132.0	52.0	10	13.2	5.2	71.7%
<i>Abr-22</i>	168	114.0	54.0	12	9.5	4.5	67.9%
<i>May-22</i>	176	124.0	52.0	10	12.4	5.2	70.5%
<i>Jun-22</i>	168	114.0	54.0	12	9.5	4.5	67.9%
<i>Jul-22</i>	152	102.0	50.0	12	8.5	4.2	67.1%
<i>Ago-22</i>	184	130.0	54.0	12	10.8	4.5	70.7%
<i>Set-22</i>	176	113.0	63.0	14	8.1	4.5	64.2%
<i>Oct-22</i>	168	114.0	54.0	12	9.5	4.5	67.9%
<i>Nov-22</i>	168	114.0	54.0	12	9.5	4.5	67.9%
<i>Dic-22</i>	176	114.0	62.0	14	8.1	4.4	64.8%
<b>2022</b>	<b>2048</b>	<b>1393</b>	<b>655.0</b>	<b>146</b>	<b>9.5</b>	<b>4.5</b>	<b>68.0%</b>

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

De acuerdo con la tabla 2, los términos: TD tiempo disponible, TO tiempo de operación, TF tiempo de falla, F frecuencia de fallas (cantidad de veces que ocurren fallas). Con el registro de fallas, tiempos operativos, tiempos disponibles, se llegó a determinar la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F con un promedio

ponderado de 68% como data se tomó por un periodo de 12 meses desde enero a diciembre del año 2022, mostrando así un 32% de pérdidas del tiempo de operaciones, de acuerdo con las diferentes fallas, fallas que se verá más adelante, la figura 5 muestra la evolución de la disponibilidad.

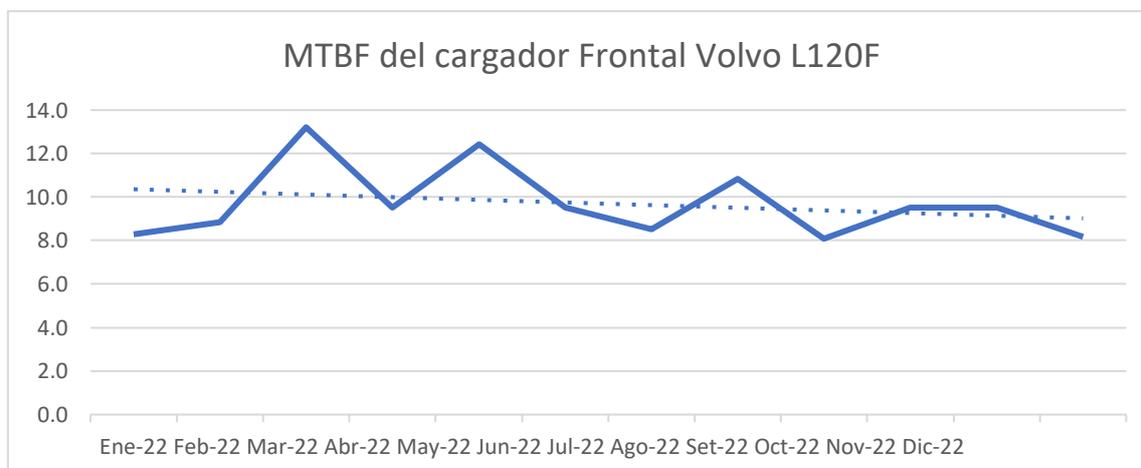
**Figura 5** Disponibilidad en Porcentaje del Cargador Frontal Volvo L120F del 2022



*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad

De acuerdo con la figura 5, se ve claramente que la baja disponibilidad tiene tendencia decreciente, esto debido a las diferentes paradas que ocurren en el cargador frontal, paradas que serán analizadas más adelante. Se muestran a continuación las figuras 6 y 7 que muestran el MTBF y MTTR del período 2022.

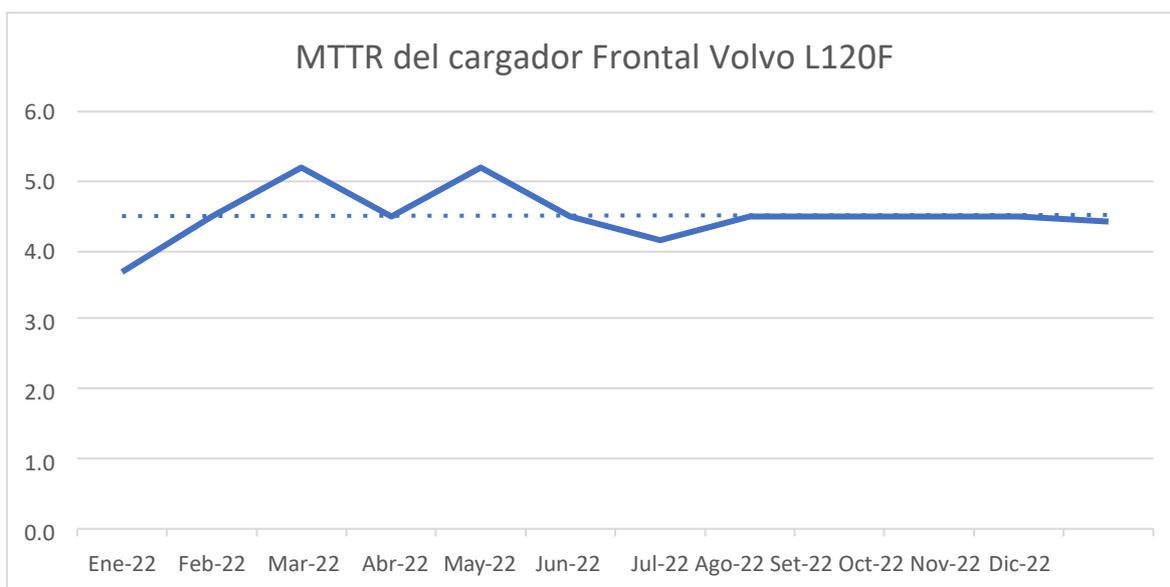
**Figura 6** MTBF del Cargador Frontal Volvo L120F de la Municipalidad de Azángaro 2022



*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

La figura 7 nos muestra el MTTR o la mantenibilidad del cargador frontal donde notamos una estabilidad de la mantenibilidad es decir que los técnicos de mantenimiento tienen conocimiento técnico de la reparación, sin embargo, no generan análisis de causa raíz para minimizar estas fallas.

**Figura 7** MTBF del Cargador Frontal Volvo L120F de la Municipalidad de Azángaro 2022



*Fuente: Data elaborada con operadores de la municipalidad.*

La figura 7 nos muestra el MTTR o la mantenibilidad del cargador frontal donde notamos una estabilidad de la mantenibilidad es decir que los técnicos de mantenimiento tienen conocimiento técnico de la reparación, sin embargo, no generan análisis de causa raíz para minimizar estas fallas.

### **Horas de falla del cargador frontal Volvo L120F y sus pérdidas**

Cada interrupción del cargador frontal debido a una falla representa una pérdida significativa para la empresa, ya que implica gastos adicionales como el alquiler de un cargador frontal de reemplazo, la movilización de personal y otros gastos ocultos. Para calcular el costo de alquiler de un cargador frontal por hora de trabajo, se utilizó la tarifa de alquiler 120 soles por hora, alquiler que se realiza para cubrir las horas inoperativas y culminar las actividades de la municipalidad.

En la tabla 3 se proporciona un desglose de las pérdidas que la empresa experimenta como resultado de las interrupciones causadas por fallas en el cargador frontal Volvo L120F.

**Tabla 3** *Horas de Falla y Costo de Pérdidas por Alquiler de Cargador Frontal 2022*

<b>Mes</b>	<b>Equipo</b>	<b>TFM (hrs)</b>	<b>Costo Pérdida (soles)</b>
Ene-22	L120F	52	6,240
Feb-22	L120F	54	6,480
Mar-22	L120F	52	6,240
Abr-22	L120F	54	6,480
May-22	L120F	52	6,240
Jun-22	L120F	54	6,480
Jul-22	L120F	50	6,000
Ago-22	L120F	54	6,480
Set-22	L120F	63	7,560
Oct-22	L120F	54	6,480
Nov-22	L120F	54	6,480
Dic-22	L120F	62	7,440
<b>2022</b>	<b>L120F</b>	<b>655</b>	<b>78,600</b>

*Fuente: Data elaborada con operadores la municipalidad.*

Es importante señalar que los costos asociados a las interrupciones por fallas del cargador frontal van más allá del simple costo de alquiler. Estas interrupciones también generan retrasos en los trabajos, lo que conlleva a mayores costos operativos y, lo que es aún más significativo, puede afectar la satisfacción de los pobladores de la ciudad de Azángaro alterarse el período planificado para la ejecución de las obras. Como resultado, la empresa incurrió en una pérdida económica total de 78,600 soles durante el ejercicio del 2022 debido a las diversas interrupciones provocadas por paradas del cargador frontal, de esta forma se trabajará con una evaluación de análisis de causas usando el diagrama de Ishikawa.

## Elaborar plan de mantenimiento preventivo de acuerdo con la norma EN 13306-2018 del cargador frontal Volvo L120F.

### Evaluación de las causas de la baja disponibilidad del cargador frontal

El análisis de causas es una herramienta fundamental para hallar las posibles causas subyacentes de las fallas en los equipos, esta metodología se utiliza para identificar las causas fundamentales de las fallas, de esta manera, minimizar la repetición de los problemas en los equipos. En el caso específico del cargador frontal, el análisis de causa raíz puede revelar que las fallas recurrentes están relacionadas con el trabajo operativo del equipo. Es decir, las operaciones mecánicas continuas pueden predisponer a ciertas fallas en la máquina. Este problema se agrava si el operador no está comprometido con el cuidado y mantenimiento adecuados del equipo. Por lo tanto, es crucial realizar observaciones durante la operación del equipo para identificar posibles problemas y tomar medidas preventivas, en la figura 8 se muestra en análisis de causa raíz. Además, es importante evaluar el comportamiento del operador al finalizar y al iniciar sus operaciones, ya que estos momentos pueden ser críticos para detectar señales tempranas de las o deficiencias en el mantenimiento y el cuidado del equipo.

**Figura 8** Diagrama de Ishikawa se Muestra el Estudio, Análisis de Causa Raíz Equipo Cargador Frontal Volvo L120F de la Municipalidad de Azángaro del 2022



Fuente: Data elaborada con operadores de la municipalidad.

Luego de la evaluación se muestra la carencia del mantenimiento preventivo basado en condición no predictivo (de acuerdo con la norma UNE EN 13306), como son los planes de limpieza, inspección, lubricación y ajustes para el equipo cargador frontal L120F, por parte del mantenedor y operador solo se registra las paradas, horas de trabajo y cambios de componentes indicados por el fabricante, pero no cuenta con un análisis de causa raíz de las diversas paradas.

En empresas industriales y sobre todo de maquinaria pesada el personal operario muestra la carencia de capacitación y entrenamiento, en el ámbito de mantenimiento y ausencia de parte de la supervisión, falta de check list de inspección diario, falta de procedimiento del mantenimiento preventivo, en la tabla 4, se muestra el resultado del análisis de causas y el impacto en función de su criticidad de cada causa evaluada por los integrantes del equipo de análisis.

**Tabla 4** Resumen y Valoración del Resultado del Diagrama de Ishikawa del Cargador Frontal Volvo L120F del 2022

<i>Id</i>	<i>M</i>	<i>CR-X</i>	<i>Causa raíz</i>	<i>Consecuencia</i>	<i>Valoración</i>	<i>Valoración porcentual (%)</i>
1	Maquinaria	CR-1	Falta de mantenimiento preventivo basado en condición	Elevadas paradas por causas de operación	20	20%
2	Maquinaria	CR-2	Falta de limpieza, inspección, falta de ajustes	Elevadas paradas por causa de operación	18	18%
3	Maquinaria	CR-4	Falta de lubricación en puntos críticos	Elevadas paradas de máquina	16	16%
4	Maquinaria	CR-3	Falta evaluación de registro de fallas	Elevadas paradas de máquina	12	12%
5	Mano de Obra	CR-5	Falta de capacitación y entrenamiento	Elevadas paradas por causa de operación	10	10%
6	Mano de Obra	CR-6	Alta rotación del personal	Elevadas paradas por causa de operación	4	4%
7	Método	CR-7	Falta de supervisión	Elevadas paradas por causa de operación	4	4%
8	Método	CR-8	Check list pre-uso	Elevadas paradas de máquina	4	4%
9	Método	CR-9	Mala programación	Tiempos muertos procesos	4	4%
10	Maquinaria	CR-10	Componentes desgastados	Elevadas tiempo de reparación	3	3%
11	Maquinaria	CR-11	Mala segregación	Elevadas paradas de máquina	3	3%
12	Método	CR-12	Desconocimiento del procedimiento	Tiempos muertos procesos	2	2%
<i>Totales</i>					100	100%

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

El diagrama de Ishikawa mostró una falta de actividades de mantenimiento preventivo ejecutadas por los operadores, basados en condiciones no predictivas, lo que indica una falta de participación por parte del personal operativo en planes como limpieza, inspección, lubricación y ajustes. Este resultado en un aumento del desgaste acelerado de los componentes en el cargador frontal y generó pérdidas en la municipalidad.

### **Análisis de modos y efecto de falla (AMEF) del cargador frontal**

Se utilizó la metodología de Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMFE) para desarrollar e implementar un plan de mantenimiento preventivo predeterminado y basado en condición no predictivo (de acuerdo con la norma UNE EN 13306 del 2018) para el cargador frontal. Los detalles de este análisis se resumen en la Tabla 5.

**Tabla 5** *Análisis de Modos y Efectos de Falla del Cargador Frontal Volvo L120F del 2023*

Subsistema	Función	Modo de falla	Efectos de fallo	Causas de fallo	Control	G	O	D	NPR
Pin del cucharón y aguilón	Articulación en el sistema	Cucharón sin movimiento	Desgaste del pin	Falta de lubricación	Mantenimiento Preventivo predeterminado	9	9	8	648
Uñas del cucharón	Generar corte e izaje del material	Desgaste de uñas	Baja capacidad	Material de uñas	Mantenimiento Preventivo basado en condición	9	8	8	576
Arranque	Pulveriza el combustible a la cámara de combustión del cargador	Falta de inyección de combustible	No arranca el motor. Pérdida de fuerza	Desgaste Suciedad Calibración	Mantenimiento Preventivo basado en condición	9	7	5	315
Refrigeración	Enfriamiento del motor y sistema hidráulico	Fuga de refrigerante Taponamiento	Exceso de temperatura	Exceso de polución Picaduras	Mantenimiento Preventivo basado en condición	9	7	4	252
Combustión interna	Transferencia de potencia a la volante	Baja comprensión	Pérdida de fuerza	Desgaste del pistón	Mantenimiento Preventivo basado en condición	10	4	6	240
Transmisión	Cambios de velocidad y torque en el sistema	No transmite velocidad y torque	Pérdida de velocidad y torque	Desgastes de bomba	Mantenimiento Preventivo basado en condición	8	5	6	240
Hidráulico	Generar la fuerza hidráulica al cucharón a través de los pistones principales	Fuga de aceite	Perdida de fuerza	Falta de aceite, contaminación	Mantenimiento Preventivo basado en condición	9	3	8	216

Encendido	Generar movimiento en la volante	Vibración, rotura de dientes	Motor no arranca	Deterioro de los dientes	Mantenimiento Preventivo basado en condición	8	2	2	32
-----------	----------------------------------	------------------------------	------------------	--------------------------	--	---	---	---	----

G: Gravedad o severidad      O: Ocurrencia      D: Detección      NPR: Número de prioridad de riesgo  $NPR = G \times O \times D$

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

Como resultado del Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), se identificaron nuevas actividades para la implementación que serán agregadas a los planes de mantenimiento. Estas nuevas actividades están diseñadas para abordar los modos de falla identificados durante el análisis y para mejorar la fiabilidad y disponibilidad del cargador frontal. La integración de estas nuevas actividades en los planes básicos de mantenimiento permitirá una mejor gestión y reducción de los riesgos asociados con las posibles fallas del equipo. Adicionalmente a las actividades recomendadas por el fabricante.

### **Elaboración de los planes de mantenimiento preventivo.**

En base al análisis de causa raíz se muestra carencia de plan de mantenimiento preventivo “básico” (plan de limpieza e inspección, lubricación y ajuste) “predeterminado” (cambio de componentes básicos del equipo). En agregación del personal de mantenimiento, operador y el manual del cargador frontal Volvo L120F se llegan a elaborar los planes de mantenimiento preventivo.

En la tabla 6 se muestra los planes del fabricante los cuales se han venido cumpliendo, pero con desviaciones de horas por la falta de proyección y comunicación entre el operador y el equipo de mantenimiento de la municipalidad de Azángaro.

**Tabla 6** *Plan de Mantenimiento Preventivo Predeterminado del Fabricante del Cargador Frontal Volvo L120F del 2022*

<b>PM250 - Plan mantenimiento preventivo a 250 horas</b>		
<b>Cant.</b>	<b>U/M</b>	<b>Descripción cambio de componentes</b>
10	GAL	ACEITE MOTOR 15W40
1	UND	FILTRO DE ACEITE DEL MOTOR
1	UND	FILTRO DE COMBUSTIBLE
1	UND	FILTRO SEPARADOR DE AGUA
1	UND	FILTRO DE AIRE PRIMARIO

### **PM500 - Plan mantenimiento preventivo a 500 horas**

<b>Cant.</b>	<b>U/M</b>	<b>Descripción cambio de componentes</b>
1	UND	EJECUTAR EL <b>PM01</b>
1	UND	FILTRO HIDRÁULICO
11	GAL	ACEITE DE TRANSMISIÓN
2	UND	FILTRO DE TRANSMISIÓN
<b>PM1000 - Plan mantenimiento preventivo a 1000 horas</b>		
<b>Cant.</b>	<b>U/M</b>	<b>Descripción cambio de componentes</b>
1	UND	EJECUTAR EL <b>PM02</b>
9	GAL	ACEITE DIFERENCIAL
3	GAL	ACEITE DE MANDOS
1	UND	ACEITE DIFERENCIAL
<b>PM2000 - Plan mantenimiento preventivo a 2000 horas</b>		
<b>Cant.</b>	<b>U/M</b>	<b>Descripción cambio de componentes</b>
1	UND	EJECUTAR EL <b>PM03</b>
35	GAL	ACEITE HIDRÁULICO
1	UND	FILTRO HIDRÁULICO
1	UND	CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS DE ADMISION Y ESCAPE

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

De acuerdo con la información de la tabla 6, se identifica el primer plan de mantenimiento preventivo, que incluye el cambio de componentes indicados por el fabricante del cargador frontal Volvo (tales como aceites, filtros, separadores y calibraciones). Estos cambios de acuerdo con los cuadernos de control no se llevaron a cabo a tiempo debido a la falta de disponibilidad del equipo y a la escasez de stock en el almacén de la empresa.

### **Implementación de los planes de mantenimiento preventivo basado en condición no predictivo.**

El análisis de la causa raíz reveló la ausencia de un mantenimiento preventivo basado en la condición para el cargador frontal, lo cual se abordó mediante la implementación de planes de actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste (LILA). Estas actividades fueron realizadas por el personal de mantenimiento y requirieron un tiempo adicional de 21 horas hombre para cada mantenimiento preventivo. El costo adicional asociado a estas horas se calculó multiplicando el número de horas por la tarifa por hora, dando como resultado un total de 620 soles por cada PM preventivo ejecutado en el equipo. Este enfoque representa un avance hacia un mantenimiento más proactivo y eficiente, con el

objetivo de mejorar el rendimiento y reducir las fallas no planificadas en el cargador frontal.

En la tabla 7 y en adelante se especifican los planes de mantenimiento preventivo basado en condición (MBC) adicionales a los recomendados por el fabricante, obtenidos del AMEF y desarrollado con el personal operativo y del taller de mantenimiento.

**Tabla 7** *Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 50 horas*

<b>Id</b>	<b>Actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste – en la frecuencia de 50 horas</b>
1	Inspección de cucharón pines y articulaciones
2	Lubricaciones de pines y articulación del cucharón con grasa EP-3
3	Inspección visual de uñas del cucharón

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

En la tabla 8 se muestran planes de mantenimiento preventivo basado en condición (MBC) de cada 250 horas de funcionamiento, y en el mismo momento que se realizarán el cambio de componente del cargador frontal del PM1, además se añaden las actividades del PM1

**Tabla 8** *Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 250 horas*

<b>Id</b>	<b>Actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste – en la frecuencia de 250 horas</b>
1	Ajustar las conexiones en mangueras de admisión de aire
2	Verificar el nivel de aceite hidráulico sistema de transmisión
3	Inspeccionar los tornillos y ajustarlos en cargador
4	Inspeccionar fugas de aceite, aire en las válvulas
5	Inspeccionar eje de tracción delantera
6	Inspeccionar frenos hidráulicos
7	Inspeccionar el freno del cargador
8	Revisar depósito de combustible
9	Limpiar suciedad en filtro de aire en la cabina
10	Inspeccionar accionamiento del TDF
11	Inspeccionar elevador hidráulico del cargador
12	Inspeccionar mangueras hidráulicas
13	Inspeccionar desgaste de neumáticos
14	Muestrear el aceite
15	Inspeccionar caja de fusibles
16	Inspeccionar relés de sistema electrónico
17	Inspeccionar interruptor de seguridad de arranque
18	Inspeccionar sensor de nivel de combustible

- 19 Inspeccionar focos de luces parte interna y externa en el tablero
- 20 Revisar diodos protectores
- 21 Inspeccionar estado de la batería
- 22 Inspeccionar arrancador de cargador
- 23 Inspeccionar alternador del cargador
- 24 Accionar bomba lava lunetas
- 25 Accionar compresor y mano contacto de aire
- 26 Accionar conectores y enchufes de la BCU

*Fuente:* elaboración con el equipo de mantenimiento y operación.

En la tabla 9 se muestran planes de mantenimiento preventivo basado en condición (MBC) de cada 500 horas de funcionamiento, y en el mismo momento que se realizarán el cambio de componente del cargador frontal del PM2, además se añaden las actividades del PM2.

**Tabla 9** *Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 500 horas*

<b>Id</b>	<b>Actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste en la frecuencia de 500 horas</b>
1	Inspeccionar sistema de transmisión y cambio de marcha
2	Inspeccionar nivel de aceite de la transmisión
3	Revisar accionamiento de TDF
4	Inspeccionar sistema del elevador hidráulico
5	Regular descenso de elevador hidráulico
6	Revisar válvula de freno
7	Inspeccionar cilindros del elevador hidráulico
8	Inspeccionar válvulas de mando a distancia VMD
9	Inspeccionar mangueras hidráulicas
10	Inspeccionar mecanismo de freno de remolque
11	Inspeccionar estado del bloque de sistema hidráulico de alta presión
12	Inspeccionar ductos de retorno de aceite
13	Tensar correa de compresor de aire acondicionado
14	Verificar estado y ajuste de correa de distribución
15	Ajustar abrazaderas del sistema manguitos
16	Inspeccionar estado de depósito de combustible, limpiar y ajustar
17	Limpia filtro de aire
18	Ajustar manguera de salida en la toma de aire
19	Inspeccionar estado de neumáticos
20	Muestrear el aceite
21	Inspeccionar caja de fusibles
22	Inspeccionar relés de sistema electrónico
23	Inspeccionar interruptor de seguridad de arranque
24	Inspeccionar sensor de nivel de combustible
25	Inspeccionar focos de luces parte interna y externa en el tablero
26	Revisar diodos protectores

- 27 Inspeccionar estado de la batería
- 28 Inspeccionar arrancador de cargador
- 29 Inspeccionar alternador del cargador
- 30 Accionar bomba lava lunetas
- 31 Accionar compresor y mano contacto de aire
- 32 Accionar conectores y enchufes de la BCU

*Fuente:* elaborada con el equipo de mantenimiento y operaciones.

De igual manera, presentamos la tabla 10 que detalla las actividades mantenimiento preventivo basado en condición (MBC) que deben llevarse a cabo cada 1000 horas de funcionamiento. Estas actividades se realizarán simultáneamente con el cambio de componentes del cargador frontal, aprovechando el tiempo en el taller y utilizando las herramientas disponibles en el departamento de mantenimiento por el PM3.

**Tabla 10** *Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 1000 horas*

<b>Id</b>	<b>Actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste en la frecuencia de 1000 horas</b>
1	Inspeccionar estado de las juntas universales del eje, verificar solturas
2	Inspeccionar puntos de engrase
3	Inspeccionar sistema de transmisión y marcha del cargador
4	Inspeccionar nivel de aceite del sistema hidráulico
5	Revisar accionamiento de TDF
6	Inspeccionar sistema del elevador hidráulico
7	Regular descenso de elevador hidráulico
8	Revisar válvula de freno
9	Inspeccionar cilindros del elevador hidráulico
10	Inspeccionar estado de neumáticos
11	Muestrear el aceite
12	Inspeccionar caja de fusibles
13	Inspeccionar relés de sistema electrónico
14	Inspeccionar interruptor de seguridad de arranque
15	Inspeccionar sensor de nivel de combustible
16	Inspeccionar focos de luces parte interna y externa en el tablero
17	Revisar diodos protectores
18	Inspeccionar la bocina
19	Inspeccionar intermitentes
20	Inspeccionar estado de la batería
21	Inspeccionar arrancador de cargador
22	Inspeccionar alternador del cargador
23	Accionar bomba lava lunetas
24	Accionar compresor y mano contacto de aire

*Fuente: elaboración con el equipo de mantenimiento y operaciones.*

Igualmente, se presenta la tabla 11 que detalla las actividades de mantenimiento preventivo basado en condición (MBC) que deben ejecutarse cada 2000 horas de funcionamiento del cargador frontal. Estas actividades se llevarán a cabo simultáneamente con el cambio de componentes del cargador frontal, aprovechando el tiempo en el taller por el mantenimiento PM4.

**Tabla 11** *Plan de Mantenimiento Preventivo MBC a 2000 horas*

<b>Id</b>	<b>Actividades de limpieza, inspección, lubricación y ajuste en la frecuencia de 2000 horas</b>
1	Inspeccionar sistema de transmisión y cambio de marcha
2	Inspeccionar puntos de engrase
3	Inspeccionar reducciones finales del cargador
4	Inspeccionar accionamiento de TDF
5	Inspeccionar estado del freno
6	Inspeccionar estado de disco de freno, cambiar según condición
7	Inspeccionar elevador hidráulico
8	Regular descenso de elevador hidráulico
9	Inspeccionar válvula de freno de remolque
10	Inspeccionar cilindros de elevador hidráulico
11	Inspeccionar válvula de mando a distancia VMD
12	Inspeccionar dirección hidráulica
13	Inspeccionar mangueras hidráulicas
14	Inspeccionar mecanismo de freno de remolque
15	Inspeccionar estado del bloque principal del sistema hidráulico
16	Inspeccionar de ductos de retorno de aceite
17	Limpiar aletas de condensador de sistema de aire
18	Tensar correa de compresor de aire
19	Ajustar correa de distribución
20	Limpiar radiador y desprender suciedad acumulada
21	Ajustar abrazaderas de manguitos del cargador
22	Tensar correa de ventilador
23	Inspeccionar termostato
24	Inspeccionar inyectores de combustible
25	Inspeccionar, limpiar y ajustar depósito de combustible
26	Inspeccionar bomba de inyección
27	Limpiar filtro de aire
28	Ajustar manguera de salida de contaminantes en la toma de aire
29	Inspeccionar desgaste de neumáticos
30	Extraer muestra para análisis de aceite
31	Inspeccionar fusibles del cargador frontal

- 32 Inspeccionar relés del sistema electrónico.
  - 33 Inspeccionar interruptor de seguridad de arranque
  - 34 Inspeccionar sensor de nivel de combustible
  - 35 Inspeccionar focos de luces parte interna y externa en el tablero
  - 36 Revisar diodos protectores
  - 37 Inspeccionar la bocina
  - 38 Inspeccionar intermitentes
  - 39 Inspeccionar estado de la batería
  - 40 Inspeccionar arrancador de cargador
  - 41 Inspeccionar alternador del cargador
  - 42 Accionar bomba lava lunetas
  - 43 Accionar compresor y mano contacto de aire
  - 44 Accionar conectores y enchufes de la BCU
- 

*Fuente:* elaborada con el equipo de mantenimiento operaciones.

### **Implementación del Plan de inspecciones de rutina diaria más check list de pre uso del cargador frontal volvo**

Durante el proceso, se observó a los operadores dar arranque al equipo sin una revisión inicial del equipo, tampoco se contaba con un check list de pre uso, por ende, es así se implementó un plan de inspección preventivo con una frecuencia diaria o antes de iniciar las operaciones, así mismo, en adicional se implementó el formato check list de pre uso del cargador frontal, esta se muestra en la tabla 12 y el check list se detalla en anexo 2.

**Tabla 12** *Plan de Mantenimiento Preventivo Inspecciones con una Frecuencia Diaria*

<b>Id</b>	<b>Actividades de Inspección diaria</b>
1	Verificar niveles de líquidos, transmisión, hidráulico, motor y frenos
2	Verificar niveles de refrigerante
3	Inspección del separador de agua combustible
4	Engrasar crucetas del sistema de cardán
5	Inspeccionar y ajuste de las tuercas de las ruedas y presión de aire
6	Inspeccionar fugas de los líquidos
7	Probar y accionar freno de emergencia
8	Inspeccionar instrumentos del tablero de control
9	Inspeccionar luces e interruptores del cargador
10	Accionar sistema de alarmas
11	Accionar limpiaparabrisas
12	Inspeccionar bujes del cargador
13	Verificar sistema de engrase automático

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

### **Implementar el plan de mantenimiento preventivo en base a la norma EN 13306-2018.**

El proceso de implementación se inició a finales del mes de diciembre del 2022 y primeros meses del 2023, se ejecutaron las tablas 7, 8, 9, 10 y 11. Inicialmente, los operadores mostraron resistencia a estas actividades, sin embargo, con el respaldo de la gerencia de operaciones, se llevó a cabo una charla dirigida a los operadores e ingenieros de la municipalidad. Esto dio comienzo al proceso de implementación del plan de mantenimiento preventivo.

El objetivo principal fue minimizar las paradas y aumentar la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F. Este enfoque proactivo en el mantenimiento tenía como meta mejorar la confiabilidad del equipo y asegurar su disponibilidad para las operaciones programadas, lo que contribuiría a una mayor eficiencia en el uso del cargador frontal y a una reducción de los tiempos de inactividad no planificados.

Con esta implementación los operadores del cargador frontal L120F y con la capacitación y entrenamiento durante los tres primeros meses (enero, febrero, marzo) sobre los planes predeterminados recomendados por el fabricante y con los planes preventivos basados en condición no predictivos (de acuerdo a la norma) y con un seguimiento por parte del supervisor de operaciones (correcto involucramiento) se logró implementar y a partir del mes de marzo del 2023 el operador inicia a ejecutar de manera autónoma los planes de mantenimiento que viene hacer el plan de mantenimiento autónomo donde se demostró los beneficios sobre la disponibilidad.

### **Determinar la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F post implementación del plan de mantenimiento preventivo.**

Después de la implementación de los planes de mantenimiento preventivo del cargador frontal para los servicios auxiliares de la Municipalidad de Azángaro, se contó con el apoyo de los operadores para recopilar datos sobre los movimientos, los horómetros y el plan diario de inspección del equipo.

A continuación, se presentan la información y estadística de las operaciones del cargador frontal Volvo L120F, se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13 Disponibilidad del Ejercicio 2023 del Cargador Frontal Volvo L120F**

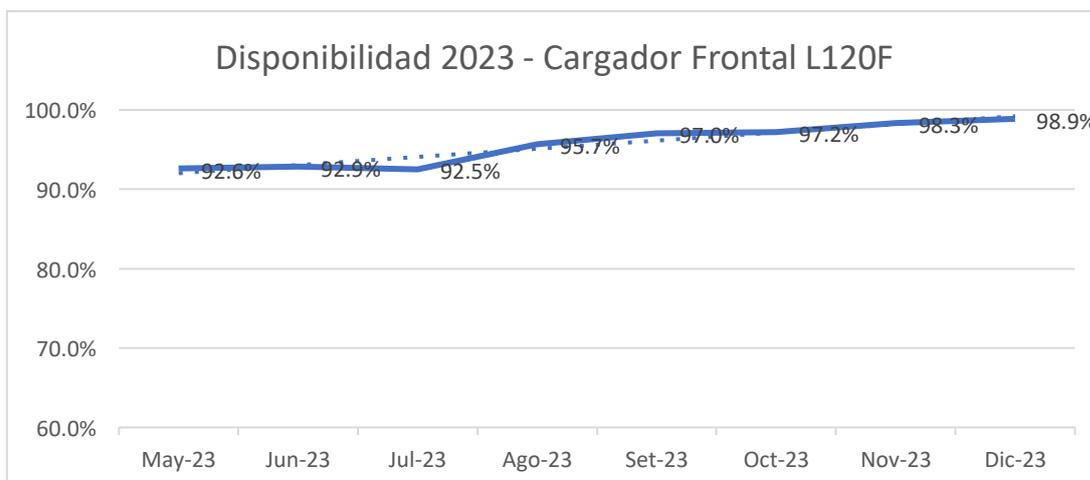
Mes	TD (horas)	TO (horas)	TF (horas)	F (veces/falla)	MTBF (horas)	MTTR (horas)	D (%)
Ene-23	176	122	54	12	10.2	4.5	69.3%
Feb-23	160	116	44	9	12.9	4.9	72.5%
Mar-23	184	148	36	7	21.1	5.1	80.4%
Abr-23	144	132	12	3	44.0	4.0	91.7%
May-23	176	163	13	3	54.3	4.3	92.6%
Jun-23	168	156	12	3	52.0	4.0	92.9%
Jul-23	160	148	12	3	49.3	4.0	92.5%
Ago-23	184	176	8	2	88.0	4.0	95.7%
Set-23	168	163	5	2	81.5	2.5	97.0%
Oct-23	176	171	5	2	85.5	2.5	97.2%
Nov-23	176	173	3	1	173.0	3.0	98.3%
Dic-23	176	174	2	1	174.0	2.0	98.9%
<b>2023</b>	<b>2048</b>	<b>1842</b>	<b>206</b>	<b>48</b>	<b>38.4</b>	<b>4.3</b>	<b>89.9%</b>
<b>2023</b>	<b>1528</b>	<b>1456</b>	<b>72</b>	<b>20</b>	<b>72.8</b>	<b>3.6</b>	<b>95.3%</b>
<b>Abr-Dic</b>							

Fuente: Data elaborada con operadores de la municipalidad

De acuerdo con los resultados obtenidos, la disponibilidad lograda por el cargador frontal fue del 89.9%. Esto significa que, durante el período de estudio, el equipo estuvo disponible para su uso el 89.9% del tiempo total durante el ejercicio del 2023.

Si consideramos únicamente los meses en los que el plan de mantenimiento preventivo ya estaba implementado y autónomo por los operadores, corresponde a los meses de abril a diciembre del 2023, observamos que la disponibilidad mejoró alcanzando el 95.3%. Esto sugiere una clara tendencia creciente en la disponibilidad del equipo a medida que se aplican las medidas de mantenimiento preventivo, tal como se aprecia en la figura 9.

**Figura 9 Disponibilidad del Ejercicio 2023 en Porcentaje del Cargador Frontal Volvo L 120F**



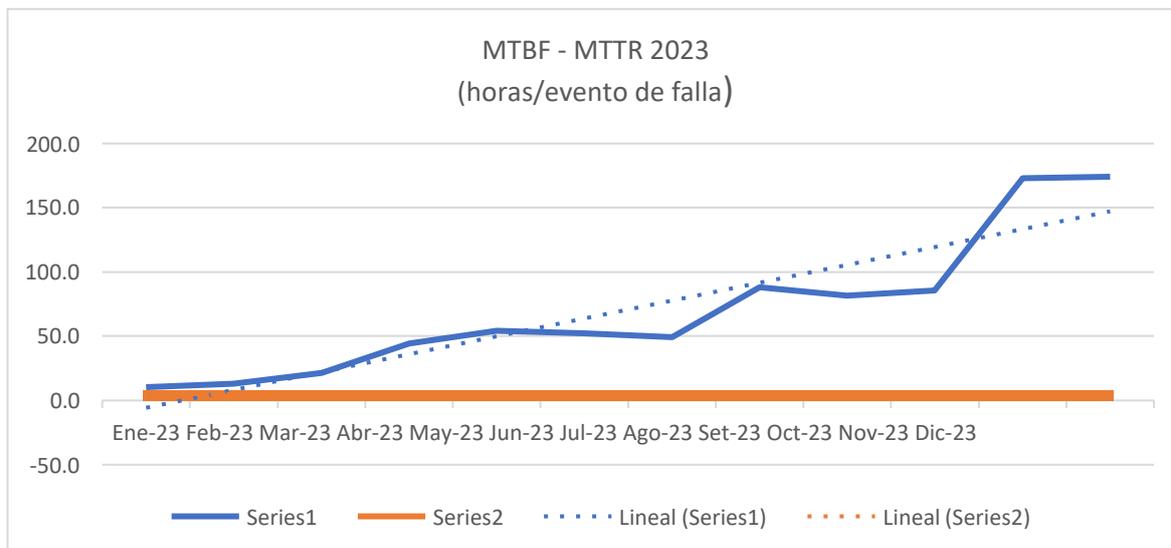
*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad

Estos resultados indican que la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en condición no predictivo y la ejecución de los PM ha sido efectiva para reducir las pérdidas debido a fallas del cargador frontal y mejorar su disponibilidad, la figura 9 ilustra esta tendencia estable y creciente en la disponibilidad del equipo.

De estos resultados muestra que la disponibilidad lograda por el cargador frontal desde el mes de abril fue de 95,3%, considerando los meses de implementación podremos indicar que aún existe un 4.7% de pérdidas por las diferentes fallas en el cargador frontal.

En la figura 10 se presenta la tendencia del MTBF, que es un indicador que representa el tiempo operativo de la máquina hasta que ocurre un evento de falla que la deja inoperativa, requiriendo la intervención de especialistas para restaurar su funcionamiento, donde se muestra la tendencia de crecimiento y estabilización.

**Figura 10** Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) 2023 del Cargador Frontal Volvo L120F



*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

Como resultado, podemos observar que tanto la tendencia del MTBF es creciente. Esto indica una mejora en la fiabilidad del equipo, ya que el tiempo medio entre fallas está aumentando. Estos resultados sugieren que el plan de mantenimiento preventivo implementado está siendo efectivo para reducir las fallas y mejorar el tiempo de respuesta ante las mismas.

Por lo tanto, es crucial mantener y continuar con el plan de mantenimiento preventivo. Esto garantizará que se sigan realizando las acciones necesarias para mantener la fiabilidad y disponibilidad del equipo en niveles óptimos. La tendencia positiva en los indicadores de MTBF y MTTR respalda la efectividad del plan de mantenimiento preventivo y justifica su continuidad para mantener el rendimiento mejorado del cargador frontal.

### **Evaluación del beneficio por la implementación de los planes mantenimiento preventivo.**

Sin la implantación de los planes de mantenimiento preventivo, el cargador frontal tenía seis o siete intervenciones PM al año. Después del proceso de implementación y con las mediciones desde abril a diciembre del 2023 se logró una disponibilidad promedio del 95.3%. Con las mayores horas de operación se

proyecta que el número de intervenciones PM aumentará a 9 por año y esto incrementará el costo de mantenimiento preventivo. Esto se refleja el enfoque proactivo para mantener y mejorar el rendimiento del equipo a través del mantenimiento preventivo. En la tabla 14 mostramos las pérdidas del 2023, aun cuando el costo de alquiler se incrementó a 150 soles la hora.

**Tabla 14** *Gasto por Alquiler de Cargadores del Ejercicio 2023 por Fallas del Cargador Volvo L120F*

<b>Mes</b>	<b>TFM (hrs)</b>	<b>Costo Pérdida (soles)</b>
Ene-23	54	8,100
Feb-23	44	6,600
Mar-23	36	5,400
Abr-23	12	1,800
May-23	13	1,950
Jun-23	12	1,800
Jul-23	12	1,800
Ago-23	8	1,200
Set-23	5	750
Oct-23	5	750
Nov-23	3	450
Dic-23	2	300
<b>2023</b>	<b>206</b>	<b>30,900</b>

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

Como se aprecia en la tabla 13 las pérdidas del 2023 ascendieron a 30,900 soles, sin embargo, si solo sumamos las pérdidas de abril a diciembre esta se reduce a 10,300 soles la tercera parte de total del año, por tanto, se proyecta menor pérdida para el 2024. A continuación, en la tabla 15 se muestra la evaluación del costo beneficio de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

**Tabla 15 Pérdidas por Falla de Equipo y Beneficio de Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo 2023**

<b>Año/Descripción</b>	<b>2022 (soles)</b>	<b>2023 (soles)</b>	<b>Diferencia (soles)</b>
Gasto por falla del cargador	78,600	30,900	47,700
Gasto adicional por los PM	-	7,585	
Costo financiero del stock repuestos	-	1,200	
Perdidas por falla del cargador más implementación de planes preventivos	78,600	39,685	38,915
Beneficio			38,915 49,5%

*Fuente:* Data elaborada con operadores de la municipalidad.

La Municipalidad de Azángaro experimentó pérdidas significativas en 2022 debido a las fallas del equipo, lo que resultó en una interrupción en el alquiler del cargador frontal y una pérdida de 78,600 soles. Sin embargo, tras la implementación del plan de mantenimiento preventivo en 2023, las pérdidas por la no disponibilidad del cargador frontal se redujeron a 30,900 soles del 2023.

Al incrementarse las horas de operación se proyectan dos PM adicionales para el ejercicio anual, valorizado en 2,860 soles, también con la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en condición no predictivo actividades adicionales de limpieza, inspección, lubricación y ajustes, que significa más horas hombre para las cubrir estos planes sumo un total de 525 soles por cada intervención, en el año se tendrá nueve intervenciones es por lo que el costo ascenderá a 4,725 soles. Sumando los costos 2,860 más 4,725 soles nos da lo indicado en la tabla 15 fue de 7,585 soles.

A pesar de estos costos, el beneficio neto obtenido en 2023 ascendió a 38,915 soles, representando aproximadamente el 49.5% de las pérdidas del año anterior. Se espera que este beneficio aumente en los años subsiguientes, ya que el proceso de implementación del plan de mantenimiento preventivo se llevó a cabo en marzo

de 2023 y se observó una estabilización en los indicadores de tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparar (MTTR) a partir de agosto del mismo año.

## V. DISCUSIÓN

El cumplimiento de las actividades descritas en los planes de mantenimiento preventivo basado en la condición de sus componentes del cargador Volvo L120F ha resultado en una mejora significativa en su disponibilidad, aumentando del 68% al 89.9%. Estos planes incluyen mantenimientos programados a intervalos específicos (PM 250, PM 500, PM 750, PM 1000, PM 2000), así como actividades basadas en condición como limpieza, inspección, lubricación y ajuste, llevadas a cabo cada 250 horas según corresponda. Estas decisiones tuvieron su base en un análisis detallado de modos y efectos de falla (AMEF) del cargador frontal. Este enfoque está respaldado por la teoría de Moubray (1997), quien sugiere que la selección de estrategias de mantenimiento, conforme a la normativa UNE-EN 13306-2018, puede aumentar la confiabilidad del equipo y, por ende, su disponibilidad. Esto reduce las fallas y, en consecuencia, las pérdidas asociadas con el tiempo de inactividad.

En 2022, la municipalidad de Azángaro tuvo exceso en sus gastos de alquiler. Alquiler que se debió por las fallas del cargador frontal, este exceso de alquiler ascendió a 78,600 soles. Después de la implantación de las nuevas actividades de mantenimiento preventivo, estas actividades generaron un costo mayor en 7,585 soles y un gasto financiero de 1,200 soles para tener repuestos en stock (PM), estas pérdidas se redujeron a 39,685 soles en 2023. Como resultado, la Municipalidad de Azángaro obtuvo un beneficio neto de 38,915 soles anuales.

La metodología utilizada fue el análisis de modos y efectos de falla esencial y es importante para el mantenimiento centrado en la confiabilidad, ya que guía el proceso y nos muestra los modos de falla de cada uno de los componentes del equipo que pueden generar consecuencias y problemas en el cargador frontal y resultar en largos tiempos de reparación. Este análisis es fundamental para seguir los siete pasos del mantenimiento centrado en la confiabilidad. Por ejemplo, se encontró que el pin del cucharón y del aguilón es el más crítico, con un número de prioridad de riesgo (NPR) de 648, así lo convierte en el sistema más vulnerable. Este enfoque se refleja también en la investigación de Farfán (2014), donde se realizó un análisis similar para identificar los componentes que generan consecuencias críticas, como el eje de la chancadora de minerales, en la empresa

minera objeto de su estudio, con el fin de determinar las estrategias de mantenimiento necesarias para prevenir fallos en su proceso de producción.

El análisis de causas, utilizando el diagrama de Ishikawa, llamada análisis de equipos de alto impacto, es una metodología para evitar que se repita las mismas fallas en los equipos. Utilizando la metodología del diagrama de espina de pescado, se identificaron las principales razones que explican claramente el bajo tiempo disponible del cargador Volvo L120F. Tras la priorización, se determinó que el 40% de esta problemática se debía a la ausencia oportuna de actividades de mantenimiento preventivo sistematizadas en un plan y la falta de identificación con sus equipos por parte del operador en los prechequeos. Carhuamaca (2017) también señala desafíos similares en los tiempos de inactividad de los cargadores frontales en la empresa Transa SA, donde la falta de implementación del mantenimiento preventivo fue el problema principal. Al trabajar con varios tipos de cargadores frontales Caterpillar, estableció programas de mantenimiento que incluían intervalos de servicio específicos (PM125, PM250, PM500, PM1000, PM2000) y un sistema para mantener repuestos en stock. Para el cargador frontal VOLVO L120F, se diseñaron planes de pre-PM para detectar anomalías mediante limpiezas e inspecciones, que se llevarían a cabo en los PM correspondientes del equipo. Estas intervenciones se programaron específicamente para los domingos, días en los que no se planificaban labores con el cargador frontal. En su investigación de tesis sobre la calera Colquirrumi N°49-B, provincia de Hualgayoc, Lázaro (2018) también examinó cómo mejorar el desempeño de equipos mineros. Mediante un análisis exhaustivo de las causas fundamentales y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, junto con la utilización de formatos estándar como la inspección diaria, logró incrementar la eficiencia operativa de una excavadora en su proyecto de investigación.

El indicador de mantenimiento de confiabilidad, medido por el tiempo medio entre fallas (MTBF) del cargador frontal VOLVO L120F no era constante, según el análisis realizado por el equipo de mantenimiento, análisis para identificar la causa raíz, debido a la falta de inspecciones para detectar anomalías. Tras la implementación de planes de limpieza e inspección, el MTBF se duplicó, pasando de 9.5 horas/evento de falla a 38.4 horas/evento de falla. Esto indica una estabilización

del MTBF y permite establecer una frecuencia adecuada de recambio de repuestos y componentes mediante el mantenimiento planificado. Laguna (2020), en su investigación sobre la implantación del mantenimiento preventivo en una de sus líneas de molienda de la Empresa Minera Antamina – Ancash, también observó un aumento en el MTBF después de implementar planes de mantenimiento preventivo en el molino semi autógenos de Metso, particularmente para las partes críticas. Asimismo, el tiempo el indicador de mantenibilidad (MTTR) del cargador frontal Volvo L120F no era constante, también debido a la falta de pre-PM o inspecciones para detectar anomalías. Tras la implementación de planes de limpieza e inspección, el MTTR se logró bajar a niveles de 6.4 horas/falla a 5.3 horas/falla, lo que indica una estabilización del MTTR. Laguna (2020) también encontró una reducción en el MTTR después de implementar planes de mantenimiento preventivo en el molino semi autógenos de Metso, especialmente para las partes críticas. En el artículo científico cuyos autores son: Pillado Portillo, Castillo Pérez, & De la Riva Rodríguez (2022) describe cómo aumentaron el MTBF de 1.176 horas/falla a 1.699 horas/falla y redujeron el MTTR después de implementar el mantenimiento preventivo en equipos médicos y desarrollar instrucciones para el mantenimiento preventivo para sistematizar el programa.

Las interrupciones debido a fallos en el cargador frontal resultan en períodos de inactividad para el equipo, lo que se traduce en menos horas de alquiler y, por ende, en menores ingresos o rentabilidad para la Municipalidad d Azángaro. En la tabla se ilustra esta disminución de ingresos, que alcanzó los 78,600 soles en 2022 debido a las 655 horas de inactividad debido a fallos del equipo, lo que representa aproximadamente el 32% del tiempo disponible. Es decir, casi la tercera parte del tiempo disponible para el alquiler se pierde debido a fallos del equipo. El fenómeno descrito por Callo Mamani (2021) en su investigación doctoral guarda similitud con el observado en su tesis sobre la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la planta pre concentrado ore Sporting de la unidad minera San Rafael – Minsur. En su estudio, la aplicación de estos planes resultó en un incremento del 10% en la disponibilidad de los equipos, aumentando del 79% al 89%, además de prolongar el ciclo de vida útil de los activos. En un estudio relacionado, Mosquera Peña (2018) presentó un programa de mantenimiento preventivo diseñado para mejorar la disponibilidad del

cargador frontal 962H en la empresa Ecosermy – Yauli. Tras la implementación del análisis de modos y efectos de falla junto con un plan preventivo correspondiente, la disponibilidad del equipo aumentó significativamente, pasando del 77.8% al 91.0%.

La mayor fortaleza de la investigación de la tesis radica en su enfoque práctico, especialmente en la ejecución exitosa del programa de mantenimiento preventivo y la evaluación de los indicadores de mantenimiento en condiciones reales del equipo. Se eligió un diseño preexperimental para evaluar inicialmente los resultados obtenidos, y se planea extender la aplicación de este enfoque a otras unidades de maquinaria pesada en el futuro. Al analizar nuestras limitaciones, es crucial considerar que los resultados obtenidos podrían no ser replicables en otros tipos de maquinaria pesada.

La investigación de la tesis ha tenido un impacto positivo significativo en la Municipalidad de Azángaro, generando precios más competitivos, aumentando la confianza y la satisfacción del cliente, y mejorando la seguridad en el servicio de maquinaria pesada. Este beneficio se sostiene a largo plazo debido al continuo incremento en la disponibilidad del servicio, evidenciado en la evaluación de indicadores de mantenimiento como la disponibilidad de la maquinaria pesada. Como resultado directo, se ha logrado reducir las averías y los fallos del cargador frontal.

## VI. CONCLUSIONES

1. Después de un proceso de implementación que abarcó las primeras semanas del año hasta el mes de marzo inclusive del año 2023, se inició este proceso de cambio, hallando cierta resistencia de los operadores. Es así que se implementó las nuevas actividades de mantenimiento preventivo realizado sobre todo por los operadores, para el cargador frontal Volvo L120F. Estos planes incluyeron mantenimiento regular a intervalos específicos, como a las 250 horas (PM 250), 500 horas (PM 500), 750 horas (PM 250), 1000 horas (PM 1000) y 2000 horas (PM 2000), junto con actividades adicionales cada 250 horas, según lo requerido. Además, se implementaron planes básicos de mantenimiento que abarcaban limpieza, inspección, lubricación y ajuste (planes LILA). Este conjunto de medidas permitió elevar la disponibilidad del cargador frontal Volvo L120F del 68% al 89.9%, lo que representa un aumento del 21.1% en términos porcentuales. Las actividades de estos planes se identificaron luego de un análisis utilizando la herramienta del AMEF, es decir utilizando el análisis de modos y efectos de falla a cada componente del cargador frontal Volvo L120F. De esta manera, con esta implementación de planes de mantenimiento preventivo se logró tener equipos más confiables y a crecer de manera sostenida en los tiempos disponibles de la máquina.

2. La metodología y herramienta utilizada fue el análisis de modos y efectos de falla que para maquinaria de la línea amarilla como es el cargador frontal, representa una metodología esencial dentro del enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Este análisis constituye el camino a seguir a través de las siete etapas en el mantenimiento centrado en la confiabilidad, permitiéndonos identificar los modos de falla en cada uno de los componentes mantenibles analizados que originan consecuencias que afecten claramente a la disponibilidad del cargador frontal. Este proceso facilitó la implementación de las actividades de mantenimiento preventivo para cada intervalo de mantenimiento preventivo indicado.

3. Las pérdidas sufridas por la Municipalidad de Azángaro se redujeron significativamente, pasando de 78,600 soles en el ejercicio del 2022 a 39,685 soles, debido a una disminución en las horas de fallo. Esto se tradujo en un beneficio anual para la Municipalidad de Azángaro de 38,915 soles, resultado

de este proceso de implantación de los planes de mantenimiento preventivo. Este plan conllevó un incremento en el gasto de mantenimiento de 7,585 soles por el incremento de los planes de mantenimiento y 1,200 soles para el stock de repuestos por PM. Por consiguiente, es crucial asignar el tiempo y los recursos humanos adecuados para identificar cada una de las anomalías que describen los equipos a través de los planes de mantenimiento preventivo basados en condición.

4. El indicador de confiabilidad medido a través del tiempo medio entre fallas (MTBF) para el equipo objeto de la investigación, cargador frontal Volvo L120F ha demostrado ser variable, y según el análisis de causa raíz, esto se debe a la falta de implementación de los pre-PM y a la insuficiente realización de inspecciones que permitan identificar las anomalías. Sin embargo, tras la implementación de los planes, el MTBF aumentó significativamente de 9.5 horas/falla a 38.4 horas/falla, lo que representa un incremento del MTBF y contribuye a su estabilización. Por ende, es crucial la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo basados en condición, los cuales facilitan la detección temprana de anomalías, evitando así la ocurrencia de fallas.

## VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere extender la aplicación de la metodología utilizada en esta tesis al resto de la maquinaria pesada de la Municipalidad de Azángaro, incluyendo el mismo enfoque implementado en el cargador frontal Volvo L120F. Este enfoque se centra en la implementación de planes de mantenimiento preventivo basado en la condición de los equipos y componentes, llamado también no predictivos, con el fin de maximizar la rentabilidad de cada equipo.

Resulta crucial impartir y capacitar al personal técnico de mantenimiento, así como al personal operativo que abarca desde los conductores hasta los supervisores y personal administrativo, acerca de las actividades que están adscritas a los planes de mantenimiento preventivo, que se lograron implementar. La sensibilización de cada una de estas actividades descritas en los planes por parte de todo el personal técnico y operativo es esencial, el éxito de estos planes dependerá en gran medida de la colaboración y el entendimiento de todos los involucrados en la Municipalidad de Azángaro.

En cuanto a las restricciones de los equipos principales y componentes mantenibles del cargador en este estudio, ha sido las actividades de mantenimiento predictivo, realizadas con equipos especializados y en laboratorios especiales, estos los podemos enumerar como el análisis de aceite del motor de combustión, análisis de ensayos no destructivos utilizando los líquidos penetrantes, sobre todo en las zonas de gran impacto, como es el cucharón y otras zonas críticas de esfuerzo en el cargador frontal. La inclusión de este enfoque podría influir en el plan de mantenimiento. Siendo importante estos análisis predictivos en el equipo, se sugiere llevar a cabo este tipo de mantenimiento mediante la subcontratación de servicios especializados o a través de la capacitación del personal en estas técnicas predictivas.

## REFERENCIAS

- Gallardo, E. (2017). Metodología de la investigación Manual Autoformativo Interactivo. Huancayo Perú: Primera edición.
- García, S. (2009 - 2012). Ingeniería del Mantenimiento Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial. Perú: Renovetec.
- Garrido, S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Perú: Díaz de Santos, 2003.
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS. Scientia et Technica Año XII, No 30, mayo de 2006 UTP. ISSN 0122-1701, UTP. ISSN 0122-1701.
- Ortiz, D. (2021). Proceso para la planificación táctica, la medición, y la mejora continua de Mantenimiento. Colombia: ERA.
- Sánchez, M. (2017). TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. METODOLOGIA DE. Bogotá Colombia.
- Pérez rondón, f. a. (2021). conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Colombia: usta.
- Atlassian. (2023). mtbf, mttr, mttta y mtmf. obtenido de mttr: tiempo medio de reparación: [https://www.atlassian.com/es/incident-management/kpis/common-metrics#:~:text=el%20mttr%20\(tiempo%20medio%20de%20reparaci%3%b3n\)%20es%20la%20media%20de,vuelve%20a%20funcionar%20por%20completo.](https://www.atlassian.com/es/incident-management/kpis/common-metrics#:~:text=el%20mttr%20(tiempo%20medio%20de%20reparaci%3%b3n)%20es%20la%20media%20de,vuelve%20a%20funcionar%20por%20completo.)
- Aviles Antezana, j. m. (2016). universidad nacional del centro del Perú. obtenido de programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica del cargador frontal volvo l120f en la municipalidad provincial de Acobamba:

[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3635/aviles%20ant ezana.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3635/aviles%20ant%20ezana.pdf?sequence=1&isallowed=y)

Briones rodríguez, y. a. (2023). plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 980l en la empresa Mur-wy s.a.c.- proyecto cerro corona. Lambayeque – Perú: universidad César Vallejo.

Calderon . (2018). plan de mantenimiento preventivo. Colombia. calderón Osorio, j.

a. (2018). “plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa metalpar. neiva- Colombia: universidad cooperativa de Colombia.

Cyrino, I. (2023). traccian. obtenido de patrón de fallo: la importancia en el mantenimiento: <https://traccian.com/es/blog/patron-de-fallo-comprende-su-importancia-en-el-mantenimiento>

Develon. (2023). algunos trabajos en los que se usan los cargadores frontales. obtenido de ¿qué funciones puede cumplir un cargador frontal en estos contextos?: [https://develon-ce.cl/novedades/108\\_-algunos-trabajos-en-los-que-se-usan-los-arg.html#:~:text=los%20cargadores%20frontales%20est%c3%a1n%20preparados,nieve%20y%20desechos%2c%20entre%20otros](https://develon-ce.cl/novedades/108_-algunos-trabajos-en-los-que-se-usan-los-arg.html#:~:text=los%20cargadores%20frontales%20est%c3%a1n%20preparados,nieve%20y%20desechos%2c%20entre%20otros).

Duocuc. (20 de julio de 2023). investigación aplicada. obtenido de ¿cuál es el propósito de la investigación aplicada? : <https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada#:~:text=la%20investigaci%c3%b3n%20aplicada%20tiene%20por,del%20desarrollo%20cultural%20y%20cient%c3%adfico>.

Emerson. (2023). disponibilidad. obtenido de <https://www.emerson.com/documents/automation/training-bussch-oe-102es-es-41724.pdf>

García Palencia, o. (2012). gestión moderna del mantenimiento industrial, obtenido de gestión moderna del mantenimiento industrial,: <https://kupdf.net/queue/gesti-oacute-n-moderna-del-mantenimiento->

industrial-  
2012\_58c327a7dc0d60614733902f\_pdf?queue\_id=-  
1&x=1691766452&z=mtkwljizmy4zlj4  
versi-oacute-n-1-oliverio-garc-iacute-a-p-

Gómez de león hijes, f. c. (1998). dialnet. obtenido de tecnología del mantenimiento industrial: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=382938>.

Gutiérrez serna, m. d. (2018). propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica del cargador frontal Caterpillar 966h en una empresa de servicios, Callao, Lima-Perú: Universidad César Vallejo.

Gutiérrez serna, m. d. (2018). universidad césar vallejo. obtenido de propuesta demantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica del cargador frontal Caterpillar 966h en una empresa de servicios, callao, 2018: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20500.12692/30518>.

Heintzelman, j. e. (1987). manual de la administración del mantenimiento. schauberg, ill. : lineal. obtenido de [cca.org.mx](http://www.cca.org.mx): <http://www.cca.org.mx/cca/cursos/administracion/artra/produccion/recursos/7.3>.

1/mantenimiento.htm#:~:text=los%20objetivos%20de%20la%20funcionamiento,ec on%20posible%20y%20alargo%20plazo.

Ingenierizando.com. (2023). máquina. Obtenido de <https://www.ingenierizando.com/maquinas-y-mecanismos/maquina/>

Lefresne, f. (22 de julio de 2016). movilitywork. obtenido de lubricación y engrasado en la industria: tipos y características: <https://mobility-work.com/es/blog/lubricacion-engrasado-funcionamiento/>.

Mancuzo, g. (09 de octubre de 2020). Compara software. obtenido de tipos de inspección de mantenimiento: <https://blog.comparasoftware.com/inspeccion-de-mantenimiento/#:~:text=toda%20inspeccion%20implica%20revisar%20algo,de%20la%20gesti%20de%20mantenimiento>.

Mosquera Peña, p. m. (2018). plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal 962h en la empresa ecosermy-yauli. Huancayo

– Perú: universidad nacional del centro del Perú.

Moubray, j. (2014). mantenimiento centrado en confiabilidad. north carolina: aladon llc.

Muguirra, a. (2023). questionpro. obtenido de tipos de muestreo: cuáles son y en qué consisten: <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-muestreo-para-investigaciones-sociales/>.

Predictiva21. (2023). mantenibilidad. obtenido de ingeniería en mantenibilidad vs ingeniería en mantenimiento: <https://predictiva21.com/mantenibilidad/>

Rey sacristán, f. (2001). manual del mantenimiento integral. Madrid: fundación confemetal.

Rosales, j. (31 de julio de 2023). fracttal. obtenido de mtbf: tiempo medio entre fallas: <https://www.fracttal.com/es/mantenipedia/que-es-el-mtbf-como-calcularlo-y-como-diferenciarlo-del-mttf#:~:text=el%20mtbf%20es%20una%20medida,periodos%20de%20uptime%20y%20downtime.&text=donde%20el%20mtr%20es%20el%20tiempo%20medio%20de%20reparaci%3%b3n>.

Sae-ja1011. (agosto de 1999). studocu. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-cuyo/tecnica-y-mantenimiento-de-servicios/sae-ja1011-en-espaol-norma-sae-ja-1011-en-espanol/41252404>.

Saiz manzanares, m. c. (2022). universidad de burgos. obtenido de metodología para la evaluación de la calidad de servicios: [https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/4889/tema\\_3\\_metodologia\\_par](https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/4889/tema_3_metodologia_par)

a\_la\_e

valuacion.pdf;jsessionid=9eb60adf697c79f1f6ffe20382e39916?sequence=7

Servidor-alicante. (18 de noviembre de 2018). servidor-alicante.com. Obtenido de mantenimiento en parada: <https://glosarios.servidor-alicante.com/electrotecnia/mantenimiento-en-parada>.

Sierra porta, j. (06 de mayo de 2021). LinkedIn. obtenido de sobre el indicador disponibilidad en mantenimiento: <https://www.linkedin.com/pulse/sobre-el-indicador-disponibilidad-en-mantenimiento-sierra-porta/?originalsubdomain=es>. Tecsup. (2007). mantenimiento industrial. Lima: Tecsup.

Terrel, e. (2021). rumbo minero internacional. obtenido de servicio demantenimiento de Ferreyros maximiza la operación de los equipos: <https://www.rumbominero.com/peru/noticias/actualidad-empresarial/servicio-de-mantenimiento-de-ferreyros-maximiza-la-operacion-de-los-equipos/>

UNE-13306. (2018). terminología del mantenimiento. madrid: normalización española.

Valderrama izquierdo, e. e. (2020). diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de una flota de cargadores frontales modelo 966-g de la empresa autocentro Cajamarca s.r.l. Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.

www.probabilidadyestadistica.net. (2023). muestreo no probabilístico. obtenido de <https://www.probabilidadyestadistica.net/muestreo-no-probabilistico/>

Ortiz. D. (2021) Proceso para la planificación táctica, la medición, y la mejora continua de Mantenimiento.

## ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operaciones

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente:  Plan de mantenimiento preventivo	Se define a un conjunto de acciones y tareas planificadas que se realizan dentro de un periodo específico con el objetivo de mejorar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.	El mantenimiento preventivo anticipa y previene las fallas. Estos planes son periódicos, abarcando diversas actividades como planes de limpieza, inspecciones, lubricación, ajustes y cambio de componentes.	Plan de Limpieza e Inspección	Número de actividades preventivas de limpieza e inspección.	– Nominal
			Plan de Lubricación	Número de actividades preventivas de lubricación	
			Plan de Ajustes	Número de actividades preventivas de ajustes.	
			Plan de mantenimiento predeterminado	Número de actividades preventivas del plan de cambio de componentes.	
Variable Dependiente:  Disponibilidad del cargador frontal L120F	Disponibilidad: La probabilidad de que el equipo pueda operar cuando lo requiera el proceso de producción.	La disponibilidad se mide como el tiempo en el cual el cargador frontal esta operativo sin paradas debido a fallas del cargador.	Tiempo medio entre fallas	<u>Tiempo operativo</u>	Razón
			Tiempo medio de reparación	<u>Tiempo de fallas</u>	Razón
			Disponibilidad	$\frac{MTBF}{MTBF + MTRR}$	Razón



## 2.2 ficha de registro de análisis de modos y efecto de fallas (AMEF)

Subsistema	Función	Modo de falla	Efectos de fallo	Causas de fallo	Control	G	O	D	NPR
Pin del cucharón y aguilón	Articulación en el sistema	Cucharón sin movimiento	Desgaste del pin	Falta de lubricación	Mantenimiento Preventivo predeterminado	9	9	8	648
Uñas del cucharón	Generar corte e izaje del material	Desgaste de uñas	Baja capacidad	Material de uñas	Mantenimiento Preventivo basado en condición	9	8	8	576
Arranque	Pulveriza el combustible a la cámara de combustión del cargador	Falta de inyección de combustible	No arranca el motor. Pérdida de fuerza	Desgaste Suciedad Calibración	Mantenimiento Preventivo basado en condición	9	7	5	315
Refrigeración	Enfriamiento del motor y sistema hidráulico	Fuga de refrigerante Taponamiento	Exceso de temperatura	Exceso de polución Picaduras	Mantenimiento Preventivo basado en condición	9	7	4	252
Combustión interna	Transferencia de potencia a la volante	Baja comprensión	Pérdida de fuerza	Desgaste del pistón	Mantenimiento Preventivo basado en condición	10	4	6	240
Transmisión	Cambios de velocidad y torque en el sistema	No transmite velocidad y torque	Pérdida de velocidad y torque	Desgastes de bomba	Mantenimiento Preventivo basado en condición	8	5	6	240
Hidráulico	Generar la fuerza hidráulica al cucharón a través de los pistones principales	Fuga de aceite	Perdida de fuerza	Falta de aceite, contaminación	Mantenimiento Preventivo basado en condición	9	3	8	216
Encendido	Generar movimiento en la volante	Vibración, rotura de dientes	Motor no arranca	Deterioro de los dientes	Mantenimiento Preventivo basado en condición	8	2	2	32
G: Gravedad o severidad		O: Ocurrencia	D: Detección	NPR: Número de prioridad de riesgo NPR = G x O x D					

### 2.3 Ficha de registro del Planes de mantenimiento preventivo basado en condición, adicional formato de pre uso check list (MBC).

Id	Plan de Inspección diaria mas check list de pre uso.
1	
2	
3	
4	

AZANGARO		CHECK LIST DE PRE USO - CARGADOR FRONTAL L120F								
MARCA	MODELO	FECHA DE INSPECCION		LUGAR DE INSPECCION		DIVISION DE MAQUINARIA Y EQUIPO MECANICO				
SERIE	HOROMETRO	LEYENDA: B=BIEN M=MALO NA=NO APLICA								
ITEM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	OBSERVACION		
MOTOR										
FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR										
TAPA DE LLENADO DE ACEITE DE MOTOR										
VARILLA DE MEDICION DE ACEITE										
FUGAS DE ACEITE DE MOTOR										
ESTADO DE TURBO ALIMENTADOR										
FAJA DE VENTILADOR/CORREA/POLEAS										
FRENO DE MOTOR										
CABINA										
SISTEMA DE ROPS Y FOPS										
ASEO DE LA CABINA										
CINTURON DE SEGURIDAD										
VIDRIO PANORAMICO Y VENTANAS										
ESPEJOS RETROVISORES										
PELDANOS Y PASAMANOS										
CONTROLADORES										
ASIENTO										
CONSOLA Y TESTIGOS										
COLOR DEL HUMO										
EXTINTOR DE INCENDIO										
LIMPIA PARABRISAS										
CERRADURA DE LA PUERTA										
FRENO										
FRENOS DE SERVICIO										
FRENO DE MANO										
SISTEMA HIDRAULICO										
RACORES										
MANGUERAS										
CILINDROS										
VASTAGOS										
NIVELES										
ACEITE DEL MOTOR										
ACEITE HIDRAULICO										
ACEITE SERVO TRANSMISION										
ACEITE TRANSMISION										
ACEITE MANDOS FINALES										
ELECTROLITOS BATERIA										
COMBUSTIBLE										
REFRIGERANTE Y/O ADITIVO										
FILTROS										
FILTRO DE AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO										
FILTROS DE COMBUSTIBLE										
FILTROS DE ACEITE DE MOTOR										
FILTROS DE ACEITE HIDRAULICO										
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO										
NUCLEO DEL RADIADOR										
TAPA DE PRESION DEL RADIADOR										
BOMBA DE AGUA										
VENTILADOR										
ESTADO MECANICO										
JUEGO DE LAS VALVULAS DEL MOTOR										
TURBO-CARGADOR										
PASADORES (AGUILON Y CILINDRO)										
TRACCION 4x4										
COMPARTIMIENTO DEL MOTOR ASEADO										
PUNTOS DE ENGRASE										
PINES DE ENGRASE										
CILINDRO DE VOLTEO										
CILINDRO DE LEVANTAMIENTO										
CARDANES										
ARTICULACION										
LAMPON										
CUCHILLA BASE										
PUNTAS O DIENTES										
ADAPTADORES										
PLANCHAS LATERALES E INFERIOR										
BISAGRAS										
PERNOS										
NEUMATICOS										
DESGASTE DEL LABRADO										
ESTADO DEL NEUMATICO										
PRESION DE AIRE										
PERNOS DE LOS NEUMATICOS										
ESTADO DEL ARO										
EQUIPOS DE SEGURIDAD										
EXTINTOR DE INCENDIO										
BOTQUIN										
CONOS										
TACOS										
SISTEMA ELECTRICO										
ARRANQUE DEL MOTOR										
FUSIBLES DE CIRCUITOS										
BATERIA										
ALARMA DE RETROCESO										
BOCINA										
LUCES										
DELANTERAS Y TRASERAS										
DIRECCIONAL DELANTERA Y TRASERA										
DE STOP Y REVERSA										
LUCES INTERMITENTES										
SIRENA										
NOMBRE DEL OPERADOR/FIRMA:										
NOMBRE DEL SUPERVISOR/FIRMA:										

<b>Id</b>	<b>Plan de mantenimiento preventivo MBC a 50 horas.</b>
1	
2	
3	
4	

<b>Id</b>	<b>Plan de mantenimiento preventivo MBC a 250 horas.</b>
1	
2	
3	
4	

<b>Id</b>	<b>Plan de mantenimiento preventivo MBC a 500 horas.</b>
1	
2	
3	
4	

<b>Id</b>	<b>Plan de mantenimiento preventivo MBC a 100 horas.</b>
1	
2	
3	
4	

<b>Id</b>	<b>Plan de mantenimiento preventivo MBC a 2000 horas.</b>
1	
2	
3	
4	

## 2.4 Características del cargador frontal Volvo L120F

<h1>MANUAL</h1>	<b>FICHA DE REGISTRO</b>	FECHA:
		CODIGO:
	<b>CARGADOR FRONTAL VOLVO L120F</b>	MANUAL DEL FABRICANTE:
		UBICACIÓN:
DATOS GENERALES DEL CARGADOR FRONTAL VOLVO		IMAGEN DE REFERENCIA
MARCA	VOLVO	
MODELO	L120F	
AÑO DE FABRICACION	2008	
PAIS ORIGEN	ZUECIA	
DIMENSION (A)	2.67M	
DIMENSION (L)	6.658M	
DIMENSION (H)	3.37M	
CARACTERISTICAS TECNICAS		
PESO	19.2T	
MODELO DEL MOTOR	D7ELBW3	
RENDIMIENTO DEL MOTOR	180KW	
REVOLUCION	1700RPM	
CILINDRADA	7.1L	
VELOCIDAD	37KMH	
ALTURA VERTIDO MAX	4.09M	
POTENCIA ELEVACION	151KN	
CAPACIDAD DE CUCHARA	3.4M <sup>3</sup>	
CAPACIDAD DE LA PALA MIN.	3.4M <sup>3</sup>	
NEUMATICOS ESTANDAR	750/65 R25	
COMPONENTES MANTENIBLES		FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO
ACEITE DE MOTOR 15W40		250 HORAS - MANUAL
FILTRO DE ACEITE DE MOTOR		250 HORAS - MANUAL
FILTRO DE PETROLEO		250 HORAS - MANUAL
SEPARADOR DE AGUA		250 HORAS - MANUAL
FILTRO DE AIRE PRIMARIO		1,000 HORAS - MANUAL
FILTRO DE AIRE SECUNDARIO		2,000 HORAS - MANUAL
RESPIRADEO DE TANQUE		2,000 HORAS - MANUAL
REFRIGERANTE		
ACEITE DE TRANSMISION ATF D2		1,000 HORAS - MANUAL
FILTRO DE TRANSMISION		1,000 HORAS - MANUAL
PRE FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO		1,000 HORAS - MANUAL
FILTRO DE AIRE ACONDICIONADO		2,000 HORAS - MANUAL
ACEITE DE EJE		1,000 HORAS - MANUAL
RESPIRADERO DE CORONA		2,000 HORAS - MANUAL
ACEITE HIDRAULICO		2,000 HORAS - MANUAL
FILTRO HIDRAULICO		2,000 HORAS - MANUAL
RESPIRADERO DE TANQUE		2,000 HORAS - MANUAL

### Anexo 3: Evaluación por juicio de experto 1



Yo **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO** con DNI N.º 09599387 **MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS CIP N.º 208704** de profesión **INGENIEROMECÁNICO** desempeñándome como **DOCENTEUNIVERSITARIO** en **LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO** Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- FICHA DE REGISTRO DEL CARGADOR FRONTAL
- FICHA DE REGISTRO DE MODO Y EFECTO DE FALLAS DEL CARGADORFRONTAL
- FICHA DE REGISTRO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en cargador frontal L120f para incrementar la disponibilidad en la Municipalidad de Azángaro”**. Elaborado y presentado por los estudiantes: CANAZA CHARCAVIDAL YONI

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de ... Trujillo el día 10 del mes de setiembre del año 2023

Mg. : **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO**

DNI 09599387

Especialidad : **INGENIERÍA MECÁNICA**

E-mail: [ecuaद्रosc@pucp.pe](mailto:ecuaद्रosc@pucp.pe)

## Evaluación por juicio de experto 2

Yo **ELMO FERDINAND OCHOA BENAVENTE** con DNI N.º **42578809** CIP N.º **135132** de profesión **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

desempeñándome como **JEFE DE EQUIPOS EN LA EMPRESA EXMILL MINING S.A.C.**

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- FICHA DE REGISTRO DEL CARGADOR FRONTAL
- FICHA DE REGISTRO DE MODO Y EFECTO DE FALLAS DEL CARGADOR FRONTAL
- FICHA DE REGISTRO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en cargador frontal L120f para incrementar la disponibilidad en la Municipalidad de Azángaro”**. Elaborado y presentado por los estudiantes: CANAZA CHARCA VIDAL YONI

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	
5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de **Juliaca - Puno** el día **12** del mes de **setiembre** del año **2023**.

Ing. : **ELMO FERDINAND OCHOA BENAVENTE**

DNI **42578809**

Especialidad : **INGENIERO MECANICO ELECTRICIST**



Elmo R. Ochoa Benavente  
INGENIERO MECANICO ELECTRICIST  
CIP-135132

E-mail: [fobenavente@gmail.com](mailto:fobenavente@gmail.com)

### Evaluación por juicio de experto 3

Yo **YELHSIN HENRY ANTONY ARRATIA VALDEZ** con DNI N.º 46822145

**CIP N.º 217700** de profesión **INGENIEROMECAÁNICO ELECTRICISTA**

desempeñándome como **INGENIERO SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA EXMILL MINING S.A.C.**

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- FICHA DE REGISTRO DEL CARGADOR FRONTAL
- FICHA DE REGISTRO DE MODO Y EFECTO DE FALLAS DEL CARGADOR FRONTAL
- FICHA DE REGISTRO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en cargador frontal L120f para incrementar la disponibilidad en la Municipalidad de Azángaro”**. Elaborado y presentado por los estudiantes:

CANAZA CHARCA VIDAL YONI

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			✓		
2. Objetividad			✓		
3. Actualidad			✓		
4. Organización			✓		
5. Suficiencia			✓		
6. Intencionalidad			✓		
7. Consistencia			✓		
8. Coherencia			✓		
9. Metodología			✓		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de **Juliaca - Puno** el día **12** del mes de **setiembre** del año **2023**.

Ing. : **YELHSIN HENRY ANTONY ARRATIA VALDEZ**

DNI **46822145**

Especialidad : **INGENIERO MECANICO ELECTRICIST**

E-mail: [ingmecayelhsin@gmail.com](mailto:ingmecayelhsin@gmail.com)



## Anexo 5: Evidencia de envío para la publicación del artículo científico.

Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología.

Link: <https://ingenius.ups.edu.ec/index.php/ingenius/user/register>

---

9014 / CANAZA CHARCA / Aumento de la disponibilidad del cargador frontal L120F realizando un mantenimiento preventi [Biblioteca de envío](#)

Flujo de trabajo **Publicación**

Envío **Revisión** Edición Producción

### Archivos de envío

Q **Buscar**

- ▶  56142 ART. C. IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN CARGADOR FRONTAL L120F PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN LA MUNICIPALIDAD DE AZANGARO **June 21, 2024** Texto del artículo

[Descargar todos los archivos](#)

**Anexo 6: Permiso de la realización del proyecto de investigación en la municipalidad provincial de Azángaro.**

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZANGARO  
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO Y RURAL

08 SEP 2023

Reg. N° 823 Folio: 01

Hora: 15:30 Firma: LA

SOLICITO Permiso para realizar Trabajo de Investigación

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZANGARO  
TEL: 051 813 10862

08 SEP 2023

10862 01

9:48

SEÑOR:

ABG. SALVADOR APAZA FLORES,

ALCALDE PROVINCIAL DE LA MUNICIPALIDAD DE AZANGARO.

Yo, CANAZA CHARCA VIDAL YONI, identificado con DNI N° 73424892, con domicilio Jirón Calle Nueva e8b - 24. Urbanización San Jose II etapa del distrito de Juliaca. Ante Ud. respetuosamente me presento y expongo:

Que, habiendo culminado la carrera profesional de INGENIERIA MECANICA ELECTRICA en la Universidad Cesar Vallejo, solicito a Ud. permiso para realizar trabajo de Investigación en su Institución sobre "Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en cargador frontal I120f para incrementar la disponibilidad en la municipalidad de Azángaro" para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZANGARO  
DIVISION DE MAQUINARIA Y EQUIPO MECANICO

2023

REG N° 256 FOLIO 01

HORA: FIRMA:

Azángaro, 8 de setiembre del 2023

APAZA FLORES SALVADOR  
DNI N.°

ALCALDE

CANAZA CHARCA VIDAL YONI  
DNI N.° 73424892

SOLICITANTE

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZANGARO  
RECEPCION  
SECRETARIA DE ALCALDIA

07 SEP 2023

Reg. N° 2941 Folio: 01

Hora: 10:26 Firma:

940 483134

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AZANGARO  
PROVEEN

2941

VISTO EL DOCUMENTO F. 10

6100

Condición, Evaluar Conforme a lo solicitado.

FECHA: