

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Diseño e implementación de un sistema de gestión
de mantenimiento en equipos de movimiento de
tierra para mejorar la disponibilidad y confiabilidad
en la empresa Multiservicio SYM, Huaraz - 2024**

André Rodas Rosas
Ciro Rodas Rosas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Lima, 2025

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Karina Ponce Begazo
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 09 de Octubre de 2025

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

Título:

Diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento en equipos de movimiento de tierra para mejorar la disponibilidad y confiabilidad en la empresa Multiservicio SYM, Huaraz - 2024

Autores:

1. André Rodas Rosas – EAP. Ingeniería Industrial
2. Ciro Rodas Rosas – 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 19 % 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
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 10 | 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.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)**

ÍNDICE

ASESOR.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	xx
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Pregunta general.....	2
1.2.2 Preguntas específicas	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación	4
1.4.1 Justificación teórica	4
1.4.2 Justificación práctica.....	4
1.4.3 Justificación social	4
1.4.4 Justificación económica	4
1.5 Importancia	5
1.6 Delimitación.....	5
1.6.1 Delimitación temporal.....	5
1.6.2 Delimitación espacial.....	5

1.7	Hipótesis	6
1.7.1	Hipótesis general.....	6
1.7.2	Hipótesis específicas.....	6
1.8	Variables	6
1.8.1	Descripción de variables	6
1.8.2	Operacionalización de variables	7
CAPÍTULO II		8
MARCO TEÓRICO.....		8
2.1	Antecedentes de la investigación	8
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2	Antecedentes nacionales	9
2.1.3	Antecedentes locales	11
2.2	Bases teóricas.....	12
2.2.1	Mantenimiento	12
2.2.2	Tipos de mantenimiento.....	13
2.3	Definición de términos básicos.....	19
CAPÍTULO III.....		22
METODOLOGÍA		22
3.1	Método y alcance de la investigación	22
3.1.1	Método general	22
3.1.2	Alcance	22
3.2	Diseño de la investigación	23
3.2.1	Características:	23
3.2.2	Fases que se abarcara:	23
3.3	Población y muestra.....	24
3.3.1	Población.....	24
3.3.2	Muestra	25
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.4.1	Técnicas de recolección de datos.....	26

3.4.2	Instrumentos de recolección de datos	27
3.5	Instrumentos de análisis de datos.....	28
3.5.1	Diagramas de Ishikawa y Análisis de Modos de Fallas y Efectos	28
CAPÍTULO IV		29
DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y RESULTADOS		29
4.1	Descripción de la empresa y sus procesos	29
4.1.1	Misión	29
4.1.2	Visión.....	29
4.1.3	Valores	29
4.1.4	Organigrama	30
4.1.5	Ubicación de empresa	31
4.2	Diagnóstico y análisis pre-implementado de la gestión de mantenimiento	31
4.2.1	Auditoría técnica de la gestión de mantenimiento según ISO 55001	32
4.2.2	Resultado de auditoría técnica	34
4.2.3	Análisis de causas mediante Diagrama de Ishikawa.....	36
4.3	Indicadores del mantenimiento antes de la implementación.....	37
4.3.1	Disponibilidad mecánica marzo-mayo del 2024.....	37
4.3.2	MTTR - MTBF marzo-mayo del 2024:	38
4.3.3	Precisión de mantenimiento abril-mayo 2024:	40
4.3.4	Registro de fallas marzo – mayo del 2024:.....	42
4.4	Diseño de estrategias.....	53
4.4.1	Mejora en las herramientas de gestión de mantenimiento	54
4.4.2	Implementación de procesos para un sistema integrado de mantenimiento	54
4.5	Evaluación económica	63
4.6	Cronograma.....	64
4.7	Sistema integral de planificación y monitoreo del mantenimiento	66
4.7.1	Plan Maestro de Mantenimiento (PMM) y programación	66
4.7.2	Gestión de Órdenes de Trabajo (OTs)	66
4.7.3	Control de Indicadores de Gestión (KPI's) y mejora continua	66

4.7.4	Digitalización, seguimiento y documentación	67
4.7.5	Estandarización Técnica y Procedimientos (PETs)	67
4.8	Diagnóstico y Análisis de la situación tras la implementación.....	68
4.8.1	Disponibilidad mecánica.....	68
4.8.2	Fórmula de Disponibilidad Mecánica (DM%).....	72
4.8.3	Precisión de mantenimiento	73
4.8.4	Registro de fallas BACKLOG en meses de mayo-octubre	75
4.8.5	Gestión de repuestos	85
4.9	Encuesta aplicada.....	93
4.9.1	Resultados de encuesta de mayo – octubre	94
4.10	Interpretación de resultados de encuesta realizada mayo - octubre 2024	105
4.11	Análisis de implementación	105
4.12	Discusión de resultados.....	107
CAPÍTULO V		108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		108
5.1	Conclusiones.....	108
5.2	Recomendaciones	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		111
ANEXOS		120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variables de operacionalización.	7
Tabla 2.	Lista de equipos de movimiento de tierra.	25
Tabla 3.	Cantidad de Equipos en producción. Muestra Total.	26
Tabla 4.	Escala de madurez del sistema de mantenimiento.	32
Tabla 5.	Tabla comparativa de deficiencias.	33
Tabla 6.	Resultados por Ejes Estratégicos (ISO 55001).	34
Tabla 7.	Tabla de evaluación del proceso de gestión de mantenimiento – SYM.	35
Tabla 8.	Indicadores de mantenimiento DM% y MTBS% (Disponibilidad operativa).	37
Tabla 9.	Indicadores de mantenimiento MTTR (Hrs) y MTBF (Hrs).	39
Tabla 10.	Registro de Fallas mes de marzo.	43
Tabla 11.	Indicadores de mantenimiento DM%, MTBS% (Disponibilidad operativa), MTTR (Hrs) y MTBF (Hrs).	68
Tabla 12.	Progreso de ingreso de data de equipo nuevo.	70
Tabla 13.	Resultados de indicadores.	73
Tabla 14.	Registro de fallas del mes de octubre 2024.	76
Tabla 15.	Repuestos solicitados en los meses de mayo a octubre.	86
Tabla 16.	Ítems con mayor consumo.	87
Tabla 17.	Tabla ABC de repuestos críticos.	88
Tabla 18.	Frecuencia de uso de repuestos.	88
Tabla 19.	Punto de Pedido – ROP.	91
Tabla 20.	Cumplimiento de mantenimiento (Mantto) en los meses de mayo y octubre. .	94
Tabla 21.	Demora de los mantenimientos en los meses de mayo y octubre.	95
Tabla 22.	Inactividad de equipos por mantenimientos en mayo y octubre.	96
Tabla 23.	Determinación para la intervención de equipos en mayo y octubre.	98
Tabla 24.	Inventario de repuestos en proyecto meses de mayo y octubre.	98
Tabla 25.	Nivel de satisfacción por la gestión en el mes de mayo y octubre.	99
Tabla 26.	Identificación y solución de falla al ser identificado.	101

Tabla 27.	Calidad de repuestos enviados a Antamina en los meses de mayo y octubre.103
Tabla 28.	Personal de mantenimiento con la capacidad de intervenir los equipos. 103
Tabla 29.	Indicadores clave pre-post implementación de la gestión de mantenimiento.106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Organigrama de la empresa SYM.	30
Figura 2.	Ubicación de la empresa en una empresa minera.	31
Figura 3.	Diagrama de Ishikawa de la situación pre-implementacion de la empresa.....	36
Figura 4.	Disponibilidad mecánica mes de mayo de equipos.....	38
Figura 5.	Disponibilidad operativa mes de mayo de equipos.....	38
Figura 6.	MTTR y MTBF mes de mayo por clase de equipo.....	39
Figura 7.	MTBF mes de mayo de equipos en obra.....	40
Figura 8.	MTTR mes de mayo de equipos en obra.	40
Figura 9.	Base de datos de mantenimientos preventivos del mes de mayo.....	41
Figura 10.	Desviación de mantenimientos preventivos del mes de marzo a mayo.	42
Figura 11.	Precisión de mantenimientos preventivos del mes de marzo a julio.....	42
Figura 12.	Tipo de intervención y cantidad en horas en meses de mayo-junio.....	51
Figura 13.	Pareto de intervenciones por sistema meses de marzo-mayo.	51
Figura 14.	Pareto de horas de intervención por sistema en meses de marzo-mayo.....	52
Figura 15.	Pareto de fallas recurrentes en meses de marzo-mayo.....	52
Figura 16.	Alcances de la Gestión de mantenimiento.	54
Figura 17.	Progreso de ingreso de data de equipo nuevo.	55
Figura 18.	Proceso de ingreso de data a la BD de mantenimiento preventivo.	56
Figura 19.	Flujograma - mantenimiento preventivo.....	57
Figura 20.	Proceso de ingreso de data a la base de datos de mantenimiento correctivo – Back Log.....	58
Figura 21.	Flujograma – mantenimiento correctivo.	59
Figura 22.	Proceso de ingreso de data a la base de datos – Inoperatividad.....	60
Figura 23.	Flujograma - inspección de equipos.....	61
Figura 24.	Flujograma de requerimiento.	61
Figura 25.	Flujograma - intervención de equipos.....	62
Figura 26.	Presupuesto Global para la implementación del sistema de Gestión de Mantenimiento.	63

Figura 27.	Cronograma de implementación del sistema de Gestión de Mantenimiento. ...	65
Figura 28.	Disponibilidad mecánica y operativa mes de mayo – octubre por clase.....	69
Figura 29.	Análisis MTTR y MTBF mes de mayo – octubre por clase de equipo.....	69
Figura 30.	Disponibilidad mecánica mayo – octubre de equipos.....	70
Figura 31.	Disponibilidad operativa mayo – octubre de equipos.	71
Figura 32.	MTBF mes de mayo a octubre de equipos en obra.....	71
Figura 33.	MTTR mes de mayo a octubre de equipos en obra.....	72
Figura 34.	Base de datos de mantenimientos preventivos del mes de junio a octubre.	74
Figura 35.	Precisión de mantenimientos preventivos de mayo a octubre.....	74
Figura 36.	Desviación de mantenimientos preventivos de mayo a octubre.	75
Figura 37.	Tipo de intervención y horas intervenidas entre mayo - octubre.	80
Figura 38.	Pareto de falla en sistemas entre mayo - octubre.	81
Figura 39.	Pareto por cantidad de intervenciones entre mayo - octubre.	82
Figura 40.	Pareto de fallas recurrentes entre mayo - octubre.	83
Figura 41.	Pareto de repuestos usados.....	87
Figura 42.	Repuestos de mayor consumo.....	89
Figura 43.	Ratio de Uso de Repuestos.....	89
Figura 44.	Personal Entrevistado.....	94
Figura 45.	Cumplimiento de mantenimiento en los meses de mayo y octubre.	95
Figura 46.	Demora de mantenimientos en los meses de mayo y octubre.....	95
Figura 47.	Inactividad de equipos por mantenimientos en mayo y octubre.	96
Figura 48.	Conocimiento de los procesos de mantenimiento A) mayo, B) octubre.	97
Figura 49.	Seguimiento de fallas A) mayo 2024, B) octubre 2024.	97
Figura 50.	Determinación para la intervención de equipos en mayo y octubre.	98
Figura 51.	Inventario de repuestos en proyecto meses de mayo y octubre.	99
Figura 52.	Nivel de satisfacción por la gestión post implementación de mantenimiento, mayo y octubre.	99
Figura 53.	Impacto de mantenimientos en la productividad A) mayo, B) octubre 2024.	100
Figura 54.	Capacitación al personal de mantenimiento A) mayo, B) octubre 2024.....	100

Figura 55.	Medidas preventivas de los equipos en obra A) mayo, B) octubre 2024.....	101
Figura 56.	Identificación y solución de falla al ser identificado.	102
Figura 57.	Repuestos críticos en Stock para la operación A) mayo, B) octubre 2024. ...	102
Figura 58.	Calidad de repuestos enviados a Proyecto en los meses de mayo y octubre..	103
Figura 59.	Personal de mantenimiento con la capacidad de intervenir los equipos de mayo y octubre.....	105

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos de movimiento de tierra en la empresa SYM, dedicada al sector minero en Huaraz. La metodología empleada comprende un enfoque mixto de investigación (cuantitativo y cualitativo), que permite un análisis exhaustivo de la situación antes de la implementación en el área de mantenimiento, así como un diagnóstico preciso sobre los factores críticos que limitaron el rendimiento operativo de la flota. A través de la recopilación de datos históricos, entrevistas con el personal técnico y observaciones directas en campo, se identificaron deficiencias estructurales importantes, tales como la carencia de una planificación sistematizada en el mantenimiento preventivo, un seguimiento ineficiente de repuestos críticos y la falta de protocolos estandarizados para la atención de fallas. Estas condiciones afectaban directamente la confiabilidad de los equipos, provocando una alta frecuencia de fallos (bajo MTBF), reparaciones prolongadas (alto MTTR) y paradas no planificadas.

El plan implementado contempló un sistema integral de mantenimiento basado en herramientas estructuradas de planificación, control y ejecución. Se introdujeron indicadores clave como el Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), además del seguimiento constante a la disponibilidad operativa, lo que permitió medir con precisión los cambios y avances generados por la intervención. Como resultado, la disponibilidad mejoró significativamente, pasando de un 92.5 % a un 98.1 %, lo cual representa un incremento del 6.05 % en la capacidad operativa de los equipos. Paralelamente, la confiabilidad también experimentó una mejora cuantificable: el MTBF aumentó de 48.2 horas a 60 horas, lo que implica una disminución en la frecuencia de fallos en 11.8 horas por equipo, mientras que el MTTR se redujo de 2.4 horas a 2.2 horas, acortando el tiempo requerido para reincorporar el equipo a operación tras una avería.

Las mejoras propuestas incluyeron la estandarización de procedimientos técnicos mediante el uso de formatos, checklists y plantillas específicas, el desarrollo de herramientas tecnológicas como hojas de control digital y registros electrónicos de fallas, así como la capacitación especializada del personal técnico en mantenimiento preventivo, predictivo y gestión de repuestos. Este conjunto de acciones favoreció una transición desde un modelo reactivo hacia un modelo proactivo, impactando directamente en la confiabilidad de los activos, al reducir la ocurrencia de fallas imprevistas, asegurar un flujo continuo de información y permitir la trazabilidad de cada intervención.

Adicionalmente, el nuevo sistema fortalece la toma de decisiones mediante la generación sistemática de reportes mensuales de desempeño, la evaluación detallada de las causas raíz de las fallas y la priorización inteligente de las tareas de mantenimiento programado. Estos componentes no solo elevan la confiabilidad técnica, sino que también permiten anticiparse a escenarios críticos, garantizar la seguridad operativa y mantener una producción estable.

Los resultados finales reflejan una percepción positiva entre los trabajadores del área operativa y técnica, quienes reconocen mejoras en la eficiencia global del sistema, una mayor disponibilidad de equipos clave y una mejor coordinación entre planificación y ejecución. El sistema de gestión implementado no solo se alinea con los objetivos de eficiencia y confiabilidad de SYM, sino que también consolida su posicionamiento competitivo en el sector minero. Este estudio se establece como una referencia para otras empresas que enfrentan desafíos similares en cuanto a confiabilidad operativa, y demuestra cómo un enfoque técnico basado en datos, planificación y control puede traducirse en mayor productividad, menor costo de operación y prolongación de la vida útil de los equipos.

Palabras claves: gestión de mantenimiento, disponibilidad y confiabilidad, equipos de movimiento de tierra, mantenimiento preventivo y predictivo, indicadores de desempeño (MTBF, MTTR), reducción de inactividad, eficiencia operativa, empresa SYM, sector minero, optimización de recursos.

ABSTRACT

This project aims to design and implement a maintenance management system to improve the availability and reliability of earthmoving equipment at SYM, a mining company in Huaraz. The methodology employed includes a mixed quantitative and qualitative research approach, allowing for a thorough analysis of the situation before implementation in the maintenance area, as well as an accurate diagnosis of the critical factors that limited the fleet's operational performance. Through historical data collection, interviews with technical personnel, and direct field observations, significant structural deficiencies were identified, such as the lack of systematic preventive maintenance planning, inefficient tracking of critical spare parts, and a lack of standardized protocols for fault management. These conditions directly affected equipment reliability, resulting in a high failure rate (low MTBF), prolonged repair times (high MTTR), and unplanned downtime.

The implemented plan included a comprehensive maintenance system based on structured planning, control, and execution tools. Key indicators such as Mean Time Between Failures (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR) were introduced, in addition to constant monitoring of operational availability, which allowed for accurate measurement of the changes and progress generated by the intervention. As a result, availability improved significantly, from 92.5% to 98.1%, representing a 6.05% increase in the equipment's operational capacity. At the same time, reliability also experienced a measurable improvement: MTBF increased from 48.2 hours to 60 hours, implying a decrease in the failure rate of 11.8 hours per piece of equipment, while MTTR was reduced from 2.4 hours to 2.2 hours, shortening the time required to return equipment to operation after a breakdown. The proposed improvements included the standardization of technical procedures through the use of specific formats, checklists, and templates, the development of technological tools such as digital control sheets and electronic fault logs, as well as specialized training for technical staff in preventive and predictive maintenance and spare parts management. This set of actions facilitated a transition from a reactive to a proactive model, directly impacting asset reliability by reducing the occurrence of unforeseen failures, ensuring a continuous flow of information, and enabling traceability of each intervention.

Additionally, the new system strengthens decision-making through the systematic generation of monthly performance reports, detailed evaluation of the root causes of failures, and intelligent prioritization of scheduled maintenance tasks. These components not only increase technical reliability but also allow for anticipating critical scenarios, ensuring operational safety, and maintaining stable production.

The final results reflect a positive perception among operational and technical staff, who recognize improvements in the overall efficiency of the system, greater availability of key equipment, and better coordination between planning and execution. The implemented management system not only aligns with SYM's efficiency and reliability objectives but also consolidates its competitive position in the mining sector. This study serves as a benchmark for other companies facing similar operational reliability challenges and demonstrates how a technical approach based on data, planning, and control can translate into increased productivity, lower operating costs, and extended equipment lifespan.

Keywords: maintenance management, availability and reliability, earthmoving equipment, preventive and predictive maintenance, performance indicators (MTBF, MTTR), downtime reduction, operational efficiency, SYM company, mining sector, resource optimization.