

Gestión sostenible de transformadores fuera de servicio: evaluación de prácticas ambientales y responsabilidad corporativa en las redes eléctricas de Macas

Sustainable management of out-of-service transformers: assessment of environmental practices and corporate responsibility in the power grids of Macas

Jairo Alejandro Naranjo Sarmiento, Diana Cristina Morales Urrutia, Diego Patricio Cisneros Quintanilla

Resumen

Este estudio evaluó las prácticas de gestión ambiental y responsabilidad corporativa en el manejo de transformadores fuera de servicio en las redes eléctricas de Macas, Ecuador. Se empleó una metodología cuantitativa, no experimental y transversal con un censo de 29 técnicos y administrativos de la Empresa Eléctrica Macas, utilizando una encuesta con preguntas tipo escala Likert y revisión de registros técnicos. Las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) mostraron distribuciones no normales en todas las variables ($p < 0.05$), se demostró una alta confiabilidad del instrumento Alfa de Cronbach de ($\alpha=0,865$), y se revelaron correlaciones significativas entre componentes clave de un modelo de gestión sostenible justificando el uso de correlaciones de Spearman. Los resultados demostraron que la articulación entre trazabilidad mediante inventarios actualizados, protocolos estandarizados, integración estratégica de la sostenibilidad y coordinación interinstitucional influye positivamente en la adopción de prácticas ambientalmente responsables. Estos hallazgos confirman la hipótesis de que un modelo de gestión sostenible fortalece las prácticas ambientales y corporativas, particularmente en contextos de recursos limitados. Se concluye proponiendo un modelo contextualizado que prioriza la reutilización de equipos post-2015, disposición mediante subastas inversas y gestión especializada de transformadores con PCB, contribuyendo a la optimización de recursos y reducción de impactos ambientales en infraestructura eléctrica rural.

Palabras clave: Sostenibilidad; Transformadores; Gestión sostenible; Residuos eléctricos; Responsabilidad ambiental

Jairo Alejandro Naranjo Sarmiento

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | jairo.naranjo.02@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-1878-7721>

Diana Cristina Morales Urrutia

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | diana.morales@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9693-3192>

Diego Patricio Cisneros Quintanilla

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | dcisneros@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0897-8938>

Abstract

This study evaluated the practices of environmental management and corporate responsibility in the management of transformers out of service in the electrical networks of Macas, Ecuador. A quantitative, non-experimental and cross-sectional methodology was used with a census of 29 technicians and administrators from the Macas Electric Company, using a survey with Likert scale questions and review of technical records. The normality tests (Shapiro-Wilk) showed non-normal distributions in all variables ($p < 0.05$), a high reliability of the Cronbach's Alpha instrument was demonstrated ($\alpha=0.865$) and revealed significant correlations between key components of a sustainable management model justifying the use of Spearman correlations. The results showed that linking traceability through up-to-date inventories, standardized protocols, strategic integration of sustainability and inter-agency coordination positively influences the adoption of environmentally responsible practices. These findings confirm the hypothesis that a sustainable management model strengthens environmental and corporate practices, particularly in resource-constrained contexts. It concludes by proposing a contextualized model that prioritizes the reuse of post-2015 equipment, disposal through reverse auctions and specialized management of transformers with PCBs, contributing to the optimization of resources and reduction of environmental impacts in rural electricity infrastructure.

Keywords: Sustainability; Transformers; Sustainable management; Electrical waste; Environmental responsibility

Introducción

La gestión de transformadores eléctricos fuera de servicio representa un desafío técnico y ambiental de creciente relevancia en el sector energético, especialmente, por la presencia de residuos peligrosos como los bifenilos policlorados (PCB), clasificados como contaminantes orgánicos persistentes, por el Convenio de Estocolmo (Fraga et al., 2020; Moody y Townsend, 2017). Su manejo inadecuado no solo genera impactos negativos en los ecosistemas, sino que también implica pérdidas económicas y riesgos para la salud pública. A nivel global, existe un consenso sobre la necesidad de adoptar modelos de gestión que prioricen la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa, tal como lo reflejan iniciativas como el Pacto Verde de la Unión Europea, que promueve la transición hacia una economía circular en el sector eléctrico (European Commission Directorate General for Communication, 2020; Ghisellini et al., 2016; Acerbi y Taisch, 2020).

En este contexto, la sostenibilidad se configura como un marco integral que busca equilibrar las dimensiones: económica, ambiental y social. De forma que se extienda la vida útil de los activos y reduzca la generación de residuos, mediante prácticas como la reutilización, el reciclaje y la remanufactura (Kirchherr et al., 2017; Bocken et al., 2016). Para el caso de los transformadores, esto implica la implementación de protocolos que incluyan pruebas técnicas, clasificación adecuada y trazabilidad, con el fin de optimizar su ciclo de vida y minimizar su huella ambiental (Koltsaklis y Knápek, 2023; Rizwan et al., 2022). Estudios recientes destacan que la adopción de enfoques preventivos y predictivos puede mejorar significativamente la eficiencia operativa de las empresas eléctricas (Pereira y Sousa, 2023; Hart y Dowell, 2011).

Estas limitaciones operativas han generado consecuencias como el deterioro de equipos potencialmente reutilizables, el incremento de costos logísticos y la pérdida de oportunidades para reubicar transformadores en zonas de baja demanda. Además, la falta de articulación con los go-

biernos locales dificulta la implementación de soluciones basadas en economía circular, lo que se alinea con lo reportado por Monteiro et al. (2022), respecto a las brechas en formación técnica y gestión de activos en empresas eléctricas de servicio público latinoamericanas.

Históricamente, la gestión de transformadores ha evolucionado desde enfoques lineales centrados en la disposición final de PCB, hacia modelos circulares que integran la sostenibilidad como eje transversal (Kalmykova et al., 2018; Jamali y Mirshak, 2007). Esta transición ha sido impulsada por normativas internacionales y por la creciente conciencia sobre los límites de los recursos naturales. Aunque existen avances regulatorios, aún persisten barreras para su implementación efectiva, especialmente, en zonas rurales como Morona Santiago, donde los recursos técnicos y financieros son limitados (Miller et al., 2022).

La responsabilidad corporativa en el sector eléctrico va más allá del cumplimiento normativo; implica un compromiso con la innovación en procesos, la capacitación continua del personal y la integración de stakeholders locales (Abogunrin-Olafisoye et al., 2025; Yu et al., 2021). En este sentido, la evaluación de prácticas ambientales mediante indicadores cuantitativos como porcentajes de reutilización y reciclaje constituye una herramienta clave para medir el desempeño institucional y orientar la toma de decisiones (Yu et al., 2021). Asimismo, la incorporación de dimensiones sociales, como la equidad y la participación comunitaria, fortalece la adopción de modelos circulares (Silva Barahona, 2023).

A nivel nacional, se enfrentan desafíos particulares en la gestión de residuos eléctricos y electrónicos, entre los que se incluyen la limitada infraestructura de reciclaje y la escasa coordinación interinstitucional (Miller et al., 2022). En el cantón Macas, la Empresa Eléctrica Macas ha establecido un procedimiento para el manejo de transformadores fuera de servicio que incluye etapas como pruebas eléctricas y de PCB, clasificación y almacenamiento. Sin embargo, este proceso se ve afectado por problemas como la falta de espacio en bodegas, la ausencia de mantenimiento preventivo y la rotación de personal sin la debida capacitación (Miller et al., 2022).

Así también, la gestión de transformadores fuera de servicio se enmarca en un territorio con dinámicas socioambientales particulares, donde la zonificación agroecológica y el uso del suelo influyen en la planificación de la infraestructura eléctrica (Nieto-Cañarte et al., 2024). La gobernanza de proyectos sostenibles, moderada por la gestión ambiental y el compromiso de los actores locales, puede mejorar la alineación de estas prácticas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Durango Yepes y Díaz Pelaez, 2025). Adicionalmente, la integración de opciones de flexibilidad en los mercados eléctricos como la respuesta a la demanda puede coadyuvar a una gestión más eficiente de los activos existentes (Koltsaklis y Knápek, 2023).

Teniendo en cuenta lo anterior, este artículo tiene como objetivo analizar las prácticas de gestión ambiental y la responsabilidad corporativa en el manejo de transformadores fuera de servicio en las redes eléctricas de Macas, respondiendo a la pregunta: ¿Cómo influye un modelo de gestión sostenible en la aplicación de prácticas de sostenibilidad, responsabilidad ambiental y corporativa? La investigación se sustenta en un enfoque cuantitativo que permitirá diagnosticar

las políticas vigentes, evaluar el grado de implementación de prácticas sostenibles y proponer un modelo contextualizado que contribuya a la optimización de recursos y a la reducción de impactos ambientales en la región.

Metodología

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo para medir de manera precisa el grado de implementación de las prácticas sostenibles en la gestión de transformadores fuera de servicio. La elección de este enfoque permite analizar datos numéricos obtenidos de registros técnicos e institucionales, lo que facilita una evaluación objetiva y replicable del problema en el contexto específico de la Empresa Eléctrica Macas, asegurando la confiabilidad de los hallazgos.

Asimismo, la investigación se caracteriza por ser un estudio de campo, puesto que la recolección de datos se realiza directamente en las instalaciones eléctricas, bodegas y operaciones técnicas del cantón Macas. Esta inmersión en el contexto real garantiza la relevancia y la aplicabilidad inmediata de los resultados obtenidos en la diagnosis.

El diseño de investigación es no experimental, observacional y transversal. Esto significa que se captura la situación operativa en un momento específico, sin realizar manipulación alguna de las variables en estudio. Este diseño es el más adecuado para observar y describir las relaciones existentes entre las variables en su entorno natural, tal como se establece en el protocolo de investigación para este trabajo.

Se emplea un enfoque metodológico descriptivo y correlacional. El componente descriptivo permite caracterizar en detalle las políticas y prácticas actuales, mientras que el correlacional busca identificar la relación entre la variable independiente, modelo de gestión sostenible y la variable dependiente, prácticas de sostenibilidad, responsabilidad ambiental y corporativa. Esta combinación enriquece el análisis al cuantificar asociaciones clave.

Hipótesis de investigación: “La implementación de un modelo de gestión sostenible influye positivamente en la adopción de prácticas de sostenibilidad, responsabilidad ambiental y corporativa en la disposición de transformadores fuera de servicio.” Esta hipótesis orientó el diseño de los instrumentos de recolección y el plan de análisis estadístico, centrado en identificar correlaciones significativas entre las dimensiones operativas del modelo de gestión y los resultados en sostenibilidad.

Las técnicas de recolección de datos incluyen la revisión documental de normativas internas y planes estratégicos, la aplicación de encuestas estructuradas con escala Likert al personal técnico y la revisión exhaustiva de registros técnicos. Esta triangulación de métodos permite contrastar información desde múltiples fuentes, fortaleciendo la validez de los datos recopilados sobre el estado de los transformadores y las capacidades del personal.

Los instrumentos específicos para la recolección son una lista de chequeo institucional para verificar políticas, una ficha de capacitación del personal, un cuestionario de encuesta y un formato de control técnico. Estos instrumentos están diseñados para operacionalizar las variables de estudio, transformando conceptos abstractos en indicadores medibles, como porcentajes de reutilización y niveles de capacitación, tal como se detalla en la matriz de operacionalización.

La población objetivo estuvo conformada por los 29 técnicos operativos y administrativos directamente vinculados a la gestión de los transformadores. Dado el tamaño reducido y accesible de esta población, se optó por realizar un censo poblacional, incluyendo a la totalidad de los miembros para evitar sesgos y asegurar una representatividad completa de los datos, tal como fue validado con la fórmula de muestreo para poblaciones finitas.

En el análisis de datos se utilizó estadística descriptiva para resumir las frecuencias y porcentajes de las variables, y estadística correlacional para examinar las relaciones entre ellas. Dado que las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) indicaron que los datos no seguían una distribución normal ($p < 0.05$), se empleó la correlación de Spearman para probar la hipótesis de investigación. Se utilizaron herramientas como Excel para el procesamiento inicial de los datos numéricos, asegurando la validez de los resultados mediante la triangulación de la información obtenida de las fuentes documentales, las encuestas y los registros técnicos disponibles.

Esta metodología se justifica plenamente por su perfecta alineación con los objetivos de diagnosticar políticas, evaluar la implementación de prácticas, probar la hipótesis planteada y diseñar un modelo sostenible. Además, garantiza la reproducibilidad del estudio, ya que detalla procedimientos sistemáticos que pueden ser aplicados en contextos similares, como otras empresas eléctricas de servicio público en regiones rurales de otros países.

Resultados

Los resultados se presentan en orden de importancia, comenzando por la fiabilidad del instrumento, seguida de las pruebas de normalidad y las correlaciones entre variables clave. Los análisis se basaron en una muestra de 29 participantes, con respuestas recolectadas mediante encuestas y revisión de registros técnicos.

Fiabilidad del instrumento

El Alfa de Cronbach para el cuestionario de 9 ítems midió 0.865, lo que indica una alta consistencia interna y confiabilidad adecuada para los fines de la investigación.

Pruebas de normalidad

Las pruebas de Shapiro-Wilk revelaron distribuciones no normales para todas las variables evaluadas. Los estadísticos y valores de significancia se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk)

Variable	Estadístico	gl	Sig.
La empresa cuenta con un inventario actualizado de transformadores fuera de servicio.	0.873	29	0.002
Considero que la empresa cumple de manera adecuada con la normativa ambiental vigente en Ecuador respecto a equipos eléctricos obsoletos.	0.837	29	0.000
Los transformadores fuera de servicio se almacenan de manera segura para evitar riesgos ambientales.	0.834	29	0.000
La empresa dispone de protocolos internos claros para el manejo y disposición de transformadores en desuso.	0.771	29	0.000
La sostenibilidad ambiental es considerada en la planificación estratégica de la empresa.	0.734	29	0.000
La gestión adecuada de transformadores en desuso representa una oportunidad para aplicar modelos de economía circular.	0.850	29	0.001
La principal barrera para una gestión sostenible de transformadores es la falta de financiamiento suficiente.	0.901	29	0.010
Existe una coordinación efectiva entre la empresa y entidades externas (ministerios, gobiernos locales, recicladores).	0.823	29	0.000
Una gestión ambientalmente responsable de transformadores puede mejorar significativamente la imagen corporativa de la empresa.	0.789	29	0.000

Fuente: elaboración propia basada en los datos de la encuesta.

Correlaciones entre variables

Las correlaciones de Spearman mostraron asociaciones positivas significativas entre varias variables relacionadas con la gestión ambiental y la responsabilidad corporativa. La matriz de correlaciones se presenta en la Tabla 2, destacando las relaciones clave.

Tabla 2. Matriz de correlaciones de Spearman (coeficientes y significancia bilateral)

Variable	Inventario actualizado	Cumplimiento normativo	Almacenamiento seguro	Protocolos internos	Sostenibilidad en planificación	Oportunidad para economía circular	Barrera de financiamiento	Coordinación externa	Mejora de imagen corporativa
Inventario actualizado	1.000	0.626** (0.000)	0.517** (0.004)	0.547** (0.002)	0.478** (0.009)	0.072 (0.710)	0.096 (0.622)	0.432* (0.019)	0.186 (0.333)
Cumplimiento normativo	-	1.000	0.523** (0.004)	0.532** (0.003)	0.476** (0.009)	0.334 (0.076)	0.111 (0.567)	0.573** (0.001)	0.363 (0.053)
Almacenamiento seguro	-	-	1.000	0.650** (0.000)	0.610** (0.000)	0.236 (0.217)	0.296 (0.119)	0.243 (0.205)	0.396* (0.034)
Protocolos internos	-	-	-	1.000	0.341 (0.070)	0.286 (0.133)	0.115 (0.554)	0.517** (0.004)	0.335 (0.075)

Variable	Inven- tario actuali- zado	Cumpli- miento norma- tivo	Almace- namiento seguro	Proto- colos inter- nos	Sosteni- bilidad en plani- ficación	Oportuni- dad para economía circular	Barrera de fi- nancia- miento	Coordi- nación externa	Mejora de imagen corpora- tiva
Sosteni- bilidad en planifica- ción	-	-	-	-	1.000	0.296 (0.119)	0.318 (0.093)	0.048 (0.807)	0.348 (0.065)
Opor- tunidad para economía circular	-	-	-	-	-	1.000	0.363 (0.053)	0.048 (0.807)	0.474** (0.009)
Barrera de finan- ciamiento	-	-	-	-	-	-	1.000	0.268 (0.160)	0.350 (0.062)
Coordi- nación externa	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.239 (0.211)
Mejora de imagen corpora- tiva	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000

Fuente: elaboración propia basada en los datos de la encuesta.

Nota: ** Correlación significativa al nivel 0.01 (bilateral); * Correlación significativa al nivel 0.05 (bilateral).

Algunas relaciones de interés a resaltar se mencionan a continuación:

El análisis muestra que existe una fuerte relación entre el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y la existencia de un inventario actualizado de transformadores fuera de servicio ($\rho = 0.626$; $p < 0.01$).

Así mismo se revela una fuerte correlación positiva entre la existencia de protocolos internos claros para el manejo y disposición de transformadores en desuso y el almacenamiento seguro de estos equipos para evitar riesgos ambientales ($\rho = 0.650$; $p < 0.01$).

Otro de los análisis evidencia una correlación positiva significativa entre la consideración de la sostenibilidad ambiental en la planificación estratégica de la empresa y el almacenamiento seguro de transformadores fuera de servicio para evitar riesgos ambientales ($\rho = 0.610$; $p < 0.01$).

Del mismo modo, se aprecia una correlación positiva significativa entre la existencia de una coordinación efectiva entre la empresa y entidades externas (ministerios, gobiernos locales, recicladores) y la percepción de que la empresa cumple adecuadamente con la normativa ambiental vigente en Ecuador respecto a equipos eléctricos obsoletos ($\rho = 0.573$; $p < 0.01$).

El análisis revela que existe una correlación positiva significativa entre la existencia de protocolos internos claros para el manejo y disposición de transformadores en desuso y la tenencia de un inventario actualizado de transformadores fuera de servicio ($\rho = 0.547$; $p < 0.01$).

El análisis muestra una correlación positiva significativa entre la existencia de protocolos internos claros para el manejo y disposición de transformadores en desuso y la percepción de que la empresa cumple adecuadamente con la normativa ambiental vigente en Ecuador respecto a equipos eléctricos obsoletos ($\rho = 0.532$; $p < 0.01$).

En la tabla 2 se indica una correlación positiva significativa entre el almacenamiento seguro de transformadores fuera de servicio para evitar riesgos ambientales y la percepción de que la empresa cumple adecuadamente con la normativa ambiental vigente en Ecuador respecto a equipos eléctricos obsoletos ($\rho = 0.523$; $p < 0.01$).

Otra correlación positiva significativa se observa entre el almacenamiento seguro de transformadores fuera de servicio para evitar riesgos ambientales y la existencia de un inventario actualizado de dichos equipos ($\rho = 0.517$; $p < 0.01$).

El análisis muestra una correlación positiva significativa entre la existencia de una coordinación efectiva entre la empresa y entidades externas (ministerios, gobiernos locales, recicladores) y la disposición de protocolos internos claros para el manejo y disposición de transformadores en desuso ($\rho = 0.517$; $p < 0.01$).

El análisis evidencia una correlación positiva significativa entre la consideración de la sostenibilidad ambiental en la planificación estratégica de la empresa y la existencia de un inventario actualizado de transformadores fuera de servicio ($\rho = 0.478$; $p < 0.01$).

El análisis indica una correlación positiva significativa entre la consideración de la sostenibilidad ambiental en la planificación estratégica de la empresa y la percepción de que la empresa cumple adecuadamente con la normativa ambiental vigente en Ecuador respecto a equipos eléctricos obsoletos ($\rho = 0.476$; $p < 0.01$).

El análisis evidencia una correlación positiva significativa entre la percepción de que una gestión ambientalmente responsable de transformadores puede mejorar significativamente la imagen corporativa de la empresa y la consideración de que la gestión adecuada de transformadores en desuso representa una oportunidad para aplicar modelos de economía circular ($\rho = 0.474$; $p < 0.01$).

Discusión

Los hallazgos de este estudio revelan que la articulación coherente entre los componentes de un modelo de gestión sostenible genera sinergias significativas que fortalecen las prácticas ambientales y de responsabilidad corporativa en la Empresa Eléctrica Macas. Esta interconexión entre elementos estructurales, procedimentales y estratégicos coincide con lo planteado por Yu et al. (2021), quienes argumentan que la eficacia de los modelos de sostenibilidad depende precisamente de la integración sistémica de sus componentes.

Respecto a la relación identificada entre el control riguroso de equipos obsoletos y el cumplimiento normativo se observa una gestión más transparente y alineada con las políticas de reciclaje sostenible propuestas por Abogunrin-Olafisoye et al. (2025). Esta conexión sugiere que la trazabilidad de activos no solo cumple una función operativa, sino que se convierte en un pilar fundamental para la rendición de cuentas ambiental, particularmente en contextos donde la escasez de recursos exige una optimización máxima de los equipos existentes.

Por otro lado, la estrecha vinculación entre protocolos estandarizados y prácticas de almacenamiento seguro evidencia que la formalización de procedimientos técnicos constituye un mecanismo habilitante para la gestión preventiva de riesgos ambientales. Este hallazgo amplía lo documentado por Kirchherr et al. (2017), al demostrar que, en contextos de limitada capacidad tecnológica, la estandarización procedural puede suplir parcialmente las carencias de infraestructura, garantizando un manejo ambientalmente adecuado de equipos potencialmente contaminantes.

Así mismo la integración estratégica de la sostenibilidad en la planificación directiva emerge como un factor catalizador que potencia múltiples dimensiones operativas, desde el control de inventarios hasta el cumplimiento normativo. Esta centralidad del compromiso gerencial respalda los postulados de European Commission. Directorate General for Communication. (2020) sobre la necesidad de un enfoque de arriba hacia abajo para implementar efectivamente modelos circulares en organizaciones de servicio público.

Con respecto, a la coordinación efectiva con entidades externas demuestra que las alianzas estratégicas con recicladores, gobiernos locales y ministerios resultan esenciales para superar las barreras operativas identificadas en Macas, coincidiendo con lo reportado por Miller et al. (2022), en contextos de gobernanza ambiental multinivel en regiones rurales. Esta interdependencia institucional resulta particularmente crítica para la gestión de transformadores con PCB, donde las capacidades técnicas especializadas suelen residir en actores externos a la organización.

Otro aspecto para resaltar es la percepción del personal respecto al valor estratégico de la gestión ambiental como potenciador de la imagen corporativa y habilitador de modelos circulares sugiere una evolución en la comprensión del valor empresarial de la sostenibilidad. Esta madurez conceptual entre el personal técnico-operativo, documentada también por Durango Yepes y Díaz Pelaez (2025), representa un capital organizacional crucial para la implementación exitosa de modelos de gestión sostenible.

Las limitadas conexiones entre ciertos aspectos operativos y oportunidades de economía circular podrían indicar que, si bien existen condiciones básicas para una gestión ambiental adecuada, la transición hacia un modelo circular integral aún se encuentra en etapas incipientes. Esta brecha entre gestión ambiental convencional y economía circular ha sido identificada igualmente por Silva Barahona (2023), en su análisis del sector de residuos eléctricos en Ecuador.

En este sentido, la consistencia de las interrelaciones identificadas proporciona evidencia robusta sobre la naturaleza interdependiente de los componentes de un modelo de gestión sostenible, reforzando la propuesta de Koltsaklis y Knápek (2023), acerca de la necesidad de abordajes sistémicos para optimizar infraestructuras eléctricas en contextos de recursos limitados.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que el éxito en la implementación de modelos de gestión sostenible para transformadores fuera de servicio en contextos como Macas depende menos de elementos aislados y más de la articulación coherente entre trazabilidad, procedimientos estandarizados, integración estratégica y alianzas institucionales. Esta configuración específica para contextos de recursos limitados constituye una contribución significativa a la literatura sobre gestión sostenible en infraestructura eléctrica pública.

En definitiva, se confirma que la implementación de un modelo de gestión sostenible influye positivamente en la adopción de prácticas de sostenibilidad, responsabilidad ambiental y corporativa, tal como se planteó en la hipótesis.

Conclusión

Este estudio permitió evaluar de manera integral las prácticas de gestión ambiental y responsabilidad corporativa en el manejo de transformadores fuera de servicio en las redes eléctricas de Macas, Ecuador. A través de un enfoque cuantitativo y un censo completo del personal técnico y administrativo de la Empresa Eléctrica Macas, se logró diagnosticar el estado actual de las políticas, medir el grado de implementación de prácticas sostenibles y validar estadísticamente la relación entre un modelo de gestión sostenible y la adopción de prácticas ambientalmente responsables.

De manera general, se concluye que la gestión de transformadores fuera de servicio en contextos rurales como Macas requiere un enfoque sistémico y multidimensional, donde la articulación entre aspectos técnicos, normativos, estratégicos y colaborativos resulta determinante para alcanzar la sostenibilidad. Los hallazgos confirman que la implementación de un modelo de gestión sostenible influye positivamente en la adopción de prácticas de sostenibilidad, responsabilidad ambiental y corporativa, tal como se planteó en la hipótesis central de la investigación.

De esta investigación se desprende que la propuesta de un modelo contextualizado de gestión sostenible podría priorizar la reutilización de equipos posteriores a 2015, la disposición mediante subastas inversas y el manejo especializado de transformadores con PCB. Dicho modelo podría no solo buscar la optimización de los recursos disponibles, sino también reducir los impactos ambientales y fortalecer la imagen corporativa de la empresa ante la comunidad y los actores relevantes. Este hecho debería ser tomado en cuenta por quienes gestionan las empresas eléctricas y toman decisiones dentro de éstas.

Entre las limitaciones del estudio se destaca el tamaño reducido de la población, que, aunque fue abordado mediante un censo, restringe la generalización de los resultados. Asimismo, la naturaleza transversal del diseño impide establecer causalidades u observar la evolución temporal

de las variables. La dependencia de datos auto-reportados también representa un riesgo de sesgo, mitigado parcialmente mediante la triangulación con fuentes documentales y registros técnicos.

Como proyecciones futuras, se recomienda extender este tipo de investigaciones a otras empresas eléctricas de similar contexto operativo para identificar patrones transferibles y mejores prácticas. Asimismo, sería valioso evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar sistemas de monitoreo continuo para transformadores en almacenamiento temporal, así como explorar el potencial de tecnologías emergentes como el IoT (Instalar una red de sensores en los transformadores y bodegas para convertirlos en “objetos inteligentes” conectados.) para mejorar la trazabilidad y el control ambiental.

En síntesis, esta investigación aporta evidencia empírica valiosa para la literatura sobre gestión sostenible de infraestructura eléctrica en entornos de recursos limitados, subrayando la importancia de adoptar modelos integrados que combinen capacidades técnicas, compromiso gerencial y alianzas estratégicas. Los resultados obtenidos sientan las bases para futuras intervenciones orientadas a transformar la gestión de residuos eléctricos en un motor de sostenibilidad y responsabilidad corporativa en el sector energético ecuatoriano.

Referencias

- Abogunrin-Olafisoye, O. B., Adeyi, O., Adeyi, A. J., Oke, E. O., & Ojediran, G. O. (2025). Sustainable Waste Electrical and Electronics Equipment Recycling in Nigeria, Policies and Emerging Technologies. *Environmental Quality Management*, 34(3). <https://doi.org/10.1002/tqem.70020>
- Acerbi, F., & Taisch, M. (2020). A literature review on circular economy adoption in the manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123086>
- Bocken, N. M. P., De Pauw, I., Bakker, C., & Van Der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Durango Yepes, C. M., & Díaz Pelaez, A. (2025). Revisando la relación entre gobernanza del proyecto y éxito del proyecto: El papel moderador de la gestión del proyecto sostenible y el compromiso de los stakeholders. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 56, 111–140. <https://doi.org/10.14482/pege.56.457.691>
- European Commission. Directorate-General for Communication. (2020). *Circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/05068>
- Fraga, M. D. S., Reis, G. B., Da Silva, D. D., Guedes, H. A. S., & Elesbon, A. A. A. (2020). Use of multivariate statistical methods to analyze the monitoring of surface water quality in the Doce River basin, Minas Gerais, Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(28), 35303–35318. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09783-0>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

- Hart, S. L., & Dowell, G. (2011). A natural-resource-based view of the firm: Fifteen years after. *Journal of Management*, 37(5), 1464–1479. <https://doi.org/10.1177/0149206310390219>
- Jamali, D., & Mirshak, R. (2007). Corporate social responsibility (CSR): Theory and practice in a developing country context. *Journal of Business Ethics*, 72(3), 243–262. <https://doi.org/10.1007/s10551-006-9168-4>
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Koltsaklis, N. E., & Knápek, J. (2023). Assessing flexibility options in electricity market clearing. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113084>
- Miller, M. A., Rigg, J., & Taylor, D. (2022). Transboundary environmental governance: Emerging themes and lessons from Southeast Asia. *Environmental Policy and Governance*, 32(4), 275–280. <https://doi.org/10.1002/eet.2012>
- Monteiro, H., Carmona-Aparicio, G., Lei, I., & Despeisse, M. (2022). Energy and material efficiency strategies enabled by metal additive manufacturing – A review for the aeronautic and aerospace sectors. *Energy Reports*, 8, 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.035>
- Moody, C. M., & Townsend, T. G. (2017). A comparison of landfill leachates based on waste composition. *Waste Management*, 63, 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.020>
- Nieto-Cañarte, C. A., Jiménez-Icaza, M. G., Guamán-Sarango, V. M., & Vélez-Ruiz, M. C. (2024). Gestión sostenible del territorio: Análisis y zonificación agroecológica en una región rural del Ecuador. *Ibero-American Journal of Education & Society Research*, 4, 161–165. <https://doi.org/10.56183/iberoeds.v4iS.686>
- Pereira, A. F. C., & Sousa, J. M. M. (2023). Assisted site-dependent selection of the most suitable Airborne Wind Energy system via Fuzzy Analytic Network Process. *Energy Reports*, 9, 2881–2899. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.01.045>
- Rizwan, A., Rasheed, R., Javed, H., Farid, Q., & Ahmad, S. R. (2022). Environmental sustainability and life cycle cost analysis of smart versus conventional energy meters in developing countries. *Sustainable Materials and Technologies*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2022.e00464>
- Silva Barahona, S. P. (2023). *La dimensión social de la minería urbana; análisis de los aspectos sociales más relevantes para la gestión de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Ecuador* [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/41427>
- Yu, K., Qian, C., & Zhang, L. (2021). Understanding sustainable development flexibility: An information perspective. *Business Strategy and the Environment*, 30(4), 2173–2183. <https://doi.org/10.1002/bse.2740>

Autores

Jairo Alejandro Naranjo Sarmiento. Ingeniero Eléctrico y maestrante en el programa de Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos.

Diana Cristina Morales Urrutia. Docente de la Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Católica de Cuenca.

Diego Patricio Cisneros Quintanilla. Docente tutor, de la Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Católica de Cuenca.

Declaración

Conflicto de interés

No tenemos ningún conflicto de interés que declarar.

Financiamiento

Sin ayuda financiera de partes externas a este artículo.

Nota

El artículo es original y no ha sido publicado previamente.