

Algoritmo de Evaluación Técnico-Económica para toma de decisión entre reparar o reemplazar transformadores de distribución

Algorithm for Techno-Economic Evaluation in Decision-Making Between Repairing or Replacing Distribution Transformers

Oscar Ortiz Antúnez

Docente investigador
Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
Bolivia
oscarortizantunez@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-2620-3078> 

Recibido: 17/02/2025

Aceptado: 10/06/2025

Publicado: 30/06/2025

Referencia

Ortiz, Antúnez, O. (2025). Algoritmo de Evaluación Técnico-Económica para toma de decisión entre reparar o reemplazar transformadores de distribución. *Revista Científica del Sistema de Estudios de Postgrado*. 8(1). 127-141. DOI: <https://doi.org/10.36958/sep.v8i1.342>

Resumen

OBJETIVO: evaluar la viabilidad técnica y económica de reparar o reemplazar transformadores de distribución en falla, aplicando el enfoque del Costo Total del Propietario (TCO), con el fin de optimizar decisiones operativas en empresas distribuidoras. **MÉTODO:** se aplicó el Algoritmo de Evaluación o Técnico-Económica sobre un conjunto de 156 transformadores intervenidos por fallas. Para cada caso, se calcularon los costos de inversión y pérdidas capitalizadas tanto para la alternativa de reparación como de reposición, según datos operativos y normativos (NT-CRE-06). **RESULTADOS:** en un caso de estudio, el TCO fue de USD 4.447 para la unidad reparada y de USD 3.838 para una nueva, con una diferencia de USD 608,83 a favor de la reposición. De las 156 unidades, solo 19 reparaciones fueron económicamente justificables; los 137 restantes representaron una pérdida potencial de USD 81.974 **CONCLUSIONES:** el algoritmo permite tomar decisiones más eficientes y sostenibles, priorizando equipos con menores pérdidas. Esto reduce costos y también la huella de carbono, especialmente relevante en sistemas con generación a gas natural. Se recomienda institucionalizar este enfoque, ya que la normativa nacional no limita su aplicación, y representa una herramienta útil para mejorar la gestión técnica y económica del parque de transformadores.

Las opiniones expresadas en el artículo son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente representan la posición oficial de la USAC y sus miembros. La obra está protegida por la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos emitida en el decreto No. 33-98 por el Congreso de la República de Guatemala.

Palabras clave

transformador de distribución, reparación y reposición de transformadores, justificación y pérdidas económica

Abstract

OBJECTIVE: to evaluate the technical and economic feasibility of repairing or replacing failed distribution transformers using the Total Cost of Ownership (TCO) approach, with the aim of optimizing operational decision-making in power distribution companies. **METHODOLOGY:** The Technical-Economic Evaluation Algorithm was applied to a set of 156 failed transformers. For each case, investment costs and capitalized losses were calculated for both repair and replacement alternatives, based on operational data and regulatory guidelines (NT-CRE-06). **RESULTS:** In a representative case, the TCO was USD 4,447 for the repaired unit and USD 3,838 for a new one, showing a cost advantage of USD 608.83 in favor of replacement. Of the 156 units analyzed, only 19 repairs were economically justified; the remaining 137 represented a potential inefficiency equivalent to USD 81,974. **CONCLUSIONS:** The algorithm enables more efficient and sustainable decision-making by prioritizing equipment with lower energy losses. This not only reduces operating costs but also mitigates the carbon footprint—particularly relevant in power systems largely dependent on natural gas. Institutional adoption of this approach is recommended, as national regulations do not restrict its use, making it a valuable tool for improving the technical and economic management of transformer assets.

Keywords

distribución transformer, repair and replacement of transformers, technical and economic justification, and economic losses

Introducción

En base a la información contenida en la tesis de maestría en ingeniería eléctrica sobre el tema “Aplicación de un Algoritmo de Evaluación Técnico Económico en la toma de decisiones con respecto a la reparación de transformadores de distribución de CRE S.R.L”. presentada el año 2019 en la Facultad Politécnica de la Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, se aborda el análisis comparativo del TCO de reparación versus TCO de reponer una unidad similar nueva.

Se determina el TCO del transformador reparado, en base a la recopilación de costos de materiales y de mano de obra, como también el valor de las pérdidas post reparación, en razón a esto, se determinan los factores de amortización de pérdidas en vacío y en carga. El tiempo de vida para el transformador reparado se calcula por la fecha de fabricación.

Para determinar el TCO de la opción de reponer el transformador en falla por uno nuevo, se dispone de precios y las pérdidas asociadas, según compras anteriores realizadas por la empresa distribuidora.

Finalmente se realiza la comparación de los resultados, seleccionando la alternativa de menor costo y obteniendo así una alternativa que ofrece una ventaja económica.

Métodos

Para cuantificar el costo del propietario de reparar un transformador se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{TCO REPARAR} = \text{IC} + \text{A} \times (\text{Po}) + \text{B} \times (\text{Pk})$$

El cálculo del costo del propietario adaptado a un transformador de distribución destinado al reemplazo (equipo nuevo) se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{TCO REPONER} = \text{IC} + \text{A} \times (\text{Po}) + \text{B} \times (\text{Pk})$$

Las variables son:

IC = inversión Inicial (precio final de transformador)

Po = pérdidas en vacío

Pk = pérdidas en carga

A = Factor de capitalización de pérdidas en vacío

B = Factor de capitalización de pérdidas de carga

Los factores de capitalización de pérdidas en vacío y en carga se obtienen mediante las siguientes fórmulas y parámetros de actualización financiera:

Determinación del Factor de capitalización de pérdidas en vacío:

$$A = (((12 * CD) + (8760 * CE)) * Fi) * Fpp / 1000$$

- CD = \$US/KW mes, cargo demanda Precio compra sin IVA.
CE = \$US/KWh, cargo por energía Precio de compra sin IVA
Fi = Factor de actualización
 $Fi = (((1+i)^n - 1) / (i(1+i)^n))$
Fpp = Factor pérdida permitido
i = Tasa de interés anual
n = Vida útil del equipo

$$B = (((FU * FR)^2 * 12 * CD) + (((FU)^2 * 8760 * FP * CE)) * Fi) * Fpp / 1000$$

- CE = \$US/KWh, cargo por energía. Precio compra sin IVA.
FU = Factor de utilidad
FR = Factor de coincidencia
FP = Factor de pérdida
 $FP = (0.2 * F) + ((0.8 * (F)^2))$
F = Factor de carga transformadores
Fpp = Factor pérdida permitido
Fi = Factor de actualización
i = Tasa de interés anual
n = Vida útil del equipo

Ante la variedad de las edades de los equipos reparados durante el periodo de estudio, se ha considerado la actualización del valor de las pérdidas del transformador reparado en 15 años y las del transformador nuevo en 25 años; en consideración a la expectativa de vida de los transformadores reparados y la legislación boliviana sobre la vida contable de los transformadores de distribución.

Conocidos los costos de reparación y costos de reposición, de forma independiente se utiliza el concepto de costo total del propietario para determinar el valor de la Evaluación Técnico Económica (E.T.E). Para el análisis de las condiciones se aplica el algoritmo en base a

los datos de los costos probables de reparar, versus los costos de una unidad nueva para remplazo, utilizando la siguiente expresión:

$E.T.E. = TCO \text{ reparar} - TCO \text{ reponer}$
 Sí $E.T.E. > 0$, entonces Reponer
 Sí $E.T.E. < 0$, entonces Reparar

Descripción de la fuente de información para la cuantificación de los costos de reparación de transformadores

En la tabla 1, se presentan datos de una orden de trabajo reparado en el Taller de transformadores. Por otra parte, se consultaron registros de la ejecución de los trabajos y el número de operarios que realizan las tareas. Se dispone de información consolidada de los costos de mano de obra y materiales utilizados en las reparaciones realizadas en el taller de transformadores de la distribuidora.

Tabla 1

Datos de una orden de trabajo, según los formularios del taller de transformadores

Número de OT:	701/2018
Operario:	Producción en Línea
Fecha de la Orden:	7/8/2018
No de Serie del Equipo:	168616
Equipo:	Transformador
Tipo de Fase:	Trifásico
Marca:	TRAFO
Potencia (KVA):	75
Trabajo a realizar:	Reparación

Nota. Datos obtenidos de los formularios del taller de transformadores.

Descripción de la fuente de información para la cuantificación de los costos de reposición de transformadores

Durante el proceso de adquisición la distribuidora realiza la solicitud de ofertas en base a las características técnicas requeridas tanto en potencia como en tensiones primarias y secundaria, en base a la especificación técnica NTCRE 006/01 (Normas Técnica Cooperativa Rural de Electrificación, 2024). En los protocolos de ensayos en fábrica se encuentran los datos del valor de pérdidas en vacío y carga (todos los fabricantes de transformadores muestran las pérdidas de sus equipos para la evaluación económica de las pérdidas). En la Tabla 1, se presentan datos referenciales considerados para la adquisición de un lote de transformadores de 225 KVA, valores indicados para las ofertas 1, 2 y 3 sujetas a comparación económica.

En este estudio se consideraron transformadores con tensiones primarias de 10.5 y 24.9 5 kV, mientras que las tensiones secundarias, en ambos casos, son de 380/220 V. Se observó que los costos de reparación y reemplazo para equipos de 24.9 kV tienden a ser más elevados que los de 10.5 kV. Sin embargo, esta diferencia no afecta los resultados obtenidos al aplicar el algoritmo técnico-económico. Esto se debe a que la variable de tensión ya está contemplada en ambos términos del cálculo, cuya diferencia permite estimar el beneficio neto entre las alternativas de reparación o reemplazo.

Tabla 2

Comparación de ofertas para la adquisición de un transformador de 225 KVA 24.9/0.38-0.22 KV

Ofertante	Pérdidas en Vacío USD.	Pérdidas en Carga USD.	Precio del Transformador Ofertado USD.	Precio del Transformador Aduana SC USD.	Total, Costo USD	Posición en la evaluación
Oferta 1	1.977,60	3.751,80	6.050,00	7.018,00	18.797,40	1
Oferta 2	2.051,76	3.802,50	7.487,00	8.684,92	22.026,18	3
Oferta 3	2.051,76	3.802,50	6.150,00	7.134,00	19.138,26	2

Nota. Comparación de costos y pérdidas en ofertas para un transformador de 225 KVA. Los valores están expresados en dólares estadounidenses (USD).

Para el caso analizado en la tabla 2, el monto de la alternativa Reponer da un beneficio respecto a la alternativa de Reparar el transformador bajo estudio, con un beneficio calculado de 608.83 USD.

Presentación de los resultados de la aplicación del Algoritmo de Evaluación Técnico Económica aplicado a un transformador de 112.5 KVA- 24.9/0.38-0.22 KV

En la tabla 3 se presentan los parámetros evaluados según el TCO de reparación y el TCO de reposición, con el resultado final una vez realizada la comparación de costos:

Tabla 3

Valores de los parámetros utilizados en la evaluación técnico económica en la reparación o reposición de un transformador de distribución

	TCO Reparar. En USD .	TCO Reponer. En USD.
Servicios	894,00	No aplica
Materiales	1.635,59	No aplica
Costo de Reparación/Nueva Inversión	2.529,59	2137
Pérdidas en Vacío W	362,5	361
Pérdidas en Carga W	2003,1	1041
Periodo N	15	25
Tasa	0,05	0,05
Fi	10,38	14,09
Fpp	1,00	1,00
Costos de Demanda	12,65	12,65
Costos de Energía	0,0177	0,01772
Factor A (pérdidas v acío) USD /w	1,761	2,337
Costos de Energía por Energía de P. Vacío USD	638	844
Factor de utilidad FU	1,00	1,00
Factor de coincidencia FR	0,90	0,90
Factor de pérdidas FP	0,32	0,32
Factor de carga FP	0,52	0,52
Factor B (Pérdid as en carga) USD/W	0,64	0,82
Costos por energía p. carga USD	1279	857
Costos Total por Perdidas USD	1917	1701
Costos Inv. + Pérdid as VP	4447	3838
Resultado de la Evaluación Técnico Económica= E.T.E.	Favorable Reponer	608.83

Nota. Los datos presentados en la tabla 3, corresponden a una orden de trabajo en el taller de transformadores, de un transformador de 112.5 KVA fabricado en el año 1986.

La aplicación del Algoritmo de Evaluación Técnico Económico a 156 reparaciones de transformadores; demuestra que únicamente 19 equipos reparados arrojaron saldo positivo; es decir, en la comparación de los costos totales de reparación y de reposición del lote de transformadores de cada una de las potencias de los equipos, se determina un saldo positivo total en favor de la reparación, de USD 12.874, según se observa con mayor detalle en la tabla 4.

Tabla 4

Resultados de la aplicación del Algoritmo de Evaluación Técnico económico a los trabajos de reparación de 156 transformadores de 10.5, 24.9 KV, con beneficio económico durante el periodo de estudio (julio 2018 a diciembre 2019)

Potencia KVA	Cantidad	Total, Costo Reparación En USD	Total Costo Reposición En USD	Beneficio de Reparar En USD
10	1	431	482	51
25	4	3.840	4.263	422
75	5	7.998	11.623	3.626
113	5	8.246	12.536	4.290
150	3	6.450	10.396	3.945
225	1	3.785	4.324	539
Total	19	30.750	43.623	12.874

Nota. La tabla presenta los resultados de la aplicación del Algoritmo Técnico Económico en la reparación de 19 transformadores de diversas potencias, con un beneficio total de 12.874 USD. Aplicando el Algoritmo de Evaluación Técnico Económico, se observa que la reparación resulta económicamente más favorable en comparación con la reposición.

Respecto a los restantes 137 equipos reparados, el algoritmo arroja un resultado negativo cuantificado en USD 81.974, lo que se constituye en una inadecuada decisión de reparar, es decir no existió beneficio al reparar, debiendo haberse procedido a la reposición de los equipos.

Tabla 5

Resultados de la aplicación del Algoritmo de Evaluación Técnico Económico a los trabajos de reparación, sin beneficio económico durante el periodo de estudio (julio 2018 a diciembre 2019)

Potencia KVA	Cantidad	Total, Costo Reposición En USD	Total, Costo Reparación En USD	Beneficio de Reponer En USD
10	23	11.734	20.564	8.831
15	20	13.096	19.130	6.035
25	35	36.663	51.246	14.583
30	9	13.476	20.293	6.817
38	6	6.704	8.652	1.948
45	9	16.051	22.449	6.398
50	2	1.952	4.669	2.718
75	7	16.273	21.875	5.602
100	2	4.219	6.376	2.157
113	13	33.757	52.188	18.431
150	9	29.269	35.027	5.758
225	2	8.648	11.345	2.697
Total	137	191.841	273.815	81.974

Nota. La tabla presenta el análisis de costos de reposición y reparación de 137 transformadores de diferentes potencias, destacando un beneficio total de 81.974 USD al optar por la reposición en lugar de la reparación.

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la aplicación del algoritmo de evaluación técnica a los 137 transformadores reparados sin beneficio.

Análisis y discusión

La potencia de un transformador de distribución; no excede 750 KVA, por lo que su costo de inversión oscila entre 500 y 10.000 USD; in embargo, ellos se encuentran operando en toda la extensión de la red de distribución, llegando a una cantidad que sobrepasa los 22 mil equipos, como es el caso de la distribuidora CRE RL en el año 2019., así mismo, extendiendo este análisis a la reparación realizada a los 156 transformadores en el periodo de estudio, se encontró que 19 equipos fueron reparados con beneficio, de acuerdo al Algoritmo de Evaluación Técnico Económico y los restantes 137 equipos fueron reparados sin beneficio económico, ya que se constató que resultaba más conveniente la reposición de los mismos.

Según la metodología del Costo Total del Propietario, el costo de las reparaciones de transformadores de distribución es una señal de la gravedad del daño o de la avería del transformador a reparar, por lo que normalmente reparaciones mayores, como la reparación de la parte activa del equipo, rebobinado de una, dos o tres bobinas, según sea el caso, constituyen reparaciones de alto costo (Piñeros, 2018). El resultado de aplicar el Algoritmo de Evaluación Técnico Económico a los 137 transformadores mostrados en la Tabla 5, arroja un monto de USD 81.974, que hubiera sido un beneficio real para la empresa distribuidora, si al momento de evaluar los daños y averías de cada transformador, se hubieran realizado los cálculos y estimaciones del costo total de propietario, facilitando de las decisiones adecuadas en cada una de las ordenes de reparación de los 137 transformadores, que fueron reparados sin beneficio. Es decir, la decisión eficiente según el algoritmo era proceder con la alternativa de reponerlos por unidades nuevas.

El resultado del análisis anterior es un indicio económico de la necesidad de optimizar la toma de decisión en cuanto a reparar o reponer un transformador de distribución en falla, la empresa distribuidora se encuentra ante dos alternativas, es decir: “reparar la unidad” y utilizarla dentro del stock de equipos en buen estado operativo, o en caso contrario, reemplazarla” por una nueva.

Estado del arte

Se han identificado cuatro documentos que, si bien mencionan parcialmente la pertinencia de la aplicabilidad del análisis económico, no muestran un procedimiento completo y específico para su tratamiento y utilización directa.

Se menciona el documento de la norma NT-CRE-06, en la que se utiliza el TCO del propietario para la evaluación de ofertas en la empresa distribuidora CRE RL, mostrando todo el procedimiento de evaluación de costos de pérdidas capitalizadas en el lapso de su vida útil, además de los costos de inversión de los equipos que están siendo evaluados como parte de lotes de provisión de unidades nuevas para el stock de la distribuidora. Esta norma es aplicada únicamente para la evaluación de compra de transformadores nuevos.

Según indica Piñero (2018), “el costo real de un transformador para su dueño es la suma del precio inicial de compra más el costo de ponerlo en funcionamiento durante su vida útil 20 – 30 años cuando se pregunta, cuánto cuesta realmente un transformador”, estableciendo los parámetros del Costo Total del Propietario durante el ciclo de vida del transformador. Lo cual respalda la teoría planteada en la presente investigación.

Así mismo, sobre la reparación de transformadores de potencia en el punto 3.2.2 del Libro “Eficiencia Energética de transformadores eléctricos” Villanueva, L. (2019), los autores mencionan que el procedimiento para obtener el costo anual nivelado consiste en distribuir anualmente el costo de capital, los costos de operación y mantenimiento, el costo promedio de falla y en el último año, el valor de salvamento. Estos conceptos se alinean al método de cálculo del Costo Total del Propietario, el cual se expone en la presente investigación sobre la reparación de transformadores de distribución.

En la norma ABNT NBR 5440:2011, el Anexo H proporciona lineamientos para aplicar el método de capitalización, útil para comparar transformadores con distintos niveles de eficiencia (Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT], 2011). Este método es útil para las empresas de distribución, ya que facilita la toma de decisiones más informadas al elegir entre transformadores de distribución con diferentes niveles de eficiencia, y permite una mejor estimación del COSTO TOTAL DE PROPIEDAD (TCO). Sin embargo, no aclara la posibilidad de aplicar este método para la evaluación de transformadores reparados respecto a transformadores nuevos en caso de fallas de transformadores de distribución.

En base a lo anterior, se puede concluir con un alto grado de certeza que el Algoritmo de Evaluación Técnica Económico para la toma de decisiones sobre el uso de transformadores reparados o reemplazarlos por nuevos, está correctamente fundamentado.

En el Estudio Tarifario aprobado por la AETN para CRE R.L. (Autoridad de Electricidad y Tecnología Nuclear [AETN], 2023), se incluyen decisiones de optimización de activos en el programa de inversiones, lo que implica la aprobación de recursos para la compra de equipos nuevos. En cambio, los equipos reparados se registran como costos operativos y se cargan al presupuesto de gastos operativos.

Desde el punto de vista de la regulación de las empresas eléctricas de distribución en Bolivia, se puede concluir que no existe condicionamiento legal que imponga o prohíba la decisión de reparar o reemplazar transformadores. Sin embargo, se recomienda a las distribuidoras monitorear regularmente los montos destinados a compras y reparaciones durante el periodo tarifario, generando así información clave que alimente el Algoritmo de Evaluación Técnico Económico para su aplicación y obtención del mejor resultado entre reparar o reemplazar transformadores.

La Cooperativa Rural de Electrificación R.L. publica anualmente su Memoria Anual, donde detalla las inversiones en adquisición y reemplazo de transformadores (COOPERATIVA RURAL DE ELECTRIFICACIÓN R.L., 2025).

Conclusión

Respecto a la aplicación práctica del Algoritmo de Evaluación Técnico Económico, se presentan los resultados de aplicar el algoritmo a un caso concreto de reemplazar un transformador de 112,5 KVA 24.9/0.38/220 KV en falla, utilizando un transformador previamente reparado o utilizar un transformador nuevo. Basados en la información de la Tabla 3, los parámetros que definen los costos del TCO del propietario de ambas alternativas, dan como resultado que los costos de inversión y pérdidas en valor presente de la unidad reparada llegan a 4.447.- USD. En tanto que para una unidad nueva el costo total del propietario es de 3.838.- USD, por lo que aplicando el Algoritmo de Evaluación Técnico Económico resulta una diferencia de 608.83 USD, favorable a la alternativa de reemplazar el equipo fallado con un transformador nuevo.

El análisis general de la totalidad de reparaciones realizadas en el periodo de análisis, de las 156 reparaciones realizadas, 19 equipos reparados resultaron con una evaluación positiva respecto a la reposición. En tanto las restantes 137 reparaciones efectuadas resultaron con evaluación negativa, es decir se optó por repararlas, pese a que reponerlas hubiera sido una mejor decisión, cuantificándose esta ineficiencia operativa en USD 81.974, monto que hubiera sido un beneficio real para la empresa distribuidora, si se hubiera utilizado el Algoritmo de Evaluación Técnico Económico.

De forma general, se debe considerar que el método utilizado condiciona la selección de un equipo con menores pérdidas, lo que constituye una ventaja desde el punto de vista medioambiental, considerando la gran cantidad de estos equipos instalados en las redes eléctricas. Por otra parte, el rendimiento del transformador se optimiza y por lo tanto existirá una reducción del consumo de energía del equipo durante la vida útil. Este último aspecto puede contribuir a la reducción de la huella de carbono, pues la generación de energía eléctrica en Bolivia en alto grado es a base de gas natural.

El uso del Algoritmo de Evaluación Técnico Económico constituye una herramienta útil en la evaluación previa del costo total del propietario para reparar o reponer el transformador en falla, y tomar una decisión favorable desde el punto de vista económico. Para lo anterior, se debe sistematizar la información estadística de los casos de reparación realizados en el taller de la empresa distribuidora, y también tener actualizados los datos de precios y valores de los niveles de pérdidas garantizados por los fabricantes, en los procesos de compra de lotes de transformadores de distribución.

Desde el punto de vista de la regulación de las empresas eléctricas de distribución en Bolivia, se puede concluir que no existe un condicionamiento legal que imponga o prohíba la decisión

de reparar o reemplazar transformadores. Sin embargo, se recomienda a las distribuidoras monitorear regularmente los montos destinados a compras y reparaciones durante el periodo tarifario, generando así información clave que alimente el Algoritmo de Evaluación Técnico Económico para su aplicación y obtención del mejor resultado entre reparar o reemplazar transformadores.

Referencias

Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2025). Capitalización de pérdidas (NBR5440:2011). <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6537/abnt-nbr5440-transformadores-para-redes-aereas-de-distribuicao-requisitos>

Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear. (2023). Resolución AETN N° 654/2023: Aprobación del estudio tarifario de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. para el periodo 2023–2027. <https://www.aetn.gob.bo/docfly/app/webroot/uploads/AETN-AETN-R-0654-27-23-A-2023-11-11-a.pdf>

Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (2025). Memoria Anual 2025. https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2025/05/MEMORIA-ANUAL-LUJO-2025_compressed.pdf

CRE. (2024). Norma Técnica NT CRE 06: Especificaciones técnicas para transformadores aéreos. <https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2024/03/01-TRANSFORMADOR-AEREO-2024.pdf>

Piñeros, J. (2018). Diseño y modelización de parámetros físicos para conseguir transformadores más verdes. https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/chile-documentos/dise%C3%B1o-y-modelizaci%C3%B3n-de-par%C3%A1metros-f%C3%ADsicos-para-conseguir-transformadores-m%C3%A1s-verdes.pdf?sfvrsn=87ebe014_2

Trabajo de tesis de Maestría. (2021, junio). Aplicación de un algoritmo de evaluación técnica económica en la toma de decisiones con respecto a la reparación de transformadores de distribución de CRE R.L. Facultad Politécnica, UAGRM. [Tesis de maestría inédita, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno]. Disponible en formato físico en la Unidad de Posgrado de la Facultad Politécnica, UAGRM.

Villanueva, L. (2019). Eficiencia energética de transformadores eléctricos. https://www.academia.edu/29819302/Eficiencia_energetica_de_los_transformadores

Agradecimiento

A la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno por darme la oportunidad de desarrollar el presente trabajo de investigación y a mi familia por el apoyo traducido en la paciencia y tolerancia durante la elaboración del presente trabajo. Una mención especial al Ing. Carlos Elio Céspedes por su valiosa colaboración en la elaboración del presente artículo.

Sobre el autor Oscar Ortiz Antúnez

Licenciado en ingeniería eléctrica (UMSA 1985), MBA (UPSA 2010), maestría Distribución de energía eléctrica (UAGRM 2019), diplomado en Inteligencia Artificial (UNSXX 2024), experiencia laboral: Docente Investigador (UAGRM), docente de Circuitos Eléctricos y Métodos Numéricos (UAGRM), Trabajo en sector de distribución de energía eléctrica: operaciones, ingeniería y gestión de proyectos de redes eléctricas (CRE). Trabajó en el sector de servicios petroleros: ventas de motores generadores a gas natural, ejecución de proyectos de generación (OISSCO SA). Trabajo en el sector de hidrocarburos: Mantenimiento de equipos de perforación y de plantas de gas (YPFB).

Financiamiento de la investigación

Con recursos propios.

Declaración de intereses

Declara no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Declaración de consentimiento informado

El estudio se realizó respetando el Código de ética y buenas prácticas editoriales de publicación.

Derecho de uso

Copyright (c) (2025) Oscar Ortiz Antúnez

Este texto está protegido por la [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](#)



Este texto está protegido por una licencia
[Creative Commons 4.0](#).

Es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de atribución: debe reconocer el crédito de una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.