



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas para incrementar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E de la compañía minera MISKY MAYO”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Br. Palacios Palacios, Ricardo César (ORCID: 0000-0002-6671-970X)

ASESOR:

Mg. Seminario Atarama, Mario (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva.

Piura – Perú

2017

Dedicatoria

A Dios por iluminar mi camino, por la salud y fortaleza para vencer todos los obstáculos. También dedicarle a una persona muy especial Diana y a mis hijos Fernanda, Daniela y Dominic, quienes estuvieron apoyándome en todos los momentos convirtiéndose en los pilares fundamentales para lograr mí meta.

Además con mucho cariño a mis padres Adolfo y Ovidia que siempre estuvieron apoyándome para lograr esta meta en mi vida profesional.

Agradecimiento

A Dios por la salud y la fortaleza para seguir adelante y culminar mis estudios profesionales.

A la universidad César Vallejo y de manera especial a la facultad de ingeniería industrial por todo lo que nos brinda para nuestra formación como personas y profesionales.

A la empresa Komatsu Mitsui Maquinarias Perú quienes me brindaron el apoyo para hacer posible el desarrollo de este trabajo.

Además, también a agradecer a todas las personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo incondicional.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Método de análisis de datos.....	17
3.6. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	34
VI. CONCLUSIONES.....	37
VII. RECOMENDACIONES.....	38
REFERENCIAS.....	39
ANEXOS.....	45

Índice de tablas

Tabla 1: Preguntas clave para identificar necesidades reales	17
Tabla 2 Técnica e Instrumentos de los Indicadores.....	18
Tabla 3: MTTR antes y después del uso de las Tablas de causa y efecto	21
Tabla 4: MTBF antes y después del uso de las inspecciones	22
Tabla 5: Disponibilidad antes y después de la implementación.....	23

Índice de figuras

Figura 1: Preguntas clave para identificar necesidades reales de reaparación.	9
Figura 2: Formato del Contexto Operacional	10
Figura 3: Descripción de lo que sucede cuando se produce un Modo de Fallo.....	12

Resumen

El objetivo general de este trabajo, es incrementar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E de la Compañía Minera Misky Mayo. Para lograrlo, se realizó un diagnóstico recopilando información y verificando el estado, comportamiento y funcionamiento durante su operación, para conocer la situación operativa de los camiones Komatsu 730E. Luego se aplicó la técnica de causa efecto para determinar las fallas. Se estableció como hipótesis general que, con la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico por fallas por síntomas se podrá incrementar confiabilidad de los camiones de Komatsu 730E. Para ello la población estuvo conformada por 20 camiones mineros Komatsu 730E. Para su análisis se realizó un estudio experimental con un diseño de investigación de pre test y post test. En cuanto a la recolección de datos se utilizaron formatos para determinar las causas y efectos de fallas, control e inspección, tiempo medio entre fallas, tiempo de reparación de fallas. Finalmente se realizó un análisis de los resultados obtenidos y con ellos las conclusiones para mejorar el funcionamiento de los camiones Komatsu 730E. El beneficio que aportó el siguiente trabajo fue incrementar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E de 53% a 66% logrando así alcanzar el objetivo propuesto.

Palabras Claves: Confiabilidad, Programa de mantenimiento basado en la metodología, diagnóstico de falla por síntomas.

Abstract

The general objective of this work was to increase the reliability of the Komatsu 730E trucks of the Misky Mayo Mining Company. To achieve this, a diagnosis was made to know the current situation of the Komatsu 730E trucks. Then the cause-effect technique was applied to determine the faults. It was established as a general hypothesis that, with the implementation of a maintenance program based on the diagnostic methodology for failure due to symptoms, it will be possible to increase the reliability of the Komatsu 730E trucks. For this the population consisted of 20 mining trucks Komatsu 730E. For its analysis, an experimental study was carried out with a pre-test and post-test design. In terms of data collection, formats were used to determine the causes and effects of failures, control and inspection, average time between failures, time to repair faults. Finally, an analysis of the results obtained was carried out and with them the conclusions to improve the operation of the Komatsu 730E trucks. The benefit of the following work was to increase the reliability of the Komatsu 730E trucks from 53% to 66%, thus achieving the proposed goal.

Keywords: Reliability, maintenance program based on the methodology, diagnosis of failure due to symptoms.

I. INTRODUCCIÓN

Komatsu–Mitsui Maquinarias Perú (KMMP) es una empresa en el Perú prestadora de servicios post venta de equipos y máquinas de construcción, minera e industrial. Cuenta con una red de 14 tiendas y sucursales, 200 colaboradores para atender a las principales empresas del rubro minero del Perú y a las más importantes empresas de construcción. Una de ellas es la empresa Minera Misky Mayo, que es uno de los clientes que más exigencias solicitan en cuanto al servicio y calidad de manteniendo de los camiones que Komatsu ofrece.

El área de mantenimiento ubicada en Sechura- Piura, es la encargada de mantener y reacondicionar componentes, equipos o sistemas para el cumplimiento de sus funciones (cualquier actividad desempeñada bajo el punto de vista operacional). KMMP en el contrato de mantenimiento integral MARC (Manténganse and repaircontracts – contrato de mantenimiento y reparación) con la Minera Misky Mayo de Bayóvar-Piura, se centra en proporcionar la mayor confiabilidad de maquinaria pesada incluyendo los camiones Komatsu 730E con los más bajos costos posibles en ejecución, alcanzando los estándares más exigentes por el cliente.

El área de producción de la Minera Misky Mayo, ubicada en la provincia de Sechura, cuenta con 20 camiones Komatsu modelo 730E, cumplen con la función de traslado de las distintas capas de material que se extraen de los diferentes niveles en tajo abierto y llevarlos a diversos puntos dentro de mina de mina, la capacidad de carga de cada uno de los camiones Komatsu 730E es de 190 Toneladas o 160 metros cúbicos por viaje, dependiendo del punto de descarga, el ciclo puede demorar entre 10 a 20 minutos, ejemplo desde el punto de extracción donde se encuentra una excavadora hidráulica gigante modelo PC4000, y su función es cargar los camiones, este ciclo de carga demora entre 3 a 5 minutos, es entonces cuando los camiones empiezan su traslado y se dirigen hacia botaderos internos o hacia planta procesadora, en este trayecto se presentan muchos inconvenientes, como vías en mal estado, condiciones climáticas (calor, tormentas de arena, llovizna) las cuales afectan a los distintos sistemas de los camiones. Las fallas intempestivas que presentan los camiones, la

mayoría de veces requieren de mucho tiempo para ser corregidas en el tajo de mina. Las fallas que se pueden presentar en los sistemas de los camiones (propulsión, motor, hidráulico, suspensiones, aire acondicionado, payload meter, sistema eléctrico y electrónico), en algunos de estos casos no son por código o algún tipo de alarma sino por síntomas, como pérdida de propulsión, caída de cilindro hidráulicos, exceso de humo negro saliente de motor, etc. el operador se percata de este tipo de fallas y reporta a personal técnico Komatsu, quien se acerca inspecciona, evalúa y trata de identificar la falla, al realizar esta evaluación se ha perdido mucho tiempo, se han dado casos que se ha demorado de 4 a 6 días para evaluar este tipo de fallas que se presentan en campo, lo cual afecta a la producción de la empresa minera, ya que una excavadora gigante trabaja en conjunto con tres a cuatro camiones .

Si las demoras ocasionadas por las fallas persisten y se dan con más frecuencia el cliente, compañía minera Misky Mayo, será un cliente descontento por no poder continuar con su proceso de extracción minera con efectividad. Es por eso que se propone implementar un Programa de Mantenimiento basado en la Metodología de Diagnóstico por Fallas por Síntomas (PMMDFS) con el fin de mejorar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E, consistente en la recolección de información de las fallas y realizar un estudio el cual permita identificar cuáles son las fallas con mayor porcentaje de acumulación de horas, después se elaborara un cuadro de diagnóstico de fallas, causas, efectos y solución, para reducir el tiempo de reparación en campo, se implementara un nuevo programa de mantenimiento basado en el diagnóstico de fallas y check list de los sistemas y componentes con el fin de realizar la evaluación del estado de cada componente de los camiones y así extender su vida útil o de ser necesario cambiar antes que lo sea. Todo esto permitirá a la empresa, mejorar la confiabilidad del funcionamiento de los camiones Komatsu 730E de la empresa Misky Mayo, y mejorar la calidad de servicio que ofrece la empresa Komatsu-Mitsui.

La pregunta que orienta la investigación se plantea como sigue: ¿En qué medida, incrementa la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E mediante la implementación un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas en la empresa minera Misky mayo de la ciudad de

Bayovar? Para responderla, se hace uso de las siguientes preguntas específicas: ¿En cuánto disminuye el tiempo medio de reparación (MTTR) mediante la implementación del diagnóstico de fallas en los camiones 730E?, ¿En cuánto incrementa el tiempo medio entre fallas (MTBF) mediante la implementación del nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check list en cada mantenimiento? y ¿En cuánto incrementa la disponibilidad de los camiones Komatsu 730E mediante la implementación un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas?

La implantación de un programa de mantenimiento basado en la metodología diagnóstico de fallas por síntomas, se justifica técnicamente porque permitirá a la empresa Komatsu - Mitsui mejorar los procesos de mantenimiento y solucionar las fallas que se presentan en los sistemas de los camiones Komatsu, y de esta manera la empresa podrá tener una mayor confiabilidad de los camiones para un mejor proceso de producción en la empresa Minera Misky Mayo. Asimismo, la investigación permite un beneficio social, ya que los trabajadores que conforman la compañía van a contar con el tiempo suficiente para poder cumplir con los objetivos establecidos por la empresa que se enfoca en realizar la mayor extracción minera. A la vez el proyecto de investigación será de mucha utilidad para la empresa Komatsu - Mitsui así como también para dar la tranquilidad a nuestros clientes como la empresa Minera Misky Mayo, a través de la confiabilidad en el uso de sus camiones Komatsu 730E.

El objetivo general planteado consistió en determinar en cuanto se incrementa la confiabilidad de los camiones de Komatsu 730E mediante la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas en los camiones de la compañía minera Misky mayo. Los objetivos específicos que permiten su cumplimiento fueron: calcular en cuanto disminuye el tiempo medio de reparación (MTTR) de los camiones Komatsu 730E mediante la implementación del diagnóstico de fallas en los camiones 730E, Calcular en cuánto incrementa el tiempo entre fallas (MTBF) de los camiones Komatsu 730E mediante la implementación del nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de

diagnóstico de fallas por síntomas y check list en cada mantenimiento y Calcular en cuánto se incrementa la disponibilidad de los camiones Komatsu 730E mediante la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas.

La hipótesis general consistió en: La implementación un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas incrementará la confiabilidad de los camiones de Komatsu 730E. Como hipótesis específicas.se plantearon: La implementación del diagnóstico de fallas disminuirá el tiempo medio de reparación (MTTR) de los camiones Komatsu 730E, la implementación del nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check list en cada mantenimiento incrementara el tiempo medio entre fallas (MTBF) de los camiones Komatsu 730E y la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas incrementa la disponibilidad de los camiones Komatsu 730E.

II. MARCO TEÓRICO

Bravo, (2010) estableció como objetivo general de su investigación elaborar una aplicación para diagnosticar la causa más probable de fallas de un equipo o máquina basada en arboles de decisiones y realizada en Visual Basic. Concluye que la aplicación es capaz de simular la manera de actuar de un humano experto almacenando sus conocimientos en una base de datos , revisada por el mismo experto que permita diagnosticar la causa más probable de una falla. El aporte de esta investigación da la idea al presente trabajo que el técnico sin experiencia resuelva la fallas por síntomas del equipo sin la presencia de un técnico experto, solo con la ayuda de un cuadro de causa y efectos de las posibles causa de la falla hasta las posibles soluciones, ya que se relaciona directamente con el primer objetivo específico que es, Calcular en cuanto disminuye el tiempo medio de reparación (MTTR) de los camiones Komatsu 730E mediante una rápida solución de las fallas según la tablas de causas y efectos.

Males y Morales (2007) realizaron un manual para el diagnóstico de fallas de funcionamiento en maquinaria pesada de construcción civil. Concluyen que este documento permite un diagnóstico previo a encontrar una solución a posibles daños que pueden presentar los principales sistemas de la maquinaria pesada y ayuda para encontrar el sistema o elementos mecánico que produce la falla. Este trabajo tiene relación con el primer objetivo específico del presente proyecto que es Calcular en cuanto disminuye el tiempo medio de reparación (MTTR) de los camiones Komatsu 730E mediante una rápida solución de las fallas según la tablas de causas y efectos de fallas.

Rojas. (2014) en la investigación para mejorar la gestión de la planificación y pautas para el mantenimiento de una flota Diésel Komatsu 830E y 930 consideró necesario la realización de cambios en los procesos del área planificación a través del software Eclipse para realizar una proyección precisa del servicio. Utilizó nuevos reportes para mejorar el control en la realización de los mantenimientos. Este antecedente tiene relación son el segundo objetivo específico el cual es, Calcular en cuanto incrementa

el tiempo entre fallas (MTBF), de los camiones Komatsu 730E mediante inspecciones en cada mantenimiento programado.

Niño (2015) en la investigación realizada propuso analizar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de un motor de combustión interna, para lo cual describió el contexto operacional de la planta, definió el concepto de RAM, desarrolló el cálculo y análisis de RAM de los motores y finalizó con la elaboración de una propuesta de mejora. Empleó distribuciones estadísticas, análisis de causa y efecto e implementación de mantenimiento, así como la determinación de tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparar, con el fin de hallar la disponibilidad. Esta investigación se relaciona con el objetivo específico para el cálculo del incremento en la disponibilidad de los camiones Komatsu 730E mediante la implementación un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas

El sustento teórico de la investigación tomó como referencia el mantenimiento y la metodología del diagnóstico de fallas por síntomas.

Mesa (2006) define el mantenimiento como un grupo de acciones para mantener y reacondicionar un sistema, equipo o componente, para cumplir las funciones o actividades desempeñadas, el punto de vista operacional, para las cuales fue fabricado. El mantenimiento se puede clasificar desde en dos categorías: a) según el concepto universal, en programado y no programado y b) en mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. En el mantenimiento programado se prevén las intervenciones, el personal, los materiales así como la ejecución. En el mantenimiento programado las intervenciones se llevan a cabo debido a las paradas de las instalaciones, es decir por necesidad.

En el mantenimiento preventivo se realizan programaciones para los cambios de algunas partes, de una máquina o instalación, de acuerdo a determinados criterios y de esta forma aumentar su tiempo de vida al disminuir la probabilidad de avería o

pérdida de rendimiento. Las intervenciones se ajustan a la vida útil de la máquina o instalación intervenida. Este tipo de mantenimiento surgió de la aplicación de la estadística en la vida útil de las máquinas o instalaciones al realizar cambios periódicos de elementos sin considerar el deterioro y desgaste de ellos. Presenta como limitación la incertidumbre al momento de considerar el tiempo de cambio del elemento.

El mantenimiento correctivo (reactivo) se lleva a cabo cuando se presenta una avería, es decir, en el momento de producirse una falla en una máquina o instalación, caso contrario, no habrá mantenimiento, esperando la ocurrencia de un desperfecto para realizar las acciones para corregir el desperfecto. Este tipo de mantenimiento origina: detenciones, no previstas, en la línea de producción por lo que disminuyen las horas operativas. Además interfiere con la cadena productiva al detener los ciclos posteriores hasta que se solucione la etapa previa. Puede darse el caso, por carencia de dinero, no poder hacer las compras no previstas de las piezas necesarias para la solución. Inpredecible estimar el tiempo en que el equipo este fuera de operación. Existen dos variantes de esta categoría: correctivo programado y correctivo de emergencia.

Mediante el mantenimiento predictivo se identifican las fallas con el equipo en funcionamiento, utilizando instrumentos portátiles previamente ubicados en partes específicas del equipo, para luego interpretar los datos previamente obtenidos. Utilizando análisis vibratorio, análisis de aceites, revisión de presión y de temperaturas, etc. se analizan estadísticamente los resultados.

Para disminuir el costo de almacenamiento cada empresa utilizará una combinación de acciones correctivas y predictivas.

Según Mago (2006) inicialmente el tiempo de duración del mantenimiento se realiza por cálculos aproximados. Conforme se tenga una data histórica real se pueden realizar comparaciones y estimaciones hasta afinar estos valores y hacerlos más

exactos. Mediante la estimación cada tarea se divide en sub tareas asignandoles valores de tiempo de cada una. Al totalizar los tiempos de cada sub tarea de una tarea de una unidad de trabajo se estiman los tiempos totales de ejecución de la tarea y al totalizar los subtotales de las tareas, se estimará la unidad de trabajo.

De acuerdo a Mesa (2006) la gestión de mantenimiento ha evolucionado pasado por distintas generaciones. En la década de los 50's la premisa consistió en el mantenimiento correctivo es decir reparar después de presentada la falla. En los años 60's se postula el ahorro de gastos, mediante el mantenimiento preventivo, equilibrando el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo. Con el avance de la tecnología aparece la filosofía del mantenimiento predictivo, específicamente después del programa espacial norteamericano. Las técnicas de mantenimiento pasaron a no satisfacer las necesidades de los nuevos proyectos industriales, debido a la complejidad de los equipos por el avance de la electrónica. Dando origen a la gestión de mantenimiento basada en la confiabilidad, gracias a las técnicas predictivas de acompañamiento del estado de los equipos.

Conforme aparecen nuevos avances tecnológicos era necesario aplicar una nueva filosofía de mantenimiento originando la generación del mantenimiento basado en la condición, donde la confiabilidad pasa a ser una disciplina clave empleando conceptos extremadamente útiles y simples. En la actualidad para medir el comportamiento de una variable de mantenimiento y detectar la existencia de desviaciones o no para tomar decisiones de acción correctiva se utiliza una serie de indicadores o parámetros.

De acuerdo a Parra (2005) la metodología de fallas por síntomas se utiliza para determinar las necesidades de mantenimiento físico, en su contexto operativo, de cualquier activo, para garantizar se cumplan los estándares requeridos en la realización de los procesos de producción. Permite identificar, en el contexto operacional realizado por un equipo natural de trabajo, las frecuencias de reparación de los activos más importantes.

Tomando en cuenta lo mencionado por Parra (2005), se debe poner atención entre la relación que existe entre la organización y sus activos. Una vez identificados los activos determinar cuáles deben estar sujetos a una revisión para identificar las necesidades reales de reparación en su contexto operacional para lo cual se deben utilizar siete preguntas para su posterior análisis (Figura 1).

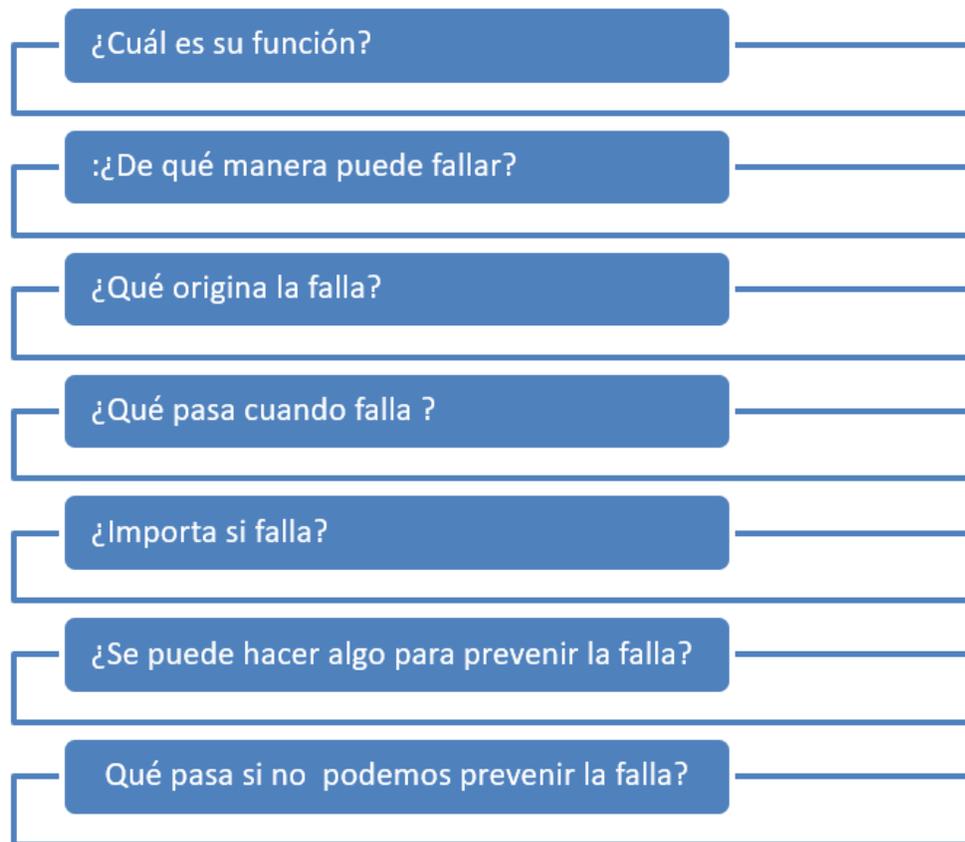


Figura 1. Preguntas clave para identificar necesidades reales de reparación.

Para dar respuesta a estas preguntas se emplean técnicas claves para determinar, en el contexto operacional de cada activo, las consecuencias de los modos de fallas.

El Contexto Operacional, es el primer documento que se realiza para un análisis de fallas, donde se plasman las circunstancias donde se espera que opere el activo. Su contenido se detalla en el documento de la Figura 2.

Sistema/Equipo/Dispositivo: Elaborado Por: Fecha:				PATRON DE FALLA			Equipo de Trabajo:	
SISTEMA/EQUIPO/DI SPOSITIVO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	INFANTE	ALEATORIA	ENVEJECIMIENTO	CAUSA DE LA FALLA	EFFECTOS DE LA FALLA

Figura 2. Formato del Contexto Operacional

La descripción también debe reflejar la finalidad, descripción, dispositivos de seguridad, operaciones, límites personal del equipo, descripción de procesos, volumen de producción y un listado de los componentes (en caso de que haya subdivisión) e indicadores.

Para aplicar esta metodología, es necesario asegurarse de entender el contexto operacional, ya que una falencia puede afectar todo el proceso de formulación de las estrategias (la definición de funciones, la naturaleza de los patrones de fallas que pueden ocurrir y que debe hacerse para manejarlos).

Según Moubray (2004) dentro de un contexto operacional específico la metodología permite asegurar que los activos cumplan eficientemente las funciones para las cuales fueron diseñados, a través de la actuación antes que ocurra la falla. En el caso cuando las actividades de mantenimiento se llevan a cabo por fallas, los activos no podrán cumplir con sus funciones. Se debe tener claramente identificado cuando un activo está cumpliendo su misión de manera eficiente, lo cual no es tarea fácil. Cada tipo de presenta: dos estándares de funcionamiento: el estándar y el deseado. El primero se

asocia a la confiabilidad y el segundo se refiere a lo esperado del activo en el contexto operacional.

Una falla, es una ocurrencia no previsible, que se presenta en un elemento de un equipos que le impide cumplir la tarea para lo cual fue diseñado mientras que un fallo funcional viene a ser la incapacidad parcial o total de un componente de un equipo para cumplir el desempeño deseado de acuerdo a los estándares de funcionamiento (KNEZEVIC, 1996). Las fallas se presentan en todo tipo de operación por lo que los equipos nunca tendrán un funcionamiento eficaz, siempre habrá un problema por la falta de revisiones o falta de seguimiento de las reparaciones. El mismo autor considera que el método de fallas tiene como finalidad asegurar que un elemento físico continúe desarrollando la función deseada. Los criterios empleados para definir el fallo permiten la toma de decisiones sobre el mantenimiento. Por lo que es necesario definir claramente los criterios de funcionamiento asociados a cada función, y en lo posible medirlos.

Deben ser identificados todos los hechos que pueden causar cada estado de falla de un activo físico, los cuales pueden clasificarse en tres grupos: si la capacidad del activo cae por debajo del funcionamiento deseado, si el funcionamiento deseado del activo se eleva más allá de la capacidad inicial y cuando desde el inicio el activo no es capaz de hacer lo que se requiere. Luego se debe describir lo que sucede cuando se produce cada modo de fallo. Según KNEZEVIC, (1996) debe tenerse en cuenta lo mostrado en la Figura 3:

Una vez determinado cómo y cuándo importa cada falla, se tiene conocimiento real si una falla requiere o no prevenirse. La seguridad o funcionalidad de la planta se ve afectada por el fallo. Dependiendo del contexto operacional del equipo, de los estándares de prestación o criterios de funcionamiento deseados para cada función y los efectos físicos de cada modo de falla. Esta combinación de contexto, estándares y efectos quiere decir que cada fallo tiene un grupo específico de consecuencias asociados a el (KNEZEVIC, 1996).



Figura 3. Descripción de lo que sucede cuando se produce un Modo de Fallo

Las acciones para tratar las fallas pueden ser proactivas y acciones por defecto. Las proactivas, se realizan antes que el componente llegue a un estado de falla. Estas tareas pueden ser “predecibles” y “preventivas”. Las acciones por defecto, se llevan a cabo cuando no es posible identificar una tarea proactiva eficaz. Incluyen la falta de investigación.

Para la optimización de la gestión de una organización determinada el análisis de modo y efectos de fallas es la herramienta principal de la metodología del proceso de fallas. Este método sistemático identifica los problemas, bajo un contexto operacional dado, antes que estos ocurran y afectan los procesos y productos en un área determinada, (Misaji y Fumo, 1932).

La finalidad del AMEF consiste en encontrar todas las formas (modos) en los cuales, dentro de un proceso, puede fallar un activo para identificar la posibles consecuencias o efectos de la falla en función de la: seguridad humana, ambiente, y operaciones. Es necesario, para cumplir con este objetivo, seguir la siguiente secuencia: a) explicar

las funciones de cada activo. b) definir las fallas funcionales c) definir los modos de fallos y d) establecer los efectos a cada modo de fallo.

Se define la confiabilidad (fiabilidad) como la probabilidad que un sistema realice satisfactoriamente su función para la cual fue diseñada, bajo un conjunto de condiciones previamente definidas (técnicas, operativas, de seguridad y ambientales), durante un tiempo determinado. Se denomina confiabilidad inherente a la máxima que puede llegar en base a su diseño y en su proceso de fabricación. Mediante el mantenimiento se puede incrementar la confiabilidad pero no su confiabilidad inherente. Se dan tres pasos básicos evaluar la confiabilidad de un sistema: construir un modelo para el análisis realizar el análisis y el cálculo de los indicadores y evaluar e interpretar los resultados alcanzados.

El origen de la confiabilidad data desde el final de la década de los setenta, cuando Stanley Nowlan y Howard Hepp presentaron un informe, respecto al desempeño de las Aerolíneas Unidas (American Airlines). al Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Al inicio de la década de los ochenta se implementó en múltiples industrias alrededor del mundo el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y en década de los noventa se aplicó en la industria de la aviación. En las décadas de los ochenta y noventa se desarrollaron investigaciones relacionadas con los modelos de fallas y el análisis de causas (FMCA). La confiabilidad tiene como indicador al tiempo medio entre falla MTBF y al tiempo medio de reparación MTTR. La confiabilidad se calcula de la siguiente manera:

$$R(t) = e^{-\frac{1}{MTBF}t}$$

Dónde:

$R(t)$: Probabilidad de funcionamiento libre de fallos.

e : Número de Euler (2,718).

t : Periodo especificado en funcionamiento libre de fallos.

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

λ : Tasa de fallas = Número de fallas / Tiempo de operación. O
 $1/\text{MTBF}$.

El Tiempo Medio entre fallas (MTBF) se define como el tiempo promedio que un equipo desarrolla su función sin interrupción debido a una falla funcional. Se determina el tiempo promedio de operación normal entre fallas (Nachias, 1995)..

El Tiempo Medio de Reparación (MTTR) es el tiempo promedio necesario para recuperar la función de un equipo, después de una falla funcional. Se incluyen los tiempos para analizar, diagnosticar la falla, reparar y planeación. Se define también como una medida de mantenibilidad de un equipo. Se calcula mediante la expresión:

$$\frac{\textit{Tiempo total de las reparaciones}}{\textit{Número total de fallas}}$$

La disponibilidad, de un equipo reparable, se considera como la probabilidad que tiene de estar disponible para su uso durante un tiempo cualquiera o también como la aptitud para realizar su función cuando y como se quiera disponiendo de los recursos externos necesarios y bajo determinadas condiciones. Depende de la frecuencia de los fallos de acuerdo a un tiempo determinado y el tiempo necesario para conservar la funcionalidad. Se calcula mediante la ecuación:

$$\frac{\textit{Tiempo medio entre fallas}}{\textit{Tiempo medio entre fallas+Tiempo medio de reparación}}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de investigación.

Para cumplir con el objetivo general del presente trabajo de investigación, será necesario dividir el estudio en fases o etapas que permitan llegar de manera sistemática a un resultado satisfactorio. Para Hernández (2010), el tipo de diseño utilizado en la investigación corresponde a un pre experimental, ya que al grupo de estudio se le aplicara una prueba previa al tratamiento experimental; después se le administrara el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al tratamiento.

El diseño se representa de la manera siguiente:

G: 01 X 02

Dónde:

- G : Sistemas de los camiones Komatsu 730E.
- O1 : Confiabilidad de los camiones Komatsu 730E antes de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodológica de diagnóstico de fallas por síntomas
- X : Implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntoma.
- O2 : Confiabilidad de los camiones Komatsu 730E después de implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntoma.

3.2. Variables, Operacionalización.

Para el desarrollo de la investigación se estableció como variable independiente implementación de un program de mantenimiento basado en la metodologia de diagnostico de falla por sintomas y su variable dependiente la confiabilidad. Se detallan

sus definiciones e indicadores en el Anexo 1.

3.3. Población y muestras

La población empleada para esta investigación serán los 20 camiones Komatsu 730E de la empresa minera Misky-Mayo, Bayóvar – Piura. Siendo la unidad de análisis solo los 20 camiones, por lo tanto la muestra será igual a la población, debido a que abarca todos los 20 camiones pertenecientes a la empresa Minera Misky Mayo (Tabla 1),

Tabla 1. Población y muestra.

Indicador	Población	Muestra
Número de fallas	Camiones Komatsu 730E	20
Evaluación de causas y efectos de fallas	Camiones Komatsu 730E	20
Tiempo medio entre fallas	Camiones Komatsu 730E	20
Tiempo medio para reparar	Camiones Komatsu 730E	20
Disponibilidad	Camiones Komatsu 730E	20

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..

En la 2 se muestra cada uno de los indicadores con su respectiva técnica e instrumento a utilizar para la recolección de datos.

Tabla 2: Técnica e Instrumentos de los Indicadores

Indicador	Técnica	Instrumento
<ul style="list-style-type: none"> • N° de fallas. • Evaluación de causa y efectos de fallas. • Lista de inspección 	<p>Análisis de documentos</p> <p>Observación</p> <p>Observación</p>	<p>Formato de identificación de fallas (Anexo 2)</p> <p>Formato de causas y efectos (Anexo N°12)</p> <p>Formato de listas de inspección de mantenimiento(Anexo N°06,07,08,09,10,11)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo medio entre fallas • Tiempo medio para reparar. • Número de paradas 	<p>Observación</p> <p>Observación</p> <p>Observación</p>	<p>Formato de tiempo medio entre fallas (anexo N°03)</p> <p>Formato de tiempo de reparación de fallas (anexo N°04)</p> <p>Formato de identificación de paradas (anexo N°02)</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Métodos de análisis de datos, validez y confiabilidad

Para el análisis de los datos que requiere la investigación, se utilizó el software SPSS el cual permitió mostrar los comparativos del MTBF (total de funcionamiento / cantidad de fallas totales), MTTR (total horas de reparación / cantidad de fallas totales) y disponibilidad ($MTBF / (MTBF + MTTR)$) antes y después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología. Asimismo, se realizó una interpretación descriptiva de los formatos realizados de los indicadores de causas y efectos, de control de inspección, la cual se tomó de la información obtenida en los trabajos que se realizan a los camiones Komatsu 730E. Los instrumentos de recolección de datos fueron validados por el supervisor de mantenimiento de la empresa Komatsu-Mitsui, así como también se consideró un juicio de expertos con el

fin de que se obtenga información veraz y sin errores que perjudiquen el análisis de la presente investigación

3.6. Aspectos éticos

La información que se utiliza en el presente trabajo de investigación es recolectar en base a los datos verificados y aprobados por la empresa Komatsu-Mitsui, la cual el autor se compromete a no divulgar ni a manipular de forma inapropiada la información obtenida, solo se utilizarán para fines de investigación.

IV. RESULTADOS

Se realizó una primera muestra dónde se recolectaron datos, para calcular los indicadores citados, Tiempo medio de reparación MTTR, Tiempo medio entre fallas MTBF, disponibilidad, confiabilidad, los datos recolectados fueron, cantidad de paradas, cantidad de fallas, sistemas del camión Komatsu 730E con fallas frecuentes, en el anexo (06) así también se adjunta las pautas de mantenimiento designado por fábrica Anexo (05). Se identificaron los sistemas con más fallas, cantidad de paradas y cantidad de horas obteniendo los siguientes resultados (Anexo 6).

CÓDIGO	SISTEMA	CANT. PARADAS	DURACIÓN EN HORAS
1	PROPULSIÓN	532	2593
2	SISTEMA 24V	413	2317
3	MOTOR	315	2079

Con los resultados obtenidos y después del análisis se elaboró el cuadro de fallas con mayor porcentaje de horas sus causas efectos y soluciones y un nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y los check list de inspección para cada mantenimiento programado.

Para la segunda muestra con relación al primer objetivo se implementó el diagnóstico de fallas más comunes, causas y soluciones posibles para resolver las fallas en menor tiempo, y así poder disminuir el tiempo medio de reparación MTTR anexo (08), para el segundo objetivo se implementa el mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas anexo (09) check list de inspección para los sistemas que presentan más fallas, para realizar la evaluación del estado de cada componente de los camiones y así extender su vida útil o de ser necesario cambiar antes que fallen. con esto se busca incrementar el tiempo medio entre fallas anexos (10,11,12,13,14,15). Después de la implementación se obtuvieron los siguientes resultados anexo (07),

CÓDIGO	SISTEMA	CANT. PARADAS	DURACIÓN EN HORAS
1	PROPULSIÓN	328	1039
2	SISTEMA 24V	307	830
3	MOTOR	288	690

En la siguiente tabla se identifican los parámetros de MTTR antes y después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de falla por síntomas, se logró disminuir de 4.28 horas a 2.74 horas de tiempo medio para reparar.

Tabla 3. MTTR antes y después del uso de las Tablas de causa y efecto.

EQUIPOS	MTTR	
	Pre Test	Post Test
CAMIÓN 1	3.75	2.13
CAMIÓN 2	4.57	3.31
CAMIÓN 3	2.91	1.91
CAMIÓN 4	5.11	3.43
CAMIÓN 5	4.82	3.52
CAMIÓN 6	3.92	2.32
CAMIÓN 7	4.52	3.12
CAMIÓN 8	4.75	2.81
CAMIÓN 9	4.19	2.72
CAMIÓN 10	4.51	2.93
CAMIÓN 11	4.52	3.53
CAMIÓN 12	4.07	2.61
CAMIÓN 13	5.31	2.92
CAMIÓN 14	3.89	2.81
CAMIÓN 15	3.57	2.53
CAMIÓN 16	4.32	1.92
CAMIÓN 17	4.34	2.61
CAMIÓN 18	3.85	2.83
CAMIÓN 19	4.64	2.51
CAMIÓN 20	4.14	2.82
PROMEDIO	4.28	2.74

En la Tabla 3 se observa que el camión N° 13 tiene un promedio de 5.31 horas de MTTR siendo este equipo el que presenta mayor índice en la primera evaluación y en la segunda evaluación se observa que el camión N°3 presenta un MTTR de 1.91 horas siendo este el equipo que presenta el menor indicador. También se observa que en el

pre test un promedio total de 4.28 horas y después de una rápida solución de las fallas según la tablas de causas y efectos en el post test un promedio total de 2.74 horas, disminuyendo así el medio de reparación MTTR.

En la siguiente tabla se identifican los parámetros de MTBF antes y después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de falla por síntoma, y realizar la evaluacion del estado de cada componente y asi extender su vida util o el cambio del mismo, se logró incrementar de 37.83 horas a 58.15 horas promedio de tiempo medio entre fallas.

Tabla 4. MTBF antes y después del uso de las inspecciones en cada mantenimiento.

EQUIPOS	MTBF	
	Pre test	Post test
CAMIÓN 1	31.6	63.8
CAMIÓN 2	41.2	54.9
CAMIÓN 3	31.8	57.9
CAMIÓN 4	36.6	61.6
CAMIÓN 5	38.3	56.7
CAMIÓN 6	42.8	54.3
CAMIÓN 7	36.9	59.6
CAMIÓN 8	33.7	60.2
CAMIÓN 9	40.3	61.4
CAMIÓN 10	36.6	57.6
CAMIÓN 11	35.4	54.8
CAMIÓN 12	37.7	60.7
CAMIÓN 13	43.4	54.7
CAMIÓN 14	39.8	55.8
CAMIÓN 15	34.8	58.4
CAMIÓN 16	42.4	63.7
CAMIÓN 17	42.6	56.7
CAMIÓN 18	35.7	54.9
CAMIÓN 19	38.2	56.7
CAMIÓN 20	36.8	58.6
PROMEDIO	37.83	58.15

En la Tabla 4 se observa que el camión N°1 tiene un promedio de 31.6 horas siendo este el que presenta menor índice MTBF en la primera evaluación, en la segunda evaluación el camión N°1 presenta un MTBF de 63.8 horas siendo este equipo

presenta el mayor indicador. También se observa que el promedio para el pre test es de 37.83 horas, en el post test después de la implementación de los check list en cada mantenimiento programado se observa que el promedio incremento a 58.15 horas incrementando así nuestro tiempo medio de entre fallas MTBF.

Mediante la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas. En la siguiente tabla se identifican los parámetros de disponibilidad antes y después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de falla por síntomas se logró incrementar de 89.83% a 95.58% la disponibilidad de los camones Komatsu 730E.

Tabla N° 5 Disponibilidad antes y después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas.

EQUIPOS	DISPONIBILIDAD	
	Pre test	Post test
CAMIÓN 1	89.39%	96.77%
CAMIÓN 2	90.02%	94.33%
CAMIÓN 3	91.62%	96.82%
CAMIÓN 4	87.77%	94.77%
CAMIÓN 5	88.82%	94.19%
CAMIÓN 6	91.61%	95.94%
CAMIÓN 7	89.09%	95.21%
CAMIÓN 8	87.65%	95.56%
CAMIÓN 9	90.58%	95.79%
CAMIÓN 10	89.03%	95.21%
CAMIÓN 11	88.68%	94.00%
CAMIÓN 12	90.26%	95.89%
CAMIÓN 13	89.12%	94.97%
CAMIÓN 14	91.10%	95.22%
CAMIÓN 15	90.70%	95.89%
CAMIÓN 16	90.75%	97.10%
CAMIÓN 17	90.75%	95.62%
CAMIÓN 18	90.27%	95.15%
CAMIÓN 19	89.17%	95.78%
CAMIÓN 20	89.89%	95.44%
PROMEDIO	89.83%	95.48%

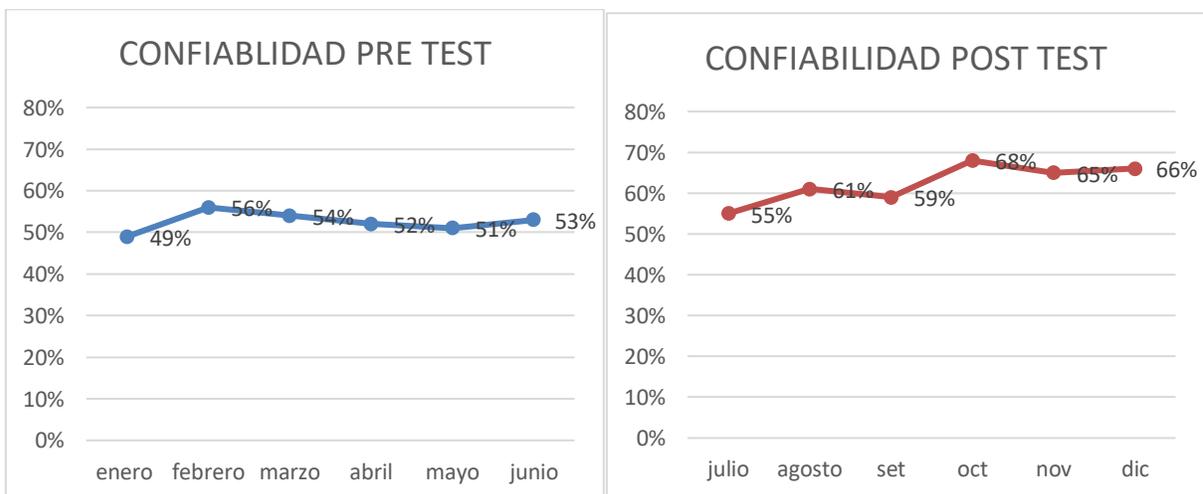
En la Tabla # 5, se observa que en el pre test el camión N°8 presenta 87.65% el menor índice de disponibilidad, y en el pos test el camión N° 16 presenta 97.10%, siendo este camión el que presenta el mayor indicador de disponibilidad. También se observa que el porcentaje promedio en el pre test es de 89.83% y en el pos test después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas se observa en el pos test que porcentaje promedio es de 95.48%, incrementando así nuestra disponibilidad.

Cálculo de confiabilidad de los camiones Komatsu 730E Pre test – Post Test.

Con los datos obtenidos se calculó el incremento de la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E antes y después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas.

Ítem	Canto. Paradas	λ	MTBF	Confiabilidad
Pre test	1962	0.0264334	37.83	53%
Post test	1419	0.0171979	58.15	66%

Comparación de resultados de Pre test y post test



Con los resultados obtenidos en la primera muestra con un 53% de confiabilidad y un aumento en después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de fallas por síntomas aumento a 66% se determina que si hubo un aumento en los indicadores y en la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E. Por lo tanto, podemos afirmar que la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de fallas por síntomas si produjo cambios significativos.

Se realiza el contraste de medias relacionadas T de Student, para comparar el antes y después y comprobar si el tiempo medio de reparación de los camiones (MTTR), ha disminuido significativamente o si podemos considerar que se mantiene igual.

Planteamiento de las Hipótesis:

Ho: El tiempo medio de reparación entre fallas es menor o igual entre los resultados del Pre test y Post test, (u_1 es menor o igual que la obtenida post test u_2)

Ha: El tiempo medio de reparación (MTTR) en el Pre test es significativamente mayor que el tiempo medio de reparación del post test

Se detalla a continuación los pasos para la prueba t de Student para medias relacionadas.

Hipótesis estadísticas:

Ho: $u_1 \leq u_2$ (unilateral)

Ha: $u_1 > u_2$

u_1 = promedio de tiempo de reparación (MTTR) obtenido en el pre test

u_2 = promedio de tiempo de reparación (MTTR), obtenido en el post test

Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

Estadístico. Prueba t muestras relacionadas.

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

d: es el promedio de las diferencias entre la prueba salida y entrada.

S_{ed}: desviación típica de las diferencias.

n = tamaño de la muestra

Se realizó una prueba unilateral t de Student, para medias relacionadas, utilizando el SPSS.

Los estadísticos eadísticos obtenidos se muestran en las siguientes tablas

		Media	n	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	pretest	4.2850	20	.55484	.12407
	Post test	2.7645	20	.47571	.10637

Los resultados para la prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia			
				Inferior	Superior		
Pretest- posttest	1.520	.43355	0.0969 4	1.31759	1.72341	15.68	19

De la tabla de resultados anterior, obtenemos el estadístico t

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

\bar{d} : 1.520, Sd : 0.43355 y n = 20
Siendo t = 15.68

Obtención del valor crítico de tabla

A partir de los GL = n - 1 = 20 - 1 = 19 y $\alpha = 0.05$ conocidos

$$T_{\text{critico}} = T_{0.05,19} = 1.729$$

Determinación de las zonas de aceptación y rechazo

Si $t \leq T_{\text{CRITICO}}$, Se acepta H_0 como verdadera

Si $t > T_{\text{CRITICO}}$, la que aceptamos como verdadera es H_a .

Decisión

El valor obtenido $t = -15.68$, resulta mayor que el valor T crítico = 1.729, y por lo tanto cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula (H_0). Debiendo aceptar la hipótesis alterna (H_a).

Conclusión

Podemos inferir con un nivel de significación del 0.05 que los tiempos medios de reparación de los camiones (MTTR) obtenidos en el pre test, son significativamente mayores que los obtenidos en el post test.

Se realiza el contraste de medias relacionadas T de Student, para comprobar si el tiempo medio entre fallas de los camiones (MTBF) ha aumentado significativamente en el post test o si podemos considerar que se mantiene igual o menor que el promedio obtenido en el pre test.

Planteamiento de las Hipótesis :

La implementación del nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check list en cada mantenimiento incrementará el tiempo medio entre fallas (MTBF) de los camiones komatsu 730E

H_0 : El tiempo medio entre fallas (MTBF) es menor o igual entre los resultados del Post test y Pre test, (u_1 es menor o igual que la obtenida post test u_2)

H_a : El tiempo medio entre fallas (MTBF) en el Post test (u_2) es significativamente mayor que el tiempo medio entre fallas del pre test (u_1)

Se realizará también la prueba **t de Student para medias relacionadas**.

Prueba t muestras relacionadas

Hipótesis estadísticas:

Ho: $u_2 \leq u_1$ (unilateral)

Ha: $u_2 > u_1$

u_1 = promedio de tiempo entre fallas (MTBF) obtenido en el pre test

u_2 = promedio de tiempo entre fallas (MTBF), obtenido en el post test

Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

Estadístico. Prueba t muestras relacionadas.

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

\bar{d} : es el promedio de las diferencias entre la prueba salida y entrada.

S_d : desviación típica de las diferencias.

n = tamaño de la muestra

Se realizará una prueba unilateral t de student, para medias relacionadas, utilizando el SPS.

Estadísticos obtenidos.

		Media	n	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	pretest	3.7830	20	.36384	.07912
	Post test	5.8150	20	.29871	.06679

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas				t	gl	
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia			
				Inferior			Superior
Pre test- Post test	2.032	.52910	.11831	1.78438-	2.27962	17.175	19

De la tabla de resultados anterior, obtenemos el estadístico t

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

$\bar{d} : 2.032$, $S_d : 0.52910$ y $n = 20$

Siendo $t = 17.175$

Obtención del valor crítico de tabla

A partir de los $GL = n - 1 = 20 - 1 = 19$ y $\alpha = 0.05$ conocidos

$T_{\text{critico}} = T_{0.05, 19} = 1.729$

Determinación de las zonas de aceptación y rechazo

Si $t \leq T_{\text{CRITICO}}$, Se acepta H_0 como verdadera

Si $t > T_{\text{CRITICO}}$, la que aceptamos como verdadera es H_a

Decisión

El valor obtenido $t = 17.175$, resulta significativamente mayor que el valor T crítico = 1.729, y por lo tanto cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula (H_0). Debiendo aceptarse la hipótesis alterna (H_a).

Conclusión

Podemos inferir con un nivel de significación del 0.05 que los tiempos medios entre fallas de los camiones (MTBF) obtenidos en el post test, son significativamente mayores que los obtenidos en el pre test

Se realiza el contraste de medias relacionadas T de Student, para comprobar si ha aumentado significativamente en el post test la disponibilidad de los camiones Komatsu 730E luego de la implementación del programa o si podemos considerar que se mantiene igual o menor que el promedio obtenido en el pre test.

Planteamiento de las Hipótesis:

H₀: La disponibilidad media con la implementación de programa de mantenimiento en el pre test post test (u_1) es menor o igual que la obtenida post test (u_2)

H_a: La disponibilidad media con la implementación del programa de mantenimiento en el Post test (u_2) es significativamente mayor que la obtenida en el pre test (u_1)

Se realizará también la prueba **t de Student para medias relacionadas**.

Prueba t muestras relacionadas

Hipótesis estadísticas:

H₀: $u_2 \leq u_1$ (unilateral)

H_a: $u_2 > u_1$

u_1 = promedio de disponibilidad obtenido en el pre test

u_2 = promedio de disponibilidad obtenido en el post test

Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

Estadístico. Prueba t muestras relacionadas

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

\bar{d} : es el promedio de las diferencias entre la prueba salida y entrada.

S_d : desviación típica de las diferencias.

n = tamaño de la muestra

Se realizará una prueba unilateral t de student, para medias relacionadas, utilizando el SPS

Estadísticos obtenidos

		Media	n	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	pretest	.8981	20	.01149	.00257
	Post test	.9548	20	.00831	.00186

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl
	Media	Desviación n típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia			
				Inferior	Superior		
Post test- Pre test	.0566 9	.01020	.00228	.05192	.06146	24.86	19

De la tabla de resultados anterior, obtenemos el estadístico t

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

\bar{d} : .05669 Sd : .01020 y n = 20

Siendo t = 24.86

Obtención del valor crítico de tabla

A partir de los GL = n - 1 = 20 - 1 = 19 y $\alpha = 0.05$ conocidos

Tcritico= T0.05,19 = 1.729

Determinación de las zonas de aceptación y rechazo

Si $t \leq T$ CRITICO, Se acepta H_0 como verdadera

Si $t > T$ CRITICO, la que aceptamos como verdadera es H_a

Decisión

El valor obtenido $t = 24.86$, resulta significativamente mayor que el valor T crítico $= 1.729$, y por lo tanto cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula (H_0). Debiendo aceptarse la hipótesis alterna (H_a).

Conclusión

Podemos inferir con un nivel de significación del 0.05 que el valor medio de disponibilidad de los camiones obtenidos en el post test, luego de la implementación del programa, es significativamente mayor que el obtenido en el pre test.

Se realiza el contraste de medias relacionadas T de Student, para comprobar si ha aumentado significativamente en el post test la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E luego de la implementación del programa o si podemos considerar que se mantiene igual o menor que el promedio obtenido en el pre test.

Planteamiento de las Hipótesis:

H_0 : La confiabilidad media entre los resultados del Post test y del Pre test, en la disponibilidad, (u_1 es menor o igual que la obtenida post test u_2) de los camiones Komatsu 730E

H_a : La confiabilidad media con la implementación del programa de mantenimiento en el Post test y pre test (u_2) es significativamente mayor que la obtenida en el pre test (u_1)

Se realizará también la prueba **t de Student para medias relacionadas**.

Prueba t muestras relacionadas

Hipótesis estadísticas:

$H_0: u_2 \leq u_1$ (unilateral)

$H_a: u_2 > u_1$

u_1 = promedio de disponibilidad obtenido en el pre test

u_2 = promedio de disponibilidad obtenido en el post test

Nivel de significación

$\alpha = 0.05$

Estadístico. Prueba t muestras relacionadas.

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

\bar{d} : es el promedio de las diferencias entre la prueba salida y entrada.

S_d : desviación típica de las diferencias.

n = tamaño de la muestra

Se realizará una prueba unilateral t de student, para medias relacionadas, utilizando el SPS

Estadísticos obtenidos

		Media	n	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	pretest	.8981	20	.01149	.00257
	Post test	.9548	20	.00831	.00186

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia			
				Inferior	Superior		
Post test- Pre test	.0566 9	.01020	.00228	.05192	.06146	24.86	19

De la tabla de resultados anterior, obtenemos el estadístico t

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

$\bar{d} : .05669$ Sd : .01020 y $n = 20$

Siendo $t = 24.86$

1. Obtención del valor crítico de tabla

A partir de los GL = $n - 1 = 20 - 1 = 19$ y $\alpha = 0.05$ conocidos

$T_{\text{crítico}} = T_{0.05, 19} = 1.729$

2. Determinación de las zonas de aceptación y rechazo

Si $t \leq T_{\text{CRITICO}}$, Se acepta H_0 como verdadera

Si $t > T_{\text{CRITICO}}$, la que aceptamos como verdadera es H_a

3. Decisión

El valor obtenido $t = 24.86$, resulta significativamente mayor que el valor T crítico = 1.729, y por lo tanto cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula (H_0). Debiendo aceptarse la hipótesis alterna (H_a).

4. Conclusión

Podemos inferir con un nivel de significación del 0.05 que el valor medio de confiabilidad de los camiones obtenidos en el post test, luego de la implementación del programa, es significativamente mayor que el obtenido en el pre test

V. DISCUSIÓN

Respecto a calcular en cuanto disminuye el tiempo medio de reparación (MTTR) de los camiones Komatsu 730E mediante la implementación del cuadro diagnóstico de fallas, los resultados que se obtuvieron a nivel del pre test fueron 4.28 horas, luego de implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas se obtuvo los siguiente resultados 2.74 horas, disminuyendo el MTTR.

Para ello analizo las causas y efectos de la fallas en el pre test y con los resultados se elaboró del cuadro diagnóstico de fallas en los camiones Komatsu 730E (anexo 08), para poder resolver las fallas rápidamente en campo y por lo consiguiente disminuir el tiempo medio de reparación MTTR. Estos resultados se comparan con la investigación de Bravo, (2010) "Elaboración de un modelo experto para diagnóstico de fallas: caso grúa horquilla" para lo cual se estableció como objetivo general: elaborar una aplicación en visual basic, basada en arboles de decisiones que permita diagnosticar la causa más probable de falla de una equipo o máquina, sin la presencia de un experto en la máquina. La investigación concluye que en el desarrollo de la aplicación es capaz de simular la manera de actuar de un humano experto, utilizando el conocimiento del experto almacenados en una base de datos. El aporte de esta investigación da la idea al presente trabajo que el técnico resuelva las fallas por síntomas del equipo sin la presencia de un técnico experto, solo con la ayuda de un cuadro de causa y efectos de las posibles, los mismos resultado se comparan con la investigación de Males y Morales (2007) en su trabajo de investigación titulada: manual de diagnóstico de fallas de funcionamiento en maquinaria pesada de construcción civil; tiene como objetivo general, elaborar de diagnóstico de fallas de funcionamiento en maquinaria pesada de construcción civil. El cual concluye que este documento sirve de un diagnóstico previo a encortar una solución a posibles daños que pueden presentar los principales sistemas de la maquinaria pesada y ayuda para encontrar el sistema o elementos mecánico que produce la falla, este trabajo tiene relación con el primer objetivo específico del presente proyecto que es Calcular en cuanto disminuye el tiempo medio

de reparación (MTTR) de los camiones Komatsu 730E mediante una rápida solución de las fallas según la tablas de causas y efectos de fallas.

En cuanto Incrementar el Tiempo medio entre fallas MTBF, de los camiones Komatsu 730E mediante la implementación del nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y las listas de inspección en cada mantenimiento. Para ello se obtuvieron los resultados a nivel pre test fueron con respecto al indicador MTBF fue de 37.83 horas. Sin embargo luego de la implementación del nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check en cada mantenimiento para poder corregir la posibles fallas analizadas en el pre test y aprovechar el manteniendo programado para corregirlas se obtuvo 58.15 horas de tiempo medio entre fallas MTBF.

Para ello se analizaron las fallas presentadas en el pre test, identificando varios puntos débiles en los sistemas conformantes de camión Komatsu 730E, para lo cual se elaboró un nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check list en cada para así poder incrementar la vida útil de los componentes, los mismos lo resultados de asemejan a la investigación de Rojas Enrique (2014) en su trabajo de investigación titulada “Mejoras en la gestión de la planificación en pautas de mantenimiento en los camiones de carguío Komatsu 830E y 930E en la compañía minera Doña Inés de Collahuasi tiene como objetivo general, mejorar la gestión de la planificación del mantenimiento y las pautas de mantenimiento de la flota carguío Komatsu 830E y 930E concluyo, así como la implementación de nuevos reportes para llevar un mejor control sobre la realización de los mantenimiento, este estudio tiene relación son el segundo objetivo específico el cual es Incrementar el tiempo medio entre fallas MTBF, de los camiones Komatsu 730E mediante inspecciones en cada mantenimiento programado.

En cuanto a calcular en cuánto se incrementa la disponibilidad de los camiones Komatsu 730E. Para ello se determinó que los resultados que se obtuvieron a nivel de pre test con respecto al indicado de disponibilidad fueron 89.83%. sin embargo después de la implementación de un programa de mantenimiento basado en la

metodología de diagnóstico de fallas por síntomas se obtuvieron que el indicador de disponibilidad fue 95.50% así mismos estos resultados se asemejan a la investigación de Niño M (2015) en su proyecto de investigación llamado “análisis de confiabilidad, disponibilidad, y mantenibilidad (RAM), de un motor de combustión interna WARTSILA 18V32LNGD” estableció como objetivo general; elaborar el análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de un motor de combustión interna, este proyecto se relaciona con el objetivo específico Calcular en cuánto se incrementa la disponibilidad de los camiones Komatsu 730E.

Las ventajas de la metodología de análisis de fallas por síntomas, son que se mejora progresivamente la confiabilidad de los camiones mineros Komatsu 730E para poder llegar al punto óptimo de trabajo de los equipos mencionados, así como la mejora en los procesos de mantenimiento y diagnóstico de fallas de las cuales no se tiene un proceso de evaluación para poder resolverlas en el menor tiempo posible, además una mejor comunicación y coordinación entre las áreas de mantenimiento, almacén y planeamiento para poder trabajar en conjunto. Las desventajas son que el proceso de implementación es lento y tedioso ya que hay que recopilar información de las fallas en campo en las 4 guardias del área de camiones, también, que el personal realice las inspecciones propuestas detalladamente para poder levantar las observaciones de las fallas encontradas, realizar la difusión a todo el personal involucrado y motivarlo a participar en el proceso de incremento de confiabilidad de los camiones y cumplir el objetivo propuesto.

VI. CONCLUSIONES

1. El promedio de tiempo medio de reparación (MTTR) para la primera muestra para los camiones Komatsu 730E fue de 4.28 horas sin la implementación del cuadro diagnóstico de fallas, se logró disminuir a 2.74 horas con la implementación del cuadro diagnóstico de fallas, concluyendo que con el uso del cuadro diagnóstico de fallas se logró reducir los tiempos medios de reparación (MTTR).
2. El promedio para la primera muestra de tiempo medio entre fallas (MTBF) para los camiones Komatsu 730E fue de 37.83 horas sin la implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas, se logró incrementar a 58.15 horas con un nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check list, concluyendo que con implementación un nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check list en cada mantenimiento programado se logró incrementar el tiempo medio entre fallas (MTBF).
3. El promedio de la disponibilidad de los camiones Komatsu 730E fue 89.83% y se logró incrementar con implementación de un nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas 95.48% gracias a todas las acciones implementadas.
4. Por lo tanto al tener mejoras considerables en los tres indicadores citados anteriormente se logró incrementar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E calculando los datos recopilados, después de aplicar el mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas. Con el aumento de la confiabilidad de 53% a 66% queda demostrado la importancia del uso de un cuadro de diagnóstico de fallas, donde se detalle el procedimiento a seguir frente a una falla intempestiva y un nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check list detalladas a los sistemas en cada mantenimiento, se ha demostrado que ha funcionado de manera positiva en la compañía minera Misky mayo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del cuadro de diagnóstico de fallas a compañías que posean maquinaria pesada, con el fin de reducir el tiempo de diagnóstico e fallas que se presenten dichos equipos.
2. Al comprobar la efectividad de los planes de acción “un nuevo programa de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas y check list en cada mantenimiento” se recomienda implementar los planes propuestos a los diferentes modelos de maquinaria pesada con las cuales cuenta la empresa minera Misky mayo.
3. Al comprobar la efectividad de la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas, se debería ampliar esta investigación para mejorar el mantenimiento preventivo y por lo mismo incrementar la disponibilidad de los camiones.
4. En cualquier empresa, se debería tener guías establecidas y escritas para seguir correctamente los procedimientos ante algún inconveniente. Ha quedado demostrado que esta práctica es favorable para los trabajadores, aunque al principio puede significar una etapa de adaptación que podría demorar los tiempos, pero al final se reducirían significativamente los tiempos para dar solución a dichos inconvenientes.
5. En un futuro se pueden presentar otras fallas por diferentes causas, se recomienda continuamente realizar inspecciones de los equipos e instrumentos conformantes de los camiones Komatsu 730E. e identificar el estado de cada uno y su reemplazo para evitar las fallas imprevistas, que afecten notablemente el desempeño de una máquina.

REFERENCIAS

AENOREN. Buscador de Normas 60300-1, 2014 [en línea]. [Fecha de consulta: 22 de Abril de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2LSI4pp>

AGUAIZA José. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la planta de producción de la empresa electrificaciones del Ecuador S.A

AILLÓN, Edison. Elaboración e implementación de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada y vehículos livianos del gadm de pelileo. Ecuador: Universidad Técnica De Ambato, 2016. Disponible: <https://bit.ly/3bUbWMR>

AMADOR C. Luis. Diseño del Plan de Mantenimiento predictivo para la flota de equipos pesados de la gerencia de PMH de la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. Puerto Ordaz. Venezuela. 2005. 160 p.

APAZA Ronald. "el modelo de mantenimiento productivo total TPM y su Influencia en la productividad de la empresa minera chama Perú E.I.R.L. Ananea - 2015". Universidad andina "Néstor Cáceres Velásquez". Juliaca, 2015. Disponible en: <https://bit.ly/2awcwwi>

BALDÍN, Furlanetto, Roversi, Turco. Manual de mantenimiento de instalaciones industriales. Barcelona, 1982. Disponible en: <https://bit.ly/2Vbaikr>

BRAVO y Barrantes. Administración del Mantenimiento Industrial. UNED. Costa Rica, 2001. Disponible en: <https://bit.ly/2Z4RMIS>

BRAVO, Edgardo. "Elaboración de un modelo experto para diagnóstico de fallas: caso Grúa Horquilla", Director: Fernando Espinoza, Departamento de

ingeniería de ejecución en mecánica, Universidad de Talca, Curicó, Chile 2010.

CANFIELD, Murray. Etapas del proceso productivo de una Mina. SONAMI. Santiago-Chile. 2012. Castañeda, Víctor. Tesis en Gestión de mantenimiento, Universidad Señor de Sipán, Trujillo 2016. Disponible: <https://bit.ly/36rKlvR>

CASTAÑEDA, Víctor. Tesis en Gestión de mantenimiento, Universidad Señor de Sipán, Trujillo 2016. Disponible: <https://bit.ly/36rKlvR>

CASTELLANO, Wilfredo. “Mantenimiento Centrado En Confiabilidad para Estaciones De Flujo”. Trabajo Especial de Grado, para optar al título de Ingeniero Mecánico. Checa, Pool. Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa confecciones Sol. Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2014. Disponible: <https://bit.ly/3gii0SE>

CHECA, Pool. Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa confecciones Sol. Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2014. Disponible: <https://bit.ly/3gii0SE>

Control De Los Materiales Y De La Productividad, 2013. [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2Xhomc4>.

CORMANE ANGARITA, JORGE. “Modelo estadístico para la localización de fallas en sistemas de distribución de energía eléctrica”. Trabajo de investigación para optar el título de Magister en Ingeniería Eléctrica .Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físico mecánica. Bucaramanga. 2006.

COSTA BURGAS <https://es.scribd.com/document/.../Da-Costa-Burga-Martin-Mantenimiento->

CRIOLLO JADAN Olger y MATUTE BRAVO Héctor. “Diagnóstico de fallos en la combustión para motores de combustión interna alternativos diesel por análisis de vibraciones”, Director: Cristian García, Departamento de Mecánica Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca 2014.

DA COSTA BURGA, Martin. Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. 120 p.

DELGADO ACEVEDO, Aldo Max. Selección y mantenimiento de equipos industriales. Perú: Grupo universitario SAC, 2009. 270 p. ISBN: 978-9972-2565-7-8.

DUFFUAA SALIH O., Raouf A., Dixon Campbell John. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México: Limusa/Noriega editores, 2009. 420 p. ISBN: 978-968-18-5918-3.

DUELLES RAMIREZ, JOHN. “Análisis Técnico estadístico de fallas secundarias de tractores de oruga para mejorar la gestión operativa en la unidad de negocio de la empresa Minera Misky Mayo”. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad César Vallejo. Chimbote. 2014.

DURÁN José. Nuevas Tendencias en el Mantenimiento de Centrales de Generación Eléctrica, 2007. The Woodhouse Partnership Limited” Headley Road, Newbury Berkshire RG19 8LT. Disponible en: <https://bit.ly/5TjVrgwm>

DÍAZ N. Técnicas de Mantenimiento Industrial. Escuela Politécnica Superior Algeciras Universidad de Cádiz, 2004. Disponible en: <https://bit.ly/3expQ9Q> Universidad del Zulia. Cabimas Venezuela, 2005. Disponible en: <https://bit.ly/37Ydc0N>

EDA ALVAREZ, ARTURO. "Análisis de Fallas de una Maquina Extrusora de Electrodo en la empresa Soldexa S.A.". Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad Ingeniería Industrial. Piura. 2013.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BATISTA, P. Metodología de la Investigación Científica. 3ª Edición. México: Edit. Mc Graw Hill 1999.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BATISTA, P., (2010). Metodología de la Investigación Científica. 3ª, Edición. Edit. Mc Graw Hill, México.

KARDEK, Alan. Mantenimiento. Gestión estratégica, QualityMark 2002. Disponible en: <https://bit.ly/2AX8pk3>

KRAJEWSKI, Ritzman y Malhotra. Administración de Operaciones [en línea]. [Fecha de consulta: 10 de Abril de 2020] Disponible en: <https://bit.ly/3giigkA>

MAGO GUTIERREZ, Klenyis. "Diagnóstico de Falla a los equipos pesados de la gerencia de materiales de la empresa Orinoco Iron S.C.S". Trabajo de Investigación para optar el Grado de Ingeniero Industrial. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. Puerto Ordaz. Venezuela. 006.90p.https://www.google.com.pe/webhp?sourceid=chrome-instant&rlz=1C1GGGE_esPE628PE629&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#

MEDINA, Wilder. "Metodología para el diagnóstico de fallas en los motores Detroit diesel de control electrónico (DDEC-III)", Director: Dr. Guillermo Lira Cacho, Departamento de ingeniería mecánica, Universidad nacional de ingeniería, Lima, Perú 2004.

MIÑO, M. (2015), "Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM) de un motor de combustión interna WARTSILA 18V32LNGD. dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4400/1/20T00634.pdf

MESA GRAJALES, Darío. "La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento".

UniversidadTécnica de Pereira. Colombia. 2006. consulta: 11 de febrero del 2014.Disponible en:

Revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/download/6513/3787

Nachlas,J.A. (1995)"fiabilidad" serie de monografías de ingeniería de sistemas,Nº8

ROJAS Correa Carlos, Mejoras en la gestión de la planificación y pautas de mantenimiento en los camiones de acarreo diésel Komatsu 830E y 930E en la compañía mineras doña Ines de Collahuasi. Rodríguez, José. Notas sobre economía cubana, 1993 [en línea]. [Fecha de consulta: 19 de Abril de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2Tv9JRI>

RODRÍGUEZ y Gómez, Indicadores de calidad y productividad en la empresa, Corporación Andina de Fomento, 1991. Disponible en: <https://bit.ly/36ouWSx>

Revista chilena de ingeniería [en línea]. [Fecha de consulta: 10 de Abril de 2020], 1991. Disponible en: <https://bit.ly/2WY3DeH>

SALAZAR, Bryan. Mantenimiento Industrial e Ingeniería Industrial Lima: 2019. [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de Abril de 2020]. Disponible: <https://bit.ly/2TxUWpo>.

Repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117093/cfrojas_cc.pdf?sequence=1

SEIJI TSUCHIYA. Mantenimiento de calidad cero defectos a través de la gestión del equipo. España: Productivity Press, 1995. 220 p. ISBN: 84-87022-16-2. <https://www.crcpress.com/Mantenimiento-de-Calidad-Cero-Defectos-a-Traves-de-la-G...>

TURMERO ASTROS, IVAN. "Diseño de sistema de análisis de fallas, CVG Carbonorca-Venezuela". Tesis para optar el Título en Ingeniería Industrial.

Universidad Federal de Paracas. Venezuela. 2014.

<https://es.scribd.com/doc/146193755/02-RCM-II-John-Moubray-Libro-Completo>

ZAPATA, José. Gestión de mantenimiento en los transportadores de cajas de cerveza en la línea de envasado N° 03 en una planta embotelladora de bebidas de Motupe, Chiclayo. Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en <https://bit.ly/2InDRci>

...

ANEXOS

ANEXO 1. Tabla de operacionalización de las variables

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
<p>IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO LA METODOLOGÍA DE DIAGNOSTICO DE FALLAS POR SÍNTOMAS</p>	<p>Programa de mantenimiento descripción detallada de lastareas asociadas a un equipo o maquina explicando las acciones plazos y recambios. Consiste en determinar principales aspectos que caracterizan actividades productivas teniendo en cuenta factores técnicos, organizativos que inciden en la calidad de la asistencia técnica. A la vez permite el aseguramiento de aplicar operaciones y procesos de mantenimiento técnico y de reparaciones en dependencia del estado real de los elementos.</p>	<p>Se identificará las veces en que fallan los camiones durante un periodo determinado.</p> <p>Identificación de causas y efectos de las fallas por sistemas con .mayores incidencias.</p> <p>A partir de los resultados de las causas de las fallas se elaboraran boletines técnicos para mejorar el mantenimiento preventivo.</p>	<p>Número de fallas</p> <p>Porcentaje (%) acumulado de fallas.</p> <p>Número de inspecciones</p>	<p>Razón</p> <p>ordinal</p> <p>Razón</p>

Variables Dependiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
CONFIABILIDAD	La capacidad de un componente, equipo o sistema, de no descomponerse o fallar durante el tiempo previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas. (Mesa Grajales, 2006).	Permitirá identificar el tiempo en que los sistemas están en funcionamiento hasta antes de que se produzca una falla.	Tiempo Medio entre Fallas MTBF	Razón
		$MTBF = \frac{\text{Número de Horas}}{\text{Número de Fallas}}$ Permitirá identificar el tiempo en que se tarda en realizar la reparación de los sistemas después de que se produzca una falla.	Tiempo Medio para Reparar MTTR	Razón
		$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total Mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$ Se determinara que los camiones desempeñen su función asignada cuando se requiere para lo cual va a depender de cuan frecuentes se producen las fallas identificación del número de paradas permitirá.	Disponibilidad	Razón
		$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$ La capacidad de un componente, equipo o sistema, de no descomponerse o fallar durante el tiempo previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas.	Confiabilidad	Razón

ANEXO 2. Procedimiento de implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de análisis de fallas por síntomas.

	Versión:	01
Procedimiento	Código:	01
Implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de análisis de fallas por síntomas para incrementar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E	Criticidad:	MEDIA
	Fecha de Aprobación	02/02/2016
1. OBJETIVO	En este documento se explica el modo de actuar frente al mantenimiento y reparación de los camiones Komatsu730E en taller y campo que tienen repercusión importante sobre la confiabilidad de los mismos en la minera Misky Mayo	
2. ALCANCE	Aplica a las actividades de Implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de análisis de fallas por síntomas para incrementar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E	
3. RESPONSABILIDAD	El personal técnico es responsable del cumplimiento del presente procedimiento. El Personal técnico es responsable de ejecutar el presente procedimiento.	
4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	<ul style="list-style-type: none"> • Manual servicios de 730E camión • Manual de Operación y Mantenimiento de 730E camión • Manual de Partes de 730E camión 	
5. RECURSOS PARA LA ACTIVIDAD		
5.1. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)		

<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad • Lentes de seguridad (Claros o Oscuros Z87+) • Protector auditivo (Tipo orejera) • Zapato de seguridad • Guantes de látex • Protector sahariano (corta viento) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arnés de cuerpo entero • Línea de vida • Traje tyvek • Bloqueador solar • Barbiquejo para casco • Mascarilla N°95
5.2. EQUIPO / HERRAMIENTA / MANUAL / INSUMOS	
<ul style="list-style-type: none"> Manual de servicio • Maleta de herramientas para mecánicos • Comba de 10 libras • Pistola neumática encastre de 1/2" y 3/4" • Multiplicador de Torque Hidráulico / Mecánico • Manguera de Aire • Limpia contacto eléctrico • Carrito para movilizar herramientas y/o componentes • Afloja todo WD40 • Cinta ploma para tapar agujeros • Dispositivos de bloqueo • Parihuela. • Bandeja de aceite 	<ul style="list-style-type: none"> • Línea de vida (con tambor retráctil / doble línea) • Tacos de madera • Tacos Metálicos • Herramienta "C" • Kit anti derrame • Accesorios de Izaje • Trapos Wall y Paños absorbentes • Escaleras plataforma • Cinta Roja de Peligro • Luminarias • Montacargas. • Camión Grúa de 6 o 10 Toneladas • Puente Grúa
5.3. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Vernier • Torquimetro de 3/4" 600 lb y 1" 1000 lb. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxómetro
5.4. PERSONAL	
<ul style="list-style-type: none"> • 04 Técnicos Mecánicos• 01 Rigger• 01 Supervisor SSOMA • 01 Supervisor de Servicios 	<ul style="list-style-type: none"> • 01 Operador de Montacargas / Camión grúa 10 TON- 6 TON • 01 Líder • 01 Vigía
6. RESTRICCIONES	
<p>No se iniciará la tarea si no se ha firmado completamente el ARA y generado el PT para la tarea.</p> <ul style="list-style-type: none"> • No iniciar la tarea si alguna de las personas no se encuentra debidamente capacitada con los cursos aplicables a esta tarea (RAC 1, RAC 4, RAC 5, RAC PQ) notificando a la supervisión para que programe la capacitación del personal faltante. • Se debe analizar la tarea identificando los peligros a los que están expuestos los trabajadores, con la finalidad de controlarlos y evitar que generen riesgos a las personas, medio ambiente y propiedades. • El personal deberá contar con los EPP adecuado para realizar la tarea. • Sólo personal autorizado realizará la tarea. 	

- No se permitirá realizar trabajar bajo los efectos de alcohol y drogas narcóticos o medicamentos que pueda afectar la habilidad de las personas que intervengan en la tarea.
- El personal adoptará posturas adecuadas para evitar problemas de ergonomía.
- Despejar el Área de materiales inflamables.
- En todas las etapas descritas en éste procedimiento deberán ser observadas las condiciones de seguridad establecidas para cada situación específica.
- La utilización de los EPP es obligatoria y será supervisada por los supervisores operativos y de seguridad KMMP.
- Realizar la difusión del mismo a todos los técnicos involucrados en la ejecución de la tarea y generar la evidencia del caso.

7. ANTECEDENTES

8. DESARROLLO

N.	PASO A PASO DE LA ACTIVIDAD
-----------	------------------------------------

8.1	Implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de análisis de fallas por síntomas para incrementar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E.
8.1 .1	Difundir al personal técnico para explicar el proceso de recopilación de información sobre las fallas que presenta los camiones Komatsu.
8.2	Difundir el funcionamiento de los componentes y sistemas del camión 730E
8.2 .1	<p>Como parte de un análisis adecuado de las fallas se difunde el funcionamiento de los sistema y componentes conformantes del camión Komatsu 730E.</p> <p>Características Komatsu 730E. Es un camión Tolva con vaciado por detrás, para uso fuera de carretera y propulsión eléctrica, cuyo peso bruto es de (180 -195 toneladas de carga útil nominal).</p> <p>1. Motor. Es impulsado por un motor diésel cummins K2000 de 2500 hp (1864 kW) @ 1900 RPM. El radiador, motor, alternador y soplador van montados en un sub chasis separado para proporcionar un rápido y fácil desmontaje y montaje del módulo de potencia.</p> <p>2. Alternador (G.E. GTA-26) El alternador, G.E Modelo GTA-22, es de rotor de ocho polos salientes, trifásico, auto excitado con estator conectado en estrella y devanados</p>

	<p>terciarios. Está montado solidariamente al motor diésel y es movido por el cigüeñal. El rotor del alternador en la parte delantera se conecta directamente al cigüeñal del motor diésel a través de una palanca adaptadora y una placa flexible. En la parte trasera (lado de los anillos colectores), el rotor está soportado por un rodamiento de bolas.</p> <p>3. Soplador. El soplador en línea de impulsor doble, proporciona aire de enfriado para el alternador, rectificadores y ambos motores de tracción. El aire es eliminado a la atmósfera a través de los motores de tracción. Está ubicado sobre el eje del rotor en la parte exterior del rodamiento del alternador. El aire que entrega el soplador es de 2500 pies por minuto, con una diferencial de presión de 2.5” de columna de agua.</p> <p>El motor del soplador es modelo 5GY19A, funciona con CC, tiene cuatro polos en serie, con polos de conmutación que están montados dentro de la caja de los conjuntos de resistencias de retardo.</p> <p>4. Motores de Rueda. Los motores de tracción ubicados dentro de cada estructura de rueda trasera reciben energía eléctrica desde el alternador. Los dos motores de tracción convierten energía eléctrica en energía mecánica a través de trenes de engranaje incorporados dentro de la estructura de la rueda. La dirección de los motores de mando es controlada por el interruptor selector manual de avance o retroceso ubicado en una consola en la cabina al lado derecho del operador. Estos motores de tracción son de corriente continua, 2 polos, diseñados para 2350 RPM como máximo, ventilados por aire del soplador.</p> <p>5. Retardo Dinámico. El retardo dinámico se usa para reducir la velocidad del camión durante una operación normal o para controlar la velocidad al bajar por una pendiente. La función del retardo dinámico del sistema eléctrico CC es controlada por el operador activando el pedal retardador y/o ajustando el RSC (Control de Velocidad del Retardador) en el panel de instrumentos. El Retardo Dinámico se activa automáticamente si la velocidad del camión excede el valor del parámetro de sobre velocidad. Cuando el circuito de retardo dinámico se activa, los motores de tracción actúan como generadores. El movimiento del camión causa que las ruedas motorizadas roten, generando una salida de corriente continua que se aplica a las</p>
8.1	Implementación de un programa de mantenimiento basado en la metodología de análisis de fallas por síntomas para incrementar la confiabilidad de los camiones Komatsu 730E.
8.1 .1	Difundir al personal técnico para explicar el proceso de recopilación de información sobre las fallas que presenta los camiones Komatsu.

8.2	Difundir el funcionamiento de los componentes y sistemas del camión 730E
8.2 .1	<p>Como parte de un análisis adecuado de las fallas se difunde el funcionamiento de los sistema y componentes conformantes del camión Komatsu 730E.</p> <p>Características Komatsu 730E. Es un camión Tolva con vaciado por detrás, para uso fuera de carretera y propulsión eléctrica, cuyo peso bruto es de (180 -195 toneladas de carga útil nominal).</p> <p>6. Motor. Es impulsado por un motor diésel cummins K2000 de 2500 hp (1864 kW) @ 1900 RPM. El radiador, motor, alternador y soplador van montados en un sub chasis separado para proporcionar un rápido y fácil desmontaje y montaje del módulo de potencia.</p> <p>7. Alternador (G.E. GTA-26) El alternador, G.E Modelo GTA-22, es de rotor de ocho polos salientes, trifásico, auto excitado con estator conectado en estrella y devanados terciarios. Está montado solidariamente al motor diésel y es movido por el cigüeñal. El rotor del alternador en la parte delantera se conecta directamente al cigüeñal del motor diésel a través de una palanca adaptadora y una placa flexible. En la parte trasera (lado de los anillos colectores), el rotor está soportado por un rodamiento de bolas.</p> <p>8. Soplador. El soplador en línea de impulsor doble, proporciona aire de enfriado para el alternador, rectificadores y ambos motores de tracción. El aire es eliminado a la atmósfera a través de los motores de tracción. Está ubicado sobre el eje del rotor en la parte exterior del rodamiento del alternador. El aire que entrega el soplador es de 2500 pies por minuto, con una diferencial de presión de 2.5” de columna de agua. El motor del soplador es modelo 5GY19A, funciona con CC, tiene cuatro polos en serie, con polos de conmutación que están montados dentro de la caja de los conjuntos de resistencias de retardo.</p> <p>9. Motores de Rueda. Los motores de tracción ubicados dentro de cada estructura de rueda trasera reciben energía eléctrica desde el alternador. Los dos motores de tracción convierten energía eléctrica en energía mecánica a través de trenes de engranaje incorporados dentro de la estructura de la rueda. La dirección de los motores de mando es controlada por el interruptor selector manual de avance o retroceso ubicado en una consola en la cabina al lado derecho del operador. Estos motores de tracción son de corriente continua, 2 polos, diseñados para 2350 RPM como máximo, ventilados por aire del soplador.</p>

10. Retardo Dinámico.

El retardo dinámico se usa para reducir la velocidad del camión durante una operación normal o para controlar la velocidad al bajar por una pendiente. La función del retardo dinámico del sistema eléctrico CC es controlada por el operador activando el pedal retardador y/o ajustando el RSC (Control de Velocidad del Retardador) en el panel de instrumentos. El Retardo Dinámico se activa automáticamente si la velocidad del camión excede el valor del parámetro de sobre velocidad. Cuando el circuito de retardo dinámico se activa, los motores de tracción actúan como generadores. El movimiento del camión causa que las ruedas motorizadas roten, generando una salida de corriente continua que se aplica a las resistencias de retardo. Esta carga, se opone a la rotación de la armadura para disminuir la velocidad de camión.

6. Sistema de Frenos.

El sistema de frenos consta de un sistema de accionamiento completamente hidráulico. Al presionar el pedal del freno se accionan los frenos delanteros de disco único, que actúan sobre la velocidad de la rueda, y los frenos traseros de disco doble, que actúan sobre la velocidad del inducido. Los frenos también se pueden activar operando un interruptor en el panel de instrumentos. Los frenos se aplicarán automáticamente si la presión del sistema cae por debajo de un mínimo preestablecido.

En la siguiente ilustración se muestra un diagrama del camión Komatsu 730E en donde aparecen sus componentes principales.

Sistema de Propulsión.

El funcionamiento de la flota 730E con respecto al sistema de propulsión. Los motores de tracción de la flota 730E funcionan con corriente continua.

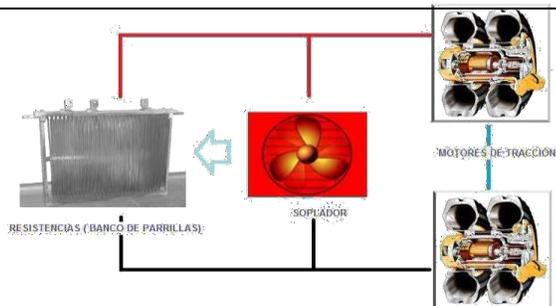
El sistema eléctrico de propulsión de ambas flotas parte con el motor diesel, el cual genera energía mecánica por la combustión del combustible. Esta energía se pasa al alternador principal por medio del cigüeñal, el cual la transforma en corriente alterna trifásica. Luego ésta es transformada en corriente continua por medio del rectificador principal trifásico de onda completa.

Sistema DC 730E.

Luego de salir del rectificador principal la corriente continua va directo a los motores de tracción, donde se convierte en energía mecánica nuevamente, la cual mueve las ruedas generando la propulsión del camión. A continuación

Ilustración 6: Sistema de Propulsión 730E

Cuando el equipo entra en retardo, los motores de tracción funcionan como generador. Esta energía es disipada por medio del banco de parrillas (resistencias) en forma de calor y para enfriarlas se utiliza un soplador (blower). En la ilustración 7 se muestra un esquema de un equipo en retardo:



8.3 Identificación de sistemas y componentes de camión Komatsu 730E

Se elabora un cuadro con los sistemas y componentes conformantes del camión Komatsu 730E.

No	Nombre del Componentes principales sistema
1	Sistema Propulsion Alternador principal, cables de potencia , motores blower, motores de traccion. .sis statex tarjetas electronicas sensores.
2	Sistema electrico Sis. de luces, baterias sistema electronico de balanza, sistema 24V electrico, sensores PLM
3	Sistma hidraulico Bombas hidraulicas, mangueras hidraulicas, cilindros hidraulicos. Valvulas, sensores.
4	Estructura Chasis , tolva
5	Motor Motor , sis. Refrigeracion, sist combustible, sis electrico
6	Cabina Panel de control, modulos electronicos, estructura de cabina.
7	Suspensiones Cilindros hidraulios de suspension sistema PLM
8	Engrase Bomba de engrase ,mangueras sist electrico.

8.4 Recopilación de información

El personal técnico informará de todos los eventos presentados en los camiones en campo, mediante el llenado de formato de reporte de intervenciones, identificando claramente las partes o componentes que causaron la falla, describiendo los trabajos realizados, pruebas y ajuste, y los datos del momento de la intervención como fecha, hora de inicio de parada, hora final de parada, hodómetro inicial, hodómetro final de la intervención para poder llevar un control adecuado de la fallas y sus precedentes, y así conformar un historial de fallas .

8.5 Análisis de información.

Toda la información recopilada será analizada para identificar los sistemas y componentes con más acumulación de fallas y se elaborara un cuadro identificando cada uno de ellos.

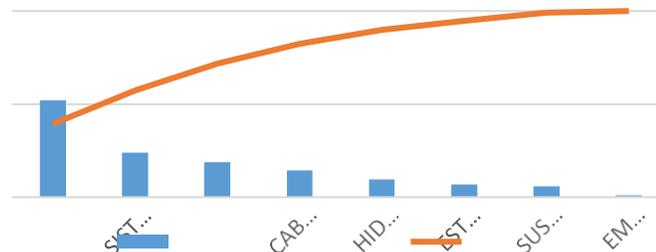
Elaborar cuadro de acumulación de fallas ejemplo:

400	cantidad de p89a.r7a7%da94s.89%			
99.242%	100.10000%.00%			
82.58%				
208	71.78%			
200	57.58%	50.00%		
39.399%6	75	57		
38	27	23	4	
0	0.00%			

	PRO...	CANT N°DE PARADA	%
		ACUMULADO	

6	Elaboración de planes de Acción		
	<p>Una vez identificados los sistemas y componentes con más incidencia de fallas de procederá a: Elaborar un cuadro con de causas y efectos de las fallas, este documento contendrá, las causa raíz y la posibles causas por la cual un componente o sistema puede fallar, también los efectos sobre los sistema y las posibles soluciones, desde la más básica y rápida hasta la más compleja, para así poder dar solución a un equipo con falla en campo.</p> <p>Elaborar listas de inspección de los sistemas con mayor frecuencia de fallas para poder agregar a las pautas de mantenimiento y se realice un inspección minuciosa de cada sistema. Estas pautas se aplicaran a todos los camiones Komatsu 730E, en taller como en campo. Se recopilara la información de las distintas fallas presentadas en el segundo periodo de análisis y registrar los datos referente a la cantidad de paradas y los tiempos para calcular nuestros indicadores.</p>		
9	Anexos		
10	Controles de cambio.		
	Nombre	Cargo	Fecha
Elaboración	Ricardo Palacios Palacios	Técnico mecánico	02.01. 2016
Revisión	Adams Guinochio Ricaldi	Supervisor de servicios	02.01 .2016

CÓDIGO	SISTEMA	CANT N° DE PARADA	Duración en horas
1	PROPULSIÓN	208	685:30:27
2	SISTEMA 24V	96	269:35:17
3	MOTOR	75	204:45:16
4	CABINA	57	187:27:13
5	HIDRAULICO	38	171:36:56
6	ESTRUCTURA	27	149:47:21
7	SUSPENSIONES	23	119:56:34
8	ENGRASE	4	12:33:42
	total	528	1801:12:46



ANEXO 3. Instrumentos de recolección de datos
Formato de identificación de paradas.

CÓ DIG O	DESCRIPCIÓN	CANT. PARADAS	DURACIÓN EN HORAS
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Fuente: Elaboración Propia.



JORGE ENRIQUE VALOMINO
RIVERA
INGENIERO MECATRONICO
Reg. CIP N° 149251



José Carlos Moreno Arrese
ING. MECÁNICO ELÉCTRICO
CIP. 137163



ADAMS JORDAN GUINCHIRO
RICALDI
INGENIERO MECATRONICO
Reg. CIP N° 149930

ANEXO 4 Pautas de mantenimiento camión Komatsu 730E

Mantenimiento inicial a las 250 horas (sólo tras las primeras 250 horas):

Sustituir el elemento del filtro de aceite de la transmisión.

Reemplazar el elemento del tanque de aceite de la dirección y de levante. Cambiar el aceite en la caja del mando final.

Cambiar el aceite del tanque de la dirección y levante.

Mantenimiento cada 250 horas:

Comprobar el nivel de aceite en la caja del mando final, agregar de ser necesario.

Lubricar la máquina. Comprobar el eje propulsor.

Comprobar el nivel del electrolito de la batería.

Comprobar la tensión de la correa del ventilador, ajustar de ser necesario.

Revisar el ajuste de la tensión de la correa del compresor del aire acondicionado.

Limpiar los respiradores. Revisar la estructura.

Comprobar la capacidad del freno de servicio. Comprobar la capacidad del freno de retardo.

Comprobar la capacidad del freno de estacionamiento. Comprobar y limpiar la suspensión automática.

Revisar la presión de gas del acumulador.

Mantenimiento cada 500 horas:

Cambiar el aceite del motor, sustituir el cartucho del filtro de aceite. Cambiar el elemento del filtro primario de combustible.

Mantenimiento cada 1000 horas:

Reemplazar el cartucho del resistor de corrosión.

Sustituir el cartucho del filtro principal de combustible. Cambiar el aceite del sub tanque de freno.

Sustituir el elemento del filtro de aceite de los frenos. Lubricar la máquina.

Comprobar el desgaste del disco de freno trasero. Comprobar el desgaste del disco de freno delantero. Recuperar el aceite que escapa por el sello flotante.

Comprobar si están sueltas las abrazaderas de las tuberías de la entrada de aire al motor.

Mantenimiento cada 2000 horas:

Reemplazar el elemento del filtro del tanque de la dirección y levante. Cambiar el aceite del mando final.

Comprobar el funcionamiento del alternador.

Revisar y ajustar la holgura de las válvulas del motor. Revisar la presión de gas del acumulador.

Mantenimiento cada 4000 horas:

Cambiar el aceite de la dirección y levante. Lubricar el árbol transmisor.

Revisar el amortiguador de vibración. Comprobar el motor de arranque.

Revisar la bomba de agua.

Revisar la polea del ventilador y la polea tensora.

Comprobar la sujeción de la abrazadera de alta presión y del endurecimiento del caucho.

Comprobar las cubiertas anti-rociado de combustible faltantes y del endurecimiento del caucho.

.- Mantenimiento cada 8000 horas:

Reemplazar la abrazadera de la tubería de alta presión.

Sustituir la cubierta anti-rociado de combustible. Reparación general del motor de arranque y alternador.

.- Mantenimiento cada 15000 horas:

Comprobar y sustituir el perno de montaje del brazo de dirección.

.- Mantenimiento cuando sea necesario: Revisar, limpiar o sustituir el filtro de aire.

Limpiar el interior del sistema de enfriamiento.

Revisar el nivel del líquido limpia ventanillas, añada de ser necesario. Limpiar el filtro de aire del aire acondicionado.

Comprobar el nivel de refrigerante. Revisar el cuerpo del volquete.

Comprobar la longitud del cilindro de suspensión, verificar el nivel de aceite. Purgar el aire de los frenos traseros y delanteros.

Purgar el aire del freno de estacionamiento trasero y delantero. Comprobar el juego del acoplamiento del eje de salida.

Revisar el separador de agua, lavar el interior de la caja del filtro. Purgar el aire del circuito de combustible.

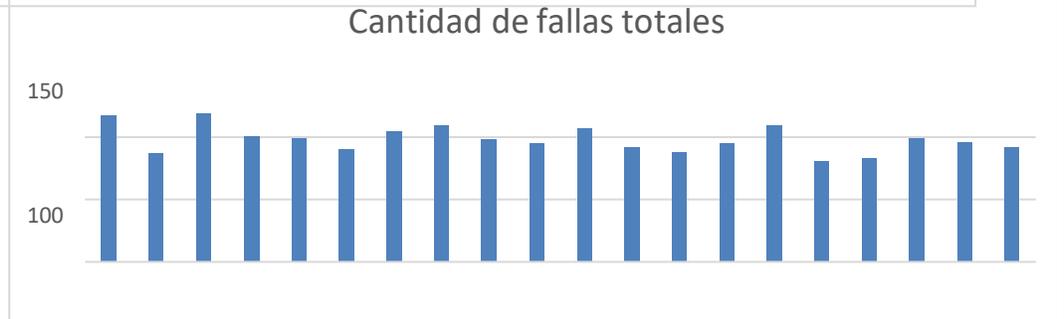
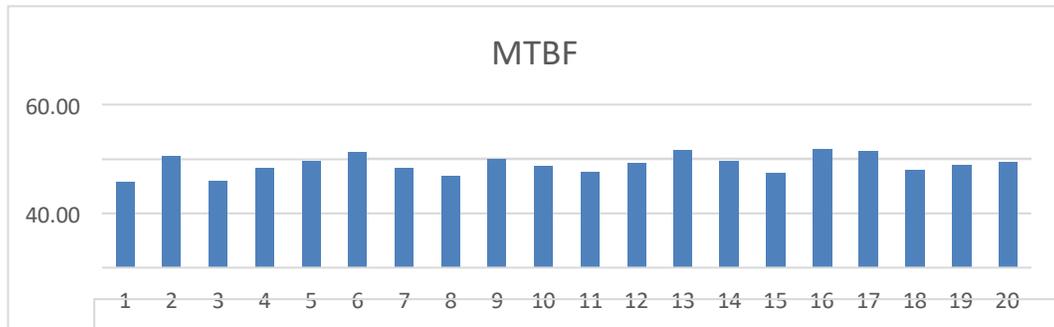
Limpiar y comprobar las aletas del radiador y del post enfriador. Limpiar el colador del tanque hidráulico.

Sustituir la correa del ventilador, ajustar en tensor automático. Selección e inspección de neumáticos.

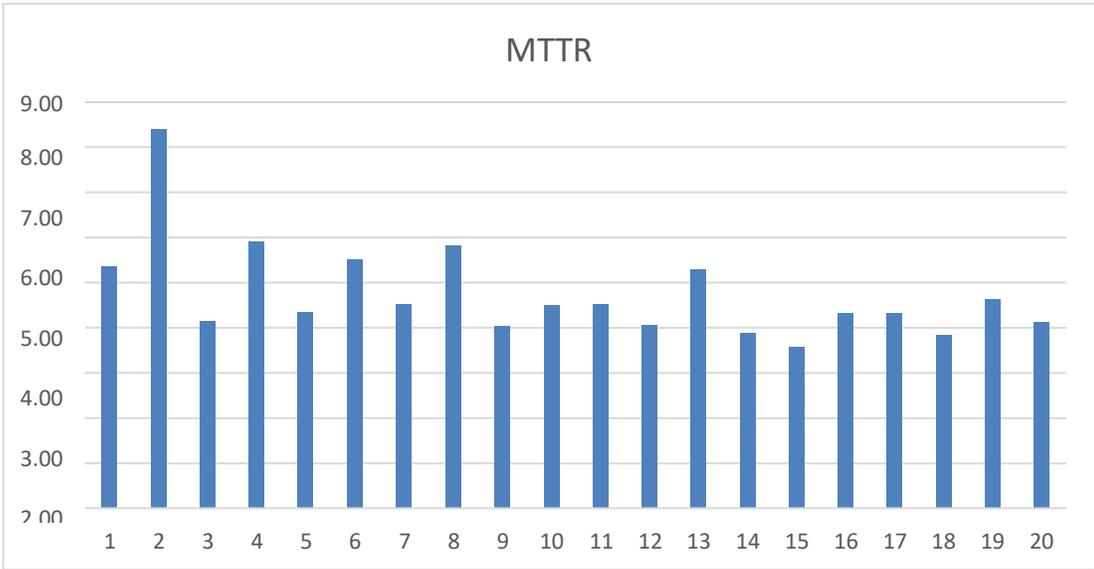
ANEXO 5. REGISTRO DE CANTIDAD DE FALLAS Y HORAS DE FALLAS DE CAMIONES KOMATSU 730E PRE TEST

FORMATO MTBF PRE TEST

Código	Total de horas de funcionamiento	Cantidad de fallas totales	Tiempo medio entre fallas
1	3692.61	117	31.56
2	3587.77	87	41.24
3	3826.16	119	32.15
4	3722.46	101	36.86
5	3889.46	99	39.29
6	3824.50	90	42.49
7	3844.66	105	36.62
8	3685.10	109	33.81
9	3923.60	98	40.04
10	3558.73	95	37.46
11	3786.70	107	35.39
12	3556.78	92	38.66
13	3797.56	88	43.15
14	3744.84	95	39.42
15	3775.57	109	34.64
16	3537.43	81	43.67
17	3567.96	83	42.99
18	3588.00	99	36.24
19	3635.56	96	37.87
20	3592.21	92	39.05

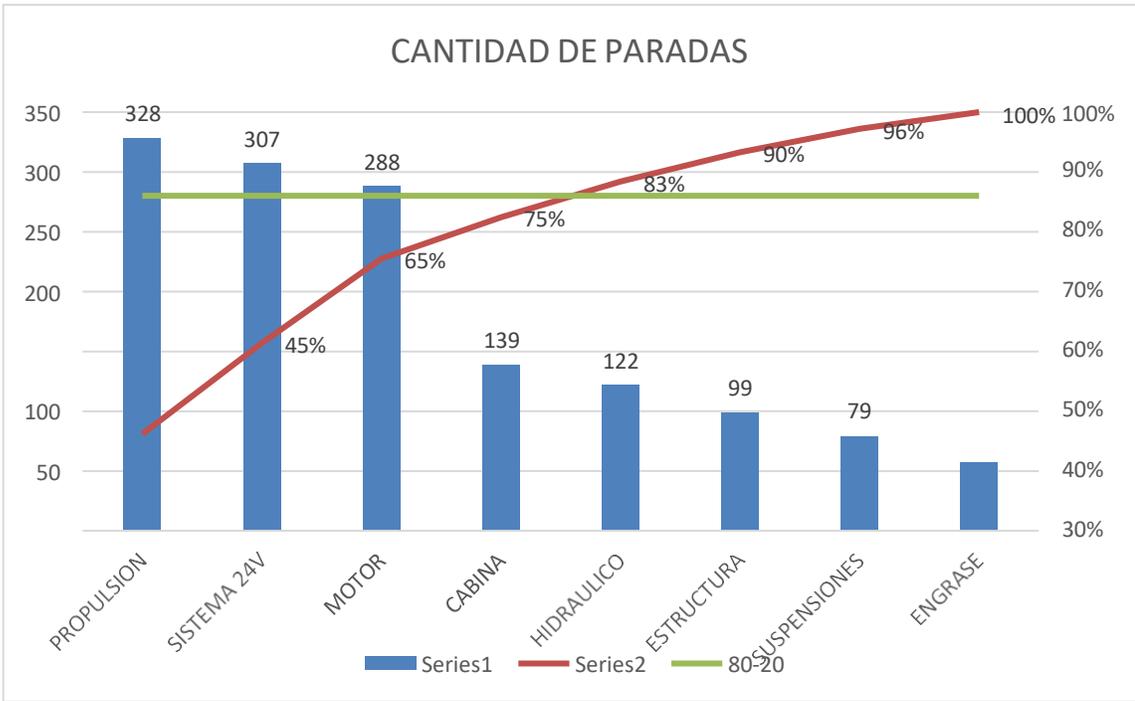


código	Tiempo total de intervención CORRECTIVA	N° total de fallas detectadas	Tiempo medio de reparación
	627.39	117	5.36
2	732.23	87	8.42
3	493.84	119	4.15
4	597.54	101	5.92
5	430.54	99	4.35
6	495.50	90	5.51
7	475.34	105	4.53
8	634.90	109	5.82
9	396.40	98	4.04
10	761.27	95	4.51
11	533.30	107	4.52
12	763.22	92	4.07
13	522.44	88	5.30
14	575.16	95	3.89
15	544.43	109	3.57
16	782.57	81	4.32
17	752.04	83	4.34
18	732.00	99	3.85
19	684.44	96	4.64
20	727.79	92	4.14



FORMATO CANTIDAD DE FALLAS POR SISTEMAS

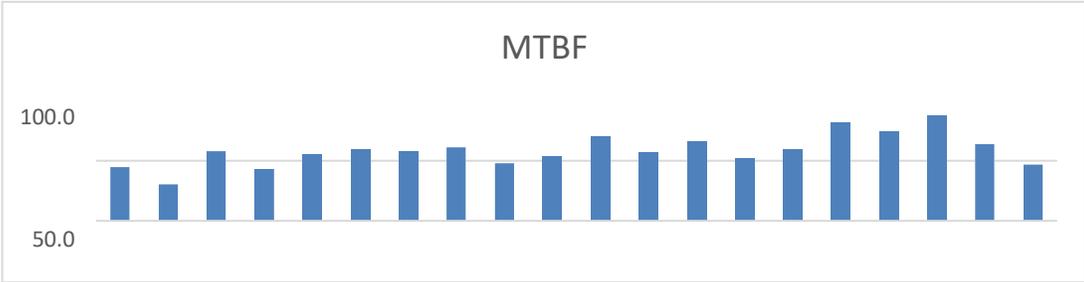
CÓDIGO	SISTEMA	CANT. PARADAS	DURACIÓN EN HORAS	% ACUMULADO
1	PROPULSIÓN	532	2593	27%
2	SISTEMA 24V	413	2317	48%
3	MOTOR	315	2079	64%
4	CABINA	229	1758	76%
5	HIDRÁULICO	151	1281	84%
6	ESTRUCTURA	121	925	90%
7	SUSPENSIONES	112	725	95%
8	ENGRASE	89	498	100%
		1962	12176	



ANEXO 6. REGISTRO DE CANTIDAD DE FALLAS Y HORAS DE FALLAS DE CAMIONES KOMATSU 730E POST TEST.

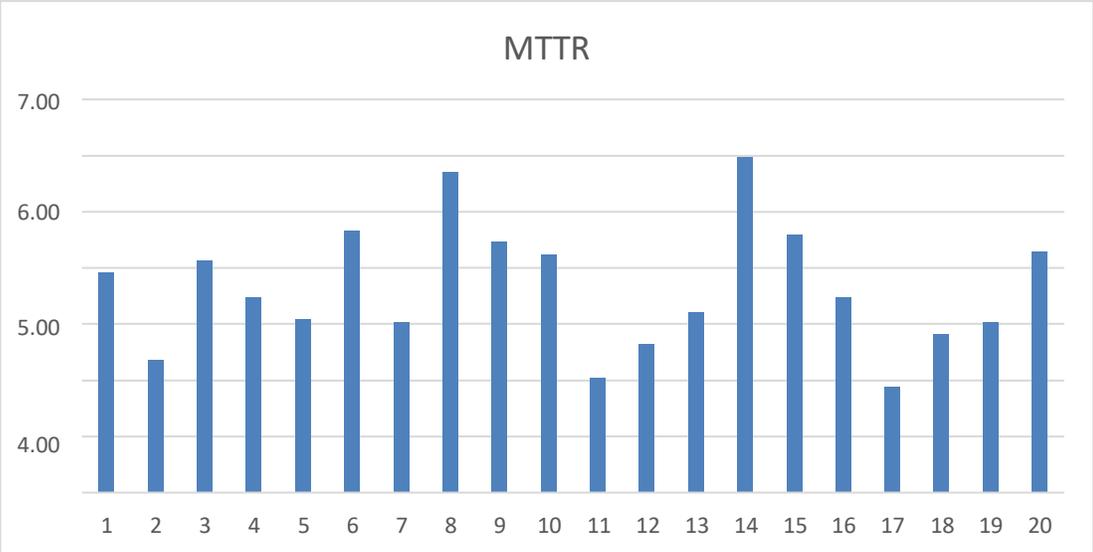
FORMATO MTBF POST TEST.

Código	Tiempo total de intervención CORRECTIVA	N° total de fallas detectadas	Tiempo medio de reparación
1	349.00	89	3.92
2	315.17	133	2.37
3	289.59	70	4.14
4	324.06	93	3.48
5	232.02	75	3.09
6	317.26	68	4.67
7	216.10	71	3.04
8	371.54	65	5.72
9	371.47	83	4.48
10	318.09	75	4.24
11	123.30	60	2.06
12	192.90	73	2.64
13	202.48	63	3.21
14	448.12	75	5.97
15	312.25	68	4.59
16	177.32	51	3.48
17	107.25	57	1.88
18	135.40	48	2.82
19	196.43	65	3.02
20	365.33	85	4.30



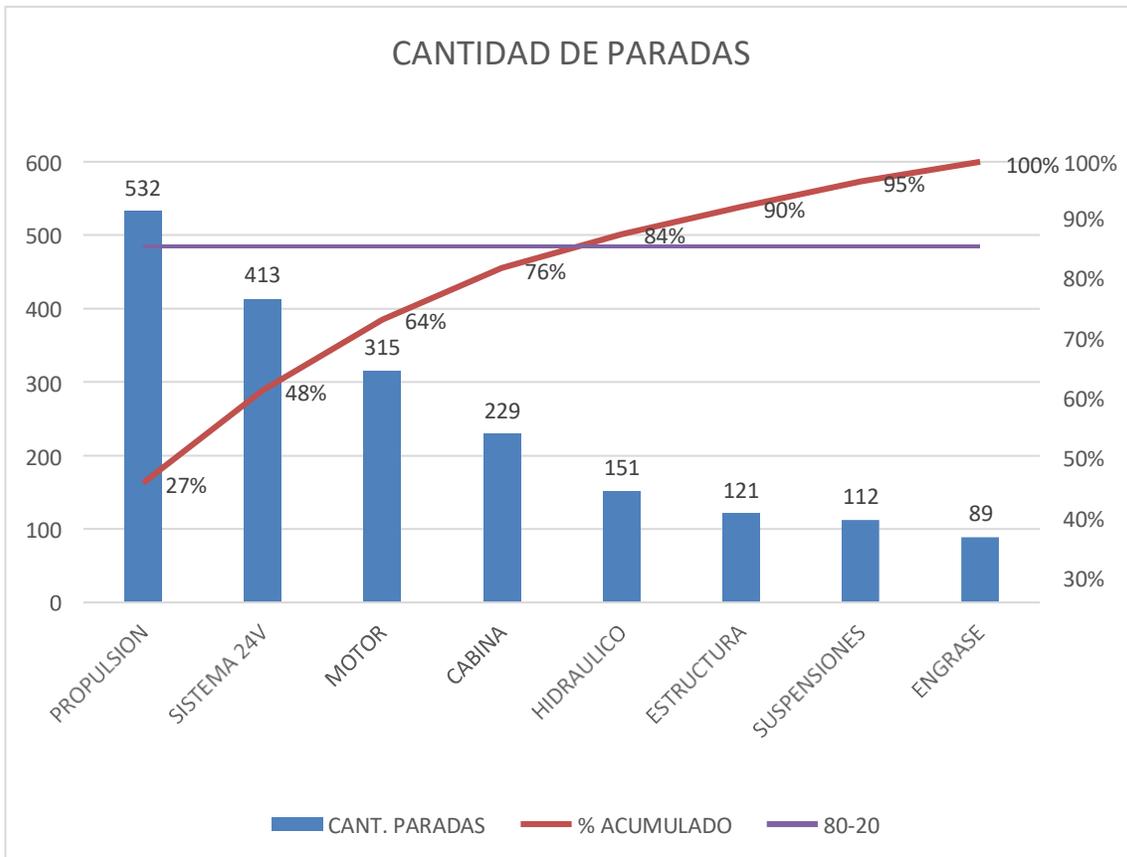
FORMATO MTTR POST TEST

código	Total de horas de funcionamiento	Cantidad de fallas totales	Tiempo medio entre fallas
1	3971.00	89	44.6
2	4004.83	133	30.11
3	4030.41	70	57.58
4	3995.94	93	42.97
5	4087.98	75	54.51
6	4002.74	68	58.86
7	4103.90	71	57.80
8	3948.46	65	60.75
9	3948.53	83	47.57
10	4001.91	75	53.36
11	4196.70	60	69.95
12	4127.10	73	56.54
13	4117.52	63	65.36
14	3871.88	75	51.63
15	4007.75	68	58.94
16	4142.68	51	81.23
17	4212.75	57	73.91
18	4184.60	48	87.18
19	4123.57	65	63.44
20	3954.67	85	46.53



FORMATO CANTIDAD DE FALLAS POR SISTEMAS

CÓDIGO	SISTEMA	CANT. PARADAS	DURACIÓN EN HORAS	% ACUMULADO EN HORAS
1	PROPULSIÓN	328	1039	23%
2	SISTEMA 24V	307	830	45%
3	MOTOR	288	690	65%
4	CABINA	139	591	75%
5	HIDRÁULICO	122	267	83%
6	ESTRUCTURA	99	203	90%
7	SUSPENSIONES	79	149	96%
8	ENGRASE	57	121	100%
		1419	3890	



ANEXO 7. Cuadro de diagnóstico de fallas en los camiones Komatsu 730E.

A partir de la información recolectada en la primera evaluación se elaboró un cuadro con las fallas presentadas en los camiones Komatsu 730E y sus posibles causas y efectos de estas, se comenzó desde la posible causa más fácil teniendo en cuenta que sea fácil de evaluar, reparar o si el caso lo amerite el cambio de repuesto o componente sea de bajo costo , es de esa manera como se procede a evaluar las causas y efectos de las fallas , hasta llegar a la posible causa de fallas más compleja de evaluar , que demande de más tiempo de reparación que el cambio de componente o repuesto sea más costoso que le dé las anteriores causas.

IDENTIFICACION DE FALLAS COMUNES EN CAMIONES KOMATSU 730E
Camión no se Traslada
Contactores pegados
Equipo no enciende
Desgaste de Mangueras de sistema hidráulico
Luces de semáforo de carga en mal estado
PLM no censa carga
Fugas en suspensiones
Golpe en suspensiones
Motor se apaga
Motor no enciende
Motor se desacelera
Alta temperatura de aceite hidráulico
Humedecimiento en cilindro hidráulicos
Sistema dirección dura
Levante de tolva lento
Caída de tolva
Tolva no eleva

Sistema de Propulsión			
Falla	Causas	Efecto	Soluciones
Camión no se Traslada	Humedad en motores de tracción	Perdida de propulsión	Realizar limpieza en devanados de motores de tracción
	Falla en tarjeta electrónica 102 y 104 (inspeccionar físicamente)	Perdida de propulsión	Limpieza de ranuras y conexiones / cambio de tarjetas electrónicas
	Inspeccionar cableado de excitación de alternador principal	Perdida de propulsión	Aislar cableado de excitación de alternador principal
	Humedad en grillas de retardo	Perdida de propulsión	Realizar limpieza en grillas de retardo y conexiones eléctricas
	Falla en aislamiento en cables de potencia	Perdida de propulsión	Aislamiento de cableado
	Voltaje de baterías demasiado bajo	Falla en sistema eléctrico de propulsión	Evaluación de sistema de carga (alternador)
	Perdida de propulsión	Falla en palanca selectora	Regulación o cambio de palanca selectora
	Falla en contactor GFR	Perdida de secuencia de propulsión	Inspección de conexiones, inspección de contactor GFR
	Cortocircuito en panel principal de diodos	Perdida de propulsión	Inspección y medición de continuidad en panel de diodos , cambio de diodos
Contactores pegados	Presencia de material extraño	Perdida de propulsión	Inspección limpieza de gabinete de contactores
	Mecanismo y articulaciones de contactores en mal estado	Perdida de propulsión	Evaluación , limpieza y lubricación de conjunto contactor

	Superficies de contacto (Tips) mal alineadas	Perdida de propulsión	Inspección y alineamiento de tips
	Falla en bobina 24V en mal estado	Perdida de propulsión	Evaluación de bobinas, alimentación de 24v
Falla en encendido de camión			
Falla	Causas	Efecto	Soluciones
Equipo no enciende	Relay de sistema de encendido en mal estado	falla en sistema de encendido	evaluación de relay , si inspección de sistema de arranque
	Falla en palanca selectora de marcha	Falla en sistema de encendido	Regulación de palanca selectora
	Falla en switch de corte de energía de sistema encendido de motor de motor	falla en sistema de encendido	Inspección de conexiones eléctricas evaluación de switch
	Falla en sistema de alimentación de motores de arranque.	Falla en sistema encendido	Inspección de sistema eléctrico 24v
	Falla de alimentación de 24v en sistema de pre lubricación de motor.	Falla en sistema encendido.	Inspección de sistema eléctrico 24v, si inspección en relay de sistema pre lubricación.
	Motores de arranque lentos , pegados	Falla en sistema encendido	Evaluación de motores de arranque reparación y/o cambio
Sistema Hidráulico			
Falla	Causas	Efecto	Soluciones
Desgaste de Mangueras de	Por fricción con parte del equipo	Perdida de aceite hidráulico	Cambio de sellos o mangueras

sistema hidráulico			
Tolva no eleva	Eje cardan en mal estado	Perdida de presión hidráulica	Cambio de eje cardan o crucetas
	Bomba hidráulica en mal estado	Perdida de presión hidráulica	Evaluación y/o cambio de bomba hidráulica
	Palanca de sistema de pilotaje de levante en mal estado	Perdida de presión de pilotaje	Regulación de palanca y/o cambio de palanca
	Fuga en cilindros de levante	Perdida de fluido hidráulico	Reparación y/o cambio de cilindros hidráulicos
Caída de tolva	Presión de descarga muy baja (Min 2500psi)	Perdida de presión hidráulica	Regulación y/o cambio de válvula de descarga
Caída de tolva	Válvula de contrabalancee en mal estado	Perdida de retención de aceite hidráulica	Cambio válvula contrabalancee
Levante de tolva lento	Bajo nivel de aceite hidráulico	Desgaste de componentes bombas hidráulicas	Relleno de aceite a nivel de trabajo
	Filtros hidráulicos obstruido	Desgaste de componentes	Cambio de filtros hidráulicos, realizar corte de filtros para inspeccionar partículas
	Válvulas shut off cerradas	Desgaste de componentes, elevada temperatura de aceite hidráulico	Cambio de Válvulas shut off
	Palanca de levante en mal estado	Perdida de presión de pilotaje	Regulación de palanca y/o cambio de palanca

Sistema dirección dura	Falta de presión hidráulica (medir presión)	Bomba hidráulica en mal estado	Cambio de bomba hidráulica
	Válvula de descarga en mal estado	Descarga de aceite a tanque	Cambio de válvula de descarga
	Orbitrol en mal estado	Falta de presión de pilotaje de dirección	Cambio de orbitrol
Humedecimiento en cilindros hidráulicos	Sellos en mal estado	Perdida de aceite	Cambio de sello y/o cambio de cilindros hidráulicos
Alta temperatura de aceite hidráulico	Sensor de temperatura en mal estado	Alarmas sonoras	Limpieza de conexiones eléctricas y/o Cambio de sensor
	Sobrepresión del sistema hidráulico	Calentamiento de sistema hidráulico	Regulación de presión de descarga
	Sobrepresión de sistema hidráulico	Válvula de alivio en mal estado	Regulación de presión de descarga

Motor			
Falla	Causas	Efecto	Soluciones
Motor se desacelera	Aire en combustible	Perdida de potencia	Purgar sistema de combustible
	Restricción en líneas de alimentación de combustible	Perdida de potencia	Cambio de líneas de combustible
	Actuadores de sincronización en mal estado	Perdida de potencia	Cambio de actuadores de sincronización
Motor no enciende	Bajo nivel de combustible	Baja presión de combustible	Llenar tanque de combustible
	Sensor de velocidad de mal estado	Mala sincronización	Cambio de sensor de velocidad
	Bomba de combustible en mal estado	Baja presión de combustible	Cambio de bomba de combustible
	Bajo voltaje de batería	Bajas rpm de motor de arranque	Cambio de baterías
	Aire en el combustible	Motor no enciende	Purgar sistema de combustible
	Válvula de corte de combustible cerrada	Falta de combustible	Cambio de válvula de corte de combustible
	Circuito de interruptor principal en mal estado	Alimentación de corriente a sistema de combustible en mal estado	Evolución de cableado cambio de interruptor principal

Motor se apaga	Baja presión de aceite motor	Corte de combustible a motor	Evaluación de componente de motor
Sistema de Suspensión			
Falla	Causas	Efecto	Soluciones
Golpe en suspensiones	Bajo nivel de aceite	Ruido en suspensiones	Inspección y rellenado de aceite
	Baja presión de nitrógeno	Mala amortiguación de equipo	Inspeccionar fugas nivelar presión de suspensiones

ANEXO 8. Programa de mantenimiento pautas de mantenimiento basado en la metodología de diagnóstico de fallas por síntomas

PRUEBAS INICIALES

DESCARGA DE DATA

Descargar data VHMS, PLM y STATEX (Summary, contadores y profiles).

Descargar data CENSE

MOTOR DIESEL

Revisar tiempo de operación de pre lubricador, registrar lectura.

PRUEBAS INICIALES (EQUIPO ENERGIZADO)

Holgura de pines de tolva (Insp. Visual)

Holgura de pines de cilindro de levante (Insp. Visual)

Holgura de rotulas de cilindro y barra de dirección (Insp. Visual)

Medición de límite de tolva (24 pulg. - 26 pulg.)

Prueba de luces de trabajo (Frontales y Posteriores)

SISTEMA HIDRAULICO

Verificar el funcionamiento de la válvula solenoide de sangrado al cortar chapa.

SISTEMA 24V

Revisar operatividad de alarma sonora del sistema AID en cabina y todas las luces indicadoras de alarma (aplicar x 2 seg switch de alarma), con botón de testeo.

Revisar carga de alternador debe estar entre 27.6 y 28.6 Volt. (Ralenti)

Verificar el correcto estado de perilla y funcionamiento del Master Switch. Al cortar el master switch no debe operar chapa de contacto en cabina.

LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES DEBEN REALIZARSE

CON EQUIPO TOTALMENTE LIBRE DE ENERGÍAS (ELECTRICA E HIDRAULICA)

Limpieza de componentes de potencia de alternador principal y periféricos (Sopleteo)

Limpieza de banco de parrillas y periféricos (Sopleteo)

Limpieza de gabinetes de potencia, control, retardo, etc. (Sopleteo)

Limpieza de guarda-llamas de contactores (Sopleteo)

Limpieza de caja de aire y armadura de motores de tracción (Sopleteo)

TOMA DE MUESTRAS

Tomar muestras de aceite de motor diesel.

Tomar muestras de aceite de rueda delantera izquierda.

Tomar muestras de aceite de rueda delantera derecha.

Tomar muestras de aceite de sistema hidráulico.

Tomar muestras de aceite de motor de tracción izquierdo.

Tomar muestras de aceite de motor de tracción derecho.

PRUEBA DE SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Realizar pruebas de funcionamiento de sistema eléctrico e inyectores

SISTEMA CONTRA INCENDIO

De acuerdo a pauta de subcontrato.

MOTOR DIESEL

Revisar nivel de saturación de filtros de aire (Cambiar si es necesario)

Limpieza de tazones decantadores de polvo en caja filtros de aire.

Inspeccionar panel radiador: obstruido, daños en el panel, fugas de refrigerante.

Cambiar filtros de aceite de motor.

Cambiar aceite de Motor Diesel 10w40 x 55 gln. Esperar 10 minutos después revise nivel. Rellene si es necesario.

Verificar nivel de aceite Motor Diesel

Cambiar filtros de combustible.

Revisar y limpiar respiraderos de cárter de motor

Verificar nivel de refrigerante.

Revisión y Limpieza de sensor de nivel de refrigerante

Revisar la concentración del refrigerante.

Cambiar filtros del refrigerante.

Revisar que los flexibles de motor no presenten fugas

Revisar mangueras de lubricación de cabezal de filtros de aceite.

Revisar mangueras de lubricación de fan clutch: reemplazar si estan resacas.

Revisar terminales de válvula STC (reemplazar si fuera necesario).

Revisar terminales de válvula Shutoff (reemplazar si fuera necesario).

Revisión y limpieza de sensor de Presión de refrigerante y Presión de combustible.

Revisión y limpieza de sensor de Temperatura de aceite

Revisar estado y limpieza de las termocuplas.

Revisar por falta de fijación o roce cables de alimentación de motores de arranque.
Revisar fugas en sistema de lubricación.
Revisar tensión y estado de faja de ventilador.
Revisar el torque de los seis pernos de montaje del cubo de ventilador (Torque de acuerdo a cabeza)
Revisar por fugas cubo de ventilador.
Revisar que ductos de admisión del motor Diesel, tenga todos sus soportes y tensores en ambos lados del motor. Revisar que las gomas de unión entre tubo y turbo no se encuentre deformada.
Revisar gomas y tensores ductos de admisión.
Revisar abrazaderas ductos de admisión.
Revisar abrazaderas de múltiple de escape y ductos de escape.
Revisar estado de mantas térmicas de ductos de escape.
Revisar fugas sistema de admisión y escape.
Revisar mangueras del sistema de refrigeración.
Revisar fugas de refrigerante por testigo de bomba de agua.
Inspeccionar mangueras de refrigeración de motor: fugas, roturas, sueltas.
Inspeccionar mangueras de radiador (maguera de venteo) : fugas, roturas, sueltas.
Inspeccionar panel radiador: obstruido, daños en el panel, fugas de refrigerante.

SISTEMA 24V

Revisar estado de tapas de protección en caja de batería.
Revisar estado de soportes y cables de baterías; verifique que no presenten sulfatación o sueltos. Corregir si es necesario.
Revisar nivel de electrolito en baterías. Corrija si es necesario (Si las baterías son libres de mantenimiento omitir la actividad).
Medir densidad de electrolito de la batería.
Revisar apriete de los terminales de baterías, limpiar o cambiar si es requerido.
Medir la capacidad de entrega de carga de las baterías x 04 (de carga).
Revisar conexiones y limpiar micas en focos frontales de ALTA.
Revisar conexiones y limpiar micas en focos frontales de BAJA.
Revisar conexiones y limpiar micas en focos NEBLINEROS.
Revisar conexiones y limpiar micas de luces de escaleras acceso cabina (02)

SISTEMA HIDRÁULICO

Inspeccionar tomas wiggig de abastecimiento centralizado.(Verificar estado de niples, cañerías y valvulas del sistema hidraulico)

ESTRUCTURA

Revisar estado de escalera de emergencia (vertical) : Verificar pernos sueltos, etc.
Revisar estado de escalera de acceso principal (diagonal) : Verificar pernos sueltos, etc.

Revisar estado de barandas.

RADIADOR

Inspeccionar protector de radiador.
Inspeccionar topes de goma de radiador.
Inspeccionar templadores de radiador.
Inspeccionar tinas (superior e inferior) y paneles de radiador.

CABINA

Realizar aseo de cabina, vidrios y espejos.
Revisar espejo retrovisores que no se encuentre quebrados o sueltos.
Lubricar pasadores de bisagra y de rodillo del pedal de freno.
Aplicar grasa a los rieles de deslizamiento del asiento de operador.
Revisar y rellenar deposito de agua del limpia parabrisas.
Revisar relay de motor eléctrico de limpia parabrisas.

CSISTEMA 24V

Revisar y reponer si es necesario en tablero de operador: Perillas, botones de accionamiento, palanca de retardo y selectora de marcha.
Revisar conexiones eléctricas de solenoide de freno estacionamiento.
Revisar conexiones eléctricas del solenoide de freno de traba.
Revisar el estado y presencia de todos los fusibles indicados en la cartilla de la puerta del gabinete auxiliar

VHMS

Revisar estado de base y antena del sistema VHMS.
Revisar estado del cable de antena VHMS.
Limpiar conectores de controlador ORBCOMM, controlador VHMS,
Revisar estado de fusibles VHMS.

PAYLOAD METER

Revisar estado de cables y conectores de sensor inclinómetro.
Limpiar superficie de las luces del semaforo.
Revisar soportes del semaforo (buscar fisuras).

GABINETE DE DIODOS

Revisar estado de conexiones y terminales
Revisar cableado entrada y salida AC/DC
Medir continuidad en cada extremo

PANEL FILTER

Revisar estado de conexiones y terminales
Aspiración de polvo y limpieza
Revisar estado de las resistencias y condensadores
Verificar estado de la estructura y soporte del panel filter.

GABINETE PRINCIPAL

Revisar y/o cambiar tips de contactor P1, RP1 y RP2.
Revisar y/o cambiar feedback de contactor P1, RP1 y RP2.
Realizar prueba de contacto del Feedback con multímetro del RP1 y RP2, regular si fuera necesario.
Revisar estado de conexiones de varistores GFDR y MFDR.
Inspección y Revisión estado de reversor
Revisar conexiones del VMM
Revisar por cortes y arcos los tips de contactores GF y MF, cambiar si es necesario.
Revisar por cortes y arcos los tips de contactores CPR y GFR, cambiar si es necesario.
Verificar el cableado de potencia si se encuentra en rozamiento.
Revisar visualmente estado de barra LINK, observar cambios de color y buscar evidencias de pernos sueltos inspeccionando manualmente.
Revisar soportes del panel ICP (RACK), estado de resorte y aisladores en tapa de RACK.
Revisar conexiones eléctricas de los conectores CNA, CNB, CNC y CND además de la fijación de tarjetas de control.
Revisar visualmente todas las conexiones eléctricas de cables de potencia por apriete o daño
Revisar anclaje del gabinete por soltura de pernos o fisuras, además de revisar el anclaje del ducto de entrada de aire enfriamiento.
Inspeccionar estado de soportes superiores e inferiores del ducto de admisión de aire al alternador principal.
Revisar estado de ducto flexible refrigeración gabinete de control, soporte y abrazaderas de unión al gabinete.
Panel de Eventos de 2 dígitos
Inspeccionar componentes del gabinete de control: Panel AFSE, MFSE, VMM1, VMM2 y ISO's.
Buscar cables sueltos de todas las conexiones en regleta

GABINETE CONTACTORES

Inspección de contactores. RP3, RP4, RP5, RP6, RP7, RP8, RP9
Revisar conexión de feedback de contactores.
Revisar estado de cableado de contactores.
Revisar estado de guardallamas en contactores.
Revisar estado de tips de contactores.
Calibración de contactores en caso sea necesario
Revisar el apriete de los pernos de los contactores.

BANCO DE PARRILLAS

Revisar en bancos de parrillas con fuente de iluminación adecuada en busca de daños como material fundido o resistores cortados. Revisar y retirar en caso necesario la parrilla dañada. La inspección se debe realizar por el lado de los deflectores de aire de los cuatro bancos.

Revisar fisuras en soporte y anclaje del banco de parrillas.
Revisar tensor de resistencias, debe estar apretado.
Revisar por elementos extraños en parte inferior del banco.
Inspeccionar estado de terminales en conexiones eléctricas y por elementos extraños o material fundido sobre las parrillas.
Revisar el apriete de las conexiones eléctricas en banco de parrillas.
Revisar que no falten pernos en las tapas de parrilla.

BLOWER DE PARRILLAS

Revisar el estado y apriete de los cables de retorno al punto de inyección de los blowers.
Revisar el libre desplazamiento de los carbones de ambos blowers.
Revisar el estado de los resortes de los porta carbones.
Revisar el estado de las conexiones eléctricas de los porta carbones
Inspeccionar desgaste de carbones blower derecho. Reemplazar si es necesario.
Inspeccionar desgaste de carbones blower izquierdo. Reemplazar si es necesario.

GABINETE DE FRENOS

Revisar estado de la estructura del gabinete de frenos (Corrosión, pestillos)
Revisar por fugas en gabinete de frenos (Acumuladores, mangueras, válvulas, etc.)
Registre la presión inicial y final del acumulador de frenos, ubicado en parte posterior de cabina del operador, 1400 psi

CONJUNTO SUSPENSIÓN DELANTERO LH (SUSPENSIÓN + RUEDA)

Cambiar aceite de Rueda delantera LH

Revisar por fugas en Rueda delantera LH atribuible a sello de espejo
 Verificar fugas por frenos de servicio (Indicar posición)
 Revisar estado y cambiar si es requerido faldon de suspension.
 Revisar el torque de los pernos de la tapa superior de la suspensión delantera (Marcar los pernos revisados y seguir procedimiento de ajuste según manual de taller). El torque de los pernos debe ser de 238 N.m (175 ft lb).

Revisar estado de cables y conectores en sensor de presión de
 Suspensión delantera LH.

SISTEMA DIRECCIÓN

Revisar el torque en tuercas retenedoras de pasadores en articulaciones de dirección 464 N.m (342 ft.lb).
 Revisar el torque en tuercas seguro de barra de dirección, 464 N.m (342 ft.lb).

Revisar juego radial en rótulas de dirección (barra de dirección y cilindros de dirección).

SISTEMA HIDRÁULICO

Cambiar aceite hidráulico
 Revisar por fugas válvula de levante y contra balance.
 Cambiar filtros de alta presión del sistema hidráulico.
 Cambiar respiradero del tanque hidráulico.
 Revisar por fugas bomba de LEVANTE (línea de succión y línea de descarga)

Revisar nivel aceite en tanque hidráulico.
 Revisar por fugas en múltiple sangrado, ubicado en costado exterior izquierdo del chasis.
 Revisar por fugas en válvula amplificadora de flujo, ubicado en costado de los acumuladores de dirección.

Revisar por fugas bomba de DIRECCION Y FRENO (línea de succión, descarga, tapa plato de angulación, cuerpo de válvulas y entre bombas).
 Revise la convergencia según procedimiento de Shop Manual.
 Registre la presión inicial y final del acumulador de dirección, 1400 psi (acumulador ubicado en sector izq. del chasis).

ACUMULADOR	Presión inicial (psi)	Presión final (psi)	Observaciones
Dirección DELANTERO			
Dirección TRASERO			

Inspección y limpieza de terminales del sensor de bajo nivel de aceite hidráulico

ALTERNADOR

Revisar estado del caracol del soplador, que no presente fisuras o daños.
 Revisar estado de sellos, seguros y tapas de inspección en alternador principal.
 Inspección visual del asentamiento de carbones
 Inspeccionar desgaste de carbones. Reemplazar si es necesario.
 Limpieza de componentes de potencia de alternador principal y perifericos.
 Revisar estado de sellos, seguros y tapas de inspección en alternador principal.
 Revisar estado de anillos deslizante, verificar que no presenten decoloración.
 Revisar estado de resorte de porta carbones y tensor.
 Revisar el libre desplazamiento de los carbones de alternador principal.
 Revisar visualmente todas las conexiones eléctricas de los porta carbones.
 Revisar conexiones eléctricas de excitación y de potencia, campos terciarios y salida trifásica.
 Revisar por roce, pérdida de aislación o falta de fijación en cables TERCARIOS, TRIFASICOS y de CAMPO sobre alternador principal.
 Revisar estado de cables y conexión en sensor de velocidad de alternador principal.

MOTORES DE TRACCION

Cambiar aceite de Motor de Tracción (Indicar lado LH / RH)
 Revisar el nivel de aceite en ambos motores de tracción.
 Revisar frenos de estacionamiento, por posibles fugas (Indicar lado LH/RH)
 Revisar frenos de servicio, por posibles fugas (Indicar lado LH/RH)
 Revisar con linterna todas las tuercas de espárragos y pernos remachados (STUD).

Revisar estado de cables de potencia (campo y armadura) que no tengan desgaste por rozamiento con el chasis.

Revisar estado de cinta de teflon.

Revisar estado de armadura y campo (parte exterior). En el rotor verificar desgaste o suciedad entre sus líneas.

Revisar estado de porta carbones y sus resortes (verificar manualmente tensión de resorte).

Limpier respiraderos de la parte superior de los motores de tracción y limpiar área.

Revisar cables de conexión en motores de tracción por apriete y decoloración.

Revisar visualmente estado de bobinas del ESTATOR, que no presente contaminación o pérdidas de aislación.

Revisar visualmente estado del ROTOR, que no presente contaminación o pérdidas de aislación.

Revisar conexiones del sensor de velocidad en ambos motores de tracción.

Medición de carbones, medida mínima 25 mm

MOTOR DE TRACCION IZQUIERDO

Fila = desde posición 10 en punto en sentido horario

Columna = Interior hacia exterior

C	A	B	C	D
1				
2				
3				

MOTOR DE TRACCION DERECHO

Fila = desde posición 10 en punto en sentido horario

Columna = Interior hacia exterior

C	A	B	C	D
1				
2				
3				

TOLVA

Revisar y limpiar el sensor de límite de tolva. Ajustar si es requerido, la medida correcta se obtiene a 24° de extensión de la última etapa. Verificar conexión.

Revisar cajas de giro en tolva, buscar presencia de fisuras en soldadura y metal base.

Revisar estado de bota piedras, debe estar centrado y no debe golpear el aro central. Ajuste los topes si es necesario.

SUSPENSIONES POSTERIORES

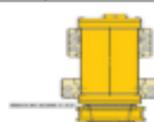
Inspeccionar rótulas de suspensiones posteriores (superior e inferior): observar en busca de rótulas quebradas o fisuradas.

Revisar estado y cambiar si es requerido faldones en suspensiones posteriores.

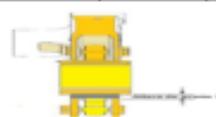
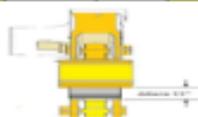
Revisar estado de cables y conectores en sensores de presión de suspensiones posteriores.

CALIBRACION DE SUSPENSIONES, INCLINOMETRO Y TARA CAMION 730E

CALIBRACION DE SUSPENSIONES FRONTALES DE CAMIONES ELECTRICOS 730E								
SUSPENSION FRONTAL DERECHA								
Antes	VALOR ESTANDAR	Controlado	Antes	VALOR ESTANDAR	Medida Mecanica	Medida Software PLM	Fecha de Cambio	Alcance de ajuste
	9"			4800"	Medida Mecanica	Software PLM		Llenado
SUSPENSION FRONTAL IZQUIERDA								
Antes	VALOR ESTANDAR	Controlado	Antes	VALOR ESTANDAR	Medida Mecanica <th>Medida Software PLM</th> <th>Fecha de Cambio</th> <th>Alcance de ajuste</th>	Medida Software PLM	Fecha de Cambio	Alcance de ajuste
	9"			4800"	Medida Mecanica	Software PLM		Llenado



CALIBRACION DE SUSPENSIONES POSTERIORES DE CAMIONES ELECTRICOS 730E								
SUSPENSION POSTERIOR DERECHA								
Antes	VALOR ESTANDAR	Controlado	Antes	VALOR ESTANDAR	Medida Mecanica	Medida Software PLM	Fecha de Cambio	Alcance de ajuste
	33"			2800"	Medida Mecanica	Software PLM		Llenado
SUSPENSION POSTERIOR IZQUIERDA								
Antes	VALOR ESTANDAR	Controlado	Antes	VALOR ESTANDAR	Medida Mecanica	Medida Software PLM	Fecha de Cambio	Alcance de ajuste
	33"			2800"	Medida Mecanica	Software PLM		Llenado

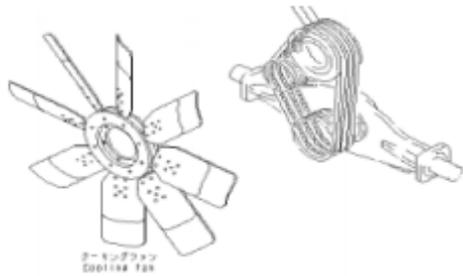


ANEXO 9.. Lista de inspección de fajas de motor y alternador

KOMATSU	MITSUI	Verificación fajas de motor y alternador
----------------	---------------	---

Fecha: turno: horometro:

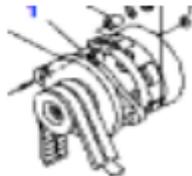
Equipo : Tiempo aproximado: **1 hora**



- 1º desmontar y verificar estado de fajas
- 2º montar y realizar ajuste adecuado

➤ En caso de encontrarse en mal estado reemplazar por lo siguiente

Nº	Numero de parte	Descripción	Cantidad
1	04122-22579	V-SET	1 KIT



- 1º desmontar y verificar estado de fajas
- 2º montar y realizar ajuste adecuado

➤ En caso de encontrarse en mal estado reemplazar por lo siguiente

Nº	Numero de parte	Descripción	Cantidad
1	0240-81-8720	V-SET	1 KIT



 JORGE ENRIQUE ALCIANO
 RIVERA
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149251



 José Carlos Martínez Arrese
 INGENIERO MECATRONICO
 3. MECÁNICA Y ELÉCTRICO
 CIP. 137163



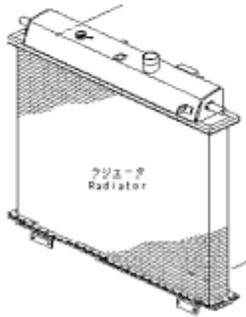
 ADAMS JORDAN GUIRUCHÚ
 RICALDI
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149930

ANEXO 10.. Lista de verificación de radiador

KOMATSU MITSUI Verificación de radiador

Fecha: Turno:.....horometro:

Equipo: Tiempo aproximado:



Cuando el equipo ingresa a lavadero

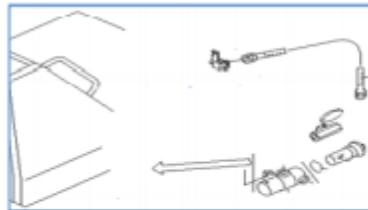
- 1º verificar estado de saturación de radiador
- 2º verificar posibles fugas e indicar el nivel en que esta:
- 3º realizar limpieza de radiador para evitar recalentamiento
- 4º realizar listado de repuesto dependiendo el nivel en que se encuentra la fuga.
- 5º verificar nivel de refrigerante de radiador y nivel de tanque de expansión.

Nivel 1	
Nivel 2	
Nivel 3	

KOMATSU MITSUI Verificación y limpieza de strainer de combustible

Fecha: Turno: horometro:

Equipo: Tiempo aproximado: 20 minutos



- 1º cerrar válvula de paso de combustible.
- 2º retirar strainer de combustible.
- 3º limpieza de strainer

[Signature]
 JORGE ENRIQUE FALCÓN
 RIVERA
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149251

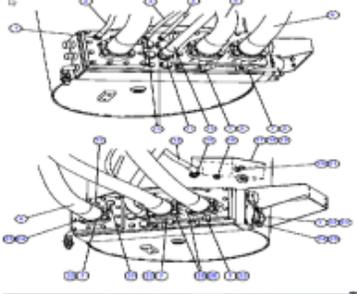
[Signature]
 José Carlos Martínez Arrese
 INGENIERO MECANICO ELECTRICO
 CIP. 137103

[Signature]
 ADAMS JORDAN GUINGOCHU
 RICALDI
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149930

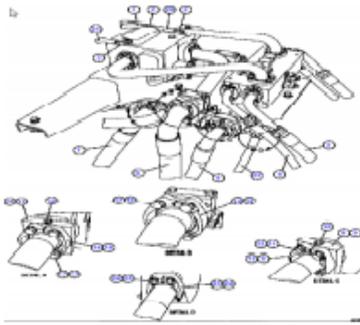
ANEXO 11.. Lista de inspección y limpieza del sistema hidráulico

KOMATSU	mitsui	inspección y limpieza de componentes de sistema hidráulico
----------------	---------------	---

Fecha:	Turno:	horometro:
Equipo:		tiempo aproximado: 40 minutos



item	Descripción	Estado
1	Inspeccionar estructura de tanque	
2	Hidráulico penos y soportes	
3	Inspeccionar válvulas	
4	Inspeccionar ajuste de pernos de mangueras	



Ítem	Descripción	Estado
1	Verificar ajuste de mangueras hidráulicas	
2	verificar ajuste de soporte de bombas	
3	Inspeccionar fugas en bombas	
4	Inspeccionar bombas hidráulicas	



JORGE ENRIQUE ALOMINO RIVERA
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149251



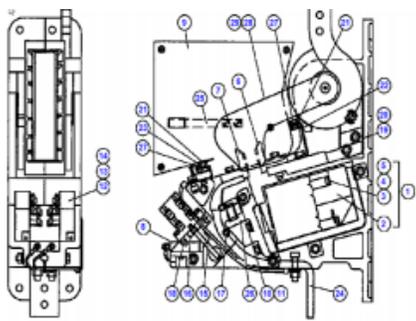
José Carlos Barino Arraso
 INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
 CIP. 137163



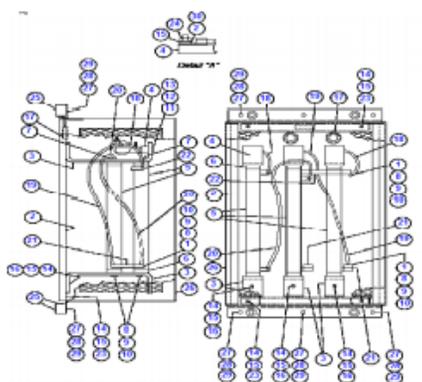
ADAMS JORDAN GUINGCHO RICALDI
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149930

ANEXO 12.. Lista de inspección y limpieza del sistema de propulsión

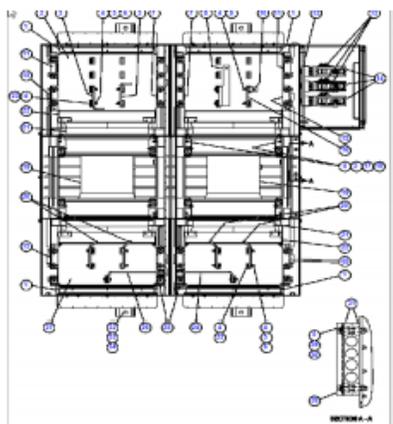
		<h2 style="margin: 0;">Verificación y limpieza de componentes de sistema de propulsión</h2>
---	---	---



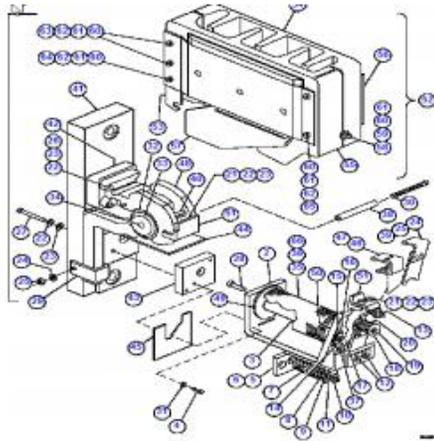
item	descripción	estado
1	Verificar estado de tips	
2	Inspeccionar voltaje de alimentación eléctrica a bobinas	
3	Verificar activación de interlock	



item	Descripción	estado
1	Verificar conexiones eléctricas	
2	Medir ohm de resistencias	
3	Limpieza de resistencia de panel filter	



Item	Descripción	Estado
1	Verificar conexiones eléctricas	
2	Verificar ajuste de pernos	
3	Verificar cableado eléctrico	



item	descripción	
1	Verificar estado de tips	
2	Inspeccionar voltaje de alimentación eléctrica	
3	Verificar activación de interlock	



 JORGE ENRIQUE ALCORNO
 RIVERA
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149251



 José Carlos Espino Arrese
 3. MECÁNICO ELÉCTRICO
 CIP. 137103

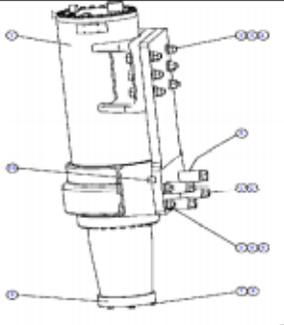


 ADAMS JORDAN GUIRIOCHIO
 RICALDI
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149930

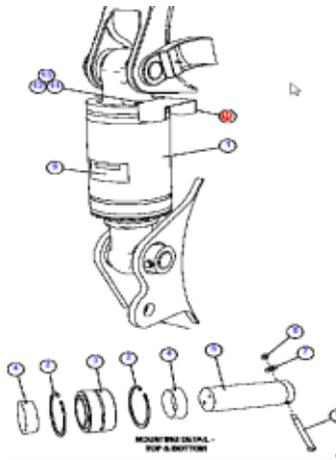
ANEXO 13. Lista de inspección y limpieza del sistema de **Lista de inspección sistema suspensión.**

KOMATSU	MITSUI	Inspección y limpieza de componentes de sistema de suspensión
----------------	---------------	---

Fecha: turno: horometro:
 Equipo: Tiempo aproximado: **1 hora**



Item	descripción	
1	Inspección de fugas por suspensiones	
2	Inspección de ajustes de pernos	
3	Inspección de estructura (Fisuras)	



N° parte	Descripción	Cantidad
VN9182	Perno	6
WA0368	Anillo	24
WA0404	Tuerca	10
EL4671	Espaciador	4
WB2080	Perno	8
WA4817	Perno	8
ty2149	Anillo	8

item	descripcion	
1	Inspección de cableado de sistema eléctrico 24v	
2	Inspección de conexiones y terminales	
3	Inspección y limpieza de baterías	
4	Inspección y limpieza de conectores de luces	



 JORGE ENRIQUE ALGUSINO RIVERA
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149251



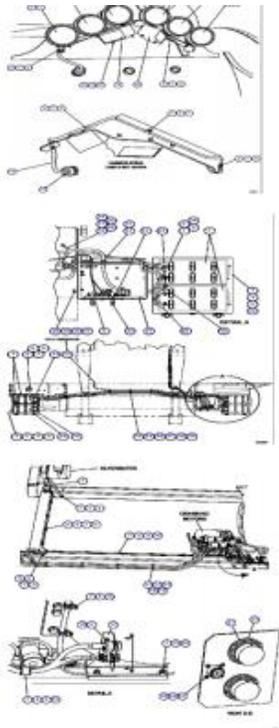
 José Carlos Moreno Arrese
 O. MECÁNICO ELÉCTRICO
 CIP. 137163



 ADAMS JORDAN GUINGOCHIU RICALDI
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149930

ANEXO 14.. Lista de inspección del sistema eléctrico 24V.

KOMATSU	mitsui	Inspección de sistema eléctrico 24v.
Fecha: turno: horometro:		
Equipo: Tiempo aproximado: 1hora		



N° parte	descripción	Cantidad
VZ0852	Batería	4
EG3571	Caja de batería RH	1
EG3572	Caja de batería LH	1
EJ2553	Harnes posterior de luces	1



 JORGE ENRIQUE ALONINO
 RIVERA
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149251



 José Carlos Barino Arrese
 I. MECÁNICO ELÉCTRICO
 CIP. 137163



 ADAMS JORDAN GUINGOCHI
 RICALDI
 INGENIERO MECATRONICO
 Reg. CIP N° 149930

ANEXO 16. Cuadro de registro de intervenciones de camiones Komatsu 730E

Personal | paradas de camiones general - Excel (Error de activación de productos)

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA

C37 : X ✓ fx 07:23:01 AM

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3															
4															
5	Equipo	Fecha	Hora	Duración	Estad	Cod.		Catej	Razón	sistema	Comentarios	Salida			
71	HT01	01/01/2016	13:27:20	0:50:02	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	cabina	LUNA IZQUIERDA D CABINA	14:17:22			
73	HT01	01/01/2016	13:27:20	0:50:02	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	cabina	LUNA IZQUIERDA D CABINA	14:17:22			
74	HT01	02/01/2016	07:23:00	0:26:58	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	FUGA POR FILTRO SEPARAD D	07:49:58			
82	HT01	09/01/2016	19:30:37	3:37:06	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	ALARMA DE INDICADRS D TAB	23:07:43			
84	HT01	14/01/2016	21:22:09	0:13:38	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sistema 24v	CAMBIO DE BULBO	21:35:47			
85	HT01	16/01/2016	06:50:07	0:25:54	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	hidraulico	FUGA FILTRO LEVANTE TOLVA	07:16:01			
86	HT01	16/01/2016	13:19:05	2:30:39	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	FUGA DE PETROLEO	15:49:44			
88	HT01	19/01/2016	18:40:00	2:44:50	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	cabina	AIRE ACONDICIONADO	21:24:50			
89	HT01	23/01/2016	15:21:19	1:08:52	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sistema 24v	PLM	16:30:11			
93	HT01	30/01/2016	19:00:00	57:49:18	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	hidraulico	SOLDADURA	04:49:18			
237	HT02	03/01/2016	11:09:32	1:06:26	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sist propulsion	FALLA ELECTRICA	12:15:58			
238	HT02	05/01/2016	23:57:18	5:22:29	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	FUGA DE ACEITE DE M	05:19:47			
239	HT02	06/01/2016	05:36:06	0:11:49	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	FUGA DE ACEITE MOTOR	05:47:55			
240	HT02	07/01/2016	14:39:43	1:16:29	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	PARADA MOTOR	15:56:12			
241	HT02	08/01/2016	06:44:19	3:03:05	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	PARADA DE MOTOR	09:47:24			
242	HT02	08/01/2016	10:03:17	153:24:12	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	PARADA DE MOTOR	19:27:29			
243	HT02	14/01/2016	20:21:05	9:27:37	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	PARADA DE MOTOR	05:48:42			
249	HT02	17/01/2016	00:28:43	0:47:03	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sistema 24v	TEMPERATURA DE LOS MT	01:15:46			
253	HT02	20/01/2016	10:12:34	16:35:45	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	HUMO BLANCO EN MOTOR	02:48:19			
255	HT02	26/01/2016	01:55:19	0:37:46	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	FAJAS DE MOTOR	02:33:05			
256	HT02	27/01/2016	14:32:54	2:39:18	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	PARADA DE MOTOR	17:12:12			
429	HT03	03/01/2016	17:50:00	0:28:50	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	cabina	BARANDA DE CABINA	18:18:50			
430	HT03	06/01/2016	19:15:45	1:15:48	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sistema 24v	LUCES DE TRABAJO	20:31:33			
431	HT03	10/01/2016	19:14:00	1:37:02	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	motor	FUGA DE REFRIGERANTE	20:51:02			
432	HT03	11/01/2016	22:45:00	2:51:02	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sist propulsion	FALLA ELECTRICA	01:36:02			
433	HT03	12/01/2016	18:28:51	3:39:42	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sist propulsion	SIN PROPULSION	22:08:33			
435	HT03	13/01/2016	10:20:49	29:40:04	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sist propulsion	RETARDO	16:00:53			
436	HT03	14/01/2016	16:04:39	1:40:20	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sist propulsion	FALLA ELECTRICA	17:44:59			
439	HT03	15/01/2016	11:52:18	4:06:41	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sist propulsion	FALLA ELECTRICA	15:58:59			
440	HT03	15/01/2016	18:42:00	4:57:40	Manten	401	Hora	Manten	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	sist propulsion	FALLA ELECTRICA	23:39:40			

BASE Hoja3 segunda muestra primera muestra isikawa TH01 HT02 HT03 HT04 HT05 HT06 HT07 HT08 HT09 ...

LISTO SE ENCONTRARON 274 DE 3636 REGISTROS

Activar Windows. Ir a configuración de PC para activar Windows.

80%

ANEXO 17. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO SEMANAL

Número interno	viernes 08-07-2016	sabado 09-07-2016	domingo 10-07-2016	lunes 11-07-2016	martes 12-07-2016	miercoles 13-07-2016	jueves-14-07-2016	
Número HT01	viernes 01-07-2016	sabado 02-07-2016	domingo 03-07-2016	Lunes 04-07-2016	Martes 05-07-2016	miercoles 06-07-2016	jueves 07-07-2016	
HT02				TOMA DE MUESTRA EN TALLER (1 HRS)			TOMA DE MUESTRA EN TALLER (1 HRS)	
HT03						PRE PM		
HT02		BL05 / 12 HRS + SIST. ANTICOLISIÓN	CIL. DIRECCIÓN RH (06 HRS)	LAVADERO	PM 1500 HRS (12 HRS) PRE-PM		LAVADERO	
HT03				LAVADERO	SUSPENSIÓN POSTERIOR RH (12 HRS) PM 2000 HRS	FISAC - TOLVA ANTIADHERENTE	SUSPENSIÓN POSTERIOR RH (12 HRS)	
HT04		TOMA DE MUESTRA (0.5 HRS)	LAVADERO	PM 500 HRS (12 HRS)	TOMA DE MUESTRA (0.5 HRS)	BL/03 (4 HRS)	TOMA DE MUESTRA (0.5 HRS)	
HT05			TOMA DE MUESTRA (0.5 HRS)			TOMA DE MUESTRA (0.5 HRS)		
HT06								
HT09					SOLDADURA SOPORTE CILINDRO DE LEVANTE RH (24 HRS)			
HT07				BL02 / 6 HRS		LAVADERO	PM 2000 HRS (12 HRS)	
HT11			REEMPLAZO DE CABINA DE OPERADOR + REEMPLAZO DE GABINETE DE FRENOS + EVALUACION SIST. 24V + EVALUACION SISTEMA ANTICOLISIÓN. (120 HRS)					
HT08					PRE-PM	SOLDADURA CHASIS		
HT12	CAMBIO DE TANQUE DE COMBUSTIBLE		TOMA DE MUESTRA			TOMA DE MUESTRA		
HT09		(36 HRS)	(0.5 HRS)			(0.5 HRS)		
HT13								
HT14	LAVADERO	PM 2000 HRS (12 HRS)	BL/02 (6 HRS)		SISTEMA ANTICOLISIÓN.		PRE-PM	
HT11	LAVADERO	PM 2000 HRS (12 HRS)	TOMA DE MUESTRA (0.5 HRS)	PRE-PM	BL/04 (12 HRS)	TOMA DE MUESTRA (0.5 HRS)	LAVADERO	
HT12			PM 1000 HRS (12 HRS)			BL/09 12HRS		
HT16								
HT13			FISAC - TOLVA ANTIADHERENTE					
HT14								
HT15								
HT16			PRE-PM		LAVADERO	PM 500 HRS (12 HRS)		
HT17			LAVADERO	PM 1000 HRS (12 HRS)			BL04 / 10 HRS	
HT20				PRE-PM		BL03 / 12 HRS	LAVADERO	

numero Interno	viernes 22-07-2016	sabado 23-07-2016	domingo 24-07-2016	lunes 25-07-2016	martes 26-07-2016	miércoles 27-07-2016	jueves 28-07-2016
HT01			DATA + toma de muestra en taller	PM 500 HRS (12 HRS)	toma de muestra en campo	BL04 / 12 HRS	MONTAJE DE PORTA FILTRO DE AIRE RH
HT02			DATA	CILINDRO DE DIRECCIÓN RH			
HT03	SUSPENSIÓN POSTERIOR RH		DATA				
HT04			DATA + toma de muestra en campo		toma de muestra en campo		
HT05			DATA	toma de muestra en campo		toma de muestra en campo	
HT06			DATA		PRE-PM	BL06 / 08 HRS	LAVADERO
HT07			DATA			SOLDADURA SOPORTE CILINDRO DE LEVANTE RH	
HT08		LAVADERO	PM 2000 HRS (12 HRS) + SIST. ANTICOLISIÓN	BL02 /06 HRS			
HT09			DATA + toma de muestra en campo		toma de muestra en campo		
HT10			DATA	LAVADERO	PM 2000 HRS (12 HRS)		BL03 /08 HRS
HT11		SISTEMA ANTICOLISIÓN + toma de muestra de aceite motor	DATA		toma de muestra en campo		toma de muestra en campo
HT12			DATA				
HT13			DATA				
HT14			DATA	PRE-PM		LAVADERO	PM 1000 HRS (12 HRS)
HT15			DATA			PRE-PM	CILINDRO DE DIRECCIÓN LH
HT16			SOLDADURA DE TOLVA + REPARACIÓN BOTAPIEDRA RH				
HT17			DATA				
HT18			PRE-PM		LAVADERO	PM 1000 HRS (12 HRS)	BL01 / 02 HRS
HT19			DATA				PRE-PM
HT20	LAVADERO	PM 1000 HRS (12 HRS)	DATA				

