

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

Optimización del cambio de aceite de motor diésel para mejorar la disponibilidad de volquetes en una unidad minera

Ciro Gonzalo Negron Chambi

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2025

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe de suficiencia profesional detalla el proyecto de optimización del intervalo de cambio de aceite del motor MTU Serie 4000 y su impacto sobre la disponibilidad de los volquetes Komatsu 930E en una unidad minera del sur del país. La empresa minera, en busca de mejorar su posición competitiva a nivel global, ha decidido implementar nuevas estrategias en la gestión de activos, centrándose en el proceso crítico de acarreo de mineral, para el cual emplea una flota de volquetes de gran tonelaje. Se abordó por problema dentro del área de mantenimiento la baja disponibilidad de la flota de volquetes 930E, principalmente debido a las frecuentes paradas por mantenimiento preventivo, siendo el factor principal de esta parada el cambio de aceite del motor diésel. Se abordó por objetivo general generar un incremento sobre la disponibilidad de la flota de volquetes Komatsu 930E optimizando el intervalo de cambio de aceite del motor MTU Serie 4000, extendiéndolo de 300 a 500 horas de servicio. La metodología de investigación aplicada es de nivel experimental, con el monitoreo de la condición del aceite de motor de dos volquetes seleccionados para la prueba piloto, ambos con menos de 5000 horas de servicio, y el seguimiento de los valores resultantes de análisis del aceite, evaluación técnica de componentes y evaluación de parámetros de funcionamiento de motor. Los resultados de la prueba piloto han demostrado un incremento de disponibilidad del 2.59 % y 2.44 % en los dos volquetes seleccionados, alcanzando un 90.56 % y 91.11 % de disponibilidad respectivamente. Se logró concluir que el proyecto es factible y tiende a ser posible incrementar la disponibilidad de los volquetes Komatsu 930E; actualmente, se ha extendido a 400 horas el intervalo de cambio de aceite del motor MTU Serie 4000 en toda la flota, y se propone alcanzar las 500 horas en el futuro, como lo demuestra este proyecto.

Palabras clave: optimización, disponibilidad, volquetes, cambio de aceite y mantenimiento preventivo.

ABSTRACT

This professional sufficiency report details the optimization project of the oil change interval of the MTU 4000 Series engine and its impact on the availability of Komatsu 930E dump trucks in a mining unit in the south of the country; the mining company, seeking to improve its competitive position globally, has decided to implement new strategies in asset management, focusing on the critical process of ore hauling, for which it employs a fleet of dump trucks of large tonnage. The low availability of the fleet of 930E dump trucks was addressed as a problem within the maintenance area, mainly due to frequent shutdowns for preventive maintenance, the diesel engine's oil being the main factor of these unavailability. The general objective was to increase the mechanical availability of the Komatsu 930E dump truck fleet by optimizing the oil change interval of the MTU 4000 Series engine, extending it from 300 to 500 service hours. The applied research methodology is experimental level, with the monitoring of the engine oil condition of two dump trucks selected for the pilot test, both with less than 5000 hours of service, and the follow-up of the values resulting from oil analysis, technical evaluation of components and evaluation of engine operating parameters. The results of the pilot test have shown an increase in availability of 2.59 % and 2.44 % in the two selected dump trucks, reaching 90.56 % and 91.11 % of mechanical availability respectively. They conclude that the project is feasible, and it tends to be possible to increase the availability of Komatsu 930E dump trucks; currently, the MTU 4000 Series engine oil change interval has been extended to 400 hours across the fleet and is expected to reach 500 hours in the future, as demonstrated by this project.

Keywords: optimization, availability, dump trucks, oil change and preventive maintenance.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE.....	vii
CONTENIDO DE TABLAS	ix
CONTENIDO DE FIGURAS	xi
RESUMEN	v
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	xiv
1.1. Datos Generales de la Empresa	1
1.2. Actividades Principales de la Empresa	3
1.3. Reseña Histórica de la Empresa	7
1.4. Organigrama de la Empresa	13
1.5. Vision y Misión	14
1.6. Bases Legales	14
1.7. Descripción del Área donde Realiza sus Actividades Profesionales	16
1.8. Descripción del Cargo y Responsabilidades del Bachiller en la Empresa	23
CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	25
2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional.....	25
2.2. Identificación de Oportunidad o Necesidad en el Área de Actividad Profesional	27
2.3. Objetivos de la Actividad Profesional.....	27
2.4. Justificación de la actividad profesional	28
2.5. Resultados esperados.....	28
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	30
3.1. Bases Teóricas de las Metodologías o Actividades Realizadas	30
3.1.1. Volquete Komatsu 930E.....	30
3.1.2. El motor MTU Serie 4000	34
3.1.3. Tipos de Mantenimiento	47
3.1.4. Análisis del aceite Lubricante.....	53
3.1.5. Desgaste causado por una mala lubricación	62

3.1.6. Indicadores de Gestión del Mantenimiento	72
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	74
4.1. Descripción de las Actividades Profesionales	74
4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales	74
4.1.2. Definir responsabilidades	74
4.1.3. Alcance de las actividades profesionales.....	76
4.1.4. Entregables de las actividades profesionales	80
4.2. Aspectos Técnicos de la Actividad Profesional	81
4.2.1. Metodologías	81
4.2.2. Técnicas	81
4.2.3. Instrumentos	82
4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	82
4.3. Desarrollo	83
4.3.1. Análisis de la Realidad Antes del Proyecto.	83
4.3.2. Propuesta de Mejora.	88
4.3.3. Implementación del Proyecto.	91
4.4. Ejecución de las actividades profesionales	106
4.4.1. Cronograma de las actividades realizadas	106
4.4.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.....	107
5. CAPÍTULO V: RESULTADOS	108
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas.....	108
5.2. Logros alcanzados	118
5.3. Dificultades encontradas	118
5.4. Planteamiento de mejoras.....	119
5.5. Análisis	119
5.6. Aporte del bachiller en la empresa y/o institución	121
CONCLUSIONES.....	122
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXOS	127

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos de la empresa Southern Perú	1
Tabla 2. Datos mina Cuajone-Southern Perú	2
Tabla 3. Equipos a cargo del Área de Mantenimiento de Volquetes-Cuajone.....	18
Tabla 4. <i>Descripción de volquetes con motor MTU</i>	25
Tabla 5. Propiedades y beneficios	36
Tabla 6. Especificaciones y aprobaciones	37
Tabla 7. Especificaciones industriales y de fabricantes	38
Tabla 8. Propiedades y especificaciones	38
Tabla 9. Parámetros del Índice de acidez	59
Tabla 10. Volquetes codificados	77
Tabla 11. Implementación de componentes	78
Tabla 12. Límites condenatorios Motor MTU Serie 4000 (500 HRS) VQC105-VQC110.	79
Tabla 13. Plan de Mantenimiento Preventivo del Volquete Komatsu 930E, antes del Proyecto	84
Tabla 14. Tipos de mantenimiento del motor MTU serie 4000, antes del proyecto	85
Tabla 15. Costos de materiales según tipos de mantenimiento del motor MTU.....	86
Tabla 16. Detalle de materiales y costos del mantenimiento del motor MTU-W2	87
Tabla 17. Paradas de mantenimiento y su impacto en la producción-Volquete 930E	88
Tabla 18. <i>Tipos de mantenimiento del motor MTU serie 4000, propuesta de mejora</i>	89
Tabla 19. Nuevo costo de mantenimiento W2 del motor	90
Tabla 20. Paradas de mantenimiento y su impacto en la producción-930E	91
Tabla 21. Volquete 1: Seleccionado para la prueba piloto	92

Tabla 22. Volquete 2: Seleccionado para la prueba piloto	92
Tabla 23. Costo total de los repuestos para la implementación de un motor	93
Tabla 24. Límites condenatorios motor MTU serie 4000	94
Tabla 25. VQC105 Evaluación de las Camisas de Motor Banco A, Boroscopiado-7500 Hrs	103
Tabla 26. VQC105 Evaluación de las Camisas de Motor Banco B, Boroscopiado-7500 Hrs	104
Tabla 27. Resultados del análisis de aceite de motor del VQC105-Elementos de desgaste	110
Tabla 28. Resultados del análisis de aceite de motor del VQC105-Aditivos.....	111
Tabla 29. Resultados del análisis de aceite de motor del VQC105-FTIR.....	111
Tabla 30. Resultados del análisis de aceite de motor del VQC110-Elementos de desgaste	111
Tabla 31. Resultados del análisis de aceite de motor del VQC110-Aditivos.....	112
Tabla 32. Resultados del análisis de aceite de motor del VQC110-FTIR.....	112
Tabla 33. Análisis de costos	117
Tabla 34 Nuevo plan propuesto de tareas de mantenimiento preventivo al Motor MTU SERIE 4000.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica, Mina Cuajone.....	3
Figura 2. Proceso productivo en la minera Southern Perú	4
Figura 3. Productos de Southern Perú	4
Figura 4. Posición de Southern Perú en la producción nacional de cobre 2022.....	5
Figura 5. Producción de cobre por empresas mineras, 2022, en toneladas métricas.....	5
Figura 6. Productos de la minera Southern Perú, data en porcentaje	7
Figura 7. Organigrama de AMC subsidiaria de Grupo México	11
Figura 8. Organigrama de Southern Perú-Unidad Cuajone.....	13
Figura 9. <i>Taller de Mantenimiento Volquetes-Cuajone</i>	16
Figura 10. Organigrama de la Gerencia de Mantenimiento Mina Cuajone.....	17
Figura 11. Organigrama del Área de Taller de Volquetes.....	17
Figura 12. Equipo de técnicos y supervisores de Taller Volquetes.....	18
Figura 13. <i>Volquete Komatsu 930E</i>	19
Figura 14. <i>Cargador Frontal Letourneau L2350</i>	19
Figura 15. <i>Equipo de Remolque TowHaul</i>	20
Figura 16. <i>Tanque de Regadío 785C</i>	20
Figura 17. <i>Reporte de Resultado del Análisis de Aceite</i>	21
Figura 18. <i>Programa de Mantenimiento Preventivo Semanal enviado por el Área de Planeamiento</i>	22
Figura 21. 26	
Figura 22. Indisponibilidad de volquetes 930E, Cuajone, 2021.....	27
Figura 23. Volquete 930E.....	30

Figura 24. <i>Componentes del volquete</i>	31
Figura 25. <i>Ubicación del retardo mecánico</i>	33
Figura 26. <i>Descripción del motor</i>	34
Figura 27. Filtrado del aceite del motor MTU serie 4000	39
Figura 28. Filtros centrífugos	40
Figura 29. <i>Cajas de filtros de aire modelo SSG</i>	41
Figura 30. <i>Purificador de aire sellado</i>	42
Figura 31. Filtros de combustible de alta eficiencia.....	44
Figura 32. Válvula de drenaje.....	47
Figura 33. Viscosidad	55
Figura 34. Estudio Índice de acidez.....	59
Figura 35. Contaminación por agua	61
Figura 36. Desgaste abrasivo.....	63
Figura 37. Partículas abrasivas	64
Figura 38. Partículas duras incrustadas	65
Figura 39. Frecuencia de las rayaduras	66
Figura 40. Desgaste adhesivo	67
Figura 41. Desgaste por adherencia.....	68
Figura 42. Pedazos de metal	69
Figura 44. Desgaste por erosión	71
Figura 45. Desgaste por erosión	72
Figura 46. Disponibilidad	73
Figura 47. VQC105 Monitoreo de Elementos de Desgaste-500 Horas.....	95
Figura 48. VQC105 Monitoreo de Viscosidad-500 Horas	96

Figura 49. VQC105 Monitoreo de Parámetros de Funcionamiento de Motor-500 Horas ..	96
Figura 50. VQC105 Monitoreo de la Condición del aceite-500 Horas	97
Figura 51. VQC105 Monitoreo de la Condición del aceite-500 Horas	98
Figura 52. VQC110 Monitoreo de Elementos de Desgaste-500 Horas.....	99
Figura 53. VQC110 Monitoreo de Parámetros de Funcionamiento de Motor-500 Horas	100
Figura 54. VQC110 Monitoreo de Viscosidad-500 Horas	101
Figura 55. VQC110 Monitoreo de la Condición-500 Horas	102
Figura 56. VQC105 Inspección de Metales y Muñones de Cigüeñal de Motor– 7500 Hrs	105
Figura 57. Cronograma de las actividades.....	106
Figura 58. Ordenes de trabajo para los volquetes VQC105 y VQC110.....	108
Figura 59. Componentes para la implementación	109
Figura 60. Monitoreo de parámetros	110
Figura 61. Inspección técnica de los metales del cigüeñal	113
Figura 62 Inspección técnica de los metales del cigüeñal	113
Figura 63. Evaluación de motor VQC110 Camisetas A.....	114
Figura 64. Evaluación de motor VQC110 Camisetas B	115
Figura 65. Evaluación de motor VQC110 turbo A.....	115
Figura 66. Evaluación de motor VQC110 turbo B	116
Figura 67. Disponibilidad física promedio 2023- Flota de volquetes 930E.....	117