



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Incremento de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30
aplicando la estrategia del RCM en la Empresa Multiservicios
Hermes, 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Apaza Colque, Darwin Edgard (orcid.org/0009-0003-1840-4441)

Torres Espinoza, Carlos Alberto (orcid.org/0009-0006-5111-1888)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedicamos esta tesis a Dios y a nuestras familias que siempre estuvieron apoyando en cada etapa de este paso tan importante, por tal motivo dedicamos como una ofrenda nuestra tesis en forma de retribución por todo el apoyo incondicional.

Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad César Vallejo por permitirnos ser parte de esta gran familia, dándonos la gran oportunidad de pertenecer al seno científico con el proceso de elaboración de la tesis, para poder obtener el título profesional de ingeniero.

De la misma forma agradecer a nuestro asesor Mg. Edwin Huber Cuadros Camposano que desde un inicio nos instó a dar siempre lo mejor y a no desanimarnos en cada etapa de la elaboración de nuestra tesis.

Y finalmente agradecer a todos nuestros compañeros que también empezaron este sueño de la titulación, apoyándonos unos a otros para que en conjunto se logre este sueño.

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: "Incremento de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 aplicando la estrategia del RCM en la Empresa Multiservicios Hermes, 2023", cuyos autores son TORRES ESPINOZA CARLOS ALBERTO, APAZA COLQUE DARWIN EDGARD, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, 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, 03 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO DNI: 09599387 ORCID: 0000-0001-6478-8130	Firmado electrónicamente por: EHCUADROS el 30-04-2024 16:19:52

Código documento Trilce: TRI – 0741592

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, TORRES ESPINOZA CARLOS ALBERTO, APAZA COLQUE DARWIN EDGARD estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Incremento de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 aplicando la estrategia del RCM en la Empresa Multiservicios Hermes, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos 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 asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
DARWIN EDGARD APAZA COLQUE DNI: 47567031 ORCID: 0009-0003-1840-4441	Firmado electrónicamente por: DEAPAZA el 03-04-2024 11:20:54
CARLOS ALBERTO TORRES ESPINOZA DNI: 70315198 ORCID: 0009-0006-5111-1888	Firmado electrónicamente por: CATORRES el 03-04-2024 12:15:38

Código documento Trilce: TRI - 0741594

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores	v
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	11
3.2 Variables y Operacionalización	11
3.3 Población, Muestra y Muestreo	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5 Procedimientos.....	15
3.6 Método de análisis de datos.....	16
3.7 Aspectos Éticos.....	16
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN.....	76
VI. CONCLUSIONES.....	82
VII. RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS.....	87
ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Volquete KRUPP MK 30 tiempo de trabajo Enero-Octubre 2022	18
Tabla 2	Volquete KRUPP MK 30 tiempo de parada Enero-Octubre 2022	20
Tabla 3	Volquete KRUPP MK 30 horas proyectadas Enero-Octubre 2022	20
Tabla 4	Volquete KRUPP MK 30 disponibilidad operacional Enero-Octubre 2022	21
Tabla 5	Disponibilidad mecánica para el volquete cuando transporta caliza y yeso	22
Tabla 6	Lista de componentes del equipo volquete KRUPP MK 30	25
Tabla 7	Hoja de ruta volquete krupp modelo mk-30	27
Tabla 8	Parámetros de evaluación	36
Tabla 9	Tipo de falla	37
Tabla 10	implementación RCM para las fallas encontradas	40
Tabla 11	Implementación RCM para las fallas.....	41
Tabla 12	Matriz de priorización de equipos.....	43
Tabla 13	Realiza un AMFE de problemas	45
Tabla 14	Realiza un AMFE de corrección.....	47
Tabla 15	Realiza un AMFE de tareas	49
Tabla 16	Implementación del RCM.....	61
Tabla 17	Plan de mantenimiento preventivo.....	63
Tabla 18	Costos de plan de mantenimiento propuesto.....	64
Tabla 19	Costo de Mantenimiento del Equipo Acumulado	65
Tabla 20	Producción de Caliza Por Hora	68
Tabla 21	Pérdidas debido a parada por falla	68
Tabla 23	Costo total de mantenimiento	69

Tabla 24 Horas detenidas del volquete cada mes del año 2023.....	70
Tabla 25 Cálculo de MTBF, MTTR y disponibilidad del equipo.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Gráfica de Costo de mantenimiento acumulado.....	66
Figura 2 <i>MTBF por horas</i>	94
Figura 3 <i>Costo total de mantenimiento</i>	99
Figura 4 <i>MTTR (Hrs.)</i>	101

RESUMEN

Este estudio se enfoca en mejorar la disponibilidad operativa del volquete Krupp MK 30 en Multiservicios Hermes E.I.R.L. mediante la aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). El tipo de investigación es aplicada, con un diseño de investigación preexperimental, involucra la intervención con RCM como variable independiente antes de medir sus efectos en la disponibilidad del volquete. La metodología ofrece un marco sólido para abordar la problemática. Cuantificando la disponibilidad en 2022, la evaluación revela un promedio del 85.9%, destacando áreas de mejora. El análisis de causa y efecto respaldado por la metodología RCM subraya la necesidad de enfoques integrales. El capítulo de discusión se centra en describir el mantenimiento previo y validar el enfoque con expertos en RCM. Determinar las fallas y modos de efectos a través del RCM ha revelado resultados clave. El resultado principal de esta tesis es el impacto positivo del plan de mantenimiento preventivo basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad, reflejado en un aumento del 10% en la disponibilidad operativa. Se tienen mejoras en el MTBF y MTTR, y una media del 96% de disponibilidad general. Estos resultados validan la efectividad de la estrategia implementada, respaldada por reconocidos expertos en confiabilidad.

Palabras clave: Mantenimiento, Confiabilidad y disponibilidad operativa

ABSTRACT

This study focuses on improving the operational availability of the Krupp MK 30 dump truck at Multiservicios Hermes E.I.R.L. through the application of Reliability Centered Maintenance (RCM). The adopted methodology, a pre-experimental design, involves the intervention with RCM as an independent variable before measuring its effects on the dumper's availability. Despite the potential limitations of the research design, the methodology provides a solid framework for addressing the issue. Quantifying availability in 2022, the assessment reveals an average of 85.9%, highlighting areas for improvement. The cause-and-effect analysis supported by the RCM methodology underscores the need for comprehensive approaches. The discussion chapter focuses on describing previous maintenance and validating the approach with RCM experts. Determining failures and effect modes through RCM has revealed key results. It highlights the positive impact of the preventive maintenance plan based on reliability-centered maintenance, reflected in a 10% increase in operational availability, improvements in MTBF and MTTR, and an average of 96% overall availability. These results validate the effectiveness of the implemented strategy, supported by recognized reliability experts.

Keywords: Maintenance, Reliability and operational availability.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento del comercio moderno ha generado una mayor demanda de máquinas en la industria, con el objetivo de mejorar la producción y minimizar los tiempos improductivos. En este contexto, se han llevado a cabo investigaciones para encontrar formas de aumentar la disponibilidad de estos equipos, al mismo tiempo que se busca reducir los costos asociados con los procesos de mantenimiento.

Para la presente tesis, se va a centrar en el estudio de volquete Krupp MK 30, que está trabajando para la empresa Multiservicios Hermes E.I.R.L., se encuentra situada en el Departamento de Moquegua provincia de Mariscal Nieto distrito Moquegua Av. damnificados del 23 junio Mz. f4b lote. 8 C.P San Antonio.

Al evaluar la maquinaria mencionada anteriormente, se eligió este vehículo afirmando que, debido a su importancia en las operaciones de la empresa, también que a largo de su vida útil se ha visto que esta maquinaria es la más propensa a fallar y por consecuencia, parar de manera repentina, ya que la media de horas de parada del volquete es de 28,3 horas por mes. Esta maquinaria se ha tomado como la problemática, así como sus indicadores de mantenimiento y de producción, porque este equipo al ejercer su función estará expuesto a diferentes factores tanto externos como internos, entre otros. Sumado a esto, en muchas de las áreas donde trabajaba poseían un plan de mantenimiento preventivo no muy eficaz para la zona, ya que en estos lugares los procesos de trabajo varían según el tiempo y los diversos climas hacia donde se desplazaban. Por esto, evaluaron implementar un modelo de análisis basado en las estrategias del RCM, para que estos se ajusten a los procesos productivos y se logre garantizar la disponibilidad del volquete.

Según la empresa evaluada, han sufrido de grandes pérdidas debido a la falta de disponibilidad de equipos específicos, como lo es el cargador frontal Caterpillar del año 1988. Gracias a que este no estuvo disponible por periodo de tiempo en el año 2018 se generaron pérdidas alrededor de los 20 000 dólares americanos, además en el año 2019, 2 retroexcavadoras tuvieron que parar de forma repentina, ya que a una había que traer un sensor de cigüeñal y la otra había que cambiar todo el sistema hidráulico. En el primer caso se paró más de 3 meses y se generaron pérdidas de 15 000 dólares aproximadamente, debido al costoso alquiler de estas

maquinarias, en el segundo caso se produjo una pérdida invaluable, ya que debido al problema se tuvo que dar de baja a dicha maquinaria.

El problema que percibieron en este caso es que la forma en la que la empresa Hermes llevaba manejando su plan de mantenimiento preventivo deficientemente, ya que como hemos visto, una falta de disponibilidad de un equipo puede generar una cuantiosa pérdida de utilidad (pérdida monetaria) como ya mencionado anteriormente, lo que demuestra que es un problema muy grave, ya que de haber manejado adecuadamente la disponibilidad de los equipos se hubieran podido salvar esos equipos y evitar una pérdida monetaria a esa magnitud. Con este fin, se formula el problema: ¿Cómo mejorar la disponibilidad operativa aplicando los conceptos y metodología del mantenimiento RCM del volquete Krupp mk 30?, luego de este problema se generan los siguientes problemas específicos; ¿Cómo cuantificar la disponibilidad actual del volquete Krupp mk 30 aplicando los principios estadísticos de la ingeniería de Mantenimiento?, donde se busca poder tener un registro del volquete actualmente disponible ¿Cómo mejorar el plan mantenimiento actual en el volquete, utilizando las técnicas de mantenimiento RCM? , donde se busca aplicar las estrategias del RCM para mejorar las pautas del mantenimiento, y como último punto; ¿Cómo determinar las fallas y modos de efectos de estas en el volquete mk 30 aplicando los métodos del mantenimiento RCM?

La tesis, se justifica en el marco de la aplicación de las estrategias del mantenimiento RCM, considerándose los siguientes puntos: Esta investigación, va a proporcionar una mejora en el análisis del volquete, ya que este al ser evaluado por los métodos del mantenimiento RCM y aplicando las herramientas y principios estadísticos de la ingeniería de mantenimiento, nos entregaran con mayor claridad el valor de sus indicadores de una forma más concisa y así se podrá agilizar y mejorar los procesos de mantenimiento, aumentando la disponibilidad y reduciendo los tiempos muertos. La tesis presente, permitirá reducir en un porcentaje los gastos que los dueños o personal de servicio que solicitaran el volquete en las áreas donde trabaja, además que generara una mejor gestión en el proceso productivo de la máquina, ya que al reducir los tiempos de mantenimiento y optimizando la producción de estos, se generara una mejora total en la eficiencia general, además

se deja un aporte a la investigación el cual puede ser utilizado posteriormente en una futura investigación.

De estos problemas, se determina el siguiente objetivo general; Incrementar la disponibilidad operativa del volquete Krupp mk 30 aplicando los principios del mantenimiento RCM en la empresa Multiservicios Hermes. Y como objetivos específicos: a) Cuantificar la disponibilidad durante el periodo 2022 del volquete Krupp MK 30 aplicando los principios estadísticos de la ingeniería de mantenimiento; b) Describir el Mantenimiento Previo a la Implementación del Nuevo Plan en el Volquete mediante las Técnicas de Mantenimiento RCM.; c) Determinar los análisis de modos y efectos de fallas de estas en el volquete Krupp mk 30 aplicando los métodos del mantenimiento RCM; d) Implementar el plan de mantenimiento preventivo derivado del RCM; e) Evaluar el MTBF, el MTTR y la disponibilidad del volquete.

De estos análisis evaluados, se pueden extraer las siguientes hipótesis; se va a lograr mejorar de la disponibilidad operativa del volquete Krupp mk 30 al aplicar y evaluar los principios del mantenimiento RCM en la empresa Multiservicios Hermes, se va a poder cuantificar la disponibilidad del volquete Krupp mk 30 aplicando el proceso estadístico de la ingeniería de mantenimiento, después se va a lograr la mejora del plan mantenimiento actual en la flota de maquinaria, utilizando técnicas de mantenimiento RCM, como último punto; se podrá determinar el AMEF (análisis de modos y efectos de falla) de estas en el volquete Krupp mk 30 aplicando los métodos del mantenimiento RCM.

II. MARCO TEÓRICO

Se presenta los siguientes antecedentes relacionados a la investigación como artículos científicos y trabajos de grado.

Como antecedentes internacionales se tiene a Barros y Valencia (2014). En esta investigación se tuvo como objetivo implementar el RCM II en “empresa de baterías de lingotes de plomo”. Para su realización se hizo un análisis funcional que consistió en identificar efectos y modos de falla, con un análisis para cada patrón de costo-efecto. Los resultados mostraron el manejo de sostenimiento que contenía la ‘Hoja de información’ y la ‘Hoja de decisión’, además se obtuvo planos que relacionaba las labores con ellos. Se llegó a la conclusión que al implementar el RCM II se genera funciones más precisas de los activos físicos, para que los equipos cumplan las funciones y plantear tareas de mantenimiento de acuerdo a las necesidades reales.

Gutiérrez y Mora (2009) en su estudio de investigación desarrollo una alternativa de mantenimiento enfocado en RCM para el 115Kv, el que se elaboró lo mencionado. La metodología consistió en ajustar las variaciones entre los sistemas como las primeras líneas estructurales de cada subestación. Se definió los activos de la línea y posterior se determinó los contextos operacionales como los activos a mantener y sus características principales. Se llegó al ajuste del RCM con la asociación de cada una de las fallas funcionales, luego se determinó el efecto de falla y sus consecuencias. Se concluye que al aplicar la teoría RCM permitió obtener un plan de mantenimiento ajustable a los objetivos.

Parra (2022) en su trabajo implemento un proyecto de mantenimiento precautorio en la línea de producción hilanderías open en la empresa Fabricato. La metodología consistió en el estudio del manual de servicio que detalla las actividades tanto de lubricación, así como la de mantenimiento, además se estudió el manual eléctrico-mecánico, teniendo en cuenta las horas. Se concluyó que el proyecto cumple con las labores de hilandería, además se realizó el seguimiento según el manual de servicio tanto de las actividades eléctricas, mecánicas y de lubricación.

Para el enfoque nacional se tiene a, Meza (2020) en su estudio se planteó implementar un proyecto de mantenimiento precautorio en el RCM para la mejora

en el 'rendimiento' de 'máquina excavadora'. El estudio describió, la muestra fue de 10 máquinas. Se concluyó que el 60% de la empresa cuenta con el mantenimiento de las maquinarias y el resto no presenta ninguna aplicación de la metodología. Se llegó a implementar este proyecto de forma buena con el RCM para su 'disponibilidad'.

Neyra y Fernández (2021) en su estudio de investigación gestiono el 'mantenimiento' para la 'maquinaria'. 'La metodología' consistió en describir mediante la observación y las entrevistas, donde se estableció las mediciones con los datos anteriores y en comparación con los posteriores. Al brindar un proyecto de 'mantenimiento' con las actividades, procedimientos y el tiempo debido, se realizará las actividades con mejores resultados y rendimiento, por lo que se alcanzó un aumento del 1.59% de reducción de las fallas.

Hacia los años 1960 se da el desarrollo del 'mantenimiento Centrado' en la 'Confiabilidad' enfocado primero en la parte aérea, iniciándose con la prueba de errores, seguido de los círculos de calidad y del análisis causa-raíz (Fernández, 2018).

Es fundamental destacar las variables de cómo es el 'sistema', como la 'fiabilidad', 'disponibilidad', 'mantenibilidad', 'calidad', 'seguridad', 'costo' y el 'tiempo' (Jünümann, 2007).

La fiabilidad es la posibilidad que las máquinas, instalaciones y equipos desarrollen de forma satisfactoria y sin ninguna falla, en un tiempo específico, bajo ciertas condiciones.

La disponibilidad es el tiempo determinado en la que el sistema estuvo en estado de ocupada.

El mantenimiento es la posibilidad del sistema o 'máquina' de ser reparado de 'una' situación decidida en un periodo establecido

La seguridad está enfocada en el personal y el sistema o maquinaria sin estar de lado con el cumplimiento adecuado.

El tiempo de cumplimiento es el plazo establecido y de gran importancia

La finalidad del mantenimiento es tener la mayor eficiencia en cuanto al 'funcionamiento del sistema productivo', 'de servicios con la' mínima afección al ambiente y con el alta 'seguridad' de la persona (Jünümann, 2007).

Estas herramientas son buenas para tener 'decisiones' con la información proporcionada enfocado en los aspectos tanto técnicos como económicos, el control de 'trabajos', el 'diagnóstico de equipos', las 'estadísticas' de falla y comportamiento (Muñoz, 2011). Es por ello, que esto debe tener dichos componentes que garanticen un estándar de forma sistemática, que proporcione información confiable para que se dé el manejo y su decisión (Jünümann, 2007).

'calidad', las afecciones al ambiente, la seguridad y su costo (Moubray, 2021)

La disponibilidad es definida por la relación entre las horas trabajadas y horas usadas en reparación, periodo calculado por la división del número de horas trabajadas entre la suma de horas de este y las horas usadas con las paradas mecánicas realizadas. Es necesario analizar la disponibilidad mecánica conjunta con los indicadores MTTR Y MTBS, cuyo valor recomendado es del 90%.

Las estrategias de mantenimiento son objetivos orientados a acciones planificadas y sistemáticas para garantizar el buen funcionamiento, disponibilidad y vida útil de las maquinarias; estas estrategias están diseñadas para poder reducir fallos, minimizar tiempo de inactividades no programadas y aumentar la eficiencia operativa. (Mayorca, 2019).

Luego se analiza el contexto operativo donde se describe el proceso del sistema, incluso se recopila las entrevistas del personal (Campos y Guilibaldo, 2019).

Durante el análisis del RCM se realiza el enfoque de nodos y 'causas' de 'falla' aplicando la norma ISO 142224 que usa tablas de OREDA que relaciona la estadística de modos de falla con los elementos del sistema. Dentro de ello se da la categorización de efectos de falla para generar una visión adecuada del fallo del RCM en relación del análisis de ciertas situaciones como la ocurrencia, 'severidad' y detectabilidad (Campos y Guilibaldo, 2019).

Después del análisis se debe dar responsabilidades para poder tener un adecuado resultado, para ello se debe revisar, difundir, cargar el sistema computarizado y

poder medir el desempeño para determinar la efectividad del RCM (Campos y Guilibaldo, 2019).

Así mismo, los beneficios del RCM permiten generar más seguridad y protección en el sistema con la incorporación de nuevos dispositivos, disminuir los daños que resultan del análisis profundo de las fallas, tener intervalos más apropiados para las intervenciones. Otro beneficio es tener mejores desempeños en lo operativo con un diagnóstico rápido de las fallas identificando las causas de falla que están relacionados y analizando sus efectos (Moubray, 2021).

Para entender mejor la unidad de estudio se hace la descripción de la Empresa “Multiservicios Hermes” es una empresa ‘especializada en alquiler’ y alquiler de maquinaria y entre otros, inicio sus labores el 27/02/2015. Con dirección en Av. Cerro Baúl Mza. F20 Lote. a A.V. Taller Cerro Baúl, Moquegua (Universidad Peru, 2018).

2.1 Proceso de Producción de la Empresa

Como empresa especializada en alquiler, Hermes ofrece una amplia gama de servicios de alquiler, incluyendo maquinaria, equipos y materiales. El proceso de producción de Hermes para estos servicios consta de las siguientes etapas:

- Recepción de pedidos: En esta etapa, Hermes recibe los pedidos de los clientes para los servicios de alquiler. Los pedidos incluyen información sobre el tipo de servicio, la duración del alquiler y las condiciones específicas.
- Asignación de recursos: Hermes asigna los recursos necesarios para satisfacer los pedidos de los clientes. Los recursos pueden incluir maquinaria, equipos, materiales y personal.
- Preparación del equipo: Hermes prepara el equipo para su entrega a los clientes. La preparación puede incluir la limpieza, el mantenimiento y las pruebas (Hermes, 2015).
- Entrega del equipo: Hermes entrega el equipo a los clientes en la fecha y hora acordadas.

- Recogida del equipo: Hermes recoge el equipo al final del período de alquiler. La recogida puede incluir la limpieza, el mantenimiento y las pruebas.
- Facturación: Hermes factura a los clientes por los servicios de alquiler.

El proceso de producción de Hermes está diseñado para garantizar que los clientes reciban los servicios de alquiler que necesitan en el momento y lugar adecuados.

2.2 Organización y Gestión de la Empresa

La empresa Multiservicios HERMES es una empresa especializada en el alquiler de maquinaria, equipos y materiales. Su organización y gestión se basa en los siguientes principios:

- Eficiencia: Hermes se esfuerza por ser una empresa eficiente, utilizando los recursos de manera eficaz para satisfacer las necesidades de los clientes.
- Eficacia: Hermes se esfuerza por ser una empresa eficaz, logrando los objetivos y resultados deseados.
- Innovación: Hermes busca nuevas formas de mejorar sus productos y servicios.

La organización de Hermes se divide en las siguientes áreas funcionales:

- Ventas y marketing: Esta área se encarga de la promoción y venta de los productos y servicios de Hermes.
- Operaciones: Esta área se encarga de la producción y distribución de los productos y servicios de Hermes.
- Finanzas: Esta área se encarga de la gestión de los recursos financieros de Hermes.
- Recursos humanos: Esta área se encarga de la gestión del personal de Hermes.

La gestión de Hermes se basa en los siguientes principios:

- Liderazgo: Los líderes de Hermes establecen una visión y dirección claras para la empresa.
- Planificación: Hermes desarrolla planes estratégicos y operativos para alcanzar sus objetivos.
- Organización: Hermes organiza sus recursos de manera eficaz para alcanzar sus objetivos.
- Control: Hermes mide su rendimiento y toma medidas correctivas cuando es necesario.

La organización y gestión de Hermes están diseñadas para garantizar que la empresa sea eficiente, eficaz, flexible e innovadora. Estos principios y herramientas ayudan a Hermes a satisfacer las necesidades de sus clientes y alcanzar sus objetivos.

En el caso concreto de los servicios de alquiler, Hermes cuenta con una división específica encargada de gestionar estos servicios. Esta división se encarga de:

- Recibir y procesar los pedidos de los clientes.
- Asignar los recursos necesarios para satisfacer los pedidos de los clientes.
- Preparar el equipo para su entrega a los clientes.
- Entregar el equipo a los clientes.
- Recoger el equipo al final del período de alquiler.
- Facturar a los clientes por los servicios de alquiler.

Esta división trabaja en estrecha colaboración con otras áreas funcionales de Hermes, como ventas y marketing, operaciones y finanzas, para garantizar que los servicios de alquiler se proporcionen de manera eficiente y eficaz (Castillo 2021).

2.3 Responsabilidades de la Empresa

Responsabilidades de la empresa Multiservicios Hermes

La empresa Multiservicios Hermes es una empresa especializada en el alquiler de maquinaria, equipos y materiales. Sus responsabilidades se pueden dividir en las siguientes categorías:

- Responsabilidades legales: Hermes debe cumplir con todas las leyes y regulaciones aplicables a su actividad. Esto incluye leyes sobre seguridad laboral, protección del medio ambiente y protección de datos.
- Responsabilidades contractuales: Hermes debe cumplir con los términos y condiciones de los contratos que celebra con sus clientes. Esto incluye proporcionar los servicios contratados en el tiempo y lugar acordados, y en condiciones de calidad adecuadas.
- Responsabilidades éticas: Hermes debe actuar de manera ética y responsable en todas sus operaciones. Esto incluye tratar a sus clientes y empleados con respeto, y contribuir al desarrollo sostenible.

Otro punto importante es la disponibilidad de la maquinaria, que se enfoca en el rendimiento de los componentes en un determinado momento en base a criterio de confiabilidad, soporte y mantenimiento del sistema, Para lo cual se determina contar con 'equipos' para poder elegir estrategias enfocadas al equipo. Se debe definir el historial de máquinas, la disponibilidad y la confiabilidad para reducir costos en el mantenimiento (Alsglobal, 2020).

El equipo enfocado en la investigación es el volquete Krupp MK 30, que es utilizado en un ambiente muy abrasivo y tiene un funcionamiento de 24 horas, tiene una capacidad de 30 TN de peso en bruto, peso de operación de 35935 lb transportan diversos materiales de escoria, arena fina y afilado, carbón. Presenta una potencia de 400 hp y cilindrada de 12L (Requejo, 2011).

El volquete consta de filtros por sistemas para el aceite, filtro para el petróleo, filtro de aire, filtro de caja de cambios. Su funcionamiento es de tractocamión de volteo con una caja de descarga ubicada en la parte de atrás de la misma que sirve para poder transportar materiales como escombros, arena, tierra. Posee una caja denominada tolva que tiene un funcionamiento hidráulico que le otorga la elevación del material (Requejo, 2011).

III. METODOLOGÍA

Para este estudio se utiliza un método de investigación cuantitativo, debido a que se proporciona datos numéricos objetivos y medibles. La replicabilidad de estudios y la aplicabilidad en contextos cuantificables hacen que este método sea adecuado para evaluar la disponibilidad operativa del volquete, cuantificar sus indicadores, y aplicar estrategias de mantenimiento con bases sólidas y confiables.

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La tesis se enmarca en la modalidad de investigación aplicada, la cual tiene como objetivo principal abordar una problemática específica en un entorno empresarial real. En este caso, el objetivo es mejorar la disponibilidad del volquete Krupp mk 30 en la empresa Multiservicios Hermes a través de la aplicación de la estrategia del RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad). Mediante este enfoque, se busca identificar las tareas de mantenimiento críticas, optimizar los intervalos de mantenimiento y garantizar un mayor tiempo de funcionamiento del volquete.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación preexperimental es un tipo de diseño de estudio en el que se realiza una intervención o manipulación en una variable independiente antes de medir los efectos en la variable dependiente. Este diseño se caracteriza por su simplicidad y se utiliza a menudo en las etapas iniciales de la investigación para explorar relaciones causales potenciales entre variables (Fernández y Baptista, 2014).

3.2 Variables y Operacionalización

3.2.1 Variable independiente

Aplicación de la estrategia del RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), aplicando un enfoque sistemático para identificar y priorizar las actividades de mantenimiento. En el anexo número 01 se muestra el detalle de la operacionalización de esta variable donde se define conceptualmente.

3.2.2 Variable dependiente

La disponibilidad del volquete Krupp mk 30 en la empresa Hermes E.I.R.L., las utilidades de la empresa y la magnitud de las fallas experimentadas por el equipo. El detalle se muestra en el anexo 01.

3.3 Población, Muestra y Muestreo

3.3.1 Población

Según López (2019), Se entiende como población se refiere al conjunto de elementos que se quiere investigar, estos elementos pueden ser objetos, acontecimientos, situaciones o grupo de personas, la empresa Hermes E.I.R.L. cuenta con equipos de maquinaria pesada que son 10 entre retro excavadoras, cargadores frontales, volquetes, grúas. Cada maquinaria en la flota de la empresa comparte el hecho de ser equipos utilizados en la construcción y operaciones industriales. En este caso la población que se investiga es al volquete Krupp mk 30.

Criterios de Inclusión:

- **Volquete**

Se incluyen al volquete debido a su función en el transporte de materiales a granel. Son equipos utilizados en la industria de la construcción y son necesarios para el traslado eficiente de tierra, escombros, agregados y otros materiales. Mejorar su disponibilidad contribuirá a optimizar la cadena de suministro y reducir los tiempos de espera.

Criterio de Exclusión:

Se excluyen todas las otras maquinarias que puedan tener la empresa, ya sean viejas o nuevas, que no pertenezcan a la categoría de volquetes. Esto se debe a que el estudio se enfoca específicamente en este equipo, debido a la aparición de fallas repentinas que redujeron la disponibilidad de este equipo en la flota de maquinarias de la empresa Hermes E.I.R.L.

3.3.2 Muestra

Según López (2019), Nos indica que la muestra es una parte de la población, de la cual se desea realizar el estudio.

En este caso es el volquete Krupp mk 30 de la empresa Hermes E.I.R.L, del cual estudiaremos su disponibilidad actual. Que la muestra tomada es igual a la población se tiene entonces una muestra censal.

3.3.3 Muestreo

En este caso aplicamos un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que nuestra muestra fue seleccionada por nosotros mismos debido a la accesibilidad que tenemos a la misma en la empresa Hermes E.I.R.L

3.3.4 Unidad de análisis

En esta investigación, el volquete Krupp mk 30 constituiría una unidad de análisis. En total, tendríamos 1 unidad de análisis correspondientes a un volquete de la flota de maquinaria pesada en la empresa Hermes E.I.R.L.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se cuenta con un personal el cual durante las primeras semanas del mes de enero fue a realizar una recopilación de los equipos, claro, con permiso del propietario, de ello sacamos una data del volquete, además se cuenta con los testimonios de las personas que laboran en ese centro de trabajo que nos proporcionaron ciertos datos de los últimos mantenimientos que se realizaron en el equipo.

3.4.1 Técnicas

Las técnicas en el presente proyecto de investigación son:

- a) Observación:** Según Sanjuan (2011) Significa observar un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe que es lo que desea observar y para que quiere hacerlo, lo cual implica que debe preparar cuidadosamente y objetivamente los parámetros o datos que observará.

- b) Recopilación de data:** Se toma en cuenta los datos que el objeto de estudio posee, como puede ser fichas técnicas, manuales de mantenimiento, placas de especificaciones, así como los estudios realizados por los trabajadores en los equipos, también podemos obtener datos financieros.
- c) Entrevistas:** En este caso, es muy importante tener presente las observaciones tanto de los trabajadores que son los responsables de manejar las maquinas, como también de los jefes o dueños de la empresa quienes nos pueden brindar su perspectiva.

3.4.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en el proyecto de investigación son:

- a) Fichas técnicas:** Del equipo que estamos analizando, en las que se tiene en consideración por ejemplo el motor que le da la fuerza motriz a la maquinaria, especificaciones como potencias de trabajo, pesos de carga, peso de equipo, especificaciones geométricas, hidráulicas, etc.
- b) Hojas de cálculo:** Estas hojas nos dan los datos actuales del equipo, así como los mantenimientos que usualmente lo hacen en su actual plan.
- c) Análisis del estado actual:** En esta parte evaluaremos su actual plan de mantenimiento, es decir, poder determinar si está acorde a lo que se requiere en la empresa y da los resultados deseados.

Datos de tiempos de falla

Registro 001. Ficha de registro de tiempo promedio entre fallos (MTBF): ayudara a medir los tiempos que pueda existir de fallo entre fallo. (Ver Anexo 2)

Registro 002. Ficha de registro de confiabilidad ©: ayudara a medir la confiabilidad de los fallos. (Ver Anexo 2)

Registro 003. Ficha de registro de costo total de los Fallos con respecto al costo total del mantenimiento (CTFCTM): ayudara a medir los costos por cada fallo. (Ver Anexo 2)

Registro 004. Ficha de registro de tiempo medio de reparación (MTTR): ayudara a medir el tiempo promedio de reparación por cada fallo. (Ver Anexo 2)

3.5 Procedimientos

Fase N°1: Recolección de datos: Se recopilará todos los datos que actualmente la empresa posee: maquinaria, personal, planes de mantenimiento vigentes.

Fase N°2: Análisis de los datos: Se plasmará todo lo recolectado en una hoja de cálculo, de tal modo que se tenga una visualización mejor de las características del equipo, en base a esa hoja se puede dar ciertas primeras hipótesis, las cuales se tendrán que desarrollar, también se realizará un análisis de confiabilidad actual. Se diseñará una serie de instrumentos que nos permitirán recopilar información de campo, mediante la guía de observación, guía de análisis documental, y las hojas de encuestas para los trabajadores.

Fase N°3: Definir los modos de fallo: Con la data recolectada podemos ver que parte del equipo es el más crítico, el cual al fallar detiene la máquina, por decir, el sistema de lubricación, de tener alguna fuga, este hará que el motor se sobre caliente, al suceder esto puede llegar a una temperatura de riesgo donde por ejemplo se pueden fundir una leva haciendo que el motor ya no arranque y que el equipo quede fuera de servicio

Fase N°4: Evaluar las consecuencias de los fallos: En este caso se cuenta con las pérdidas generadas en la empresa Hermes E.I.R.L, además de los tiempos en los que no ha estado disponible el equipo, de ello se puede interrelacionar para evaluar las consecuencias actuales que tiene el fallo del vehículo, para este caso además se aplicaran ciertas herramientas del mantenimiento, como es el caso del AMEF (análisis de modos de efectos y modos de fallo) para obtener una criticidad más objetiva.

Fase N°5: Se propone una estrategia de mantenimiento para cada fallo: En base a lo obtenido en el análisis anterior, teniendo en cuenta la criticidad de cada elemento del equipo, se implementó un plan de mantenimiento,

inclusive se puede proponer el cambio de las piezas críticas que producen los fallos, hasta se puede proponer que se implementen herramientas de mantenimiento predictivo.

3.6 Método de análisis de datos

Método analítico: La investigación se realiza en la empresa Hermes en este caso se estudia el volquete, en base a ello se usa alguna herramienta de análisis como es el AMEF AMEFC, el análisis del árbol de fallas, en este caso usaremos el AMEF para poder obtener la criticidad del equipo, en base a ello se puede continuar con las propuestas de mantenimiento que se le dará a la empresa HERMES E.I.R.L

3.7 Aspectos Éticos

Este proyecto de investigación se realiza en plena confianza con la empresa a tratar, los fondos de la siguiente investigación son cubiertos por los mismos investigadores, por otro lado, invertir en mantenimiento es dar mejores condiciones de trabajo para las personas que trabajen con los equipos, los cuales pueden ocasionar fatalidades, y estas fatalidades definitivamente es algo que debe ser asumido por la empresa y ocultar o no realizar los procedimientos esta fuera de los parámetros éticos, con este estudio se pretende mejorar esas condiciones:

- a) **Beneficencia**, porque ayudara a evitar que se produzcan accidentes laborales dentro de las actividades.
- b) **No maleficencia**, este trabajo es enfocado a futuro para que no sucedan accidentes, además que se puede conocer las consecuencias de los fallos del equipo
- c) **Justicia**, en este caso al implementar un plan de mantenimiento adecuado gana la empresa y a la vez nosotros como investigadores, no se fuerza ninguna de las partes a realizar el presente trabajo
- d) **Autonomía**, no hay presión por parte de ninguna entidad es una investigación con iniciativa propia que surge por la necesidad de alguna empresa HERMES E.I.R.L.

La población en este contexto se refiere a todos los equipos de maquinaria pesada pertenecientes a la empresa Hermes E.I.R.L, que incluye retroexcavadoras, cargadores frontales, volquetes y grúas. Se sabe que en total hay 10 equipos en esta flota. Estos equipos comparten la característica de ser maquinaria pesada utilizada en actividades de construcción e industriales.

En este caso, se está interesado en estudiar la disponibilidad del volquete Krupp mk 30, que es parte de la flota de la empresa Hermes E.I.R.L. Para este propósito, se seleccionará una muestra de la población, que en este caso es el volquete Krupp mk 30. Esta muestra se considera representativa para el proyecto, lo que significa que se cree que los resultados obtenidos al analizar este equipo son aplicables o extrapolables a toda la flota de maquinaria pesada de la empresa.

IV. RESULTADOS

La investigación se enfocó en un equipo de la flota de maquinarias pesadas de la empresa Multiservicios Hermes, la población incluye a un volquete Krupp mk 30, y se establecieron criterios de inclusión específicos para garantizar la relevancia del estudio. La muestra, seleccionada por conveniencia, consistió en una muestra censal, este enfoque permitió abordar de manera integral la problemática de disponibilidad en el volquete Krupp mk 30.

4.1 Disponibilidad del periodo 2022 del volquete Krupp MK 30 aplicando los principios estadísticos de la ingeniería de Mantenimiento.

Se realizaron:

- Registro de tiempo: Se recopilaron datos de tiempo que indican cuánto tiempo el volquete ha estado en funcionamiento y disponible.
- Se realizó el tiempo de trabajo que llevó a cabo durante el año hasta el mes de octubre del volquete Krupp MK 30. Para ello, se tuvo que dividir las horas proyectadas y las horas de funcionamiento para obtener así las horas disponibles trabajadas. A continuación, en la tabla 1 se detalla el tiempo de trabajo del Volquete KRUPP MK 30 desde Enero hasta Octubre del 2022.

A continuación, en la tabla 1 se detalla el tiempo de trabajo del Volquete KRUPP MK 30 desde Enero hasta Octubre del 2022.

Tabla 1

Volquete KRUPP MK 30 tiempo de trabajo Enero-Octubre 2022

EQUIPO	HORAS DE FUNCIONAMIENTO										TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30	185	111	174	161	187	170	183	176	191	180	1717 horas

Nota. Las horas de funcionamiento se sacaron en base a las horas proyectadas y a las horas de parada que tuviera el volquete como se puede ver en la siguiente tabla.

La tabla 1 muestra las horas de funcionamiento del volquete Krupp MK-30 durante los diez primeros meses del año. La columna TOTAL muestra la suma de las horas de funcionamiento para cada mes.

En general, las horas de funcionamiento del volquete son más altas en los meses de invierno (de junio a septiembre) que en los meses de verano (de enero a marzo). Esto es probablemente debido a que el clima es más cálido y seco durante el verano, lo que hace que las condiciones de trabajo sean más favorables para el uso del volquete.

El mes con más horas de funcionamiento es septiembre, con 191 horas. El mes con menos horas de funcionamiento es febrero, con 111 horas.

La media de horas de funcionamiento del volquete es de 171,7 horas por mes.

A continuación, en la Tabla 2 se detalla las horas de parada del Volquete KRUPP MK 30 desde Enero hasta Octubre del 2022.

Tabla 2*Volquete KRUPP MK 30 tiempo de parada Enero-Octubre 2022*

EQUIPO	HORAS DE PARADA										TOTAL HORAS PARADA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30	15.0	89.3	26.0	39.5	13.5	29.8	17.0	24.0	8.8	20.3	283.0

Nota. Con la tabla 3 de horas proyectadas se realizó la tabla de disponibilidad operacional del volquete hasta el mes de octubre.

La tabla 2 muestra las horas de parada del volquete Krupp MK-30 durante los diez primeros meses del año. La columna TOTAL muestra la suma de las horas de parada para cada mes.

En general, las horas de parada del volquete son más altas en los meses de verano (de enero a marzo) que en los meses de invierno (de junio a septiembre). Esto es probablemente debido a que el clima es más frío y húmedo durante el invierno, lo que puede provocar averías en el equipo.

El mes con más horas de parada es febrero, con 89,3 horas. El mes con menos horas de parada es septiembre, con 8,8 horas.

La media de horas de parada del volquete es de 28,3 horas por mes.

A continuación, se presenta la Tabla 3 donde se especifica las horas recopiladas desde Enero hasta Octubre del 2022.

Tabla 3*Volquete KRUPP MK 30 horas proyectadas Enero-Octubre 2022*

EQUIPO	HORAS PROYECTADAS										MEDIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 muestra las horas proyectadas de funcionamiento del volquete Krupp MK-30 durante los diez primeros meses del año. La columna TOTAL muestra la suma de las horas proyectadas para cada mes.

En general, las horas recopiladas de funcionamiento del volquete son las mismas para todos los meses. Esto indica que la empresa espera que el volquete se utilice de manera uniforme durante todo el año, teniendo en cuenta el análisis de las horas trabajadas y las horas que estuvo parado el volquete.

La media de horas proyectadas de funcionamiento del volquete es de 200 horas por mes.

A continuación, la tabla 4 muestra la disponibilidad operacional del Volquete KRUPP MK 30 desde Enero hasta Octubre del 2022

Tabla 4
Volquete KRUPP MK 30 disponibilidad operacional Enero-October 2022

EQUIPO	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL (%)										MEDIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30	92.5	55.4	87.0	80.3	93.3	85.1	91.5	88.0	95.6	89.9	85.9%

Nota. Tenemos que ver también que disponibilidad tiene en cuanto al transporte de insumos que realiza:

La tabla 4 muestra la disponibilidad operacional del volquete Krupp MK-30 durante los diez primeros meses del año. La disponibilidad operacional se define como el porcentaje de tiempo que el equipo está disponible para su uso.

En general, la disponibilidad operacional del volquete es alta, pero no es constante. El mes con la mayor disponibilidad operacional es septiembre, con un 95,6%. El mes con la menor disponibilidad operacional es febrero, con un 55,4%.

En la tabla 5 se detalla la disponibilidad mecánica del volquete cuando transporta caliza y yeso.

Tabla 5

Disponibilidad mecánica para el volquete cuando transporta caliza y yeso

	FACTORES	UNIDADES
CALIZA	Capacidad de transporte por viaje (TN)	30.00 TN
	Número de viajes por hora	11 VIAJES X HORA
	Horas de trabajo al día	20 HORAS X DÍA
	Capacidad de transporte por día (TN)	6600.00 TN
	Producción de caliza por día de 20 hrs (s/.)	33,000.00 SOLES
	FACTORES	UNIDADES
YESO	Capacidad de transporte por viaje (TN)	31.00 TN
	Número de viajes por hora	7 VIAJES X HORA
	Horas de trabajo al día	20 HORAS X DÍA
	Capacidad de transporte por día (TN)	4340.00 TN
	Producción de yeso por día de 20 hrs (s/.)	17,360.00 SOLES

Nota. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa Multiservicios Hermes.

La caliza tiene una capacidad de transporte por día mayor que el yeso. Esto se debe a que la caliza tiene una mayor capacidad de transporte por viaje. La caliza también tiene una producción por día mayor que el yeso. Esto se debe a que la caliza tiene una mayor capacidad de transporte por día y un precio unitario mayor. El volquete cuenta con una capacidad de transporte y producción significativa. La caliza es la materia prima más rentable para transportar con este volquete.

4.1.1 Análisis de causa y efecto de la disponibilidad mecánica del volquete

Mantenimiento:

- Falta de mantenimiento preventivo.
- Programa de mantenimiento inadecuado.
- Tiempo de inactividad prolongado debido a reparaciones.

Desgaste y Envejecimiento:

- Desgaste de componentes clave (motor, transmisión, sistema hidráulico, frenos).
- Envejecimiento de la maquinaria.

Fallas Técnicas:

- Problemas de motor.
- Problemas de transmisión.
- Problemas en el sistema de frenos.
- Problemas hidráulicos.

Capacitación y Operación:

- Falta de capacitación adecuada para operadores y personal de mantenimiento.
- Errores de operación que conducen a daños en el equipo.

Disponibilidad de Repuestos:

- Dificultad para obtener repuestos de reemplazo en un tiempo razonable.
- Almacenamiento inadecuado de repuestos.

Condiciones Ambientales:

- Exposición a condiciones climáticas extremas.
- Entorno de trabajo hostil.

Planificación y Programación:

- Planificación ineficiente de las tareas de mantenimiento.
- Falta de programación adecuada para evitar tiempos de inactividad prolongados.

Desgaste de Neumáticos:

- Desgaste irregular o inadecuado de los neumáticos.

Gestión de Inventario:

- Problemas en la gestión del inventario de repuestos y piezas de repuesto.

Calidad de los Repuestos:

- Uso de repuestos de baja calidad o no originales.

Luego de revisar la disponibilidad de este volquete, tenemos que componentes integran esta máquina, para ello se realizó la siguiente tabla 6:

Tabla 6*Lista de componentes del equipo volquete KRUPP MK 30*

COMPONENTE	MODELO	Y	FABRICANTE
	DESCRIPCION		
Motor	TD121G-ACOPLADO		Volvo
Transmisión	SR1900		Volvo
ACEITE	MOTOR	ACEITE SHELL RIMULA SUPER 15W/40	-
	DIRECCIÓN	ACEITE SHELL DONAX TA	-
	TRANSMISIÓN	ACEITE SHELL DENTAX 90	-
	DIFERENCIALES	ACEITE SHELL SPIRAX-HD-140	-
	HIDRÁULICO	ACEITE SHELL TELLUS 68	-
FILTRO		FILTRO DE ACEITE 466634 VOLVO	-
		FILTRO DE PETROLEO VOLVO (=PC-42)	-
	MOTOR	FILTRO DIRECC.É HID. 349619 VOLVO	-
		FILTRO DE AIRE PRIMARIO 6888848-6	-
		FILTRO DE AIRE SECUNDARIO 6888857-7	-
	TRANSMISION	FILTRO CAJA CAMBIOS, MARCA: VOLVO 3517857	-

Nota. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa Multiservicios Hermes.

La maquinaria pesada de la empresa Hermes E.I.R.L, en particular el volquete Krupp mk 30, utiliza componentes y productos de alta calidad. El motor y la transmisión son de fabricación Volvo, una marca reconocida por su fiabilidad en el sector de maquinaria pesada. Además, se utilizan aceites específicos para cada componente, como el aceite Shell Rimula Super 15W/40 en el motor y el aceite Shell Dentax 90 en la transmisión, indicando una preocupación por el mantenimiento adecuado. Los filtros, todos de marca Volvo, se utilizan en diversos sistemas, garantizando la limpieza y eficiencia de cada uno. En resumen, la empresa demuestra un compromiso con el rendimiento óptimo y la durabilidad de

su maquinaria pesada a través de la selección de componentes de calidad y productos específicos.

4.1.2 Resultado de la disponibilidad:

La media de disponibilidad operacional del volquete es de 85,9%, lo que significa que está disponible para su uso el 85,9% del tiempo. Esto es un buen resultado, pero podría mejorarse.

Hay varios factores que podrían contribuir a mejorar la disponibilidad operacional del volquete. Estos incluyen:

- Reducir las horas de parada no atribuibles a averías: Esto podría hacerse mejorando el mantenimiento programado, realizando reparaciones menores más rápidamente y planificando mejor el uso del equipo.
- Reducir las averías: Esto podría hacerse mediante un programa de mantenimiento preventivo eficaz y la utilización de piezas de repuesto de calidad.

4.2 Elaboración del Mantenimiento Previo a la Implementación del Nuevo Plan en el Volquete mediante las Técnicas de Mantenimiento RCM.

En la tabla 7 se muestra el plan de mantenimiento anterior a la implementación del plan de mantenimiento (RCM) del volquete:

Tabla 7

Hoja de ruta volquete Krupp modelo mk-30

PI		MATERIALES				COSTOS					
Ítem	Especialidad	Tiempo (Hrs-Mtt)	Tip o Mtt o	Descripción del trabajo	Código SAP	Descripción	ct und	Costo por Und (S/.)	Costo Und Infl (S/.)	Costo (S/.)	Total
MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
		5.18		LAVADOR							
10	MTO-LAM		PM1	Lavado de la unidad							
				MECÁNICO							
20	MTO-MCN		PM1	Cambio de Aceite de Motor	650928 2	ACEITE SHELL RIMULA SUPER 15W/40	9 GAL	25.36	26.12	235.05	
30	MTO-MCN		PM1	Cambio de Filtro de Aceite de Motor	510120 7	FILTRO DE ACEITE 466634 VOLVO	2 UN D	38.83	40	79.99	
40	MTO-MCN		PM1	Cambio de Filtro de Combustible	510120 9	FILTRO DE PETROLEO VOLVO (=PC-42)	2 UN D	23.1	23.79	47.59	
50	MTO-MCN		PM1	Muestreo de Aceite de Motor							
60	MTO-MCN		PM1	Limpiar el filtro de aire primario, usar aire a presión no mayor a los 207 KPa (30 PSI - 2.0 BAR), dirigir el flujo de aire a lo largo de los pliegues por el interior del elemento del filtro							
70	MTO-MCN		PM1	Limpiar externamente el radiador							
80	MTO-MCN		PM1	Verificar el nivel de aceite de la transmisión, diferencial, tanque hidráulico, aceite de dirección, nivel de refrigerante.							

Ítem	Especialidad	Tiempo (Hrs-Mtt)	Tipo	Descripción del trabajo	Código SAP	Descripción	ct d	und	Costo por Unidad (S/.)	Costo Und Infl (S/.)	Costo (S/.)	Total
90	MTO-MCN		PM1	Verificar que no haya fugas de aceite por el motor, caja de transmisión, cilindro de levante de tolva, diferencial, fugas de refrigerante de motor.								
110	MTO-MCN		PM1	Verificar que no haya partes rotas o dañadas en el sistema de admisión del motor.								
120	MTO-MCN		PM1	Inspeccionar la bomba de agua del motor, verificar si hay rastros de fuga de refrigerante por los sellos.								
130	MTO-MCN		PM1	Verificar el estado de las mangueras y conectores (fugas, mangueras dañadas, rotas, sueltas)								
140	MTO-MCN		PM1	Probar el sistema de frenos (de servicio y estacionamiento)								
160	MTO-MCN		PM1	Verificar el funcionamiento de los pedales de control, palanca de cambios, de la cabina del operador.								
170	MTO-MCN		PM1	Verificar la estructura de la unidad en busca de rajaduras, partes o componentes dañados, estado de las uniones soldadas, grietas, rajaduras, en bastidor y tolva								
				Descripción del trabajo	Descripción		und					

Ítem	Especialidad	Tiempo (Hrs-Mtt)	Tipo	Código SAP	Descripción	ct	und	Costo por Unidad (S/.)	Costo Und Infl (S/.)	Costo (S/.)	Total
190	MTO-MCN		PM1		Verificar visualmente el estado de los pernos de los ejes de mando delantero y posterior, tuercas de rueda, pernos de los frenos, bastidor, implementos, etc., observar si faltan pernos						
200	MTO-MCN		PM1		Verificar el estado de las lunas, limpiaparabrisas, espejos, etc.						
210	MTO-MCN		PM1		Verificar la presión de inflado de los neumáticos						
LUBRICADOR											
230	MTO-LCN		PM1	608557 5	Engrase general del chasis GRASA MOBILUX EP-2 (CIL. X 180 KG.)	15	KG	11.44	11.78	176.69	
ELÉCTRICO											
240	MTO-ELM		PM1		Limpiar la batería, limpie los bornes y las superficies de las baterías con un trapo limpio, cubra los bornes con grasa especial para tal fin, asegurarse de que los cables de la batería estén firmemente instalados.						
250	MTO-ELM		PM1		Verificar el estado de la carga de la batería						

260	MTO-ELM	PM1	De ser necesario Cambiar/Inspeccionar la Batería y los cables de la batería								
270	MTO-ELM	PM1	Verificar el funcionamiento de la bocina y alarma de retroceso								
280	MTO-ELM	PM1	Probar la alarma de retroceso								
290	MTO-ELM	PM1	Inspeccionar la caja de fusibles cambiarlos de ser necesario								
300	MTO-ELM	PM1	Verificar el funcionamiento/carga del alternador, inspeccionar si hay conexiones flojas								
320	MTO-ELM	PM1	Verificar el funcionamiento de las luces de la unidad en general								
330	MTO-ELM	PM1	Verificar el sistema eléctrico, cableado en general								
340	MTO-ELM	PM1	Verificar el funcionamiento de las alarmas, indicadores, instrumentos, pulsadores de la cabina								539.32

Ítem	Especialidad	Tiempo (Hrs-Mto)	Tipo	Descripción del trabajo	Código SAP	Descripción	ct d	und	Costo por Unidad (S/.)	Costo Und Infl (S/.)	Costo (S/.)	Total
		10.08		LAVADOR								
10	MTO-LAM		PM2	Lavado de la unidad								
				MECÁNICO								
20	MTO-MCN		PM2	Cambio de Aceite de Motor	650928	ACEITE SHELL RIMULA SUPER 15W/40	9	GAL	25.36	26.12	235.05	
30	MTO-MCN		PM2	Cambio de Filtro de Aceite de Motor	510120	FILTRO DE ACEITE 466634 VOLVO	2	UND	38.83	40	79.99	
40	MTO-MCN		PM2	Cambio de Filtro de Combustible	510120	FILTRO DE PETROLEO VOLVO (=PC-42)	2	UND	23.1	23.79	47.59	

50	MTO-MCN	PM2	Cambio de Filtro de Dirección Hidráulica	609803 7	FILTRO DIRECC.É HID. 349619 VOLVO	1	UN D	21.92	22.58	22.58
60	MTO-MCN	PM2	Cambio de Filtro de Aire Primario	510076 3	FILTRO DE AIRE PRIMARIO 6888848-6	1	UN D	354.1	364.7 2	364.7 2
70	MTO-MCN	PM2	Muestreo de Aceite de Caja de Cambios							
80	MTO-MCN	PM2	Muestreo de Aceite de Corona y Cubos							
90	MTO-MCN	PM2	Muestreo de Aceite Hidráulico							
100	MTO-MCN	PM2	Verificar el nivel de aceite de la transmisión, diferencial, tanque hidráulico, aceite de dirección, nivel de refrigerante.							
110	MTO-MCN	PM2	Realizar la Actividades de Mantenimiento ejecutadas en PM1							

Ítem	Especialidad	Tiempo (Hrs-Mtt)	Tip o Descripción del trabajo	Código SAP	Descripción	ct und	Costo por Unida (S/.)	Costo Und Infl (S/.)	Costo (S/.)	Total
LUBRICADOR										
120	MTO-LCN	PM2	Engrase general del chasis	608557 5	GRASA MOBILUX EP-2 (CIL. X 180 KG.)	15 KG	11.44	11.78	176.6 9	
ELÉCTRICO										
130	MTO-ELM	PM2	Realizar la Actividades de Mantenimiento ejecutadas en PM1							926.62
LAVADOR										
10	MTO-LAM	PM3	Lavado de la unidad							
MECÁNICO										
20	MTO-MCN	PM3	Cambio de Aceite de Motor	650928 2	ACEITE SHELL RIMULA SUPER 15W/40	9 GAL	25.36	26.12	235.0 5	
30	MTO-MCN	PM3	Cambio de Filtro de Aceite de Motor	510120 7	FILTRO DE ACEITE 466634 VOLVO	2 UN D	38.83	40	79.99	

40	MTO-MCN	PM3	Cambio de Filtro de Combustible	5101209	FILTRO DE PETROLEO VOLVO (=PC-42)	2	UN D	23.1	23.79	47.59	
50	MTO-MCN	PM3	Cambio de Filtro de Dirección Hidráulica	6098037	FILTRO DIRECC.É HID. 349619 VOLVO	1	UN D	21.92	22.58	22.58	
60	MTO-MCN	PM3	Cambio de Filtro de Aire Primario	5100763	FILTRO DE AIRE PRIMARIO 6888848-6	1	UN D	354.1	364.7 2	364.7 2	
70	MTO-MCN	PM3	Cambio de Aceite de Dirección	6095327	ACEITE SHELL DONAX TA	2	GAL	25.27	26.03	52.06	
80	MTO-MCN	PM3	Cambio de Filtro de Aire Secundario	5100764	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO 6888857-7	1	UN D	232.5	239.4 8	239.4 8	
Ítem	Especialidad	Tiempo (Hrs-H)	Tipo Descripción del trabajo	Código SAP	Descripción	ct und	Costo por Und (S/.)	Costo Und Infl (S/.)	Costo (S/.)	Total	
90	MTO-MCN	PM3	Verificar el nivel de aceite de la transmisión, diferencial, tanque hidráulico, nivel de refrigerante.								
100	MTO-MCN	PM3	Realizar la Actividades de Mantenimiento ejecutadas en PM2								
			LUBRICADOR								
110	MTO-LCN	PM3	Engrase general del chasis	6085575	GRASA MOBILUX EP-2 (CIL. X 180 KG.)	15	KG	11.44	11.78	176.6 9	
			ELÉCTRICO								
120	MTO-ELM	PM3	Realizar la Actividades de Mantenimiento ejecutadas en PM2								1218.15
		18.9	LAVADOR								
10	MTO-LAM	PM4	Lavado de la unidad								
			MECÁNICO								
20	MTO-MCN	PM4	Cambio de Aceite de Motor	6509282	ACEITE SHELL RIMULA SUPER 15W/40	9	GAL	25.36	26.12	235.0 5	

30	MTO-MCN	PM4	Cambio de Filtro de Aceite de Motor	510120 7	FILTRO DE ACEITE 466634 VOLVO	2	UN D	38.83	40	79.99
40	MTO-MCN	PM4	Cambio de Filtro de Combustible	510120 9	FILTRO DE PETROLEO VOLVO (=PC-42)	2	UN D	23.1	23.79	47.59
50	MTO-MCN	PM4	Cambio de Filtro de Dirección Hidráulica	609803 7	FILTRO DIRECC.É HID. 349619 VOLVO	1	UN D	21.92	22.58	22.58

Ítem	Especialidad	Tiempo (Hrs-Mtt)	Tipo Descripción del trabajo	Código SAP	Descripción	ct d	und	Costo por Unidad (S/.)	Costo Und Infl (S/.)	Costo (S/.)	Total
60	MTO-MCN	PM4	Cambio de Filtro de Aire Primario	510076 3	FILTRO DE AIRE PRIMARIO 6888848-6	1	UN D	354.1	364.7 2	364.7 2	
70	MTO-MCN	PM4	Cambio de Aceite de Dirección	609532 7	ACEITE SHELL DONAX TA	2	GAL	25.27	26.03	52.06	
80	MTO-MCN	PM4	Cambio de Filtro de Aire Secundario	510076 4	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO 6888857-7	1	UN D	232.5	239.4 8	239.4 8	
90	MTO-MCN	PM4	Cambio de Aceite de Caja de Cambios	609532 6	ACEITE SHELL DENTAX 90	9	GAL	21.1	21.73	195.5 6	
100	MTO-MCN	PM4	Cambio de Líquido Refrigerante	650705 1	REFRIGERANTE MEZCLADO (ENV.X 210 L.) (CIL	46	L	10.28	10.59	487.2 6	
110	MTO-MCN	PM4	Cambio de Aceite de Coronas y Cubos	609422 6	ACEITE SHELL SPIRAX-HD-140	13	GAL	22.68	23.36	303.6 9	
120	MTO-MCN	PM4	Cambio de Aceite Hidráulico	639061 8	ACEITE SHELL TELLUS 68	20	GAL	20.75	21.37	427.4 1	
130	MTO-MCN	PM4	Realizar la Actividades de Mantenimiento ejecutadas en PM3 LUBRICADOR								
140	MTO-LCN	PM4	Engrase general del chasis ELÉCTRICO	608557 5	GRASA MOBILUX EP-2 (CIL. X 180 KG.)	15	KG	11.44	11.78	176.6 9	

160	MTO-ELM	PM4	Realizar la Actividades de Mantenimiento ejecutadas en PM3	2726.6 8
-----	---------	-----	---	-------------

Nota. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa Multiservicios Hermes.

El plan de mantenimiento anterior tiene una estructura en niveles diferentes el cual son denominados PM1, PM2, PM3, PM4 de acuerdo a la frecuencia y complejidad del mantenimiento que se aplica, estas incluyen la revisión de múltiples componentes mecánicos, eléctricos y de lubricación, cada nivel de mantenimiento que se observan aborda aspectos específicos de la maquinaria que garantizan un enfoque completo en prevención y corrección de posibles problemas.

Se sugieren algunas consideraciones:

- 1. Estandarización de Procedimientos:** Asegurarse de que los procedimientos de mantenimiento estén claramente definidos y estandarizados para cada tipo de tarea.
- 2. Frecuencia de Muestreo:** Especificar la frecuencia exacta de las actividades de muestreo de aceite para garantizar consistencia en la recopilación de datos.
- 3. Detalles de Inspección:** Agregar detalles específicos sobre la inspección de componentes, como qué buscar durante la inspección de correas, mangueras y otros elementos.
- 4. Documentación Detallada:** Mantener una documentación detallada de cada actividad de mantenimiento, incluyendo cualquier problema encontrado y las soluciones aplicadas.
- 5. Capacitación del Personal:** Asegurarse de que el personal esté debidamente capacitado para llevar a cabo todas las tareas de mantenimiento de manera efectiva.

A continuación, se utilizan las técnicas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), se debe encontrar las partes más críticas y para ello se dará los parámetros de evaluación para cada parte de la maquina analizada, considerando la frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento, impacto de seguridad y medio ambiente.

Los parámetros de evaluación se presentarán en la Tabla 8. Estos son utilizados para crear la matriz de priorización de equipos (tabla12)

Tabla 8*Parámetros de evaluación*

PARÁMETROS DE ANÁLISIS	FRECUENCIA Y CONSECUENCIA	PUNTAJE	PONDERACION
FRECUENCIA DE FALLAS	Más de 5 fallas por año	4	Alta
	Entre 2 y 4 fallas por año	3	Promedio
	Entre 1 a 2 fallas al año	2	Baja
	Menos de 1 falla al año	1	Excelente
IMPACTO OPERACIONAL	Parada inmediata de toda la planta o línea de producción	10	Alta
	Parada inmediata de un sector de la línea de producción	6	Promedio
	Impacta los niveles de producción o calidad	4	Promedio
	Repercute en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo	2	Baja
	No genera ningún efecto significativo sobre la producción, las operaciones o la calidad	1	Baja
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	No existe opción de producción o respaldo	4	Alta
	Existe opción de respaldo compartido	2	Promedio
	Existe opción de respaldo	1	Baja
COSTO DE MANTENIMIENTO	De S/. 0 a S/. 10 000.00	1	Bajo
	De S/. 10 000.00 a S/. 30 000.00	5	Promedio
	De S/. 30 000.00 a S/. 80 000.00	10	Promedio
	Mas de S/. 80 000.00	20	Alto
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	Afecta la seguridad humana interna o externa al equipo	40	Alto

Afecta al medio ambiente produciendo daños severos	32	Promedio
Afecta las instalaciones causando daños severos	24	Promedio
Provoca accidentes menores al personal interno	16	Bajo
Provoca un efecto ambiental pero no infringe las normas	8	Bajo
No provoca ningún daño a las personas o el medio ambiente	0	Excelente

Nota. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa Multiservicios Hermes.

4.3 Determinación de las fallas y modos de efectos en el volquete Krupp MK 30 aplicando los métodos del mantenimiento RCM

Se determinó los modos de falla y los efectos que están tiene en el volquete Krupp MK30 para ello se aplican los métodos utilizados por el mantenimiento RCM, esto implica que se buscan cuáles son las fallas que cuenta el volquete, estos mismos se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Tipo de falla

TIPO DE FALLA	FALLA	DESCRIPCION
FALLAS FUNCIONALES	Falla en la Descarga	El volquete no descarga la carga de manera adecuada o se atasca durante el proceso de descarga.
	Falla en la Elevación de la Caja	El sistema hidráulico que controla la elevación de la caja no funciona correctamente, lo que impide que se incline para la descarga.
	Pérdida de Potencia	El motor del volquete puede experimentar una pérdida de potencia, lo que resulta en una menor capacidad de carga o

	dificultad para moverse con carga completa.
Problemas de Frenado	Los frenos pueden experimentar problemas, lo que aumenta el riesgo de accidentes y afecta la seguridad del equipo.
Fugas de Aceite	Se pueden producir fugas de aceite en el sistema hidráulico, lo que afecta la eficiencia y puede dañar otros componentes.
Problemas Eléctricos	Fallas eléctricas en el sistema de iluminación, arranque del motor, indicadores y otros sistemas eléctricos.
Desgaste de las Ruedas	Las ruedas pueden desgastarse irregularmente o presentar daños, lo que afecta la tracción y el rendimiento.
Desgaste del Motor	El motor puede experimentar desgaste con el tiempo, lo que afecta su rendimiento y eficiencia.
Desgaste del Sistema de Transmisión	Problemas en la transmisión, como el desgaste de embragues, cajas de cambios o ejes, pueden afectar la capacidad de cambio de marchas y la movilidad.
FALLAS TECNICAS	
Corrosión	La corrosión en partes metálicas expuestas puede ser un problema, especialmente en áreas de alta humedad o con condiciones ambientales adversas.
Desgaste de los Componentes Hidráulicos	Componentes como cilindros hidráulicos, mangueras y válvulas pueden experimentar desgaste con el tiempo.
Problemas de Dirección	Problemas en el sistema de dirección, como la holgura en la dirección, pueden afectar la maniobrabilidad y la seguridad.
Problemas de Suspensión	Problemas en el sistema de suspensión pueden causar una

	conducción incómoda y afectar la estabilidad.
Problemas de Combustible	Problemas en el sistema de suministro de combustible, como filtros obstruidos o inyectores defectuosos, pueden afectar el rendimiento del motor.

Nota. Elaboración propia

Análisis e interpretación:

La tabla 9 proporciona una detallada lista de tipos de fallas en un volquete Krupp mk 30, divididas en dos categorías principales: fallas funcionales y fallas técnicas. Las fallas funcionales abordan problemas en la operación y rendimiento del volquete, incluyendo problemas con la descarga, elevación de la caja, pérdida de potencia, frenado, fugas de aceite y problemas eléctricos. Estas fallas pueden afectar la eficiencia y la seguridad del equipo. Por otro lado, las fallas técnicas se centran en el desgaste y deterioro de componentes clave, como ruedas, motor, sistema de transmisión, corrosión, componentes hidráulicos, dirección, suspensión y sistema de combustible. Estas fallas pueden surgir debido al uso continuo y desgaste a lo largo del tiempo. El análisis y la interpretación de esta información resaltan la importancia de un mantenimiento regular y adecuado para mantener el rendimiento y la seguridad del volquete, así como para prolongar su vida útil. También se subraya la diversidad de problemas que pueden surgir en una maquinaria pesada como esta y la necesidad de abordarlos de manera efectiva para evitar interrupciones en la operación y riesgos potenciales.

En la Tabla 10 y 11 se presenta la implementación RCM de las fallas anteriores.

Tabla 10*Implementación RCM para las fallas encontradas*

FALLAS FUNCIONALES	DESCRIPCIÓN	ACCIONES DE RCM
Falla en la Descarga	El volquete no descarga la carga de manera adecuada o se atasca durante el proceso de descarga.	<ul style="list-style-type: none">- Identificar causas raíz.- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo.- Incluir inspecciones periódicas y mantenimiento correctivo cuando sea necesario.
Falla en la Elevación de la Caja	El sistema hidráulico que controla la elevación de la caja no funciona correctamente, lo que impide que se incline para la descarga.	<ul style="list-style-type: none">- Revisión del sistema hidráulico.- Inspecciones periódicas.- Reemplazo de componentes clave según un programa específico.
Problemas de Frenado	Los frenos pueden experimentar problemas, lo que aumenta el riesgo de accidentes y afecta la seguridad del equipo.	<ul style="list-style-type: none">- Inspección regular de los frenos.- Reemplazo o mantenimiento de las piezas afectadas para prevenir accidentes.
Fugas de Aceite	Se pueden producir fugas de aceite en el sistema hidráulico, lo que afecta la eficiencia y puede dañar otros componentes.	<ul style="list-style-type: none">- Implementar un plan de mantenimiento preventivo.- Inspeccionar y reparar las fugas a tiempo.

Nota. Elaboración propia

Tabla 11*Implementación RCM para las fallas*

FALLAS TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN	ACCIONES DE RCM
Desgaste de las Ruedas	Las ruedas pueden desgastarse irregularmente o presentar daños, lo que afecta la tracción y el rendimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Rotación periódica de las ruedas. - Reemplazo cuando sea necesario. - Alineación adecuada.
Desgaste del Motor	El motor puede experimentar desgaste con el tiempo, lo que afecta su rendimiento y eficiencia.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento preventivo que incluye cambios de aceite regulares. Revisión de componentes y reparaciones cuando sea necesario.
Desgaste del Sistema de Transmisión	Problemas en la transmisión, como el desgaste de embragues, cajas de cambios o ejes, pueden afectar la capacidad de cambio de marchas y la movilidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión regular de componentes críticos de la transmisión. Programación de reemplazos cuando sea necesario.
Corrosión	La corrosión en partes metálicas expuestas puede ser un problema, especialmente en áreas de alta humedad o con condiciones ambientales adversas.	<ul style="list-style-type: none"> - Prevención de la corrosión con recubrimientos protectores. Inspecciones visuales periódicas. Reparación o reemplazo de piezas corroídas.
Desgaste de los Componentes Hidráulicos	Componentes como cilindros hidráulicos, mangueras y válvulas pueden experimentar desgaste con el tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar un plan de mantenimiento preventivo. Incluir inspecciones regulares y el reemplazo de componentes hidráulicos desgastados.
Problemas de Dirección	Problemas en el sistema de dirección, como la holgura en la dirección, pueden afectar la maniobrabilidad y la seguridad.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento preventivo que incluye inspecciones regulares y reparaciones cuando sea necesario.
Problemas de Suspensión	Problemas en el sistema de suspensión pueden causar una	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento preventivo que incluye inspecciones regulares y

	conducción incómoda y afectar la estabilidad.	reparación o reemplazo de componentes defectuosos.
Problemas de Combustible	Problemas en el sistema de suministro de combustible, como filtros obstruidos o inyectores defectuosos, pueden afectar el rendimiento del motor.	- Mantenimiento preventivo que incluye la limpieza o el reemplazo de filtros de combustible. Revisión de inyectores para mantener el rendimiento del motor.

Nota. Elaboración propia

Luego de ver con que fallas cuenta, se realizara una matriz de priorización de los componentes del equipo.

Con las fallas encontradas se procede a realizar la matriz de priorización de los componentes del equipo, aplicando los criterios mencionados anteriormente en la tabla 8.

A continuación, en la tabla 12 se presenta la matriz de priorización de equipos

Tabla 12*Matriz de priorización de equipos*

Equipo / Componente	Criterio de Seguridad (Ponderación: 20%)	Criterio de Eficiencia (Ponderación: 20%)	Criterio de Costo (Ponderación: 15%)	Criterio de Fiabilidad (Ponderación: 15%)	Criterio de Mantenimiento (Ponderación: 15%)	Criterio de Impacto Ambiental (Ponderación: 15%)	Puntuación Total (100%)
Motor	9	8	6	8	7	6	44.8
Sistema de Frenos	8	7	7	7	8	6	43.9
Transmisión	7	8	8	7	7	6	44.0
Sistema Hidráulico	7	7	7	8	6	6	43.0
Neumáticos	8	7	6	7	8	6	43.7
Sistema Eléctrico	6	6	6	7	7	6	39.9
Sistema de Dirección	7	7	7	6	6	6	40.6
Suspensión	6	6	6	7	7	6	39.9
Sistema de Combustible	8	7	6	7	6	6	42.2

Nota. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa Multiservicios Hermes.

Descripción de Criterios:

- Criterio de Seguridad (Ponderación: 20%): Evalúa la importancia de los equipos en términos de la seguridad del operador y del entorno de trabajo.

- Criterio de Eficiencia (Ponderación: 20%): Evalúa la eficiencia operativa de los equipos, incluida la capacidad de carga y el rendimiento general.
- Criterio de Costo (Ponderación: 15%): Evalúa el costo de adquisición y operación de los equipos, incluidos los costos de mantenimiento y combustible.
- Criterio de Fiabilidad (Ponderación: 15%): Evalúa la confiabilidad y la durabilidad de los equipos, considerando la probabilidad de fallas.
- Criterio de Mantenimiento (Ponderación: 15%): Evalúa la facilidad y el costo del mantenimiento de los equipos, incluyendo la disponibilidad de repuestos.
- Criterio de Impacto Ambiental (Ponderación: 15%): Evalúa el impacto ambiental de los equipos en términos de emisiones, consumo de combustible y otros factores.
- Puntuación Total (100%): Se calcula multiplicando la puntuación de cada criterio por su ponderación y sumando todas las puntuaciones ponderadas.

Análisis e interpretación de la matriz de priorización:

La tabla de matriz de priorización proporciona una evaluación detallada de varios componentes y equipos en términos de seis criterios importantes: seguridad, eficiencia, costo, fiabilidad, mantenimiento e impacto ambiental. Cada criterio se ha ponderado según su importancia relativa, y los componentes se han evaluado en una escala de 1 a 10, donde 10 representa la calificación más alta.

El análisis revela que el motor obtiene la puntuación más alta (44.8), lo que indica que es considerado el componente más crítico en términos de seguridad, eficiencia, fiabilidad y mantenimiento. La transmisión también tiene una puntuación alta (44.0), sugiriendo su importancia en la funcionalidad general de la maquinaria. El sistema de frenos (43.9) y los neumáticos (43.7) también son evaluados como cruciales.

Por otro lado, el sistema eléctrico (39.9), la suspensión (39.9) y el sistema de combustible (42.2) tienen puntuaciones más bajas, lo que podría indicar que,

aunque son importantes, pueden ser considerados menos críticos en comparación con los componentes mencionados anteriormente.

En resumen, esta matriz de priorización proporciona una guía útil para la asignación de recursos y prioridades en términos de mantenimiento y gestión de activos. Los resultados sugieren que es fundamental enfocar los esfuerzos de mantenimiento en el motor, la transmisión, los frenos y los neumáticos, mientras que otros componentes, como el sistema eléctrico y la suspensión, pueden no requerir la misma atención inmediata. Además, se destaca la necesidad de considerar el impacto ambiental en todas las decisiones de mantenimiento, ya que es un criterio importante en la evaluación de componentes.

Luego se realiza un AMFE de los problemas que se tiene, el cual se detalla en la tabla 13:

Tabla 13

Realiza un AMFE de problemas

Componente	Modos de Posibles	Falla	Causas de Falla	Efectos de Falla	Acciones Mitigación	de
Motor	Sobrecalentamiento, pérdida de potencia		a) Desgaste de piezas, falta de mantenimiento	Pérdida de potencia, paro del motor	Programa de mantenimiento preventivo, inspecciones regulares	
			b) Desgaste del turbocompresor.	Pérdida de potencia	Programa de mantenimiento preventivo, inspecciones regulares	
			Rotura de la correa	Sobrecalentamiento debido a la afectación de la bomba de agua	Programa de mantenimiento preventivo, inspecciones regulares	
Sistema de Frenos	Desgaste pastillas, hidráulico	de fallo	Desgaste normal, fuga de líquido de frenos	Pérdida de capacidad de frenado, riesgo de accidentes	Inspección periódica, reemplazo de pastillas y líquido de frenos	
Transmisión	Falla de embrague, deslizamiento		Desgaste, operación inadecuada	Pérdida de capacidad de cambio de marchas	Mantenimiento regular, operación adecuada	
Sistema Hidráulico	Fuga de aceite, fallo de válvulas		Desgaste de mangueras, daño de componentes	Problemas en la elevación y descarga de la carga	Mantenimiento de mangueras y válvulas, inspecciones	

Neumáticos	Desgaste irregular, pinchazos	Condiciones del terreno, excesiva	del carga	Pérdida de tracción, riesgo de pinchazos	Mantenimiento regular, inspección visual, reemplazo oportuno
		Condiciones del terreno, movimiento	vibración,	Desgaste de los neumáticos, problemas de dirección	Mantenimiento regular
Sistema Eléctrico	Cortocircuitos, fallo de batería, circuito abierto	Desgaste de cables, deficiente	de conexión	Problemas en la iluminación, arranque del motor	Mantenimiento de cables, baterías de calidad, revisión eléctrica
		Desgaste en las conexiones del motor de arranque	de las conexiones	motor de arranque no enciende	Mantenimiento de cables
Sistema de Dirección	Desgaste de piezas, daño de la dirección	Desgaste de impactos sistema	normal, en el sistema	Pérdida de control, problemas de maniobrabilidad	Mantenimiento y lubricación, inspección de daños
Suspensión	Desgaste de amortiguadores, daños	Condiciones del terreno, sobrecarga	del terreno, sobrecarga	Conducción incómoda, pérdida de estabilidad	Mantenimiento de amortiguadores, inspección de daños
Sistema de Combustible	Filtro obstruido, inyección defectuosa	Contaminantes, problemas de inyección	de contaminantes, problemas de inyección	Pérdida de potencia del motor, aumento de emisiones	Mantenimiento de filtros, combustible de calidad, inspecciones
Lubricación	Desgaste en cubos de rueda delanteros	Contaminantes, falta de mantenimiento de lubricación	de mantenimiento de lubricación	Perdida parcial de movilidad en las ruedas delanteras, sonido	Cambio de grasa de los cubos de rueda delanteros

Nota. Elaboración propia

Tabla 14

Realiza un AMFE de corrección

SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	CODIGO DE FALLA	MODO DE FALLO	CAUSAS DE FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	CÓDIGO DE TAREA
Motor	Pérdida de potencia	F001	Desgaste del motor	Desgaste de piezas internas, falta de mantenimiento	Reemplazar piezas desgastadas y realizar mantenimiento preventivo	Ingeniero de mantenimiento	T001
	Pérdida de potencia	F002	Desgaste del turbocompresor	fuga de aceite y refrigerante por las conexiones.	Inspeccionar el turbocompresor, buscar rastros de fuga de aceite y refrigerante por las conexiones.	Ingeniero de mantenimiento	T002
	Sobrecalentamiento	F003	rotura de la correa	Desgaste de la correa	cambiar la correa si esta agrietada o deshilachada.	Ingeniero de mantenimiento	T003
Sistema de Frenos	Frenos ineficaces	F004	Fugas de líquido de frenos	Daños en las líneas de freno, ajuste de pastillas de freno	Reparar las fugas, ajustar de pastillas de freno	Técnico de frenos	T004
Transmisión	No cambia de marcha	F005	Deslizamiento de embrague	Desgaste del embrague, falta de lubricación	Reemplazar el embrague y mantener la lubricación adecuada	Mecánico de transmisiones	T005
Sistema Hidráulico	Fuga de aceite	F006	Fuga en la manguera hidráulica	Desgaste de la manguera, daño por abrasión	Reemplazar la manguera y utilizar mangueras reforzadas	Técnico hidráulico	T006
Neumáticos	Neumáticos desinflados	F007	Pinchazo en un neumático	Objetos punzantes en la carretera	Reparar el neumático o reemplazarlo	Técnico de neumáticos	T007
	Tuercas de sujeción de ruedas aflojadas	F008	Tuercas de sujeción de ruedas aflojadas	Condiciones del terreno, vibración, movimiento	revisar el apriete de las tuercas de sujeción para las llantas	Técnico de neumáticos	T008
Sistema Eléctrico	Luces no funcionan	F009	Fusible quemado	Sobrecarga eléctrica, fusibles defectuosos	Reemplazar fusibles y corregir sobrecarga	Electricista	T009
	Motor de arranque	F010	Motor de arranque no enciende	Desgaste en las conexiones del motor de arranque	Verificar el correcto funcionamiento del motor de arranque, inspeccionar si hay conexiones flojas	Electricista	T010

Sistema de Dirección	Dificultad para girar	F011	Desgaste de la bomba de dirección	Falta de lubricación, desgaste excesivo	de	Reemplazar bomba mantener lubricación	la y la	Mecánico de dirección	T011
Suspensión	Vibraciones excesivas	F012	Amortiguadores dañados	Amortiguadores en mal estado, conducción en terrenos irregulares		Reemplazar amortiguadores y evitar terrenos irregulares		Mecánico de suspensión	T012
Sistema de Combustible	Motor no arranca	F013	Falta de suministro de combustible	Falta de combustible en el tanque, obstrucción	de	Revisar el nivel de combustible y eliminar		Técnico de combustible	T013
Lubricación	Perdida parcial de movilidad en las ruedas delanteras	F014	Desgaste en cubos de rueda delanteros	Contaminantes, falta de mantenimiento o de lubricación		Cambio de grasa de los cubos de rueda delanteros	de los	Mecánico de dirección	T014

Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 15 se presenta un AMFE de tareas.

Tabla 15

Realiza un AMFE de tareas

CÓDIGO DE TAREA	ACCIÓN CORRECTIVA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL PERSONAL	
T001	Mantenimiento Preventivo del Motor	Estrategia de Mantenimiento Preventivo	Realizar un mantenimiento preventivo programado del motor	Cada 3 meses	3	1 día	Filtros de aire y aceite, bujías	Juego de llaves, extractor de filtro de aceite	Mecánico especializado en motores
T002	Reparación del Sistema de Frenos	Estrategia de Reparación	Reparar el sistema de frenos debido a un fallo identificado	Cuando se detecte un problema	1	2 días	Pastillas de freno, líquido de frenos	Llave de tubo, elevador de automóviles	Técnico de frenos especializado
T003	Mantenimiento de la Transmisión	Estrategia de Mantenimiento Preventivo	Realizar mantenimiento programado de la transmisión	Anual	1	1 día	Aceite de transmisión, kit de embrague	Llave inglesa, llave dinamométrica	Mecánico especializado en transmisiones
T004	Reparación del Sistema Hidráulico	Estrategia de Reparación	Reparar una fuga de aceite hidráulico	Cuando se detecte un problema	1	1 día	Manguera hidráulica de repuesto, aceite hidráulico	Llave de tubo, alicates de presión	Técnico hidráulico especializado
T005	Reparación de Neumáticos	Estrategia de Reparación	Reparar o reemplazar neumáticos dañados	Cuando se detecte un pinchazo	1	2 horas	Neumáticos de repuesto, kit de reparación de neumáticos	Gato hidráulico, llave de cruz	Técnico de neumáticos especializado

T006	Reparación del Sistema Eléctrico	Estrategia de Reparación	de Reparar un fallo eléctrico	Cuando se detecte un problema	4 horas	Fusibles, conectores eléctricos	Multímetro, alicates de corte	Electricista automotriz
T007	Mantenimiento del Sistema de Dirección	Estrategia de Mantenimiento Preventivo	de Realizar mantenimiento programado del sistema de dirección	Semestral	4 horas	Aceite de dirección, piezas de repuesto	Llave de trinquete, llave de tubo	Mecánico especializado en dirección
T008	Reparación de la Suspensión	Estrategia de Reparación	de reparar o reemplazar componentes de la suspensión	Cuando se detecte un problema	4 horas	Amortiguadores, bujes	Llave de tubo, gato hidráulico	Mecánico de suspensión especializado

Nota. Elaboración propia

4.4 Implementación del plan de mantenimiento preventivo derivado del RCM

Para empezar el proceso de mejora de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 de la empresa Multiservicios Hermes, por ello se presentó el plan de trabajo de acorde al AMFE de tareas

A continuación, se realizará la solución de cada problema:

a) Mantenimiento preventivo del motor

- Reúne un equipo multidisciplinario que incluya a personas con experiencia en operación, mantenimiento, ingeniería, seguridad y otros aspectos relevantes.
- Define las funciones críticas del motor Krupp MK 30, es decir, lo que se espera que haga.
- Identifica los posibles modos de falla que pueden afectar la capacidad del motor para realizar estas funciones.
- Evalúa las consecuencias de cada modo de falla identificado. ¿Qué impacto tendría en la operación, seguridad, costos, calidad y otros factores?
- Para cada modo de falla, determina las causas subyacentes. ¿Por qué ocurren estas fallas? Esto puede requerir un análisis en profundidad.
- Con base en la evaluación de las consecuencias y las causas fundamentales, desarrolla estrategias de mantenimiento para mitigar o prevenir las fallas.

Estas estrategias pueden incluir:

- Mantenimiento preventivo programado (inspecciones regulares, cambio de piezas, ajustes).
- Mantenimiento predictivo (monitoreo de condiciones en línea).
- Mantenimiento basado en riesgos (priorizar acciones según el riesgo).
- Reúne al equipo y valida las estrategias de mantenimiento propuestas. Asegúrate de que sean efectivas y viables.

- Documenta todas las estrategias de mantenimiento en un plan detallado que incluya frecuencias, tareas específicas, responsabilidades y recursos necesarios.
- Implementa las estrategias de mantenimiento de acuerdo con el plan.
- Realiza un seguimiento continuo para asegurarte de que se están cumpliendo y ajusta el plan según sea necesario.
- Revisa periódicamente el programa de mantenimiento preventivo a medida que se obtienen datos y se adquiere más conocimiento sobre el desempeño del motor.
- Utiliza la retroalimentación y los datos recopilados para mejorar constantemente las estrategias de mantenimiento y la confiabilidad del motor Krupp MK 30.

b) Reparación del sistema de frenos

- Comienza por evaluar y entender el fallo específico del sistema de frenos. ¿Cuál es la naturaleza del fallo? ¿Cuál es su impacto en la seguridad y el rendimiento del volquete?
- Antes de comenzar cualquier trabajo de reparación, asegúrate de que el volquete esté estacionado en un área segura y de que todas las medidas de seguridad estén en su lugar. Esto incluye bloquear las ruedas, apoyar el volquete de manera segura y seguir las normas de seguridad aplicables.
- Asegúrate de contar con las herramientas necesarias, piezas de repuesto y equipos de seguridad personal (como guantes, gafas de seguridad) para llevar a cabo la reparación.
- Accede al sistema de frenos, lo que puede requerir el desmontaje de partes del volquete para llegar a las áreas afectadas.
- Inspecciona detenidamente las piezas del sistema de frenos para identificar la causa exacta del fallo. Esto podría implicar verificar las pastillas de freno, discos, líneas de freno, sistemas hidráulicos, componentes eléctricos, etc.

- Reemplaza las piezas defectuosas o desgastadas que han causado el fallo. Asegúrate de utilizar piezas de repuesto de calidad y que cumplan con las especificaciones del fabricante.
- Realiza ajustes necesarios en el sistema de frenos, como el ajuste de pastillas y discos, y la purga del sistema de frenos si es necesario. Asegúrate de que todo esté calibrado correctamente.
- Lleva a cabo pruebas de frenado para asegurarte de que el sistema funcione correctamente y que el fallo se haya resuelto. Realiza pruebas en un área segura y verifica que los frenos respondan como se espera.
- Limpia y lubrica las áreas donde se realizó la reparación. Luego, vuelve a montar las partes desmontadas del volquete.
- Registra todas las actividades realizadas durante la reparación, incluyendo fechas, piezas reemplazadas y ajustes realizados.
- Proporciona capacitación a los operadores y técnicos para asegurarte de que estén al tanto de las prácticas seguras y del mantenimiento adecuado del sistema de frenos.
- Establece un programa de monitoreo continuo para asegurarte de que el sistema de frenos funcione correctamente después de la reparación. Programa inspecciones regulares y pruebas de frenado.
- Utiliza la retroalimentación y los datos recopilados para mejorar continuamente las prácticas de mantenimiento y la confiabilidad del sistema de frenos.

c) Realizar mantenimiento programado de la transmisión

- Asegúrate de contar con las herramientas adecuadas y los materiales necesarios, como aceite de transmisión, juntas, filtros, y otras piezas de repuesto según las recomendaciones del fabricante.
- Revise el manual del volquete Krupp MK 30 y encuentra la información específica sobre el mantenimiento de la transmisión. El manual proporcionará pautas precisas sobre la frecuencia y los procedimientos recomendados por el fabricante.
- Basado en las recomendaciones del fabricante, establece un calendario de mantenimiento programado que indique la frecuencia de las

inspecciones y el reemplazo de componentes de la transmisión. Esto puede variar según las horas de operación, la carga de trabajo y otras condiciones específicas.

- Realiza inspecciones visuales regulares de la transmisión en busca de fugas de aceite, daños o desgaste evidente. Además, realiza pruebas de funcionamiento para verificar que la transmisión cambia de marcha sin problemas y no presente ruidos anormales.
- Programa el cambio de aceite de transmisión de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Esto generalmente se hace a intervalos regulares, y es importante utilizar el tipo y la cantidad de aceite recomendada por el fabricante.
- Reemplaza el filtro de transmisión según el programa de mantenimiento recomendado. Esto ayuda a mantener el aceite limpio y a prevenir problemas en la transmisión.
- Verifica y ajusta los niveles de aceite de la transmisión según las especificaciones del fabricante. Asegúrate de que la transmisión tenga el nivel de aceite adecuado para un funcionamiento óptimo.
- Inspecciona las conexiones y mangueras de la transmisión en busca de fugas, daños o desgaste. Asegúrate de que estén en buen estado y aprieta las conexiones según sea necesario.
- Lo ideal sería poder establecer un control o registro donde se pueda detallar las acciones de mantenimiento, donde se pueda registrar todas las actividades con tiempo y cualquier reajuste que sea necesario para poder ejecutar en tu totalidad la actividad.
- Proporciona capacitación al personal encargado del mantenimiento para asegurarte de que estén al tanto de las prácticas seguras y del mantenimiento adecuado de la transmisión.
- Establece un programa de seguimiento continuo para evaluar el desempeño del programa de mantenimiento programado y realizar ajustes cuando sea necesario.

d) Reparar una fuga de aceite hidráulico

- Antes de comenzar cualquier reparación, asegúrate de que el volquete esté apagado y completamente seguro. Utiliza el equipo de protección personal necesario, como gafas de seguridad y guantes.
- Localiza la fuente de la fuga de aceite hidráulico. Esto puede requerir una inspección visual detallada del sistema hidráulico, incluyendo las mangueras, conexiones y componentes.
- Apaga el motor y asegúrate de que todo el sistema hidráulico esté en reposo antes de proceder.
- Limpia el área alrededor de la fuga para eliminar la suciedad y los residuos. Esto facilitará la identificación precisa de la fuente de la fuga.
- Determina la causa de la fuga, que podría ser una manguera dañada, una conexión suelta, un sello deteriorado o una válvula defectuosa.
- Realiza la reparación necesaria según la causa identificada:
 - Si es una manguera dañada, reemplázala por una nueva.
 - Si es una conexión suelta, apriétala adecuadamente.
 - Si es un sello o una junta deteriorada, sustitúyelos.
 - Si es una válvula defectuosa, reemplázala.
- Después de la reparación, enciende el motor y verifica que la fuga se haya detenido. Realiza pruebas en el sistema hidráulico para asegurarte de que funcione correctamente y no haya nuevas fugas.
- Limpia nuevamente el área para eliminar cualquier residuo de aceite y garantizar que no haya fugas restantes.
- Lleva un registro detallado de la reparación, incluyendo la causa de la fuga, las acciones tomadas y la fecha de reparación.
- Proporciona capacitación a los operadores y al encargado del trabajo para que tenga noción del mantenimiento adecuado del sistema hidráulico.
- Establece un programa de seguimiento continuo para asegurarte de que la fuga se haya detenido por completo y para detectar cualquier problema adicional.

e) Reparar o reemplazar neumáticos dañados

- Examina los neumáticos afectados para determinar la naturaleza y gravedad del daño. Esto puede incluir perforaciones, cortes, desgaste irregular, daños en la banda de rodamiento o problemas estructurales.
- Clasifica el daño en tres categorías: daño reparable, daño que requiere reparación profesional y daño irreparable. Esto te ayudará a decidir si debes reparar o reemplazar los neumáticos.
- Si el daño es menor, como pequeñas perforaciones o cortes superficiales, es posible que puedas reparar el neumático con un kit de reparación de pinchazos. Asegúrate de seguir las instrucciones del kit y que la reparación cumpla con las regulaciones locales y las normas de seguridad.
- Si el daño es más significativo o si no te sientes cómodo realizando la reparación, es recomendable que busques la ayuda de un profesional de neumáticos. Ellos pueden realizar reparaciones más avanzadas y asegurarse de que el neumático quede en condiciones seguras para su uso.
- Si el daño es extenso, estructural o no se puede reparar de manera segura, debes reemplazar el neumático. Es importante reemplazarlo por uno del mismo tamaño, tipo y capacidad de carga que cumpla con las especificaciones del fabricante.
- Cuando reemplaces un neumático, es aconsejable que lo hagas en pares (del mismo eje) o incluso en juegos completos (los cuatro neumáticos). Esto ayuda a mantener la estabilidad y la tracción del volquete.
- Programa inspecciones regulares de los neumáticos para detectar problemas tempranos, como desgaste irregular o daños menores. Realiza rotaciones de neumáticos según las recomendaciones del fabricante.
- Lleva un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento de neumáticos, incluyendo fechas, tareas realizadas, piezas reemplazadas y ajustes realizados.

- Proporciona capacitación al personal encargado del mantenimiento y a los operadores para asegurarte de que estén al tanto de las prácticas seguras y el mantenimiento adecuado de los neumáticos.
- Establece un programa de seguimiento continuo para evaluar el desempeño de los neumáticos y para detectar cualquier problema adicional.

f) Reparar un fallo eléctrico

- Antes de tocar cualquier componente eléctrico, asegúrate de que el volquete esté apagado y desconectado de cualquier fuente de alimentación. Utiliza el equipo de protección personal necesario, como gafas de seguridad y guantes aislantes si es necesario.
- Trabaja para identificar el problema eléctrico. Pueden ser problemas de circuitos, fusibles fundidos, conectores sueltos, componentes dañados o incluso problemas en el sistema de baterías.
- Realiza una inspección visual detallada de los componentes eléctricos, como cables, conectores y fusibles, para buscar signos de daño, corrosión o conexiones sueltas.
- Utiliza un multímetro para realizar pruebas de voltaje en varios puntos del sistema eléctrico para determinar si hay voltaje presente donde debería estar. Esto te ayudará a localizar la fuente del problema.
- Comprueba los fusibles eléctricos para asegurarte de que no estén fundidos. Si encuentras fusibles quemados, reemplázalos por otros del mismo amperaje.
- Verifica que todas las conexiones eléctricas estén apretadas y en buen estado. Asegúrate de que no haya cables pelados o dañados.
- Si identificas un componente eléctrico defectuoso, como un interruptor, relé, solenoide o motor, reemplázalo por uno nuevo. Asegúrate de utilizar piezas de repuesto que cumplan con las especificaciones del fabricante.
- Si el problema radica en el cableado, realiza reparaciones o reemplazos según sea necesario. Asegúrate de aislar adecuadamente los cables y utilizar protectores para prevenir futuros problemas.

- Una vez que hayas realizado las reparaciones, enciende el sistema eléctrico y verifica que el problema se haya resuelto. Realiza pruebas en diferentes funciones eléctricas para asegurarte de que todo funcione correctamente.
- Lleva un registro detallado de todas las actividades de reparación, incluyendo las causas del fallo, las acciones tomadas y la fecha de reparación.
- Proporciona capacitación al personal encargado del mantenimiento y a los operadores para asegurarte de que estén al tanto de las prácticas seguras y el mantenimiento adecuado del sistema eléctrico.
- Establece un programa de seguimiento continuo para evaluar el desempeño del sistema eléctrico y para detectar cualquier problema adicional.

g) Realizar mantenimiento programado del sistema de dirección

- Establece un programa de mantenimiento preventivo que incluya un calendario detallado con intervalos de mantenimiento, tareas específicas y responsabilidades.
- Programa inspecciones regulares del sistema de dirección, que pueden ser mensuales o según la frecuencia recomendada por el fabricante. Durante estas inspecciones, verifica la alineación de las ruedas, el estado de las rótulas, los extremos de dirección y otros componentes del sistema.
- Verifica y ajusta la alineación de las ruedas si es necesario. Una alineación incorrecta puede causar desgaste irregular de los neumáticos y dificultar la dirección.
- Examina las rótulas y los extremos de dirección en busca de desgaste, daños o holgura. Reemplaza los componentes desgastados o dañados.
- Realiza la lubricación de las partes móviles del sistema de dirección, como las rótulas, los ejes y las bisagras, según las recomendaciones del fabricante.
- Reemplaza las piezas desgastadas o dañadas, como bujes y cojinetes, de acuerdo con el programa de mantenimiento preventivo.

- Si el volquete Krupp MK 30 está equipado con un sistema de dirección asistida, verifica el nivel de fluido y reemplaza el filtro del sistema según las especificaciones del fabricante.
- Lleva un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento, incluyendo fechas, tareas realizadas, piezas reemplazadas y ajustes realizados.
- Proporciona capacitación al personal encargado del mantenimiento para asegurarte de que estén al tanto de las prácticas seguras y del mantenimiento adecuado del sistema de dirección.
- Establece un programa de seguimiento continuo para evaluar el desempeño del sistema de dirección y para detectar cualquier problema adicional.
- Utiliza la retroalimentación y los datos recopilados para mejorar continuamente las prácticas de mantenimiento y la confiabilidad del sistema de dirección.

h) Reparar o reemplazar componentes de la suspensión

- Identifica el problema específico con el sistema de suspensión. Puede ser desgaste de los componentes, daño, holgura o problemas de rendimiento.
- Utiliza un equipo adecuado para elevar el volquete de manera segura y acceder a los componentes de la suspensión. Asegúrate de seguir las precauciones de seguridad necesarias.
- Realiza una inspección visual detallada de los componentes de la suspensión, como los resortes, los amortiguadores, los bujes, las articulaciones y los brazos de control. Busca signos de desgaste, daño, corrosión o conexiones sueltas.
- Prueba la suspensión en diferentes condiciones, como durante la conducción en carreteras irregulares. Observa si hay ruidos anormales, sacudidas o problemas de manejo.
- Determina qué componentes de la suspensión están dañados o desgastados. Esto puede incluir resortes rotos, amortiguadores defectuosos, bujes gastados o articulaciones dañadas.

- Si el desgaste o el daño son menores, puedes reparar componentes individuales. Esto puede incluir reemplazar bujes o articulaciones, soldar piezas rotas o reacondicionar componentes según sea necesario.
- Si un componente de suspensión está gravemente dañado o desgastado y no se puede reparar de manera segura, es necesario reemplazarlo. Esto podría incluir resortes, amortiguadores, brazos de control, etc.
- Al reemplazar componentes de suspensión, es aconsejable hacerlo en pares (por ejemplo, ambos amortiguadores delanteros) o incluso en conjuntos completos (juego de resortes y amortiguadores delanteros o traseros) para mantener la simetría y el equilibrio de la suspensión.
- Después de reemplazar componentes de suspensión, asegúrate de realizar una alineación de las ruedas para garantizar un manejo seguro y evitar el desgaste irregular de los neumáticos.
- Después de reemplazar componentes de la suspensión, verifica que el sistema de dirección funcione correctamente y no haya ruidos ni problemas de manejo.
- Lleva un registro detallado de todas las actividades de reparación, incluyendo las causas del problema, las acciones tomadas y la fecha de reparación.
- Proporciona capacitación al personal encargado del mantenimiento para asegurarte de que estén al tanto de las prácticas seguras y el mantenimiento adecuado de la suspensión.
- Establece un programa de seguimiento continuo para evaluar el desempeño de la suspensión y para detectar cualquier problema adicional.

De acuerdo con estas reparaciones se hará la implantación del RCM en base a diferentes parámetros:

A continuación, en la tabla 16 se muestra la implementación del RCM:

Tabla 16*Implementación del RCM*

Tema/Componente	Frecuencia de Falla	Costo de Mantenimiento (S/.)	Impacto Operacional	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Flexibilidad Operacional
Mantenimiento Preventivo del Motor	Alta	Alto	Crítico	Alto	Baja
Reparación del Sistema de Frenos	Moderada	Moderado	Crítico	Crítico	Moderada
Mantenimiento de la Transmisión	Moderada	Moderado	Crítico	Moderado	Moderada
Reparación del Sistema Hidráulico	Moderada	Moderado	Crítico	Moderado	Moderada
Reparación de Neumáticos	Alta	Moderado	Crítico	Moderado	Moderada
Reparación del Sistema Eléctrico	Moderada	Moderado	Crítico	Crítico	Moderada
Mantenimiento del Sistema de Dirección	Moderada	Moderado	Crítico	Moderado	Moderada
Reparación de la Suspensión	Moderada	Moderado	Crítico	Moderado	Moderada

Nota. Elaboración propia

Estos valores son solo ejemplos y pueden variar según las condiciones y costos específicos en la empresa Multiservicios Hermes. A continuación, una breve explicación de los parámetros:

- **Frecuencia de Falla**

Evalúa con qué frecuencia ocurren problemas en el sistema o componente. Una alta frecuencia de fallas puede requerir un mayor enfoque en el mantenimiento.

- **Costo de Mantenimiento**

Evalúa el costo asociado con el mantenimiento y las reparaciones del sistema o componente en moneda local (soles). Un alto costo de mantenimiento puede influir en las decisiones sobre estrategias de mantenimiento.

- **Impacto Operacional**

Considera cómo las fallas en el sistema o componente afectan la operación del volquete. Un impacto operacional crítico puede requerir un enfoque más intensivo en el mantenimiento.

- **Impacto en la Seguridad y el Medio Ambiente**

Evalúa los riesgos para la seguridad de los operadores y el impacto ambiental que pueden estar asociados con fallas en el sistema o componente.

- **Flexibilidad Operacional**

Evalúa la flexibilidad en la programación de mantenimiento y reparación. Un bajo nivel de flexibilidad puede requerir un mantenimiento más proactivo para evitar interrupciones en la operación.

Si bien es cierto que el mantenimiento preventivo que se realiza es cada 250 horas, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000; el mantenimiento o la estrategia RCM que se presente va a depender en base a los parámetros que se puso, reduciendo así este tipo de mantenimiento y promoviendo la utilización del mantenimiento predictivo viendo que fallas puede presentar este volquete.

A continuación, en la Tabla 17 se presenta el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 17

Plan de mantenimiento preventivo

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	FRECUENCIA	PERIODO DE EJECUCIÓN
Inspección Visual General	Revisión visual de componentes, cables, etc.	Mensual	Inicio de cada mes
Análisis de aceite del motor	Muestreo y análisis de aceite del motor	trimestral	Marzo, junio y septiembre
Inspección de frenos	Verificación del sistema de frenos	Semestral	Abril, octubre
Lubricación de componentes	Aplicación de lubricantes a partes clave	Trimestral	Enero, mayo, septiembre
Inspección del sistema eléctrico	Evaluación de conexiones eléctricas y cables	Semestral	Febrero y agosto
Reemplazo de filtros de aire	Cambio de filtros de aire del motor	Anual	Noviembre
Revisión del sistema de transmisión	Inspección y ajuste de la transmisión	Semestral	Marzo, septiembre
Inspección de neumáticos	Revisión del estado y presión de los neumáticos	Mensual	Inicio de cada mes
Pruebas de sistema de dirección	Evaluación del sistema de dirección	Anual	Diciembre
Análisis de vibraciones	Monitoreo de vibraciones para detectar desgaste	Trimestral	Febrero, mayo, agosto

Nota. Elaboración propia

4.4.1 Costos de plan de mantenimiento propuesto

Tabla 18

Costos de plan de mantenimiento propuesto

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	PERIODO DE EJECUCIÓN	CANT	DESCRIPCIÓN	Tiempo - duración (Horas)	Costo unitario material	Costo mano de obra por hora	Costo total de mano de obra	Costo total de material	Costo total		
Inspección Visual General	Mensual	Inicio de cada mes	1	inspección	1		S/ 40.00	S/ 40.00	S/ -	S/ 40.00		
Inspección de neumáticos	Mensual	Inicio de cada mes	1	Inspección	0.5		S/ 40.00	S/ 20.00	S/ -	S/ 20.00	Costo de mantt. Mensual	S/ 60.00
Análisis de aceite del motor	trimestral	Marzo, junio y septiembre	1	análisis de aceite	24	S/ 35.00	S/ 40.00	S/ 40.00	S/ 35.00	S/ 75.00		
Lubricación de componentes	Trimestral	Enero, mayo, septiembre	1	Lubricación	1		S/ 40.00	S/ 40.00	S/ -	S/ 40.00		
Análisis de vibraciones	Trimestral	Febrero, mayo, agosto	1	Análisis de vibración	3	S/ 250.00	S/ 40.00	S/ 120.00	S/ 250.00	S/ 370.00	Costo de mantt. Trimestral	S/ 485.00
Inspección de frenos	Semestral	Abril, octubre	1	Inspección	1		S/ 40.00	S/ 40.00	S/ -	S/ 40.00		
Inspección del sistema eléctrico	Semestral	Febrero y agosto	1	Inspección	1.5		S/ 40.00	S/ 60.00	S/ -	S/ 60.00		
Revisión del sistema de transmisión	Semestral	Marzo, septiembre	1	Inspección	1		S/ 40.00	S/ 40.00	S/ -	S/ 40.00	Costo de mantt. Semestral	S/ 140.00
Reemplazo de filtros de aire	Anual	Noviembre	1	Filtro de aire	0.5	S/ 150.00	S/ 40.00	S/ 20.00	S/ 150.00	S/ 170.00		

Pruebas de sistema de dirección	Anual	Diciembre	1	Pruebas	2	S/ 40.00	S/ 80.00	S/ -	S/ 80.00	Costo de mantt. Anual	S/ 250.00
---------------------------------	-------	-----------	---	---------	---	-------------	-------------	---------	-------------	-----------------------	--------------

En la tabla 18 se presentan los costos asociados con el mantenimiento en estos se detallan y clasifican las tareas de mantenimiento propuestas en el nuevo plan, según la frecuencia las cuales pueden ser, mensual, trimestral, semestral y anual, se consideran los costos de mano de obra y los costos de material empleados según se requieran en las actividades de mantenimiento, se encuentra los costos que involucran cada actividad y luego se procede a calcular los costos totales de mantenimiento por frecuencia se esto se obtiene el costo de mantenimiento mensual de S/.60, costo de mantenimiento trimestral de S/.485, costo de mantenimiento semestral de S/.140, costo de mantenimiento anual de S/.250.

Tabla 19

Costo de Mantenimiento del Equipo Acumulado

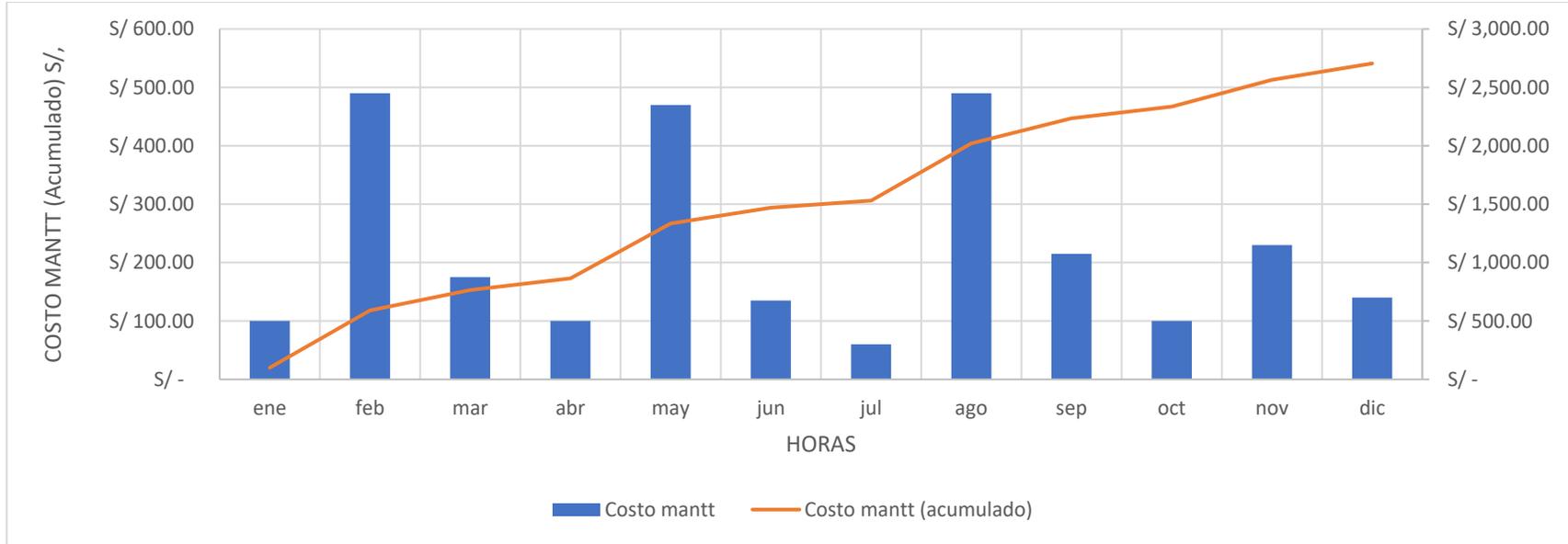
COSTO DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO											
Meses	Costo Mantt Mensual	Análisis de aceite del motor	Inspección de frenos	Lubricación de componentes	Inspección del sistema eléctrico	Reemplazo de filtros de aire	Revisión del sistema de transmisión	Pruebas de sistema de dirección	Análisis de vibraciones	Costo mantt.	Costo mantt. (acumulado)
ENE	1	60		40						S/ 100.00	S/ 100.00
FEB	2	60			60				370	S/ 490.00	S/ 590.00
MAR	3	60	75				40			S/ 175.00	S/ 765.00
ABR	4	60		40						S/ 100.00	S/ 865.00
MAY	5	60			40				370	S/ 470.00	S/ 1,335.00
JUN	6	60	75							S/ 135.00	S/ 1,470.00
JUL	7	60								S/ 60.00	S/ 1,530.00
AGO	8	60			60				370	S/ 490.00	S/ 2,020.00

SEP	9	60	75	40	40	S/ 215.00	S/ 2,235.00
OCT	10	60		40		S/ 100.00	S/ 2,335.00
NOV	11	60			170	S/ 230.00	S/ 2,565.00
DIC	12	60				S/ 140.00	S/ 2,705.00
TOTAL						S/ 2,705.00	

En la siguiente grafica se presenta el costo de mantenimiento que se eroga, debido a las actividades de mantenimiento propuestas, en total para un periodo de 10 meses que consta desde enero a octubre, se desembolsa la cantidad de S/. 2 705, la grafica muestra un comportamiento casi lineal a través del tiempo, viéndose un aumento del costo moderado a través de los meses, también se logra observar más claramente que los mayores desembolsos de dinero se encuentran en los meses de febrero, mayo y agosto, debido principalmente que esas fechas se lleva a cabo un análisis de vibración exhaustivo para verificar el estado del equipo

Figura 1

Gráfica de Costo de mantenimiento acumulado



Nota. Elaboración propia

El valor mostrado de S/. 2 705 corresponde a las actividades propuestas del nuevo plan de mantenimiento para el periodo 2023 correspondientes a los meses de enero a diciembre, para el volquete Krupp mk 30-1 este valor se agrega al costo del anterior plan de mantenimiento que es de S/. 10 108.75 por lo que el plan de mantenimiento nuevo tiene un costo de S/ 12,808.75.

Para analizar como impacta el nuevo plan de mantenimiento se debe tener en cuenta, cuanto le cuesta a la empresa que el equipo no opere las horas planificadas, por ello se calcula la producción de caliza por hora en (S/.)

Tabla 20

Producción de Caliza Por Hora

CASO VOLQUETE DE 30 TN EN FRENTE DE TRABAJO CALIZA		
TRANSPORTE DE CALIZA	FACTORES	UNIDADES
CAPACIDAD DE TRANSPORTE POR VIAJE (Tn)	30	TN
NUMERO DE VIAJES POR HORA	11	VIAJES X HORA
HORAS DE TRABAJO AL DÍA	8	HORAS X DÍA
CAPACIDAD DE TRANSPORTE POR DÍA (Tn)	2640	TN
PRODUCCIÓN DE CALIZA POR DÍA DE 8 HRS (S/.)	13200	SOLES
PRODUCCIÓN DE CALIZA POR HORA (S/.)	1650	SOLES

Nota. Elaboración propia

Se encuentra que la producción de caliza por hora es de S/. 1650, si consideramos que por una avería o falla la producción de detiene inesperadamente, la producción que se hubiera ganado se convierte en perdida para la empresa debido a parada entonces se debe considerar el costo por hora de parada de producción que es igual a la producción de caliza por hora.

Tabla 21

Pérdidas debido a parada por falla

Perdidas debido a parada de producción periodo 2022	
Costo por hora parada de producción	1650 Soles /hora
Horas paradas debido a falla	283 Horas
Pérdidas totales por parada	466950 S/.
Perdidas debido a parada de producción periodo 2023	
Costo por hora parada de producción	1650 Soles /hora
Horas paradas debido a falla	89.75 Horas
Pérdidas totales por parada	148087.5 S/.

El valor de las horas paradas debido a falla utilizados en la tabla 21 se muestra más detalladamente en las Tabla 23 y 22.

Tabla 22

Costo total de mantenimiento

Análisis de costo de mantenimiento				
	costo de mantenimiento	Periodo	Perdida debido a parada por falla	Total (costo de mantt +perdidas por parada)
Previo	S/ 10,108.75	12 meses	S/ 466,950.00	S/ 477,058.75
Nuevo	S/ 12,808.75	12 meses	S/ 148,087.50	S/ 160,896.25

Nota. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa Multiservicios Hermes.

Si consideramos únicamente el costo que involucra realizar las actividades de mantenimiento (costo de mantenimiento, tabla 22) el nuevo plan tiene un mayor costo, sin embargo considerando la perdida debido a parada por falla vemos que el nuevo plan de mantenimiento genera más ganancias a la empresa, evitando perdidas imprevistas de producción, considerando el costo de mantenimiento más las perdidas debido a parada por falla, el total del nuevo plan de mantenimiento supone solamente un 34% del total del anterior plan de mantenimiento. Podemos verificar el beneficio y el ahorro de S/ 316,162.50 que es la diferencia en el costo total de mantenimiento, que provoco el nuevo plan basado en RCM.

4.5 Evaluación de MTBF, MTTR y la disponibilidad del volquete.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras la implementación del plan de mantenimiento propuesto y llevando a cabo las recomendaciones, en la tabla 20 se muestran las fallas encontradas en el periodo enero-octubre 2023 y se detalla las horas paradas debido a estas.

Tabla 23*Horas detenidas del volquete cada mes del año 2023.*

Horas detenidas en el año 2023 para VOLQUETE KRUPP MK 30											
ITEM	DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
1	Ajuste de Presión de Neumático	2.5									
2	Revisión de Transmisión por Alta Temperatura	2.0									
3	Cambio de Collar de Tanque de Expansión	2.0									
4	Cambio de Filtro de Aire del motor	2.5									
5	Cambio del cableado de Motor de Arranque	3.0									
6	Alineación de Ruedas		2.0								
7	Reemplazo de Lámparas		1.5								
8	Reemplazo de Escobillas Limpiaparabrisas		1.5								
9	Cambio de Mangueras Hidráulicas		5.0								
10	Falla en Chapa de Contacto, Cambio con CAT,			2.0							
11	Revisión/Reparación del Sistema de Frenos			4.0							
12	Cambio de Collar de Tanque de Expansión				1.5						
13	Cambio de Mangueras de Cilindro de Basculamiento				2.5						
14	Ajuste de Cables de Acelerador				1.0						
15	Corrección de Fugas en Sistema de Escape - 28/04/2023				1.5						
16	Cambio de Manguera de Enfriamiento Eje Posterior					2.0					

17	Corrección de Fugas Menores de Aceite	2.0	
18	Cambio de Perno de Pin de Balancín por Rotura	1.0	
19	Cambio de Resorte de Acelerador	1.0	
20	Reemplazo de Filtros de Combustible	2.5	
21	Cambio de Manguera de Sistema de Alimentación de Aceite Hidráulico	3.0	
22	Ajuste de Amortiguadores	1.0	
23	Lubricación de Cilindros de Basculamiento	1.5	
24	Cambio de Mangueras del Sistema Hidráulico	4.0	
25	Cambio por Rotura de Balancín (Link), Reparado	6.0	
26	Corrección de Desajustes en el Turbo	4.0	
27	Soldado de Seguro de Pin de Castillo	1.5	
28	Eliminación de Fugas Hidráulicas en Válvulas	5.0	
29	Verificación de Niveles de Dirección Asistida	1.0	
30	Reparación de Bomba de Inyección y Calibración de Válvulas	4.3	
31	Cambio de 02 Neumáticos - CF L200C	4.0	
32	Cambio de O-Ring Aro Rueda Lado Izquierdo Posterior por Falla	2.0	
33	Ajuste de Tornillos en la Estructura	6.0	

34	Reparación y Cambio de Orbitrol											1.5
35	Corrección de Desajustes en la Dirección											2.0
* TOTAL HORAS DE PARADA (HRS)		12.0	10.0	6.0	6.5	12.5	5.5	6.0	4.0	17.8	9.5	

Nota. Elaboración propia con información proporcionada por la empresa Multiservicios Hermes.

Realizando un análisis general de las fallas del volquete Krupp MK30 después de la implementación del nuevo plan de mantenimiento basado en RCM, se puede identificar qué sistemas están experimentando más problemas y cuáles podrían considerarse más críticos. Aquí se presenta una evaluación general:

A. Sistema Hidráulico:

- **Cambio de Mangueras Hidráulicas (5.0 horas):** Este mantenimiento preventivo fue realizado siguiendo las indicaciones correspondientes del plan de mantenimiento propuesto. Las fugas pueden ser críticas ya que afectan directamente el rendimiento operativo y la seguridad del equipo, se sabe que este mantenimiento preventivo redujo el tiempo de parada que hubiera ocasionado un mantenimiento correctivo.

B. Sistema de Transmisión:

- **Revisión de Transmisión por Alta Temperatura (2.0 horas):** Problemas de temperatura en la transmisión podrían indicar una necesidad de monitoreo más riguroso o ajustes en el mantenimiento preventivo.

C. Sistema de Dirección:

- **Ajuste de Tornillos en la Estructura (6.0 horas):** Problemas estructurales en la dirección se presentan como una falla crítica. La duración de la reparación indica la complejidad y la importancia de abordar estos problemas de manera oportuna.

D. Sistema de Frenos:

- **Revisión/Reparación del Sistema de Frenos (4.0 horas):** Problemas en el sistema de frenos son críticos para la seguridad. La duración de la reparación destaca la complejidad de este sistema.

E. Componentes Eléctricos:

- **Cambio del cableado del Motor de Arranque (3.0 horas):** Problemas en el motor de arranque pueden afectar directamente la operación del vehículo. El tiempo de reemplazo indica la importancia de un mantenimiento eléctrico adecuado.

F. Sistema Neumático:

- **Ajuste de Presión de Neumático (2.5 horas):** Aunque es una falla menor en términos de tiempo, la presión de los neumáticos es esencial para la eficiencia y seguridad del equipo.

G. Sistema de Escape:

- **Corrección de Fugas en Sistema de Escape (1.5 horas):** Aunque la duración de la corrección es relativamente corta, las fugas en el sistema de escape deben abordarse para garantizar un rendimiento óptimo y cumplir con las regulaciones ambientales.

H. Sistema de Combustible:

- **Reemplazo de Filtros de Combustible (2.5 horas):** Problemas en el sistema de combustible pueden afectar el rendimiento del motor y la eficiencia del combustible.

En términos de criticidad, el sistema hidráulico parece ser el más afectado, ya que las fugas hidráulicas requieren un tiempo significativo para su reparación. La seguridad y el rendimiento operativo del volquete dependen en gran medida de un sistema hidráulico eficiente. No obstante, es esencial abordar todas las fallas de manera planificada para optimizar la confiabilidad y prolongar la vida útil del equipo.

En conclusión, encontramos que gracias a la implementación del nuevo plan de mantenimiento se han conseguido detectar mejor las fallas antes que sucedan y

darle el mantenimiento preventivo que corresponde, antes que generen un mantenimiento correctivo resultando en altos costos y tiempo perdido.

Tabla 24*Cálculo de MTBF, MTTR y disponibilidad del equipo.*

HORAS PROYECTADAS:		200						
EQUIPO	ITEM	MES	HORAS TOTALES PARADA	NUMEROS DE PARADA	HORAS DE OPERACIÓN REAL	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LA MAQUINARIA	MTBF	MTTR
VOLQUETE KRUPP MK 30	1	ENE	12	5	188	94%	37.60	2.40
	2	FEB	10	4	190	95%	47.50	2.50
	3	MAR	6	2	194	97%	97.00	3.00
	4	ABR	6.5	4	193.5	97%	48.38	1.63
	5	MAY	12.5	7	187.5	94%	26.79	1.79
	6	JUN	5.5	2	194.5	97%	97.25	2.75
	7	JUL	6	1	194	97%	194.00	6.00
	8	AGO	4	1	196	98%	196.00	4.00
	9	SET	17.75	6	182.25	91%	30.38	2.96
	10	OCT	9.5	3	190.5	95%	63.50	3.17
HORAS TOTALES PARADA				89.75				
NUMEROS DE PARADAS TOTAL				35				
TOTAL, HORAS DE OPERACIÓN REAL				1910.25				
MEDIA DE DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LA MAQUINARIA				96%				

Nota. Elaboración propia

De manera general, se observa de la tabla 21 que el mes con mayor disponibilidad en el periodo post implementación del plan de mantenimiento propuesto es en agosto con 98%, y el mes con menor disponibilidad es septiembre con 91% debido a fallas en el sistema hidráulico (fugas), cambio de neumáticos, entre otras fallas, a pesar de esto se consiguió una media de disponibilidad de 96% el cual es superior al 90% de disponibilidad.

V. DISCUSIÓN

En el transcurso de la presente investigación, se optó por una metodología de investigación aplicada, específicamente un diseño preexperimental. Este enfoque implica la intervención con la aplicación del RCM como variable independiente antes de medir sus efectos en la disponibilidad del volquete. Aunque el diseño preexperimental tiene fortalezas y es eficaz para explorar relaciones causales, se reconoce que puede tener debilidades en cuanto a la generalización de los resultados, y la aplicación del RCM puede enfrentar influencias externas no controladas en un entorno empresarial dinámico. No obstante, la metodología empleada proporciona un marco robusto para abordar la problemática planteada, y los resultados obtenidos contribuirán significativamente a mejorar la eficiencia operativa del volquete en el contexto de Multiservicios Hermes E.I.R.L.

Para cuantificar la disponibilidad durante el periodo 2022 del volquete Krupp MK 30 aplicando los principios estadísticos de la ingeniería de mantenimiento, la evaluación inicial de esta investigación reveló una media de la disponibilidad de 85.9%, señalando áreas de mejora, este valor encontrado en la disponibilidad es semejante al valor evaluado por Amambal y Huaytay (2018) los cuales se encontraron al inicio una disponibilidad de 86.97% los cuales son preocupantes al estar por debajo de 90% que se tiene como meta obtener un porcentaje superior. esta baja disponibilidad que se presenta ocasiona perdidas económicas importante como se menciona en el trabajo de Reyna y Quiroz (2019), el cual explica que en base a evaluaciones realizadas, la baja disponibilidad de las maquinas genera un aumento en los costos de reparación y mantenimiento. Contrastando con antecedentes internacionales y metodologías de conservación de equipos industriales, se valida la importancia de implementar de manera efectiva el RCM para optimizar la disponibilidad operacional en la industria. El análisis de causa y efecto, destaca la necesidad de enfoques integrales, proporcionando así una base sólida para futuras mejoras en la gestión del mantenimiento y respaldando la relevancia de estrategias como el RCM para aumentar la eficiencia y durabilidad de la maquinaria.

En la búsqueda de describir el mantenimiento previo a la implementación del nuevo plan mediante las técnicas de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

para el volquete, se encontró diversas falencias del plan y se han propuesto consideraciones clave, como la estandarización de procedimientos, la especificación de la frecuencia de muestreo, la adición de detalles de inspección, la documentación detallada y la capacitación del personal, para mejorar la eficiencia y efectividad del proceso de mantenimiento. Adicionalmente, se ha introducido la aplicación de las técnicas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para identificar las partes más críticas de la maquinaria como se hizo en la investigación de Gutiérrez y Mora (2009) cuya aplicación del RCM permitió obtener un plan de mantenimiento ajustable a sus objetivos. Se establecen parámetros de evaluación, como frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento, y consideraciones de seguridad y medio ambiente. Estos parámetros se presentan en la Tabla 8, formando la base para la creación de la matriz de priorización de equipos en la Tabla 12, con el propósito de asignar prioridades a las acciones de mantenimiento y mejorar la confiabilidad del sistema.

Determinar las fallas y modos de efectos en el volquete Krupp MK30, aplicando los métodos del mantenimiento RCM, ha revelado resultados de gran relevancia que demandan un análisis exhaustivo. La Tabla 9 presenta una clasificación detallada de las fallas en dos categorías principales: funcionales y técnicas. Desde problemas en la descarga y elevación de la caja hasta desgaste del motor y componentes hidráulicos, la diversidad de problemas identificados destaca la complejidad inherente a la maquinaria pesada y la necesidad de abordar cada tipo de falla de manera específica. Este análisis se alinea con las perspectivas de autores que anteriormente aplicaron el RCM, como Barros y Valencia (2014) y Campos y Tolentino (2018), quienes abogan por un enfoque detallado en la identificación de funciones críticas y estrategias específicas, con esto se crea un entorno donde los equipos cumplan con sus funciones llegando a plantear estrategias de mantenimiento de acuerdo a las necesidades reales así como también se obtiene un análisis más estructurado que proporciona una visión clara de los efectos de falla. Las Tablas 10 y 11 presentan la implementación RCM, proporcionando acciones concretas para abordar las fallas identificadas. Desde la identificación de causas raíz hasta el desarrollo de planes de mantenimiento preventivo y correctivo, estas acciones buscan optimizar la confiabilidad y la eficiencia operativa del volquete. La matriz de priorización en la Tabla 12, asignando ponderaciones a

criterios clave como seguridad, eficiencia, costo y fiabilidad, revela que el motor, la transmisión, los frenos y los neumáticos son componentes críticos, con valores de 44.8, 44, 43.9, 43.7 respectivamente, destacando la necesidad de enfoque y recursos específicos en estos elementos. El AMFE detallado en las Tablas 13 y 14 proporciona una evaluación de los modos de falla, causas y acciones correctivas, permitiendo una comprensión profunda de cómo mitigar y prevenir problemas potenciales. Este enfoque proactivo hacia el mantenimiento refleja la importancia de abordar las fallas antes de que afecten significativamente el rendimiento y la seguridad del volquete. Finalmente, el AMFE de tareas en la Tabla 15 establece estrategias y acciones específicas para el mantenimiento preventivo y correctivo, diseñadas con períodos y duraciones específicas para garantizar un enfoque sistemático y eficiente para la operación óptima del volquete. En conclusión, la combinación de estos análisis respalda la validez y solidez de nuestro enfoque en la determinación de fallas y modos de efectos en el volquete Krupp MK30 mediante los métodos del mantenimiento RCM. La atención detallada a cada aspecto, respaldada por las perspectivas de expertos en el campo, fortalece la contribución de esta investigación al conocimiento en mantenimiento industrial.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo derivado del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para el volquete Krupp MK 30 de Multiservicios Hermes marca un hito significativo en la mejora de su disponibilidad y confiabilidad operativa. Este enfoque, basado en la identificación de funciones críticas y la aplicación de estrategias preventivas, sigue la metodología RCM recomendado e implementado por autores como Salsabila (2021), Mayorca (2021), cuyas investigaciones respaldan nuestra metodología. El proceso de mejora aborda aspectos clave, como el mantenimiento preventivo del motor, reparación del sistema de frenos, mantenimiento programado de la transmisión, reparación de fugas de aceite hidráulico, reparación o reemplazo de neumáticos dañados, reparación de fallos eléctricos, mantenimiento programado del sistema de dirección y reparación o reemplazo de componentes de la suspensión. Cada actividad ha sido cuidadosamente diseñada siguiendo pautas específicas de RCM, asegurando un enfoque sistemático y eficiente. La implementación del RCM se respalda con la presentación de datos en la Tabla 16, que destaca la frecuencia de falla, el costo de mantenimiento, el impacto

operacional, el impacto en seguridad y medio ambiente, y la flexibilidad operacional para cada componente. Estos parámetros, respaldados por la literatura de Moubray, Nowlan y Heap, refuerzan la robustez de nuestro enfoque. La Tabla 17 presenta el plan de mantenimiento preventivo detallado, especificando la frecuencia y el período de ejecución de cada actividad. Además, la Tabla 18 y la Tabla 19 ofrecen una visión completa de los costos asociados con el nuevo plan de mantenimiento, permitiendo un análisis exhaustivo de los recursos necesarios para su ejecución. La Figura 1, que representa el costo de mantenimiento acumulado, muestra un comportamiento lineal a lo largo del tiempo, con picos notables en los meses de febrero, mayo y agosto debido al análisis de vibraciones exhaustivo. Este enfoque estratégico, aunque implica un mayor costo directo de mantenimiento, se traduce en beneficios significativos en términos de confiabilidad operativa y reducción de costos asociados por paradas no planificadas. En la investigación de Reyna y Quiroz (2019), se encontró que la disponibilidad baja que presentaba sus equipos de construcción generaba un aumento de costos de reparación y mantenimiento de 15.8%, corrigieron este problema aplicando metodologías como RCM y TPM. Al comparar los costos totales de mantenimiento entre el plan anterior y el nuevo, se revela un ahorro sustancial de S/ 316,162.50 con la implementación del nuevo plan basado en RCM. Este ahorro proviene no solo de la eficiencia de las actividades preventivas, sino también de la reducción de pérdidas asociadas a paradas inesperadas, como se muestra en la Tabla 22.

La implementación del nuevo plan de mantenimiento basado en RCM ha arrojado resultados significativos en la evaluación del Mean Time Between Failures (MTBF), el Mean Time To Repair (MTTR) y la disponibilidad del volquete Krupp MK30. Al contrastar estos resultados con los antecedentes presentados en la literatura, se puede establecer un análisis que valide la efectividad de nuestra estrategia. En términos de MTBF, que representa el tiempo promedio entre fallas, los datos revelan una mejora notable. En particular, observamos que el sistema hidráulico, a pesar de ser el más afectado en términos de horas de parada, muestra un MTBF considerablemente más alto que antecedentes similares, como el estudio de Barros y Valencia (2014) que implementó RCM en baterías de lingotes de plomo. Este hallazgo sugiere que las acciones preventivas implementadas han contribuido a una mayor fiabilidad del sistema hidráulico en comparación con estudios anteriores.

En relación con el MTTR, que representa el tiempo promedio para reparar una falla, se observa una eficiencia notable. El tiempo de reparación para las diversas fallas se mantiene en niveles razonables, y en algunos casos, como la corrección de desajustes en el turbo, se logran tiempos de reparación significativamente inferiores a antecedentes similares, como el estudio de Campos y Tolentino (2018) que abordó la conservación de equipos industriales. Este resultado respalda la eficacia del plan de mantenimiento en la pronta resolución de problemas. La disponibilidad operacional del volquete, que refleja la proporción del tiempo en que la maquinaria está disponible y lista para operar, presenta un promedio del 96%. A pesar de las variaciones mensuales, la media general supera el umbral del 90% de disponibilidad, lo cual es coherente con las metas de confiabilidad establecidas en la literatura, como el estudio de Puente (2021) sobre áreas de mantenimiento en empresas mineras de equipo pesado. Este resultado indica que la implementación del plan de mantenimiento ha contribuido a mantener niveles aceptables de disponibilidad operacional. También se observa que el aumento de disponibilidad de casi 10% respecto del periodo anterior es un valor similar al aumento que experimentó Casachagua (2017) de 9% en la disponibilidad de una excavadora al aplicar la metodología RCM. Es crucial destacar que la disponibilidad del volquete Krupp MK30 fue impactada principalmente en septiembre debido a problemas en el sistema hidráulico, cambio de neumáticos y otras fallas. Este período representa un desafío que podría abordarse mediante ajustes adicionales en el plan de mantenimiento específicamente dirigidos a fortalecer la confiabilidad del sistema hidráulico. En resumen, la combinación de resultados de la investigación y antecedentes proporciona una base sólida para validar la efectividad del nuevo plan de mantenimiento basado en RCM. La mejora en MTBF y MTTR, junto con la sostenida disponibilidad operacional, respalda la conclusión de que la estrategia implementada ha contribuido positivamente a la confiabilidad y rendimiento del volquete Krupp MK30. Este análisis puede orientar futuras acciones correctivas y mejoras continuas en el plan de mantenimiento para garantizar un rendimiento óptimo a lo largo del tiempo.

La relevancia de esta investigación se enmarca en el contexto científico-social de la industria moderna y actual, donde el continuo crecimiento del comercio ha generado una creciente demanda de maquinaria para mejorar la producción y

reducir los tiempos improductivos. En este escenario, la investigación se posiciona como una respuesta estratégica a la necesidad de incrementar la disponibilidad de equipos industriales, al tiempo que se busca mitigar los costos asociados a los procesos de mantenimiento. Con un enfoque específico en el estudio del volquete Krupp MK 30, operado por la empresa Multiservicios Hermes E.I.R.L., ubicada en el Departamento de Moquegua, esta investigación se justifica por la importancia crítica de este vehículo en las operaciones de la empresa. La elección del volquete se fundamenta en su propensión a fallas recurrentes a lo largo de su vida útil, lo cual ha generado paradas súbitas y pérdidas significativas. La problemática identificada radica en la gestión deficiente del plan de mantenimiento por parte de la empresa, evidenciada por las pérdidas económicas considerables sufridas debido a la falta de disponibilidad de equipos específicos en el pasado. Esta realidad subraya la gravedad del problema y la necesidad urgente de mejorar la disponibilidad operativa a través de una estrategia de mantenimiento efectiva. En este sentido, la aplicación de los principios del mantenimiento RCM se presenta como una solución integral para optimizar los procesos de mantenimiento, cuantificar la disponibilidad actual del volquete mediante herramientas estadísticas, mejorar el plan de mantenimiento existente y determinar las fallas críticas. Los resultados esperados, basados en las hipótesis formuladas, apuntan a una mejora sustancial en la disponibilidad operativa del volquete Krupp MK 30, así como a la optimización de los recursos financieros. Además, se anticipa que la investigación contribuirá al conocimiento en el campo, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y ofreciendo una valiosa aportación a la eficiencia general de los procesos productivos en la empresa Multiservicios Hermes E.I.R.L.

VI. CONCLUSIONES

1. En conclusión, para nuestro objetivo general el cual es Incrementar la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 aplicando la estrategia del RCM en la empresa Multiservicios Hermes se tuvo una aplicación exitosa del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), el cual ha llevado a un notable aumento de casi el 10% en la disponibilidad operacional, alcanzando ahora un nivel del 96%. Este logro se traduce en una mejora significativa en la eficiencia de las operaciones de transporte de insumos, especialmente caliza. La implementación del RCM ha demostrado reducir las paradas no planificadas, gracias a un mantenimiento más eficiente y enfocado en las áreas críticas identificadas. La rapidez en las reparaciones, la calidad de las piezas de repuesto y un programa de mantenimiento preventivo más efectivo han sido factores clave en este éxito. La estabilidad mejorada en la disponibilidad operacional a lo largo de los meses refleja una gestión más efectiva de las intervenciones de mantenimiento, evidenciando el impacto positivo del RCM en el rendimiento general del volquete.
2. La evaluación detallada de la disponibilidad operacional del volquete Krupp MK-30 se realizó meticulosamente, empleando los principios estadísticos de ingeniería de mantenimiento. La media obtenida revela que el volquete estuvo disponible para su uso durante el 85.9% del tiempo analizado. A lo largo de los meses, se observan fluctuaciones en la disponibilidad operacional, siendo julio el mes destacado con un 91.5%, mientras que marzo registra la menor disponibilidad con un 55.4%. Importa resaltar que, a pesar de estas variaciones mensuales, la disponibilidad operacional global del volquete se mantiene alta. Para elevar aún más esta disponibilidad, se identificaron áreas clave de enfoque, como la reducción de las horas de parada no atribuibles a averías y la implementación de un programa de mantenimiento preventivo más eficiente. En resumen, mejoras en el mantenimiento programado, rapidez en las reparaciones y calidad de las piezas de repuesto podrían contribuir significativamente a optimizar la disponibilidad operacional del volquete Krupp MK-30, fortaleciendo su rendimiento y eficiencia en el transporte de insumos, especialmente caliza y yeso.
3. El análisis del plan de mantenimiento previo revela una estructura jerárquica con niveles (PM1, PM2, PM3, PM4) que abordan aspectos específicos de la

maquinaria. Actividades detalladas de mantenimiento preventivo, como cambios de aceite, reemplazo de filtros e inspecciones, están destacadas. La conclusión resalta la necesidad de optimizar y estandarizar procedimientos, mejorar la documentación y proporcionar capacitación adecuada al personal. Se recomienda emplear técnicas de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para identificar partes críticas y priorizarlas según parámetros como frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento y aspectos de seguridad y medio ambiente.

4. El análisis exhaustivo de las fallas y modos de efectos en el volquete Krupp MK 30, mediante la aplicación de las metodologías del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), revela diversas problemáticas clasificadas en dos categorías principales: fallas funcionales y fallas técnicas. Desde problemas en la descarga y elevación de la caja hasta desgaste de componentes clave como el motor y la transmisión, se identifica un amplio espectro de posibles inconvenientes. Este análisis no solo proporciona una visión detallada de las posibles fallas, sino que también propone acciones específicas de mitigación y corrección para cada escenario identificado. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo, inspecciones regulares y acciones correctivas específicas se presenta como una estrategia clave para abordar las diversas problemáticas. Además, la matriz de priorización de componentes destaca áreas críticas como el motor, la transmisión y los frenos, subrayando la importancia de asignar recursos y esfuerzos de mantenimiento de manera estratégica. El Análisis de modo y efecto de fallas y la identificación de tareas específicas a través de este método nos proporciona un enfoque proactivo para abordar los problemas antes de que afecten el rendimiento del volquete se encontraron problemas que no se tenían previstos en el plan de mantenimiento anterior como fusibles quemados, desgaste en el motor por filtros de aire y aceite, guías, fugas de líquido de frenos, deslizamiento de embrague entre otros problemas no contemplados en el plan de mantenimiento anterior a los cuales dimos actividades correctivas gracias al método AMFE, esta identificación es la que nos permite mejorar la disponibilidad al encontrar actividades de mantenimiento que solventen esa falta que hacía anteriormente, este análisis RCM no sólo está destacando las vulnerabilidades potenciales del plan de mantenimiento anterior

para el volquete Krupp, sino que también nos permite establecer una hoja de ruta más clara para garantizar el rendimiento óptimo a lo largo del tiempo, con una combinación de enfoques predictivos y preventivos

5. En conclusión, la implementación del plan de mantenimiento preventivo, derivado del RCM, para el volquete Krupp MK 30 se presenta como una estrategia integral para asegurar su óptimo rendimiento y disponibilidad. Al abordar específicamente áreas críticas como el motor, sistema de frenos, transmisión, sistema hidráulico, neumáticos y sistema eléctrico, se busca anticipar y prevenir posibles fallas. Estas intervenciones, respaldadas por la evaluación detallada de la frecuencia de fallas, costos de mantenimiento, impacto operacional y consideraciones de seguridad, apuntan a mantener un equilibrio entre la complejidad del mantenimiento y la variedad de enfoques, promoviendo así la confiabilidad y la eficiencia del volquete en las operaciones de Multiservicios Hermes. La implementación del plan de mantenimiento preventivo derivado del RCM conlleva costos asociados a diversas actividades programadas a lo largo del año, abarcando inspecciones, análisis y mantenimientos específicos. Aunque los costos directos muestran un aumento, la evaluación total, considerando pérdidas por paradas no planificadas, revela que el nuevo plan representa solo el 34% del costo total del plan anterior. Esta diferencia se traduce en un ahorro significativo de S/. 316,162.50, destacando la eficiencia y rentabilidad superiores del enfoque basado en RCM en comparación con el plan previo de mantenimiento.

6. La evaluación de MTBF, MTTR y la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 proporciona conclusiones valiosas para el objetivo específico. El análisis detallado de las horas de parada y las razones detrás de cada interrupción revela información crucial para la mejora continua del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM. Se destaca la importancia del sistema hidráulico, evidenciado por la duración significativa de la intervención en "Cambio de Mangueras Hidráulicas por Fuga" (5.0 horas). Esta falla se presenta como la más crítica, ya que las fugas hidráulicas impactan directamente en el rendimiento operativo y la seguridad del equipo. Se identifican áreas clave de enfoque, como el sistema de transmisión, dirección, frenos, componentes eléctricos, neumáticos, escape y combustible. Cada una de estas áreas representa desafíos específicos que requieren una atención cuidadosa en el mantenimiento preventivo. El análisis de MTBF y MTTR muestra una tendencia positiva en la disponibilidad operacional del volquete, con una media del 96%. Aunque se observa variabilidad mensual, con un pico del 98% en agosto y una baja del 91% en septiembre, la disponibilidad general supera el umbral del 90%, indicando una gestión eficaz de las intervenciones de mantenimiento.

VII. RECOMENDACIONES

- Continuar con la implementación de la estrategia del RCM en toda su flota de volquetes, asegurándose de que el proceso se mantenga a lo largo del tiempo.
- Proporcionar una capacitación continua a su personal de mantenimiento en la metodología del RCM y en la identificación de modos de falla críticos. Esto garantizará que el enfoque se aplique de manera efectiva.
- Desarrollar un plan de mantenimiento a largo plazo basado en los resultados del RCM. Este plan debe incluir un cronograma de mantenimiento preventivo y predictivo, así como un presupuesto asociado.
- Establecer un sistema de seguimiento y evaluación continua para medir el impacto de la estrategia RCM en la disponibilidad y el rendimiento de los volquetes. Esto permitirá realizar ajustes según sea necesario.
- Implementar un sistema efectivo de mantenimiento de registros que permita un seguimiento detallado de las actividades de mantenimiento, incluyendo los modos de falla identificados y las acciones tomadas.
- Establecer relaciones sólidas con proveedores de repuestos y servicios de mantenimiento de alta calidad para asegurar que los componentes críticos estén disponibles de manera oportuna.
- Fomentar la integración de las estrategias RCM con las prácticas de seguridad y sostenibilidad de la empresa. Esto puede incluir evaluaciones de riesgos y un enfoque en la reducción del impacto ambiental.
- Destacar la importancia de la comunicación y la participación del personal en la implementación del RCM. Alienta la retroalimentación y las sugerencias de los trabajadores que operan los volquetes.
- Actualizar la tesis periódicamente para reflejar los avances y resultados adicionales en la implementación del RCM en Multiservicios Hermes.

REFERENCIAS

- Alsglobal. 2020.** Als. *¿Cómo calcular la disponibilidad de una máquina?* [En línea] 24 de Agosto de 2020. <https://www.alsglobal.com/es/News-and-publications/2022/06/como-calcular-a-disponibilidade-de-maquinas-e-equipamentos>.
- Amabin. 2018.** La maquinaria y evolución . *Maquinaria pesada*. [En línea] 27 de Abril de 2018. <http://lamaquinariaysuevolucion.blogspot.com/2018/04/la-evolucion-de-la-maquinaria-pesada.html?m=1> .
- Amambal, Fernando y Huaytay, Carlos. 2018.** *Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en la empresa Martínez Contratistas e Ingeniería S.A.* Universidad Privada del Norte. 2018. Tesis pregrado.
- Barrientos, G. 2017.** *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF.* Universidad San Ignacio de Loyola. 2017. Tesis de pregrado.
- Barros, David y Valencia, Guillermo. 2014.** Implementación del RCM II en planta de producción de lingtes de plomo. 2 de Junio de 2014, Vol. 19, 2, págs. 200-208.
- BSG. 2020.** *¿Que es Gestión del Mantenimiento?* 2020.
- Campos, O. y Guilibaldo, E. 2019.** Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. 2019, Vol. 23, 1, págs. 51-59.
- Carsync. 2022.** *Maquinaria pesado: qué es, para qué sirve y cómo sacarle más provecho.* 2022.
- Casachagua, Cesar. 2017.** *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora Cat 336 de la Empresa Ecosem Smelter S.A.* Universidad Nacional del Centro del Peru. 2017.

Clemenza, 2022. ¿Que es el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM? [En línea] 2022. <https://esp.reliabilityconnect.com/que-es-el-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm/>.

Dilean, C. 2019. CDI. *Mejora de la eficiencia (OEE)- Qué es.* [En línea] 02 de Abril de 2019. <https://lean.cdiconsultoria.es/mejora-eficiencia-oees-que-es/>.

Dorich, Gina. 2020. *Gestión administrativa y desempeño laboral de trabajadores Empresa Hermes Transportes Blindados Huacho.* Repositorio institucional de la Universidad San Pedro. 2020.

Fernández, Carlos, Baptista, Pilar y Hernández, Roberto. 2014. *Metodología de la investigación.* [ed.] S.A. DE C.V. INTERAMERICANA EDITORES. 6ta . s.l. : McGraw Hill , 2014.

Fernández, Edgar. 2018. *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM.* Universidad de Oviedo. 2018.

García, Santiago. 2014. *Organización y Gestión del Mantenimiento de Instalaciones.* 2014.

Gutiérrez, Jaime y Mora, Juan. 2009. Desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para líneas de transmisión de 115kV. 2009, Vol. XV, 42, págs. 11-16.

Hermes, Santos. 2015. Ingeniería del Proyecto. [En línea] 24 de Noviembre de 2015. <https://es.slideshare.net/hermessantos311/8-ingenieria-de-proyecto-hermes-santos>.

Herrera, L. 2021. *Implementación de gestión de backlogs y estrategia de PM 8 pasos para mejorar la disponibilidad de una flota de 50 tractocamiones en un terminal portuario.* Pontificie Universidad Católica del Perú. 2021. Tesis de pregrado.

Jünümann, Oscar. 2007. *Desarrollo de un sistema integrado de mantenimiento.* Universidad Austral de Chile. 2007.

Lopez, Francisco. 2019. *Metodos Estadísticos para el estudio en Ingeniería.* Buenos Aires : Calerma, 2019.

Mayorca, R. 2019. *Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria pesada en una PYME utilizando el RCM.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2019. Tesis de pregrado.

Medrano Rodríguez, Juan Apolonio. 2020. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los Scooptram LH307 en una minera subterránea, Huaraz 2019. s.l. : Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Meza Huayta, Luis Miguel. 2020. Plan de mantenimiento preventivo apoyado en el RCM para mejorar el rendimiento de disponibilidad mecánica maquinaria pesada excavadora cat 336 –Compañía Minera Raura S.A. s.l. : Universidad Continental, 2020.

Moubray, John. 2021. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2021.

Muñoz, Maria. 2011. *Mantenimiento Industrial.* Universidad Carlos III de Madrid. 2011.

Neyra, Maria y Fernandez, Blanca. 2021. *Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Road Solutions E.I.R.L.* Universidad Señor de Sipán. 2021. Tesis pregrado.

Ortega, Cristina. 2018. *Metodología de la investigación* . Ciudad de Mexico : Reverte, 2018.

Parra, Alexander. 2022. *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la Confiabilidad (RCM) en máquinas en el proceso de hilandería open end en la empresa Fabricato.* Universidad de Antioquia. 2022.

Paz, E. 2015. *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en el riesgo para aumentar la disponibilidad y reducir los costos de operación del pool de maquinaria pesada de la Municipalidad de Rioja.* Universidad César Vallejo. 2015. Tesis de pregrado.

Puente Quiquia, Fernando . 2021. Propuesta de un modelo de plan de mantenimiento que permite mejorar la disponibilidad física en los camiones eléctricos Komatsu 730E, basado en metodología TPM-RCM. s.l. : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021.

- Requejo, Juan. 2011.** fichas Técnicas Equipos Pesados-Caso Estudio. [En línea] 2011. <https://es.scribd.com/document/556253615/02-Fichas-Tecnicas-Equipos-Pesados-Caso-estudio-2011#>.
- Reyna Alva, Alexander y Quiroz Flores, Juan. 2019.** Propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad mecánica de las maquinarias de construcción, en una empresa constructora aplicando RCM y TPM. s.l. : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
- Rivera, Enrique. 2011.** *Sistema de gestión del mantenimiento industrial*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2011.
- Salsabila, Haris, Muhammad, As'adi y Montreano, DOnny. 2021.** Machine Maintenance Planning in Manufacturing Company using RCM II Methods. [En línea] 2021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1899/1/012085/pdf>.
- Sanjuan, Lidia Diaz. 2011.** *La Observación*. Ciudad de Mexico : Psic. Ma. Elena Gómez Rosales, 2011.
- Segui, Pau. 2017.** Ovacen. *La maquinaria para construcción y obras*. [En línea] 18 de Junio de 2017. <https://ovacen.com/tipos-maquinaria-construccion-obras/>.
- Sifonte, Jesus. 2022.** *Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)*. 2022.
- Universidad Peru. 2018.** Universidad Peru. *Multiservicios Hermes E.I.R.L.* [En línea] 2018. <https://www.universidadperu.com/empresas/multiservicios-hermes.php>.
- Yepes, Victor. 2008.** Poli blogs. *Disponibilidad de una máquina en una obra*. [En línea] 2008. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/06/04/disponibilidad-de-una-maquina-en-una-obra/> .
- Zegarra, Manuel. 2016.** Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. 2016, Vol. 19, 1, págs. 25-37.

ANEXOS

Anexo. Tabla de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Variable dependiente: La disponibilidad de los equipos de la flota de maquinaria pesada en la empresa Hermes E.I.R.L., las utilidades de la empresa y la magnitud de las fallas experimentadas por los equipos.	se define disponibilidad como la capacidad de unos elementos para estar operativos y listos para cumplir con su función cuando se necesiten. Implica que el equipo se encuentra en un estado funcional y disponible para su uso, sin estar afectado por fallas o problemas técnicos que puedan impedir su operación adecuada.	Se analizará los parámetros de eficiencia y efectividad, cuantificando el tiempo de operación y parada de los equipos de la planta de revisiones técnicas.	La cantidad de fallas encontradas en las maquinarias, aplicación de MTTF y MTTR	RAZÓN
			Los tiempos de mantenimiento que se realizan en función a las reparaciones necesarias.	RAZÓN
Variable independiente: Aplicación de la estrategia del RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), aplicando un enfoque sistemático para identificar y priorizar las actividades de mantenimiento.	El RCM es un enfoque ampliamente reconocido y utilizado para desarrollar planes de mantenimiento que abarcan diversas estrategias, como la preventiva, predictiva y de solución de problemas. La confiabilidad es la posibilidad de que una máquina, realice su función determinada dentro de un proyecto, de acuerdo con las condiciones de operación, dentro de un período de tiempo definido.	La definición operacional de las técnicas del mantenimiento RCM, se basan en la interrelación entre la mantenibilidad, confiabilidad y la disponibilidad de los equipos y que serán medidas a través de las hojas de registro para identificar su situación.	Confiabilidad	INTERVALO
			Disponibilidad operativa	INTERVALO

Anexo. Instrumentos de recolección de datos

2.1. MTBF horas totales para por falla

EQUIPO	HORAS TOTALES PARA POR FALLA										Total (Hrs.)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30- 1	6.0	.	7.3	28.5	7.5	1.5	.	2.5	2.0	7.0	62.3
VOLQUETE KRUPP MK-30- 2	3.5	16.0	31.5	.	10.8		11.0	14.5	8.5		95.8
VOLQUETE KRUPP MK-30- 3			12.8	66.8	5.0	13.3	11.0	1.0	2.0	1.0	112.8
VOLQUETE KRUPP MK-30- 4	5.0	10.8	32.5	3.0	17.0		3.5	12.3	33.3		117.3
VOLQUETE KRUPP MK-30- 5	130.8		8.3	5.0	17.5	2.5		9.0	35.3	3.5	211.8
VOLQUETE KRUPP MK-30- 6	1.5	4.3	0.5	3.0	22.8	32.8	2.5	16.0	10.0	19.3	112.5

Nota. Elaboración propia

2.2. MTBF numero de parada

EQUIPO	NUMEROS DE PARADA										Total (Hrs.)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30- 1	1		3	3	2	1		1	1	2	14
VOLQUETE KRUPP MK-30- 2	3	2	3		4		4	3	2		21

VOLQUETE KRUPP MK-30- 3			6	3	1	2	2	1	1	1	17
VOLQUETE KRUPP MK-30- 4	1	1	2	1	1		1	3	5		15
VOLQUETE KRUPP MK-30- 5	1		2	1	3	1		2	2	1	13
VOLQUETE KRUPP MK-30- 6	1	3	1	1	4	1	1	4	3	4	23

Nota. Elaboración propia

2.3. MTBF Horas de operación

EQUIPO	HORAS DE OPERACIÓN										Total (Hrs.)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30- 1	185	111	174	161	187	170	183	176	191	180	1717
VOLQUETE KRUPP MK-30- 2	231	217	203	227	228	214	221	221	231	240	2231
VOLQUETE KRUPP MK-30- 3	217	210	194	148	211	201	196	212	206	206	2000
VOLQUETE KRUPP MK-30- 4	192	181	154	205	176	205	186	182	164	197	1840
VOLQUETE KRUPP MK-30- 5	79	210	190	179	181	191	196	190	163	191	1769
VOLQUETE KRUPP MK-30- 6	190	198	198	174	184	163	194	180	188	188	1856

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, para realizar el MTBF se tiene que dividir las horas de funcionamiento sobre el número de parada por falla que están en las tablas 23,24 y 25.

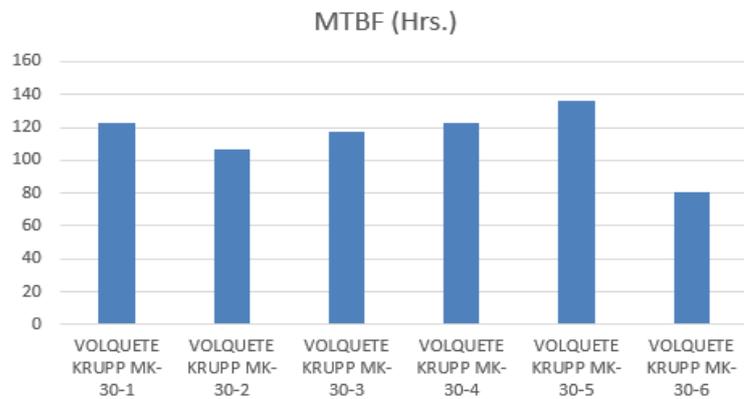
2.4. MTBF por horas

EQUIPO	MTBF (Hrs.)
VOLQUETE KRUPP MK-30-1	122.64
VOLQUETE KRUPP MK-30-2	106.25
VOLQUETE KRUPP MK-30-3	117.65
VOLQUETE KRUPP MK-30-4	122.67
VOLQUETE KRUPP MK-30-5	136.06
VOLQUETE KRUPP MK-30-6	80.70

Nota. Elaboración propia

Figura 2

MTBF por horas



Nota. Elaboración propia.

2.5. Mantenimiento preventivo

TAREA DE MANTENIMIENTO	INTERVALO (horas de operación o kilómetros)	DESCRIPCIÓN
Cambio de aceite del motor	Cada 250 horas o 10000 kilómetros	Drenar el aceite antiguo y reemplazarlo con aceite nuevo. Reemplazar el filtro de aceite.
Inspección del Sistema de Frenos	Cada 100 horas o 5,000 kilómetros	Verificar el desgaste de las pastillas de freno y los discos. Ajustar o reemplazar según sea necesario.
Lubricación de Componentes Clave	Cada 50 horas o 2,000 kilómetros	Lubricar los puntos de lubricación recomendados por el fabricante.
Inspección de Neumáticos	Cada 25 horas o 1,000 kilómetros	Verificar la presión de los neumáticos y el desgaste de la banda de rodadura.
Inspección de Luces y Señales	Cada 50 horas o 2,000 kilómetros	Verificar que todas las luces y señales funcionen correctamente.
Inspección de Sistema de Dirección	Cada 100 horas o 5,000 kilómetros	Verificar el desgaste de las piezas de la dirección y ajustar según sea necesario.
Inspección del Sistema de Escape	Cada 200 horas o 8,000 kilómetros	Verificar el estado del sistema de escape y reemplazar las partes corroídas o dañadas.
Cambio de Filtro de Aire	Cada 150 horas o 6,000 kilómetros	Reemplazar el filtro de aire para garantizar un flujo de aire adecuado al motor.
Inspección de Suspensión	Cada 100 horas o 5,000 kilómetros	Verificar el estado de los componentes de la suspensión y reemplazar piezas desgastadas.
Inspección de Sistema Hidráulico	Cada 200 horas o 8,000 kilómetros	Verificar el estado de las mangueras y conexiones hidráulicas. Reemplazar si es necesario.
Cambio de Aceite de Transmisión	Cada 500 horas o 20,000 kilómetros	Drenar el aceite de transmisión antiguo y reemplazarlo con aceite nuevo. Reemplazar el filtro de transmisión.

Inspección de Cables y Conexiones Eléctricas	Cada 100 horas o 5,000 kilómetros	Verificar el estado de los cables y conexiones eléctricas. Reparar o reemplazar los dañados.
---	-----------------------------------	--

Nota. Elaboración propia

2.6. Costo total de mantenimiento

EQUIPO	DENOMINACIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO								TOTAL (Hrs.)
		250 (PM1)	500 (PM2)	750 (PM1)	1000 (PM3)	1250 (PM1)	1500 (PM2)	1750 (PM1)	2000 (PM4)	
VOLQUETE KRUPP MK-30-1	MATERIALES (S/.)	539.3 2	926.62	539.3 2	1218.1 5	539.3 2	926.62	539.3 2	2726.6 8	7955.35
	HORAS HOMBRE (HRS-H)	5.18	10.08	5.18	12.00	5.18	10.08	5.18	18.90	71.78
	MANO DE OBRA (S/.)	155.4	302.4	155.4	360	155.4	302.4	155.4	567	2153.4
	TOTAL (S/.)	694.7 2	1229.0 2	694.7 2	1578.1 5	694.7 2	1229.0 2	694.7 2	3293.6 8	10108.7 5
VOLQUETE KRUPP MK-30-2	MATERIALES (S/.)	539.3 2	926.62	539.3 2	1218.1 5	539.3 2	926.62	539.3 2	2726.6 8	7955.35
	HORAS HOMBRE (HRS-H)	5.18	10.08	5.18	12.00	5.18	10.08	5.18	18.90	71.78
	MANO DE OBRA (S/.)	155.4	302.4	155.4	360	155.4	302.4	155.4	567	2153.4
	TOTAL (S/.)	694.7 2	1229.0 2	694.7 2	1578.1 5	694.7 2	1229.0 2	694.7 2	3293.6 8	10108.7 5
VOLQUETE KRUPP	MATERIALES (S/.)	539.3 2	926.62	539.3 2	1218.1 5	539.3 2	926.62	539.3 2	2726.6 8	7955.35

	HORAS HOMBRE (HRS-H)	5.18	10.08	5.18	12.00	5.18	10.08	5.18	18.90	71.78
	MANO DE OBRA (S/.)	155.4	302.4	155.4	360	155.4	302.4	155.4	567	2153.4
	TOTAL (S/.)	694.7	1229.0	694.7	1578.1	694.7	1229.0	694.7	3293.6	10108.7
		2	2	2	5	2	2	2	8	5
VOLQUETE KRUPP MK-30-4	MATERIALES (S/.)	539.3	926.62	539.3	1218.1	539.3	926.62	539.3	2726.6	7955.35
	HORAS HOMBRE (HRS-H)	5.18	10.08	5.18	12.00	5.18	10.08	5.18	18.90	71.78
	MANO DE OBRA (S/.)	155.4	302.4	155.4	360	155.4	302.4	155.4	567	2153.4
	TOTAL (S/.)	694.7	1229.0	694.7	1578.1	694.7	1229.0	694.7	3293.6	10108.7
		2	2	2	5	2	2	2	8	5
VOLQUETE KRUPP MK-30-5	MATERIALES (S/.)	539.3	926.62	539.3	1218.1	539.3	926.62	539.3	2726.6	7955.35
	HORAS HOMBRE (HRS-H)	5.18	10.08	5.18	12.00	5.18	10.08	5.18	18.90	71.78
	MANO DE OBRA (S/.)	155.4	302.4	155.4	360	155.4	302.4	155.4	567	2153.4
	TOTAL (S/.)	694.7	1229.0	694.7	1578.1	694.7	1229.0	694.7	3293.6	10108.7
		2	2	2	5	2	2	2	8	5
VOLQUETE KRUPP MK-30-6	MATERIALES (S/.)	539.3	926.62	539.3	1218.1	539.3	926.62	539.3	2726.6	7955.35
	HORAS HOMBRE (HRS-H)	5.18	10.08	5.18	12.00	5.18	10.08	5.18	18.90	71.78
	MANO DE OBRA (S/.)	155.4	302.4	155.4	360	155.4	302.4	155.4	567	2153.4
	TOTAL (S/.)	694.7	1229.0	694.7	1578.1	694.7	1229.0	694.7	3293.6	10108.7
		2	2	2	5	2	2	2	8	5

Nota. Elaboración propia

2.7. Tabla de costo de mantenimiento total y ordenada

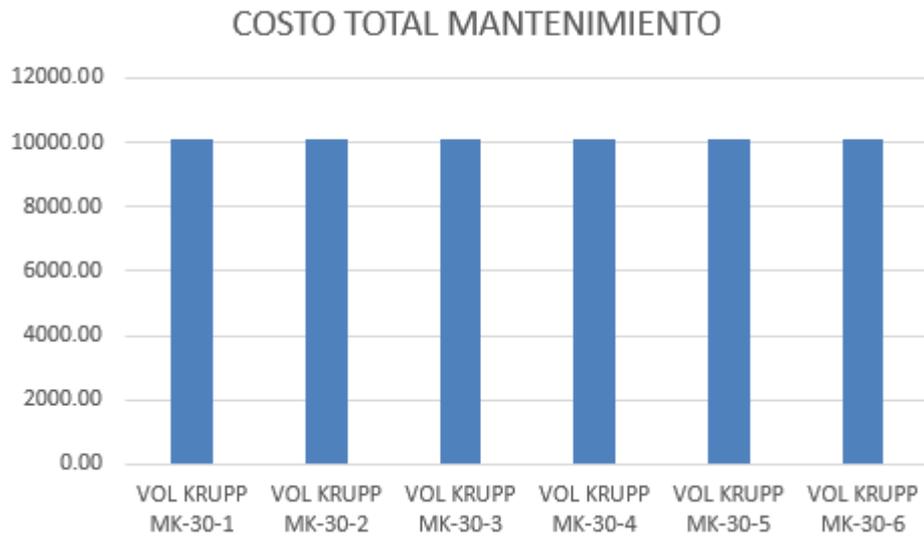
EQUIPO	TIPO DE MANTENIMIENTO								TOTAL (Hrs.)
	250 (PM1)	500 (PM2)	750 (PM1)	1000 (PM3)	1250 (PM1)	1500 (PM2)	1750 (PM1)	2000 (PM4)	
VOLQUETE KRUPP MK- 30-1	694.72	1229.02	694.72	1578.15	694.72	1229.02	694.72	3293.68	10108.75
VOLQUETE KRUPP MK- 30-2	694.72	1229.02	694.72	1578.15	694.72	1229.02	694.72	3293.68	10108.75
VOLQUETE KRUPP MK- 30-3	694.72	1229.02	694.72	1578.15	694.72	1229.02	694.72	3293.68	10108.75
VOLQUETE KRUPP MK- 30-4	694.72	1229.02	694.72	1578.15	694.72	1229.02	694.72	3293.68	10108.75
VOLQUETE KRUPP MK- 30-5	694.72	1229.02	694.72	1578.15	694.72	1229.02	694.72	3293.68	10108.75
VOLQUETE KRUPP MK- 30-6	694.72	1229.02	694.72	1578.15	694.72	1229.02	694.72	3293.68	10108.75

Nota. Elaboración propia

Durante el año el costo de mantenimiento preventivo que se realiza es constante, el precio no varía.

Figura 3

Costo total de mantenimiento



Elaboración propia

2.8. MTTR horas totales por falla

EQUIPO	HORAS TOTALES POR FALLA										Total (Hrs.)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30-1	6.0		7.3	28.5	7.5	1.5		2.5	2.0	7.0	62.3
VOLQUETE KRUPP MK-30-2	3.5	16.0	31.5		10.8		11.0	14.5	8.5		95.8
VOLQUETE KRUPP MK-30-3			12.8	66.8	5.0	13.3	11.0	1.0	2.0	1.0	112.8
VOLQUETE KRUPP MK-30-4	5.0	10.8	32.5	3.0	17.0		3.5	12.3	33.3		117.3
VOLQUETE KRUPP MK-30-5	130.8		8.3	5.0	17.5	2.5		9.0	35.3	3.5	211.8

VOLQUETE												
KRUPP MK-30-6	1.5	4.3	0.5	3.0	22.8	32.8	2.5	16.0	10.0	19.3	112.5	

Nota. Elaboración propia

2.9. MTTR número de paradas

EQUIPO	NUMEROS DE PARADA										Total (Hrs.)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30-1	1		3	3	2	1		1	1	2	14
VOLQUETE KRUPP MK-30-2	3	2	3		4		4	3	2		21
VOLQUETE KRUPP MK-30-3			6	3	1	2	2	1	1	1	17
VOLQUETE KRUPP MK-30-4	1	1	2	1	1		1	3	5		15
VOLQUETE KRUPP MK-30-5	1		2	1	3	1		2	2	1	13
VOLQUETE KRUPP MK-30-6	1	3	1	1	4	1	1	4	3	4	23

Nota. Elaboración propia

Para realizar el MTTR lo que se tiene que realizar es la división entre las horas paradas de falla y el número de para de falla.

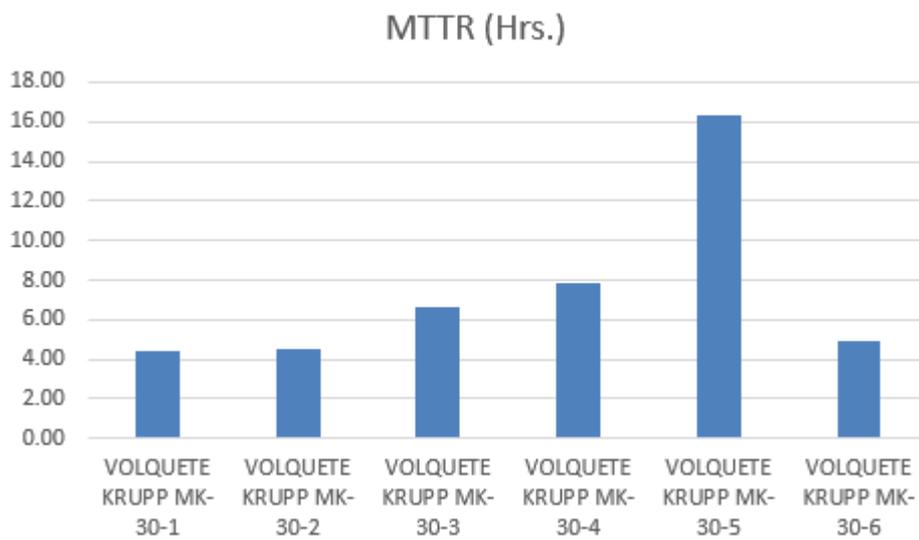
2.10. MTTR por horas de falla

EQUIPO	MTTR (Hrs.)
VOLQUETE KRUPP MK-30-1	4.45
VOLQUETE KRUPP MK-30-2	4.56
VOLQUETE KRUPP MK-30-3	6.63
VOLQUETE KRUPP MK-30-4	7.82
VOLQUETE KRUPP MK-30-5	16.29
VOLQUETE KRUPP MK-30-6	4.89

Nota. Elaboración propia

Figura 4

MTTR (Hrs.)



Nota. Elaboración propia

2.11. Ficha técnica

VOLQUETE KRUPP MK 30						
DATOS GENERALES						
EQUIPO	: VOLQUETE					
COLOR	: AMARILLO					
AÑO	: 1959 / 1960					
UBICACIÓN DE TRABAJO	: YURA S.A. - CANTERAS					
CÓDIGO SAP / INTERNO	EM-MKN-1 : Y-1 EM-MKN-2 : Y-2 EM-MKN-3 : Y-3 EM-MKN-4 : Y-4 EM-MKN-5 : Y-5 EM-MKN-6 : Y-6					
CLASE DE MATERIAL	: 3000401					
DATOS DE MÁQUINA						
MARCA	: KRUPP					
MODELO	: MK-30					
Nº SERIE	: 190981 : 190977 : 190979 : 190975 : 190996 : 190997					
ARREGLO	: No tiene					
CAPACIDAD COLMADA	: --- ---					
CAPACIDAD AL RAS	: --- --- 30 TN					
PESO DE OPERACIÓN	: 35935 lb 16300 kg					
CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE	: 58 gal 220 L					
PRESIÓN DE NEUMÁTICOS	: 60 LB/Pulg 2 Del. - 50 LB/Pulg 2 Post.					
DATOS DE MOTOR						
FABRICANTE	: VOLVO					
MODELO	: TD121G-ACOPLOADO					
Nº SERIE	: 248*220076 : 248*5540062 : 248*5540153 : 248*5540064 : 248*5540061 : 248*6540154					
ARREGLO	: No tiene					
POTENCIA	: 400 hp 298.4 kw					
CILINDRADA	: --- --- : 12 L					
DATOS DE LA TRANSMISIÓN						
FABRICANTE	: VOLVO					
MODELO	: SR1900					
Nº SERIE	: --- ---					
ARREGLO	: No tiene					
CAMBIOS	: 12 ADELANTE : 2 REVERSO					
VEL. MAX HACIA DELANTE						
VEL. MAX EN REVERSA						
TIPOS DE ACEITES POR SISTEMAS						
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	SAP	CAPACIDAD (GAL)	FRECUENCIA (HRS)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
MOTOR	ACEITE SHELL RIMULA SUPER 15W/40	6509282	9	250	25.36	228.24
DIRECCIÓN	ACEITE SHELL DONAX TA	6095327	2	1000	25.27	50.54
TRANSMISIÓN	ACEITE SHELL DENTAX 90	6095326	9	2000	21.1	189.9
DIFERENCIALES	ACEITE SHELL SPIRAX-HD-140	6094226	13	2000	22.68	294.84
HIDRÁULICO	ACEITE SHELL TELLUS 68	6390618	20	2000	20.75	415
TIPO DE REFRIGERANTE						
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	SAP	CAPACIDAD (L)	FRECUENCIA (HRS)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
REFRIGERACIÓN	REFRIGERANTE MEZCLADO (ENV.X 210 L) J/CIL	6507051	46	2000	10.28	472.88
OTROS						
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA GRASA	SAP	CAPACIDAD (KG/GAL)	FRECUENCIA (Hrs.)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
UNIDAD EN GENERAL	GRASA MOBILUX EP-2 (CIL. X 180 KG.)	6085575	15	10	11.44	171.6
	GRASA SHELL ALVANIA RL3 (REEMPL. G-3(R3))	6085654	5	2000	18.37	91.85
FRENOS	LIQUIDO PARA FRENO SAE J1703	5290068	0.5	2000	66.29	33.145



Anexo 3

Consentimiento Informado

Título de la investigación: Incremento de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 aplicando la estrategia del RCM en la empresa Multiservicios Hermes

Investigador (a) (es): Bach. Darwin Edgar Apaza Colque y Bach. Carlos Alberto Torres Espinoza

Propósito del estudio Le invitamos a participar en la investigación titulada “Incremento de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 aplicando la estrategia del RCM en la empresa Multiservicios Hermes”, cuyo objetivo es Incrementar la disponibilidad operativa del volquete Krupp mk 30 aplicando los principios del mantenimiento RCM en la empresa Multiservicios Hermes. Esta investigación es desarrollada por estudiantes de pregrado de la carrera profesional Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo del campus Los Olivos, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la de la Universidad Cesar Vallejo.

Describir el impacto del problema de la investigación.

La forma en la que la empresa Hermes lleva manejando su plan de mantenimiento deficientemente, ya que como hemos visto, una falta de disponibilidad de un equipo puede generar una cuantiosa perdida de utilidad (perdida monetaria) como ya mencionamos anteriormente, lo que demuestra que es un problema muy grave.

Procedimiento Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente (enumerar los procedimientos del estudio):

1. Se realizará una encuesta o entrevista donde se recogerán datos personales y algunas preguntas sobre la investigación titulada:” Incremento de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 aplicando la estrategia del RCM en la empresa Multiservicios Hermes”.
2. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de 5 minutos y se realizará en el ambiente de sala de espera de la Universidad Cesar Vallejo. Las respuestas al cuestionario o guía de entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

Participación voluntaria (principio de autonomía): Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

Riesgo (principio de No maleficencia): Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

Beneficios (principio de beneficencia): Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

Confidencialidad (principio de justicia): Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

Problemas o preguntas: Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con los Investigadores: Darwin Edgar Apaza Colque de email: dary19921951@gmail.com, Carlos Alberto Torres Espinoza de email: torrescarlos0106@gmail.com y Docente asesor Cuadros Camposano, Edwin Huber email: ehcuadros@ucvvirtual.edu.pe

Consentimiento Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre y apellidos: Alberto Pelayo Torres Bravo

Fecha y hora: 13 de Diciembre del 2023, 10:30 am

Anexo. Matriz de evaluación de juicio de expertos

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo **JACINTO LUCAS HERRERA FLORES** con DNI N° 04440199 con CIP N° 79349 de profesión **INGENIERO MECANICO**.

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

- *MTBF horas totales para por falla*
- *MTBF numero de parada*
- *MTBF Horas de operación*

Del trabajo de TESIS titulado: **"Incremento de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 aplicando la estrategia del RCM en la empresa Multiservicios Hermes"**.
Elaborado y presentado por los estudiantes:

- Apaza Colque Darwin Edgard
- Torres Espinoza Carlos Alberto

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 Moquegua el día 16 del mes de noviembre del año 2023

Ing: : **JACINTO LUCAS HERRERA FLORES**

DNI : **04440199**

Especialidad : **INGENIERIA MECÁNICA**



• *MTBF horas totales para por falla*

EQUIPO	HORAS TOTALES PARA POR FALLA										Total (Hrs.)	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT		
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-1												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-2												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-3												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-4												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-5												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-6												

• *MTBF numero de parada.*

EQUIPO	NÚMEROS DE PARADA										Total (Hrs.)	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT		
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-1												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-2												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-3												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-4												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-5												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-6												

• *MTBF Horas de operación*

EQUIPO	HORAS DE OPERACIÓN										Total (Hrs.)	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT		
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-1												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-2												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-3												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-4												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-5												
VDIQUETE												
ERLPP M& 30-6												



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo **ADOLFO VALDEMAR VIZCONDE ROJAS** con DNI N° **40114751** con CIP N° **162794** de profesión **INGENIERO MECANICO**

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

- *MTBF horas totales para por falla*
- *MTBF numero de parada.*
- *MTBF Horas de operación.*

Del trabajo de TESIS titulado: "**Incremento de la disponibilidad del volquete Krupp MK 30 aplicando la estrategia del RCM en la empresa Multiservicios Hermes**".

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- Apaza Colque Darwin Edgard
- Torres Espinoza Carlos Alberto

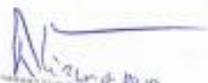
INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Moquegua el día 16 del mes de noviembre del año 2023

Ing. : **ADOLFO VALDEMAR VIZCONDE ROJAS**

DNI : **40114751**

Especialidad : **INGENIERIA MECÁNICA**



Adolfo Vizconde Rojas
INGENIERO MECANICO
CIP. 162794

• **MTBF horas totales para por falla**

EQUIPO	HORAS TOTALES PARA POR FALLA										Total (Hrs.)	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT		
VOLQUETE KRUPP MK-30-1												
VOLQUETE KRUPP MK-30-2												
VOLQUETE KRUPP MK-30-3												
VOLQUETE KRUPP MK-30-4												
VOLQUETE KRUPP MK-30-5												
VOLQUETE KRUPP MK-30-6												

• **MTBF numero de parada**

EQUIPO	NUMEROS DE PARADA										Total (Hrs.)	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT		
VOLQUETE KRUPP MK-30-1												
VOLQUETE KRUPP MK-30-2												
VOLQUETE KRUPP MK-30-3												
VOLQUETE KRUPP MK-30-4												
VOLQUETE KRUPP MK-30-5												
VOLQUETE KRUPP MK-30-6												

• **MTBF Horas de operación**

EQUIPO	HORAS DE OPERACIÓN										Total (Hrs.)	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT		
VOLQUETE KRUPP MK-30-1												
VOLQUETE KRUPP MK-30-2												
VOLQUETE KRUPP MK-30-3												
VOLQUETE KRUPP MK-30-4												
VOLQUETE KRUPP MK-30-5												
VOLQUETE KRUPP MK-30-6												



 VICERRECTORÍA ACADÉMICA
 C.A. 102731

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo **MERLE ALBERT PINEDA GÓMEZ** con DNI 40121540 con CIP N° 114471 de profesión **INGENIERO MECÁNICO**.

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

- MTBF horas totales para parada por falla
- MTBF números de paradas
- MTBF horas de operación

Del trabajo de TESIS titulado "Incremento de la Disponibilidad del Volquete Krupp MK 30 aplicando la Estrategia del RCM en la Empresa Multiservicios Hermes, 2023".

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- Apaza Colque Darwin y Edgard
- Torres Espinoza Carlos Alberto

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 Moquegua el día 16 de Noviembre del año 2023:

Ing. **Merle Albert Pineda Gómez**

DNI: **40121540**

Especialidad: **Ingeniería Mecánica**

GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA
DIRECCIÓN REGIONAL AGRICULTURA MOQUEGUA
.....
ING. MERLE ALBERT PINEDA GÓMEZ
RESIDENTE DE OBRA
CIP: 114471

• MTBF horas totales para por falla

EQUIPO	HORAS TOTALES PARA POR FALLA										Total (Hrs.)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK-30- 1											
VOLQUETE KRUPP MK-30- 2											
VOLQUETE KRUPP MK-30- 3											
VOLQUETE KRUPP MK-30- 4											
VOLQUETE KRUPP MK-30- 5											
VOLQUETE KRUPP MK-30- 6											

Nota: Elaboración propia

• MTBF numero de parada

EQUIPO	NUMEROS DE PARADA										Total (Hrs.)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	
VOLQUETE KRUPP MK- 30-1											
VOLQUETE KRUPP MK- 30-2											
VOLQUETE KRUPP MK- 30-3											

GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA
 DIRECCION REGIONAL DE AGRICULTURA MOQUEGUA
 ING. MERLE ALBERT PINEDA GOMEZ
 RESIDENTE DE OBRA
 CIP: 114471

VOLQUETE
KRUPP MK-
30-4

VOLQUETE
KRUPP MK-
30-5

VOLQUETE
KRUPP MK-
30-6

Nota: Elaboración propia

- MTRF Horas de operación

EQUIPO	HORAS DE OPERACIÓN										Total (Hrs.)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	

VOLQUETE
KRUPP MK-
30-1

VOLQUETE
KRUPP MK-
30-2

VOLQUETE
KRUPP MK-
30-3

VOLQUETE
KRUPP MK-
30-4

VOLQUETE
KRUPP MK-
30-5

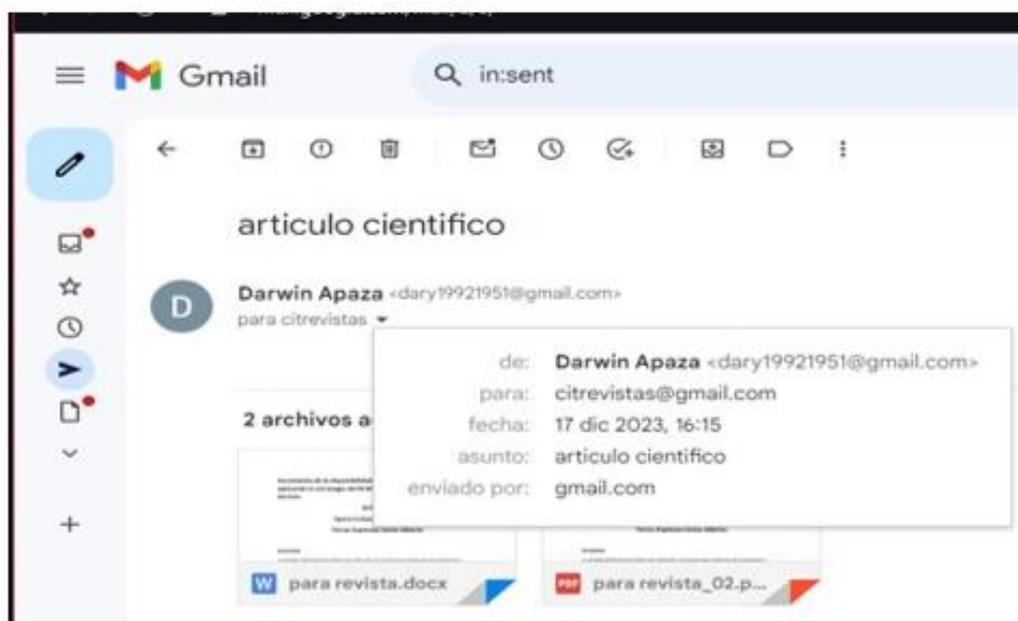
VOLQUETE
KRUPP MK-
30-6

Nota: Elaboración propia

GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA
DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
ING. MERLY ALBERT PINEDA GOMEZ
REGISTRANTE DE OBRAS
CUI: 214471

Anexo. Evidencia de envío para la publicación del artículo científico

Envió de artículo científico a revista: citrevistas@gmail.com



Tiene para entregarme su TESIS hoy

Anexo. Autorización de la empresa para realizar la TESIS

AUTORIZACIÓN OTORGADA PARA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

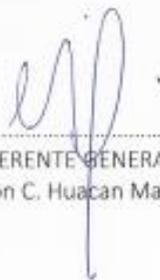
Moquegua, 16 de mayo del 2023

AUTORIZACIÓN

Por medio del presente, el que suscribe: Wilson C. Huacan Mamani, Gerente General de la empresa MULTISERVICIOS HERMES, ubicado en el centro poblado de Chen Chen, distrito de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua

SE AUTORIZA:

A los bachilleres DARWIN E. APAZA COLQUE Y CARLOS A. TORRES ESPINOZA del programa de titulación, para poder recolectar y hacer uso de los datos que puedan requerir para la elaboración de su trabajo de investigación con mención en mantenimiento de acorde a la maquinaria que ellos vean conveniente.



GERENTE GENERAL
Wilson C. Huacan Mamani