

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIAS EN UNA EMPRESA DEL SECTOR MINERÍA CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de

Ingeniero Industrial

Autor:

Zamir Franks Galloso Cruzado

Asesor:

Mg. Mylena Karen Vilchez Torres

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre y hermana, que me apoyaron en cada momento durante el desarrollo de mi etapa universitaria, las amo y no existirá manera de retribuir todo el apoyo que me han brindado en el desarrollo de mi formación personal y mi desarrollo académico. Esta tesis es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a dudas gracias a ustedes, su compañía y amor.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecer a todos los docentes, personas de gran sabiduría y conocimiento, que han contribuido a mi desarrollo académico y ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro. El proceso no ha sido sencillo, pero agradezco todos sus esfuerzos por transmitirme los conocimientos y valores impartidos.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
TABLA DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Formulación del problema.....	12
1.2. Objetivos.....	13
1.2.1. Objetivo general.....	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	14
CAPÍTULO III. RESULTADOS	21
2.1. Diagnóstico general del área de estudio.....	21
2.2. Diseño de una propuesta de mejora en el área de mantenimiento	45
2.3. Determinación teórica de la variación de los indicadores.....	65

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	70
Discusión.....	70
Conclusiones	71
REFERENCIAS	73
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de convergencia	14
Tabla 2 Criticidad	15
Tabla 3 Riesgo	16
Tabla 4 Frecuencia y criticidad.....	16
Tabla 5 Maquinarias seleccionadas para el estudio y criterios utilizados	17
Tabla 6 Técnica e instrumentos de recolección de datos	18
Tabla 7 Análisis de equipos y maquinarias.....	22
Tabla 8 Sistemas y subsistemas del cargador frontal.....	23
Tabla 9 Sistemas y subsistemas de excavadora hidráulica	23
Tabla 10 Sistemas y subsistemas de camión 14.....	24
Tabla 11 Registro de fallas de cargador frontal n° 1.....	24
Tabla 12 Registro de fallas de excavadora 6.....	26
Tabla 13 <i>Registro de fallas de excavadora 6</i>	29
Tabla 14 Criticidad	30
Tabla 15 Riesgo	30
Tabla 16 Rvaluación de criticidad cargador frontal n° 1	32
Tabla 17 Rvaluación de criticidad excavadora	33
Tabla 18 Rvaluación de criticidad camión 14.....	34
Tabla 19 Lista de fallas de cargador frontal n° 1.....	34
Tabla 20 Resultados obtenidos por weibull para el filtro de combustible del cargador frontal n° 1	35

Tabla 21 Lista de fallas de excavadora 6.....	36
Tabla 22 Resultados obtenidos por weibull para el enfriadoras de aceite de la excavadora 6.	37
Tabla 23 Lista de fallas de camión 14.....	38
Tabla 24 Resultados obtenidos por weibull para el subsistema de admisión y escape del camión 14.....	39
Tabla 25 Propuesta de mejora	41
Tabla 26 Disponibilidad	42
Tabla 27 Mtbf	43
Tabla 28 Mttf	44
Tabla 29 Mtrr	44
Tabla 30 Clasificación abc	62
Tabla 31 Eoq de los tres productos más comprados	63
Tabla 32 Eoq solución abrazadera bobina.....	64
Tabla 33 Eoq solución abrazadera caña.....	64
Tabla 34 Eoq solución abrazaderas.....	65
Tabla 35 Mtbf	66
Tabla 36 Mttf	67
Tabla 37 Mtrr	67
Tabla 38 Disponibilidad	68
Tabla 39 Matriz de operacionalización de variables.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de fallas de cargador frontal n° 1.....	26
Figura 2 Diagrama de fallas de excavadora 6.....	28
Figura 3 Diagrama de fallas de excavadora 6.....	29
Figura 4 Parámetros del filtro de combustible del cargador frontal n° 1.....	35
Figura 5 Parámetros del enfriadoras de aceite de la excavadora 6.....	37
Figura 6 Parámetros del subsistema de admisión y escape para el camión 14.....	40
Figura 7 Tarjeta roja.....	47
Figura 8 Checklist de mantenimiento preventivo.....	51
Figura 9 Cronograma de mantenimiento de camión lubricador.....	53
Figura 10 Cronograma de capacitaciones.....	54
Figura 11 Formato de requerimiento de herramientas.....	55
Figura 12 Formato de requerimiento de materiales.....	56
Figura 13 Formato de requerimiento de equipos.....	57
Figura 14 Formato de torqueo de pernos y tuercas.....	58
Figura 15 Actividades de mantenimiento preventivo.....	59
Figura 16 Diagrama de pareto abc.....	63

RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada en una empresa del sector minería, con la finalidad de aumentar la disponibilidad de sus maquinarias, tomando como referencia a las maquinas que se presentan con la criticidad más alta por obsolescencia y frecuencia de fallos. Inicialmente, se analizó la situación actual del área de mantenimiento encontrando que el programa de mantenimiento propuesto por el fabricante no es adecuado. De igual forma, se identificó que cada 29.16 horas es el tiempo medio entre fallas; el tiempo promedio para la falla es de 45.87 horas y el tiempo medio entre reparaciones es de 33.23 horas. Evidenciando que existe una disponibilidad del 49%. De igual forma, se diseñó la propuesta, donde se plasma en un cronograma una serie de actividades de mantenimiento basadas en TPM; además de un programa de mantenimiento basado en tendencias, análisis AMEF y aplicación de la metodología 5S.

Palabras clave: Mantenimiento, disponibilidad, tiempo, falla, TPM, capacitación y metodología 5S.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, muchas empresas dedicadas a brindar gestión de mantenimiento a industrias mineras de manera especializada, necesitan ajustarse a los constantes cambios y exigencias en los procesos de extracción, para ello deben asegurar un proceso preciso para minimizar la cantidad de fallas y paradas en el proceso de extracción en las mineras donde realizan sus actividades; para ello deben asegurar también la disponibilidad de sus propias maquinarias y equipos con el fin de garantizar su objetivo dentro de estas industrias. Estas empresas acondicionan sus equipos con el fin de adaptarse a las necesidades específicas de las faenas mineras; la principal función de estos equipos en el proceso de mantenimiento es, abastecer en terreno, el servicio de lubricación a máquinas que por motivos de productividad no pueden retirarse de sus puntos de operación. (Oshiro & Trujillo, 2020)

Actualmente, experimentar fallas en el equipo es inevitable para la mayoría de las organizaciones con uso intensivo de activos, por lo que implementar una estrategia de mantenimiento, ya sea de mantenimiento reactivo, predictivo o preventivo, es clave para mantener los activos de misión crítica disponibles en todo momento. Además de ayudar a generar un mayor retorno de la inversión (ROI) para los activos, la implementación de la estrategia de mantenimiento adecuada también reduce la probabilidad de incurrir en costosos tiempos de inactividad no planificados. En 2018, según la compañía Comparesoft (2019) se perdieron \$ 22,000 por minuto debido a tiempos de inactividad no planificados solo en la industria automotriz. Con el 82% de las empresas experimentando un tiempo de inactividad no planificado al menos una vez en los últimos tres años.

Según el autor Marqués (2018) sostiene que el mantenimiento preventivo es el mantenimiento que se realiza con regularidad en un equipo para reducir la probabilidad de que falle. Es un mantenimiento de rutina que se programa en función de la información obtenida. Se realiza una tarea de mantenimiento preventivo mientras el equipo todavía está funcionando para que no se averíe inesperadamente y cree un tiempo de inactividad no planificado. En términos de la complejidad de esta estrategia de mantenimiento, se encuentra entre el mantenimiento reactivo (o ejecución hasta la falla) y el mantenimiento predictivo.

El autor Ramos (2017) inició determinando el nivel de criticidad de los equipos, encontrando que el torno paralelo, fresadora, mandrinadora y torno vertical son los más críticos, para ello propone aplicar un programa de mantenimiento a cada equipo basado en el análisis de modos y fallas, donde incrementó la disponibilidad a 93.84%. De igual forma, Mosqueda (2018) identifica que el cargador frontal mantiene una baja disponibilidad del equipo (77.8%) y que durante esos tiempos no disponibles la empresa genera un costo del 10% de la producción mensual. Para aumento de ello, se plantea como aporte, un cronograma de mantenimiento preventivo del equipo y un Check List en caso falle el equipo, obteniendo un incremento del 7% de disponibilidad del cargador.

Si bien la disponibilidad como métrica se puede expresar de varias maneras, generalmente cuantifica la probabilidad de que un equipo esté en condiciones de funcionamiento, es por ello que la disponibilidad a menudo se mide observando el tiempo de actividad de un equipo, es decir, la cantidad de tiempo que el equipo está realizando un trabajo. Por lo tanto, para caracterizar la disponibilidad de un activo, es importante

identificar las instancias de tiempo de inactividad o cualquier duración en la que se detengan las operaciones. El tiempo de inactividad se puede clasificar como planificado o no planificado. Si bien el tiempo de inactividad puede ser un paso estratégico para realizar actividades de mantenimiento proactivas, proporcionaría información útil para comparar cuánto tiempo de inactividad contribuye al rendimiento general del equipo.

La presente investigación se realiza en una empresa del sector minería., específicamente en el área de mantenimiento. En la actualidad, esta empresa se dedica al abastecimiento de lubricantes a las mineras más grandes de Perú y tiene a su cargo la gestión de mantenimiento de diferentes proyectos mineros; siendo el representante exclusivo de la marca Bel Ray en el Perú desde hace 7 años. Su enfoque principal en gran minería es el negocio de palas y perforadoras con el fin principal de aumentar su disponibilidad y confiabilidad, además de reducir el consumo de energía en molinos de bolas.

Sin embargo, se encuentra afrontando problemas de disponibilidad de las maquinarias, que todo ello se ve reflejado a partir de una mala organización del área de mantenimiento. Básicamente, los inconvenientes se suscitan debido a que no se ejecutan, en su debido momento, las actividades planificadas; a ello se suma que las tareas de mantenimiento no se explican claramente qué debe medir el técnico de mantenimiento, qué condición debe buscar y qué debe hacer si encuentra una condición insatisfactoria mientras realiza una tarea de mantenimiento.

1.1. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de una propuesta de mejora del área de mantenimiento incrementará la disponibilidad de maquinarias en una empresa del sector minería?, Cajamarca, ¿2020?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora del área de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de maquinaria en una empresa del sector minería., Cajamarca, 2020

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar al área de mantenimiento y disponibilidad de maquinaria.
- Diseñar una propuesta de mejora en el área de mantenimiento basada en el incremento de la disponibilidad de maquinaria.
- Determinar teóricamente la variación de los indicadores, posterior a la aplicación del diseño de mejora.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El enfoque considerado para la presente investigación es cuantitativo porque utiliza información cuantificable (medible) y los datos son mostrados de forma numérica mediante el uso de estadísticas, tendencias, porcentajes, etc., (Cauas, 2015, pp. 1-11). De igual forma, presenta un diseño descriptivo - propositivo, con estimación puntual basada en estudios realizados anteriormente que se han ejecutado de forma similar y uso de proyecciones con el fin de incrementar la disponibilidad de maquinarias.

Se muestra en la tabla 1, la matriz de convergencia a utilizar en la presente investigación:

Tabla 1

Matriz de convergencia

Variable Fáctica	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Valor final (Unidades/Categorías)
Disponibilidad	La gestión de mantenimiento se define como un sistema de gestión esencial de enfoque integral que involucran determinadas operaciones con la finalidad de garantizar la continuidad de un determinado proceso, de modo que se eviten fallos	En efecto la disponibilidad representa al porcentaje de que un equipo se encuentre disponible para su uso, sin presentar averías. Ello se puede medir con los indicadores como	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Nº horas de operación / Nº paradas correctivas	Horas
		representa al porcentaje de que un equipo se encuentre disponible para su uso, sin presentar averías. Ello se puede medir con los indicadores como	Tiempo promedio para la falla (MTTF)	Nº horas de operación / Nº de fallas	Horas
		representa al porcentaje de que un equipo se encuentre disponible para su uso, sin presentar averías. Ello se puede medir con los indicadores como	Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)	Tiempo total de reparaciones correctivas / Nº de reparaciones correctivas	Horas
		representa al porcentaje de que un equipo se encuentre disponible para su uso, sin presentar averías. Ello se puede medir con los indicadores como	Disponibilidad (A)	$MTBF/(MTBF+MTTR)$	Porcentaje

o averías en maquinarias y/o equipos. Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo (2013, págs. 125-138)

Tema	Definición conceptual	Ejes temáticos	
Mejoras del área de mantenimiento	Actividades realizadas para identificar áreas y/o procesos con oportunidades de mejora.	<p>Área de mantenimiento respecto al personal</p> <p>Área de mantenimiento respecto al aspecto físico</p> <p>Área de mantenimiento respecto a los equipos: Cargador Frontal -#1</p> <p>Excavadora 6; Camión 14</p> <p>Área de mantenimiento respecto al sistema y subsistemas de los equipos</p>	
Propuesta	Definición conceptual	Ejes propositivos	Sub ejes propositivos
Propuesta de mejora por causa raíz	Acciones de mejora realizadas con la finalidad de mejorar la disponibilidad de los equipos.	<p>Mejoras en procesos</p> <p>Mejoras en procedimientos</p> <p>Mejoras en actividades de mantenimiento</p> <p>Mejoras en disponibilidad de repuestos y materiales</p> <p>Mejoras en cronogramas</p>	

Para realizar la investigación se realizará un análisis de criticidad de los equipos de acuerdo a la tabla 2.

Tabla 2

Criticidad

Frecuencia de fallos	
Elevado, mayor a 4 fallas al año	4
Promedio, de 2 a 4 fallas al año	3
Buena, de 1 a 2 fallas al año	2
Excelente, 1 fallas al año o menos	1

Tabla 3

Riesgo

Impacto operacional	
Parada inmediata	10
Repercusión de costos operacionales	8
Impacto en niveles de producción	4
No genera ningún efecto significativo sobre la operación y producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
Costo de mantenimiento	
Mayor a S/. 1000	2
Inferior a S/. 1000	1
Impacto en SHA	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna, requiere notificación a entidades externas en a organización	8
Afecta el ambiente, instalación	7

Para la elaboración del análisis de criticidad se utiliza la fórmula: “Riesgo = Frecuencia x Max” (consecuencias Pe, Op, Ma). A continuación, se presenta la puntuación de criticidad de acuerdo a la frecuencia de fallas y el impacto en el funcionamiento del motor de la tabla 4.

Tabla 4

Frecuencia y criticidad

Alta	4	SM	C	C	C	C
Media	3	NC	SM	C	C	C

Baja	2	NC	NC	SM	C	C
Remota	1	NC	NC	NC	SM	C
		10	20	30	40	50

Fuente. Elaboración propia

La población de este estudio está delimitada por la flota de maquinaria pesada en la operación minera mientras que para la muestra y la población de acuerdo con el autor Ramírez (2019) sostiene que la población se define como un conjunto completo de elementos que califican como un parámetro estándar. Es por ello que la población se consideró a toda la flota de maquinaria pesada de la empresa la cual está compuesta por 20 camiones eléctricos, 6 cargadores frontales, 4 excavadoras, y 7 palas hidráulicas. Respecto a la muestra es un subconjunto (grupo más pequeño) de una población o población objetivo (Ramírez, 2018). Por un tema de acceso, criterio de la empresa y tendencia de fallos, la muestra y objeto de estudio está expresado por las máquinas seleccionadas en base a los siguientes criterios.

Tabla 5

Maquinarias seleccionadas para el estudio y criterios utilizados

Maquinaria	Criterio
EXCAVADORA PC300LC-8 - # 06	Mayor número de fallos (Paro de máquina)
CAMIÓN 730E #14	Mayor obsolescencia (horómetro)
CARGADOR FRONTAL WA470-6R #	Mayor obsolescencia (horómetro)

Fuente: Información recopilada de la empresa

Para la recolección de datos se realizaron entrevistas con el jefe de monitoreo de condición y se revisaron manuales, informes y reportes históricos de los resultados del proceso de mantenimiento para tener un amplio marco de la situación actual del área de mantenimiento. Donde, para el recojo de información en el presente estudio se utilizó. Ver tabla 6

Tabla 6

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicación
Diccionario de datos	Nos brinda información histórica acerca del comportamiento de los equipos	Archivo ASTM	Archivo STM del área de monitoreo de condición de equipos con data de más de 2 años de antigüedad
Entrevista	Permite obtener información confiable para entender fenómenos relacionados con fallas y mantenimiento de los equipos	Laptop Útiles de escritorio	Supervisor de confiabilidad Jefe del área de monitoreo y condición de equipos

Elaboración propia

Por otro lado, para determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos se tomó en cuenta data histórica de al menos 2 años validada por el jefe del área de monitoreo y condición de equipos, mientras que en la entrevista se tocaron temas de análisis de muestras de hidrocarburos en laboratorio que reflejan la condición puntual de cada componente de las maquinarias y configuración del mantenimiento de equipos. ´

Para analizar la información, se elaboraron 2 entrevistas: para el jefe del área de monitoreo y condición de equipos (Para entender de manera general temas como criticidad e importancia de cada equipo) y para el supervisor de confiabilidad (para entender temas puntuales de análisis en laboratorio de la condición de los equipos y establecer tendencias de fallos).

Secuencia

- Coordinación con el jefe de área y encargado del mantenimiento, para la programación de la entrevista.
- Entrevistar al jefe durante 1 hora
- Entrevistar al supervisor de mantenimiento durante 2 horas
- Registrar y analizar toda la información obtenida.

Asimismo, El diccionario de datos está compuesto por el registro STM el cual llena personalmente el jefe de monitoreo y condición de equipos. En este registro se contempla la data histórica de los equipos de la empresa con una antigüedad que data desde enero del 2020. Este registro detalla información específica de cada máquina y componente, así como la tendencia y tipo de fallas; desde la más crítica hasta la más manejable para poder establecer parámetros de criticidad.

También nos muestra información complementaria de horómetros (componente y aceite) que nos servirán para utilizar herramientas de ingeniería como el análisis de distribución de confiabilidad (Distribución de Weibull).

De acuerdo a los aspectos éticos, se están citando a todas las fuentes que han sido consultadas y consideradas en esta investigación, también se cuenta con la autorización de la empresa en estudio para recolectar la información necesaria, dicha información será usada sólo con fines académicos, basándonos en el método científico y sin dejar de lado valores que un investigador debe observar, todos los datos se presentan sin alterar datos reales.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

2.1. Diagnóstico general del área de estudio

2.1.1. Diagnóstico de la primera variable: Área de mantenimiento

En el diagrama Pareto presentado a continuación en la Figura 1, se muestran los problemas que se presentan en el área de mantenimiento, priorizando donde se deben orientar los esfuerzos.

Análisis de maquinarias o equipos

Las maquinarias operativas que se están analizando en el área de mantenimiento para realizar el diagnóstico tenemos:

Tabla 7

Análisis de maquinarias

Equipo	Compon ente	Condi ción	Nivel de uso	Mantenimiento	Estado	Rango de obsolescencia (fallos)
Cargador Frontal WA470-6R #1	Motor	Operativ o	Uso normal	Monitorear por niveles de Hierro (Fe).	Obsolesce ncia moderada	Escasa [5-10] Moderada [10 – 20] Alta [20- [
Excavadora PC300LC-8 #6	Dámper	Operativ o	Uso alto	Realizar el CAMBIO del lubricante por CONDICIÓN y/o dentro de las primeras 250-500 horas de uso del lubricante (por ASENTAMIENTO). Continuar con el monitoreo del equipo para evaluar.	Obsolesce ncia moderada	
Camión 730E #14	Motor	Operativ o	Uso normal	Monitorear por niveles de contaminación de Silicio (Si) y Aluminio (Al) en el aceite.	Obsolesce ncia alta	

Fuente: *Elaboración propia.*

2.1.2. Al realizar el análisis de equipos y maquinarias se observó que el cargador frontal N°1, Excavadora 6 obsolescencia moderada, ambas máquinas tiene entre 10 a 20 fallos (paradas); y Camión 14 tiene obsolescencia alta porque tiene 23 paradas. **Análisis modal de fallos y efectos (AMEF)**

Los equipos analizados en este estudio incluyen los diferentes sistemas y subsistemas enumerados en la siguiente tabla, donde los nombres de cada sistema y subsistemas, así como los componentes principales que se ejecutan en ellos, son subsistemas bien definidos.

A continuación, se muestra los sistemas y subsistemas del cargador frontal #67699.

Tabla 8

Sistemas y subsistemas del cargador frontal

Maquina	SISTEMA	Subsistema
Cargador frontal N° 1	Sistema de Motor	Combustible, lubricación, refrigeración, fuerza, admisión y escape de aire.
	Sistema hidráulico	Accesorios, dirección de frenos, levante.
	Sistema de Tren de tracción	Transmisión, embrague, ruedas, diferenciales y mandos finales.
	Sistema eléctrico	Tablero, carga, encendido, batería.
	Accesorios, carrocería, etc.	Chasis y cabina de operación.

Elaboración propia.

Tabla 9

Sistemas y subsistemas de Excavadora Hidráulica

Maquina	Componente	Subsistema
Excavadora 6	Sistema de motor	Combustible, lubricación, refrigeración, fuerza, admisión y escape de aire.
	Sistema hidráulico	Accesorios, dirección de frenos, levante.
	Sistema de Tren de tracción	Transmisión, embrague, diferenciales, mandos finales y orugas
	Sistema eléctrico	Tablero, carga, encendido, batería.
	Accesorios, carrocería, etc.	Chasis y cabina de operación.

Elaboración propia.

Tabla 10

Sistemas y subsistemas de Camión 14

Maquina	Componente	Subsistema
Camión 14	Sistema de Motor	Monitoreo y gestión de motor, enfriamiento, admisión y escape, combustible.
	Sistema hidráulico	Accesorios, dirección de frenos, levante.
	Sistema de dirección	Transmisión, embrague, mandos finales.
	Sistema eléctrico	Tablero, carga, encendido, batería.
	Accesorios, carrocería, etc.	Chasis y cabina de operación.

Elaboración propia.

2.1.3. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)

En la siguiente tabla se muestran las fallas de los equipos analizados por el área de mantenimiento.

Tabla 11

Registro de fallas de Cargador Frontal N° 1

Sistema	Subsistema	Cantidad de componentes	Cantidad de fallas
Motor	Bloque de motor	1	0
	Pistón	1	0
	Anillo de pistón	1	0
	Camisas	1	0
	Biela	1	0
	Cigüeñal	1	0
	Culata	1	0
	Junta de culata	1	0
	Árbol de levas	1	0
	Lubricación	1	5
	Combustible	1	9
	Fuerza	1	1
	Refrigeración	1	3
	Admisión y escape	1	0
Depósito	1	0	

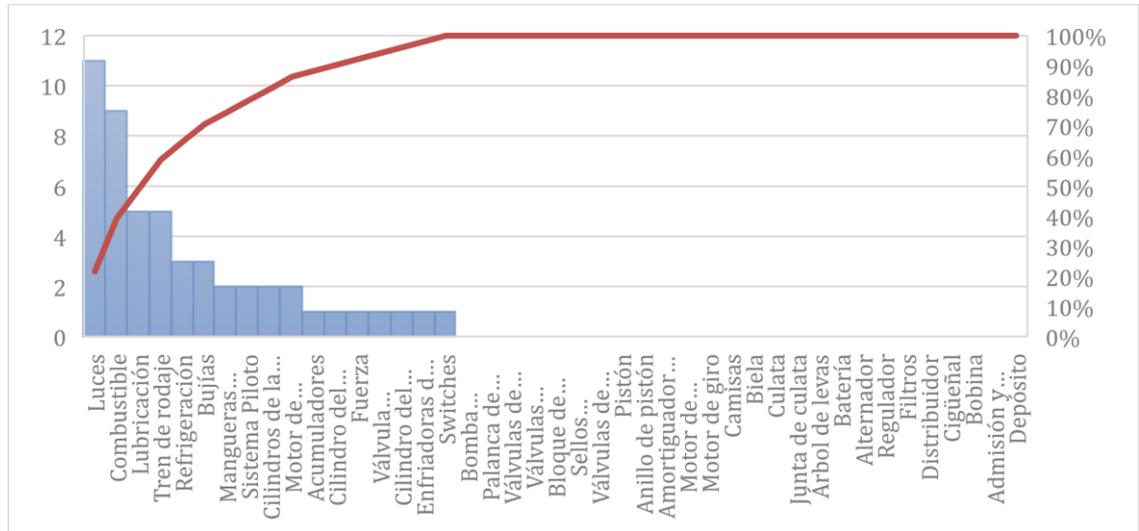
Hidráulico	Bomba hidráulica	1	0
	Filtros	1	0
	Palanca de control de funcionamiento hidráulico	1	0
	Mangueras hidráulicas	1	2
	Válvulas de seguridad	1	0
	Válvulas limitadoras de presión	1	0
	Amortiguadores de cilindro hidráulico	1	0
	Sellos hidráulicos	1	0
	Válvulas de sensores de presión	1	0
	Válvula anticaída	1	1
	Sistema Piloto	1	2
	Acumuladores	1	1
	Motor de traslación izquierdo, motor de traslación derecho	1	0
	Motor de giro	1	0
	Tren de rodaje	1	5
	Cilindros de la pluma	1	2
	Cilindro del brazo	1	1
	Cilindro del cucharón	1	1
Enfriadoras de aceite	1	1	
Eléctrico	Batería	1	0
	Alternador	1	0
	Regulador	1	0
	Switches	1	1
	Distribuidor	1	0
	Bujías	1	3
	Bobina	1	0
	Motor de arranque	1	2
	Luces	1	11

Elaboración propia.

El gráfico Pareto presentado se puede visualizar con facilidad que el subsistema con mayor cantidad de fallas es el sistema eléctrico e hidráulico en el Cargador Frontal #67699

Figura 1

Diagrama de fallas de Cargador Frontal N° 1.



Las principales fallas del cargador frontal N° 1 se encuentra, en el subsistema de luces con 11 fallas en el sistema eléctrico; subsistema de lubricación y combustible con 5 y 9 fallos respectivamente en el sistema del motor y el subsistema de tren de rodaje con 5 fallos en el sistema hidráulico.

A continuación, se muestra la tabla de fallos de la Excavadora 6

Tabla 12

Registro de fallas de Excavadora 6

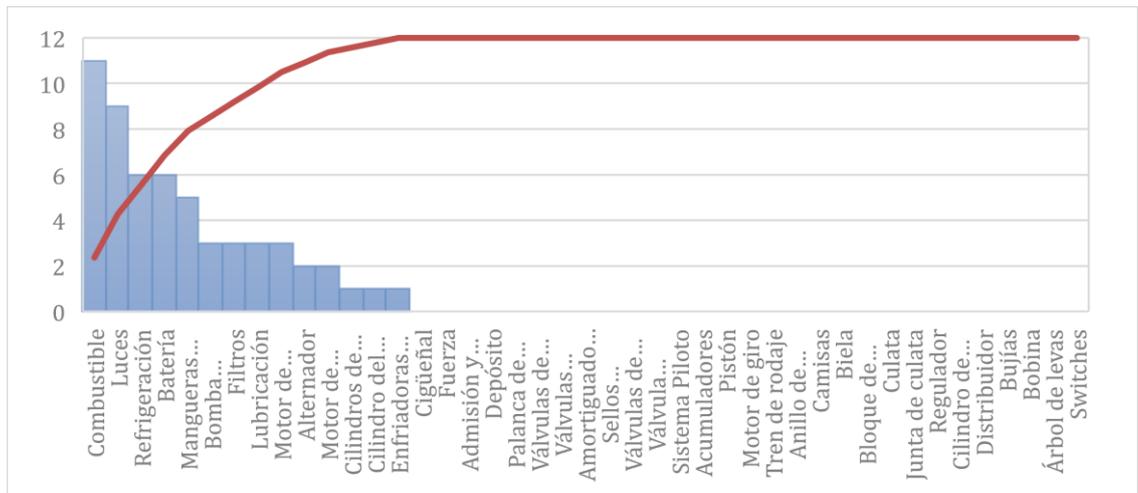
Sistema	Subsistema	Cantidad de componentes	Cantidad de fallas
Motor	Bloque de motor	1	1
	Pistón	1	0
	Anillo de pistón	1	0
	Camisas	1	0
	Biela	1	0
	Cigüeñal	1	0
	Culata	1	0
	Junta de culata	1	0
	Árbol de levas	1	0

	Lubricación	1	1
	Combustible	1	11
	Fuerza	1	1
	Refrigeración	1	3
	Admisión y escape	1	4
Hidráulico	Depósito	1	0
	Bomba hidráulica	1	0
	Filtros	1	4
	Palanca de control de funcionamiento hidráulico	1	0
	Mangueras hidráulicas	1	0
	Válvulas de seguridad	1	0
	Válvulas limitadoras de presión	1	0
	Amortiguadores de cilindro hidráulico	1	2
	Sellos hidráulicos	1	0
	Válvulas de sensores de presión	1	0
	Válvula anticaída	1	0
	Sistema Piloto	1	0
	Acumuladores	1	0
	Motor de traslación izquierdo, motor de traslación derecho	1	0
	Motor de giro	1	0
	Tren de rodaje	1	0
	Cilindros de levante	1	0
	Cilindro del brazo	1	0
Cilindro de empuje	1	0	
Enfriadoras de aceite	1	5	
Eléctrico	Batería	1	2
	Alternador	1	1
	Regulador	1	1
	Switches	1	2
	Distribuidor	1	0
	Bujías	1	0
	Bobina	1	0
	Motor de arranque	1	0
	Luces	1	9

El gráfico Pareto presentado se puede visualizar con facilidad que el subsistema con mayor cantidad de fallas es el sistema eléctrico e hidráulico en el Excavadora 6.

Figura 2

Diagrama de fallas de Excavadora 6



Las principales fallas de Excavadora 6 se encuentran, 11 fallas en el subsistema de combustible. en el subsistema de luces y motor con 9 y 6 fallas respectivamente en el sistema eléctrico; 5 fallos en la manguera hidráulica.

Por último, se mostrará la tabla de frecuencia de fallos del camión 14.

Tabla 13

Registro de fallas de Camión 14

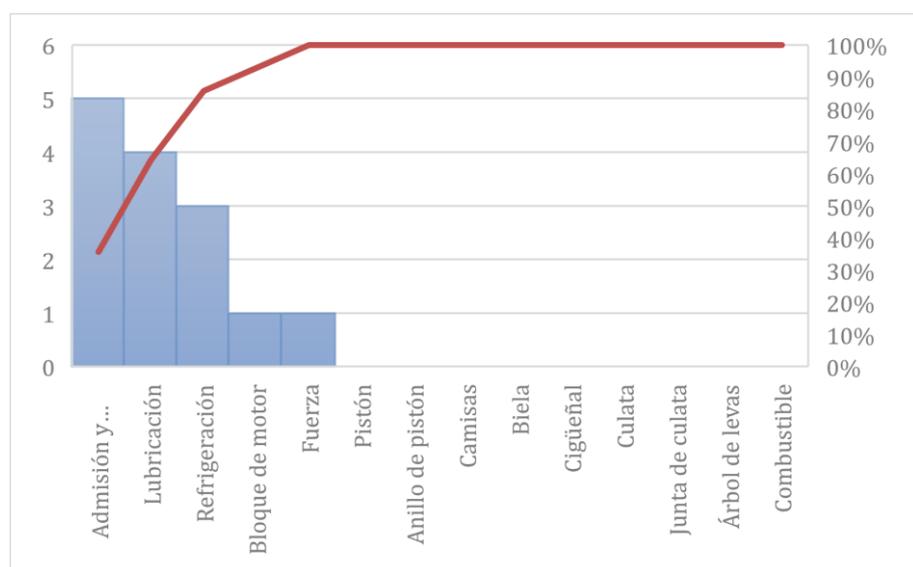
Sistema	Subsistema	Cantidad de componentes	Cantidad de fallas
Motor	Bloque de motor	1	1
	Pistón	1	0
	Anillo de pistón	1	0
	Camisas	1	0
	Biela	1	0
	Cigüeñal	1	0
	Culata	1	0
	Junta de culata	1	0
	Árbol de levas	1	0
	Lubricación	1	4
	Combustible	1	0
	Fuerza	1	1
	Refrigeración	1	3
	Admisión y escape	1	5

Elaboración propia.

El gráfico Pareto presentado se puede visualizar con facilidad que el subsistema con mayor cantidad de fallas están en admisión y escape 5 fallas, lubricación 4 fallas y refrigeración 2 fallas

Figura 3

Diagrama de fallas de CAMIÓN 14



2.1.4. Análisis de criticidad de activos

En esta etapa, daremos prioridad a los componentes clave de los motores diésel de combustión interna para optimizar su rendimiento mediante un mejor mantenimiento, los criterios se presentan en la siguiente tabla n° 14 y 15

Tabla 14

Criticidad

Frecuencia de fallos	
Elevado, mayor a 4 fallas al año	4
Promedio, de 2 a 4 fallas al año	3
Buena, de 1 a 2 fallas al año	2
Excelente, 1 fallas al año o menos	1

Tabla 15

Riesgo

Impacto operacional	
Parada inmediata	10
Repercusión de costos operacionales	8
Impacto en niveles de producción	4
No genera ningún efecto significativo sobre la operación y producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
Costo de mantenimiento	
Mayor a S/. 1000	2
Inferior a S/. 1000	1
Impacto en SHA	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna, requiere notificación a entidades externas en a organización	8
Afecta el ambiente, instalación	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente seguro)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
No produce lesión	1

Para la elaboración del análisis de criticidad se utiliza la fórmula: $\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \times \text{Max (consecuencias Pe, Op, Ma)}$. La tabla presentada presenta la puntuación de criticidad de acuerdo a la frecuencia de fallas y el impacto en el funcionamiento del motor.

Tabla 16

Evaluación de criticidad cargador frontal N° 1

Sub sistemas de la red primaria	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad	Costos de mantenimiento	Impacto de seguridad	Impacto ambiental	Consecuencia	Total	Jerarquización
Enfriadores de aceite	5	8	2	1	2	1	19	95	Crítico
Combustible	4	10	2	1	2	1	23	92	Crítico
Lubricación	4	10	2	1	2	1	23	92	Crítico
Mangueras hidráulicas	3	10	2	1	2	1	23	69	Semicrítico
Bujías	3	10	2	1	2	1	23	69	Semicrítico
Tren de rodaje	2	10	2	2	2	1	24	48	Semicrítico
Motor de arranque	2	10	2	2	2	1	24	48	Semicrítico
Cilindro de la pluma	2	10	2	1	2	1	23	46	Semicrítico
Sistema piloto	2	8	2	2	2	1	20	40	NC: no crítico
Fuerza	1	10	3	1	2	1	33	33	NC: no crítico
Luces	4	4	1	1	2	1	7	28	NC: no crítico
Válvula anticaída	1	10	2	1	2	1	23	23	NC: no crítico
Cilindro del brazo	1	10	2	1	2	1	23	23	NC: no crítico
Cilindro del cucharón	1	10	2	1	2	1	23	23	NC: no crítico
Refrigeración	1	8	2	1	2	1	19	19	NC: no crítico
Acumuladores	1	8	2	1	2	1	19	19	NC: no crítico
Switches	1	8	2	1	2	1	19	19	NC: no crítico

Elaboración propia.

En la Tabla 16 se observa que se tienen 3 subsistemas críticos en el cargador frontal #67699, que son el subsistema de enfriadores de aceite, Combustible y Lubricación.

Tabla 17

Evaluación de criticidad Excavadora

Sub sistemas de la red primaria	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad	Costos de mantenimiento	Impacto de seguridad	Impacto ambiental	Consecuencia	Total	Jerarquización
Enfriadoras de aceite	5	8	2	1	2	1	19	95	Crítico
Admisión y escape	4	10	2	1	2	1	23	92	Crítico
Filtros	4	10	2	1	2	1	23	92	Crítico
Refrigeración	3	10	2	1	2	1	23	69	Semicrítico
Amortiguadores de cilindro hidráulico	2	10	3	1	2	1	33	66	Semicrítico
Tren de rodaje	4	10	1	2	2	1	14	56	Semicrítico
Palanca de control de funcionamiento hidráulico	2	10	2	1	2	1	23	46	Semicrítico
Batería	2	10	2	1	2	1	23	46	NC: no crítico
Switches	2	8	2	1	2	1	19	38	NC: no crítico
Fuerza	1	10	3	1	2	1	33	33	NC: no crítico
Lubricación	1	10	2	2	2	1	24	24	NC: no crítico
Bloque de motor	1	10	2	2	2	1	24	24	NC: no crítico
Mangueras hidráulicas	1	10	2	1	2	1	23	23	NC: no crítico
Alternador	1	10	2	1	2	1	23	23	NC: no crítico
Regulador	1	8	2	1	2	1	19	19	NC: no crítico

Elaboración propia.

En la Tabla 17 se observa que se tienen 3 subsistemas críticos en la excavadora, Enfriadoras de aceite, Admisión y escape y filtros.

Tabla 18

Evaluación de criticidad Camión 14

Sub sistemas de la red primaria	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad	Costos de mantenimiento	Impacto de seguridad	Impacto ambiental	Consecuencia	Total	Jerarquización
Admisión y escape	5	10	2	1	2	1	23	115	Crítico
Lubricación	4	10	2	1	2	1	23	92	Crítico
Refrigeración	3	10	2	1	2	1	23	69	Semicrítico
Bloque de motor	1	10	2	1	2	1	23	23	NC: no crítico
Fuerza	1	10	2	1	2	1	23	23	NC: no crítico

Elaboración propia.

En la Tabla 18 se observa que se tienen 2 subsistemas críticos en el Camión 14,

Enfriadoras de aceite, Admisión y escape y filtros.

2.1.5. Determinación de los intervalos de mantenimiento de los subsistemas críticos

2.1.5.1. Intervalos para el Cargador Frontal N° 1

El subsistema de combustible es el subsistema crítico de Cargador Frontal N° 1, a continuación, en la Tabla 19 se muestran las fallas de acuerdo al horómetro de filtro de combustible.

Tabla 19

Lista de fallas de Cargador Frontal N° 1

Máquina	Horómetro	Filtro de combustible
CARGADOR FRONTAL N° 1	451	1
	663	1
	901	1
	1017	1
	1083	1
	1131	1
	1269	1
	1285	1
	1355	1

Elaboración Propia.

Tabla 20

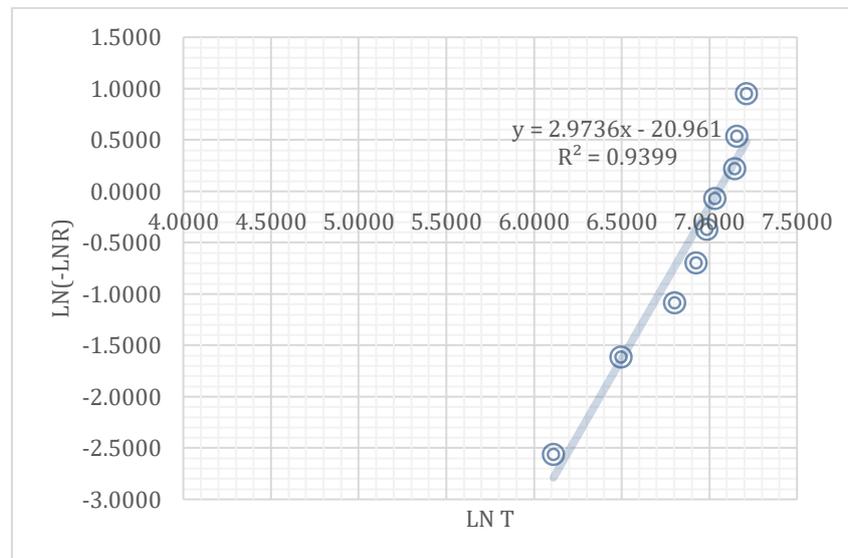
Resultados obtenidos por Weibull para el filtro de combustible del Cargador Frontal N° 1

i	Tiempo	RM = F(t)	X	Y
1	451	0.0745	6.1115	-2.5589
2	663	0.1809	6.4968	-1.6120
3	901	0.2872	6.8035	-1.0829
4	1017	0.3936	6.9246	-0.6927
5	1083	0.5000	6.9875	-0.3665
6	1131	0.6064	7.0309	-0.0700
7	1269	0.7128	7.1460	0.2211
8	1285	0.8191	7.1585	0.5365
9	1355	0.9255	7.2116	0.9545

Elaboración Propia.

Figura 4

Parámetros del filtro de combustible del Cargador Frontal N° 1



Beta	2.9736
cte.	20.961
Eta	1151.74
Política Correctiva	
MTBF	1028.085784

La Figura nos muestra el valor de la ecuación que es $y = 2.9736x - 20.961$, por lo tanto, $\beta = 2.9736 > 1$, esto quiere decir que, del Cargador Frontal N° 1, se encuentra en una etapa de fallas crecientes en etapa de fatiga, y terminará su vida útil. Al analizar los resultados, se llega a la conclusión que el equipo debe tener un mantenimiento preventivo de cada subsistema crítico en relación a los periodos de confiabilidad obtenidos.

El índice de correlación R^2 es $0.9399 < 1$, significa que hay dependencia lineal de los datos.

Se obtuvo que el tiempo entre fallos del subsistema del filtro de combustible es de 1028 horas.

2.1.5.2. Intervalos para Excavadora 6

El sistema de Enfriadoras de aceite, Admisión y escape y filtros es el subsistema crítico de la Excavadora 6, a continuación, en la Tabla 21 se muestran las fallas de acuerdo al horómetro de filtro de combustible.

Tabla 21

Lista de fallas de Excavadora 6

Máquina	Horómetro	Enfriadoras de aceite
Excavadora 6	425	1
	624	1
	950	1
	1027	1
	1088	1
	1145	1
	1289	1
	1325	1
	1450	1

Elaboración Propia.

Tabla 22

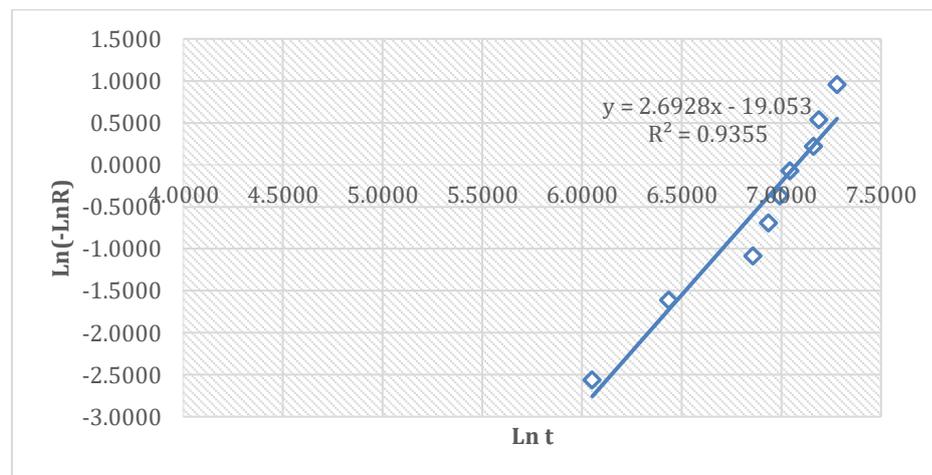
Resultados obtenidos por Weibull para el Enfriadoras de aceite de la Excavadora 6.

i	Tiempo	RM = F(t)	X	Y
1	425	0.0745	6.0521	-2.5589
2	624	0.1809	6.4362	-1.6120
3	950	0.2872	6.8565	-1.0829
4	1027	0.3936	6.9344	-0.6927
5	1088	0.5000	6.9921	-0.3665
6	1145	0.6064	7.0432	-0.0700
7	1289	0.7128	7.1616	0.2211
8	1325	0.8191	7.1892	0.5365
9	1450	0.9255	7.2793	0.9545

Elaboración Propia.

Figura 5

Parámetros del Enfriadoras de aceite de la Excavadora 6.



Elaboración propia.

Beta	2.6928
Cte	19.053
Eta	1182.68
Política Correctiva	
MTBFc	1051.638062

La Figura nos muestra el valor de la ecuación que es $y = 2.6928x - 19.053$, por lo tanto, $\beta = 2.6982 > 1$, esto quiere decir que, de la Excavadora 6, se

encuentra en una etapa de fallas crecientes en etapa de fatiga, y terminará su vida útil. Al analizar los resultados, se llega a la conclusión que el equipo debe tener un mantenimiento preventivo de cada subsistema crítico en relación a los periodos de confiabilidad obtenidos.

El índice de correlación R^2 es $0.9355 < 1$, significa que hay dependencia lineal de los datos.

Se obtuvo que el tiempo entre fallos del subsistema Enfriadoras de aceite es de 1051 horas.

2.1.5.3. Intervalos para Camión 14

El subsistema de Admisión y escape es el subsistema crítico del Camión 14, a continuación, en la Tabla 23 se muestran las fallas de acuerdo al horómetro de Admisión y escape

Tabla 23

Lista de fallas de Camión 14

Máquina	Horómetro	Admisión y escape
Excavadora 6	211	1
	393	1
	448	1
	483	1
	502	1
	745	1
	774	1
	829	1
	1018	1

Elaboración propia.

Tabla 24

Resultados obtenidos por Weibull para el subsistema de admisión y escape del camión 14

i	Tiempo	RM = F(t)	X	Y
1	211	0.0745	5.3519	-2.5589
2	393	0.1809	5.9738	-1.6120
3	448	0.2872	6.1048	-1.0829
4	483	0.3936	6.1800	-0.6927
5	502	0.5000	6.2186	-0.3665
6	745	0.6064	6.6134	-0.0700
7	774	0.7128	6.6516	0.2211
8	829	0.8191	6.7202	0.5365
9	1018	0.9255	6.9256	0.9545

Elaboración propia.

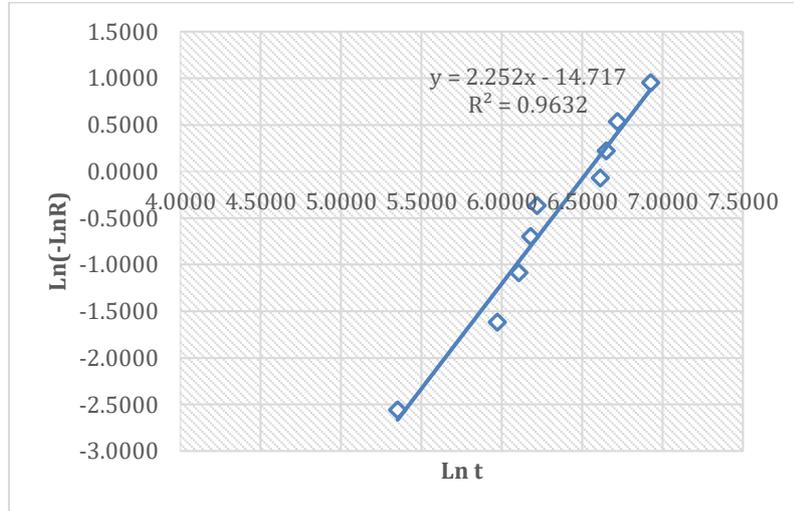
La Figura 6 nos muestra el valor de la ecuación que es $y = 2.252x - 14.717$, por lo tanto, $\beta = 2.252 > 1$, esto quiere decir que el Camión 14, se encuentra en una etapa de fallas crecientes en etapa de fatiga, y terminará su vida útil. Al analizar los resultados, se llega a la conclusión que el equipo debe tener un mantenimiento preventivo de cada subsistema crítico en relación a los periodos de confiabilidad obtenidos.

El índice de correlación R^2 es $0.9632 < 1$, significa que hay dependencia lineal de los datos.

Se obtuvo que el tiempo entre fallos del subsistema Enfriadoras de aceite es de 610 horas.

Figura 6

Parámetros del subsistema de admisión y escape para el camión 14



Beta	2.252
Cte	14.717
Eta	688.888844
Política correctiva	
MTBFc	610.173913

Tabla 25

Propuesta de mejora para herramientas, insumos y repuestos

Magnitud	Causa	Raíz	Aplicación de mejora	Fundamentación
Herramientas y equipos necesarios	Deficiencias al momento de realizar la búsqueda	No existe un sitio específico donde se almacenan las herramientas.	Pilar 5'S - TPM	Para clasificar todas las herramientas y equipos que son necesarios dentro del área de mantenimiento
Stock de insumos y repuestos	Dificultad para identificar las piezas correctas para planificar, programar y completar órdenes de trabajo	Mala gestión de repuestos e inventario	Cronograma de mantenimiento	Mediante el cronograma de mantenimiento realizaremos las compras de los insumos y repuestos necesarios para cada mantenimiento
			Sistema de clasificación ABC	Organización y requerimiento de herramientas, materiales y equipos.

2.1.6. Mejora de la variable: disponibilidad

Para visualizar el comportamiento de la disponibilidad del equipo más crítico, a continuación, se muestra una tabla resumen de las horas de operación esperadas y las que realmente fueron ejecutadas. A mayor detalle, se puede visualizar en el Anexo N° 01.

Tabla 26

Disponibilidad

Mes	Meta	Horas de operación	Horas paralizadas
Enero	500	450	25
Febrero	500	378	61
Marzo	500	442	29
Abril	500	394	53
Mayo	500	396	52
Junio	500	448	26
Julio	500	422	39
Agosto	500	400	50
Setiembre	500	396	52
Octubre	500	430	35
Noviembre	500	420	40
Diciembre	500	406	47

Elaboración propia

Se espera que la meta de horas de operación del camión lubricador, sea de 250 horas en un mes. Sin embargo, solamente se llega al cumplir en promedio 207 de ellas, lo cual representa un 83% de disponibilidad del equipo.

Se puede visualizar en la anterior tabla que todos los problemas anteriores, repercuten directamente en la disponibilidad del camión lubricador. Cabe mencionar, que los problemas de disponibilidad generan pérdidas para la empresa, y mucho peor que ello comprometen la confianza y lealtad del cliente.

Análisis de indicadores:

Respecto a la programación de actividades del camión KOMATSU 730E, tenemos que se plantearon 88 de ellas, sin embargo, se ejecutaron 49 de ellas, por lo que realizando los cálculos correspondientes tenemos:

$$\text{Cumplimiento} = \frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Actividades programadas}}$$

$$\text{Cumplimiento} = \frac{62}{88} = 70\%$$

De ello tenemos que, existe un nivel de cumplimiento del programa de mantenimiento el camión lubricador de 70%.

Por otro lado, la empresa conoce con exactitud el tiempo operativo semanal y mensual de cada activo. De igual forma, también se conoce que, en ese transcurso de tiempo, ese activo se descompuso una determinada cantidad de veces. Por lo tanto, para obtener la medida precisa del MTBF, se realizará teniendo en cuenta los siguientes registros del Anexo N° 02.

Tabla 27

MTBF

N° horas de operación:	N° fallas:
2864	106

Elaboración propia

Lo que representa, que en total se ejecutaron 2864 horas de operación, con un total de 106 paradas correctivas, que, por consiguiente, tras aplicar en la fórmula, obtendremos un nivel de 27.02 horas de tiempo medio entre fallas.

Indicador: Tiempo promedio Para la falla - MTTF

El tiempo medio hasta la falla (MTTF) es la cantidad de tiempo en promedio que una pieza puede funcionar antes de romperse. Debido a que usa esta métrica de mantenimiento solo para cosas que no puede reparar, también puede pensar en MTTF como la vida útil promedio de los equipos de la empresa. Para cálculo del indicador, se utilizó los registros de horas de operación y fallas a lo largo del año 2020. A continuación, se muestra un resumen del Anexo N° 03.

Tabla 28

MTTF

N° horas de operación:	N° fallas:
3298	69

Elaboración propia

Por lo tanto, tenemos que el tiempo promedio para la falla del camión lubricador es de 47.80 horas

Indicador: Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)

MTTR significa tiempo medio de reparación, tiempo medio de recuperación, tiempo medio de resolución, tiempo medio de resolución, tiempo medio de restauración o tiempo medio de respuesta. El tiempo medio de reparación y el tiempo medio de recuperación parecen ser los más comunes para la empresa (Ver Anexo N° 04.)

Tabla 29

MTTR

Tiempo de reparaciones:	N° reparaciones correctivas:
992	61

Elaboración propia

Por lo tanto, tenemos que el tiempo medio entre fallas del camión lubricador es de 16.26 horas.

2.2. Diseño de una propuesta de mejora en el área de mantenimiento

Luego de identificar las causas raíces y determinar el impacto en la disponibilidad del equipo con mayor criticidad, se plantea la propuesta de mejora del área de mantenimiento, enfocándonos en herramientas de mantenimiento productivo total (TPM).

A continuación, las propuestas para mejorar cada causa raíz.

A. PARA: Tecnología no es adecuada para detectar errores

Se propone desarrollar una programación de charlas para sensibilizar a los colaboradores en cuanto a trabajar de manera segura y cuidando al medio ambiente; además de esto se aplicará la herramienta 5s para fomentar una cultura de orden y limpieza en el área de trabajo.

A continuación, se desarrollarán por etapas, la propuesta de la metodología 5S

1. Seiri – Clasificar

En el proceso de mantenimiento se generan 3 turnos de trabajo, por ello se formarán 3 grupos de técnicos para ejecutar esta primera etapa. Cada técnico de mantenimiento es responsable de clasificar las herramientas que usa en el taller y/o desechar todos los elementos que culminaron con su vida útil y entorpecen el libre tránsito de los demás trabajadores. En esta etapa se busca clasificar los materiales y herramientas que se tienen en el proceso de mantenimiento y luego separar elementos que se encuentren en buen estado, además cada jefe de área es responsable de cumplir con estas disposiciones

en sus respectivas oficinas. En esta etapa se propone que el jefe de mantenimiento sea el responsable de verificar el cumplimiento, por parte de los técnicos de mantenimiento, de las disposiciones dadas. Mientras que el personal técnico, mediante una encuesta mensual evaluará el cumplimiento de las mismas por parte de cada jefe de mantenimiento.

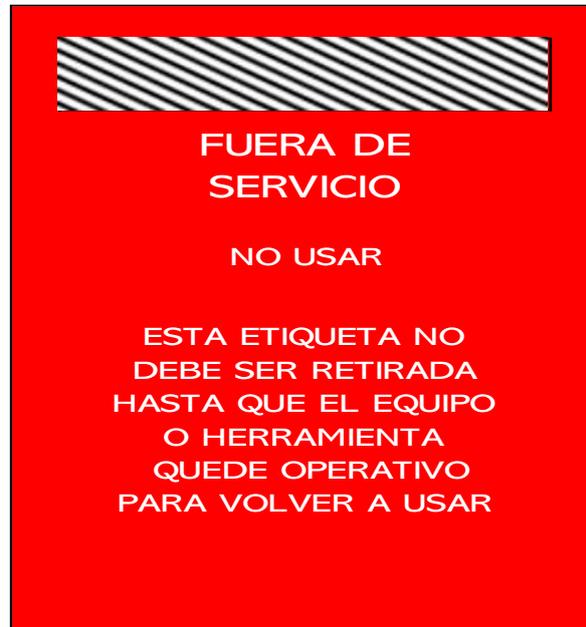
Para ello, se dispone que la evaluación de estas normas sea una vez al mes, mientras que los reportes sean semanales.

Para cumplir con esta fase se deben tomar en cuenta los siguientes pasos y disposiciones básicas de cumplimiento:

- Los materiales, repuestos y herramientas que aún no culminen su vida útil y que no serán desechados, tendrán que clasificarse en el almacén para llevar un correcto inventario de las existencias que tiene el mismo.
- Los técnicos y jefes de mantenimiento deben revisar las instalaciones y materiales presentes en el área de mantenimiento
- Separar los elementos que podrían llegar a utilizarse más adelante.
- Desechar los elementos que hayan culminado con su vida útil o elementos que hayan alcanzado el número máximo de usos.
- Los técnicos y jefes de mantenimiento serán calificados por el jefe de línea, 1 vez al mes de acuerdo a resultados visibles y reportes.

Figura 7

Tarjeta roja



Elaboración propia

2. Seiton – Ordenar

Se propone que en el área de mantenimiento; los materiales, las herramientas y equipos se ordenen de la siguiente manera:

- Materiales: Los materiales engloban tanto a repuestos como herramientas de trabajo.
- Herramientas: En el proceso de mantenimiento encontramos herramientas pequeñas y grandes que son utilizadas en las actividades corrientes del área de mantenimiento. Algunas de estas herramientas son juegos de llaves con las que cuenta la empresa, sin embargo, muchas de estas herramientas no cuentan con estuches para ser guardadas por lo que se propone conseguir estuches y de esta manera ordenarlas y así puedan ser encontradas fácilmente (estuches de acuerdo al tamaño de las herramientas). Por ello se propone comprar

estantes para habilitar espacios aéreos de almacén para las herramientas más pequeñas.

- Sin embargo, para las herramientas de mayor volumen se propone habilitar un espacio y señalizarlo de manera adecuada al espacio y disposición de herramientas.
- Máquinas de trabajo: Los equipos y máquinas de trabajo que puedan movilizarse con facilidad serán almacenados en espacios destinados a su almacén dentro del talles, mientras que las maquinarias y equipos serán almacenados en el patio del taller fuera del alcance de la luz solar para evitar la oxidación y descomposición de los componentes.

Deshechos del área de trabajo:

Se ha identificado a los aros de llantas, llantas, cartones sucios y/o usados y envases de lubricantes como los principales desperdicios del área en cuanto a volumen.

EPP de los trabajadores

En el proceso de mantenimiento existen casilleros individuales para los trabajadores, sin embargo, los técnicos optan por dejar su EPP en espacios diversos del taller, por ellos se propone establecer la norma de guardar su ropa y EPP en los casilleros como norma indispensable del manual de seguridad y salud ocupacional.

Todos los técnicos y jefes de mantenimiento tienen la obligación de ordenar día a día los elementos mencionados anteriormente. La supervisión del proceso de mantenimiento queda a cargo de todo el personal, en especial de

los jefes de turno. Las evidencias y resultados de la mejora deben ser analizadas en las auditorías mensuales del área.

3. Seiso – Limpieza

Los jefes de mantenimiento de turno, son los responsables de gestionar la limpieza en el área de mantenimiento, mediante la asignación de responsabilidades a cada operario de mantenimiento. Por ello los jefes deben también revisar el estado del área en cuanto a limpieza y orden en cada turno, al inicio y al final de la jornada.

Los técnicos de mantenimiento tienen como obligación:

- Limpiar el área de trabajado al finalizar cada jornada.
- Retirar y desechar los desperdicios generados en el turno.
- Colocar las herramientas y repuestos en sus respectivos estuches y anaqueles.
- Limpiar los equipos y guardarlos en el área designada.

Todas estas actividades pueden verse enriquecidas de acuerdo al criterio del jefe y técnicos de mantenimiento, con la finalidad de cumplir con los lineamientos establecidos en la metodología de las 5S.

4. Seiketsu - Estandarizar

En esta etapa de la metodología de las 5S se busca estandarizar todos los lineamientos establecidos en las primeras etapas, por ello se implementan las siguientes políticas en el área:

- Las oficinas, taller y patio de mantenimiento deben encontrarse debidamente señalizadas para encontrar de manera automática equipos, herramientas y repuestos.
- El patio, escritorios y área de mantenimiento deben encontrarse ordenados y limpias, con todos los documentos debidamente separados y clasificados al final del día.
- Los desperdicios orgánicos e inorgánicos son diferenciados y puestos en contenedores diferentes en el patio de mantenimiento para su próximo reciclaje o expulsión.
- Cada técnico y jefe de mantenimiento debe contar con un casillero o locker para guardar sus artículos personales como ropa, EPP y utensilios de aseo personal.
- Todo trabajador expone mensualmente los cambios y mejoras que se han obtenido a cambio de la implementación de esta metodología.
- El trabajador que no cumpla con las normas y políticas establecidas en la presente metodología, recibirán un memorándum y una amonestación presencial por parte del jefe de lubricación y minería.
- El personal técnico de mantenimiento recibirá una serie de capacitaciones en cuanto a higiene y salud en el trabajo por parte de un ponente especialista, 1 vez al mes.

Figura 8
Checklist de mantenimiento preventivo

VEHICULO EN ALTURA TOTAL		COMPROBAR	Parametro	Check	Operativo	Previsión Atención en la Súper Inspección	Peligro Atención Inmediata No Autorizado
VEHICULO EN ALTURA TOTAL							
Revisar mangueras cañerías y tanque de combustible por posibles fugas	Verificar que no presente fuga, humedecimiento, pérdida de flujo o roce por el circuito del sistema	OK	●	●	●	●	
Revisar índices de fugas por sistemas de transmisión y diferenciales	Verificar que no presente fuga, humedecimiento	OK	●	●	●	●	
Revisar y ajustar el sistema de escape de motor	Verificar que no presente fuga, revisar el estado de las abrazaderas y la condición de los soportes del tubo de escape	OK	●	●	●	●	
Revisar el estado de cardán delantero y posterior, crucetas, gomas	Verificar el ajuste de los pernos de las bridas, engrasar crucetas si estas lo permiten	OK	●	●	●	●	
Revisar líneas de líquido de freno: cañerías, mangueras	Verificar el estado de las mismas, comprobar que no se encuentren agrietadas, torcidas o con fugas	OK	●	●	●	●	
Revisar el estado de todos los componentes de la suspensión delantera: trapezios, rotulas, gomas, amortiguadores	Verificar que exista desgaste de gomas, observar que no presente desgaste interno o juego excesivo, humedad, signos de fatiga	OK	●	●	●	●	
Revisar reajuste del trapezio	Verificar el ajuste de los pernos de trapezio	OK	●	●	●	●	
Revisar el estado de todos los componentes de la dirección: terminales de dirección, cremallera, bomba	Verificar si presenta daños por desgaste, conexiones flojas, fugas	OK	●	●	●	●	
REVISAR, la existencia de seguros o chavetas de todos los componentes	Verificar que todos los componentes de dirección, suspensión se encuentren debidamente asegurados	OK	●	●	●	●	
Revisar líneas de líquido de freno: cañerías, mangueras	Verificar el estado de las mismas, comprobar que no se encuentren agrietadas, torcidas o con fugas	OK	●	●	●	●	
Revisar el estado de todos los componentes de la suspensión posterior: hojas de muelles, gomas y amortiguadores	Verificar si presenta desgaste de gomas, desgaste interno o juego excesivo, humedad, signos de fatiga o rajaduras	OK	●	●	●	●	
VEHICULO ALTURA MEDIA							
Revisar las pastillas de freno	Verificar el estado y el espesor	VERIFICAR	●	●	●	●	
Revisar el disco de freno	Verificar el grosor y su estado (que no presente grietas ni rajaduras)	OK	●	●	●	●	
Revisar juego axial de las rotulas del trapezio	Verificar de acuerdo a la medida del fabricante	OK	●	●	●	●	
Revisar estado de las zapatas de freno posterior	Verificar el espesor y que no estén recalentadas y/o agrietadas	OK	●	●	●	●	
Revisar estado de los tambores de freno posterior y cables y fundas de freno de mano	Verificar el diámetro interior y si están recalentadas, agrietadas	OK	●	●	●	●	
Reajuste general de todos los pernos del chasis y la carrocería	REGULAR FRENSO	OK	●	●	●	●	
Revisar el estado de los neumáticos	Que se encuentren dentro de la tolerancia de desgaste establecida incluida la de repuesto	OK	●	●	●	●	
TRABAJOS A EFECTUAR EN EL MOTOR							
Comprobar estado de los componentes							
Cambio de aceite de motor	Verificar que no presente fuga, humedecimiento, pérdida de flujo o roce por el circuito del sistema	OK	●	●	●	●	
Cambio de filtro de aceite de motor		OK	●	●	●	●	
Revisar el filtro de aire	Efectuar el cambio si es necesario (verificar últimos servicios)	OK	●	●	●	●	
Revisar el filtro de combustible	Efectuar el cambio si es necesario (información de último servicio)	OK	●	●	●	●	
Revisar el aceite de la dirección hidráulica	Verificar que no presente fuga, humedecimiento, pérdida de flujo o roce por el circuito del sistema	OK	●	●	●	●	
Revisar el estado de fajas exteriores del motor	Verificar que no presenten rajaduras o demasiada flexión	OK	●	●	●	●	
Revisar el nivel de refrigerante del sistema de refrigeración	Verificar que se encuentre en el nivel adecuado	OK	●	●	●	●	
Revisar el nivel de líquido de freno	Verificar que se encuentre en el nivel adecuado y en parámetros recomendados	OK	●	●	●	●	
Revisar el nivel de líquido de embrague	Verificar que se encuentre en el nivel adecuado y parámetros adecuados	OK	●	●	●	●	
Revisar el nivel de batería	Verificar que se encuentre en el nivel adecuado y Borneo Limpio	OK	●	●	●	●	
OTRAS INSPECCIONES							
Comprobar estado de los componentes							
Revisar el funcionamiento de los instrumentos y luces de tablero	Verificar que enciendan	OK	●	●	●	●	
Revisar luces delanteras direccionales, neblineros y otras	Verificar que enciendan	OK	●	●	●	●	
Revisar luces de freno direccionales, marcha atrás y otras	Verificar que enciendan	OK	●	●	●	●	
Revisar el funcionamiento de claxon y alarma de retroceso	Verificar potencia del sonido	OK	●	●	●	●	
Verificar el funcionamiento de los inyectoras de agua de lavarabrisas	Verificar que inyectan el agua eficazmente	OK	●	●	●	●	
Verificar el estado de las plumillas de limpiaparabrisas	Que se encuentren en buen estado y que la limpieza sea efectiva	OK	●	●	●	●	
Verificar los espejos exteriores	Que se encuentren en buen estado	OK	●	●	●	●	
Verificar las circuitos	Que encienda y funcione adecuadamente	NO	●	●	●	●	
Verificar el funcionamiento de los cinturones de seguridad	Verificar que corran suavemente y que se tensen al jalar	OK	●	●	●	●	
Revisión de presión de inflado de los neumáticos (incluida las de repuesto)	Verificar que los neumáticos se encuentren con la presión normal de inflado	OK	●	●	●	●	
Verificar los ángulos y el alineamiento de la dirección	Efectuar este trabajo con un especialista	OK	●	●	●	●	
Verificar y reajustar las tuerzas de las 04 ruedas	Verificar ajuste y marcar pernos	OK	●	●	●	●	
Comprobar la eficacia de los frenos		OK	●	●	●	●	

Elaboración propia

5. Shitsuke – Disciplina (mejora continua)

En esta etapa de la metodología, se proponen las siguientes reglas que deben seguir el personal técnico de mantenimiento para presionar a los trabajadores y garantizar el objetivo de la propuesta de mejora:

- Todo trabajador del proceso de mantenimiento que acumule 3 memorándum por no cumplir con los lineamientos establecidos en la

propuesta de mejora será sancionado por un recorte salarial del 5% de su salario mediante un comunicado emitido por RR.HH.

- Semanalmente se hace un análisis del número de empleados que no cumplen con la metodología establecida, si este indicador no mejora en la siguiente semana, se dará una charla de sensibilización al cambio con una duración no mayor de 1 hora al personal de cada turno, con la finalidad de cumplir con el objetivo trazado inicialmente.

B. PARA: Stock de insumos y repuestos

Se propone elaborar un procedimiento de trabajo para el servicio de mantenimiento. Se propone elaborar un diagrama Gannt para que los colaboradores tengan una referencia y recordatorio de cómo se desarrolla el servicio de mantenimiento.

Figura 9

Cronograma de mantenimiento de camión minero 730E #14

Kilómetros	Cambiar el aceite y el filtro	Girar las ruedas y comprobar la presión	Comprobar el líquido refrigerante, las mangueras, las abrazaderas y los cinturones de seguridad	Cambiar el filtro de aire	Cambiar las bujías de encendido o de calentamiento	Lubricar la suspensión y las juntas universales	Cambiar líquido de transmisión	Inspeccionar los frenos	UV
Enero		X	X		X		X		
Febrero	X	X		X	X	X	X	X	X
Marzo	X		X	X	X		X	X	X
Abril	X	X	X		X		X		X
Mayo		X		X					X
Junio	X		X	X	X	X	X	X	X
Julio			X		X	X		X	X
Agosto	X			X	X				X
Setiembre	X			X			X	X	X
Octubre	X	X			X		X	X	
Noviembre		X		X	X			X	X
Diciembre	X			X	X	X	X		X

Elaboración propia

C. PARA: Configuración del proceso

Para dar un servicio que supere las expectativas del cliente y así conseguir su satisfacción, es necesario brindar capacitaciones que presenten temas que potencie el conocimiento técnico de los colaboradores para realizar el servicio de mantenimiento. Para desarrollar esta mejora se propone aplicar el siguiente pilar del TPM.

Quinto Pilar: Educación y Entrenamiento

Se necesita la participación activa de todos los colaboradores involucrados para así desarrollar las competencias de los colaboradores, teniendo en cuenta los objetivos de la empresa.

Este programa de capacitación consta de 5 capacitaciones que se realizarán a lo largo de lo que resta del año 2020 y 2021.

A continuación, en la siguiente figura se muestra el cronograma para las capacitaciones propuestas.

Figura 10

Cronograma de capacitaciones

N°	Temas	Dirigido a	Cronograma					Expositor	Costo
			Nov	Dic	Ene	Feb	Mar		
1	TPM	Staff	■					TECSUP	Convenio
2	Indicadores de gestión	Staff		■				TECSUP	Convenio
3	Uso de herramientas hidráulicas	Técnicos mecánicos	■					SENATI	Convenio
4	Uso de herramientas neumáticas	Técnicos mecánicos	■					SENATI	Convenio
5	Uso correcto de herramientas	Técnicos mecánicos		■				SENATI	Convenio
6	Uso de thunderbolt	Técnicos mecánicos		■				RMH	Convenio
7	Operación de montacargas	Técnicos mecánicos			■			TECSUP	Convenio
8	Operación de enlainadora	Técnicos mecánicos				■	■	RMH	Convenio
9	Uso de equipo oxicorte	Técnicos soldadores	■					SENATI	Convenio

Elaboración propia

D. PARA: Suministros para acción de mantenimiento

Los formatos que se proponen a continuación son:

- Formato para requerimiento de herramientas
- Formato para requerimiento de materiales
- Formato para requerimiento de Equipos
- Matriz para torque de pernos y tuercas

Figura 11

Formato de requerimiento de herramientas

Formato de requerimiento de herramientas	Servicio de MANTTO
	Código: F02
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea: Mantenimiento de camión lubricador

Área:

Nombre del solicitante: _____

Fecha de solicitud: _____

Ítems	Herramienta	Marca	Cantidad	Descripción
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Elaborado por		Revisor por		Aprobado por
Colaborador	Zamir Galloso			
Fecha: 20/12/21		Jefe de mantenimiento	Gerente de seguridad	Gerente general: Fecha:

Elaboración propia

Figura 12

Formato de requerimiento de materiales

Formato de requerimiento de materiales	Servicio de MANTTO
	Código: F03
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea: Mantenimiento de camión lubricador

Área:

Nombre del solicitante: _____

Fecha de solicitud: _____

ítems	Herramienta	Marca	Cantidad	Descripción
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Elaborado por		Revisor por		Aprobado por
Colaborador	Zamir Galloso			
Fecha: 20/12/21		Jefe de mantenimiento	Gerente de seguridad	Gerente general: Fecha:

Elaboración propia

Figura 13

Formato de requerimiento de equipos

Formato de requerimiento de equipos	Servicio de MANTTO
	Código: F04
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea: Mantenimiento de camión lubricador

Área:

Nombre del solicitante: _____

Fecha de solicitud: _____

ítems	Herramienta	Marca	Cantidad	Descripción
1				
2				
3				
4				
5				
Elaborado por		Revisor por		Aprobado por
Colaborador	Zamir Galloso			
Fecha: 20/12/21		Jefe de mantenimiento	Gerente de seguridad	Gerente general: Fecha:

Elaboración propia

Figura 14

Formato de torqueo de pernos y tuercas

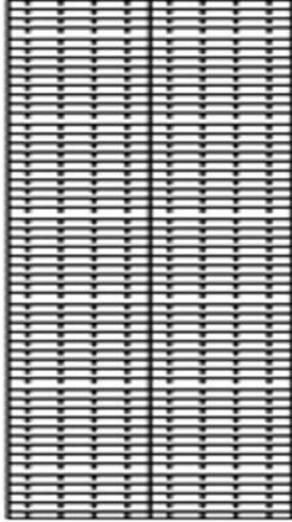
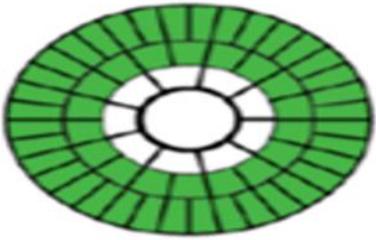
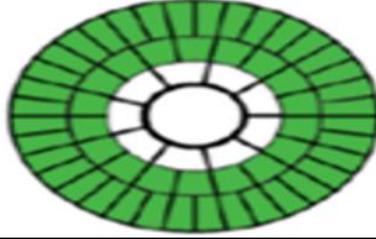
Formato para torqueo de pernos y tuercas	Servicio de MANTTO
	Código: F04
	Versión: 01
	Fecha de aprobación:

Tarea:

Área:

Nombre del solicitante: _____

Fecha de solicitud: _____

Ítems	Herramienta	Marca	Cantidad	Descripción
Pernos del Shell (418 unids)		Pernos de Alimentación (328 unids)		
		Pernos de Descarga (328 unids)		
Instrucciones: Torquear pernos a un torque de 4500 Lbs-Ft, verificando con el torquímetro Pintar cada perno de ser torqueado Marcar el liner torqueado en el esquema presentado				
Colaborador	Zamir Galloso			
Fecha:	20/12/21		Jefe de mantenimiento	Gerente de seguridad
				Gerente general: Fecha:

Elaboración propia

Figura 15

Actividades de mantenimiento preventivo

Resumen de actividades de mantenimiento preventivo				
Tracto camión lubricador ISUZU NPR75				
	5000	10000	15000	20000
CABINA				
Inspeccionar asiento y cinturón de seguridad	x	x	x	x
Limpiar ventanas	x	x	x	x
Limpiar filtro(s) de aire y sopletear o cambiar de ser necesario				x
Cambiar cinturón de seguridad	x	x	x	x
Comprobar acumulador del control de amortiguación	x	x	x	x
Llenar depósitos de lavaparabrisas	x	x	x	x
Inspeccionar lavaparabrisas e inspeccionar si es necesario	x	x	x	x
MOTOR				
Limpiar elemento primario del filtro de aire, cambiar si es necesario	x	x	x	x
Limpiar elemento secundario del filtro de aire, cambiar si es necesario	x	x	x	x
Tomar muestra de aceite (análisis de laboratorio)	x	x	x	x
Cambiar aceite	x	x	x	x
Cambiar filtro(s) de aceite	x	x	x	x
Limpiar respiradero del cárter	x	x	x	x
Inspeccionar fajas de transmisión, ajustar y/o cambiar si es necesario	x	x	x	x
Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)	x	x	x	x
Cambiar filtro de combustible (secundario)	x	x	x	x
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible		x		x
Limpiar tapa y colador del tanque de combustible	x	x	x	x
Verificar luz de válvulas (regular si es necesario)	x	x	x	x
Verificar nivel de refrigerante (rellenar si es necesario)	x	x	x	x
Tomar muestra de refrigerante		x		x
Limpiar radiador y tanque de expansión	x	x	x	x
Cambiar refrigerante	x	x	x	x

SISTEMA DE TRANSMISIÓN				
Comprobar acoplador rápido	x	x	x	x
Verificar presión de aire de llantas	x	x	x	x
Verificar nivel de aceite	x		x	x
Tomar muestra de aceite y llevar a analizar en laboratorio		x		x
Cambiar aceite		x		x
Cambiar filtro de aceite	x	x	x	x
Verificar nivel de aceite de diferencial (rellenar de ser necesario)	x	x	x	x
Tomar muestra de aceite de diferencial y mandos finales	x			x
Cambiar aceite de diferencial				x
Verificar nivel de aceite de mandos finales (rellenar si es necesario)	x	x	x	
Cambiar aceite de mandos finales	x	x	x	x
Lubricar rodamientos de oscilación del eje	x	x	x	x
SISTEMA HIDRÁULICO				
Verificar nivel de aceite	x	x	x	
Tomar muestra de aceite y llevar a analizar en laboratorio		x	x	x
Cambiar aceite	x	x	x	x
Cambiar filtro(s) de aceite		x	x	x
Inspeccionar válvula(s) de alivio y limpiar				x
SISTEMA DE DIRECCIÓN				
Lubricar rodamientos del cilindro de dirección			x	x
Limpiar rejilla del aceite de la dirección piloto, cambiar si es necesario				x
Lubricar eje de dirección	x	x	x	x
FRENOS				
Verificar funcionamiento del acumulador del freno				x
Comprobar funcionamiento del indicador de desgaste del disco de freno de servicio	x	x	x	x
SISTEMA ELÉCTRICO				
Inspeccionar baterías (base, guardas y terminales)	x	x	x	x
Limpiar terminales de la batería (borneras), lubricar	x	x	x	x
Verificar cableado general			x	x
Ajustar sujetador de batería			x	x
Rearmar disyuntores	x	x	x	x
Cambiar fusibles	x	x	x	x
Verificar funcionamiento de alarma de retroceso	x	x	x	x

Plataforma camión lubricador ISUZU NPR75				
	5000	10000	15000	20000
CABINA				
Inspeccionar asiento y cinturón de seguridad	x	x	x	x
Limpiar ventanas	x	x	x	x
Limpiar filtro(s) de aire y sopletear o cambiar de ser necesario				x
Cambiar cinturón de seguridad	x	x	x	x
Comprobar acumulador del control de amortiguación	x	x	x	x
Llenar depósitos de lavaparabrisas	x	x	x	x
Inspeccionar lavaparabrisas e inspeccionar si es necesario	x	x	x	x
SISTEMA HIDRÁULICO				
Verificar nivel de aceite	x	x	x	
Tomar muestra de aceite y llevar a analizar en laboratorio		x	x	x
Cambiar aceite	x	x	x	x
Cambiar filtro(s) de aceite		x	x	x
Inspeccionar válvula(s) de alivio y limpiar				x
Inspeccionar mangueras hidráulicas y limpiar	x	x	x	x
Cambio de mangueras hidráulicas				x
Verificar presión del sistema	x	x	x	x
TANQUES DE LUBRICACIÓN				
Inspeccionar tanque recogedor	x	x	x	x
Limpiar tanque recogedor	x	x	x	x
Inspeccionar tanque rellenedor	x	x	x	x
Limpiar tanque rellenedor	x	x	x	x
Cambiar tanques				x

Elaboración propia

6. Clasificación ABC de inventarios

La clasificación ABC es un sistema utilizado en muchas empresas para clasificar y ordenar las herramientas y repuestos con libertad y sin restricciones, sin embargo, no hay ningún orden en sus inventarios (herramientas, repuestos, materiales) ocasionando pérdidas costosas y demoras en el taller de mantenimiento.

Al realizar la clasificación ABC permitirá mantener el mínimo capital invertido en las compras de insumos y repuestos, además, se tendrá una mejor medida de control interno de inventarios. A continuación, se muestra en la Tabla 30 el nivel de participación de las herramientas y repuestos utilizados.

Tabla 30

Clasificación ABC

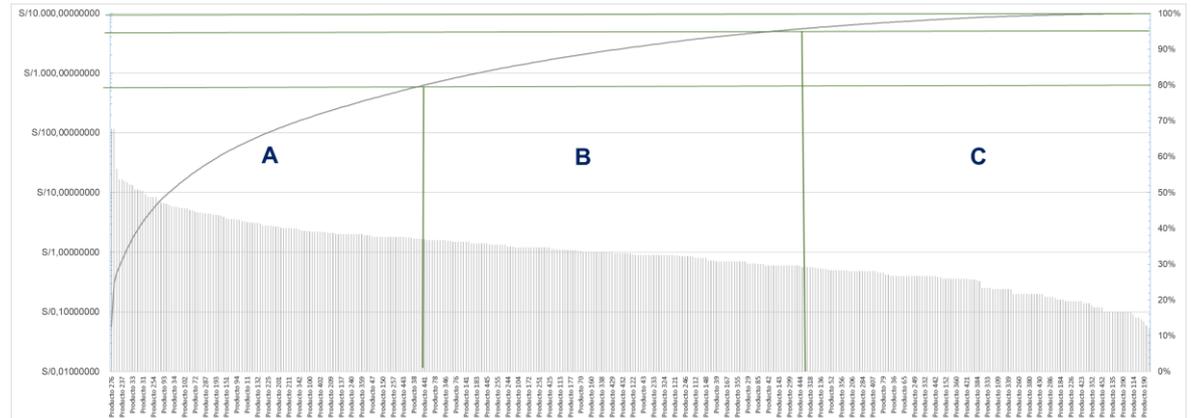
Participación Estimada	Clasificación	n	Participación	Compras	Participación en compra
0% - 80%	A	134	33,58%	S/. 76.981,6	82%
81% - 95 %	B	128	32,08%	S/. 12.454,6	13%
96% - 100%	C	137	34,34%	S/. 4.241,5	5%

Elaboración propia.

Se evidencia la clasificación de 399 repuestos y herramientas que tiene una empresa del sector minería. En la Tabla 30 se puede observar que la clasificación A tiene participación del 82% en las compras con un costo de compras de S/. 76.981,6; la clasificación B tiene una participación de 13% con un costo de compras de S/. 12.454,6; y por último la clasificación C tiene participación del 5% en las compras con un costo de S/. 4.241,5. Esta metodología influye en muchos aspectos como el orden y la limpieza en el taller, además que va de la mano con la metodología 5S

mejorando la clasificación y la importancia de los insumos y repuestos necesarios para el mantenimiento adecuado que necesita una empresa del sector minería.

Figura 16
Diagrama de Pareto ABC



Elaboración propia.

La zona A corresponde a los repuestos e insumos que tienen un 82% de participación en las compras, así como la zona B corresponde al 13% y la zona C corresponde al 5% de participación de compras. Este análisis se realiza para que una empresa del sector minería. organice los repuestos e insumos de acorde a la participación de las compras más recurrentes, así el taller de mantenimiento, podrá tener una mejor organización en sus inventarios.

Tabla 31
Eqo De Los Tres Productos Más Comprados

Datos	Producto	Costo
Existencias Iniciales	abrazadera de bobina	S/. 195.00
Existencias Iniciales	Abrazadera de caña	S/. 400.00
Existencias Iniciales	abrazaderas	S/. 934.00

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 32 muestra los productos que más se compran según el sistema de ABC, con estos productos se trabajaron para realizar el EOQ anual.

Tabla 32

EOQ Solución Abrazadera Bobina

Demanda	264	Cajas
costo	S/.	/caja
	195.00	
T.entrega	1	semanas
T.Entrega	0.019	Años
K	S/.	/pedido
	3.50	
I	0.05	/año
Q*	14	Cajas
ROP	5	Cajas
N	19	pedido/año

Elaboración Propia.

Como se observa en la tabla, la cantidad de productos que se realizan por pedido son de 14 unidades. Además, el ROP nos dice que cuando la empresa se quede con 5 unidades de abrazaderas de bobina, se realice otro pedido para no quedar desabastecidos. Además, se realizó el cálculo aproximado de las veces que se harán pedidos por año que es 19.

Tabla 33

EOQ Solución Abrazadera Caña

Demanda	48	cajas
costo	S/.	/caja
	400.00	
T.entrega	1.5	semanas
T.Entrega	0.029	años
K	S/.	/pedido
	5.50	
I	0.05	/año
Q*	5	Cajas
ROP	1	
N	9	pedido/año

Elaboración Propia.

Como se observa en la tabla, la cantidad de productos que se realizan por pedido son de 5 cajas. Además, el ROP nos dice que cuando la empresa se quede con 1 caja de abrazaderas de caña, se realice otro pedido para no quedar desabastecidos. Además, se realizó el cálculo aproximado de las veces que se harán pedidos por año que es 9.

Tabla 34

EOQ Solución Abrazaderas

Demanda	24	cajas
costo	S/. 934.00	/caja
T.entrega	2.5	semanas
T.Entrega	0.048	años
K	S/. 3.50	/pedido
I	0.05	/año
Q*	2	Cajas
ROP	1	
N	13	pedido/año

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación:

Como se observa en la tabla, la cantidad de productos que se realizan por pedido son de 2 cajas. Además, el ROP nos dice que cuando la empresa se quede con 1 caja de abrazaderas, se realice otro pedido para no quedar desabastecidos. Además, se realizó el cálculo aproximado de las veces que se harán pedidos por año que es 13.

2.3. Determinación teórica de la variación de los indicadores

El mantenimiento y la programación adecuada, cuando se realizan correctamente, pueden aumentar considerablemente la productividad. A continuación, se analizará

cómo implementar la planificación y programación del mantenimiento impacta en la variación de la disponibilidad de maquinarias. Es así, que respecto a la programación de actividades del camión lubricador Isuzu 75, tendremos que, según el cronograma son 68 actividades, que luego de realizar el seguimiento respectivo, mediante la capacitación al personal y aplicar principios del TPM, se espera lograr el cumplimiento del 95% de actividades.

$$\text{Cumplimiento} = 95\%$$

Por ello, mediante la programación de actividades del camión lubricador, se espera que se cumpla en un 95% las actividades programadas.

Tiempo medio entre fallas (MTBF): La función de mantenimiento que proponemos, garantizará que el camión lubricador esté en óptimas condiciones de funcionamiento. La práctica normal de respuesta rápida a las fallas se reemplazará con prácticas de mantenimiento que sostenga la condición operativa óptima de la maquinaria. Por lo tanto, en las actividades propuestas tenemos que las horas de operación serán de 3,200 con un número de 9 fallas (Ver Anexo N° 5)

Tabla 35

MTBF

N° horas de operación:	N° fallas:
3,200	9

Elaboración propia

Es así, que de esta manera se espera obtener un tiempo promedio para la falla de 113.72 horas.

Tiempo promedio Para la falla – MTTF: El equipo operará de manera confiable a la capacidad nominal o por encima de ella sin crear niveles anormales de problemas

de tiempo de inactividad por mantenimiento preventivo o demoras. Por ello, el objetivo de nuestro plan de mejora es la prevención del mantenimiento, no la reparación rápida de averías. Por consiguiente, los tiempos de horas de operación serán de 3,200 con un número de paradas correctivas de 25 (Ver Anexo N° 6)

Tabla 36

MTTF

N° horas de operación:	N° paradas correctivas:
3,200	25

Elaboración propia

Por lo tanto, tenemos que el tiempo promedio para la falla del camión es de 131.92 horas

Tiempo medio entre reparaciones (MTTR): De igual forma, planteando los procedimientos y prácticas estándar serán esenciales para el uso eficaz de los recursos de mantenimiento. Las prácticas garantizarán el intervalo adecuado de inspección, ajuste o reparación. Además, de que cada tarea se complete correctamente. El tiempo medio de reparación y el tiempo medio de recuperación parecen ser los más comunes para la empresa.

Tabla 37

MTTR

Tiempo de reparaciones:	N° reparaciones correctivas:
700	61

Elaboración propia

Por lo tanto, tenemos que el tiempo medio entre reparaciones del camión lubricador es de 11.47 horas.

Para visualizar el comportamiento de la disponibilidad del equipo más crítico, a continuación, se muestra una tabla resumen de las horas de operación esperadas y las que realmente fueron ejecutadas. A mayor detalle, se puede visualizar en el Anexo N° 07

Tabla 38

Disponibilidad

Mes	Meta	Horas de operación
Enero	500	480

Elaboración propia

Se espera que la meta de horas de operación del camión lubricador, sea de 450 horas en un mes, por lo que tendremos un 96% de disponibilidad de equipo. Finalmente, al plantear que los planificadores desarrollen tareas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, se logrará el máximo aprovechamiento de los recursos de mantenimiento. Por ello, en el cronograma se planifica adecuadamente todas las actividades de mantenimiento, no solo las realizadas durante las paradas de mantenimiento.

Tabla 39

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Sub ejes propositivos	Indicadores	Resultados		
Variable Fáctica Disponibilidad	Mejoras en procesos	N° de tareas de mantenimiento programadas	Actividades ejecutadas	62	68
	Mejoras en procedimientos y actividades	N° de tareas de mantenimiento ejecutadas	Actividades programadas	48	68
			Act Ejec / Act prog	77%	95%

	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$\frac{\text{N}^\circ \text{ horas de operación}}{\text{N}^\circ \text{ paradas correctivas}}$	27.02	113.72
Mejoras en cronogramas	Tiempo promedio para la falla (MTTF)	$\frac{\text{N}^\circ \text{ horas de operación}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$	47.8	131.92
	Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)	$\frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{\text{N}^\circ \text{ de reparaciones correctivas}}$	16.26	11.47
	Disponibilidad (A)	$\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$	83%	96%

Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

○ Discusión

Ramos (2017) en su estudio encontró que el torno paralelo, fresadora, mandrinadora y torno vertical son los equipos más críticos para la empresa. A partir de ello, diseñaron un programa de mantenimiento para cada equipo e implementando herramientas de mantenimiento productivo total. Logrando incrementar la disponibilidad a 93.84% del torno, 94.79% de fresadora y a 96.96% la mandrinadora. De manera similar, nuestros resultados guardan similitud con el estudio ya que a todos los equipos de una empresa del sector minería., se les planteó un programa de mantenimiento basados en la filosofía TPM, y así, se espera que incremente la disponibilidad de los equipos en promedio de 83% a 96%. Por otra parte, en el estudio de Mosqueda (2018), el cargador frontal mantiene una baja disponibilidad del equipo (77.8%) y que genera un costo del 10% de la producción mensual por no estar disponible, por ello realizan un cronograma de mantenimiento preventivo del equipo y un Check List en caso falle el equipo, obteniendo un incremento del 7% de disponibilidad del cargador. Es de esa manera, que nuestros resultados se asemejan, debido a que luego de realizar una programación de actividades de mantenimiento preventivo para el camión lubricador se espera un incremento de la disponibilidad en 96% y del tiempo medio para la falla (MTTF) en 86.70 minutos. De esa manera, Alba & Chingay (2018), luego de identificar una baja disponibilidad en los equipos del hospital de la provincia de Huaraz, aplicaron un plan de mantenimiento preventivo que consiste en aplicación de la metodología 5S y capacitaciones al personal, y a partir de ello diseñar estrategias para disminuir los tiempos de inactividad de los equipos. Encontrando que los equipos aumentarían su

disponibilidad de 86% a 94%. Tal es nuestro caso, que partiendo del análisis de limpieza para las áreas de mantenimiento de una empresa del sector minería., se espera que reduzca el impacto, riesgo y aumente la disponibilidad en 13% al programar un cronograma de mantenimiento para el equipo. Finalmente, en la tesis de Suarez (2018) lograron determinar que el mantenimiento preventivo mejoro la disponibilidad por averías en los equipos en la Empresa Petramás dando un mejor control de las fallas y el buen manejo de tiempo en la intervención de los equipos, con un incremento de 6.31%, cuyo valor se encontró en 87.1%, siendo mejorado tras la aplicación de mantenimiento preventivo a un valor de 93.43%. Del mismo modo tras desarrollar nuestro plan de mejora, se espera una reducción del MTTR en 30% y un aumento en la disponibilidad del 83% al 96%.

○ Conclusiones

Se logró analizar la situación actual del área de mantenimiento actual y disponibilidad de maquinaria en una empresa del sector minería., Cajamarca, 2020, encontrando que actualmente se programan 266 tareas de mantenimiento y de ellas solamente 141 se cumplen; lo que muestra un cumplimiento de 53% del programa de mantenimiento. De ese mismo modo respecto al tiempo medio entre fallas notamos que se genera cada 29.16 horas; un tiempo promedio para la falla de 45.87 horas y un tiempo medio entre reparaciones de 33.23 horas. Evidenciando que existe una disponibilidad de equipos de 49%.

(Montijo et al., 2020) señala que una mejor en el área de mantenimiento con enfoque en mejora continua reduce aproximadamente un 30% los tiempos muertos en el proceso de mantenimiento, teniendo en cuenta sus mejoras realizadas, se diseñó

una propuesta de mejora basada en el incremento de la disponibilidad de maquinaria para una empresa del sector minería, Cajamarca, 2020. Donde se propone plasmar en un cronograma una serie de actividades de mantenimiento basadas en TPM. Además de un Check List de mantenimiento preventivo de vehículos que cuenten con (5,000 km). De igual forma, una ficha de programación de mantenimiento de automóviles a intervalos de 5000 km, una programación de capacitación al personal y aplicación de la metodología 5S.

Mediante un modelo de Weibull se puede proyectar la confiabilidad de un equipo en el tiempo y realizar un mejor diagnóstico para conocer futuras fallas, se espera que el tiempo de reparaciones baje en promedio un 60% mientras que las partes defectuosas reduzcan un 70%, tomando como referencia una mejora realizada antes, en procesos de mantenimiento basados en TPM y confiabilidad por García (2014).

REFERENCIAS

- Alba Rosales, F. Y., & Chinchay Guerrero, W. E. (2018). Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos-unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz
- Alcaraz, J. L. G., & Antonio, J. A. G. (2014). Mejoramiento de Procesos de Fabricación Utilizando un Enfoque Basado en TPM, Confiabilidad y Eventos Kaizen, Chihuahua, 2014
- Álvares, G. A. (2004). Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM SA. Bucaramanga: UIS, 116-117.
- Buelvas Díaz, C. E. (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L.
- Chávez, M., Jiménez, J., & Pushug, M. I. C. (2020). Análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) del sistema de reinyección de agua de formación. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 5(9), 249-267.
- Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., & Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. Editorial McGraw Hill.
- Icart Isern, M. T., Fuentelsaz Gallego, C., & Pulpón Segura, A. M. (2006). Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina (No. 001.42/I15e).
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 3(1), 47-50.
- Montijo-Valenzuela, E. E., Cano-Martínez, O. E., & Ramírez-Torres, F. (2020). Implementación de mejora continua de los procesos del área de mantenimiento en servicios de la industria manufacturera electrónica. Científica, 24(1), 59-65.

- Mosquera Peña, P. M. (2018). Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal 962H en la Empresa Ecosermy-Yauli.
- Ramos, J. (2017). Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill SAC. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Sacristán, F. R. (2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. *Tecnica Industrial*, 1.
- Suarez Arenas, E. (2018). Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la empresa Petramás SAC–Ate 2018.
- Talabera Orezano, T. N. (2019). Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas críticas en Nuevo Mundo SA, Cercado de Lima, 2019.
- Valdivieso Torres, J. C. (2010). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas SA (Bachelor's thesis).

ANEXOS

Anexo N° 01. Horas de operación del equipo

Nro de Muestra	Equipo	Compartimiento	Fecha de muestreo	Fecha de recibo de la muestra	Fecha del reporte	Horas A	Horas B	Horometro	Horas del Aceite	Re llenos	Producto Usado	Posicion de PM	Accion a tomar	Comentarios
K77469	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 04	MOTOR	22/01/2020	23/01/2020	24/01/2020		69720	69720	514		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	INSP	CAMBIO	Lubricante presenta disminución en el espesor de su película de lubricación. Necesidad de cambio.
K77471	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 05	MOTOR DE TRACCION LH	22/01/2020	23/01/2020	24/01/2020		67628	67628	1501		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77534	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 05	MOTOR	23/01/2020	24/01/2020	24/01/2020		67649	67649	351		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77535	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 05	SISTEMA HIDRAULICO	23/01/2020	24/01/2020	24/01/2020		67649	67649	1522		BELRAY RAYLENE T04 SAE 10	INSP	MUESTRA	Lubricante presenta nivel de limpieza ligeramente
K77536	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 05	MOTOR DE TRACCION RH	23/01/2020	24/01/2020	24/01/2020		67649	67649	351		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77537	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 05	MOTOR DE TRACCION LH	23/01/2020	24/01/2020	24/01/2020		67649	67649	1522		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77538	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 05	RUEDA DELANTERA RH	23/01/2020	24/01/2020	24/01/2020		67649	67649	1522		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77539	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 05	RUEDA DELANTERA LH	23/01/2020	24/01/2020	24/01/2020		67649	67649	1522		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77593	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 01	MOTOR	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		69089	69089	398		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77594	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 01	MOTOR DE TRACCION RH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		69089	69089	3241		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	INSP	MUESTRA	Componente LUNIVIA presentando niveles de Sulfuro (S) elevados por presencia de contaminación externa por
K77603	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 03	MOTOR	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		65309	65309	83		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77604	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 03	SISTEMA HIDRAULICO	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		65309	65309	4099		BELRAY RAYLENE T04 SAE 10	POS04	CAMBIO	Lubricante presenta nivel de limpieza ligeramente
K77605	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 03	MOTOR DE TRACCION RH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		65309	65309	628		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77606	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 03	MOTOR DE TRACCION LH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		65309	65309	1741		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77607	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 03	RUEDA DELANTERA RH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		65309	65309	628		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77608	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 03	RUEDA DELANTERA LH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		65309	65309	628		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77609	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 04	MOTOR	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		69781	69781	61		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77610	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 04	SISTEMA HIDRAULICO	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		69781	69781	575		BELRAY RAYLENE T04 SAE 10	POS04	MUESTRA	Lubricante presenta nivel de limpieza ligeramente
K77611	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 04	MOTOR DE TRACCION RH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		69781	69781	2257		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77612	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 04	MOTOR DE TRACCION LH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		69781	69781	2257		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77613	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 04	RUEDA DELANTERA RH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		69781	69781	1074		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77614	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 04	RUEDA DELANTERA LH	25/01/2020	27/01/2020	28/01/2020		69781	69781	1074		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	POS04	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77663	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 02	MOTOR	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020		68267	68267	389		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77664	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 02	SISTEMA HIDRAULICO	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020		68267	68267	1975		BELRAY RAYLENE T04 SAE 10	INSP	MUESTRA	Lubricante presenta nivel de limpieza ligeramente
K77665	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 02	MOTOR DE TRACCION RH	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020		68267	68267	990		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	INSP	MUESTRA	Componente LUNIVIA presentando niveles de Sulfuro (S) v Aluminio (Al) elevados por presencia de contaminación externa por
K77666	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 02	MOTOR DE TRACCION LH	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020		68267	68267	990		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77667	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 02	RUEDA DELANTERA RH	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020		68267	68267	1975		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77668	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 02	RUEDA DELANTERA LH	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020		68267	68267	1975		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77821	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 02	MOTOR	1/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		69246	69246	487		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77822	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 05	MOTOR	1/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		67830	67830	532		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77831	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 03	MOTOR	2/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		65429	65429	203		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	INSP	MUESTRA	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77836	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 01	MOTOR	2/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		69246	69246	555		BELRAY ULTRA SYNTHETIC BLEND 15W40	POS02	CAMBIO	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77837	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 01	SISTEMA HIDRAULICO	2/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		69246	69246	1688		BELRAY RAYLENE T04 SAE 10	POS02	MUESTRA	Lubricante presenta nivel de limpieza ligeramente
K77838	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 01	MOTOR DE TRACCION RH	2/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		69246	69246	3398		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	POS02	CAMBIO	Componente LUNIVIA presentando niveles de Sulfuro (S) elevados por presencia de contaminación externa por
K77839	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 01	MOTOR DE TRACCION LH	2/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		69246	69246	2752		BELRAY SYNTHETIC GEAR OIL 680	POS02	CAMBIO	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante
K77840	CAMIÓN ELÉCTRICO - 730E - # 01	RUEDA DELANTERA RH	2/02/2020	3/02/2020	4/02/2020		69246	69246	555		QUANTUM MP GEAR LUBE 80W90	POS02	CAMBIO	No se evidencia presencia de contaminantes. Lubricante

Anexo N° 02. Perfil de operatividad en horas del camión Isuzu

Mes	Fecha	Horas operación	N° paradas correctivas
ENERO	01	53	3
	02	69	
	03	57	2
	04	57	
FEBRERO	01	63	5
	02	61	
	03	57	4
	04	52	4
MARZO	01	61	
	02	64	3
	03	54	
	04	58	5
ABRIL	01	61	4
	02	66	
	03	66	
	04	60	
MAYO	01	57	
	02	51	5
	03	67	4
	04	60	5
JUNIO	01	64	2
	02	59	
	03	62	
	04	63	4
JULIO	01	56	
	02	59	5
	03	65	3
	04	51	
AGOSTO	01	52	6
	02	52	

	03	67	5
	04	60	
	01	61	3
	02	56	
SETIEMBRE	03	64	4
	04	61	
	01	55	5
	02	65	6
OCTUBRE	03	58	
	04	55	5
	01	65	
	02	54	5
NOVIEMBRE	03	62	
	04	69	2
	01	69	3
	02	53	
DICIEMBRE	03	59	4
	04	54	

Anexo N° 03. Perfil de operatividad en horas del camión Isuzu

Mes	Fecha	Horas operación	N° fallas
ENERO	01	53	2
	02	50	
	03	70	2
	04	59	
FEBRERO	01	87	2
	02	67	
	03	76	4
	04	77	2
MARZO	01	81	
	02	50	3
	03	87	
	04	55	2
ABRIL	01	78	3
	02	50	
	03	78	
	04	63	
MAYO	01	78	
	02	73	2
	03	81	2
	04	52	4
JUNIO	01	61	2
	02	57	
	03	62	
	04	57	2
JULIO	01	54	
	02	65	3
	03	62	2
	04	85	
AGOSTO	01	67	2

	02	84	
	03	66	5
	04	64	
	01	87	3
SETIEMBRE	02	53	
	03	89	3
	04	74	
	01	78	3
OCTUBRE	02	66	4
	03	89	
	04	73	3
	01	63	
NOVIEMBRE	02	58	2
	03	79	
	04	87	2
	01	55	2
DICIEMBRE	02	65	
	03	70	3
	04	63	

Anexo N° 04. Perfil de operatividad en horas del camión Isuzu

Mes	Fecha	Horas operación	N° paradas correctivas
ENERO	01	27	2
	02		
	03	26	2
	04		
FEBRERO	01	30	2
	02		
	03	61	4
	04	29	2
MARZO	01		
	02	24	3
	03		
	04	32	2
ABRIL	01	24	2
	02		
	03		
	04		
MAYO	01		
	02	60	2
	03	32	2
	04	63	2
JUNIO	01	47	2
	02		
	03		
	04	25	2
JULIO	01		
	02	67	3
	03	33	2
	04		
AGOSTO	01	20	2

	02		
	03	46	2
	04		
	01	43	2
SETIEMBRE	02		
	03	36	3
	04		
	01	21	3
OCTUBRE	02	46	4
	03		
	04	20	2
	01		
NOVIEMBRE	02	51	2
	03		
	04	27	2
	01	54	2
DICIEMBRE	02		
	03	48	3
	04		
