



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN
DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA
CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYOVAR – 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

ÁNGELUS SMITH REYES MONDRAGÓN

ASESOR:

Ing. JAMES CELADA PADILLA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

MANTENIMIENTO, SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

CHICLAYO – PERÚ

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 13:00 horas del día 19 de diciembre de 2018, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N° 3051-2018-UCV-CH -2018-UCV-CH, de fecha 10 de diciembre de 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **APLICACIÓN DE CAMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCION DE FALLAS DEL SISTEMA ELECTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYOVAR 2018** presentado por el(la) (los) bachiller REYES MONDRAGÓN ANGELUS SMITH, con la finalidad de obtener el título de Ingeniero mecánico Electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Dávila Hurtado Fredy
Secretario : Ing. Celada Padilla James Skinner
Vocal : Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBAR POR MAYORIA

Siendo las 13:50 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

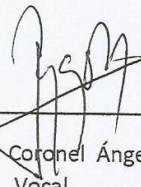
Chiclayo, 19 de diciembre de 2018



Ing. Dávila Hurtado Fredy
Presidente



Ing. Celada Padilla James Skinner
Secretario



Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo
Vocal

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis maestros que, en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

Angelus

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Padre Celestial y Eterno, que me guía y acompaña siempre, permitiéndome ser cada día mejor persona y profesional.

Agradezco a mi familia porque son los pilares que me sostienen y acompañan siempre, brindándome su apoyo incondicional que me permite superar cualquier vicisitud que se me presente en el camino.

Agradezco a todos los docentes de la Universidad Cesar Vallejo, porque mediante todos sus conocimientos impartidos durante las horas de clase han permitido ver cristalizado mi anhelo de seguir; cuyos conocimientos serán aplicados durante el desarrollo de mis actividades profesionales y servirán como guía en el futuro, coadyuvando al beneficio y engrandecimiento de nuestra sociedad.

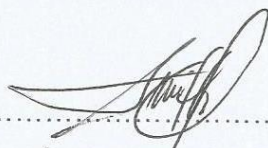
Angelus Smith Reyes Mondragón.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada "APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYOVAR – 2018." en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación, confío en que ustedes sabrán valorar el esfuerzo desplegado en su elaboración. En espera de su justo criterio al emitir su dictamen correspondiente al contenido de este trabajo, expreso mi más sincera gratitud.

Chiclayo, agosto del 2018



Ángelus Smith Reyes Mondragón

DNI N° 43614977

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la Tesis titulada “APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYOVAR – 2018.” en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación, confío en que ustedes sabrán valorar el esfuerzo desplegado en su elaboración. En espera de su justo criterio al emitir su dictamen correspondiente al contenido de este trabajo, expreso mi más sincera gratitud.

Chiclayo, agosto del 2018

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN.....	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad Problemática.....	15
1.2 Trabajos previos	17
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	21
1.4 Formulación del problema	39
1.5. Justificación del estudio	39
1.6 Hipótesis.....	40
1.7 Objetivos	40
II. MÉTODO	41
2.1 Diseño de investigación	41
2.2 Variables Operacionalización	41
2.3 Población y muestra	43
2.4 Técnicas e instrumentos recolección de datos, validez y confiabilidad	43
2.5 Métodos de análisis de datos	43
2.6 Aspectos éticos	44

III. RESULTADOS.....	45
3.1 Determinar la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu 730E 45	
3.2 Desarrollar una aplicación de termo cámaras para prevenir las fallas del sistema eléctrico.....	50
3.2.1 Conceptos previos	51
3.2.2. Procedimiento de inspección termo gráfica	53
3.3. Determinar la confiabilidad después de la implementación de la aplicación de cámara termográfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico	59
3.4 Determinar el impacto de la implementación de la aplicación de cámara termográfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico en la confiabilidad...64	
3.4.1 Respecto al costo económico de parada después de la aplicación del mes de enero a mayo del 2018.	64
3.4.4 Daño de los dispositivos	67
3.4.5 Costo de parada y daños a los dispositivos después de la aplicación	70
3.5 Hacer una evaluación económica del proyecto mediante los indicadores del VAN y TIR.	71
V. CONCLUSIÓN.....	77
VI. RECOMENDACIONES	78
VIII. REFERENCIAS	79
ANEXOS	81
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	130
Autorización de publicación de tesis	131
Reporte de Turnitin.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	42
Tabla 2. Histórico de horas y nº de intervenciones en el año 2017.Histórico de horas y nº de intervenciones	48
Tabla 3. Histórico del MTBF para el cálculo de la confiabilidad en el año 2017 unidades Komatsu antes de la aplicación	49
Tabla 4.Histórico y nº de intervenciones 2018	61
Tabla 5.Histórico del MTBF para el cálculo de la confiabilidad 2018 unidades Komatsu después de la aplicación	63
Tabla 6. Costo economico de parada despues de la aplicación Costo encónomico de parada despues de la aplicación	64
Tabla 7. Costo de parada.....	65
Tabla 8. Costo de daño de los dispositivos	67
Tabla 9. Comparacion de costo de daño de los dispositivos	68
Tabla 10. Total de costo después de la aplicación	70
Tabla 11.Inversión	71
Tabla 12. Flujo económico	71
Tabla 13. Evaluación económica.....	72
Tabla 14 Historico de la disponibilidad en el año 2017 unidades Komatsu antes de la aplicación	99
Tabla 15. Histórico del MTBF 2017 unidades Komatsu para el cálculo de la disponibilidad antes de la aplicación	100
Tabla 16. Histórico del MTTR en el año 2017 unidades KOMATSU para el cálculo de la disponibilidad antes de la aplicación.....	101
Tabla 17. Histórico de las horas de operación en el año 2017 unidades KOMATSU Para el cálculo del MTBF y MTTR antes de la aplicaión	102
Tabla 18 Historico de las horas de correctivos en el año 2017 unidades Komatsu para el cálculo del MTTR antes de la aplicación	102
Tabla 19.Histórico de numeros de correctivos en el año 2017 unidades Komatsu para el cálculo del MTBF y MTTR antes de la aplicación	103
Tabla 20. Histórico de HORAS NOMINALES 2017 unidades KOMATSU para el cálculo de la disponibilidad antes de la aplicación.....	103

Tabla 21. Histórico de la Disponibilidad en el año 2018 unidades Komatsu después de la aplicación	104
Tabla 22. Histórico del MTBF en el año 2018 unidades Komatsu para comparación con la disponibilidad después de la aplicación	105
Tabla 23. Histórico del MTTR en el año 2018 unidades Komatsu para comparación con la disponibilidad después de la aplicación	106
Tabla 24. Histórico de las horas de operación en el año 2018 unidades Komatsu para el cálculo del MTBF después de la aplicación	107
Tabla 25. Historico de las horas de correctivos en el año 2018 unidades Komatsu para el cálculo del MTTR después de la aplicación.....	108
Tabla 26. Historico de numeros de correctivos 2018 unidades KOMATSU para el cálculo del MTBF después de la aplicación.....	109
Tabla 27. Histórico de horas nominales en el año 2018 unidades Komatsu para el cálculo de la disponibilidad despues de la aplicación	109
Tabla 28 . Costo económico de parada por equipo antes de la aplicación, año 2017	111
Tabla 29. Tiempo de prevención de fallas antes de la aplicación	112
Tabla 30. Costos por daños a los dispositivos antes de la aplicación, año 2017	113
Tabla 31. Total de costos antes de la aplicación, año 2017	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula de gestión	45
Figura 2. Top Ten de Fallas	46
Figura 3. Historico disponibilidad fisica/MTTR año 2017	47
Figura 4. N° intervenciones por sistema.....	48
Figura 5. Horas de intervenciones.....	49
Figura 6. Confiabilidad vs MTBF	50
Figura 7. % indisponibilidad acumulada. % Indisponibilidad acumulada flota 73 de enero-mayo 2018	59
Figura 8. Historico disponibilidad fisica.....	60
Figura 9. Horas de intervenciones por sistema	62
Figura 10. N° intervenciones por sistema.....	62
Figura 11. Confiabilidad vs MTBF	63
Figura 12. Comparacion de costo económico	66
Figura 13. Comparación de costo daños a los dispositivos	69
Figura 14. Comparación de costos .cComparacion de costos	70
Figura 15. Costo por horas de parada.....	111
Figura 16. Tipo de costos.....	114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reportes de mantenimiento	81
Anexo 2. Informe de análisis falla.....	91
Anexo 3. Determinar la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu 730E (3.2)	99
Anexo 4. Determinar la confiabilidad después de la implementación de la aplicación de cámara termografía para prevenir las fallas del sistema eléctrico (3.4)	104
Anexo 5. Determinar los costos de parada y daños a los dispositivos antes de la implementación de la propuesta.....	110
Anexo 6. Reporte Termográfico	115
Anexo 7. Localización de fallas	116

RESUMEN

La finalidad de esta indagación fue determinar en qué medida la aplicación de cámara termo grafica mejora la confiabilidad del sistema eléctrico de las unidades Komatsu 730E. En ese sentido la formulación del problema es: ¿Cómo una aplicación de cámara termográfica mejora la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu 730E?, para ello se registró información de la confiabilidad en dos momentos como es el antes y después para luego compararlas y ver resultados, con respecto a la metodología fue un enfoque pre experimental. La población está compuesta por los reportes de mantenimiento del sistema eléctrico de 20 unidades Komatsu 730E - Bayovar. Las conclusiones obtenidas son: Se logró determinar la confiabilidad de las unidades Komatsu antes de la propuesta, alcanza un promedio de 47.55%, esto significa que no llega a la mitad del porcentaje si consideramos que para una producción regular debe superar el 50%, en ese sentido es necesario la implementación de la propuesta de aplicación de cámara termografía para prevenir las fallas del sistema eléctrico (Ver Fig. 29). La prevención de fallas antes de la aplicación presentaba un costo de parada de USD 1, 211,100, la prevención de fallas presentaba un promedio de 291.20, con respecto al Daño a dispositivo se tiene un costo en dólares de 2.251,164.00, y un Costo de mantenimiento de 3.462,264.00, en resumen, las características presentadas expresan un alto costo para la organización. (Tabla 29-30).

Palabras clave: Komatsu 730E – Prevención de fallas eléctricas - Termo cámaras

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to determine to what extent the application of thermographic camera improves the reliability of the electrical system of the Komatsu 730E units. In that sense the formulation of the problem is: To what extent one; Thermographic camera application improves the reliability of the electrical system of Komatsu 730E units, for this, information of the reliability was recorded in two moments as it is the before and after and then compare them and see results, with respect to the methodology was a pre-experimental approach. The population is composed by the maintenance reports of the electric system of 20 units Komatsu 730E - Bayovar. The conclusions obtained are: It was possible to determine the reliability of the Komatsu units before the proposal, it reaches an average of 47.55%, this means that it does not reach half of the percentage if we consider that for a regular production it must exceed 50%, in this sense, it is necessary to implement the proposed thermography camera application to prevent electrical system failures (See Fig. 29). The prevention of failures before the application had a cost of stopping USD 1, 211,100, the prevention of failures had an average of 291.20, with respect to damage to the device, there is a cost in dollars of 2,251,164.00, and a cost of maintenance of 3,462,264.00, in summary the characteristics presented express a high cost for the organization. (Table 29-30).

Keywords: Komatsu 730E - Prevention of electrical faults - Thermo cameras

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En los países desarrollados gran mayoría de los problemas y averías eléctricas en el entorno en los sistemas de potencia, para poder diagnosticarse o prevenirse, requieren de métodos invasivos y de la detención del equipo, afectando seriamente su disponibilidad, sin embargo, estos problemas están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la inspección de temperatura. (MC KENZI y CORNELL, 2001)

Internacional

En Chile (Llma y Dosantos, 2003) encontraron que la flota de carguío en la Compañía Minera doña Inés de Collahuasi es una de las más importantes, ya que son estos equipos los encargados de mover el material desde las áreas de tronadura a las de chancado, el mantenimiento juega un papel crucial, particularmente si éste es de calidad. El mantenimiento durante las últimas décadas ha cambiado de manera significativa es esta empresa. En efecto, se pasó desde un mantenimiento reactivo, en donde se repara sólo cuando se rompe, luego al preventivo, que son reparaciones en intervalos regulares prefijados, y por último se pasó al mantenimiento predictivo, donde en base al análisis termografico de los equipos se predice la falla.

Nacional

Cam (2013) en Perú, informa que la disponibilidad del equipo solo se puede aumentar reduciendo el tiempo de inactividad mejorando los sistemas de gestión, procedimientos, selección, entretenimiento, motivación de los empleados, calidad y provisión de herramientas, equipos de diagnóstico, sistemas de información de equipos y optimización del sistema de suministro. Por lo tanto, se necesitan herramientas para tomar decisiones rápidas y precisas sobre sus principales recursos directamente relacionados con las operaciones de movimiento de tierras de los equipos. Asimismo, se establece una empresa con el propósito de recibir

beneficios directamente vinculados a los períodos de cada una de sus actividades. Por esta razón, es necesario contar con una herramienta de control que nos brinde una idea del estado de la actividad en un momento determinado (ventas vs. costos) y que facilite la toma de decisiones de manera oportuna para alcanzar los objetivos establecidos. Por lo tanto, es importante contar con un plan técnico y formal que reduzca la probabilidad de fracaso o presentación de eventos imprevistos que provoquen que se pasen los objetivos. En respuesta a esta necesidad, este artículo busca proporcionar un método práctico y económico para planificar y controlar los requisitos de equipos pesados que se manejan dentro de la empresa y brindarle la disponibilidad mecánica necesaria para optimizar su funcionamiento. (Chang, 2013)

En Perú, (URIBE SOLORZANO, 2013), señala que la Termografía Infrarroja es una técnica que permite medir y visualizar, a distancia y sin ningún contacto, temperaturas de una superficie con precisión. El ojo humano no es sensible a la radiación infrarroja emitida por un objeto, por esta razón se hace necesario utilizar cámaras termo gráficas, que son capaces de medir esta energía por medio de sensores infrarrojos y captar longitudes de onda. Esto nos permite determinar la energía radiante emitida por objetos y, por lo tanto, se puede establecer la temperatura de una superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

Local

En el caso de las unidades Komatsu 730E cuya disponibilidad es crítica para el ciclo productivo de una explotación minera de fosfato en Bayovar, estas están precedidas por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la inspección de temperatura con sistemas de Termovisión por Infrarrojos, es decir Cámaras Infrarrojas.

Al realizar Inspecciones Termo gráficas en las unidades Komatsu 730E, se pretende diseñar y analizar reportes termo gráficos para elaborar un plan de mantenimiento termo gráfico, basado en cronogramas de mantenimiento. Su objetivo será minimizar el riesgo de una falla en los equipos y sus posibles consecuencias, para prevenir las fallas y garantizar su disponibilidad, reduciendo la frecuencia de interrupciones no programadas, proporcionando una excelente

herramienta para la elaboración de mantenimientos programados paralelos a los mantenimientos de otros sistemas.

La empresa en estudio posee 20 unidades Komatsu 730E las mismas que cumplen un rol fundamental en los ingresos de la compañía y el cumplimiento del contrato que es la razón de sus ingresos. Una condición de este contrato es la disponibilidad ininterrumpida de las unidades de transporte.

En la actualidad se aprecia que por ser estos vehículos “de propulsión eléctrico” las fallas son repentinas, difíciles de prevenir a diferencia de los equipos de propulsión mecánica, teniéndose elevados tipos de detección o prevención de avería, la misma que además requiere de detener el equipo y un proceso muy laborioso en horas hombre y riesgos, como se muestra en la tabla.

1.2 Trabajos previos

Internacionales

(GUANOLUISA CÁRDENAS, 2007), en su tesis “Estudio de la termografía infrarroja para predecir fallas en las subestaciones de la Empresa Eléctrica Quito” la termografía infrarroja es una técnica de mantenimiento predictivo, que permite medir y visualizar, a distancia y sin contacto, temperaturas de una superficie con precisión. Las fallas en los equipos que abastecen la distribución de potencia en las cantidades que demandan las ciudades muchas veces presenta imprevistos de naturaleza reactiva o resistiva que van más allá de lo previsto, su ocurrencia es tan alta debido a que se atiende a miles de usuarios que producen fluctuaciones de campo electromagnético que fatigan los componentes de los transformadores y sistema de distribución. La termografía infrarroja tiene como objetivo detectar fallas, a cualquier nivel de voltaje, basándose en una elevación de temperatura conocida como: “Punto Caliente” debido a un aumento anormal de su resistencia óhmica, según la ley de Joule ($P=I^2 \cdot R$). Las Inspecciones Termográficas en sistemas eléctricos se las realizan con el sistema en operación, es decir, sin poner fuera de servicio a los equipos y primarios de las Subestaciones de Distribución y Seccionamiento. La termografía infrarroja

facilita la elaboración de reportes termo gráficos muy precisos al personal de mantenimiento, ya que permite determinar con exactitud, la localización de puntos calientes con su respectiva temperatura. La termografía infrarroja ha permitido ahorros muy sustanciales en los costos de mantenimiento, no solo por la disponibilidad del equipo, la prevención de fallas, sino en el daño a los equipos que muchas veces se daban por el colapso de accesorios, desde la aplicación del método termo grafico no tuvimos equipo importante deteriorado, pero se cambiaron mucho sus accesorios, esto redujo exponencialmente los costos de mantenimiento por reemplazo o reconstrucción de equipos.

(PÉREZ LARA , y otros, 2013), en su tesis “Análisis del desempeño de recubrimientos semiconductores de bobina de 13.8 KV por medio de termografía infrarroja” Este proyecto de tesis surge con la necesidad de verificar el desempeño de los recubrimientos semiconductores utilizados en bobinas conformadas de media tensión. En el presente trabajo, esta técnica fue aprovechada para el análisis en recubrimientos semiconductores de bobinas de máquinas de media tensión. El recubrimiento semiconductor tiene como función aliviar el campo eléctrico en la superficie de la bobina a la salida del estator. Esta capacidad es acompañada por la generación de pérdidas en forma de calor ($I R$) en la cinta semiconductora que actúa como un atenuador del campo eléctrico. La uniformidad del incremento de temperatura debida al calor resistivo se toma como parámetro para identificar posibles anomalías en el desempeño del recubrimiento semiconductor. En base a los resultados se muestra como zonas de alta temperatura pueden aparecer en la zona del empalme entre la cinta conductora y semiconductora indicando un funcionamiento incorrecto del sistema de atenuación de campo eléctrico. (p. 97)

(TIPÁN CHINCHERO, 2011), en su tesis “Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para el equipo de subestaciones mediante el análisis estadístico de los datos de temperatura obtenidos de un estudio termo” El estudio de las variaciones de temperaturas en los equipos de subestaciones, es un señalizador de un buen funcionamiento de los mismos,

con el cual un mantenimiento predictivo en base a un estudio termo gráfico se convierte en un método de mantenimiento para la operación eficaz de la subestación. Como resultado estadístico del barrido termo gráfico en las subestaciones, se observó que un 80 % de subestaciones inspeccionadas presentan al menos una anomalía térmica, mientras que un 20% de subestaciones no presentaron novedades. Dentro de las anomalías térmicas encontradas en el barrido termo gráfico en subestaciones, un 53% pertenece a seccionadores, un 16% pertenece terminales de disyuntores, un 12% a conectores de batería de capacitores, un 8% a conectores en general, un 6% a terminales de transformadores de corriente, un 3% a transformadores de potencia, un 2% a otros. Del análisis económico realizado se observa la factibilidad de la aplicación del mantenimiento predictivo en base a la termografía en subestaciones, con lo cual se logra anticipar y predecir la aparición de una falla en cualquier equipo que conduzca corriente dentro de la subestación. Se ahorra en mantenimientos que se realizan cuando el daño del equipo es evidente. Técnicamente, al evitarse las anomalías térmicas en equipos se aumenta la vida útil de los equipos implicados, además mejora la confiabilidad del sistema sustancialmente. (p. 19)

(YOC DE LA CRUZ, 2006), en su tesis “Mantenimiento predictivo en subestaciones de distribución de EEGSA utilizando termografía de rayos infrarrojos” La técnica de termografía infrarroja es aplicable a instalaciones eléctricas, subestaciones de transmisión y distribución, procesos industriales, etc., ya que la medición se basa en la temperatura y es aplicable a cualquier tipo de perturbación en la que se produzca una diferencia de temperatura. Después de las pruebas de campo llevadas a cabo, el rango de temperatura normal para el funcionamiento de la muestra está entre 43 y 55 ° C. Los valores más grandes indican problemas. En función de las diferencias de temperatura en el equipo medido, es posible crear un plan de mantenimiento correctivo en una subestación. Dependiendo del tamaño de los valores encontrados, es posible planificar la reparación a corto, mediano o largo plazo. Si no se presta la debida atención a los programas de

mantenimiento, pueden ocurrir interrupciones no deseadas que repercuten en pérdidas por concepto de energía no vendida y en multas por prestar un mal servicio eléctrico. La termografía tiene un gran valor, puesto que es una prueba no destructiva que se puede realizar bajo condiciones normales de operación. (p. 16)

(ABARCA SIGCHO, y otros, 2012), en su tesis “Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de termografía industrial en los motores eléctricos de la planta de EUROLIT en la empresa Tubasec C.A El propósito de este estudio fue revisar un plan de mantenimiento predictivo mediante el uso de termografía industrial en los motores eléctricos de la instalación Eurolit de la empresa Tubasec CA para determinar la condición en la que operan. Los motores y los diagnósticos de esos dispositivos conocen los problemas de las altas temperaturas en los componentes para evitar el tiempo de inactividad no planificado y las pérdidas de producción. En base al análisis efectuado y a los datos recopilados en cada uno de los motores del Centro Productivo se implementó una adecuada Planificación del Mantenimiento Predictivo basada en los factores que ayudaron en la detección de problemas, se recomienda tanto al personal administrativo como técnico la utilización de este trabajo investigativo como fuente de consulta, para lograr evitar daños imprevistos y alcanzar un óptimo rendimiento y eficiencia de la maquinaria. (p. 7)

Nacionales

(Cam Marquina, 2013), en su tesis “Diagnóstico de máquinas eléctricas mediante técnicas de termografía infrarroja” La presente Tesis tiene como principal objetivo el desarrollo y validación de un sistema de diagnóstico automático de averías en motores de inducción de unidades m, basado principalmente en el uso de la técnica de termografía infrarroja en la maquinaria eléctrica de la empresa Consorcio Machupicchu Gold. A partir de los resultados obtenidos, se verifica que las técnicas empleadas muestran distinta efectividad para identificar cada fallo, de manera que se logra un

mayor nivel de fiabilidad en el diagnóstico, por la posibilidad de ratificar o descartar un determinado fallo, así como la posibilidad de poder analizar un rango más amplio de averías, se implementa un método de reconocimiento de patrones en imágenes, dotado de algoritmos de inteligencia artificial. Tras el análisis y clasificación de los resultados obtenidos, se demuestra la potencialidad del método propuesto para la identificación del tipo de fallo de una manera automática con un alto grado de precisión. (p. 17)

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Sistema eléctrico de la unidad Komatsu 730E

La fuente de accionamiento del 730E es un motor diésel con un alternador conectado. El alternador convierte la energía mecánica del motor diésel en energía eléctrica que, a través de los sistemas de control y comandos, permite los movimientos del equipo.

La energía eléctrica generada por el alternador se controla mediante un sistema de control que se aplica a los motores de tracción que mueven las ruedas del equipo para realizar los movimientos de las direcciones hacia delante, hacia atrás y en movimiento. Esta es una conversión de energía eléctrica a energía mecánica.

La energía que tiene el dispositivo una vez que se pone en movimiento se usa para generar el efecto de desaceleración dinámica que reduce la velocidad del camión según lo requiera el operador. Esto se logra al convertir los motores de tracción en generadores que giran por el impulso de la rueda del camión, generando energía eléctrica que es controlada por el sistema de control. Esta energía se dirige a grupos de resistencias eléctricas (banco de parrillas) donde el flujo de corriente genera energía calórica. La energía térmica finalmente se disipa por el paso de un flujo de aire generado por un sistema de ventilación (ventilador del motor).

Los controles eléctricos de la unidad permiten un funcionamiento suave en respuesta a señales recibidas por el operador con las que el operador puede trabajar:

1. Acelere de cero a máximo presionando un pedal del acelerador.
2. Control total de la velocidad del camión, siempre que esta velocidad esté dentro del valor máximo permitido, según la carga, la velocidad y la relación de pendiente, mediante la desaceleración dinámica, presionando el pedal de desaceleración. Si la velocidad está fuera del rango máximo permitido, debe reducirse accionando el pedal del freno de servicio hasta que se alcance la velocidad de control permitida.
3. Determine o seleccione la dirección de desplazamiento del camión con una palanca selectora según sea necesario.

Componentes 730 E

El accionamiento eléctrico y el sistema de control del camión constan de los siguientes componentes principales:

1. Generador principal
2. soplador de aire para componentes de refrigeración
3. ruedas motorizadas
4. Motor del soplador para enfriar las resistencias de retardo
5. Sistema de control
6. conjunto de resistencias de retardo

Figura 1

Fuente: Komatsu- Mitsui Bayovar

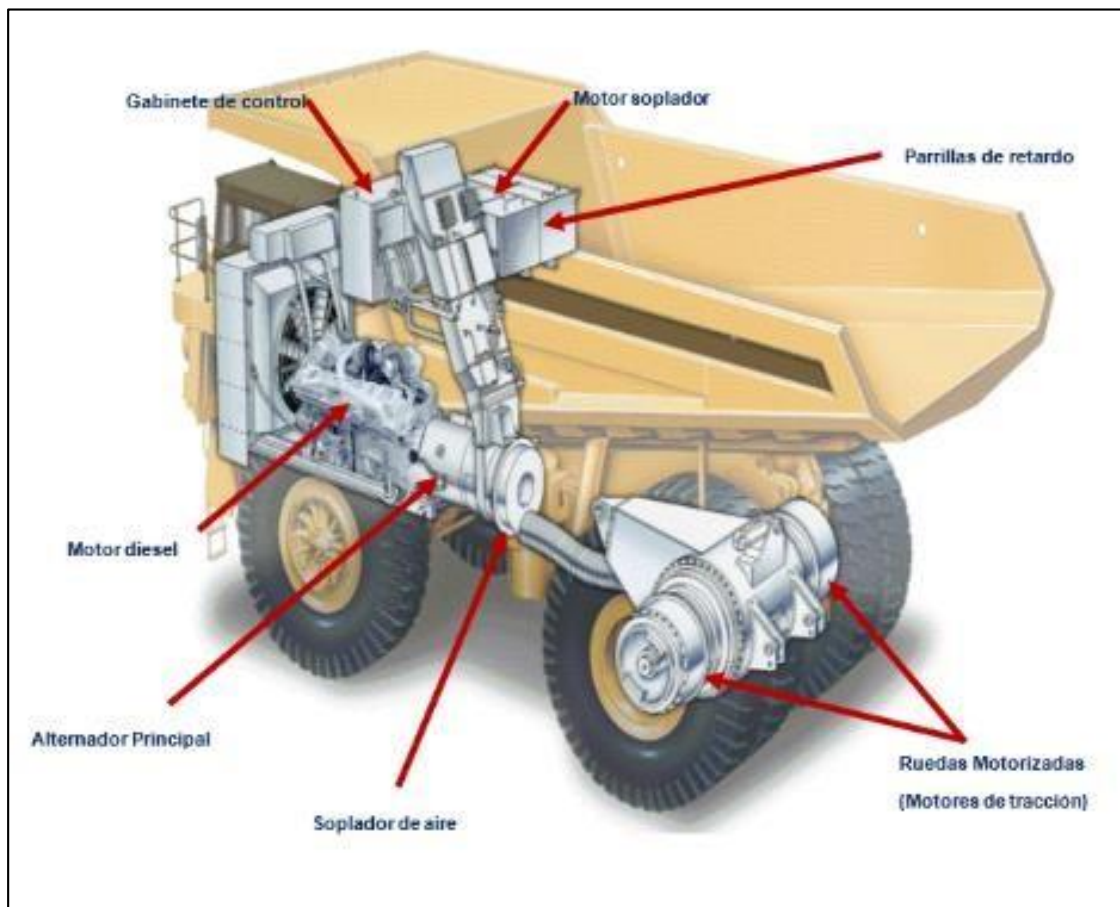


Diagrama de componentes del sistema eléctrico de potencia

Alternador

El generador, General Electric, modelo GTA22, es un rotor tripolar de tres polos, auto excitado con un estator conectado en estrella y con bobinados terciarios. El motor diésel está montado en una sola pieza y es impulsado por el cigüeñal. El rotor del alternador en la parte delantera se atornilla directamente al cigüeñal del motor diésel mediante una palanca adaptadora y una placa flexible. En la parte posterior (anillos de deslizamiento laterales) el rotor está soportado por un cojinete de bolas.

Cuando es impulsado por el motor diésel, se genera una energía eléctrica (AC), que se pasa a una placa rectificadora, donde se convierte en corriente continua. Esta potencia se envía a los campos de los motores de tracción, al sistema de excitación para el campo del alternador y a los motores de tracción.

Figura 2

Fuente: Komatsu- Mitsui Bayovar



Unidad de alternador

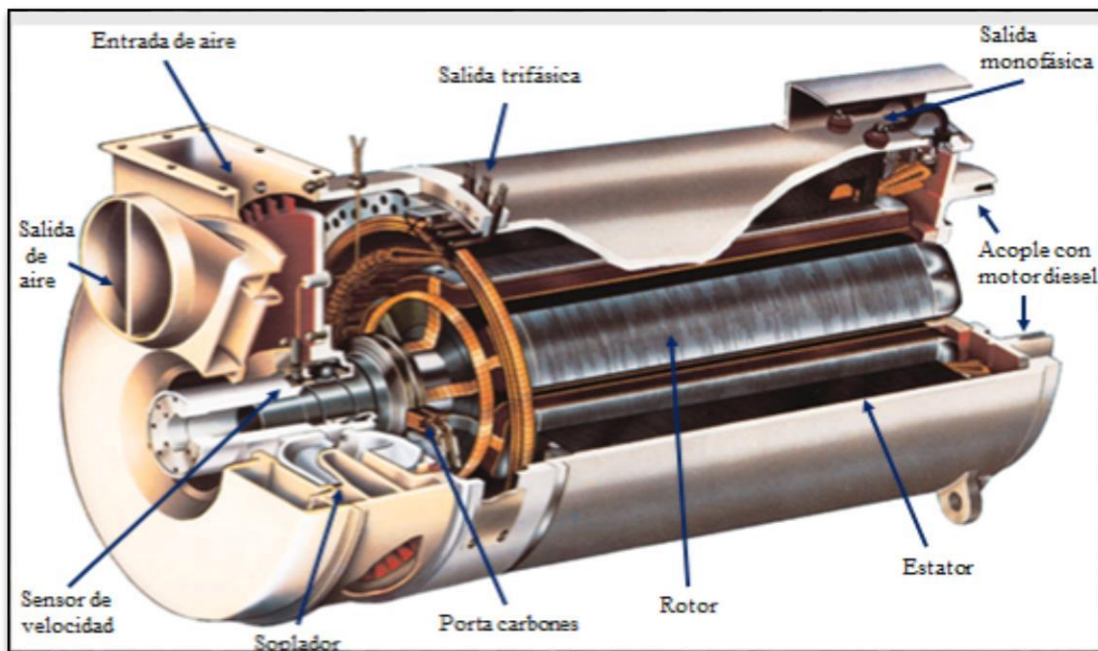
Soplador de Aire

Para el aire de refrigeración del alternador, los motores de tracción y los armarios de control, se proporciona un ventilador integrado, que está montado en el eje del rotor en la parte exterior del cojinete del generador. La carcasa de este ventilador está hecha de fibra de vidrio para minimizar el peso. El aire entregado por el soplador es de 2500 pies por minuto con una presión diferencial de 2.5 "de agua.

Este ventilador no requiere mantenimiento especial y solo está controlado por daños estructurales en su rotor o carcasa.

Figura 3

Fuente: Komatsu- Mitsui Bayovar



Soplador de aire

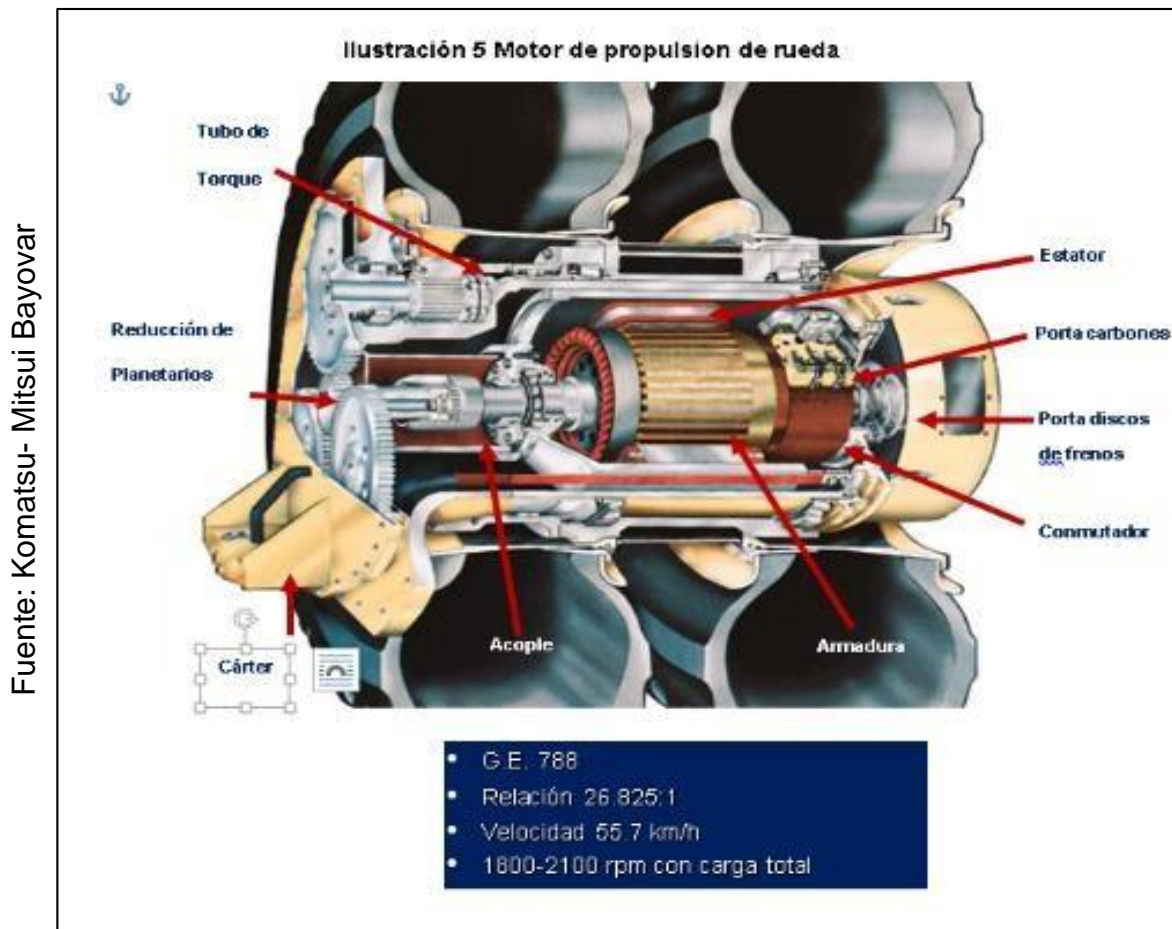
Rueda Motorizada

La rueda motorizada modelo GE788, es un motor de CC de 4 polos con capacidad para un máximo de 2100rpm, ventilado por aire forzado.

Durante la propulsión, la energía eléctrica aplicada al motor genera la rotación de la armadura, que está conectada a las ruedas a través de un sistema de reducción mediante engranajes planetarios.

Con la desaceleración dinámica, la energía mecánica que el camión genera durante su movimiento se convierte en energía eléctrica mediante la conversión del motor de tracción en el generador. Esta energía eléctrica se disipa en forma de calor mediante un conjunto de resistencias eléctricas ubicadas en la plataforma del camión

Figura 4

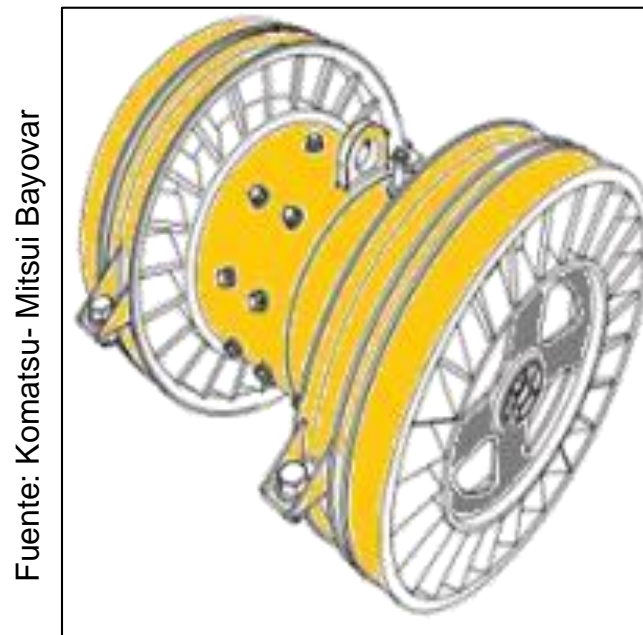


Motor de propulsión de rueda

Motor Soplador

El motor del ventilador es una unidad de CC 5GY19A, de cuatro polos en serie con polos de conmutación montados dentro de la carcasa de los conjuntos de resistencia de retardo. Tiene dos ventiladores montados, uno en cada extremo del eje de armadura que suministra aire para disipar el calor del conjunto de resistencia durante la aplicación de aire.

Figura 5

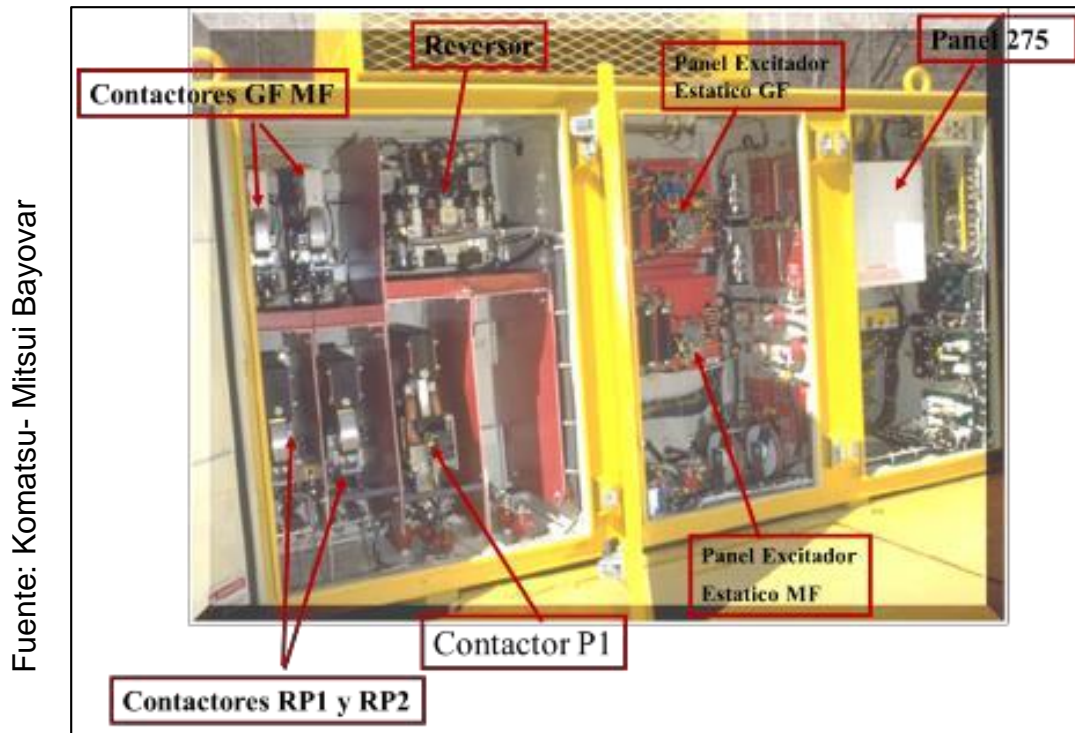


Motor soplador

Sistema de Control

El alto voltaje para el variador y la potencia durante la desaceleración dinámica deben ser regulados. Esta regulación es proporcionada por el sistema de control, que consta de varios tiradores, un campo de tarjetas electrónicas, además de otro campo montado en el grupo de control. En nuestros camiones 830E hay 2 tipos de controles, el sistema statex II y el statex III. La regulación de la corriente de excitación del generador y la velocidad del motor diésel determinan la corriente de armadura del motor de accionamiento. El control de la corriente de campo del motor de accionamiento determina su rendimiento.

Figura 6



Gabinete de control

El sistema de control responde a las señales eléctricas generadas por el operador desde la cabina y a múltiples señales de retroalimentación generadas por los componentes dentro del sistema. Estas señales monitorean voltaje, corriente, velocidad, etc. en los diversos puntos del equipo.

El panel de mapa electrónico es el cerebro del sistema de control. Supervisa una gran cantidad de señales y genera ciertas señales de salida, que finalmente conducen a la regulación total del sistema.

El sistema de CC de 24 voltios alimenta el sistema de control, que regula la aceleración, la desaceleración dinámica y la dirección.

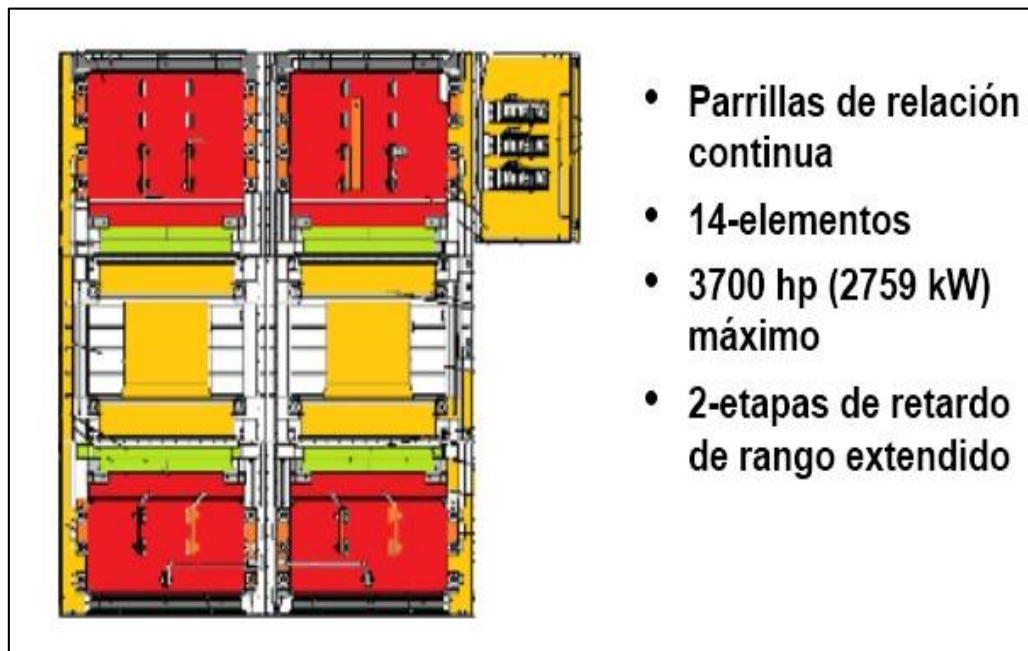
Este sistema está ubicado centralmente en los gabinetes de control, que contienen los paneles de control de la excitación estática de los motores de tracción y el generador principal y los controles en la cabina del conductor.

Conjunto de Resistencias de Retardo

El conjunto de resistencias de retardo está formado por una pluralidad de grupos de resistencias individuales que juntas proporcionan la capacitancia de retardo. Los conjuntos están montados en la plataforma en el lado derecho del camión y forman un solo conjunto con los motores del soplador incluidos.

Figura 7

Fuente: Komatsu - Mitsui Bayovar



Unidad de retardo dinámico

Confiabilidad de los sistemas eléctricos

Según Zapata (2011, p. 8) indica “Está relacionada con la continuidad en el servicio cumpliendo los requerimientos de calidad y seguridad”.

No es posible ofrecer una continuidad en el servicio del ciento por ciento bajo todas las condiciones de operación debido a: las fallas aleatorias internas y externas que afectan los componentes, las limitaciones de tipo económico que impiden mejorar la calidad y el grado de redundancia de los componentes y la incertidumbre en los recursos de generación y en la demanda de los usuarios. Por lo tanto, se deben tolerar las fallas siempre y cuando éstas no sean muy frecuentes o muy prolongadas. (Zapata, 2011)

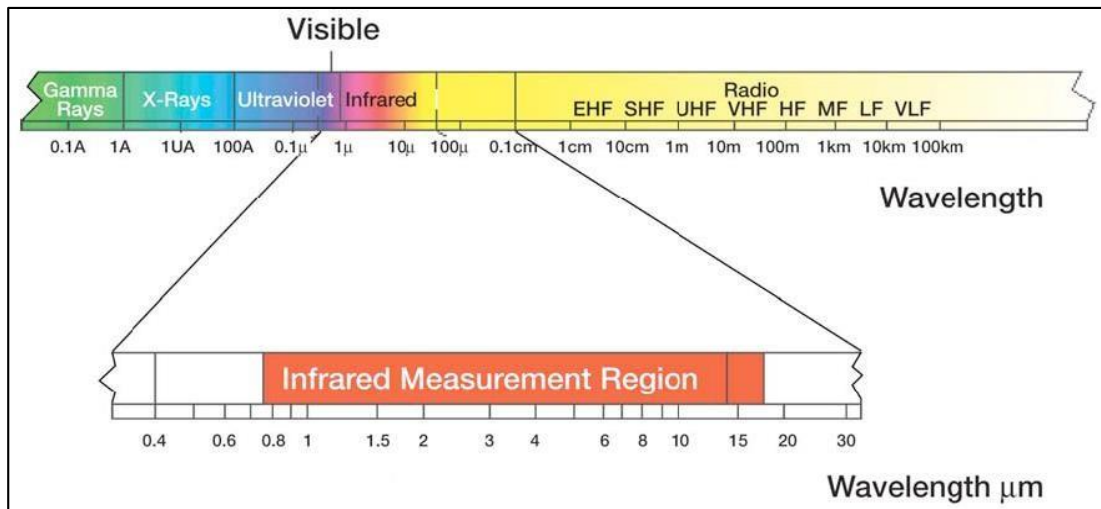
2.6.2 Termografía

Teoría básica del infrarrojo

Los termómetros de infrarrojo (IR) son instrumentos que convierte la radiación IR que ingresa desde un área en la superficie de un objeto en un valor de medición que puede ser relacionada con la temperatura de dicha área y las Cámaras Termográficas que son dispositivo que calcula la temperatura de un objeto (con una emisividad conocida) como resultado de medir la radiación visible o infrarroja de dicho objeto captan la energía infrarroja invisible que los objetos emiten de forma natural. La radiación infrarroja es parte del espectro electromagnético que incluye: ondas de radio, microondas, luz visible, rayos ultravioletas, rayos X y rayos gamma.

Figura 8

Fuente: (Guanoluisa Cárdenas, 2007)

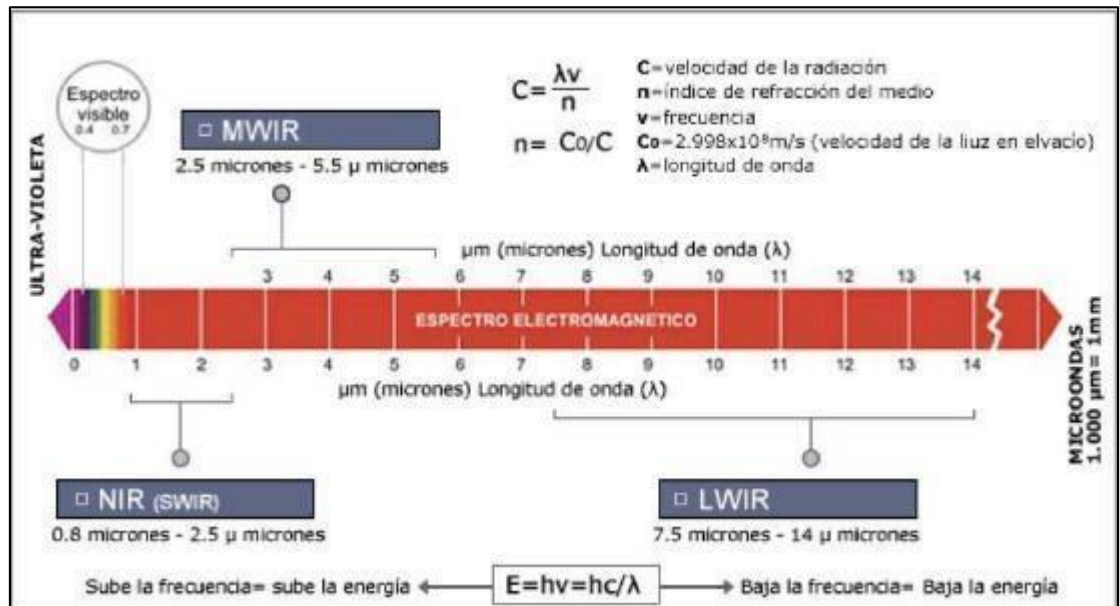


Espectro Electromagnético, con región de medida infrarroja.

Los rayos infrarrojos se encuentran dentro del espectro electromagnético, entre la luz visible y las ondas de radio. Las longitudes de onda de los infrarrojos se expresan normalmente en micras, desde valores comprendidos entre 0.7 micras y las 1000 micras. En la práctica, la banda que se utiliza para la medición de temperatura por infrarrojos es de: 0.8 a 14 micras (Fig. 1.1.2).

Figura 9

Fuente: (Guanoluisa Cárdenas, 2007)



Región infrarroja Ampliada dentro del Espectro Electromagnético

Aspectos que considerar referidos a la medición de temperatura sin contacto

Los termómetros de infrarrojos (IR) sin contacto utilizan la tecnología de infrarrojos para medir de manera rápida y conveniente la temperatura de la superficie de los objetos, sin necesidad de tocarlos.

La temperatura se muestra en una pantalla LCD (Líquida Cristal Display), Los termómetros de infrarrojo (IR) y las Cámaras Termo gráficas son ligeras, compactas, fáciles de usar, y pueden medir con seguridad a altas temperaturas, que son peligrosas y de difícil acceso, sin contaminar o dañar el objeto. Además, los termómetros de infrarrojos realizan varias lecturas por segundo, al contrario de los métodos de contacto donde cada medición puede tardar varios minutos.

Detrás de una medición precisa de temperatura, está un sólido conocimiento de la tecnología infrarroja y sus principios. Cuando se mide la temperatura mediante un sistema sin contacto, la energía infrarroja que emiten los objetos a medir, pasa a través de un sistema óptico del termómetro o cámara termo gráfica y se convierte en una señal eléctrica en el detector. Esta señal se muestra como una lectura de temperatura o imagen térmica. Hay varios factores importantes que determinan una medición precisa, entre ellos se tiene: la emisividad, la relación distancia al área medida y el campo visual

Emisividad

La emisividad es la relación de radiación infrarroja emitida por un objeto, a temperatura y banda espectral, determinadas en comparación con la energía emitida por un radiador perfecto (cuerpo negro), a la misma temperatura y banda espectral. La emisividad de un cuerpo negro perfecto es la unidad (1.00).

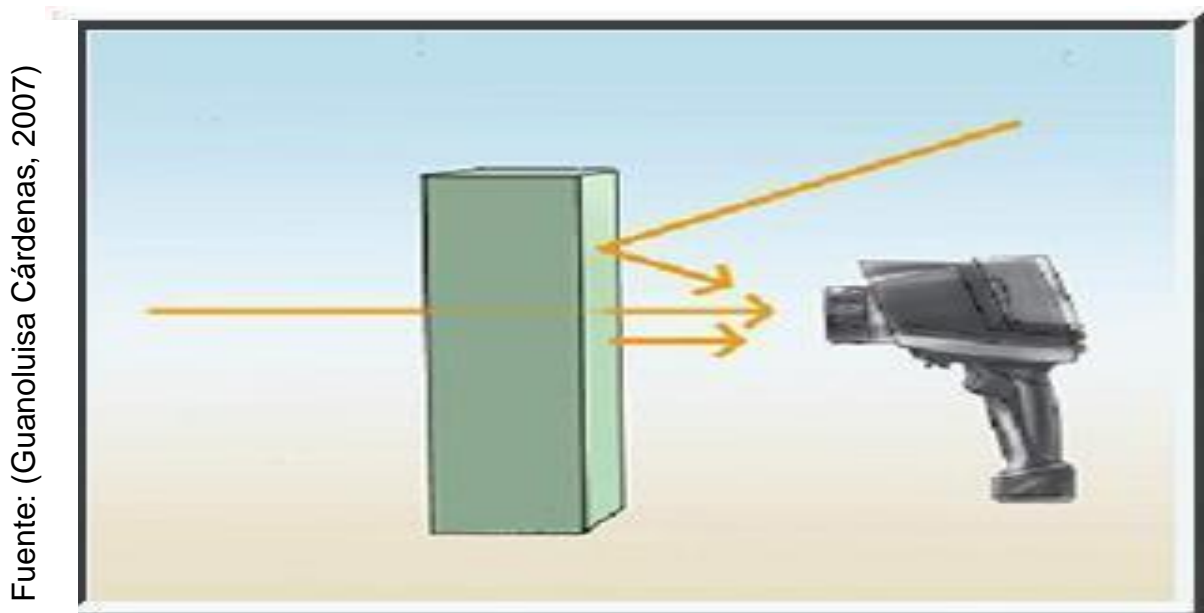
Emisividad = Radiación emitida por la superficie de un objeto / Radiación emitida por un cuerpo negro.

La comprensión de la emisividad de un objeto, o su característico “resplandor” o “brillo” es un componente crítico en el manejo apropiado de la medición infrarroja. Hay muchas variables que afectan la emisividad de un objeto específico, tales como la longitud de onda, el campo de visión, la forma geométrica y la temperatura. Las superficies donde se tiene que hacer

ajuste de emisividad para medir correctamente la temperatura son las que tengan mucha reflexión, acabado tipo espejo o que brillen considerablemente.

Todos los objetos reflejan, transmiten y emiten energía (Fig. 1.2.1). Sólo la energía emitida indica la temperatura del objeto. Cuando los termómetros IR y las cámaras termo gráficas miden la temperatura de las superficies, detectan los tres tipos de energía, por lo tanto, ambos instrumentos deben ajustarse para que sólo lean la energía emitida. Los errores de medición son frecuentemente causados por energía infrarroja que se refleja en fuentes de luz.

Figura 10



Fuente: (Guanoluisa Cárdenas, 2007)

Energía que refleja, transmite y emite un objeto

Algunos termómetros IR y cámaras termo gráficas permiten cambiar la emisividad, hasta el valor de la unidad. El valor de la emisividad para distintos materiales se encuentra en las tablas.

El valor de la emisividad fijada y predeterminada para la mayoría de materiales orgánicos y superficies pintadas u oxidadas, oscila entre 0.85 y 0.95

Valores Típicos de Emisividad

Las tablas. Proporcionan referencias para estimar la emisividad y pueden ser utilizadas cuando no se disponga del tiempo o los medios para determinar el valor de emisividad de manera experimental. Los valores de emisividad que se muestran en las tablas son aproximados. Alguno o todos los parámetros que se enumera a continuación pueden afectar la emisividad de un objeto:

Temperatura

Ángulo de medición

Geometría (plano, cóncavo, convexo, etc.)

Espesor

Calidad de la superficie (pulida, rugosa, oxidada, lijada con arena)

Región espectral de la medición.

Transmisividad (por ejemplo: plástico de película delgada)

Figura 11

Object or Material	Emissivity	Object or Material	Emissivity
Aluminum, commercial sheet	0.09	Nickel, electroplated	0.03
Aluminum, polished	0.039 to 0.057	Porcelain, glazed	0.92
Aluminum, anodized	0.77	Paper	0.93
Brass, dull plate	0.22	Paint	0.8-0.96
Brass, polished	0.03	Plaster	0.92
Brick, red rough	0.90	Plastics	0.91
Cast Iron, turned and heated	0.6 to 0.7	Sand	0.76
Chromium, polished	0.08 to 0.36	Sawdust	0.75
Concrete	0.85	Silver, polished	0.02 to 0.03
Cotton, cloth	0.77	Steel, mild	0.2 to 0.32
Copper, polished	0.08 to 0.036	Steel, oxidized	0.79
Glass	0.92	Steel, polished	0.07
Gold, pure and polished	0.018 to 0.035	Steel, galvanized old	0.88
Granite	0.45	Steel, galvanized new	0.23
Gypsum	0.85	Stainless steel, weathered	0.85
Ice	0.97	Stainless steel, polished	0.075
Iron, polished	0.14 to 0.38	Tile	0.97
Iron, plate rusted red	0.61	Water	0.95
Lampblack paint	0.96	Wood, oak	0.91
Marble, white	0.95	Wrought iron	0.94

Fuente: (ISS, 2015)

Valores de Emisividad objetos comunes

Para optimizar la precisión de la medición de la temperatura se debe tener en cuenta lo siguiente:

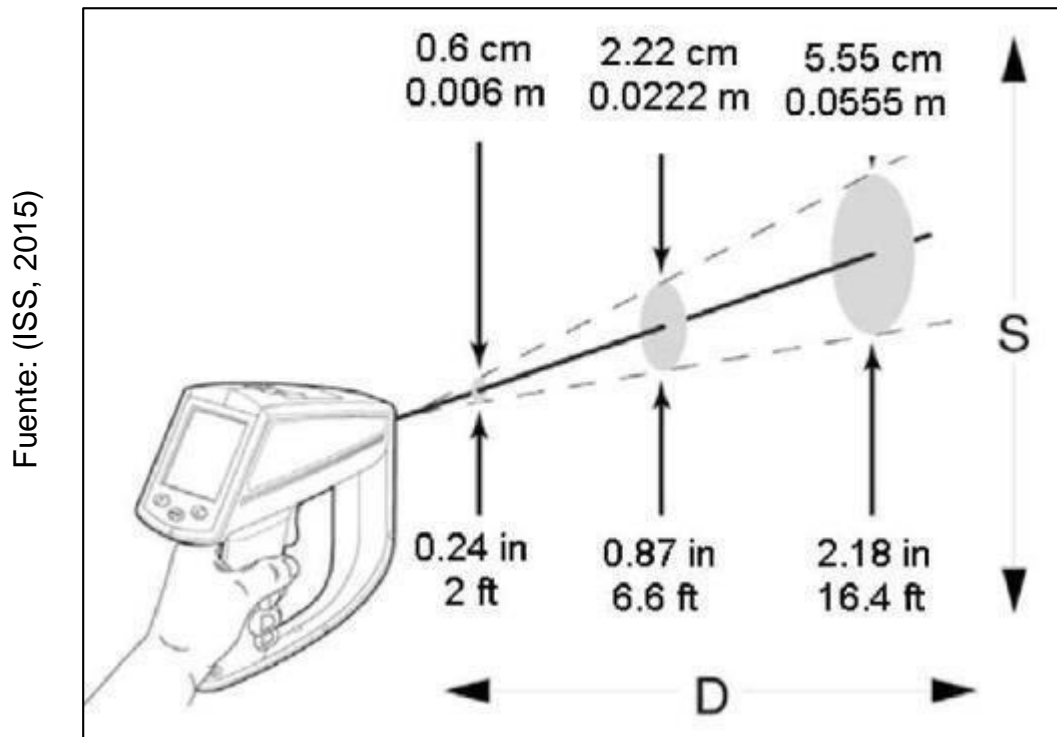
1. Determinar la emisividad del objeto para el rango espectral del instrumento que va a utilizar para la medición.
2. Evitar los reflejos protegiendo el objeto de fuentes cercanas de alta temperatura.
3. Para objetos a temperaturas más elevadas, se deben utilizar instrumentos de longitud de onda más corta, siempre que sea posible.
4. Para materiales semitransparentes como las películas de plástico y el vidrio, se debe asegurar que el fondo sea uniforme y de temperatura inferior a la del objeto.
5. Mantener el instrumento en posición perpendicular a la superficie, siempre que la emisividad sea inferior a 0.9. En todo caso nunca sobrepasar ángulos de más de 30 grados de incidencia.

Relación de Distancia al Área Medida (Relación D: S)

El sistema óptico de un termómetro infrarrojo capta la energía infrarroja de un área circular de medición y la concentra en el detector. La resolución óptica se define por la relación de la distancia que existe entre el instrumento y el objeto, dependiendo del tamaño del área que se está midiendo.

Cuanto mayor sea la relación mejor será la resolución del instrumento y menor el tamaño del área que se puede medir. La mira láser integrada en algunos instrumentos sólo ayuda a apuntar al área que se va a medir.

Figura 12



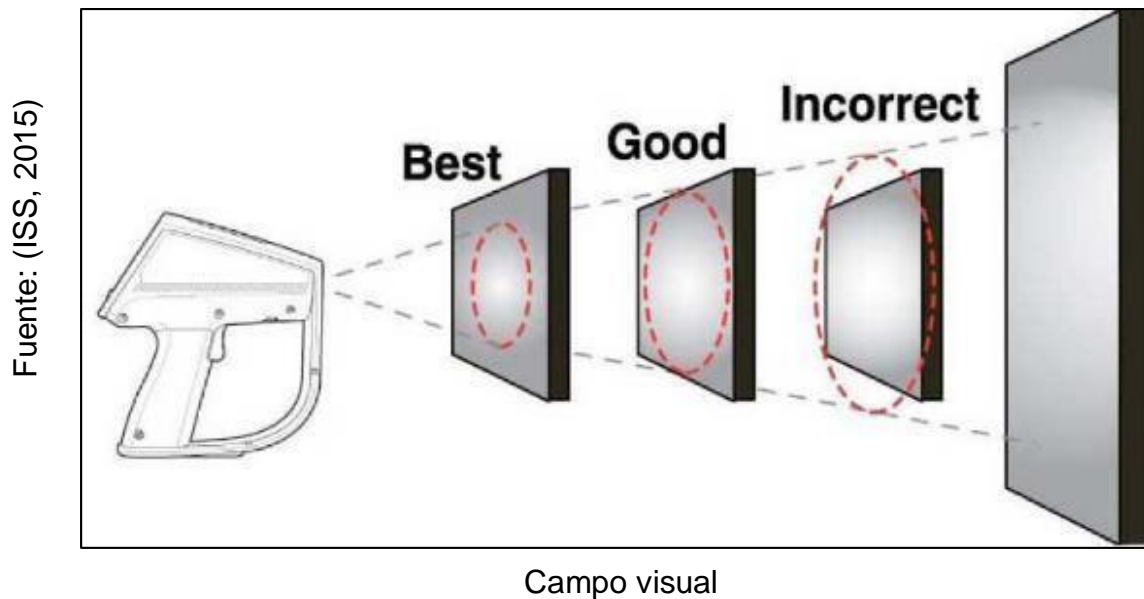
Relación distancia tamaño

Una reciente innovación en la óptica de infrarrojos es la implementación de una característica de Enfoque Cercano (Zoom), que proporciona mediciones exactas de zonas muy pequeñas, descartando temperaturas de fondo no deseadas.

Campo Visual

El objeto debe ser de mayor tamaño que la unidad de área que se va a medir. Cuanto menor sea el tamaño del objeto, más cerca se debe estar de él. Para conseguir una alta precisión, se debe asegurar que el objeto es por lo menos el doble de grande que el área a medir

Figura 13



Para realizar una medición de temperatura, se debe apuntar hacia el objeto que se va a medir; asegurarse de tomar en cuenta la relación (D: S) y el campo visual.

Hay varios puntos importantes que se detallan a continuación que deben ser tomados en cuenta al usar termómetros infrarrojos:

1. Sólo se mide la temperatura de superficie. El termómetro IR no puede medir temperaturas internas.
2. No tomar temperaturas a través de vidrio. El vidrio tiene propiedades de reflexión y transmisión muy particular que no permiten una lectura precisa de temperatura infrarroja. No se recomiendan los termómetros IR para medir superficies de metal brillantes o pulidas, tales como: el acero inoxidable, el aluminio, etc. (Ver Tablas 1a y 1b de Emisividad).
3. Tener cuidado con las condiciones ambientales. El vapor, polvo, humo, etc. pueden impedir las mediciones precisas ya que obstruyen la óptica de la unidad.

4. Tener cuidado con la temperatura ambiente. Si el termómetro se expone a diferencias bruscas de temperatura ambiente de 10 grados o más, permita que se ajuste a la nueva temperatura ambiente (Auto calibración).

2.6.3 Diagnóstico de fallas eléctricas mediante sistemas infrarrojos

Es bien sabido que hoy en día la energía eléctrica es necesaria para muchos aspectos de la vida cotidiana, nadie se libera del uso de la energía eléctrica de una manera u otra. Esto nos lleva a la conclusión de que el servicio eléctrico debe ser continuo. El servicio debe ser brindado bajo las mejores condiciones de calidad. Existen leyes y regímenes regulatorios que aseguran el cumplimiento por parte de estas empresas del sector eléctrico, tanto en términos de continuidad del servicio como de calidad del servicio.

Los sistemas eléctricos de potencia (SEP) tienen varios componentes con propiedades únicas que constituyen una parte importante de todo el sistema y cada uno realiza sus funciones específicas que son diferentes de los otros componentes, pero que son importantes para el buen funcionamiento del sistema. Sistema, tanto en términos de calidad y continuidad del servicio. Uno de estos componentes son las subestaciones, teniendo en cuenta que son las más costosas económicamente y que la continuidad del servicio depende en gran medida de ellas; Es necesario aplicar una gestión de mantenimiento adecuada a estos sistemas (subestaciones), esta gestión debe incluir el mantenimiento predictivo, verificar el estado del equipo con cierta frecuencia para encontrar posibles errores y corregirlos en sus primeras etapas antes de fallas puede causar la interrupción del servicio eléctrico. Reduzca los costos y mejore la disponibilidad del equipo en una celda, minimice el riesgo de accidentes e interrupciones inesperadas.

Para fallos en los sistemas eléctricos a menudo tienen una anomalía térmica del componente eléctrico está ocurriendo de manera que la medición de temperatura de los principales parámetros para el análisis y diagnóstico, a las alternativas para la medición de temperatura sin contacto contar el

Termografía cámaras, que en herramientas de diagnóstico y reconocimiento importante en la resolución de problemas Asociado con el mantenimiento predictivo. La inversión en una cámara termo gráfica es alta, pero los costos asociados con el mantenimiento y el tiempo de inactividad no planificado asociado con la operación de una instalación pueden reducirse significativamente utilizando esta tecnología

Mantenimiento predictivo, que nos ayuda a ahorrar costos o incluso generar ingresos. Los beneficios económicos de una estrategia de mantenimiento y la reducción de la tasa de fallas se deben lograr con una optimización de calidad / costo que dependa en gran medida de cuán beneficiosa es la tecnología para el mantenimiento y cuánto se asocia administrativamente con un recurso.

1.4 Formulación del problema

¿Cómo una aplicación de cámara termográfica mejora la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu 730E?

1.5. Justificación del estudio

La presente indagación se justificó por su conveniencia: servirá para mejorar la prevención de fallas en las unidades Komatsu 730 E, elevando su eficiencia de mantenimiento, haciéndola más competitiva.

Técnica

Se justificó por sus Implicancias prácticas pues lo que no se evalúa, y mejora e innova constantemente tiende a volverse obsoleto y deja de ser competitivo.

Económica

Se justifica desde el punto de vista económico, porque gracias a la aplicación de una cámara termográfica se podrá mejora la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu 730E, lo que permitirá a la empresa tener beneficios económicos en cuanto al ahorro.

Social

Contribuirá a mejorar significativamente la prevención de fallas, aumentando su competitividad como proveedores de servicios, en nuestro caso particular el transporte de mineral de las canteras a la planta de procesamiento, de esta forma fortalece el sector minero de fosfatos.

Ambiental

Se justifica la indagación desde el punto de vista ambiental, porque el desarrollo de la indagación no genera contaminación alguna al implementar una cámara termográfica que permita mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu.

1.6 Hipótesis

Hi: Con la aplicación de una cámara termográfica SI mejora la confiabilidad del sistema eléctrico en las unidades Komatsu 730E.

1.7 Objetivos

1.7.1. General

Determinar en qué medida la aplicación de cámara termográfica mejora la confiabilidad del sistema eléctrico de las unidades Komatsu 730E.

1.7.2. Específicos

- 1) Determinar la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu 730E
- 2) Desarrollar una aplicación de cámara termográfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico
- 3) Determinar la confiabilidad después de la implementación de la aplicación de cámara termográfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico
- 4) Determinar el impacto de la implementación de la aplicación de cámara termográfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico en la confiabilidad
- 5) Hacer una evaluación económica del proyecto mediante los indicadores del VAN y TIR.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado para esta investigación fue pre-experimental, el cual utilizó un grupo único para la aplicación del pre test y post test. (Hernández Sampieri, y otros, 2003).

El diseño de investigación que se utilizó es el Pre Experimental.



Dónde:

G: Muestra

O1: Confiabilidad antes de la aplicación de la cámara termo gráfica para prevención de falla eléctrica en unidades Komatsu 730E

X: Aplicación de termo cámara para prevenir las fallas del sistema eléctrico de las unidades Komatsu 730 E

O2: Confiabilidad después de la aplicación de la cámara termo gráfica para prevención de falla eléctrica en unidades Komatsu 730E

2.2 Variables Operacionalización

2.2.1 Variable Dependiente:

Aplicación de termo cámara para prevención de fallas de sistema eléctrico

2.2.2 Variable Independiente:

Confiabilidad de unidades Komatsu 730E.

2.2.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Fuente: Elaboración propia

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Aplicación de termo cámara para prevención de fallas de sistema eléctrico	Conjunto de procedimientos basados en tecnológica de emisividad de luz que permiten prevenir fallas de forma no invasiva y con anterioridad a los métodos convencionales (Construcción del autor)	Logro de indicadores reflejado en el cumplimiento de indicadores en ficha de observación.	Confiabilidad	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas calendario} - \text{Horas de mantenimiento}}{\text{Horas calendario}} \times 100$ $\text{Confiabilidad} = R = e^{\left(\frac{-24}{MTBF}\right) \times 100} = e^{\left(\frac{-24}{36.36}\right) \times 100} = 51,68$ $MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de correctivos}} = \frac{58721}{1619} = 36.27 \text{ HRS}$ $MTTR = \frac{\text{Horas de reparación}}{N^{\circ} \text{ de correctivo}} = \frac{5505.21}{1619} = 3.40 \text{ HRS}$	Razón
			Prevención de falla	$PF = \frac{\text{Fallas actuales}}{\text{Fallas anteriores}}$	Razón
			Daño de los dispositivos	$PF = \frac{\text{Dispositivos dañados con termocámara}}{\text{Dispositivos dañados metodo anterior}}$	Razón
			Costos de parada	$\frac{\text{Costo de parada con termocámara}}{\text{Costo de parada metodo anterior}}$	
Confiabilidad de unidades Komatsu 730 E	"Está relacionada con la continuidad en el servicio cumpliendo los requerimientos de calidad y seguridad". (Zapata, 2011, p. 8)	Nivel de cumplimiento de indicadores relativos a la prevención de falla del sistema eléctrico de alta potencia	Daño de los dispositivos	$\frac{\text{Dispositivos dañados con termocámara}}{\text{Dispositivos dañados metodo anterior}}$	Razón
			Costo de parada	$PF = \frac{\text{Costo de parada con termocámara}}{\text{Costo de parada metodo anterior}}$	Razón
			Disponibilidad de equipo	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas calendario} - \text{Horas de mantenimiento}}{\text{Horas calendario}} \times 100$ $MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de correctivos}}$ $MTTR = \frac{\text{Horas de reparación}}{N^{\circ} \text{ de correctivo}}$	Razón

2.3 Población y muestra

Población:

La población está compuesta por los reportes de mantenimiento del sistema eléctrico de 20 unidades Komatsu 730E - Bayovar.

Muestra:

La muestra es no probabilística por conveniencia y consta de toda la población 20 unidades Komatsu 730E - Bayovar.

2.4 Técnicas e instrumentos recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica:

Observación: “Consiste en observar personas, fenómenos, hechos, casos, objetos, acciones, situaciones, etc., con el fin de obtener determinada información necesaria para una indagación”. (Crecenegocios, 2013)

Análisis documental: “El análisis documental es un conjunto de operaciones encaminadas a representar un documento y su contenido bajo una forma diferente de su forma original, con la finalidad posibilitar su recuperación posterior e identificarlo”. (Anónimo, 2018, p. 1)

Instrumentos:

Ficha de observación: Ficha de observación Estadística descriptiva, teniendo como fuente: Registros de mantenimiento de unidades Komatsu 730E.

Ficha de observación: Ficha de observación, tiempos y proceso de prevención de fallas, teniendo como fuente Registros de mantenimiento de unidades Komatsu 730E.

2.5 Métodos de análisis de datos

Observación

Análisis

Evaluación económica

Evaluación estadística descriptiva

Evaluación estadística inferencial

2.6 Aspectos éticos

Los datos procesados de la empresa serán confidenciales mostrándose solo genéricamente lo estrictamente indispensable en la indagación

La información tecnológica de la empresa será estrictamente confidencial.

III. RESULTADOS

3.1 Determinar la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu

730E

Figura 1

FÓRMULAS DE GESTIÓN

CONFIABILIDAD	$R =$	$\frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Horas de Operación} + \text{Horas de Reparación}} \times 100$
DISPONIBILIDAD	$D =$	$\frac{\text{Horas Calendario} - \text{Horas de Mantenimiento}}{\text{Horas Calendario}} \times 100$
TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA	$MTBF =$	$\frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Nº de Intervenciones No Programadas}}$
TIEMPO MEDIO PARA REPARACIONES	$MTTR =$	$\frac{\text{Horas de Reparación}}{\text{Nº de Intervenciones No Programadas}}$
REPARACIONES PROGRAMADAS	$PROG =$	$\frac{\text{Horas Programadas}}{\text{Horas de Reparación Total}} \times 100$
REPARACIONES NO PROGRAMADAS	$NO PROG =$	$\frac{\text{Horas No Programadas}}{\text{Horas de Reparación Total}} \times 100$
PARALIZACIONES PROGRAMADAS	$PROG =$	$\frac{\text{Paralizaciones Programadas}}{\text{Total Paralizaciones}} \times 100$
PARALIZACIONES NO PROGRAMADAS	$NO PROG =$	$\frac{\text{Paralizaciones No Programadas}}{\text{Total Paralizaciones}} \times 100$

Confiabilidad: Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

Dónde: t= tiempo en horas; (e) es una constante cuyo valor es 2,71828.

Disponibilidad: Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado.

Tiempo medio entre falla: Es la medición de horas de operación entre el número de interacciones no programadas.

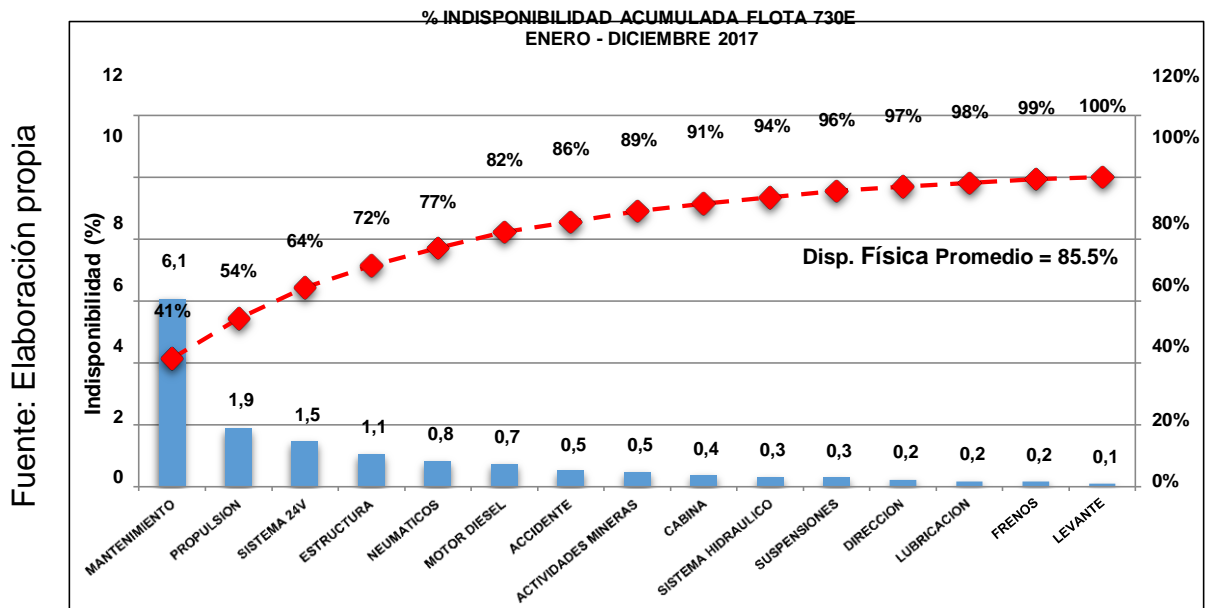
Tiempo medio para reparaciones: Es la medición de números de horas entre número de interacciones no programas.

Reparaciones programadas: Es la medición de horas programas entre horas de reparación total.

Paralizaciones no programas: Es la medida obtenida entre el Número de horas no programadas entre las horas de reparación total.

Paralizaciones programas: Es la medida obtenida entre paralizaciones programadas y total de paralizaciones.

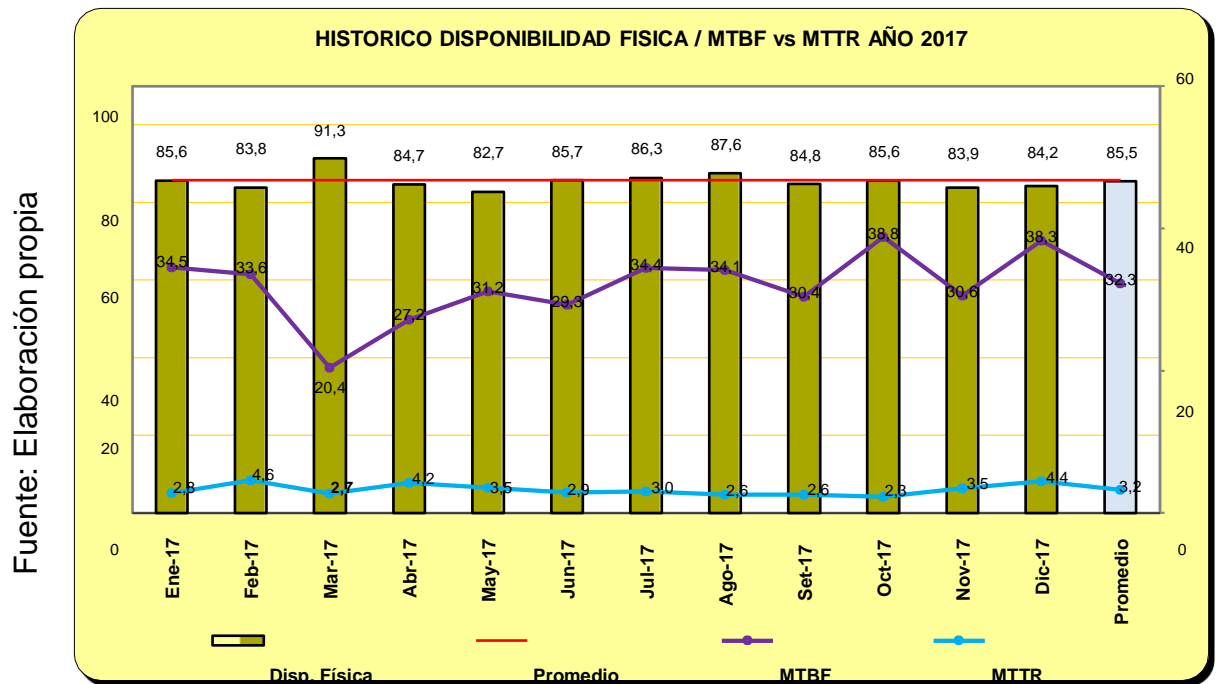
Figura 2



Top Ten de Fallas

Análisis: Se puede observar que el sistema de propulsión y el sistema de 24 voltios deben tenerse en cuenta para disminuir el porcentaje de indisponibilidad acumulada, el cual va a ser materia de estudio.

Figura 3. Historico disponibilidad fisica/MTTR año 2017



Descripción:

Disponibilidad Física: Operatividad de los equipos 730 E durante el año 2017

Promedio: Es el promedio alcanzado de los meses en el año 2017.

MTBF: Tiempo medio entre fallas de cada mes del 2017

MTTR: Tiempo medio para reparación de cada mes del 2017

Tabla 2

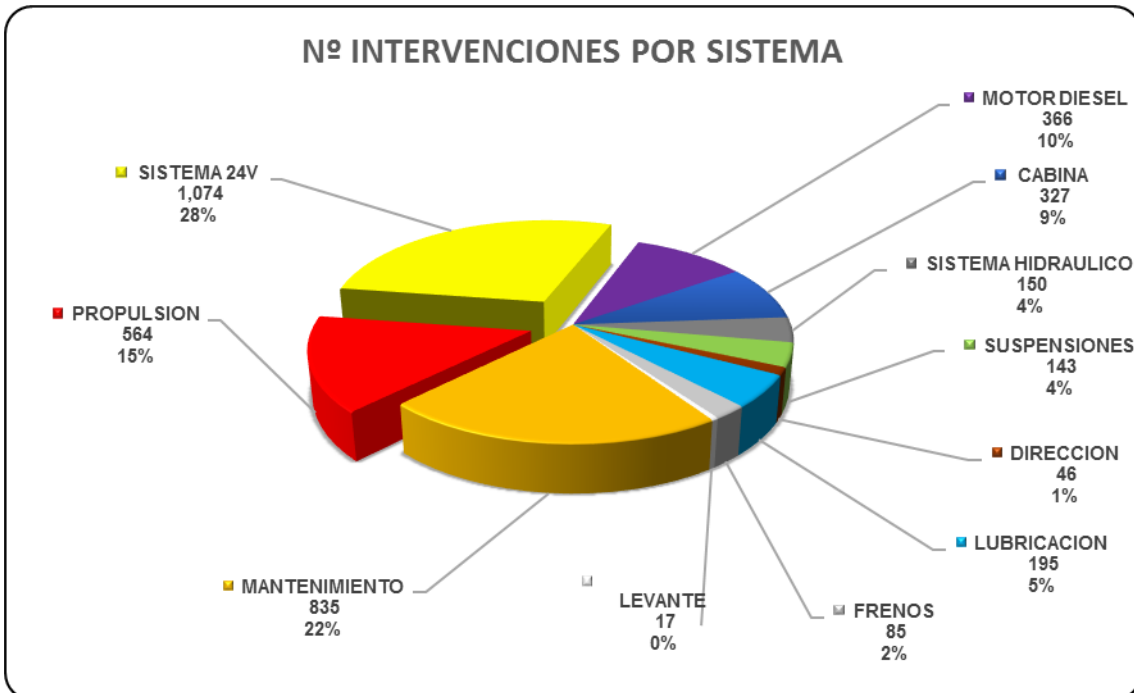
Elaboración: fuente propia

SISTEMA	HORAS DE INTERVENCIONES	N° DE INTERVENCIONES
MANTENIMIENTO	10,583.4	835
PROPULSION	3,280.1	564
SISTEMA 24V	2,544.8	1,074
MOTOR DIESEL	1,309.2	366
CABINA	639.2	327
SISTEMA HIDRAULICO	535.5	150
SUSPENSIONES	502.5	143
DIRECCION	379.6	46
LUBRICACION	303.0	195
FRENOS	277.5	85
LEVANTE	177.2	17
TOTAL	25,503.8	5,363.0

Histórico de horas y n° de intervenciones en el año 2017 unidades Komatsu antes de la aplicación

Figura 4. N° intervenciones por sistema

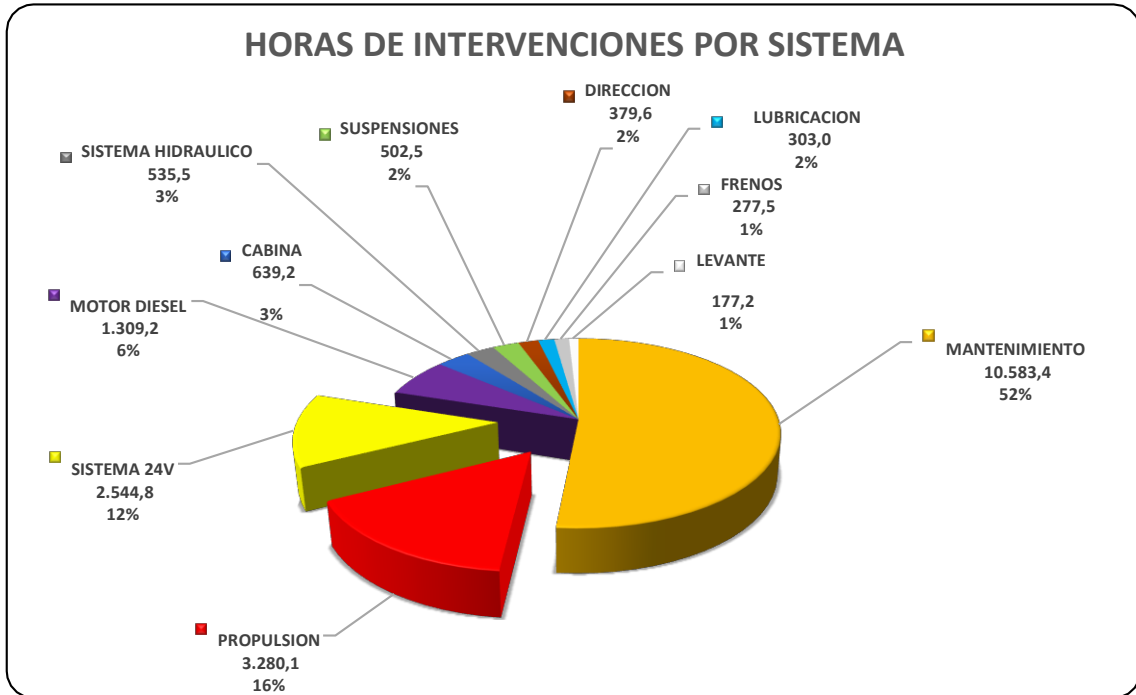
Fuente: tabla 3



Número de intervenciones por sistemas unidades Komatsu antes de la aplicación

Figura 5

Fuente: tabla 3



Horas de intervenciones por sistema unidades Komatsu antes de la aplicación

Tabla 3.

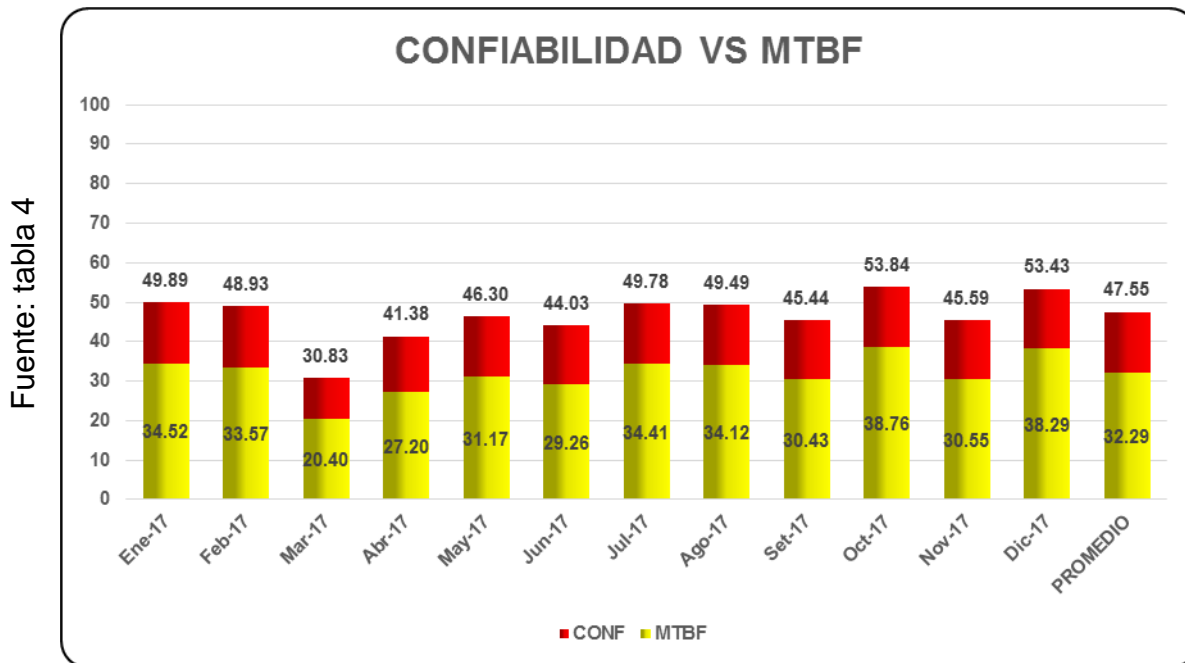
	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	PROMEDIO
MTBF	34.52	33.57	20.40	27.20	31.17	29.26	34.41	34.12	30.43	38.76	30.55	38.29	32.29
CONF	49.89	48.93	30.83	41.38	46.30	44.03	49.78	49.49	45.44	53.84	45.59	53.43	47.55

$$CONF = \left(\frac{24}{32.29}\right) * 100$$

$$\left(\frac{24}{32.29}\right) * 100 = 47,55$$

Se concluye que a menor MTBF menos confiable es el equipo

Figura 6



Confiabilidad de las unidades Komatsu antes de la aplicación

Análisis: Se puede observar en la gráfica que la confiabilidad de las unidades Komatsu antes de la aplicación, alcanza un promedio de 47.55%.

Por disposición de la gerencia de operaciones mina, establece que la confiabilidad no debe de ser < 50.

Ocasionando pérdidas por horas máquina y daños a dispositivos. Ver anexo 5

3.2 Desarrollar una aplicación de termo cámaras para prevenir las fallas del sistema eléctrico

Con la implementación de un plan de mantenimiento termo gráfico aplicable en las instalaciones de Bayovar en equipos 730E, se pretende elaborar un plan de mantenimiento predictivo en base a los reportes termo gráficos, con el objetivo de minimizar el riesgo de una falla en los equipos y sus posibles

consecuencias, para garantizar un suministro continuo de energía eléctrica, reduciendo la frecuencia de interrupciones no programadas, y proporcionando una excelente herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

En equipos eléctricos normalmente se producen problemas relacionados con alta resistencia eléctrica, cortocircuitos, circuitos abiertos, calentamiento por inducción, armónicos, desequilibrio de la carga, sobrecarga y mala instalación de los componentes, los cuales son generalmente detectados por la termografía.

3.2.1 Conceptos previos

Metodologías De Inspección

Los termógrafos utilizan principalmente tres métodos para realizar inspecciones con cámaras termo gráficas para encontrar anomalías térmicas. Estos métodos son el método comparativo, el inicial y el de tendencia. El método elegido depende del tipo de equipo que se inspeccione y el tipo de datos que se necesiten. Se pueden obtener buenos resultados con los tres métodos, siempre que se utilicen para la aplicación adecuada.

Anomalía Térmica

Cualquier condición que haga que el gradiente térmico de la superficie se desvíe del patrón normal que debe existir para esa superficie en particular.

Termografía comparativa

El método básico que se utiliza en muchas aplicaciones térmicas se conoce como termografía comparativa, el cual es un proceso utilizado por los termógrafos para comparar componentes en similares condiciones para evaluar el estado del equipo que se está inspeccionando. Cuando la termografía comparativa se utiliza de forma apropiada y correcta, las diferencias entre los equipos evaluados suelen ser indicadoras de su estado. (Fluke, 2014)

Es vital establecer el margen de error aceptable antes de empezar una inspección y trabajar con cuidado para no salirse de esos límites. Es esencial una formación básica y de carácter práctico en transferencia de calor y

pericia en el uso de la cámara termo gráfica para comprender la termografía comparativa, gran parte de la termografía se basa en el trabajo comparativo. Mediante la comparación del objeto de interés con otros similares, suelen ser fácil detectar una anomalía, la formación y la experiencia son fundamentales para el proceso de inspección puesto que puede haber muchas variables que deben tenerse en cuenta. (Fluke, 2014)

Termografía inicial

Una inspección inicial pretende establecer un punto de referencia del equipo cuando funciona en condiciones normales y sin problemas. Es muy importante determinar el estado del equipo normal y utilizarlo como firma térmica inicial con la que comparar imágenes posteriores. (Fluke, 2014)

Tendencia térmica

La tendencia térmica es un proceso utilizado por el termógrafo para comparar la distribución de la temperatura en el mismo componente en función del tiempo, se utiliza sobre todo en inspecciones de equipos mecánicos en los que las firmas térmicas habituales pueden resultar complejas. También es útil cuando las firmas térmicas con las que se detectan las averías se suelen desarrollar con lentitud.

Es importante que el termógrafo entienda todas las variables presentes en un equipo bajo inspección, también los principios operativos de distintos sistemas y desarrollar sus conocimientos en relación a la resolución de problemas. Si se recogen los datos con esmero y se entienden los cambios del equipo bajo inspección, este método puede revelar una tendencia precisa y útil del funcionamiento. Sin embargo, es importante recordar que la tendencia implica predecir el futuro. (Fluke, 2014)

Patrones de desempeño de los equipos

Para la descripción de patrones de desempeño de los equipos, fue necesaria una generalización apropiada, es decir, determinar los desempeños más objetivos que engloben a todos los equipos.

Puntos de mal Contacto

Conectores de líneas de transmisión que lleguen a la subestación y en la barra colectora especialmente en los puntos de conectividad.

Los contactos móviles de seccionadores, los cuales dada su naturaleza pueden tender a disminuir la presión de contacto debido a su operación incrementándose de esta forma su resistencia, lo que da lugar a puntos calientes.

Conexiones de los terminales en disyuntores, transformador de medida, tanto de potencial, como de corriente.

Terminales de alta y baja del transformador de potencia donde podremos encontrar contactos defectuosos.

Sistemas de Aislamiento

Los aisladores sucios o con depósitos pueden dar lugar a la aparición de corrientes de fuga que aumentan la temperatura del equipo. Este es un problema que suele aparecer en instalaciones que muestra contaminación en los aisladores, la cual, junto a un aumento de la humedad pueden dar lugar a la aparición de descargas en los anillos del aislador.

También se examinará posibles fallos en sistemas accesorios tales como banco de condensadores de compensación reactiva.

Temperatura máxima permitida en equipos

Se realiza una generalización apropiada para determinar la temperatura máxima permitida que englobe a los equipos.

3.2.2. Procedimiento de inspección termo gráfica

Según (Llorente, 2012) manifiesta las siguientes etapas

Definir la tarea

Enumere todo el equipamiento que desee supervisar. En muchos contextos corporativos, esa lista ya está disponible, lo único que debe hacer es eliminar aquellas entradas de la lista que no son adecuadas para inspecciones termo gráficas.

Equipos y materiales necesarios para la inspección

- Cámara Termo gráfica (debidamente calibrada).
- Cámara digital (no viene incluido en la cámara termo gráfica).
- Linterna de alta potencia (para inspecciones en la noche).
- Radio para comunicación con el centro de operaciones.

Precauciones

- Tener en cuenta las normas de seguridad a la zona de inspección.
- Observar las especificaciones de los cuidados que se deben tener con los equipos a utilizar descritos en el manual del fabricante.

Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones se deben tomar en cuenta, aunque la inspección puede ser llevada en ocasiones donde es difícil conseguir todas las condiciones deseadas.

- Evitar realizar inspecciones termo gráficas durante días de mucha intensidad solar.
- Evitar las inspecciones con la corriente por debajo del 40% de la carga máxima.
- No realizar las inspecciones con una humedad relativa superior al 90%.
- Después de la lluvia esperar al menos 1 hora para empezar la inspección.
- Para equipos que entran en servicio esperar al menos 1 hora luego que tomen carga para realizar las tomas de temperatura,

por la estabilidad térmica.

- El ángulo entre la cámara y el equipo bajo inspección debe estar lo más vertical posible para evitar la reducción de la emisividad.

El siguiente paso consiste en asignar prioridades en la lista. Casi todas las empresas conservan registros de mantenimiento y producción. Estos registros mostrarán qué equipamiento muestra una mayor tendencia a fallar y, por tanto, debe ser inspeccionado más cuidadosamente. Además, se deben tener en cuenta las consecuencias directas del fallo. El equipamiento esencial se debe supervisar con más frecuencia y, ¡atención! que el equipamiento que puede permanecer temporalmente fuera de servicio sin afectar la funcionalidad del proceso completo.

Basándose en esta información, puede comenzar a programar las inspecciones térmicas. Pero aún no está listo para empezar. Hay otro paso de vital importancia que debe completar.

Realizar una inspección inicial

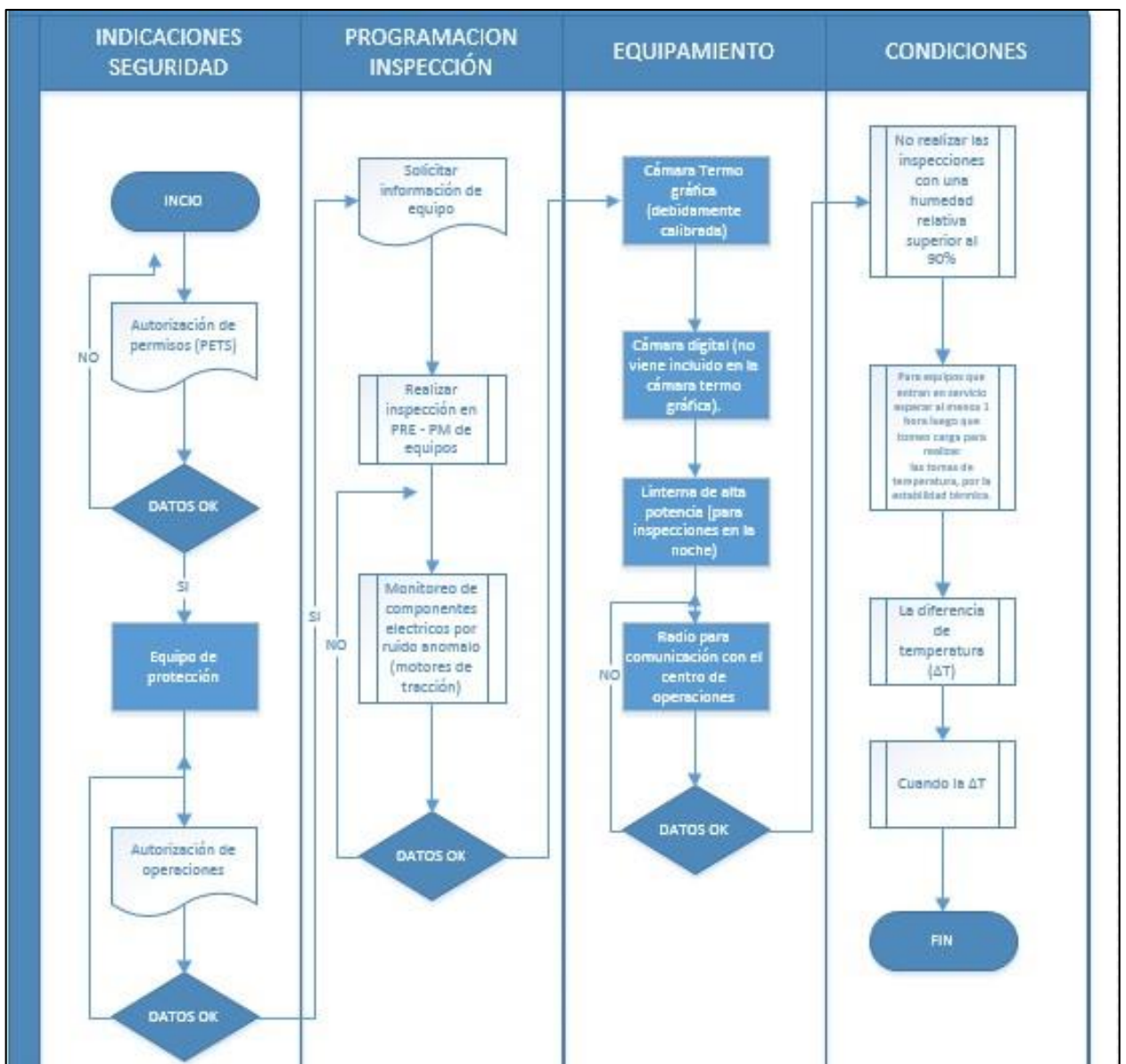
Antes de poder comenzar a diagnosticar los problemas de su equipamiento, necesita contar con material de referencia. Por lo tanto, es recomendable que realice termografías de toda la instalación que desea inspeccionar. Esto se debe realizar durante el funcionamiento normal. Tenga en cuenta que, en ciertos casos, es posible que deba realizar varias termografías de una sola pieza de la instalación, especialmente si tiene componentes esenciales o subsistemas con tendencia a fallar.

Por lo tanto, resulta muy importante documentar bien su inspección inicial para realizar mediciones de temperatura precisas. El informe de la inspección inicial debe incluir los métodos utilizados, como la configuración de emisividad y reflexión de cada pieza del equipamiento, así como una descripción de la ubicación exacta de cada termografía.

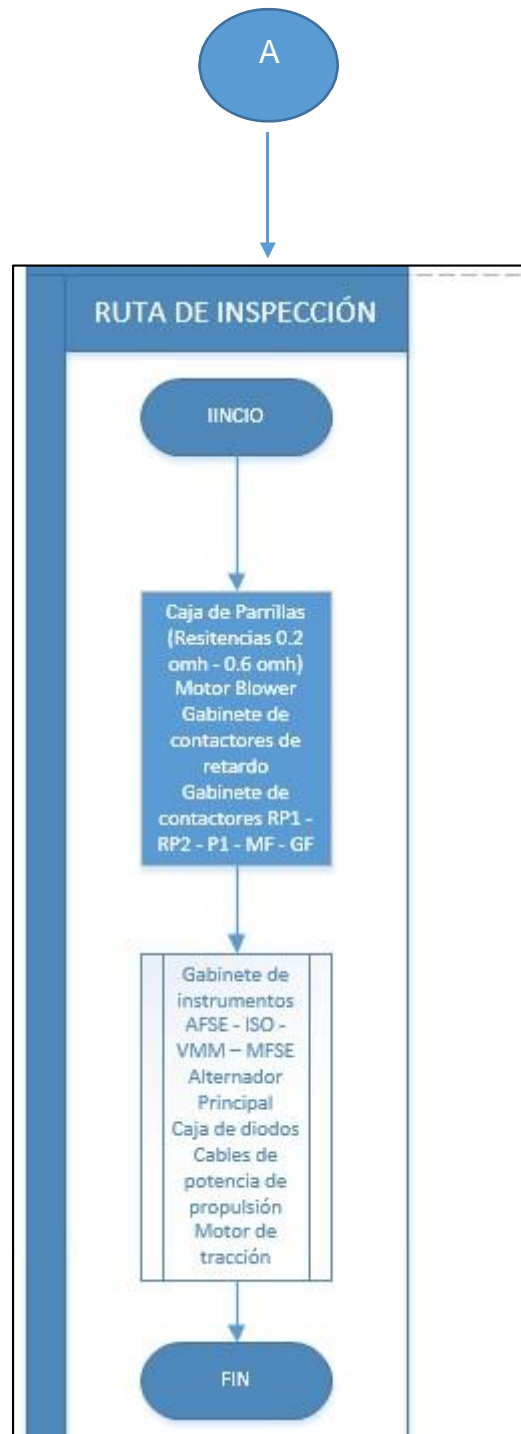
Cuando disponga de una base de datos de imágenes de referencia, puede determinar qué temperaturas son aceptables para cada pieza del equipamiento y definir un umbral de alarma de temperatura. Esto permite a la cámara activar una alarma si alguna parte de la termografía se calienta demasiado, lo que ayuda a agilizar las inspecciones futuras. Registre esta alarma de temperatura para usarla más adelante.

Toda esta información le ayudará a determinar si la instalación ha presentado algún problema durante las últimas inspecciones.

Visualizar Anexo N°06 Reporte de Termográfico del sistema Eléctrico



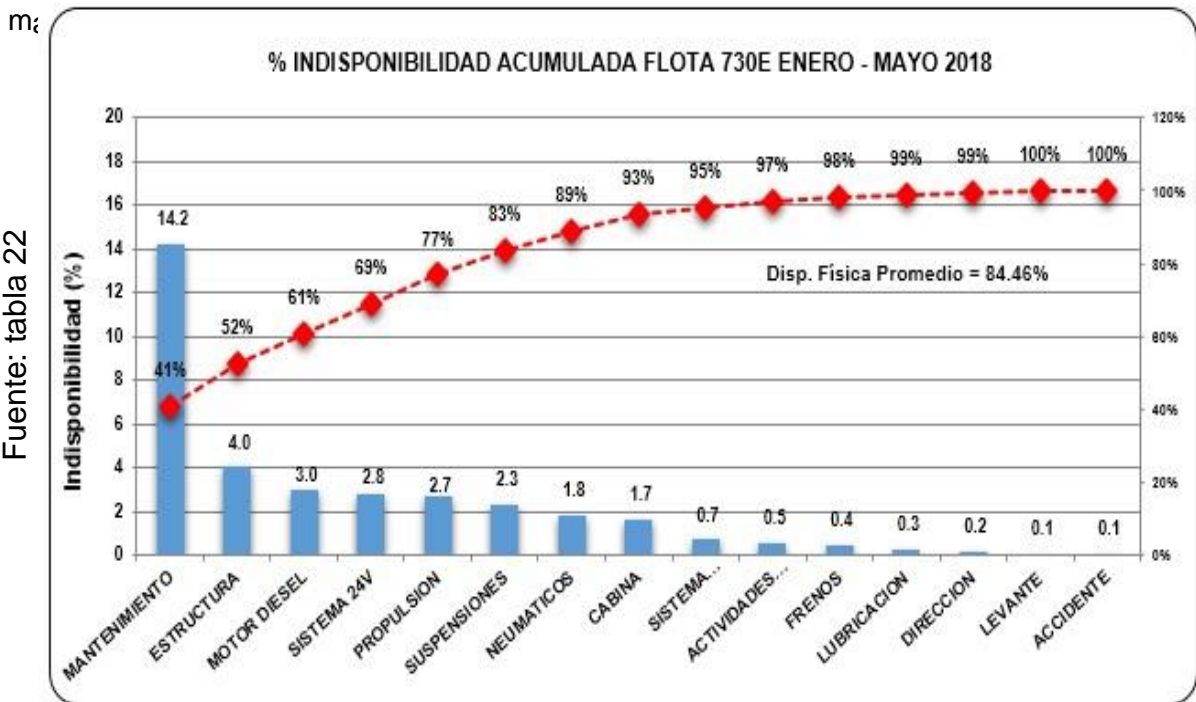
A



Procedimiento de inspección termo gráfica

3.3. Determinar la confiabilidad después de la implementación de la aplicación de cámara termográfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico

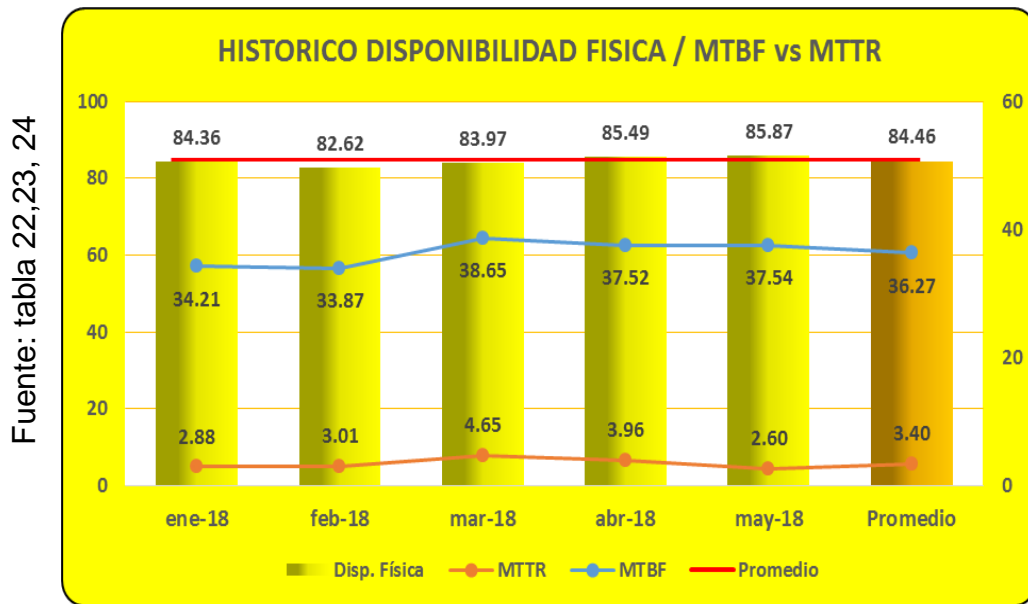
Figura 7. % indisponibilidad acumulada. % Indisponibilidad acumulada flota 73 de enero-



Top Ten de Fallas

Análisis: Se puede observar que el sistema de propulsión y el sistema de 24 voltios deben de tenerse en cuenta para disminuir el porcentaje de indisponibilidad acumulada, el cual va ser materia de estudio.

Figura 8



Historico de la disponibilidad / MTBF Y MTTR 2018 unidades KOMATSU después de la aplicación

Descripción:

Disponibilidad Física: Operatividad de los equipos 730 E durante el año 2018

Promedio: Es el promedio alcanzado de los meses en el año 2018.

MTBF: Tiempo medio entre fallas de cada mes del 2018

MTTR: Tiempo medio para reparación de cada mes del 2018

Tabla 4.

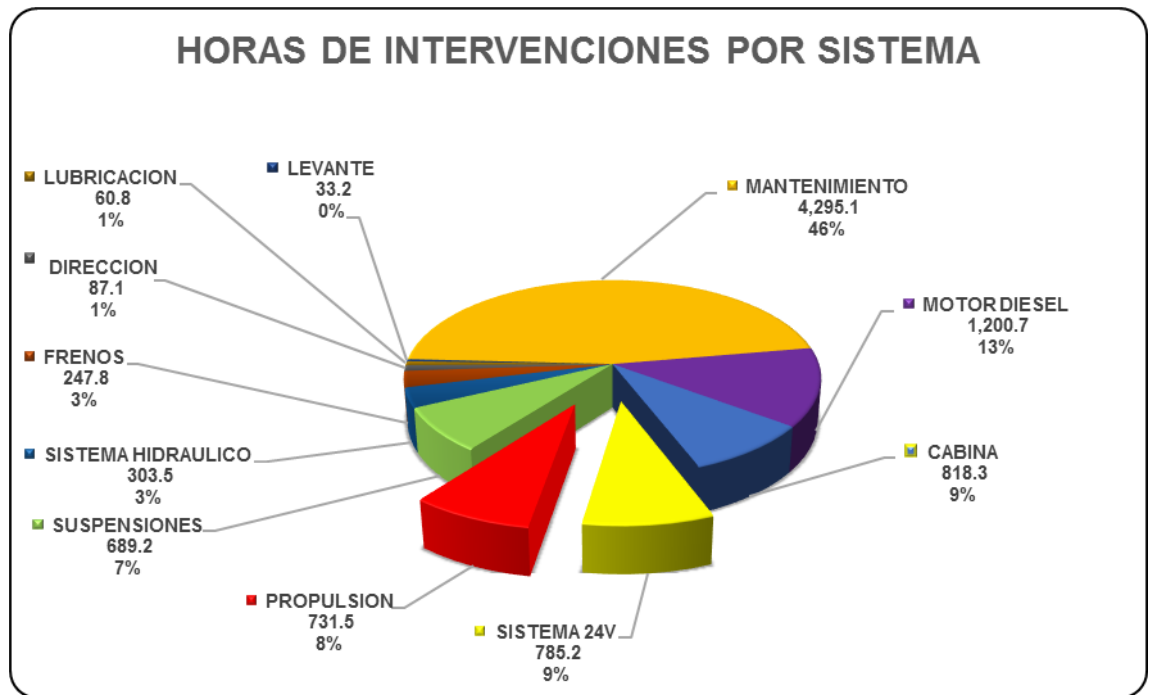
Elaboración: fuente propia

SISTEMAS	HORAS DE INTERVENCIONES	N° DE INTERVENCIONES
MANTENIMIENTO	4,295.1	521
MOTOR DIESEL	1,200.7	216
CABINA	818.3	268
SISTEMA 24V	785.2	415
PROPULSION	731.5	191
SUSPENSIONES	689.2	71
SISTEMA HIDRAULICO	303.5	66
FRENOS	247.8	51
DIRECCION	87.1	13
LUBRICACION	60.8	30
LEVANTE	33.2	2
TOTAL	9,252.6	1,844.0

Histórico de horas y n° de intervenciones 2018 unidades komatsu despues de la aplicación

Figura 9

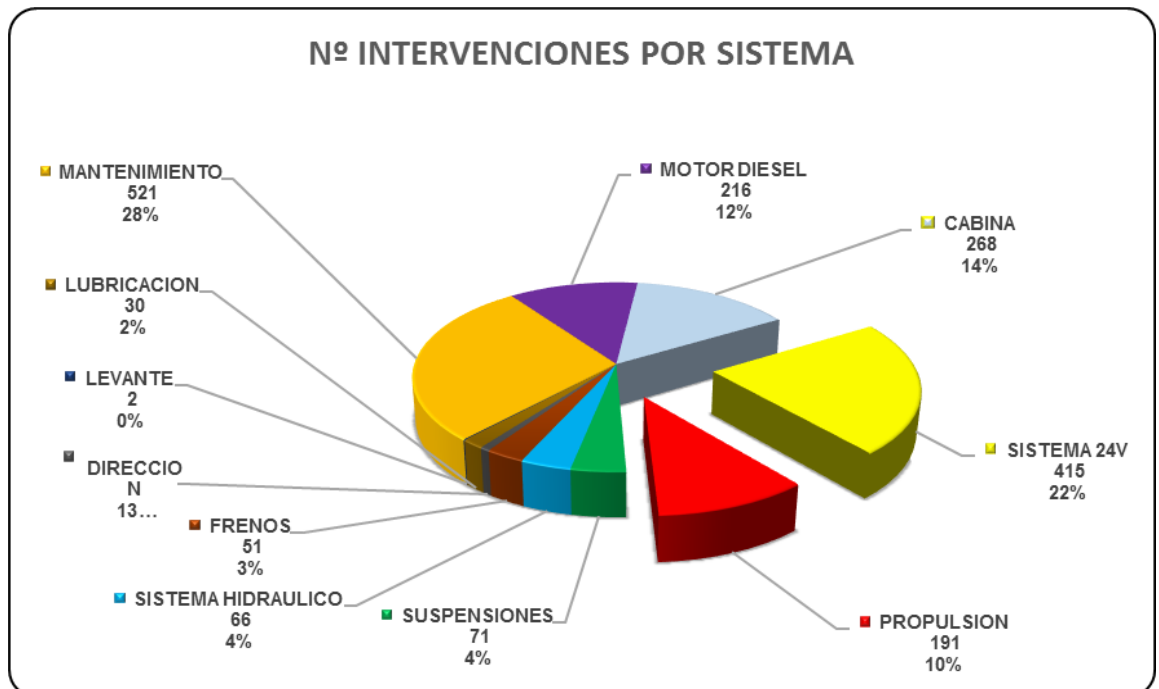
Elaboración: fuente propia



Horas de intervenciones por sistema 2018 unidades Komatsu después de la aplicación

Figura 10

Elaboración: fuente propia



Número de intervenciones por sistema 2018 unidades KOMATSU después de la aplicación.

Tabla 5

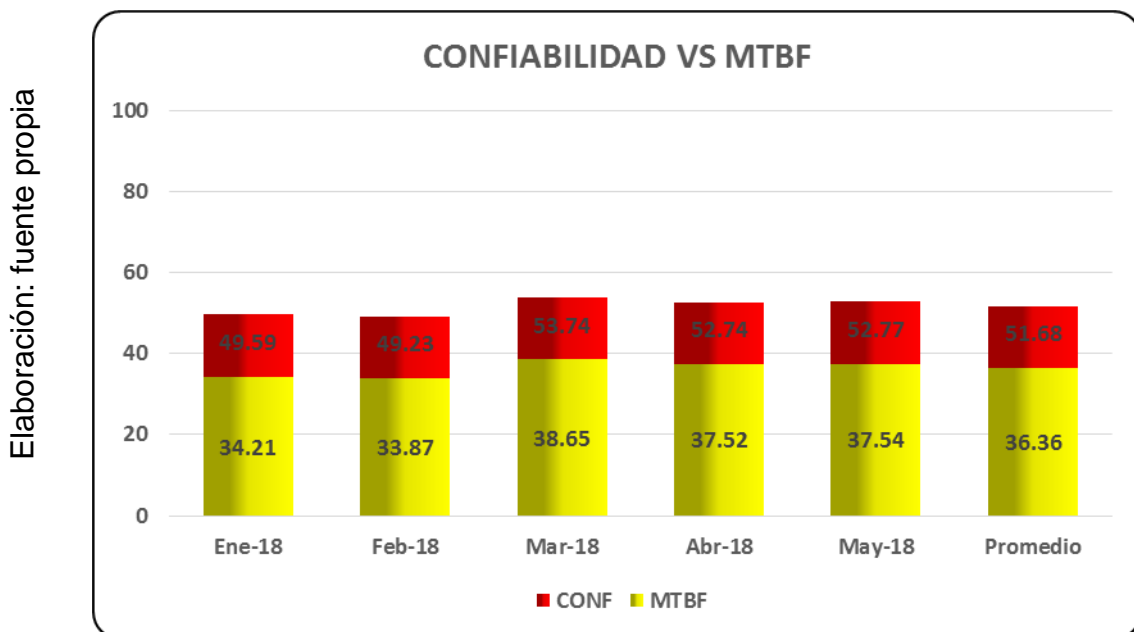
	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Promedio
MTBF	34.21	33.87	38.65	37.52	37.54	36.36
CONF	49.59	49.23	53.74	52.74	52.77	51.68

$$\diamond = \left(\frac{24}{} \right) * 100$$

$$\diamond = \left(\frac{24}{} \right) * 100 = 51,68$$

36.36

Figura 11



Confiabilidad de las unidades Komatsu después de la aplicación

Análisis: Se puede observar que el promedio de confiabilidad aumenta a 51.68, en comparación al 47.55, antes de la aplicación de cámara termográfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico. Esto significa que la aplicación tiene una aceptación significativa.

En resumen, se concluye que a mayor MTBF más confiable es el equipo.

3.4 Determinar el impacto de la implementación de la aplicación de cámara termográfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico en la confiabilidad

3.4.1 Respecto al costo económico de parada después de la aplicación del mes de enero a mayo del 2018.

Tabla 6

Elaboración: fuente propia

EQUIPOS	PROPULSION DESPUÉS	SIST. 24V DESPUÉS	TOTAL	COSTO DE PARADA
	Horas de Parada	Horas de Parada	Hrs de Parada	USD \$\$
HT01	29.8	75.3	105.03	21,600.00
HT02	37.2	94.8	132.00	25,500.00
HT03	8.0	27.9	35.97	3,900.00
HT04	47.6	13.0	60.55	15,600.00
HT05	29.1	27.3	56.45	12,000.00
HT06	27.0	24.5	51.49	7,200.00
HT07	18.1	16.0	34.10	3,600.00
HT08	6.4	39.6	46.04	6,600.00
HT09	25.5	42.2	67.76	19,500.00
HT10	4.8	51.5	56.23	10,200.00
HT11	17.0	19.4	36.48	4,200.00
HT12	29.5	47.0	76.49	19,800.00
HT13	49.2	65.0	114.19	22,800.00
HT14	30.0	29.6	59.64	14,400.00
HT15	21.0	20.2	41.24	5,100.00
HT16	91.6	16.9	108.45	22,500.00
HT17	11.4	46.9	58.37	13,800.00
HT18	22.1	44.4	66.50	16,800.00
HT19	91.6	35.7	127.31	24,000.00
HT20	134.6	47.8	182.45	28,500.00
		TOTAL	1516.7	\$ 297,600.0

Costo económico de parada después de la aplicación

Tabla 7

Elaboración: fuente propia

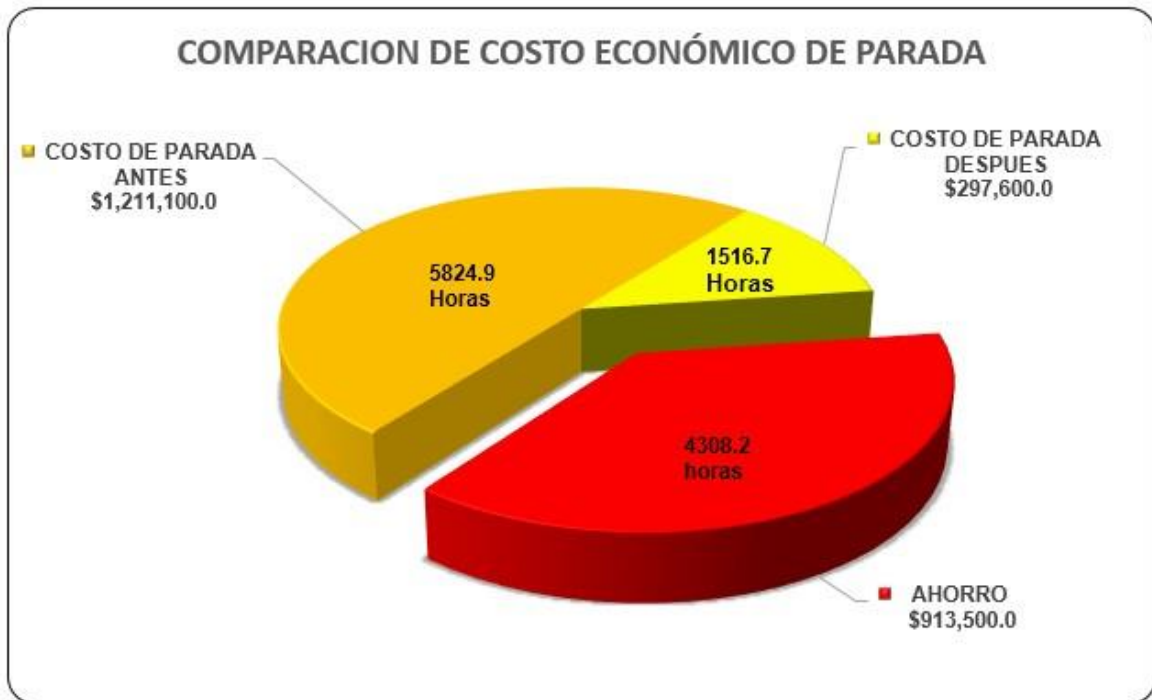
EQUIPOS	COSTO DE PARADA ANTES		COSTO DE PARADA DESPUÉS	
	Horas de Parada	USD \$\$	Horas de Parada	USD \$\$
HT01	370.9	73800	105.03	21,600.00
HT02	570.6	111600	132.00	25,500.00
HT03	121.2	21600	35.97	3,900.00
HT04	121.9	25800	60.55	15,600.00
HT05	271.1	60900	56.45	12,000.00
HT06	546.5	102000	51.49	7,200.00
HT07	334.3	66000	34.10	3,600.00
HT08	164.4	36000	46.04	6,600.00
HT09	113.6	18300	67.76	19,500.00
HT10	378.7	90000	56.23	10,200.00
HT11	591.1	126000	36.48	4,200.00
HT12	212.4	48600	76.49	19,800.00
HT13	204.0	45600	114.19	22,800.00
HT14	114.3	19800	59.64	14,400.00
HT15	245.5	54000	41.24	5,100.00
HT16	235.1	49200	108.45	22,500.00
HT17	561.0	107100	58.37	13,800.00
HT18	394.5	93600	66.50	16,800.00
HT19	83.4	16800	127.31	24,000.00
HT20	190.2	44400	182.45	28,500.00
TOTAL	5824.93	\$ 1,211,100.0	1516.72	\$ 297,600.0
AHORRO		\$ 913,500.0		

Descripción:

En la presente tabla se muestran las horas de parada y su costo en dos momentos el primero es antes de la aplicación y el segundo después de la aplicación, observándose una diferencia importante y a favor para la empresa.

Figura 12

Elaboración: fuente propia



Comparacion de costo económico de parada antes y después de la aplicación

3.4.4 Daño de los dispositivos

Tabla 8. Costo de daño de los dispositivos

Elaboración: fuente propia

EQUIPO	D-1	D-2	De1	De2	CDe1	CDe2	Total
					\$	\$	\$
HT01	6	1	Modulo supresor Control Gabinete	Contactor de reversa	222	8,405.89	8,628
HT02	6	8	Modulo supresor Control Gabinete	Kit de alambrado	222	2,151.03	2,373
HT03	2	7	Contactor de retardo	Parrilla de retardo	5,817	5,817.36	11,634
HT04	2	9	Contactor de retardo	Cables eléctricos	5,817	714.95	6,532
HT05	8	6	Kit de alambrado	Modulo supresor Control Gabinete	2,151	222.00	2,373
HT06	6	6	Kit cables	Modulo supresor Control Gabinete	8,406	222.00	8,628
HT07	8	8	Kit de alambrado	Kit de alambrado	2,151	2,151.03	4,302
HT08	6	6	Kit cables	Modulo supresor Control Gabinete	8,406	222.00	8,628
HT09	2	8	Contactor de retardo	Kit de alambrado	5,817	2,151.03	7,968
HT10	6	7	Kit cables	Parrilla de retardo	8,406	5,817.36	14,223
HT11	9	7	Cables eléctricos	Parrilla de retardo	715	5,817.36	6,532
HT12	9	2	Cables eléctricos	Contactor de reversa	715	8,405.89	9,121
HT13	6	2	Modulo supresor Control Gabinete	Contactor de reversa	222	8,405.89	8,628
HT14	2	8	Contactor de retardo	Kit de alambrado	5,817	2,151.03	7,968
HT15	2	6	Contactor de retardo	Modulo supresor Control Gabinete	5,817	222.00	6,039
HT16	6	6	Kit cables	Modulo supresor Control Gabinete	8,406	222.00	8,628
HT17	6	7	Modulo supresor Control Gabinete	Parrilla de retardo	222	5,817.36	6,039
HT18	6	8	Modulo supresor Control Gabinete	Kit de alambrado	222	2,151.03	2,373
HT19	9	1	Cables eléctricos	Contactor de reversa	715	8,405.89	9,121
HT20	6	1	Modulo supresor Control Gabinete	Tarjeta electronica	222	7,000.00	7222
Total					70,488	76,473	146,961

Costo de daño de los dispositivos después de la aplicación

Tabla 9. Comparacion de costo de daño de los dispositivos

Elaboración: fuente propia

EQUIPOS	ANTES	DESPUÉS	AHORRO
	\$	\$	\$
HT01	104,900	8,628	96,272
HT02	22,000	2,373	19,627
HT03	15,715	11,634	4,081
HT04	10,557	6,532	4,025
HT05	14,000	2,373	11,627
HT06	14,000	8,628	5,372
HT07	11,904	4,302	7,602
HT08	275,206	8,628	266,578
HT09	22,000	7,968	14,032
HT10	275,206	14,223	260,983
HT11	288,055	6,532	281,523
HT12	18,498	9,121	9,377
HT13	22,000	8,628	13,372
HT14	288,055	7,968	280,087
HT15	281,461	6,039	275,422
HT16	280,055	8,628	271,427
HT17	14,223	6,039	8,184
HT18	90,122	2,373	87,749
HT19	23,406	9,121	14,285
HT20	179,801	7222	172,579
TOTAL	2,251,164	146,961	2,104,203

Comparación de costo de daño de los dispositivos antes y después de la aplicación

Análisis: Se puede observar que hay un ahorro significativo de 2,104,203, después de la aplicación, en resumen, es conveniente para la organización tener en cuenta estos resultados el cual permiten a la organización mejorar su capacidad productiva.

Figura 13

Elaboración: fuente propia



Comparación de costo de daños a los dispositivos antes y después de la aplicación

$$PF = \frac{146,961}{2,251,164} \times 100 = 7\%$$

3.4.5 Costo de parada y daños a los dispositivos después de la aplicación

Tabla 10 Total de costo después de la aplicación

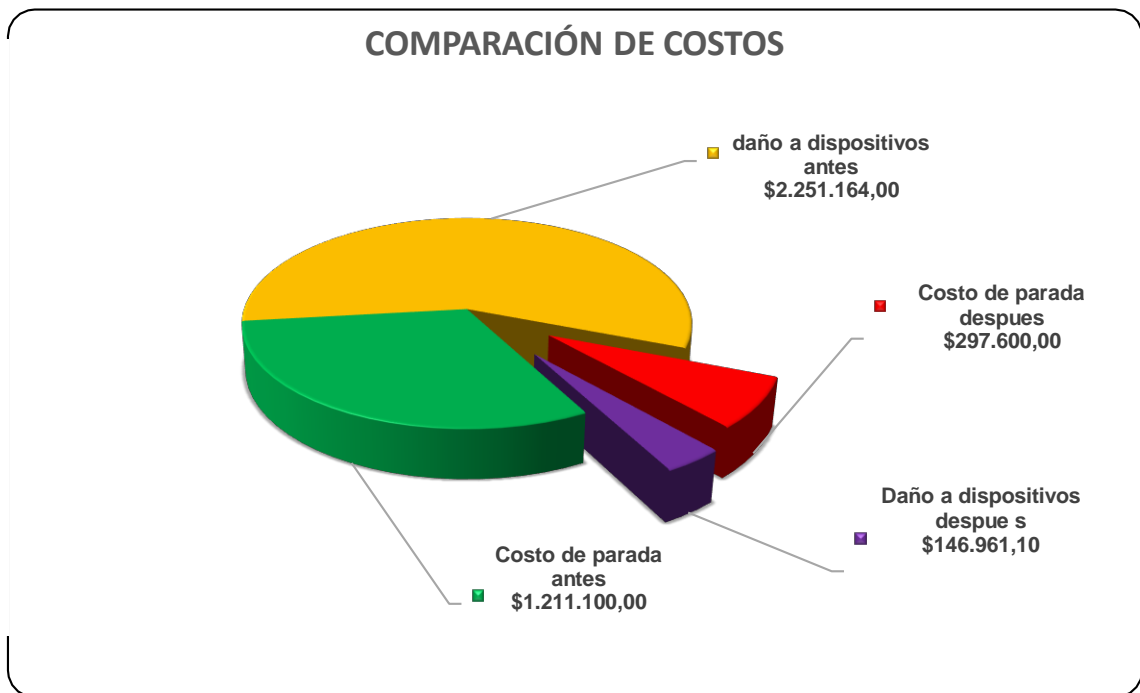
Fuente: Tabla 7 y 9

Tipo de costo	USD \$
Costo de parada	297,600
Daño a dispositivos	146,961
Total	444,561

Total de costo después de la aplicación

Figura 14

Elaboración: Tabla 8 y 9



Comparación de costo de parada y daños a los dispositivos; antes y después de la aplicación

3.5 Hacer una evaluación económica del proyecto mediante los indicadores del VAN y TIR.

A continuación, se presentan información de los costos producto de la evaluación económica basado en dos momentos costo de parada y daño a dispositivos, luego se presenta un flujo de caja, donde se muestra una recuperación a partir del segundo año.

Tabla 11

Fuente: Komatsu Bayovar

ITEM	USD \$
Termo cámaras	4,854.7
Software	7,847.4
Accesorios	2,784.0
Capacitación general	4,800.0
Capacitación especializada	5,871.0
Otros gastos	874.0
Total	27,031.1

Inversión

Tabla 12

Fuente: Tabla 11

	Antes	Después	Diferencia
Costo de parada	1,211,100.00	297,600	-913,500
daño a dispositivos	2,251,164.00	146,961	-2,104,203
Total	3,462,264	444,561	-3,017,703

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Flujo neto USD	-27,031.1	-3,462,264	3,017,703	3,017,703

Flujo económico

Descripción: Se observa en la tabla 13, que la recuperación se realiza a partir del segundo año, lo que significa un indicador positivo para la propuesta. A continuación, se hace una breve descripción:

El año cero representa la inversión

El año 1 representa el antes

El año 2 representa la diferencia del año 1 menos el año 2

El año 3 es la continuación del año 2

Tabla 13

Fuente: Tabla 13

Indicadores	Resultados	Interpretación
TIR	45%	La Tasa interna de Retorno es de 45% un valor positivo lo que significa que el proyecto es aceptable.
VAN	USD/. 499,663.38	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida, el proyecto es aceptable
ANTES B/C	-20.11	EL Costo beneficio antes es un valor negativo
DESPUES B/C	5.55	El Costo beneficio después es positivo y mayor al de antes por lo tanto se toma el proyecto

Evaluación económica

IV. DISCUSIÓN

Respecto a la confiabilidad encontrada, los resultados mostraron que esta andaba en un promedio del 47.55% (Tabla 4), estos resultados están acordes a los encontrados por Cam (2013) quien señala que por la naturaleza de los camiones mineros con impulsión eléctrica un mantenimiento tradicional es reactivo poco efectivo, el preventivo sale muy costoso y poco eficaz. Es importante que el mantenimiento preventivo en las maquinas eléctricas cuando han pasado su vida económica es muy difícil de prevenir por cuanto la fuerza del motor de impulsión es muy variable debido al desgaste de las demás piezas y eso significan gigantescas cargas (no olvidemos que son camiones de 180 TM de carga más su peso) esto hace que un mal desempeño de los amortiguadores, la llanta entre tantas cosas transfieran cargas irregulares y no previstas a los motores de impulso que afectan todo el sistema eléctrico, a esto se suma que las cargas imprevistas se almacenan en campos eléctricos que por el amperaje quedan remanentes causando múltiples fenómenos en la corriente, resistencia que llevan a fallas imprevistas. Este antecedente destaca la poca efectividad de los métodos pasivos y tradicionales de mantenimiento eléctrico.

Respecto a las características de prevención de fallas, se aprecia que el costo total de parada el año anterior al estudio fue de 1'211,100, siendo el promedio prevención de falla (frecuencia por tiempo promedio) de 291.20 fallas –hora con una variación de 39.2%% (VER Tabla 29 y 30), lo que significa que oscila entre 100 fallas-hora a 300 fallas – hora, lo cual habla de la precariedad de la precisión, un plan de mantenimiento debe prever los costos de mantenimiento y la disponibilidad, una variación del 50% pone en claro que se requiere métodos más precisos. La rapidez de diagnóstico – reparación estuvo en el promedio de 46 horas variando desde 1 día (24 horas) a 68 horas (2.83 días) y respecto al daño a dispositivos este llegó a 2'251,162.

Estos resultados están acordes a los hallados por Guanoluisa (2007) quien señala los elevados costos de reparación o reemplazo de equipos o partes, en parte

porque este tipo de equipos sus partes o reconstrucción requiere de tiempo y el caso particular de la empresa requiere traslado inmediato a las ciudades o la capital, en el caso de repuestos muchos se piden a nivel internacional.

En la misma línea de ideas, Tipoan (2011) señala la ineficacia del análisis y detección y medición cuando los equipos están apagados (medida pasiva) pues esas mediciones no reflejan su desempeño cuando están a plena carga y más aún, cuando están sometidos a cargas inductivas o resistivas imprevistas, las fluctuaciones de amperaje del orden de los milisegundos o microsegundos tienen una particular importancia en la fatiga de los elementos de las partes del equipo como bordes de contacto, aisladores, etc. Que llevan a la caída del equipo. El antecedente destaca que por más que se aplique estadística y técnicas avanzadas de mantenimiento, si este se basa en inspecciones pasivas, no será efectivo y siempre habrá grandes costos de mantenimiento.

Respecto a la aplicación de termo cámaras, se desarrolló aun proceso para prevención de fallas usando termo carama, sobre el particular, se invirtió en la capacitación general, así como la capacitación para hacer la medición con el equipo en operación (siempre que fuera posible) teniendo un costo antes de \$ 1,211,100.0 y un costo después de \$ 297,600.0.

Respecto a la confiabilidad después de la implementación, Se puede observar que el promedio de confiabilidad aumenta a 51.68, en comparación al 47.55, antes de la aplicación de cámara termo gráfica para prevenir las fallas del sistema eléctrico. Esto significa que la aplicación tiene una aceptación significativa. Estos resultados están acordes a los hallados por Yoc (2006) quien señala que las perturbaciones, fallas, fatigas tienen su huella en la diferencia de temperatura, algo que no se puede ver por los métodos pasivos o inspección visual. Los resultados son exitosos por cuanto permiten reemplazar las partes accesorias de los equipos valiosos y evitar que estos se dañen, también permiten analizar que otros sistemas están mal debido al análisis de fallas, como mencionamos arriba, pasada cierta edad las cargas en los motores de desplazamiento son diferentes porque las fuerzas que manejan (torque alineación, vibración son diferentes) lo que hace que la potencia eléctrica sea diferente y fatiga los cables y componentes.

Las ventajas de la termografía son tan variadas en el mantenimiento porque permite hacer mediciones sin interrumpir la actividad productiva de las unidades, medir a distancia (por lo que es una técnica segura), verificar múltiples componentes y detectar un punto específico, y encontrar un problema incipiente antes de que se produzca una falla catastrófica. Además, como se trata de una herramienta clave que hace más productivo y eficaz mantenimiento predictivo, también posibilita reducir costos de mantenimiento, mano de obra y repuestos; evita grandes desperfectos agilizando las intervenciones; otorga un conocimiento de la verdadera Condición de Operación de las unidades; ofrece mayor seguridad y confiabilidad, así como un mejor aseguramiento de las reparaciones; y permite verificar las instalaciones nuevas.

Respecto a la impacto de la implementación, la confiabilidad llegó a niveles ideales, y los costos de mantenimiento se redujeron significativamente, estos resultados coinciden con Guanoluisa (2007) quien señala que termografía infrarroja permite ahorros muy sustanciales en los costos de mantenimiento, no solo por la disponibilidad del equipo, la prevención de fallas, sino en el daño a los equipos que muchas veces se daban por el colapso de accesorios, desde la aplicación del método termo gráfico no tuvimos equipo importante deteriorado, pero se cambiaron mucho sus accesorios, esto redujo exponencialmente los costos de mantenimiento por reemplazo o reconstrucción de equipos.

En la misma línea de ideas, Pérez y otros (2013) explica que la ventaja de la termografía está en su capacidad es acompañada por la generación de pérdidas en forma de calor (I R) en la cinta semiconductora que actúa como un atenuador del campo eléctrico. La uniformidad del incremento de temperatura debida al calor resistivo se toma como parámetro para identificar posibles anomalías en el desempeño del recubrimiento semiconductor. En base a los resultados se muestra como zonas de alta temperatura pueden aparecer en la zona del empalme entre la cinta conductora y semiconductora indicando un funcionamiento incorrecto del sistema de atenuación de campo eléctrico.

Este antecedente añade que la temperatura y el comportamiento térmico de cualquier maquinaria es un factor crítico en el mantenimiento de un equipo. Así, la termografía se convierte en un método eficaz que se debe tomar en cuenta como

parte del mantenimiento predictivo. La medición de temperatura sin contacto, mediante el uso de sensores infrarrojos, ha llegado a ser una alternativa significativa frente a otro tipo de métodos convencionales. La termografía infrarroja es la ciencia de adquisición y análisis de la información térmica obtenida mediante los dispositivos de captura de imágenes térmicas a distancia, llamadas técnicamente termo gramas. La medición correcta de la temperatura es importante ya que dicha variable es fundamental, virtualmente, para cualquier situación y en todos los procesos, convirtiéndolo en un factor crítico que hay que tener bien vigilado.

Tipan (2011) explica el porqué de los resultados exitosos de la termografía pues reduce el consumo energético de las unidades tanto desde el punto de vista de la reducción de costes y la mejora de la competitividad, siendo sus ventajas: 1- Prevención de averías, pues las cámaras termo gráficas permiten obtener imágenes de la distribución de temperatura en equipos eléctricos y mecánicos. Estas cámaras de termografía infrarroja traducen, a través de complejos algoritmos, una imagen infrarroja en una imagen radiométrica que permite leer los valores de temperatura. Así se detectan por ejemplo elevadas temperaturas anómalas (recalentamientos del sistema) que son, en muchas ocasiones, la situación previa a costosos fallos en instalaciones eléctricas y mecánicas. Permite un mantenimiento preventivo más fiable. 2-Mayor rapidez y eficacia en la identificación de puntos calientes o problemas de circulación de corriente, 4-Evitar costosas pérdidas asociadas al fallo de un sistema o a incendios, y sobretodo, sin interrupciones en las unidades productivas, 5-Ayuda a optimizar el proceso productivo al evitar las pérdidas y reducir el consumo energético. 6-Contribuye a la extensión de la vida útil de los equipos.

V. CONCLUSIÓN

1. Se logró determinar la confiabilidad de las unidades Komatsu antes de la propuesta, alcanza un promedio de 47.55%, esto significa que no llega a la mitad del porcentaje si consideramos que para una producción regular debe superar el 50%, en ese sentido es necesario la implementación de la aplicación de cámara termografía para prevenir las fallas del sistema eléctrico (Ver Fig. 29)
2. Se desarrolló un sistema de prevención de fallas con el uso de termo cámara basado en la evolución de temperatura de los componentes, el mismo que permitió determinar con anticipación los componentes a fallar evitando el daño de los componentes principales.
3. Se pudo determinar la confiabilidad después de la implementación de la propuesta de aplicación obteniéndose un promedio confiable de 51.68%, en comparación al 47.55%, antes de la aplicación. Esto significa que la aplicación tiene una aceptación significativa. En conclusión, a mayor MTBF más confiable es el equipo.
4. Con respecto al impacto de la aplicación se tomó en cuenta la confiabilidad obtenida antes de la aplicación la cual es de 47.55% y luego de aplicarla se logra una confiabilidad de 51.68% tenemos un incremento significativo de 4.13% lo que representa en costos un indicador muy significativo para la organización.
5. Se validó económicamente la aplicación, en un horizonte de 3 años, encontrándose un TIR DE 45%, un VAN USD/. 499,663.38y una relación B/C = 5.55 con lo que queda demostrada la hipótesis de indagación.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de más equipos de medición infrarroja a fin de disminuir los tiempos de mantenimiento ya que a la actualidad algunas unidades deben esperar disponibilidad de la cámara termografía.

Se recomienda ampliar el programa de prevención de fallas de sistemas eléctrico a otros tipos de maquinaria e instalaciones eléctricas de potencia.

Se recomienda a la empresa ampliar el uso de termo cámaras a sus unidades de operación en otras regiones.

VIII. REFERENCIAS

ABARCA SIGCHO, Diego Fernando y IGLESIAS VASCO, Francisco Javier. 2012. *Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de termografía industrial en los motores eléctricos de la planta de EUROLIT en la empresa Tubasec C.A. Riobamba – Ecuador* : Tesis para Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para obtener el título de Ingeniero de Mantenimiento, 2012.

Cam Marquina, Santiago. 2013. *Diagnóstico de máquinas eléctricas mediante técnicas de termografía infrarroja.* Lima Perú : Tesis Universidad Nacional de ingeniería para optar el título de ingeniero mecánico eléctrico, 2013.

Chang, E. 2013. *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costo del servicio de alquiler.* Lima - Perú : Tesis Universidad Peruana de Ciencias, 2013.

GUANOLUISA CÁRDENAS, Leopoldo Darío . 2007. *Estudio de la termografía infrarroja para predecir fallas en las subestaciones de la Empresa Eléctrica Quito.* Quito : Tesis para título de Ingeniero eléctrico Universidad Politécnica Salesiana, 2007.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado , Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2003. *Metodología de la Indagación .* México : McGraw-Hill, 2003.

ISS. 2015. *Manual del usuario ThermoView™ T i30 Apéndice A - Referencias Técnicas.* Londres : Instrumentation Systems and Services, 2015.

KOMATSU . 2001. *MAINTENANCE EQUIPMENT BASICS.* Osaka - Japon : KOMATSU , 2001.

PÉREZ LARA , Carlos Alberto y ZAMORA SERRANO, Maribel. 2013. *Análisis del desempeño de recubrimientos semiconductores de bobina de 13.8 kv por medio de termografía infrarroja.* México : Tesis para optar el título de ingeniero electricista Instituto Politécnico Nacional Mexico, 2013.

TIPÁN CHINCHERO, César Augusto. 2011. *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para el equipo de subestaciones mediante el análisis estadístico de los datos de temperatura obtenidos de un estudio termo gráfico.* Quito : Tesis Escuela Politécnica Nacional para optar el título de Ingeniero Electrico, 2011.


URIBE SOLORZANO, Manuel Antonio. 2013. *impacto del mantenimiento basado en termografía en la reduccion de costos de mantenimiento en la unidad de Cuajone.* Arequipa - Perú : Tesis Universidad de San Agustín, 2013.

YOC DE LA CRUZ, Juan Pablo. 2006. *Mantenimiento predictivo en subestaciones de distribución de EEGSA utilizando termografía de rayos infrarrojos .* Guatemala : Tesis Universidad San Carlos de Guatemala para optar el título de Ingeniero Mecánico eléctrico, 2006.

ANEXOS

Anexo 1. Reportes de mantenimiento

Sub anexo 04-01 Informe Técnico 000-15 /01-04-2016 Falla a Tierra nivel 1 y 2 al pisar pedal retardo (Alternador Alta potencia)

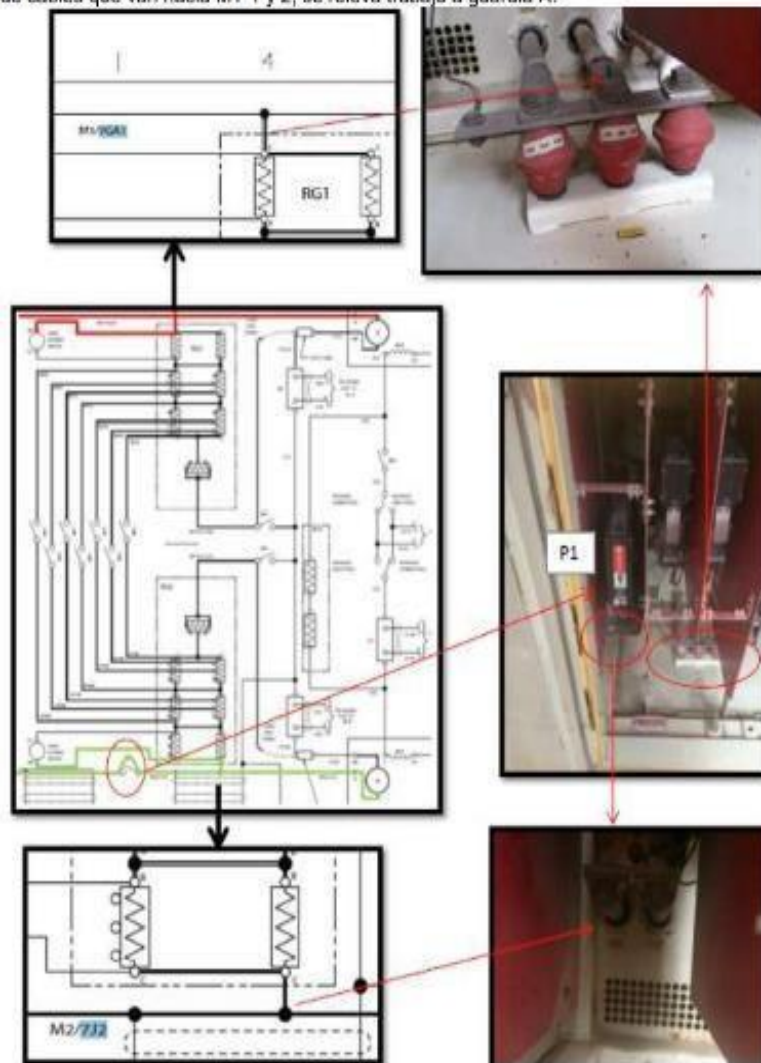
KOMATSU MITSUI		KOMATSU
Komatsu - Mitsui Maquinarias Perú S.A.		
INFORME TECNICO DE SERVICIO MINERIA 000-15		
Bayovar, 1 de abril del 2016		
PARA :	Ing. Jean Carlos Crippa	
ATENCION :	Julio Noel // Saul Ojeda // Alan Morales	
CC :	Adams Guinochio // Carlos Jibaja // Marco Rivera // Frank Tassara.	
DE :	Edinho Bello Ramos	
ASUNTO :	Falla a Tierra nivel 1 y 2 al pisar pedal retardo (Alternador Alta potencia)	
1. DATOS GENERALES.		
1.1	Nombre del Cliente	Cía. Minera Miski Mayo S.A.C
1.2	Contacto del Cliente	Ing. Orlando Rojas
1.3	Localización	Mina Bayóvar
1.4	Fecha de Falla	23/03/2016
1.5	Fecha de Inspección	24/03/2016
1.6	Fecha de Reparación	29/03/2016
1.7	Nombre del Técnico	Edinho Bello Ramos
1.8	Nombre de la parte Fallada	Falla a tierra nivel 1 y 2
1.9	Condición de la Parte Fallada	Al pisar pedal de retardo falla eléctrica 1 y 2.
2. DATOS DEL EQUIPO.		
2.1	Equipo	Camión Eléctrico
2.2	Modelo - Tipo	730E-7
2.3	Serie N°	A30599
2.4	Motor	K2000 (SSA16V159)
2.5	Serie del Motor	33179348
2.6	Fecha de Entrega	23/05/2010
2.7	Tipo de Combustible	Diesel
2.8	SMR	
3. ANTECEDENTES		
3.1	El camión Vk 13 ingresa al taller de renova el día miércoles 23 de abril de 2016 por correctivo de cambio pastillas de rueda delantera derecha y manguera de suministro del a válvula amplificadora.	
3.2	Jueves 24 de abril de 2016 la guardia A releva el camión VK13 en plataforma de pruebas con falla a tierra nivel 1 y 2.	
3.3	El camión VK 13 en los últimos 2 meses no presento fallas a tierra en operaciones mina (investigación realizada por Carlos Jibaja en reporte diario) y entro a taller sin problema alguno sobre este tipo de falla a tierra.	
4. FALLA O AVERIA		
4.1	La falla a tierra nivel 1 y 2 no se da en propulsión, se realizó una prueba con carga de estéril en rampa ascendente sin presentar problemas.	
4.2	El equipo sin carga y al pisar el freno retardo falla nivel 1 y 2.	
Calle Deán Valdivia 148 San Isidro, Lima - Perú		Teléfono: (51-1) 615-8400 - Fax: (51-1) 615-8410



- 4.3 Al equipo se le realiza caja de carga sin manifestarse la falla solo llegando hasta 70 mA como máximo sin llegar al mínimo permisible de falla a tierra siendo nivel 1 con 144 mA.
- 4.4 El equipo estacionado con freno de parqueo y traba acoplados, se realiza la maniobra de retardo y función de Contactores automático, se presenta la falla a tierra nivel 1 y 2 bloqueando al equipo su salida a propulsión.

5. SERVICIO REALIZADO

- 5.1 Jueves 24 marzo; Trabajo realizado en plataforma de prueba, desconexión de caja de parillas en los puntos + y -, inspección de cables de caja de parrillas, desconexión de blower 1 y 2, prueba en marcha, desconexión de RP1 Y RP2 prueba en marcha, inspección de shunt 1 y 2, inspección de cables que van hacia MT 1 y 2, se releva trabajo a guardia A.



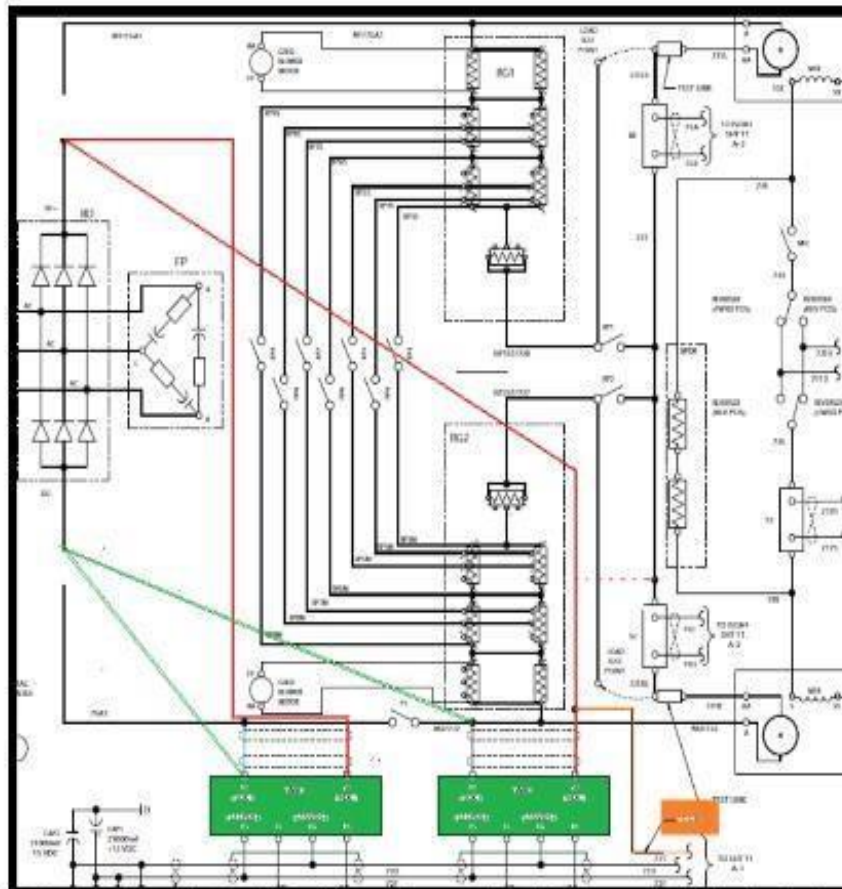
Desconexión de caja de parrillas



5.2 Viernes 25 marzo: Trabajo realizado en bahía taller 6. Inspección de cables control y prueba del sistema falla a tierra GRR y GIFP, inspección de Backpley, Desconexión y traslado de MT1 y MT2 y prueba dinámica en movimiento pisando pedal retardo falla con los 2 MT, prueba de condensadores y resistores y desconexión de PF panel filter, se releva trabajo de prueba a guardia B.



5.3 Sábado 26 marzo; conexión de blowers 1 y 2, conexión de cables + y -, RP1y RP2, inspección de contactores de caja de retardo RP3... RP9, Inspección de cables de alta potencia cable por cable es megado sin fuga de corriente, inspección y prueba megado de cables + y - que llegan al estator de los MT1 y MT2 de MFSE, desconexión de los dos cables + y - a la salida de caja de diodos alta potencia y conexión de cables de control y prueba del VMM1 al -, VMM2 al +, GRR al +(como se aprecia en la imagen inferior) se realiza la prueba estática de retardo y accionamiento automático de contactores fallando nivel 1 y 2 llegando a 450 mA (Nota: esta prueba se realizó conectado el panel filter los tres puntos de las fases T1, T2y T3)



Conexión de cables de testeo de tensión negativa y positivo y GRR (se separa todo el conjunto de propulsión y retardo eléctrico al colocar en la salida de positivo y negativo en la salida de caja de diodos de alta potencia)

5.4 Domingo 27 marzo; se conecta cables de alta potencia para realizar prueba de caja de carga sin falla a tierra, se desconecta el T13, T14, T15 y T16 (terciarios de AFSE y MFSE) se realiza el megado ; Se desconecta cables T1, T2 y T3 (cables trifásicos de alta potencia) se realiza megado con bajo valor de ohmiaje 57 k ohmios siendo el mínimo permisible de 5M ohmios, se realiza limpieza con alcohol isopropilico y limpieza a presión con caña de sopleteo, se alista para realizar la caja de carga, se releva trabajo a guardia A calentar alternador con iluminarias para quitar humedad.

Manual Load Box Test - Reply

Trk ID: 00013

Normal Operation Adjusted for Load Box Testing

Park Brake must be OFF -- Service Brake can be ON

ENGCHD 1900 rpm	REQUEST 1793	ALT-RHP 1637 HP	LBOX-EFF 0.9462	ELEC-HP 1548 HP
ENGSPD 1866 rpm	FEEDBK 1792	ALT-NKW 1221 KW		ELEC-KW 1155 KW
ALT-V 1250 V	M1-I 921 A	AF-I 193 A	AF-CMD -0.8	
M2-V 618 V	M2-I 924 A	MF-I 247 A	MF-CMD 0.0	

Monitor Real Time Data - Replay

Trk ID: 00013 mar16 17:46:54 accelerate

Engine Sensor Data				Power Supplies			
COOL-PRES	COOL-TEMP	CRANK-PRES	OIL-PRES	BATT VDC	POS 15V	NEG 15V	POT REF
0,0 PSI	0 C	0,0 "H2O	0,0 PSI	26,6 V	15,0 V	-15,0 V	9,5

Analog Values									
GFAULT	MF-I	M1-I	ENGCHD	AF-CMD	REQUEST	RSC-NPH	M1-SPD	M1DEG	
20,6 ma	247 A	921 A	1900 rpm	-0,0	1797	23,9 mph	0,0 mph	32 C	
ALT-NRP	ALT-V	M2-I	ENGSPU	MP-CMD	FERRBK	RPINHI	M2-SPD	M2DEG	
1637 HP	1250 V	924 A	1866 rpm	1,9	1792	0,0 %	0,0 mph	50 C	

Digital Inputs									
AS	DOS	DBUP	DOLESW	FAILDIODE	FORIN	DS10K	KEYSW	OVERPAYLD	
RS	RSC	LDWT	ACCINH	SRVBRKPSW	REVIN	BLOWP	CPSEFB	PARKBRKSW	
P1FB	R1FB	RP1FB	R1FD	RP4FB	RP6FB	RP8FB	TRKCTD	ENGSERV	
P2FB	R2FB	RP2FB	RP3FB	RP5FB	RP7FB	RP9FB	REVF8	ENGSDWN	

Digital Outputs									
P1/P11	RF	RF	RP1/RP11	RP4	RP6	RP8	FOR		
P2	RR		RP2/RP22	RP3	RP5	RP7	REV		
NORETARD	AFSE	TS	RETARD	CHNL	FD1DDE LT	SYSFAULT	PRKBRKOFF	ENGSRV LT	
	MFSE	LIS	OVRSPD	BLOWFAULT	GRDFULT	SPEEDEVNT	HTR-TEMP	ENGSDN-LT	





Bajo aislamiento de los cables trifásico T1, T2 y T3.

Electrical Testing:	Min.	Max.
Rotor Field Coil Impedance (per coil) (volts at 15 amps 60 Hz a-c)	17.0	18.6
Stator Resistance at 25° C (ohms), Phase-to-Phase	0.0110	0.0125
Rotor Resistance at 25° C (ohms)	0.195	0.210
Tertiary Resistance at 25° C (ohms):		
T13 – T14	0.0155	0.0203
T15 – T16	0.0155	0.0203
T17 – T18 (Models B, C & D1 Only)	0.0058	0.0061
Alternator Running Test (1875 rpm and 85 amps d-c to field to hold 1000 v phase-to-phase) (volts):		
T13 – T14		192–203
T15 – T16		275–292
T17 – T18 (Models B, C & D1 Only)		139–147
High-Potential (60 cycles a-c for one minute) (volts):	New	Recond.
Stator:		
Main Winding to Frame	4500	2750
Tertiary Windings	2500	1750
Rotor Winding to Shaft	1750	1500
Balance Maximum Imbalance (Gram In.)		115

NOTE: Ground all windings except the winding being tested.

Megohmmeter 5 Megohms Min.

Approximate Weights (lb.):

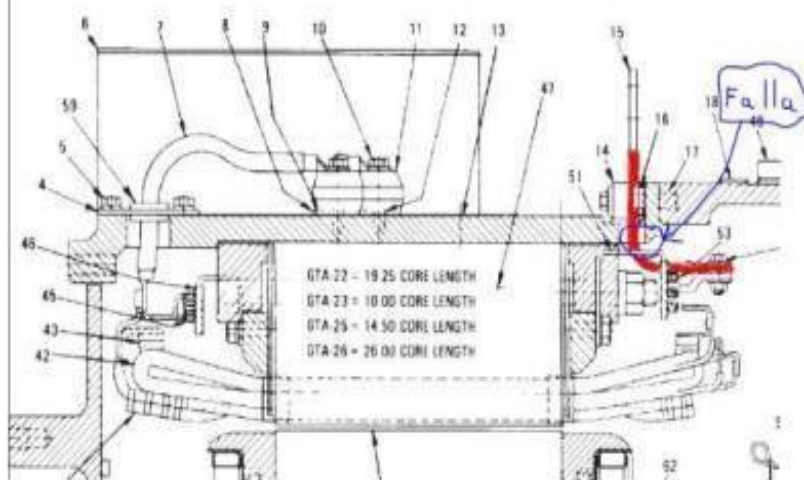
Rotor	2850
Stator	5050
Alternator Complete	7900



5.5 Lunes 28 marzo; Llegada de PSG, al equipo se le somete a caja de carga llegando a 1350 v y 40 mA, fuga a tierra, calibración de CPU 144, cambio y prueba de tarjeta 140 analógica, sopleteo de alternador con aire a alta presión, inspección con boroscopio.



5.6 Martes 29 marzo; Megado de alternador de cables monofásicos y trifásicos visualizados por jefes de servicio y PSG que los cales trifásicos presentan bajo aislamiento, se comprueba con un multímetro colocando a maza y T3 llegando a 223 ohmios siendo muy bajo se realiza las consultas por posible cambio de alternador (esto implica prácticamente sacar el módulo de potencia y desmontarlo fuera el alternador), se **realiza última prueba**, se coloca el multímetro en los cables T1, T2 y T3 con respecto a maza y se procede a realizar movimientos de tracción, flexión, movimientos bruscos percibiéndose en T1 un cambio y aumento en aislamiento hasta llegar a OL, procediéndose inmediatamente a desmontar el conjunto trifásico clamp assembly donde se encuentra el corto circuito que origina la falla a tierra nivel 1 y 2, se procede a reparar y luego se mega elevando el aislamiento, se realiza caja de carga al equipo sin elevarse la falla tierra quedando en 0.7 mA.; Se le da operatividad al camión.





REF.	DESCRIPTION	REF.	DESCRIPTION
13	STATOR FRAME	17	SPRING DOWEL PIN
14	CLAMP ASSEMBLY	18	COVER
15	TERMINAL	19	FRAMEHEAD
16	BOLT AND WASHER	20	FIRST STAGE (INNER) FAN HOUSING





Después de la corrección el megado llega 4.2G ohmios.

Monitor Real Time Data - Replay

Trk ID: 00013 29mar16 16:12:28 retard speed ctrl

Engine Sensor Data				Power Supplies			
COOL-PRES	COOL-TEMP	CRANK-PRES	OIL-PRES	BATT VDC	POS 15V	NFG 15V	POT REF
0,0 PSI	0 C	0,0 "H2O	0,0 PSI	24,2 V	15,0 V	-15,0 V	9,5

Analog Values							
GFAULT	MF-I	M1-I	ENGCHD	AF-CHD	REOUEST	RSC-MPH	M1-SPD
0,5 ma	-126 A	-690 A	1250 rpm	-3,2	869	22,9 mph	7,2 mph
ALT-NHP	ALT-V	M2-I	ENGSPD	MF-CHD	FEEDBK	RPTINH	M2-SPD
269 HP	1320 V	-689 A	1382 rpm	6,6	697	95,1 %	7,1 mph

Digital Inputs							
AS	DOS	DRUP	DLESW	F-ALTDIODE	FORIN	DSTORE	KEYSW
RS	RSC	EDMT	ACCHH	SRVBRKPSW	RVTIR	BLOWP	CPSPB
P1FB	GFFB	RP1FB	MFFB	RP4FB	RP6FB	RP8FB	FORFB
P2FB	G2FB	RP2FB	RP3FB	RP5FB	RP7FB	RP9FB	RUF8

Digital Outputs							
P1/P11	GF	RF	RP1/RP11	RP4	RP6	RP8	FOR
P2	GER		RP2/RP22	RP3	RP5	RP7	RP9
NDRETARD	AFSE	TS	RETARD	CPRC	FOLODE-LT	SYSFAULT	PRKBRKOFF
	HFSE	LLS	OVRSPD	BLOWFAULT	GRDFULT	SPEEDEVNT	NTR-TEMP



6. CONCLUSIONES:

6.1 Tener en consideración que al someter a un circuito eléctrico de alta potencia a tensiones que oscila de 200v a 1300 v AC y este circuito este cerrado por P1 ya sea por los MT1 y MT2, o parrillas en (caso de caja de carga) la fuga de corriente es pequeña solo llegando a 28 mA esto siendo mucho inferior que toma en consideración statex como falla nivel 1 siendo este de 144 mA no se producirá Falla y solo se producirá cuando P1 es desconectado la tención eléctrica es elevada 600v 1300v se **produce la condición física llamada TENCION DE RUPTURA ó RUPTURA DIALECTRICA** en la cual la alta tención genera un arco eléctrico hacia maza a la cual llamamos fuga de corriente o Falla a tierra que el sistema de monitoreo statex lo detecta llevando de nivel 1 a nivel 2 falla eléctrica.

6.2 Se concluye que una forma práctica de saber si la falla a tierra está en el circuito de propulsión o retardo después de haber separado o aislado los cables eléctricos de la caja de parrilla, es colocando freno de parqueo y trava, colocando la palanca de retroceso y pisando el pedal de retado, al hacer esta maniobra y sale falla eléctrica a tierra revisar los trifásicos T1,T2y T3 además revisar los cables del panel filter pues estos trasladan tención alterna hasta el panel filter y revisar el panel filter por algún condensador este fugando a tierra.

7. RECOMENDACIONES:

- 7.1 Al usar el megometro no coger las pinzas de prueba en pleno testeo pues podrías sufrir algún shock eléctrico.
- 7.2 Realizar observaciones antes y después del proceso.
- 7.3 Pautas a tener en cuenta, con la finalidad de evitar fallas en el proceso.
- 7.4 Verificación de los puntos a inspeccionar en el mantenimiento, evaluaciones durante el proceso.

8. REPUESTOS:

ITEM	N° Parte	Descripción	Cantidad
1	Sin numero	Cinta vulcanizaste	01

Bayovar, 29 de abril de 2015

PARA: Carlos Valer

CC: Jorge De la Cruz

DE: Eduardo Asencios

ASUNTO: AMAGO DE INCENDIO EN EL CAMION K09

1. DATOS GENERALES

1.1	Nombre del Cliente	Cia. Minera Misky Mayo S.A.C
1.2	Contacto del Cliente	Ing. Benito Ayque
1.3	Localización	Mina Bayovar
1.4	Fecha de Parada	29/04/2015
1.5	Fecha de Inspección	29/04/2015
1.6	Fecha de Reparación	01/05/2015
1.7	Nombre del Técnico	---
1.8	Nombre de la parte Fallada	C. de Alimentación del Blower
1.9	Condición de la Parte	Quemado
1.10	Horas de la parte Fallada	34622
1.11	Presupuesto	---

2. DATOS DEL EQUIPO

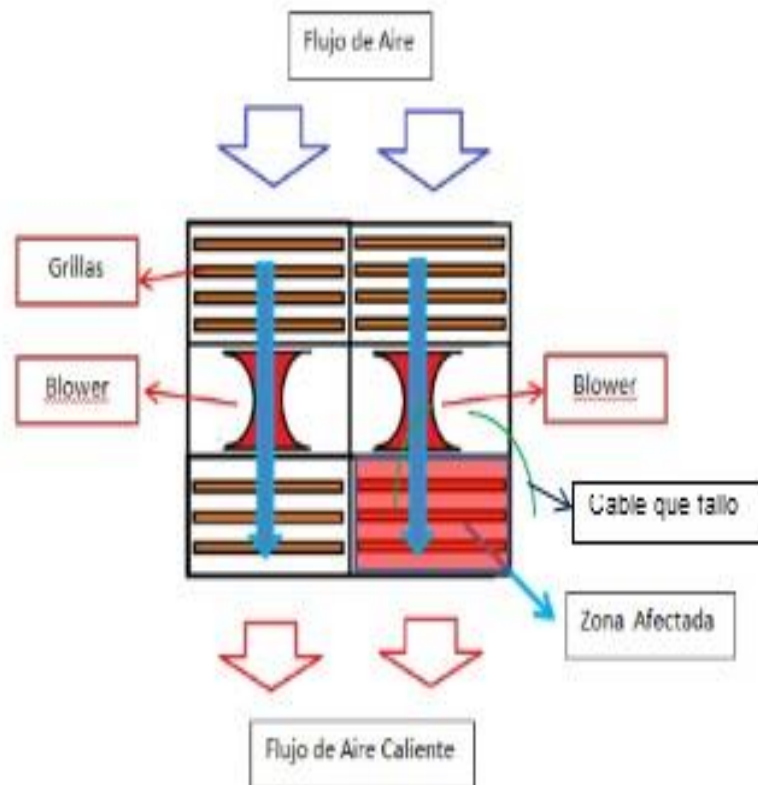
2.1	Equipo	CAMION
2.2	Modelo – Tipo	730E, #19
2.3	Serie N°	A30592
2.4	Modelo de Motor	K2000
2.5	Serie del Motor	33178959
2.8	Fecha de Entrega	25/04/2010
2.9	Tipo de Combustible	Diésel
2.10	SMR	346022 Hrs

3. DATOS DEL LUGAR Y DEL TIPO DE TRABAJO

3.1	Aplicación	Mina de Fosfatos
3.2	Material	Fosfatos
3.3	Densidad	---
3.4	Condición del Terreno	Arena
3.5	Altitud (msnm):	30
3.6	Temperatura Min. (°C):	20 °C
3.7	Temperatura Max (°C):	40 °C
3.8	Severidad del Trabajo	Moderado
3.9	Operación	Carguío

4. INFORMACION GENERAL

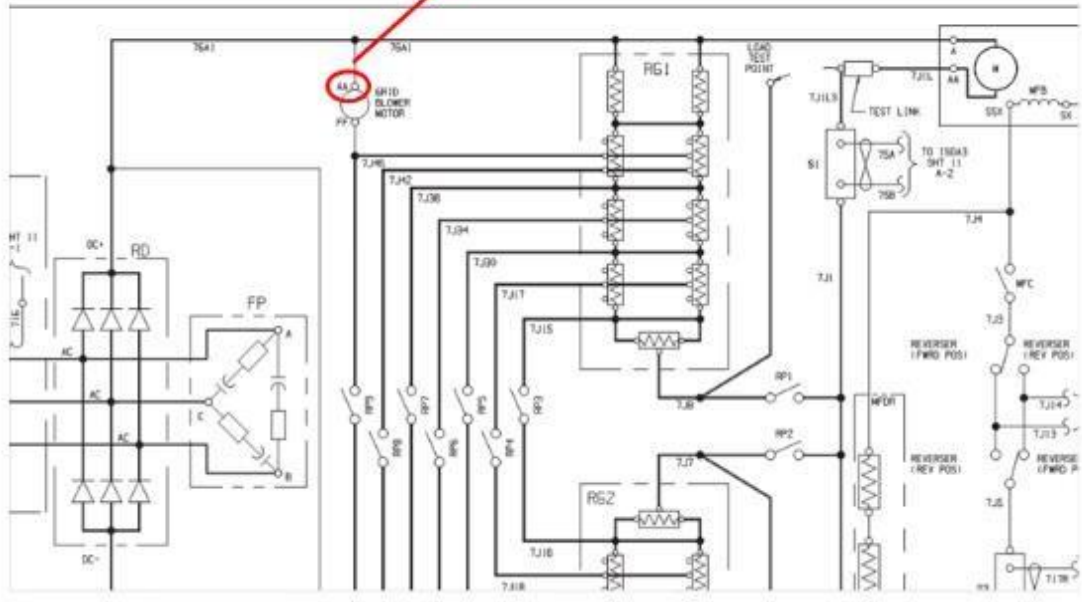
La energía eléctrica creada por los motores por los motores de tracción durante el retardo, son consumidas por las Grillas/Parrillas en forma de energía calorífica los cuales son removidos por los sopladores. En el figura 01 se muestra el disposición esquemática de los componentes y del flujo de aire.



La falla de uno cables ocasionó que blower RH dejara de trabajar y por consiguiente el banco de grillas RH se quedó sin la ventilación forzada, solo con la ventilación forzada como producto del movimiento del camión. Este suceso ocasionó el recalentamiento del conjunto de grillas RH posterior, lo cual ocasionó que el protector de la grilla se quemara.

5. IDENTIFICACIÓN DE LA PARTE FALLADA

Componente: Cable de alimentación al blower RH
Número de Parte: -----



6. ANTECEDENTES

- El día 15 de abril de 2013, se cambia el blower RH, por falla a tierra (código 01).
- El día 18 de marzo de 2014, se cambia el blower RH, por falla flashover (código 01).
- El día 29 de abril de 2015, se produjo la falla del blower RH del camión TH09. Esta falla ocasionó un amago de incendio en la cubierta de panel filter LH.

7. OBSERVACIONES

7.1 Observaciones Visuales

La figura 2 muestra las características de como quedo el cable y su terminal. Como se observar que el cable y terminal se encuentran fundidos.



Figura 3 Estado del conjunto Cable y Terminal de alimentación al Blower RH

En figura 3 se muestra el estado en que se encontró los conectores del blower LH. Como se muestra en la fotografía los conectores y el cable no presentan problemas de recalentamiento.

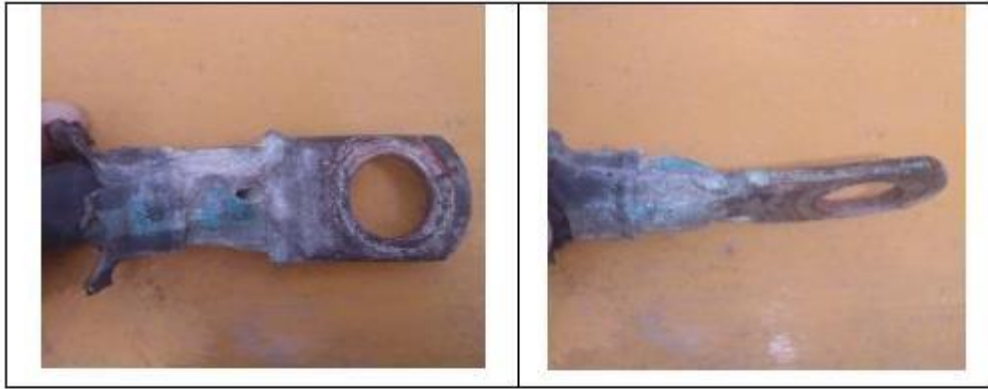


Figura 4 Desmontaje del primer disco de freno

En la figura 4 se muestra el estado en el cual se encontró los conectores del blower RH. Como se muestra en la fotografía uno de los conectores presenta problemas de recalentamiento en límite del empalme.

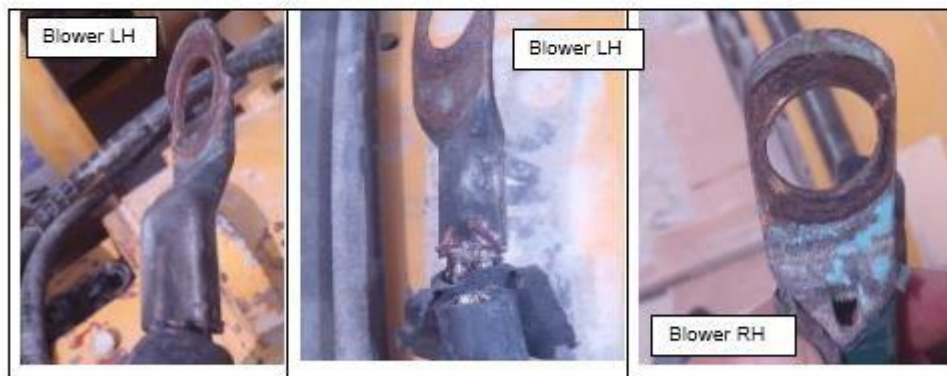
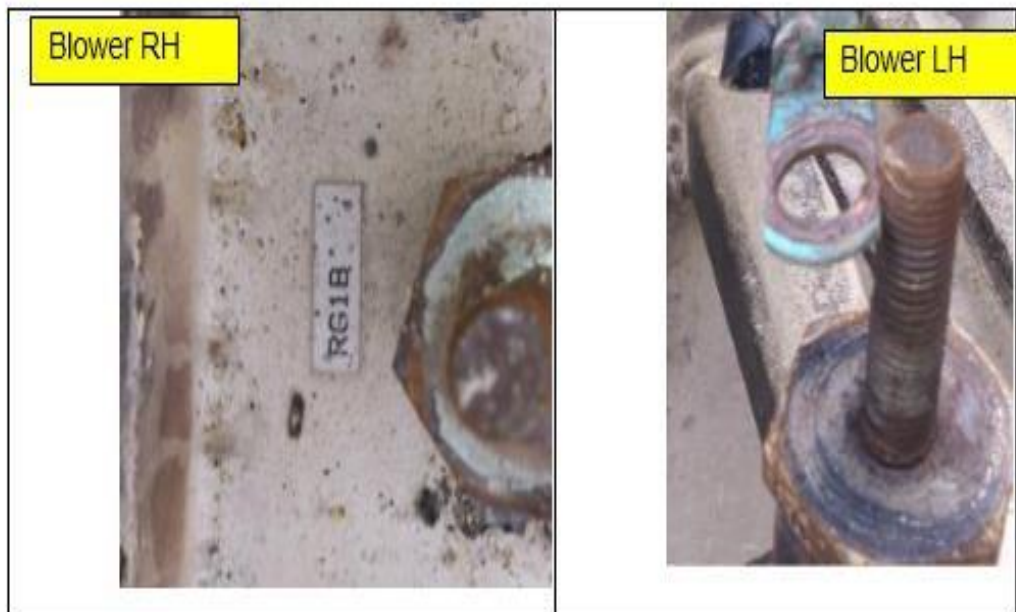


Figura 5 Estado de los terminales y empalmes de los cables del blower LH y RH

En la figura 04, podemos observar que los postes no presentan problemas de recalentamiento.



7.2 Códigos de Falla de Statex

El Statex III no registro códigos de falla; código de falla 01(falla a tierra baja) o código 02 (falla a tierra alta) por lo cual el equipo continuo trabajando después de la falla.

EVENT SUMMARY SCREEN - Replay

00009 29apr15 01:19:49

NUMBER OF EVENTS: 25 Select Event # for details, EV#:

Inde...	Eve...	SubID	Event Desc.	SubID Desc.	Date	Time	# Fr...	RPT	VAL1	VAL2
1	69	3	HORSEPOWER LO...	while in ACCEL :	26apr 15	01:20:09.70	51	433	25.00...	1630....
2	60	5	RPx BOUNCE:	RPS :	27apr 15	14:03:42.62	51	195	0.0	4.0
3	60	5	RPx BOUNCE:	RPS :	27apr 15	14:04:38.54	51	195	0.0	4.0
4	46	3	M1 OVERCURR:	while in ACCEL :	27apr 15	14:04:38.70	51	433	0.108	-3500.0
5	63	2	BLOWER PRESSURE:	BAD SENSOR :	27apr 15	15:58:47.31	1	413	100.0	15.0
6	63	2	BLOWER PRESSURE:	BAD SENSOR :	28apr 15	03:18:51.94	1	413	100.0	15.0
7	80	0	ENG SPD RETARD:	no sub desc :	28apr 15	03:37:50.72	51	413	1100.0	1.008...
8	63	2	BLOWER PRESSURE:	BAD SENSOR :	28apr 15	04:20:56.93	1	413	100.0	15.0
9	79	0	ENG SHUTDOWN:	no sub desc :	28apr 15	14:21:29.90	51	433	0.108	0.1
10	63	2	BLOWER PRESSURE:	BAD SENSOR :	28apr 15	14:21:51.94	1	413	100.0	15.0
11	63	2	BLOWER PRESSURE:	BAD SENSOR :	28apr 15	14:23:04.87	1	413	100.0	15.0
12	63	2	BLOWER PRESSURE:	BAD SENSOR :	28apr 15	14:23:37.81	1	413	100.0	15.0
13	63	2	BLOWER PRESSURE:	BAD SENSOR :	28apr 15	14:27:14.06	1	413	100.0	15.0
14	69	3	HORSEPOWER LO...	while in ACCEL :	28apr 15	21:03:14.07	1	433	25.00...	1518....
15	69	3	HORSEPOWER LO...	while in ACCEL :	28apr 15	21:46:16.20	1	433	25.00...	1543....
16	69	3	HORSEPOWER LO...	while in ACCEL :	28apr 15	22:50:51.20	1	433	25.00...	1510....
17	69	3	HORSEPOWER LO...	while in ACCEL :	28apr 15	23:19:42.53	1	433	25.00...	1547....

Figura 7 Listado de códigos de falla

8. CONCLUSIONES GENERALES

- La fundición del cable y su terminal de blower RH, se dio como resulta de un proceso de recalentamiento, como consecuencia de la resistencia al paso de la corriente por este conductor.
- La resistencia al paso de la corriente fue ocasionado por perdida de la sección de conducción de la corriente. Esto como consecuencia de la falla estructural del empalme.
- La falla estructural del empalme, fue debido a una falla por fatiga iniciado en un punto de concentración de esfuerzo y por la vibración del conjunto de la caja de parrilla.
- La falla del cable de alimentación del blower, ocasionó que soplador dejara de trabajar, y que las parrillas no tuvieran un sistema de refrigeración.
- La falta de refrigeración de las parrillas ocasionó el recalentamiento de los mismos lo cual ocasionó que el protector se quemara.
- Por los indicios encontrados en discos de freno podemos inferir que la falla siguió el siguiente proceso: Falla por fatiga del conector – Perdida de área de la sección del conductor – Falla por recalentamiento del conector, Falla de la función del cable.

9. CAUSA RAIZ

Falla por fatiga del conector del cable de alimentación del blower.

7.2. Códigos de Falla de Statex

10. RECOMENDACIONES

- Cumplir con las pautas de mantenimiento.
- Majorar la ruta de inspecciones de los PMs y Pre PMs
- Mejorar la supervisión en los Pre PMs y PMs.

11. PLAN DE ACCION

Acciones Preventivas

Tarea a Realizar	Cuando?	Quién?
Incluir en el check list de PM la inspección de los cables de los blower.	30/05/2015	Fernando Puente
Incluir en la ruta de las inspecciones los cables de alimentación de los blowers	30/05/2015	Fernando Puente
Diseñar la ruta de inspecciones de Mantenimiento Predictivo para la flota de camiones, con cámara termográfica e incluir el conjunto de la caja de parrillas.	30/05/2015	Eduardo Asencios

Acciones Correctivas.

Tarea a Realizar	Cuando?	Quién?
Cambio de Blower RH y Parrillas	Ejecutado	Julio Noel

Anexo 3. Determinar la confiabilidad del sistema eléctrico de unidades Komatsu 730E (3.2)

Tabla 14 Historico de la disponibilidad en el año 2017 unidades Komatsu antes de la aplicación

Disp. Física	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Promedio
HT01	90.4	93.5	86.7	93.8	79.7	82.8	64.5	68.8	79.1	88.3	73.1	85.7	82.2
HT02	86.9	86.5	99.0	87.0	52.9	68.4	81.2	88.2	85.8	86.1	87.1	90.5	83.3
HT03	90.2	75.1	77.0	80.2	93.2	93.2	90.3	92.3	89.3	87.0	82.4	67.6	84.8
HT04	91.2	92.7	94.0	93.7	86.5	92.5	94.4	89.0	86.1	85.2	91.7	93.9	90.9
HT05	93.8	93.2	91.3	92.5	84.7	78.4	89.2	90.6	87.6	80.1	85.2	86.1	87.7
HT06	91.3	95.1	89.4	90.0	56.9	79.6	89.2	95.4	90.6	85.0	87.6	82.1	86.0
HT07	84.2	90.7	99.6	81.8	72.5	86.8	88.4	87.5	89.1	86.0	88.7	84.1	86.6
HT08	66.5	94.5	79.8	78.1	89.6	90.6	84.3	92.7	89.8	87.3	92.8	81.8	85.7
HT09	84.6	91.0	91.9	91.3	78.9	89.6	89.1	89.4	80.4	65.6	74.6	86.8	84.4
HT10	89.7	94.1	98.3	78.8	92.3	87.7	73.2	85.1	89.7	91.1	86.9	85.2	87.7
HT11	81.6	28.3	89.0	81.5	90.3	82.8	84.2	90.3	88.0	53.8	31.5	84.8	73.8
HT12	87.9	92.7	87.7	84.0	86.5	90.9	85.5	86.3	63.8	89.9	85.1	91.6	86.0
HT13	69.3	86.7	92.7	84.9	87.2	94.0	92.7	91.7	81.3	83.9	84.7	85.6	86.2
HT14	89.7	93.5	92.3	90.4	93.9	91.8	85.1	87.6	89.8	94.2	93.4	87.1	90.7
HT15	83.2	53.4	87.5	40.6	57.2	89.5	74.1	60.7	76.3	88.2	91.8	89.7	74.3
HT16	87.4	61.9	93.9	89.5	88.2	86.1	92.6	89.4	82.5	93.7	92.3	91.6	87.4
HT17	78.4	91.4	97.2	78.6	91.4	69.0	94.5	92.7	85.7	89.2	90.6	66.6	85.4
HT18	91.8	92.4	89.9	94.3	82.2	73.1	94.0	93.7	84.7	92.3	83.1	66.7	86.5
HT19	86.0	90.3	99.0	88.9	95.5	93.0	86.0	82.8	95.2	93.6	94.5	87.0	91.0
HT20	88.5	78.7	90.1	93.4	93.8	93.9	93.6	97.3	82.1	90.5	80.5	90.3	89.4
Promedio	85.6	83.8	91.3	84.7	82.7	85.7	86.3	87.6	84.8	85.6	83.9	84.2	85.5

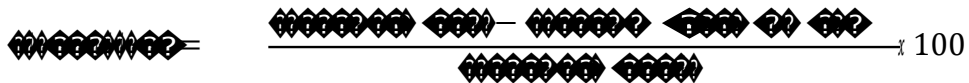


Tabla 15.

MTBF	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Promedio
HT01	65.1	29.8	36.1	35.6	28.6	24.6	19.6	20.8	17.3	27.6	17.0	25.2	25.4
HT02	31.3	20.2	40.6	18.6	6.5	11.6	22.1	20.7	22.9	28.9	21.6	50.6	19.9
HT03	58.4	33.4	12.2	21.4	45.0	34.5	26.9	49.4	58.0	52.5	66.3	32.3	38.4
HT04	28.2	35.4	29.2	28.8	23.0	33.2	35.4	29.4	50.8	34.8	30.8	29.7	31.5
HT05	65.8	45.0	28.1	21.4	33.3	18.2	42.0	32.0	34.9	33.3	17.9	28.8	29.9
HT06	38.6	86.5	131.8	42.8	19.5	30.0	36.4	63.3	32.7	30.4	27.1	41.0	36.3
HT07	52.4	60.2	54.5	34.1	39.8	37.3	28.0	39.7	27.5	26.3	81.4	37.2	37.6
HT08	33.0	25.6	10.5	34.9	39.9	29.8	27.2	40.3	24.4	28.2	38.8	61.5	31.8
HT09	44.6	39.4	8.1	27.1	24.4	26.4	27.0	36.9	25.2	52.3	25.7	34.0	29.1
HT10	30.6	38.8	14.5	18.7	36.3	38.6	31.5	21.3	25.7	34.5	33.3	36.6	29.5
HT11	34.4	12.8	15.3	25.0	59.5	28.8	23.1	54.6	26.6	39.6	7.5	21.5	26.2
HT12	24.6	26.9	6.3	26.2	26.1	29.9	31.6	21.1	10.9	35.8	24.5	32.3	24.0
HT13	28.1	56.6	29.0	15.9	25.4	75.8	49.9	89.8	35.6	55.2	20.3	80.7	37.3
HT14	35.9	134.9	23.4	41.9	48.1	33.5	34.0	31.0	117.7	79.7	87.7	33.3	45.7
HT15	15.9	17.8	12.2	12.8	32.0	31.1	32.3	16.1	23.5	40.5	59.0	54.3	26.4
HT16	26.6	18.1	14.2	22.8	27.1	22.2	61.5	30.4	32.1	50.9	45.6	36.4	30.3
HT17	30.9	35.5	79.2	25.4	50.3	13.9	52.7	62.4	32.4	113.5	65.3	48.6	39.3
HT18	54.7	27.5	20.6	45.8	34.1	39.9	58.5	38.1	38.8	41.8	34.3	56.6	40.2
HT19	34.1	38.4	61.0	55.6	80.7	76.7	38.5	36.5	89.2	31.8	68.0	62.6	49.8
HT20	36.8	85.5	38.4	34.0	126.7	68.5	130.3	73.2	35.4	47.2	19.5	56.1	48.6
Promedio	34.5	33.6	20.4	27.2	31.2	29.3	34.4	34.1	30.4	38.8	30.6	38.3	32.3

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n 1} = \frac{118011,9}{3655} = 32,3$$

Tabla 16

MTTR	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Promedio
HT01	2.3	1.3	1.5	3.2	5.1	2.1	4.9	1.9	2.2	2.9	2.3	1.9	2.7
HT02	1.9	3.8	1.5	2.4	4.2	5.1	3.6	2.2	1.8	2.1	1.4	2.2	3.1
HT03	2.6	2.6	2.8	4.5	1.4	1.5	1.9	2.5	1.8	1.1	2.0	14.0	3.3
HT04	2.1	2.0	4.1	1.7	1.6	1.2	1.0	2.6	2.0	1.7	1.8	1.2	1.8
HT05	2.1	2.7	3.0	3.1	1.6	2.3	1.3	1.1	3.2	1.7	2.8	3.5	2.4
HT06	3.1	2.0	2.3	2.7	16.7	7.5	1.7	1.2	2.0	2.9	3.3	2.8	4.7
HT07	8.8	3.2	1.0	9.6	11.1	3.0	1.5	3.4	1.6	3.2	1.3	4.6	4.2
HT08	1.3	1.9	5.3	8.4	1.4	1.9	3.4	1.7	1.4	2.8	1.3	1.1	2.4
HT09	3.0	2.2	1.9	1.9	1.2	1.4	1.8	2.6	1.4	7.5	4.8	2.4	2.4
HT10	2.9	1.4	1.2	5.5	1.5	1.7	12.5	2.8	1.7	1.6	4.0	3.4	3.4
HT11	5.8	15.9	3.5	6.1	2.4	3.1	3.1	3.3	2.0	1.9	13.5	2.9	5.4
HT12	4.1	1.8	3.0	7.6	2.4	2.0	3.5	1.3	3.5	1.6	1.8	1.7	2.8
HT13	1.7	4.8	2.6	3.5	2.2	1.1	1.3	1.3	6.4	1.1	2.7	0.8	2.7
HT14	2.5	3.2	5.7	2.2	3.0	1.4	2.1	2.8	1.0	2.0	1.7	2.1	2.3
HT15	2.1	13.6	2.6	2.5	1.7	1.6	5.9	8.2	2.1	1.8	2.6	2.5	4.1
HT16	1.9	10.3	2.0	2.4	2.4	2.2	1.9	1.8	2.0	1.4	1.3	1.8	2.7
HT17	3.7	2.3	0.7	10.3	2.4	6.5	1.2	2.0	3.9	4.4	4.4	27.5	5.9
HT18	1.4	2.3	2.7	1.1	2.6	1.9	1.4	1.6	3.0	1.4	5.3	27.5	3.7
HT19	3.0	2.2	2.5	3.6	1.1	2.4	2.1	3.5	1.1	1.9	1.1	2.2	2.3
HT20	2.0	0.8	1.3	2.0	0.9	1.5	3.4	0.5	7.1	2.7	4.2	2.7	3.0
Promedio	2.8	4.6	2.7	4.2	3.5	2.9	3.0	2.6	2.6	2.3	3.5	4.4	3.2

$$\frac{11796.7}{3655} = 3.22$$

Tabla 17

Hrs Oper	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Total
HT01	585.7	387.0	144.5	462.5	514.9	542.0	430.6	458.2	484.7	579.5	460.3	555.5	5,605.4
HT02	563.1	383.7	203.0	373.0	339.3	439.4	529.9	580.5	548.4	550.0	541.2	606.7	5,658.3
HT03	583.9	300.8	110.0	385.1	629.8	621.8	617.9	642.6	580.4	577.1	530.5	452.0	6,031.9
HT04	536.2	389.5	145.8	432.5	551.7	596.8	637.5	588.3	559.1	556.8	585.9	623.3	6,203.4
HT05	592.1	404.6	140.3	363.5	565.7	509.8	587.7	608.8	557.9	532.3	536.5	575.1	5,974.3
HT06	578.7	432.7	131.8	428.0	370.9	510.2	618.6	633.3	588.6	547.4	542.2	533.0	5,915.3
HT07	524.2	361.1	163.6	375.4	477.2	559.5	587.8	594.9	577.1	552.6	570.0	558.1	5,901.6
HT08	429.0	409.6	94.8	348.7	599.2	596.0	572.0	603.9	536.7	564.6	582.1	553.7	5,890.3
HT09	534.6	393.7	121.7	379.4	512.9	579.9	567.5	591.1	504.8	418.7	463.5	578.6	5,646.5
HT10	580.5	388.2	130.6	374.9	617.3	579.6	504.0	575.6	565.1	585.8	533.3	549.3	5,984.1
HT11	550.1	154.1	153.0	399.8	595.0	546.6	576.8	600.6	558.9	356.4	188.6	560.0	5,239.9
HT12	541.5	376.9	93.8	393.5	574.3	598.6	569.3	547.4	348.0	608.8	537.9	614.4	5,804.5
HT13	421.3	339.3	145.0	381.4	558.8	606.4	649.1	628.9	533.8	551.5	548.4	565.0	5,929.0
HT14	573.9	404.6	140.1	419.0	624.8	602.5	578.0	557.7	588.3	637.8	614.0	566.7	6,307.3
HT15	524.4	285.2	134.0	114.9	384.3	590.7	517.2	401.7	446.8	566.7	590.2	597.1	5,153.2
HT16	559.4	306.9	184.8	388.1	595.3	556.2	615.0	578.0	513.3	610.5	592.9	582.5	6,082.9
HT17	494.5	390.3	158.4	381.1	604.0	432.1	632.2	623.6	551.4	567.5	588.1	437.4	5,860.5
HT18	602.2	384.4	144.3	458.0	545.3	478.3	643.7	647.4	542.8	626.5	549.0	453.0	6,074.8
HT19	546.0	383.8	182.9	444.8	645.4	613.3	578.0	547.1	624.5	635.4	612.2	563.2	6,376.5
HT20	552.2	342.0	153.4	475.4	633.6	616.7	651.4	659.1	530.5	614.1	526.4	617.4	6,372.2
Total	10,873.5	7,218.5	2,875.8	7,778.9	10,939.7	11,176.5	11,664.4	11,668.6	10,741.2	11,240.0	10,693.2	11,141.8	118,011.9

Tabla 18 Historico de las horas de correctivos en el año 2017 unidades Komatsu para el cálculo del MTTR antes de la aplicación

Hrs Correc	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Total
HT01	20.6	16.5	6.1	41.5	91.9	46.2	107.9	42.9	61.3	61.8	61.9	41.4	599.8
HT02	35.0	73.0	7.3	47.9	217.3	193.2	86.2	61.8	43.5	40.1	34.8	26.9	867.0
HT03	25.6	23.4	25.3	80.2	19.9	27.2	43.8	31.9	18.4	12.2	15.7	195.3	519.1
HT04	39.4	21.6	20.4	25.7	38.3	21.8	17.2	52.7	21.9	26.5	34.4	25.4	345.4
HT05	19.1	24.4	15.0	52.1	27.8	63.8	17.7	21.8	51.6	26.8	82.6	70.4	472.9
HT06	46.3	10.1	2.3	26.6	317.5	127.7	29.7	12.4	36.4	52.6	65.5	36.0	763.1
HT07	88.1	19.3	3.0	105.1	133.7	45.6	31.0	50.4	34.2	66.3	9.1	68.4	654.3
HT08	16.3	29.6	47.5	84.1	21.4	38.7	72.4	25.2	31.8	56.5	20.0	9.7	453.1
HT09	36.2	22.1	28.0	27.1	25.8	30.4	38.7	41.4	28.5	60.0	86.5	41.5	466.2
HT10	55.1	13.7	10.5	110.3	24.7	25.2	199.7	75.2	36.4	27.3	64.0	51.0	693.1
HT11	92.2	190.7	34.6	97.1	23.7	58.8	76.4	36.4	41.0	17.5	337.7	74.3	1,080.3
HT12	89.7	25.5	45.5	114.5	53.7	40.8	62.3	33.4	112.8	27.7	40.0	31.6	677.5
HT13	26.0	29.1	13.2	84.6	48.8	8.8	17.3	9.4	96.1	10.5	72.5	5.3	421.6
HT14	39.8	9.7	34.1	22.4	39.0	25.6	35.7	50.2	4.9	15.6	12.0	35.1	324.0
HT15	68.6	217.9	29.1	22.2	20.4	30.0	94.0	204.8	39.6	24.6	25.5	27.5	804.2
HT16	40.4	174.5	26.0	40.7	53.8	55.7	18.7	34.9	32.8	16.7	17.5	29.4	541.0
HT17	58.4	25.1	1.5	154.1	28.9	200.7	14.6	19.8	66.5	21.8	39.8	247.1	878.2
HT18	15.7	32.0	19.2	11.1	42.0	23.3	15.3	26.8	42.1	21.7	85.4	220.3	554.9
HT19	47.4	21.8	7.5	29.1	9.1	19.5	31.1	52.4	7.8	37.3	9.8	19.8	292.3
HT20	30.3	3.0	5.2	27.6	4.5	13.7	16.9	4.8	105.9	35.2	112.3	29.3	388.6
Total	890.1	982.9	381.4	1,203.7	1,242.2	1,096.5	1,026.6	888.5	913.6	658.5	1,226.9	1,285.7	11,796.7

Tabla 19

# Correc	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Total
HT01	9	13	4	13	18	22	22	22	28	21	27	22	221
HT02	18	19	5	20	52	38	24	28	24	19	25	12	284
HT03	10	9	9	18	14	18	23	13	10	11	8	14	157
HT04	19	11	5	15	24	18	18	20	11	16	19	21	197
HT05	9	9	5	17	17	28	14	19	16	16	30	20	200
HT06	15	5	1	10	19	17	17	10	18	18	20	13	163
HT07	10	6	3	11	12	15	21	15	21	21	7	15	157
HT08	13	16	9	10	15	20	21	15	22	20	15	9	185
HT09	12	10	15	14	21	22	21	16	20	8	18	17	194
HT10	19	10	9	20	17	15	16	27	22	17	16	15	203
HT11	16	12	10	16	10	19	25	11	21	9	25	26	200
HT12	22	14	15	15	22	20	18	26	32	17	22	19	242
HT13	15	6	5	24	22	8	13	7	15	10	27	7	159
HT14	16	3	6	10	13	18	17	18	5	8	7	17	138
HT15	33	16	11	9	12	19	16	25	19	14	10	11	195
HT16	21	17	13	17	22	25	10	19	16	12	13	16	201
HT17	16	11	2	15	12	31	12	10	17	5	9	9	149
HT18	11	14	7	10	16	12	11	17	14	15	16	8	151
HT19	16	10	3	8	8	8	15	15	7	20	9	9	128
HT20	15	4	4	14	5	9	5	9	15	13	27	11	131
Total	315	215	141	286	351	382	339	342	353	290	350	291	3,655

Tabla 20

H. Nom	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17	Promedio
Flota	14,880	13,440	14,880	14,400	14,880	14,400	14,880	14,880	14,400	14,880	14,400	14,880	14,600
Equipo	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	730

Anexo 4. Determinar la confiabilidad después de la implementación de la aplicación de cámara termografía para prevenir las fallas del sistema eléctrico (3.4)

Tabla 21.

Disp. Física	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Promedio
HT01	77.67	84.75	85.01	85.38	83.83	83.33
HT02	67.57	84.69	87.15	87.79	87.81	83.00
HT03	83.11	85.67	92.14	91.34	84.41	87.33
HT04	69.00	80.06	83.60	93.34	74.85	80.17
HT05	95.33	88.06	86.76	94.32	88.53	90.60
HT06	88.97	80.59	88.93	87.61	92.80	87.78
HT07	87.06	82.77	95.61	83.42	91.92	88.15
HT08	79.78	86.68	79.55	87.90	92.24	85.23
HT09	97.53	83.53	86.87	84.97	92.08	89.00
HT10	94.16	76.17	81.55	55.74	83.13	78.15
HT11	87.55	82.01	94.80	88.86	88.03	88.25
HT12	78.38	76.79	78.13	83.55	73.49	78.07
HT13	89.90	88.90	70.01	86.99	93.37	85.83
HT14	81.93	84.85	80.35	83.35	92.30	84.56
HT15	87.83	83.26	86.64	88.44	87.56	86.75
HT16	67.10	80.74	84.91	93.79	86.22	82.55
HT17	92.71	86.43	90.41	92.71	91.02	90.66
HT18	82.75	87.16	65.19	88.85	79.10	80.61
HT19	88.45	79.79	82.49	65.93	80.27	79.39
HT20	90.53	69.47	79.24	85.44	74.34	79.80
Promedio	84.36	82.62	83.97	85.49	85.87	84.46

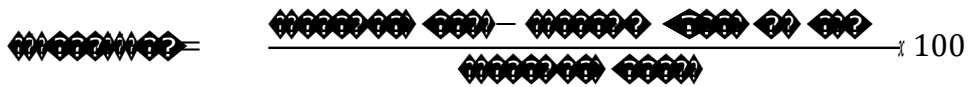


Tabla 22

MTBF	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Promedio
HT01	27.00	37.59	17.91	69.11	52.09	33.18
HT02	36.08	32.68	54.36	26.87	22.15	31.17
HT03	26.85	44.14	38.47	62.30	57.70	42.49
HT04	35.08	13.59	24.45	69.22	38.43	27.68
HT05	31.85	42.71	84.43	42.36	45.46	44.35
HT06	66.00	34.19	33.53	30.55	91.00	42.62
HT07	42.21	26.20	41.33	40.86	51.67	38.23
HT08	89.17	46.77	40.38	37.06	30.76	42.06
HT09	47.15	19.69	41.33	25.67	51.67	33.12
HT10	55.36	23.48	26.59	26.52	30.79	30.02
HT11	32.94	43.40	37.50	36.24	37.50	37.32
HT12	24.05	36.76	26.26	29.20	16.63	25.35
HT13	45.62	58.91	52.92	38.56	57.73	49.65
HT14	23.54	26.79	63.70	39.56	49.00	36.35
HT15	30.89	28.81	65.33	27.00	42.00	35.61
HT16	25.39	64.70	50.42	50.67	24.20	37.95
HT17	38.50	41.87	31.55	68.67	48.54	42.79
HT18	22.28	54.33	54.60	38.18	30.33	35.98
HT19	45.08	44.00	61.33	38.29	55.20	46.94
HT20	26.43	36.53	36.43	30.14	28.33	30.99
Promedio	34.21	33.87	38.65	37.52	37.54	36.27

$$36.27 = \frac{58721}{1619} = 36.27$$

Tabla 23. Histórico del MTTR en el año 2018 unidades Komatsu para comparación con la disponibilidad después de la aplicación

MTTR	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Promedio
HT01	3.25	2.14	2.97	2.47	0.70	2.54
HT02	1.69	2.23	8.69	2.26	3.56	3.33
HT03	4.21	3.51	1.26	1.53	6.19	3.32
HT04	1.39	3.66	2.77	1.94	1.74	2.72
HT05	2.22	2.63	5.97	2.39	1.16	2.53
HT06	2.04	6.69	2.85	2.98	4.97	3.86
HT07	1.58	1.24	0.76	4.19	1.71	1.79
HT08	7.74	5.17	6.59	1.98	3.34	4.46
HT09	14.74	6.79	5.16	3.27	6.99	6.75
HT10	3.85	2.70	2.59	13.24	2.07	5.21
HT11	0.99	1.01	2.07	3.35	1.18	1.73
HT12	2.07	3.02	1.93	3.40	2.12	2.46
HT13	4.23	0.75	8.35	4.12	3.63	4.28
HT14	1.13	1.88	6.95	7.46	1.21	3.26
HT15	1.90	3.10	8.43	1.56	2.98	3.12
HT16	3.31	2.05	5.76	1.55	1.60	2.70
HT17	1.15	1.88	1.71	2.31	1.93	1.73
HT18	0.82	1.22	19.39	2.99	2.33	3.92
HT19	5.88	3.48	5.19	6.86	4.72	5.33
HT20	1.66	2.03	9.99	2.71	1.60	3.21
Promedio	2.88	3.01	4.65	3.96	2.60	3.40

$$\frac{5505.21}{1619} = 3.40$$

Tabla 24.

Hrs Oper	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Total
HT01	513	639	573	622	573	2920
HT02	433	621	598	618	598	2868
HT03	537	618	577	623	577	2932
HT04	456	530	538	623	538	2685
HT05	637	598	591	466	591	2883
HT06	594	547	637	611	637	3026
HT07	591	655	620	572	620	3058
HT08	535	608	646	593	646	3028
HT09	613	512	620	616	620	2981
HT10	609	493	585	610	585	2882
HT11	593	651	600	616	600	3060
HT12	505	625	499	584	499	2712
HT13	593	648	635	617	635	3128
HT14	565	509	637	633	637	2981
HT15	556	605	588	405	588	2742
HT16	457	647	605	608	605	2922
HT17	616	628	631	618	631	3124
HT18	557	652	546	649	546	2950
HT19	586	616	552	651	552	2957
HT20	608	621	510	633	510	2882
Total	11154	12023	11788	11968	11788	58721

Tabla 25.

Hrs Correc	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Total
HT01	61.70	36.37	95.15	22.22	7.74	223.18
HT02	20.31	42.44	95.57	52.03	96.22	306.57
HT03	84.14	49.14	18.86	15.25	61.93	229.32
HT04	18.12	142.58	60.98	17.49	24.37	263.54
HT05	44.43	36.78	41.80	26.31	15.04	164.36
HT06	18.40	106.99	54.22	59.53	34.77	273.91
HT07	22.16	30.91	11.34	58.63	20.50	143.54
HT08	46.42	67.16	105.36	31.66	70.18	320.78
HT09	191.58	176.54	77.42	78.51	83.85	607.90
HT10	42.32	56.73	57.05	304.58	39.28	499.96
HT11	17.79	15.08	33.18	57.03	18.90	141.98
HT12	43.49	51.29	36.65	67.93	63.74	263.10
HT13	54.96	8.26	100.25	65.92	39.97	269.36
HT14	27.10	35.78	69.47	119.35	15.72	267.42
HT15	34.19	65.14	75.85	23.43	41.69	240.30
HT16	59.65	20.52	69.17	18.54	40.05	207.93
HT17	18.38	28.24	34.10	20.77	25.03	126.52
HT18	20.45	14.64	193.93	50.81	41.99	321.82
HT19	76.41	48.65	46.67	116.64	47.22	335.59
HT20	38.20	34.52	139.84	56.85	28.72	298.13
Total	940.20	1067.76	1416.86	1263.48	816.91	5505.21

Tabla 26.

# Correc	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Total
HT01	19	17	32	9	11	88.00
HT02	12	19	11	23	27	92.00
HT03	20	14	15	10	10	69.00
HT04	13	39	22	9	14	97.00
HT05	20	14	7	11	13	65.00
HT06	9	16	19	20	7	71.00
HT07	14	25	15	14	12	80.00
HT08	6	13	16	16	21	72.00
HT09	13	26	15	24	12	90.00
HT10	11	21	22	23	19	96.00
HT11	18	15	16	17	16	82.00
HT12	21	17	19	20	30	107.00
HT13	13	11	12	16	11	63.00
HT14	24	19	10	16	13	82.00
HT15	18	21	9	15	14	77.00
HT16	18	10	12	12	25	77.00
HT17	16	15	20	9	13	73.00
HT18	25	12	10	17	18	82.00
HT19	13	14	9	17	10	63.00
HT20	23	17	14	21	18	93.00
Total	326	355	305	319	314	1619.00

Tabla 27

H. Nom	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Promedio
Flota	14,880	13,440	14,880	14,400	14,880	14,496
Equipo	744	672	744	720	744	725

Anexo 5. Determinar los costos de parada y daños a los dispositivos antes de la implementación de la propuesta.

A pesar de la existencia de un programa de mantenimiento correctivo, preventivo, y en cierta forma basado en la confiabilidad el éxito en la prevención de fallas ha sido esquiva para la empresa. La razón de ello como se determinó más adelante es la naturaleza de la maquinaria.

No es lo mismo un mantenimiento mecánico, donde es evidente y observable los fallos durante las operaciones y paradas y los sistemas eléctricos de alta potencia.

Los fenómenos eléctricos, son instantáneos, se dan en el funcionamiento y son difíciles de rastrear en parada. A partir de esta fecha con un mantenimiento idóneo la unidad eleva significativamente sus costos de mantenimiento.

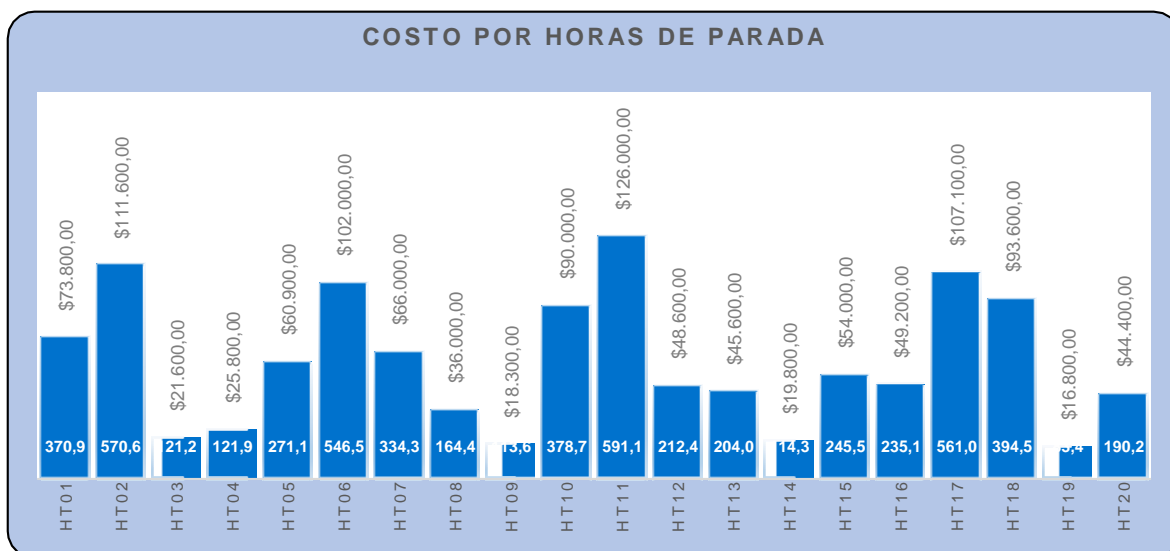
En este escenario, el sistema eléctrico que es el que impulsa la unidad sufre cargas imprevistas producto de desgaste de otros sistemas como el de estructura, motor diésel, entre otros.

Los componentes eléctricos y sus fenómenos ocurren en milisegundos y la fatiga y alteración de los componentes eléctricos no se visualiza en reposo su desgaste. Es por ello que el éxito en la prevención de fallas ha sido esquivo.

Tabla 28 . Costo económico de parada por equipo antes de la aplicación, año 2017

EQUIPOS	PROPULSION		SISTEMA 24V		TOTAL		COSTO DE PARADA
	Hors de Parada	N° de Parada	Hors de Parada	N° de Parada	Hors de Parada	N° de Parada	USD \$\$
HT01	270.2	40	100.7	48	370.9	88	73800
HT02	275.4	58	295.2	95	570.6	153	111600
HT03	26.5	20	94.7	49	121.2	69	21600
HT04	30.0	15	91.9	60	121.9	75	25800
HT05	99.7	37	171.5	77	271.1	114	60900
HT06	454.0	28	92.5	39	546.5	67	102000
HT07	103.5	29	230.8	53	334.3	82	66000
HT08	39.3	15	125.1	58	164.4	73	36000
HT09	39.5	22	74.1	42	113.6	64	18300
HT10	243.0	21	135.7	74	378.7	95	90000
HT11	400.3	59	190.8	56	591.1	115	126000
HT12	63.3	22	149.1	62	212.4	84	48600
HT13	85.8	30	118.2	50	204.0	80	45600
HT14	37.9	17	76.5	49	114.3	66	19800
HT15	187.6	21	57.9	40	245.5	61	54000
HT16	152.4	28	82.7	50	235.1	78	49200
HT17	366.6	42	194.4	45	561.0	87	107100
HT18	294.6	26	99.8	41	394.5	67	93600
HT19	20.8	12	62.5	41	83.4	53	16800
HT20	89.5	22	100.7	45	190.2	67	44400
TOTAL					5824.9	1638.0	\$ 1,211,100.0

Figura 15



Costo económico de parada por equipo antes de la aplicación, año 2017

Fuente: Tabla 29

Tabla 29. Tiempo de prevención de fallas antes de la aplicación

SUMA DE HORAS SIST. PROPULSION + 24V	
EQUIPOS	Horas de Parada
HT01	370.9
HT02	570.6
HT03	121.2
HT04	121.9
HT05	271.1
HT06	546.5
HT07	334.3
HT08	164.4
HT09	113.6
HT10	378.7
HT11	591.1
HT12	212.4
HT13	204.0
HT14	114.3
HT15	245.5
HT16	235.1
HT17	561.0
HT18	394.5
HT19	83.4
HT20	190.2
PROMEDIO	291.2
VAR STD	114.52
CV	39.32%

Análisis: Se puede observar que el promedio obtenido es de 291.20 horas de trabajo, con una desviación estándar de 114.52 (número de grupo de horas repetidas) observándose entonces un alejamiento significativo al promedio de horas, por lo que se debe tomar medidas urgentes para lograr un mejor acercamiento a su media.

Tabla 30. Costos por daños a los dispositivos antes de la aplicación, año 2017

EQUIPO	D-1	D-2	De1	De2	CDe1	Cde2	Total
					\$	\$	\$
HT01	2	3	Motor Blower	Motor de Tracción	89,900	15,000.00	104,900
HT02	4	3	Tarjetas Electronicas	Motor de Tracción	7,000	15,000.00	22,000
HT03	3	9	Backplane	Cables eléctricos	15,000	714.95	15,715
HT04	6	4	Kit de cables Sistema de retardo	Kit de harness eléctricos	8,406	2,151.03	10,557
HT05	4	4	Contactores de retardo	Tarjetas Electronicas	7,000	7,000.00	14,000
HT06	4	4	Contactores de retardo	Tarjetas Electronicas	7,000	7,000.00	14,000
HT07	6	5	Kit de cables Sistema de retardo	Contactador de reversa	8,406	3,497.73	11,904
HT08	1	8	Conjunto parrillas de retardo	Kit de harness eléctricos	273,055	2,151.03	275,206
HT09	3	4	Backplane	Tarjetas Electronicas	15,000	7,000.00	22,000
HT10	1	8	Conjunto parrillas de retardo	Kit de harness eléctricos	273,055	2,151.03	275,206
HT11	3	1	Alternador Principal	Conjunto parrillas de retardo	15,000	273,054.69	288,055
HT12	5	3	Contactador conjunto	Alternador Principal	3,498	15,000.00	18,498
HT13	3	4	Alternador Principal	Tarjetas Electronicas	15,000	7,000.00	22,000
HT14	3	1	Backplane	Conjunto parrillas de retardo	15,000	273,054.69	288,055
HT15	6	1	Kit de cables Sistema de retardo	Conjunto parrillas de retardo	8,406	273,054.69	281,461
HT16	1	4	Conjunto parrillas de retardo	Tarjetas Electronicas	273,055	7,000.00	280,055
HT17	6	7	Kit de cables Sistema de retardo	Parrilla de retardo	8,406	5,817.36	14,223
HT18	2	10	Motor Blower	Modulo supresor Control Gabinete	89,900	222.00	90,122
HT19	3	6	Backplane	Kit de cables Sistema de retardo	15,000	8,405.89	23,406
HT20	2	2	Motor Blower	Motor Blower	89,900	89,900.49	179,801
Total					1,236,987.00	1,014,175.58	2,251,164.00

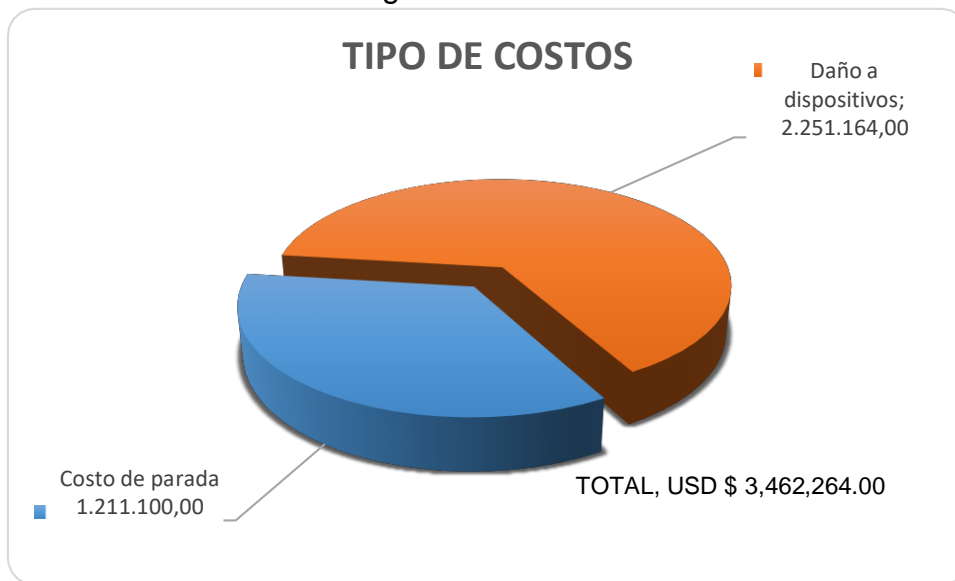
Total, costo por parada y daños a los dispositivos

Tabla 31. Total de costos antes de la aplicación, año 2017

Tipo de costo	USD \$
Costo de parada	1,211,100.00
daño a dispositivos	2,251,164.00
Total	3,462,264.00

Fuente: Tabla 10 y 12

Figura 16




Tipo de costos

Anexo 6. Reporte Termográfico

REPORTE TERMOGRAFICO DEL SISTEMA ELECTRICO
FORMATO DE TERMOGRAFIA N° _____

EQUIPO		CODIGO		HOROMETRO		FECHA DE GENERACION		TIPO DE TRABAJO				RESPONSABILIDAD DE LA DETENCION				
730E - HT09		A30592		53941		20/05/2018		PROGRAMADO	X	CORRECTIVO		KMMP	X	CLIENTE		
ORIGEN DEL REPORTE												CUMMINS				CONTRATA
MP		INS	X	PM CLINIC		CAMPAÑA		CODIGO RM+CARE COMPONENTE								
IDENTIFICACION DEL COMPONENTE				DESCRIPCION DEL SISTEMA				CODIGO DE POSICION		CODIGO DE SINTOMA		CODIGO DE CAUSA		CODIGO DE REPARACION		
MOTOR DE TRACCION				PROPULSION				LH		CC				CC		
SEVERIDAD								INDICACIONES								
● P1 - CRITICO		PROCEDER A REPARAR EN FORMA INMEDIATA DEBIDO A PROBLEMAS SEVEROS.												X		
● P2 - MODERADO		PLANIFICAR DENTRO DE LA SEMANA Y/O PRE-PM, SU REPARACION Y/O CAMBIO PARA CORREGIR LOS PROBLEMAS INDICADOS.														
● P3 - LEVE		PLANIFICAR REPARACION EN SU MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA CORREGIR LOS PROBLEMAS INDICADOS.														
DESCRIPCION DE LA INSPECCION								LA INSPECCION TIENE POR OBJETIVO IDENTIFICAR ANORMALIDADES TERMICAS QUE PERMITAN SUGERIR REPARACIONES DEL EQUIPAMIENTO ELECTRICO ANTES DE QUE DESARROLLEN UNA CONDICION DE FALLA.								
PRIORIDADES DE REPARACION								Las mismas son indicadas para cada una de las anomalías detectadas, tomando en consideración la criticidad de los componentes y/o equipos involucrados. Los criterios de valoración utilizados son:								
								* Comparación de la temperatura del punto caliente respecto a su normal condición de operación.								
								* Máxima temperatura de trabajo de los distintos elementos que componen el sistema.								
								En sistemas eléctricos, se tomarán prontas medidas correctivas cuando:								
								* La diferencia de temperatura (ΔT) entre componentes eléctricos similares, bajo cargas similares, supere los 15 °C.								
								* Cuando la ΔT entre las temperaturas de un elemento eléctrico y el aire del entorno supere los 40 °C.								
RECOMENDACIONES / OBSERVACIONES								Coordinar grúa móvil y montacarga. Se requiere realizar el cambio del componente en plataforma de armado.								
Se inspecciona el MT al desmontar la cubierta exterior se observa humedecimiento de grasa en el rodamiento exterior de MT (como se muestra en la imagen) y deslizamiento de rodamiento.																
Se inspecciona componente confirmando deslizamiento de rodamiento causando que el rotor (armadura) este desalineado. Temperatura más alta era el cojinete externo del eje de armadura (115.5 °C)																
												EMISIVIDAD		ε = 0.95		
								SOLICITANTE								
								V° B° SUPERVISOR								
CANTIDAD DE PERSONAL REQUERIDO PARA LA REPARACION																
ESPECIALIDAD		PLANEADO				REAL				N° PARTE		REPUESTOS		CANTIDAD		
		Cantidad (N°)		Horas		Cantidad (N°)		Horas		PB9732		DESCRIPCION		WHEEL MOTOR		
SUPERVISOR														01		
MECANICO																
ELECTRICISTA																
SOLDADOR																
AYUDANTE																

RUTA DE LOCALIZACION DE FALLAS CON CAMARA TERMOGRAFICA EN CAMIONES ELECTRICOS 730E

	SEGURIDAD	PROGRAMACION	EQUIPAMIENTOS	CONDICIONES	CODIGO 1 FALLA A TIERRA > 114 mA - 400 mA	CODIGO 2 FALLA A TIERRA > 400 mA	CODIGO 45 (FALLA A DIODOS)	CODIGO 46 (SOBRE CORRIENTE MT - LH) ARMADURAS 3000 Amp	CODIGO 47 (SOBRE CORRIENTE MT - RH) ARMADURAS 3000 Amp	CODIGO 52 (SOBRECORRIENTE DEBANADO TERCARIO) AFSE	CODIGO 53 (SOBRECORRIENTE DEBANADO TERCARIO) MFSE	CODIGO 64 MT - LH (SOBRE TEMPERATURA) > 220 °C	CODIGO 65 MT - RH (SOBRE TEMPERATURA) > 220 °C	RUIDO ANOMALO EN MECANISMO DE MT - POR RODAMIENTOS
LEMA	RESPECTO A LA VIDA Significa no poner en peligro, en ningún caso, la seguridad y el Respeto por la Vida. Las Personas son más importantes que los resultados y bienes Materiales. Si es necesario escoger, escogamos la VIDA.													
PASO: 1	MANTENIMIENTO													
Autorización de permisos de trabajo	X													
Equipo de protección personal (Overol, Casco, Lentes, Botas, Guantes)	X													
Autorización de operaciones Mina, respetando normas internas	X													
PASO: 2	MANTENIMIENTO													
Solicitar información de equipos bajo condiciones de fallas mencionada en la ruta (Planner de Camiones 730E)		X												
Realizar inspección en PRE - PM de equipos		X												
Monitoreo de componentes eléctricos por ruido anómalo (motores de tracción)		X												
PASO: 3	MANTENIMIENTO													
Cámara Termográfica (debidamente calibrada)			X											
Cámara digital (no viene incluido en la cámara termográfica).			X											
Linterna de alta potencia (para inspecciones en la noche)			X											
Radio para comunicación con el centro de operaciones			X											

PASO: 4	MANTENIMIENTO													
No realizar las inspecciones con una humedad relativa superior al 90%				X										
Para equipos que entran en servicio esperar al menos 1 hora luego que tomen carga para realizar las tomas de temperatura, por la estabilidad térmica.				X										
El ángulo entre la cámara y el equipo bajo inspección debe estar lo más vertical posible para evitar la reducción de la emisividad				X										
La diferencia de temperatura (ΔT) entre componentes eléctricos similares, bajo cargas similares, supere los 15 °C.				X										
Cuando la ΔT entre las temperaturas de un elemento eléctrico y el aire del entorno supere los 40 °C.				X										
ruta de inspección	MANTENIMIENTO													
Caja de Parrillas (Resistencias 0.2 ohm - 0.6 ohm)					X	X								
Motor Blower					X	X							X	
Gabinete de contactores de retardo RP3 - RP4 - RP5 - RP6 - RP7 - RP8 - RP9					X	X								
Cables de potencia de retardo					X	X								
Gabinete de contactores RP1 - RP2 - P1 - MF - GF					X	X								
Gabinete de instrumentos AFSE - ISO - VMM - MFSE										X	X			
Alternador Principal					X	X	X						X	
Caja de diodos					X	X	X							
Cables de potencia de propulsión					X	X								
Motor de Tracción					X	X	X	X	X			X	X	X

“Mi Trabajo con Seguridad es por convicción, no por obligación”

Anexo 8: Instrumentos

ANEXOS
ENCUESTA DE LA EFECTIVIDAD EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS
ELECTRICAS, METODO TRADICIONAL VS TERMOGRAFIA

Efectividad de la prevención de fallas por método tradicional	Total, desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Total, acuerdo
Considera que los medios tradicionales de prevención de fallas son costosos					
Considera que los medios tradicionales de prevención de fallas son inefectivos					
la previsión de falla en el equipo eléctrico es difícil porque solo se puede analizar con el equipo en caliente y a veces no es practico					
Los métodos tradicionales de prevención de falla eléctrica de potencia no son efectivos					
Existen muchas pérdidas por falta de tecnología adecuada para la previsión de fallas eléctricas.					
Los costos de mantenimiento son mayores con la detección de fallas tradicional, porque cuando se la detecta ya el componente está dañado					
Uso de tecnología termográfica	Total, desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Total, acuerdo
La termografía es más efectiva en la prevención de fallas					
La termografía es más económica porque no se tiene que detener el vehículo					
La termografía es más económica porque evita el deterioro de otras áreas del circuito					
La termografía permite mayor disponibilidad durante la prevención y mantenimiento					
La termografía es más económica porque reduce las horas hombre y el tiempo de diagnostico					


JUANES RAMÍREZ DOMÍNGUEZ
ING. MECÁNICO
 Reg. Colegiado de Ingenieros CP R 157/81

REPORTE TECNICO DE ANALISIS TERMO GRÁFICO 000-17

Bayovar, 29 de Julio del 2017

PARA :
ATENCIÓN :
CC :
DE :
ASUNTO :

1. DATOS GENERALES.

1.1	Nombre del Cliente	
1.2	Contacto del Cliente	
1.3	Localización	
1.4	Fecha de Inspección	

2. DATOS DEL EQUIPO.

2.1	Equipo	
2.2	Modelo - Tipo	
2.3	Serie N°	
2.8	SMR	

3. PRIORIDADES DE REPARACIÓN.

Las mismas son indicadas para cada una de las anomalías detectadas, tomando en consideración la criticidad de los componentes y/o equipos involucrados.




Los criterios de valoración utilizados son:

- Comparación de la temperatura del punto caliente, respecto a su normal condición de operación.
- Máxima temperatura de trabajo de los distintos elementos que componen el sistema.

En sistemas eléctricos, se tomarán prontas medidas correctivas cuando:

- La diferencia de temperatura (ΔT) entre componentes eléctricos similares, bajo cargas similares, supere los 15 °C.
- Cuando el ΔT entre las temperaturas de un elemento eléctrico y el aire del entorno supere los 40°C.

La siguiente tabla, muestra los distintos grados de severidad para los cuales se indican las prioridades de reparación y/o intervención.

Severidad	Indicaciones
 P1 CRITICO	Proceder a reparar en forma inmediata debido a problemas severos.
 P2 MODERADO	Planificar dentro de la semana y/o pre-pm, su reparación y/o cambio para corregir los problemas indicados.
 P3 LEVE	Planificar reparación en su mantenimiento programado para corregir los problemas indicados.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN.

La inspección tiene por objetivo identificar anomalías térmicas que permitan sugerir reparaciones del equipamiento eléctrico antes de que desarrollen una condición de falla.

5. SERVICIO REALIZADO.

IMAGEN 01

PRIORIDAD

P2 

Ubicación General	
Identificación del Equipamiento / Componente	
Afectado al	
Ubicación en el Plano Eléctrico	

IMAGEN TERMOGRAFICA

IMAGEN DE LUZ VISIBLE

IMAGEN DE CONFIGURACIÓN

IMAGEN 3D IR

Causas Probables :	* *
Recomendaciones :	* *


DIVILIS RAMÍREZ JOHNSON S.A.
ING. MECANICO
 Reg. Colegio de Ingenieros CP N° 16246

45

Anexo 9: Indicaciones del Experto

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: Javier Arturo Ramírez Vera.
- Profesión: Ingeniero Mecánico Electricista.
- Grado académico: _____
- Actividad laboral actual: Jefe De Mantenimiento
PETRO - PERÚ - TALARA

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)		X	
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)		X	
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)		X	


Javier Arturo Ramírez Vera
Ingeniero Mecánico Electricista
Registro C.I.P. N° 74338

Firma de la entrevistado

Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un la entrevista, cuyo objetivo **“APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYÓVAR – 2017”**

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta entrevista para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: Poco pertinente: ___ No es pertinente: ___

Por favor, indique las razones:

Reducir los tiempos en los mantenimientos considerando las pautas y pasos para la elaboración de mejoras de la calidad en los procesos.

2. ¿Considera que la entrevista formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: Insuficientes: ___

Por favor, indique las razones:

Por ser breves y concisa

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: Poco adecuadas: ___ Inadecuadas: ___

Por favor, indique las razones:

Se ajustan al proyecto de investigación

Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
1	X			X			
2		X			X		
3		X			X		
4		X			X		

4. ¿Qué sugerencias haría Ud. para mejorar el instrumento de recolección de datos?

* Que cada proyecto defina su impacto en el medio ambiente.

* Que cada proyecto tenga un impacto de análisis estadístico.

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:


JAR
Javier Arturo Ramírez Vera
Ingeniero Mecánico Electricista
Registro C.I.P. N° 74338

Firma del Experto

Firma del Experto

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: Deulles Ramirez John Spencer.
- Profesión: Ing. Mecánico.
- Grado académico: _____
- Actividad laboral actual: Ingeniero Predictivo.
Komatsu - Bavaria.

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)		X	
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)		X	
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)		X	


DUELLIN RAMÍREZ JOMEL SFRANCIA
ING. MECÁNICO
Reg. Colegio de Ingenieros: CP N° 167481

Firma de la entrevistado

Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un la entrevista, cuyo objetivo
"APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE
FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD
DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYÓVAR – 2017"

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de
datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de esta entrevista para los fines
establecidos en la investigación?

Es pertinente: Poco pertinente: No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

Porque los resultados de proceso de mejora
deben de ser evaluados a partir del punto de vista
de la seguridad en primer lugar y la calidad del servicio .

2. ¿Considera que la entrevista formula las preguntas suficientes para los
fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

Por ser concisa y breves

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de
manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción
de sus respuestas?

Son adecuadas: Poco adecuadas: Inadecuadas:

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Ing., Marcelo Rojas Coronel, docente de la facultad de ingeniería de la UCV – filial Chiclayo y revisor del trabajo académico (Tesis) titulado: “**APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYOVAR – 2018**”, del bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica:

ANGELUS SMITH REYES MONDRAGON

Que el citado trabajo académico tiene una similitud de 13% , verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencia irrelevante que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto que cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 11 de diciembre del 2018.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Rojas Coronel', is written above a horizontal line.

Ing. MARCELO ROSAS CORONEL

Docente de la facultad de ingeniería de Ucv



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

ÁNGELUS SMITH REYES MONDRAGÓN

D.N.I. : 43614977
Domicilio : Calle Grau 224 Lagunas Mocupe - Chiclayo
Teléfono : Fijo : Móvil : 923283361
E-mail : angelus7_1@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería
Carrera : Ingeniería Mecánica Eléctrica
Título : Ingeniero Mecánico Electricista

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres: REYES MONDRAGÓN ÁNGELUS SMITH

Título de la tesis:

"APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE
FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD
DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYOVAR - 2018"

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma : 

Fecha : 11/feb/2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
EP DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

REYES MOGOLLON ANGELUS SMITH

INFORME TÍTULADO:

APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO
PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYOVAR -2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 19/12/2018

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORÍA

The image shows a circular stamp from the 'DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN' of the 'UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO' in 'CHICLAO'. The stamp contains the university's logo and the text 'UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO' and 'CHICLAO'. A handwritten signature in black ink is written over the stamp. Below the stamp and signature, the text 'FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN' is printed.

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN