

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Optimización de la disponibilidad operacional de la
flota de camiones Komatsu 930-E mediante el
análisis del modo y efecto de fallas (AMEF) en una
mina a tajo abierto de la región Ancash, 2022**

Jose Carlos Jimenez Benavente

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2024

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Julio Cesar Alvarez Barreda
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 29 de Noviembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

OPTIMIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LA FLOTA DE CAMIONES KOMATSU 930-E MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF) EN UNA MINA A TAJO ABIERTO DE LA REGIÓN ANCASH 2022

Autores:

1. JOSE CARLOS JIMENEZ BENAVENTE – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (PALABRAS): 10 palabras SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

ÍNDICE

Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Formulación del problema	4
1.2.1 Pregunta general	4
1.2.2 Preguntas específicas.....	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación	5
1.5 Importancia	6
1.6 Delimitación	6
1.6.1 Delimitación temporal	6
1.6.2 Delimitación espacial	6
1.7 Variables	7
1.7.1 Descripción de variables	7
1.7.2 Operacionalización de variables	7
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes de la investigación.....	9

2.1.1 Antecedentes internacionales	9
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	12
2.2 Bases teóricas.....	15
2.2.1 Mantenimiento	15
2.2.2 Indicadores de mantenimiento	17
2.2.3 Mantenimiento preventivo.....	18
2.2.4 AMEF	20
2.2.5 Características del Komatsu 930E	34
CAPÍTULO III	42
METODOLOGÍA.....	42
3.1 Método y alcance de la investigación	42
3.2 Diseño de la investigación	43
3.2.1 Diseño experimental.....	43
3.3 Población y muestra	43
3.3.1 Población.....	43
3.3.2 Muestra.....	43
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
3.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	44
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	44
3.5 Instrumentos de análisis de datos.....	45
CAPÍTULO IV	46
DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	46
4.1 Identificación de la flota de camiones y sistemas críticos a analizar....	46
4.1.1 Recolección de datos sobre fallas, mantenimiento preventivo y tiempos de indisponibilidad.....	66
4.1.2 Proceso de análisis de modos de fallas y efectos (AMEF) aplicado a los sistemas de los vehículos.	66
4.2. Análisis de modos de fallas	69

4.2.1 Presentación de los resultados obtenidos del análisis de modos de fallas y efectos (AMEF) para camión relevante.	69
4.2.2 Identificación de los modos de fallas más críticos y sus efectos en la disponibilidad operacional.....	75
4.3 Indicadores de indisponibilidad y disponibilidad.....	76
4.4 Plan de mantenimiento	81
4.4.1. Plan de mantenimiento preventivo motor	81
4.4.2 Mejora sistema chasis.....	83
4.4.2.1 Plan de acción	85
4.4.3 Mejora en luces direccionales posteriores del camión KOMATSU 930E -4SE.....	86
4.4.3.1 Plan de acción de instalación de faros direccionales posteriores ...	88
4.5. Análisis del proceso aplicado	90
CONCLUSIONES.....	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	102

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	7
Tabla 2. Tabla de gravedad	29
Tabla 3. Tabla de ocurrencia	29
Tabla 4. Tabla de detección.....	30
Tabla 5. Intervalos de valores del NPR.....	31
Tabla 6. Frecuencia de fallas	32
Tabla 7. Impacto operacional.....	33
Tabla 8. Flexibilidad operacional.....	33
Tabla 9. Especificaciones (Motor-Traducción)	49
Tabla 10. Especificaciones (Accionamientos eléctricos- Traducción).....	50
Tabla 11. Especificaciones (Neumáticos y llantas- Traducción)	51
Tabla 12. Especificaciones (Cuerpo-Traducción)	52
Tabla 13. Especificaciones (Cabina-Traducción).....	54
Tabla 14. Especificaciones (Marco-traducción)	55
Tabla 15. Especificaciones (Sistema de frenado-Traducción)	56
Tabla 16. Especificaciones (suspensión-Traducción)	58
Tabla 17. Especificaciones (Sistema de refrigeración – Traducción).....	58
Tabla 18. Especificaciones (Capacidades de servicio- Traducción)	59
Tabla 19. Especificaciones (Sistema hidráulico- Traducción)	60
Tabla 20. Especificaciones (Sistema eléctrico- Traducción).....	62
Tabla 21. Especificaciones (Distribuciones de peso-Traducción)	63
Tabla 22. Ordenes de mantenimiento por mes y prioridad	66
Tabla 23. Ordenes de mantenimiento por mes y prioridad	66
Tabla 24. Ordenes de mantenimiento para equipo HT 126	69
Tabla 25. Fallos comunes para equipo HT 126	75
Tabla 26. Análisis horas FRECPROG.....	79
Tabla 27. Análisis tiempo HRSNP	79
Tabla 28. Análisis tiempo HRSPROG	80

Índice de figuras

Figura 1. Precio del cobre en el mercado internacional.....	3
Figura 2. Cadena de relaciones del mantenimiento con sus clientes y proveedores.	15
Figura 3. Pasos para la elaboración de un AMEF.	21
Figura 4. Rangos de valor de NPR.....	23
Figura 5. Alternador principal y rectificador 930E.	35
Figura 6. Inversor, módulos de fase y motor de tracción.....	36
Figura 7. Componentes principales 930E.....	37
Figura 8. Sistema de propulsión 930E.....	38
Figura 9. Retardo 930E.	39
Figura 10. Camión Tolva 930-4SE (Ilustración).....	47
Figura 11. Camión Tolva 930-4SE.	48
Figura 12. Especificaciones (Motor).	48
Figura 13. Especificaciones (Accionamientos eléctricos).	50
Figura 14. Especificaciones (Neumáticos y llantas).	51
Figura 15. Especificaciones (Cuerpo).....	52
Figura 16. Especificaciones (Cabina).	54
Figura 17. Especificaciones (Marco).....	55
Figura 18. Especificaciones (Sistema de frenado).	56
Figura 19. Especificaciones (suspensión).	57
Figura 20. Especificaciones (Sistema de refrigeración).....	58
Figura 21. Especificaciones (Capacidades de servicio).....	59
Figura 22. Especificaciones (Sistema hidráulico).	60
Figura 23. Especificaciones (Sistema eléctrico).	62
Figura 24. Especificaciones (Distribución de peso).	63
Figura 25. Sistemas del camión Tolva 930E-4SE.	65
Figura 26. MTBF Komatsu 930E	77
Figura 27. MTTR Komatsu 930E	78
Figura 28. Disponibilidad Komatsu 930E.....	78
Figura 29. Estructura principal Komatsu 930.....	83
Figura 30. Estructura con fisuras.....	84
Figura 31. Estructura con fisura en soportes.....	84

Figura 32. Estructura mejorada	85
Figura 33. Estructura vulcanizada	85
Figura 34. Cableado de luces posteriores	86
Figura 35. Estado de conexión	86
Figura 36. Estado de conexión en diversas zonas	87
Figura 37. Estado de conexión de flota nueva.....	88
Figura 38. Ubicación de faros en flota nueva	88
Figura 39. Modificación de conexión de faros	89
Figura 40. Sugerencia de cambios de faros	90
Figura 41. Aplicación de proceso AMEF con empresa de vehículos.....	91

RESUMEN

El trabajo de investigación desarrollado tiene como finalidad plantear la propuesta para la mejora del Mantenimiento Preventivo (MP) y el aumento del tiempo disponible de la flota de camiones Komatsu 930E para una compañía del ramo de minería a tajo abierto en Ancash - Perú, a través del establecimiento de objetivos específicos, primero, el diagnóstico del proceso de mantenimiento de camiones Komatsu 930-E, dicha información fue analizada para evaluar como el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) influye sobre el Plan de Mantenimiento (PM) preventivo para incrementar los valores de confiabilidad y disponibilidad. Se usó una metodología teórica hipotético-deductivo, con diseño experimental, la población estudio está dada conformada con 92 camiones Komatsu 930-E. El diagnóstico evidenció que los problemas de mayor incidencia están relacionados con el tren de potencia, sistema chasis y motor con una demanda del 33% de trabajos con prioridad de emergencia y urgente para la flota de vehículos. El análisis de modos y efectos de fallas identifica 17 eventos que tiene una repetibilidad e incidencia en la operacionalidad del equipo, contabilizado un total de 122 órdenes de trabajo con diferente tipo de prioridad. La medida de MTBF, identifica los meses de septiembre y mayo con los mayores tiempos medio entre fallos, en relación a las órdenes de mantenimiento por mes y prioridad, existe la coincidencia con el mes de mayo. Los datos muestran una mejora de la disponibilidad de los camiones acorde a la medida de la implementación de las mejoras, alcanzado su pico más alto el mes de noviembre con un valor del 88%. Finalmente, la propuesta de mejora favorece a la disponibilidad, la mejora de tiempos muertos y la disminución de tiempos en reparación, obteniéndose una mejora del 31% en los sistemas de chasis.

Palabras claves: MTBF, MTTR, confiabilidad, disponibilidad, AMEF.

ABSTRACT

The purpose of the research work developed is to propose the improvement of preventive maintenance to increase the available time of the Komatsu 930-E truck fleet for an open pit mining company in Ancash - Peru, through the establishment of specific objectives, first, the diagnosis of the Komatsu 930-E truck maintenance process, this information was analyzed to evaluate how the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) influences the preventive maintenance plan to increase the reliability and availability values. A hypothetical-deductive theoretical methodology was used, with experimental design, the study population is given conformed by 92 Komatsu 930-E trucks. The diagnosis showed that the problems with the highest incidence are related to the power train, chassis and engine system with a demand of 33% of emergency and urgent priority work for the fleet of vehicles. The analysis of failure modes and effects identifies 17 events that have a repeatability and incidence in the operation of the equipment, accounting for a total of 122 work orders with different types of priority. The MTBF measure identifies the months of September and May with the highest mean time between failures, in relation to maintenance orders by month and priority, there is a coincidence with the month of May. The data show an improvement in truck availability according to the measure of the implementation of the improvements, reaching its highest peak in November with a value of 88%. Finally, the improvement proposal favors the availability, the improvement of idle times and the reduction of repair times, obtaining an improvement of 31% in the chassis systems.

Keywords: MTBF, MTTR, reliability, availability, FMEA.