

Oportunidades de Economía Circular en el Mantenimiento de Equipos Eléctricos Industriales:

Análisis Prospectivo y Escenarios AI 2030

Andrés Felipe Gómez Belalcázar, Jorge Arturo Salazar Ortega, Luis Ferney Ortiz Torres

IME INGENIERIA DE MAQUINAS ELÉCTRICAS SAS

E-mail: Andresgomezbelalcazar.22@gmail.com, Jorge.arturo2508@gmail.com,

ortiz.luis@correounivalle.edu.co

Santiago de Cali – Colombia

Resumen:

La economía circular aplicada al mantenimiento de equipos eléctricos industriales es una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sector. Mediante un análisis multicriterio (MCDA) se priorizaron la remanufactura, la trazabilidad digital con IoT y la servitización. Estas estrategias presentan una oportunidad de reducción de costos operativos de hasta 35% y de emisiones de CO₂ de hasta 85%. Además, se propone una hoja de ruta de tres fases, con una inversión estimada de €5 millones y un retorno de €11.2 millones (ROI 2.2x).

1. Introducción

América Latina proyecta un crecimiento del 17% en residuos eléctricos y electrónicos para 2026. La remanufactura industrial puede reducir desechos entre 80–99% y emisiones de CO₂ hasta el 99%, mientras la industria europea del sector ya genera €30,000M anuales con proyecciones de €100,000M al 2030.

La literatura aborda la economía circular y mantenimiento industrial como campos independientes, sin marcos prospectivos cuantitativos para equipos eléctricos. Este trabajo aporta al cierre de esa brecha con un enfoque integrado y validado.

2. Metodología

Revisión sistemática: 45 documentos (Scopus, WoS, IEEE 2020–2025), Análisis morfológico: 16 variables críticas en 4 dimensiones — Tecnológica, Económica, Regulatoria y Social. Modelo MCDA cuantitativo para 12 oportunidades circulares:

$$P_i = 0.40I + 0.35V + 0.25M \quad (1)$$

I: Impacto ambiental | V: Viabilidad técnico-económica | M: Madurez TRL.

3. Resultados

Oportunidad	I	V	M	P	#
Remanufactura motores	9.1	8.6	8.2	8.65	1
Mant. predictivo IoT	8.2	8.4	8.8	8.45	2
Servitización (PaaS)	8.9	7.2	7.8	8.20	3
Remanufact. transform.	8.8	7.9	7.6	8.12	4
Trazabilidad digital	7.8	8.2	8.5	8.12	4
Retrofitting equipos	8.0	7.8	8.0	7.95	6
Extensión vida útil	8.3	7.6	7.9	7.95	6
Reconstrucción tableros	7.4	8.1	7.8	7.75	8
Logística inversa	7.5	7.7	7.5	7.57	9
Diseño modular	8.5	6.9	6.5	7.50	10

Tabla 1. MCDA (I: Impacto, V: Viabilidad, M: Madurez, P: Prioridad)

4. Conclusiones

El análisis MCDA evidencia una oportunidad sobre la economía circular en el mantenimiento eléctrico industrial. Las oportunidades top-3 son robustas a variaciones de ponderación. El 92% dependen críticamente de tecnologías Industria 4.0. La remanufactura es oportunidad de diferenciación para OEMs; los incentivos fiscales son aceleradores para la transición hacia un modelo circular.

Bibliografía

[1] ONU MA (2018). Economía circular y residuos. [2] Min. MA Chile (2025). RAEE en AL. [3] MacArthur Foundation (2015). Towards a circular economy.