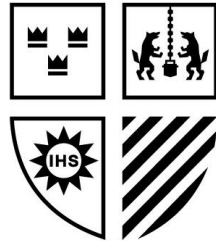


# UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA

Facultad de Ingeniería y Gestión



# UARM

Universidad  
Antonio Ruiz  
de Montoya

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE  
PROPULSIÓN Y DISPONIBILIDAD DE CAMIONES  
ELÉCTRICOS 930E EN UNA EMPRESA MINERA A TAJO  
ABIERTO UBICADA AL SUR DEL PERÚ**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Presentan los Bachilleres:

**JULIO ALBERT PACCO CÁRDENAS**

**JOSÉ DANIEL TITO RAMOS**

**Presidente: Fernando Gonzalo Villarán de la Puente**

**Asesor: Oscar Alberto Gallegos Llerena**

**Lector: Carlos Alberto Ramírez Briceño**

**Lima- Perú**

**Abril del 2022**

## RESUMEN

La presente investigación propone un plan de mantenimiento basado en RCM para incrementar la disponibilidad de la flota de camiones Komatsu en una empresa minera del sur del Perú, señalando la relevancia que tiene la maquinaria pesada para el rubro de la minería. Es importante que los equipos posean una alta disponibilidad para operar dentro de la minera, puesto que, de no ser así, las consecuencias que producirá serán negativas.

Dentro de la empresa minera del sur del Perú, se detectó que la flota de camiones eléctricos Komatsu 930E, posee un plan de mantenimiento incompleto, dado que, se realizan mantenimientos programados en la aérea mecánica de forma periódica, pero el área eléctrica no es inspeccionada con la misma frecuencia, lo que ha venido generando un elevado número de paradas no programadas y gastos por reparación.

Se propone la elaboración de un plan de mantenimiento Basado en la Confiabilidad tomando en cuenta las condiciones de la mina y los registro recabados, para que este plan que vaya acorde a la realidad de la empresa y los equipos. Su efectividad se verá reflejada en los registros de paradas y fallas llevados por los encargados de los equipos.

La investigación se encuentra dividida en siete capítulos: En el primer capítulo, desarrolla el planteamiento del problema y por qué se optó por realizar la presente investigación, así como la fijación de los objetivos que pretenden lograr. En el segundo capítulo, se desarrolla el marco teórico explicando los conceptos de mantenimiento y sus tipos, la metodología a utilizar para la implementación del RCM y el sistema de simulación Monte Carlo para la comprobación de resultados. En el tercer capítulo se centra en el desarrollo de la metodología de investigación a emplearse. El cuarto capítulo

describirá la situación actual de la empresa minera a tajo abierto del sur del Perú, la descripción de los equipos y sus componentes. En el quinto capítulo, se determinan las causas y consecuencias que acarrearán las paradas por mantenimientos no programados en los camiones Komatsu, y se determina la alternativa de solución, optando por la aplicación del RCM para aumentar la disponibilidad de los camiones. En el sexto capítulo, se da a conocer la propuesta de aplicar RCM, mediante la elaboración de la hoja de información y decisión del RCM, adicionalmente, se fija la programación para su implementación. En el séptimo capítulo se aplica el método de simulación de Monte Carlo para la evaluación de los diferentes escenarios que se podrían presentar. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones en la que se precisa la necesidad de desarrollar y contar con un nuevo plan de mantenimiento para la flota de camiones Komatsu 930E.

**Palabras clave:** Mantenimiento, RCM, Disponibilidad, Confiabilidad, Fallas



UARM  
Universidad  
Antonio Ruiz  
de Montoya

## **ABSTRACT**

This research proposes a maintenance plan based on RCM to increase the availability of the Komatsu truck fleet in a mining company in southern Peru, pointing out the relevance of heavy machinery for the mining sector. It is important that the equipment has a high availability to operate within the mining company, since, if not, the consequences that it will produce will be negative.

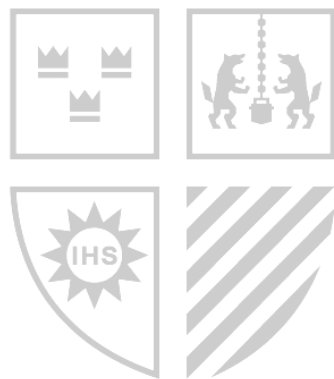
Within the mining company of southern Peru, it was detected that the Komatsu 930E electric truck fleet has an incomplete maintenance plan, since scheduled maintenance is carried out in the mechanical area periodically, but the electrical area is not inspected with the same frequency, which has been generating a high number of unscheduled stops and repair costs.

It is proposed to prepare a maintenance plan Based on Reliability, taking into account the conditions of the mine and the records collected, so that this plan is consistent with the reality of the company and the equipment. Its effectiveness will be reflected in the stops and failures records kept by the team managers.

The research is divided into seven chapters: In the first chapter, it develops the statement of the problem and why it was chosen to carry out this research, as well as the setting of the objectives that they intend to achieve. In the second chapter, the theoretical framework is developed explaining the maintenance concepts and their types, the methodology to be used for the implementation of the RCM and the Monte Carlo simulation system for the verification of results. The third chapter focuses on the development of the research methodology to be used. The fourth chapter will describe the current situation of the open pit mining company in southern Peru, the description of the equipment and its components. In the fifth chapter, the causes and consequences of

unscheduled maintenance stops in Komatsu trucks are determined, and the alternative solution is determined, opting for the application of RCM to increase the availability of the trucks. In the sixth chapter, the proposal to apply RCM is disclosed, through the preparation of the information and decision sheet of the RCM, additionally, the programming for its implementation is set. In the seventh chapter, the Monte Carlo simulation method is applied to evaluate the different scenarios that could be presented. Finally, the conclusions and recommendations are presented which specify the need to develop and have a new maintenance plan for the Komatsu 930E truck fleet.

**Keywords:** Maintenance, RCM, Availability, Reliability, Failure



**UARM**

Universidad  
Antonio Ruiz  
de Montoya

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	15
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO .....	17
1.1. Enunciado .....	17
1.2. Planteamiento del problema.....	17
1.3. Problema de investigación .....	18
1.4. Objetivos de la investigación.....	19
1.5. Justificación de la investigación .....	19
1.6. Hipótesis .....	21
1.7. Alcances de la investigación.....	21
1.8. Viabilidad de estudio .....	21
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	22
2.1. Estado del arte.....	22
2.2. Marco Teórico.....	27
2.3. Marco Conceptual.....	64
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....	66
3.1. Tipo de investigación y nivel de investigación.....	66
3.2. Unidad de observación.....	67
3.3. Recolección de datos .....	67
3.4. Diseño de instrumento .....	68
3.5. Técnica de procesamiento y análisis de datos .....	69
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO .....	71
4.1. Descripción de la problemática.....	71
4.2. Análisis situacional .....	72
4.3. Descripción del proceso actual de mantenimiento de los camiones eléctricos Komatsu 930E.....	73
4.4. Fase 1: Situación inicial de los camiones eléctricos Komatsu 930E .....	74
4.5. Fase 2: Listado de funciones y sus especificaciones .....	79

4.6.	Fase 3: Registro de fallas del equipo .....	90
4.7.	Fase 4: Determinación de los modos de falla .....	92
4.8.	Fase 5: Análisis de criticidad de los camiones eléctricos 930E.....	97
4.9.	Fase 6: Selección de alternativa.....	102
CAPITULO V: PROPUESTA .....		104
5.1.	Definición del contexto operacional .....	104
5.2.	Clasificación de los sistemas .....	109
5.3.	Elaboración de las hojas de información de RCM .....	110
5.4.	Elaboración de las hojas de decisión y plan de mantenimiento basado en RCM 118	
5.5.	Resumen de resultados del AMFE.....	124
5.6.	Plan de mantenimiento propuesto para el Sistema de propulsión. ....	125
5.7.	Cronograma de mantenimiento.....	133
5.8.	Nueva disponibilidad operativa .....	140
CAPITULO VI: EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....		142
6.1.	Características del cambio del plan de mantenimiento.....	142
6.2.	Análisis de los resultados de la investigación.....	143
6.3.	Simulación Crystal Ball .....	144
CONCLUSIONES.....		150
RECOMENDACIONES.....		152
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		153
ANEXOS .....		158