



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Maestría en Gestión del Mantenimiento

**METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN
CONFIABILIDAD (RCM) PARA LÍNEAS AÉREAS DE
SUBTRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE 69
KV: CASO DE ESTUDIO EMPRESA ELÉCTRICA
REGIONAL CENTRO SUR C.A.**

Autor:

Carlos Alberto Morocho Cabrera

Director:

Ing. Álvarez Coello Gustavo Andrés, M.Sc.

Cuenca – Ecuador

2025

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN:.....	vi
ABSTRACT:.....	vi
1. Introducción.....	3
2. Marco teórico y revisión de literatura.....	3
2.1 Fundamentos del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	3
2.2 Comparación de enfoques de mantenimiento y justificación del modelo RCM	4
2.3 Aplicación del RCM en líneas aéreas de subtransmisión	5
2.4 Estado del arte y desarrollos recientes	5
3. Metodología.....	6
3.1 Diseño de investigación	6
3.2 Técnicas de recolección de datos	6
3.3 Procedimiento de análisis metodológico	7
3.4 Sinopsis gráfica del procedimiento metodológico	7
3.5 Consideraciones éticas	8
4. Resultados.....	8
4.1 Análisis FMECA: Identificación y jerarquización de modos de falla	8
4.2 Diseño de planes de mantenimiento basados en RCM	8
4.3 Evaluación del plan RCM mediante indicadores clave de desempeño (KPI)	9
5. Discusión.....	11
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	12
6.1 Conclusiones	12
6.2 Recomendaciones	12
7. Apéndice A. Análisis FMECA por línea de subtransmisión.....	13
8. Referencias.....	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparativo de enfoques de mantenimiento en sistemas eléctricos.....	4
Tabla 2: Tasas de falla promedio anual por cada 100 km de línea aérea, según clima (CIGRE, 2017).....	5
Tabla 3: Resumen de estrategias de mantenimiento por tipo, frecuencia y unidad responsable	9
Tabla 4: Indicadores clave de desempeño (KPI): Perspectivas técnica, financiera, operativa y normativa.	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de la metodología RCM aplicada.....	7
---	---

DEDICATORIA

A mi esposa Linda, por su amor, fe y ternura en cada etapa de este camino. Gracias por estar a mi lado con esa paciencia inagotable, esa comprensión profunda y esa entrega que solo tú sabes dar.

A mis hijas Diana, Martina y Sara, cuya alegría, ternura y amor han llenado mi vida de sentido y de inspiración.

A mi madre Martha, por su fortaleza y amor incondicional, que han sido mi guía constante y mi refugio seguro a lo largo de mi vida.

A la memoria de mi padre Carlos, cuya integridad y ejemplo siguen marcando mi rumbo. Aunque ausente físicamente, su presencia vive en cada uno de mis logros.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad del Azuay por el respaldo académico brindado durante el desarrollo de esta investigación. Extiendo un especial reconocimiento a la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (CENTROSUR), por facilitar el acceso a información técnica clave, siempre bajo los principios de confidencialidad y uso exclusivo con fines científicos.

Asimismo, valoro profundamente la orientación técnica y metodológica del Ing. Gustavo Álvarez Coello, M.Sc., cuyo acompañamiento fue fundamental para asegurar la rigurosidad y solidez del enfoque investigativo.

Agradezco también a los profesores y compañeros del Programa de Maestría en Gestión del Mantenimiento, por su guía, compañerismo y por haber hecho de esta etapa una experiencia académica profundamente enriquecedora.

RESUMEN:

Las líneas aéreas de subtransmisión de 69 kV constituyen un componente estratégico del sistema eléctrico ecuatoriano, al articular la red nacional de transmisión con los sistemas regionales de distribución. Estas infraestructuras enfrentan desafíos operativos crecientes derivados del envejecimiento de activos, condiciones ambientales severas y esquemas de mantenimiento predominantemente reactivos, lo cual compromete su confiabilidad y desempeño técnico.

Este artículo propone una metodología estructurada para la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), empleando como estudio de caso a la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (CENTROSUR). Se adopta un enfoque cualitativo-descriptivo bajo el diseño de estudio de caso, que integra análisis funcional, FMECA, evaluación de criticidad y formulación de planes de mantenimiento diferenciados.

Los resultados permite jerarquizar modos de falla críticos en tres líneas representativas (L69CU103, L690918 y L69CU07), lo que posibilita el diseño de intervenciones técnicas focalizadas. Asimismo, se establece un sistema de indicadores clave de desempeño (KPI) estructurado en cuatro dimensiones: técnica, financiera, operativa y de sostenibilidad.

El modelo propuesto demuestra ser eficaz, escalable y alineado con estándares internacionales (SAE JA1011 y JA1012), promoviendo una gestión más resiliente de los activos eléctricos, especialmente en contextos latinoamericanos con restricciones estructurales.

Palabras clave: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), Gestión de activos eléctricos, Subtransmisión de energía eléctrica, Análisis FMECA, Indicadores clave de desempeño (KPI).

ABSTRACT:

The 69 kV overhead sub-transmission lines are critical assets within Ecuador's power infrastructure, serving as essential interfaces between the national transmission network and regional distribution systems. These systems face increasing operational challenges due to asset aging, adverse environmental conditions, and predominantly reactive maintenance strategies, which compromise reliability and technical performance.

This paper presents a structured methodological framework for the implementation of Reliability-Centered Maintenance (RCM), using Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (CENTROSUR) as a representative case study. The research adopts a qualitative, case-based approach incorporating functional analysis, FMECA, criticality assessment, and tailored maintenance planning.

Key findings identify and prioritize failure modes across three representative transmission lines (L69CU103, L690918, and L69CU07), supporting the design of targeted technical interventions. Additionally, a performance monitoring system based on key performance indicators (KPIs) is developed across four perspectives: technical, financial, operational, and sustainability.

The proposed RCM framework proves effective, scalable, and aligned with international standards (SAE JA1011 and JA1012), fostering enhanced asset reliability and resilience, particularly in Latin American systems operating under structural and resource constraints.

Keywords: Reliability-Centered Maintenance (RCM), Electric Asset Management, Power Subtransmission, FMECA Analysis, Key Performance Indicators (KPI).