

**Aplicativo basado en analítica de datos para la optimización  
del mantenimiento predictivo de equipos de potencia en  
subestación eléctrica Sabanalarga (Atlántico).**

**Presentan:**

Lorena Isabel Toledo Buitrago  
**Código estudiantil:** 20241152764768

Yeiner Vanesa Carrillo Colón  
**Código estudiantil:** 2025114976964

Cristian David Buitrago Beltran  
**Código estudiantil:** 2025114970214

Luis Fernando Jalal Contreras  
**Código estudiantil:** 2025114976871

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar el título de:

**Especialista en Gerencia de Proyectos**

**Tutores:**

Víctor Manuel Montaña Ardila

Olga Marina Martínez Palmera

**Marzo de 2026**

## Resumen

Este proyecto de investigación propone el diseño de una plataforma tecnológica basada en analítica de datos para optimizar el mantenimiento predictivo de equipos de potencia en la subestación elevadora Sabanalarga, operada a 110 kV por TRANSELCA. La problemática identificada radica en que los procesos actuales de mantenimiento se fundamentan principalmente en inspecciones preventivas y correctivas, lo que limita la capacidad de anticipar fallas y afecta la confiabilidad y disponibilidad del sistema eléctrico. Por ende, el objetivo es diseñar un sistema que integre variables críticas de operación como temperatura, vibración y disrupciones mediante mecanismos de recopilación, procesamiento y análisis avanzado de datos. A partir de modelos de inteligencia artificial, la plataforma identifica patrones de desgaste y comportamientos anómalos, permitiendo predecir fallas con mayor precisión y fortalecer la toma de decisiones basada en evidencia.

La metodología adopta un enfoque mixto que combina el análisis cuantitativo de variables operativas con análisis cualitativo derivado de encuestas, entrevistas técnicas y validación experta con profesionales del sector eléctrico. Los resultados evidencian una aceptación favorable hacia la implementación de la plataforma y confirman que las variables estudiadas son determinantes para anticipar fallas térmicas, mecánicas y dieléctricas.

Se concluye que la integración de analítica de datos y conocimiento técnico especializado constituye una alternativa viable para mejorar la confiabilidad, eficiencia operativa y gestión del mantenimiento, facilitando la transición de un modelo reactivo a uno predictivo mediante alertas tempranas, visualización de datos y generación automatizada de informes.

**Palabras Clave:** *Analítica de datos, inteligencia artificial, mantenimiento predictivo, subestaciones eléctricas, plataformas tecnológicas.*

## Abstract

This research project proposes the design of a technological platform based on data analytics to optimize the predictive maintenance of power equipment in the Sabanalarga lift substation, operated at 110 kV by TRANSELCA. The identified problem lies in the fact that current maintenance processes are based mainly on preventive and corrective inspections, which limits the ability to anticipate failures and affects the reliability and availability of the electrical system. Thus, the goal is to design a system that integrates critical operating variables such as temperature, vibration, and disruptions through advanced data collection, processing, and analysis mechanisms. Using artificial intelligence models, the platform identifies wear patterns and abnormal behaviors, allowing for more accurate failure predictions and strengthening evidence-based decision-making.

The methodology adopts a mixed approach that combines quantitative analysis of operational variables with qualitative analysis derived from surveys, technical interviews and expert validation with professionals in the electrical sector. The results show a favorable acceptance towards the implementation of the platform and confirm that the variables studied are determinative to anticipate thermal, mechanical and dielectric failures.

It is concluded that the integration of data analytics and specialized technical knowledge constitutes a viable alternative to improve reliability, operational efficiency and maintenance management, facilitating the transition from a reactive model to a predictive one through early warnings, data visualization and automated reporting.

**Keywords:** *data analytics, artificial intelligence, predictive maintenance, electrical substations, technological platforms*

## Referencias:

Aguaiza Loja, J. P. (2011). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo aplicado a equipos de telecomunicaciones IPASOLINK utilizando termografía infrarroja* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4277>

Atuesta, J. (2022). *Análisis de eventos y fallas en sistemas eléctricos de potencia en la región Caribe colombiana* [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co>

Ballal, M. S., Khan, Z. J., Haque, M. H., & Suryawanshi, H. M. (2017). Online condition monitoring and diagnostic system for power transformers. *IEEE Sensors Journal*, 17(13), 4112–4119. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2707348>

Billinton, R., & Allan, R. (1996). *Reliability evaluation of power systems* (2.<sup>a</sup> ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1860-4>

Bowen, G. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>

Clegg, D., & Barker, R. (1994). *Case method fast-track: A RAD approach*. Addison-Wesley. <https://books.google.com/books?id=1F5QAAAAMAAJ>

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2014). *Resolución 026 de 2014: Por la cual se establece el Estatuto para Situaciones de Riesgo de Desabastecimiento en el Mercado Mayorista de Energía como parte del Reglamento de Operación*. Ministerio de Minas y Energía. [https://www.creg.gov.co/sites/default/files/resolucion\\_026\\_2014.pdf](https://www.creg.gov.co/sites/default/files/resolucion_026_2014.pdf)

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5.ª ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/research-design/book255675>

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3.ª ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/designing-and-conducting-mixed-methods-research/book241842>

Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2017). *Competing on analytics: Updated, with a new introduction*. Harvard Business Review Press. <https://hbr.org/product/competing-on-analytics-updated-with-a-new-introduction/10083-HBK-ENG>

Dym, C. L., & Little, P. (2009). *Engineering design: A project-based introduction* (3.ª ed.). Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470545157>

Energies. (2017). Automatic thermal image analysis for substation equipment defect detection using machine learning. *Energies*, 10(8), 1150. <https://doi.org/10.3390/en10081150>

Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27–36. [https://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3\\_Validez\\_de\\_contenido.pdf](https://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3_Validez_de_contenido.pdf)

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5.ª ed.). SAGE Publications. <https://study.sagepub.com/field5e>

- Grid Solutions. (2022). *Asset performance management (APM): Digital solutions for grid reliability*. General Electric. <https://www.gegridsolutions.com>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com.mx/metodologia-de-la-investigacion-9786071502919-mexico>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2021). *IEEE guide for maintenance, operation and safety of power substations*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9414471>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2021). *IEEE guide for electric power distribution reliability indices* (IEEE Std 1366-2021). <https://ieeexplore.ieee.org/document/9442787>
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1–55. <https://psychclassics.yorku.ca/Likert/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). *Resolución 90708 de 2013: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas — RETIE*. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/Resolucion+90708+de+2013.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Resolución 40117 de 2024: Actualización del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.*

<https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica/reglamento-tecnico-de-instalaciones-electricas-rette/>

Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2.<sup>a</sup> ed.). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-075067531-7.X5000-4>

Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance* (2.<sup>a</sup> ed.). Industrial Press. <https://www.industrialpress.com/reliability-centered-maintenance>

Nuruzzaman, M., Limon, G. Q., Chowdhury, A. R., & Khan, M. A. M. (2025). Predictive maintenance in power transformers: A systematic review of AI and IoT applications. *ASRC Procedia: Global Perspectives in Science and Scholarship*, 1(1), 34–47. <https://doi.org/10.63125/r72yd809>

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo en una población de estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

Pressman, R., & Maxim, B. (2020). *Software engineering: A practitioner's approach* (9.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com/highered/product/software-engineering-practitioner-s-approach-pressman-maxim/M9780078022128.html>

Pulido, S. (2008). *Detección de fallas térmicas en subestaciones mediante inspecciones infrarrojas* [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. <https://biblioteca.utb.edu.co>

Román-Espinales, J., & Navarrete-García, A. (2024). Estudio termográfico para la predicción de averías en la subestación Crucita alimentador Crucita-Los Arenales. *Polo del Conocimiento*. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/7561>

Román-Espinales, J., & Navarrete-García, L. (2024). Inspección termográfica aplicada a barras de media tensión en subestaciones eléctricas del Caribe colombiano. *Revista Ingeniería Energética*.

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4.<sup>a</sup> ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P2000000003500>

Saldaña, J. (2021). *The coding manual for qualitative researchers* (4.<sup>a</sup> ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/the-coding-manual-for-qualitative-researchers/book273583>

Semana. (2021). *Incendio en subestación 20 de Julio dejó sin energía a miles de usuarios en Barranquilla*. Revista Semana. <https://www.semana.com>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2022). *Reporte de eventos programados y no programados en el sistema eléctrico colombiano*. <https://www.superservicios.gov.co>

Unidad de Planeación Minero-Energética. (2020). *Plan de expansión de referencia generación–transmisión 2020–2034*. <https://www.upme.gov.co>

Universidad Industrial de Santander. (2006). *Desarrollo de algoritmos para la interpretación de imágenes termográficas en equipos ISA*. UIS Publicaciones.  
<https://repositorio.uis.edu.co>

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6.<sup>a</sup> ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/case-study-research-and-applications/book250150>

Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889.  
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>