

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“APLICACIÓN DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN EL
MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MEJORAR LA
DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN
DE BAJA TENSIÓN EN LIMA, PERÚ 2023”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

**AUTORES: Bach. CORDOVA RICRA, MARCO ALEJANDRO
Bach. FERNANDEZ CRUZ, CARLOS EDUARDO
Bach. VILLANUEVA LLONTOP, DAVID FERNANDO**

ASESOR: Mg. Ing. ALARCON CUEVA, NIKO ALAIN



LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**Callao, 2023
PERÚ**

Document Information

Analyzed document	CORDOVA-FERNANDEZ-VILLANUEVA.pdf (D174125411)
Submitted	9/18/2023 9:59:00 PM
Submitted by	JUAN GRADOS GAMARRA
Submitter email	fiee.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	22%
Analysis address	fiee.investigacion.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / PROYECTO DE TESIS CALDERON-CARRASCO-LOPEZ.pdf Document PROYECTO DE TESIS CALDERON-CARRASCO-LOPEZ.pdf (D173965559) Submitted by: xesar316@hotmail.com Receiver: fiee.investigacion.unac@analysis.arkund.com	 17
SA	Universidad Nacional del Callao / TESIS.pdf Document TESIS.pdf (D173200693) Submitted by: eatecheraa@unac.edu.pe Receiver: fiee.investigacion.unac@analysis.arkund.com	 54
SA	Universidad Nacional del Callao / INFORME FINAL TESIS.pdf Document INFORME FINAL TESIS.pdf (D141845748) Submitted by: juan.peralta.jp17@gmail.com Receiver: fiee.investigacion.unac@analysis.arkund.com	 9
SA	CAPITULO I - II - III Ing. Paul Loor TERMINADA Y CORREGIDA COMPLETA.docx Document CAPITULO I - II - III Ing. Paul Loor TERMINADA Y CORREGIDA COMPLETA.docx (D113372815)	 1
SA	Universidad Nacional del Callao / APLICACIÓN DEL PROTOTIPO DE UNA BALDOSA PIEZOELÉCTRICA PARA MEJORAR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLE EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO-CALLAO.docx Document APLICACIÓN DEL PROTOTIPO DE UNA BALDOSA PIEZOELÉCTRICA PARA MEJORAR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLE EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO-CALLAO.docx (D166262306) Submitted by: kevin.arevalo@gmail.com Receiver: fiee.investigacion.unac@analysis.arkund.com	 1

Entire Document

88%	MATCHING BLOCK 1/82	SA PROYECTO DE TESIS CALDERON-CARRASCO-LOPEZ.pdf (D173965559)
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA ESCUELA PROFESIONAL DE ELÉCTRICA "APLICACIÓN		

DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN EN LIMA, PERÚ 2023" TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO ELÉCTRICO AUTOR (es): CORDOVA RICRA, Marco Alejandro FERNÁNDEZ CRUZ, Carlos Eduardo VILLANUEVA LLONTOP, David Fernando

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE
TESIS SIN CICLO DE TESIS

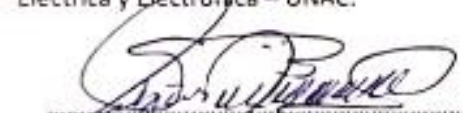
A los 24 días del mes de noviembre del 2023 siendo las 12:00 horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao, aprobada mediante Resolución Decanal N°186-2023-DFIEE, conformado por los siguientes docentes ordinarios:


DR. ING. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMÉNEZ	Presidente
MG. ING. ERNESTO RAMOS TORRES	Secretario
MG. LIC. WILMER PEDRO CHÁVEZ SÁNCHEZ	Vocal

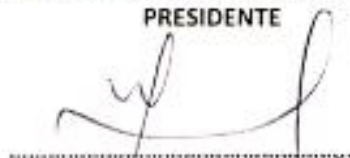
Asimismo, el secretario Mg. Ing. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA, no asistió; motivo por el cual el **MG. ING. ERNESTO RAMOS TORRES** asume el cargo de secretario; con ello se dio inicio a la exposición de TESIS de los señores Bachilleres **CORDOVA RICRA, Marco Alejandro, FERNANDEZ CRUZ, Carlos Eduardo y VILLANUEVA LLONTOP, David Fernando**; quienes habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Eléctricista como lo señalan los Arts. N° 08 al 10 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentarán la Tesis Titulada a "APLICACIÓN DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN EN LIMA, PERÚ 2023" con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en los Art. N° 80 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 150-21-CU, en el Sub Capítulo II, corresponde al otorgamiento del Título Profesional con Tesis sin Ciclo de Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por Aprobado Calificativo Buena nota: 14 a los expositores **CORDOVA RICRA, Marco Alejandro, FERNANDEZ CRUZ, Carlos Eduardo y VILLANUEVA LLONTOP, David Fernando**; con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 13 horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 236 del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.


.....
DR. ING. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMÉNEZ
PRESIDENTE


.....
MG. ING. ERNESTO RAMOS TORRES
SECRETARIO


.....
MG. LIC. WILMER PEDRO CHÁVEZ SÁNCHEZ
VOCAL

.....
SUPLENTE

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE : Dr. Ing. Santiago Rubiños Jiménez
SECRETARIO : Mg. Ing. Ernesto Ramos Torres
VOCAL : Mg. Lic. Wilmer Pedro Chávez Sánchez
ASESOR : Mg. Niko Alain Alarcón Cueva

DEDICATORIA

A nuestras familias por el apoyo incondicional en todo momento y brindarnos consejos sabios para nuestra vida.

AGRADECIMIENTO

A la universidad y todos los docentes por aportarnos conocimientos y experiencia en nuestra etapa de estudiantes.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	3
ÍNDICE DE FIGURAS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del Problema	11
1.3. Objetivos	11
1.4. Justificación.....	12
1.5. Limitantes de la Investigación	13
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes: Internacionales y Nacionales.....	15
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	15
2.1.2. Antecedentes Nacionales	18
2.2. Bases Teóricas	20
2.2.1. Disponibilidad operacional	20
2.2.2. Confiabilidad de los equipos eléctricos.....	21
2.2.3 Rendimiento de los equipos eléctricos.....	22
2.2.4. Temperatura de los equipos eléctricos	23
2.2.5 Inspección termográfica:.....	23
2.3. Marco conceptual.....	27
2.4. Definición de Términos básicos	30
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	32
3.1. Hipótesis	32
3.2. Definición Conceptual de Variables	32
3.2.1. Operacionalización de Variables	33
IV. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	34
4.1. Tipo y diseño de Investigación	34
4.2. Método de Investigación	35

4.3.	Población y muestra.....	35
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	36
4.5.	Técnicas e Instrumentos para la recolección de la información	36
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	39
4.7.	Aspectos éticos	39
V.	RESULTADOS	40
5.1.	Resultados descriptivos	40
5.1.1.	Resultados de la encuesta aplicada	40
5.1.2.	Resultados de la Ficha de evaluación	44
5.2.	Resultados inferenciales	48
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
6.1.	Contrastación y demostración de las hipótesis con los resultados	53
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	54
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	55
VII.	CONCLUSIONES	56
VIII.	RECOMENDACIONES	58
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
	ANEXOS	65
	ANEXO 01. Matriz de consistencia	66
	ANEXO 02. Instrumentos de recolección de datos	68
	ANEXO 03. CUESTIONARIO ACERCA DE LA URGENCIA DE CADA PROBLEMÁTICA ENCONTRADA	71
	ANEXO 04. FICHA DE EVALUACIÓN.....	73
	ANEXO 05. Validación de Instrumentos	74
	ANEXO 06. Base de datos.....	77
	ANEXO 07. Base de datos de las encuestas.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Matriz de operacionalización de las variables	33
Tabla 2.	Validación del instrumento de recolección de datos por juicio de expertos.....	38
Tabla 3.	Estadísticos de fiabilidad del instrumento.....	38
Tabla 4.	Encuesta sobre la importancia y urgencia de los problemas encontrados.....	41
Tabla 5.	Problemas agrupados	43
Tabla 6.	Descriptivos de la Disponibilidad Operacional Mensual - Pre Test vs Post Test	44
Tabla 7.	Descriptivos de la Confiabilidad - Pre Test vs Post Test	45
Tabla 8.	Descriptivos de la Tiempo medio entre fallas (MTBF) - Pre Test vs Post Test	46
Tabla 9.	Descriptivos de la Tiempo medio para reparaciones (MTTR) - Pre Test vs Post Test.....	47
Tabla 10.	Prueba de Normalidad de Shapiro Wilks.....	48
Tabla 11.	Prueba de Homogeneidad de Bartlett	48
Tabla 12.	Prueba T de Student para Muestras Relacionadas. Disponibilidad Operacional - Pre vs Post.....	49
Tabla 13.	Prueba T de Student para Muestras Relacionadas. Confiabilidad - Pre vs Post.....	50
Tabla 14.	Prueba T de Student para Muestras Relacionadas. Tiempo Medio entre Fallas - Pre vs Post	51
Tabla 15.	Prueba T de Student para Muestras Relacionadas. Tiempo Medio para Reparaciones - Pre vs Post.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ishikawa de los problemas encontrados _____	10
Figura 2. Sistema de confiabilidad operacional _____	22
Figura 3. Sobrecalentamiento de un compresor _____	23
Figura 4. Cámara termográfica _____	25
Figura 5. Aplicación del mantenimiento predictivo mediante equipos de termografía _____	26
Figura 6. Índice de problemas según su importancia y urgencia _____	42
Figura 7. Diagrama de Pareto _____	43
Figura 8 Comparación de los Gráficos de Cajas por Grupos – Disponibilidad _____	44
Figura 9 Comparación de los Gráficos de Cajas por Grupos – Confiabilidad	45
Figura 10 Comparación de los Gráficos de Cajas por Grupos – Tiempo Medio entre Fallos _____	46
Figura 11 Comparación de los Gráficos de Cajas por Grupos – Tiempo Medio de reparación _____	47

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo aplicar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para mejorar la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023. La metodología utilizada para el desarrollo del estudio fue del tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño pre y post test. Donde la población estuvo conformada por todas las mediciones de los indicadores de la disponibilidad operacional una red de distribución de baja tensión en Lima, de la cual se usó una muestra de 16 mediciones, la cual se dividieron en 2 grupos para el pre test (8) y post test (8) respectivamente. En los resultados se encontró que la inspección termográfica tuvo un impacto significativo ($t=-13.321$, $\text{sig.}<0.05$) mejorando la disponibilidad operacional mensual en una red de distribución de tensión baja. Se encontró que antes de la implementación existía una disponibilidad operacional del 91.91% y luego de la implementación esta cambió a 98.75%, evidenciando un aumento significativo.

Palabras Claves: Inspección termográfica, Red de distribución de baja tensión, Confiabilidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to apply thermographic inspection in predictive maintenance to improve the operational availability of a low voltage distribution network in Lima, Peru 2023. The methodology used for the development of the study was of the applied type, descriptive level and pre and post test design. The population consisted of all the measurements of the operational availability indicators of a low voltage distribution network in Lima, of which a sample of 16 measurements was used, which were divided into 2 groups for the pre-test (8) and post-test (8) respectively. In the results it was found that the thermographic inspection had a significant impact ($t=-13.321$, $\text{sig.}<0.05$) improving the monthly operational availability in a low voltage distribution network. It was found that before the implementation there was an operational availability of 91.91% and after the implementation this changed to 98.75%, showing a significant increase.

Keywords: Thermographic inspection, Low voltage distribution network, Reliability.

INTRODUCCIÓN

Un requisito indispensable para el progreso de cualquier sociedad es la energía eléctrica, pero no basta con proveerla, sino que también hay que asegurar que el cliente o usuario pueda usarla adecuadamente, dependiendo del servicio que esté ofreciendo. Para ello, la energía eléctrica debe llegar con las condiciones óptimas que garanticen su calidad y eficiencia (Vaca, et al., 2021). La demanda y la producción de electricidad han disminuido un 20% desde 1971 hasta hoy. Sin embargo, la brecha entre el consumo eléctrico per cápita de los países desarrollados y las naciones en desarrollo sigue siendo grande, y la eficiencia energética no ha mejorado. Esto se debe a que las tecnologías empleadas no son las más apropiadas (Jauregui, 2019). La confiabilidad en los sistemas de transmisión y distribución empezó a ser un tema de interés para muchos investigadores a inicios de la década de los años noventa, cuando varias naciones experimentaron frecuentes cortes de energía eléctrica que afectaron sus procesos productivos y causaron enormes daños económicos (Campos, et al., 2021). Un problema que afecta gravemente a la calidad de la energía eléctrica es el aumento en la demanda urbana, especialmente en los países en desarrollo, donde la densidad poblacional es alta. Esto provoca que los equipos y la infraestructura de distribución se vean sometidos a una sobrecarga que los deteriora y genera fallas constantes (Campos, et al., 2021). Como país que depende principalmente de la importación de nuevas tecnologías, el Perú necesita estar al día con los conocimientos de nivel internacional para que su industria y su mercado nacional sigan creciendo de manera estable. En los últimos años, el país ha tenido la oportunidad de participar en conferencias internacionales enfocadas en el área de mantenimiento (Jara, et al., 2021).

Los equipos eléctricos pueden sufrir un aumento de la temperatura interna por diversas causas, como fallas en el contacto, sobrecargas, aislamiento agrietado, relés defectuosos, terminales mal conectados y otros problemas similares. Estas situaciones pueden provocar interrupciones no deseadas y daños potenciales en los equipos del sistema eléctrico (Guicharrousse, 2021). Una forma frecuente de identificar un fallo es mediante la observación directa, por eso, este proceso requiere más tiempo y más técnicos que se encargan de esta tarea (Marrero, y otros, 2019). La eficiencia y la duración operativa de los dispositivos están

considerablemente influenciados por las labores de mantenimiento que se llevan a cabo en ellos. El mantenimiento predictivo es una herramienta valiosa para conocer la confiabilidad de los equipos, pues permite identificar fallas potenciales sin necesidad de detener el sistema. Por eso, el mantenimiento en equipos se ve sustancialmente afectado por la importancia del mantenimiento que se les brinda (Martínez, et al., 2022). La termografía es una técnica que permite detectar anomalías en las líneas eléctricas, sin necesidad de desconectarlas. Esta técnica ayuda a prevenir fallas que puedan afectar la calidad, la confiabilidad y la continuidad del servicio eléctrico, lo cual resulta en una reducción de los gastos asociados al mantenimiento y pérdidas por interrupciones. Por esta razón, se realiza un mantenimiento predictivo basado en la termografía, para garantizar un suministro eléctrico óptimo (Carrion, et al., 2022). La termografía permite analizar la temperatura de los equipos e instalaciones de una empresa sin afectar su proceso productivo. Esta información térmica, que no se puede ver a simple vista, se hace visible mediante el uso de cámaras termográficas (Segura Requejo, 2019). La termografía permite detectar posibles anomalías en los equipos que podrían provocar una falla y sus efectos negativos, con el fin de evitarlas y asegurar su funcionamiento óptimo, disminuyendo las paradas no planificadas (Carrion, et al., 2022).

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La mayoría de las fallas y problemas eléctricos en los sistemas de potencia en el contexto de los países desarrollados, necesitan de métodos que interfieren con el equipo y que implican su parada, para poder ser prevenidos o solucionados, lo que afecta gravemente su disponibilidad (Pérez Baluja, et al., 2022). Una de las funciones de las redes de distribución es garantizar que los usuarios de energía eléctrica reciban un suministro de calidad y confianza. Sin embargo, el incremento en la necesidad de electricidad y el deterioro en los elementos de la red generan más pérdidas de energía y más costos operativos, así como más cortes del servicio. Por eso, es conveniente, tanto técnica como económicamente, optimizar la red de distribución (Guicharrousse, 2021). Con el fin de abordar el aumento en la solicitud de suministro de energía eléctrica en nuestro país, como resultado del progreso económico y la mejora de las condiciones de vida, es necesario proporcionar un servicio de excelencia, de acuerdo con lo estipulado en la normativa técnica sobre la calidad de los servicios eléctricos (Cuisano, et al., 2020).

Un aspecto clave para prevenir y detectar problemas en los equipos que forman parte del sistema eléctrico es la energía térmica, que permite evaluar el estado de los componentes y prolongar su vida útil operativa. La radiación infrarroja es una forma de energía térmica que emiten todos los equipos con una temperatura mayor a cero, y que aumenta a medida que la temperatura sube. No obstante, esta radiación no se percibe visualmente por el ser humano, siendo necesario instrumentos especiales para medirla (Carrion, et al., 2022). La termografía es una técnica que se utiliza para el mantenimiento de los sistemas eléctricos, ya que permite detectar zonas con alta temperatura, que pueden indicar problemas como falsos contactos, desbalance de carga o fallas mecánicas. Esta técnica consiste en analizar las imágenes térmicas de los equipos y componentes eléctricos, para identificar posibles anomalías y corregirlas antes de que causen daños mayores (Carrion, et al., 2022).

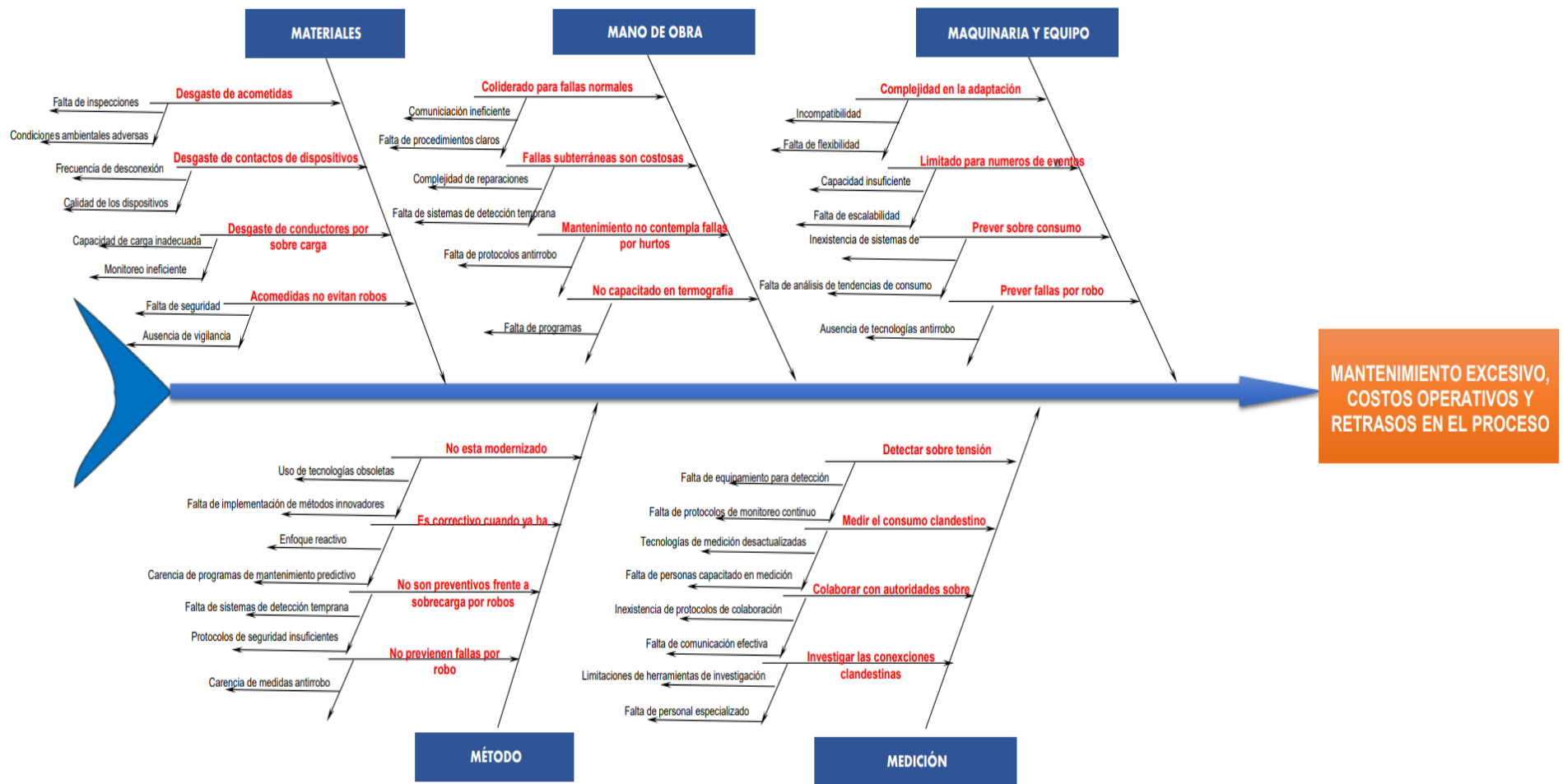


Figura 1. Ishikawa de los problemas encontrados

Del evento ocurrido, surge la interrogante sobre la conexión entre la utilización de la cámara termográfica en la prevención de fallos y la efectividad de una red de distribución. Nos cuestionamos si esto abordará nuestra investigación y resolverá nuestro problema planteado, lo que conduce a la formulación del problema de investigación.

1.2. Formulación del Problema

Problema General

P.G.1 ¿Cómo la aplicación de la Inspección Termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023?

Problemas Específicos

P.E.1. ¿Cómo la aplicación de la Inspección Termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará la confiabilidad para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023?

P.E.2. ¿Cómo la aplicación de la Inspección Termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023?

P.E.3. ¿Cómo la aplicación de la Inspección Termográfica en el mantenimiento predictivo disminuirá el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023?

1.3. Objetivos

Objetivo General

O.G. Aplicar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para mejorar la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Objetivos Específicos

O.E.1 Realizar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para mejorar la confiabilidad para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

O.E.2 Utilizar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para mejorar el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

O.E.3 Implementar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para disminuir el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

1.4. Justificación

Justificación Teórica

Según Fernández (2020) surge cuando el objetivo de la investigación es promover el debate y análisis académico acerca del conocimiento existente, cuestionar una teoría, confrontar descubrimientos, realizar una reflexión epistemológica sobre el saber existente o cuando se busca exponer las soluciones de un modelo.

Con lo anterior, el estudio llevado a cabo se fundamenta en una base teórica, ya que el empleo de la termografía en el mantenimiento predictivo nos posibilitará supervisar y analizar las modificaciones que sucedan durante el funcionamiento de los equipos, lo que podremos contrastar con investigaciones previas.

Justificación Práctica

Para Rosario et al. (2019) debe llevarse a cabo cuando el progreso de la investigación contribuye a abordar un problema, o al menos, plantea estrategias que, de implementarse, facilitarían su resolución.

El autor nos propone una perspectiva para investigar los efectos en la disposición de los dispositivos electrónicos a través de la aplicación de la termografía en una red de distribución de baja tensión situada en Lima, Perú, durante el año 2023. Este estudio de investigación actual nos permitirá profundizar en esta temática y obtener resultados relevantes para el sector eléctrico.

Justificación Metodológica

Según Vilela (2019) se establece si el estudio plantea la introducción de un enfoque o estrategia novedosa con el objetivo de producir conocimiento que sea válido y confiable.

Según lo planteado por el autor, este estudio de investigación se basa en una justificación metodológica, pues se plantea el empleo de la inspección termográfica con un método estructurado que considera el aumento en la confiabilidad teniendo en cuenta el tiempo entre fallas y para reparación de los equipos eléctricos en una red de distribución de baja tensión en Lima.

1.5. Limitantes de la Investigación

Límites de la Investigación

Solíz (2019) se considera cuando se considera la exclusión de un aspecto del problema por algún motivo. Esto implica que cualquier restricción debe contar con una justificación válida y convincente.

Según lo afirmado por el autor, el objetivo de esta investigación es aplicar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo de una red de distribución de baja tensión en Lima. Por lo tanto, no se abordarán aspectos relacionados con otras aplicaciones de esta técnica o con otras tecnologías que se empleen en otras funciones para optimizar la disponibilidad operacional de los equipos eléctricos.

Delimitaciones de la Investigación

Fernández (2020) sostiene que es necesario establecer los límites temporales, sociales y espaciales del problema de investigación, para ubicarlo en un marco definido y coherente.

De lo expuesto por el autor, mis delimitaciones son las siguientes:

Delimitación Espacial

El ámbito geográfico de mi estudio de investigación se circunscribe a una red de distribución de baja tensión en Lima, excluyendo cualquier otro espacio que no pertenezca a esta área, a razón a las variadas condiciones presentes en cada ubicación.

Delimitación Temporal

Este estudio está programada para abril de 2023 y se estima que se extenderá durante un período de 10 meses, lo cual es un plazo insuficiente para poder examinar y contrastar distintas aplicaciones de termografía que contribuyan a optimizar la operatividad en una red de distribución de baja tensión en Lima.

Delimitación Social

La investigación se enfoca en explorar la aplicación de la termografía en el mantenimiento predictivo con el propósito de mejorar la disponibilidad operacional de los equipos eléctricos, lo que aportará beneficios a la red de distribución de baja tensión en Lima.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacionales y Nacionales

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Conforme Molina (2023) en su investigación “METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIO VOLTAJE POR MEDIO DE TÉCNICA DE ESTUDIO TERMOGRÁFICO” busco aplicar la termografía como medio de mantenimiento predictivo, la cual permita encontrar y analizar anomalías en las redes eléctricas de medio voltaje, mediante un enfoque cuantitativo, la cual se evidencia en los resultados encontrados, donde se analizó 82 puntos de un alimentador primario, en la que se evidencia que 5 puntos (6.1%) necesitan una reparación inmediata a corto plazo, mientras que 77 puntos (93.9%) no requieren de una reparación inmediata. En conclusión, queda demostrado que el análisis termográfico es un método eficaz en la examinación y valoración de los diversos componentes de una red de voltaje medio.

En concatenación con la investigación del autor, se respalda la eficacia de la termografía en la examinación y valoración de los elementos de las redes de medio voltaje, subrayando su valor para detectar anomalías y mejorar la planificación de mantenimiento, por lo cual esta investigación toma como referencia para la variable “inspección termográfica”.

Para Varas (2022) en su indagación para obtener el grado de Ing. Eléctrico titulado “DIAGNÓSTICO VISUAL-TÉRMICO EN SISTEMAS ELÉCTRICO DE SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN CON EL USO DE DRONES PARA EFECTUAR MANTENIMIENTOS” busco diseñar un modelo con una metodología que permitiera realizar mantenimientos de tipo predictivo, preventivo y correctivo mediante el uso de drones en los sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución, el método que empleó se basa en obtener un diagnóstico preciso del sistema eléctrico (subtransmisión y distribución) mediante imágenes visuales y térmicas; de esta forma se protege a los técnicos que realizan esa tarea de entrar en lugares peligrosos, con el objetivo de examinar los posibles riesgos laborales y poder resolverlos mediante conclusiones específicas, finalmente en este trabajo se sugirió la instalación de

terminal de compresión de ojo en la entrada y la salida del seccionador para que el conductor tenga un mejor ajuste en la salida y entrada del seccionador.

Según lo planteado por el autor, se requiere elaborar un modelo con metodología para realizar mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos con el objetivo de examinar los eventuales riesgos laborales y poder resolverlos mediante conclusiones específicas, este hecho me sirve de referencia para el estudio de mi variable “Inspección termográfica”.

De acuerdo con Julca (2022) en su título “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL RCM PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES DE LA EMPRESA CILSA” en los resultados obtenidos, se destaca un promedio de 14.5 eventos de fallas, lo que impulsó la realización de un análisis de Pareto. Este análisis reveló que el 81.47% del tiempo de inactividad se originó en 3 fallas significativas: motor, transmisión y sistema de frenos. Estos modos de falla fueron evaluados mediante el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR), lo cual condujo a un índice promedio de 173, que fue considerado como inadmisibles. En conclusión, el RCM permitió un incremento del 3.61% en la disposición del grupo de vehículos de la empresa CILSA.

De lo expuesto anteriormente, aunque los contextos son diferentes, los conceptos y enfoques relacionados con el mantenimiento preventivo, la identificación de fallas críticas y la mejora de la disponibilidad operacional pueden ser aplicables y relevantes para mi investigación y la variable de estudio “Disponibilidad operacional en equipos eléctricos”.

Castaing (2019) en su investigación “MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RCM” para obtener su título de Licenciado. Su propósito fue aumentar la fiabilidad operacional de los equipos de medición, protección y control de la UEN TE, aplicando una metodología basada en un programa de mantenimiento confiable, de acuerdo con las normas SAE JA-1011 y SAE JA 10-12. Así,

elaboró un manual de mantenimiento preventivo que consideró las condiciones del equipo, los conocimientos y las sugerencias del personal técnico y administrativo. Al final de su investigación, recomendó hacer reuniones anuales para evaluar el desempeño de los relés.

Según lo que plantea el autor, resulta relevante aplicar un programa de mantenimiento que se ajuste a las normas de confiabilidad para optimizar la confiabilidad operacional de los equipos de protección, medición y control. Este aspecto me sirve como punto de referencia para examinar mi variable "Disponibilidad operativa".

De acuerdo con la investigación de Bernal (2021) titulada "OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EMPRESA DE FOSFATOS DE BOCAYÁ S.A." planteó como objetivo mejorar el plan de mantenimiento mediante una serie de acciones y análisis que garanticen una mejor confiabilidad en los procesos de la planta, mediante un enfoque cuantitativo, en la cual se encontró como resultados, se observa una disponibilidad del 90%, lo que refleja una respuesta altamente eficiente por parte del equipo de mantenimiento en relación con las actividades correctivas. Esta respuesta se traduce en tiempos de ejecución cortos y efectivos para resolver problemas. Por otro lado, la disponibilidad alcanzada se ubica en el 84%, indicando que, aunque se requieren mantenimientos preventivos, la disminución en la disponibilidad no es significativa, lo que sugiere una ejecución exitosa de las medidas preventivas para evitar fallos graves en los activos. Por último, el indicador de disponibilidad operacional muestra un valor de 76%, denotando una gestión eficaz del tiempo en la planificación y preparación de las actividades de mantenimiento.

En concatenación con lo expuesto, este antecedente sobre disponibilidad operacional puede enriquecer la investigación al proporcionar conceptos, metodologías y resultados que respalden y refuercen las propias mediciones y análisis en el estudio de aplicación de la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo en la red de distribución de baja tensión en Lima.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Reyes (2019) realizó la investigación “APLICACIÓN DE CÁMARA TERMOGRÁFICA EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES KOMATSU 730E BAYOVAR – 2018” para obtener su grado de Ing. Mecánico Electricista su propósito fue evaluar cómo la cámara termográfica contribuye en el grado de confiabilidad del sistema eléctrico de equipos de la marca Komatsu 730E. Empleó un diseño pre experimental, mediante un pre test y post test, desarrollando así un sistema mediante termo cámara para la detección de fallas mediante la temperatura de los componentes. Asimismo, se concluye que la aplicación de equipos que miden la temperatura mediante la tecnología infrarroja logra reducir los tiempos de mantenimiento, debido a que algunos equipos esperan que la cámara termográfica esté disponible.

El autor plantea que la utilización de la cámara termográfica puede contribuir a mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico, ya que permite detectar posibles fallas antes de que se produzcan. Esta idea es relevante para el análisis de mi variable “Inspección termográfica”.

Segura (2019) en su tesis titulada “DISEÑO DE ESTRUCTURA SOPORTE DE CÁMARA TERMOGRÁFICA DE UN DRONE-HEXAROTOR PARA OPTIMIZAR TIEMPO DE INSPECCIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA-HERZAB-S.A.C” estableció como propósito acoplar una cámara termográfica a un Drone-Hexarotor mediante una estructura, con el fin de mejorar la eficiencia y rapidez de las inspecciones eléctricas, mediante el uso de una metodología experimental, basada en la realización de pruebas de campo y la recopilación de datos mediante guías de observación. Por último, se sugiere que, antes de operar el dron, el personal debe contar con una formación adecuada y, si se puede, con un certificado emitido por una entidad que supervise el empleo de aeronaves no tripuladas en el campo de la ingeniería. Así se asegura el respeto de las normas y regulaciones existentes, y también se optimiza el uso de la batería durante el vuelo.

El autor destaca la relevancia de diseñar un soporte con un estabilizador para la cámara termográfica que permita realizar imágenes automáticas y así agilizar el proceso de inspección de sistemas de distribución eléctrica. Este aspecto me

sirve como referencia respecto al análisis de mi variable “Inspección termográfica”.

Asencio (2020) en su estudio para obtener el grado de Ing. Mecánico electricista “MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE ANÁLISIS TERMOGRÁFICO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL EN EQUIPOS ELÉCTRICOS DE CENTRÍFUGAS EN INGENIO AZUCARERO” propuso Sugirió un programa de mantenimiento predictivo que se fundamenta en la termografía con el fin de aumentar la operatividad disponible de los dispositivos eléctricos, se empleó una metodología pre experimental, ya que se enfocó en modificar la variable dependiente “disponibilidad” para evaluar la factibilidad del estudio y reducir el tiempo de reparación por sobrecalentamiento, los fallos de los dispositivos eléctricos de las centrífugas en la planta azucarera, lo cual posibilitaría incrementar la disponibilidad. Como conclusión, el autor propuso llevar a cabo una evaluación de la duración operativa de los dispositivos eléctricos con el objetivo de determinar en qué fase se hallan.

Según lo planteado por el autor, se hace necesario desarrollar una estrategia de planeamiento de mantenimiento predictivo basado en análisis termográfico para optimizar la disponibilidad operacional de los equipos eléctricos, este aspecto me sirve de apoyo para el estudio de mi variable “Disponibilidad operacional”.

Según la investigación de Acosta et al. (2022) titulada “PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL AMT CHN021 INDUSTRIAL – CHIMBOTE, PARA MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD EN EL SERVICIO” determino como objetivo fundamental consistió en elevar la sostenibilidad de los alimentadores de la Subestación de Transformación (SET) a través de la incorporación de un enfoque de mantenimiento predictivo, respaldado por una metodología cuantitativa de enfoque descriptivo. Los descubrimientos obtenidos en el estudio revelaron que el alimentador más crítico era el CHN021, identificado por su número significativo de interrupciones. Adicionalmente, mediante la aplicación de este enfoque de mantenimiento, se logró una mejora notable en los beneficios económicos, que ascendieron a un total de s/. 31,508 en comparación con periodos previos. En resumen, la estrategia de

mantenimiento basada en la termografía demostró su capacidad para detectar anomalías y áreas críticas dentro del alimentador, y esta eficacia resultó en un impacto positivo en la sostenibilidad general del servicio.

En línea con la investigación, resulta crucial destacar la relevancia de una estrategia de mantenimiento predictivo basado en inspección termográfica. Esta estrategia no solo posibilita la identificación de áreas críticas, sino que también conlleva beneficios económicos, lo que establece un contexto propicio para mi propia investigación y la variable de estudio "Inspección termográfica".

Olivares (2019) realizó una investigación denominada "MANTENIMIENTO PLANIFICADO Y LA DISPONIBILIDAD DE LA LÍNEA DE TROZADO EN LA PLANTA DE PERUVIAN NATURE S&S SAC", tuvo como objetivo diseñar un estilo de mantenimiento planificado mediante una tecnología en el examen de confiabilidad, disponibilidad y mantenimiento, con el fin de aumentar la disponibilidad de la línea de trozado, finalmente, recomendó la aplicación de una estrategia de mantenimiento predictivo puesto que se reduce la frecuencia de errores y lograr la menor incidencia posible.

Según lo que plantea el autor, resulta clave organizar el mantenimiento planificado para optimizar la disponibilidad operacional de los dispositivos eléctricos, este aspecto me sirve de referencia para el análisis de mi variable "Disponibilidad operacional".

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Disponibilidad operacional

La disponibilidad operacional se refiere a la habilidad de un sistema para operar correctamente cuando se le necesita, bajo las condiciones establecidas en un entorno operativo real. Esta capacidad depende del tiempo que se tarda en reparar el sistema y de la frecuencia con la que se producen fallas que requieren intervenciones. Por lo tanto, la disponibilidad operacional se puede expresar como la posibilidad de que el sistema esté operativo en cualquier momento dado (Díaz, et al., 2021).

La mayoría de los usuarios que se encargan del mantenimiento y la operación de los equipos coinciden en que la disponibilidad es tan importante como la seguridad, ya que no pueden permitirse que un equipo esté inactivo cuando hay

demanda de uso. Por eso, es una medida de gran relevancia y utilidad (Feal, et al., 2022).

La disponibilidad, al igual que la confiabilidad, se puede expresar mediante modelos matemáticos. Esto permite al diseñador ajustar los parámetros de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad según las necesidades del sistema. De esta manera, se puede optimizar el costo que implicará el funcionamiento durante toda su vida operativa, tal como se muestra en la ecuación (1) (Asencio Altamirano, 2020).

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ calendario - Horas\ de\ mantenimiento}{Horas\ calendario} \times 100 \quad (1)$$

Un criterio importante en la gestión del mantenimiento es la disponibilidad, que mide la capacidad de una máquina para realizar sus tareas o funciones en un período determinado. La disponibilidad se expresa como una proporción estadística y se obtiene mediante la siguiente fórmula (Asencio Altamirano, 2020).

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR} \times 100 \quad (2)$$

MTBF es el tiempo medio entre fallas (h/avería) MTTR es el tiempo medio para reparaciones (h/avería)

Si observamos la ecuación 2 podemos concluir que la disponibilidad es mayor cuando el tiempo medio entre fallas es muy prolongado y cuando el tiempo medio para reparaciones es mínima (No requiere mucho tiempo en reparar los equipos eléctricos. Para calcular los indicadores MTBF y MTTR se tienen las siguientes ecuaciones.

$$MTBF = \frac{TBF}{i} \quad (3)$$

$$MTTR = \frac{TTR}{i} \quad (4)$$

Donde TBF es el tiempo entre fallas de cada equipo (h), TTR es el tiempo para reparar de cada equipo (h) e i es el número de fallas.

2.2.2. Confiabilidad de los equipos eléctricos

Se refiere a la habilidad de un dispositivo de cumplir correctamente su función diseñada durante un periodo de tiempo, bajo las condiciones ambientales para las que fue creado. Se usa también como una medida del rendimiento y se

manifiesta como una probabilidad, es decir, como el grado de seguridad de que la máquina funcionará sin fallas durante el tiempo especificado (Olivares, 2019).

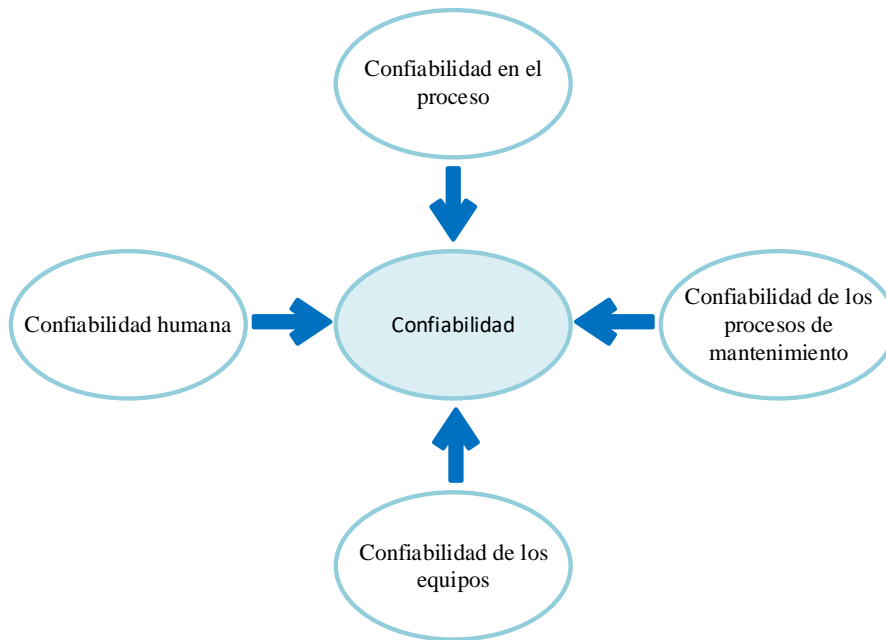


Figura 2. Sistema de confiabilidad operacional

Fuente: Rehecho en Visio Profesional (Vílchez Rivas, 2019)

La confiabilidad se define como la posibilidad de que una máquina opere adecuadamente durante un intervalo temporal de tiempo y se obtiene mediante la siguiente fórmula (Asencio Altamirano, 2020).

$$Confiabilidad = \frac{T}{e^{100 \cdot n \cdot MTBF}} \times 100 \quad (5)$$

T (h/año): es el tiempo programado (h/año)

n: número de equipos.

2.2.3 Rendimiento de los equipos eléctricos

Se refiere al conjunto de acciones y estrategias que persiguen el uso eficiente y moderado de la energía eléctrica en diferentes ámbitos donde se utiliza la siguiente fórmula para calcularla (Jauregui, 2019). Debido a diversos factores que escapan al control de los operadores, no se puede asegurar que la prestación del servicio sea continua en todas las circunstancias. Dentro de estos elementos se incluyen: los fallos tanto internos como externos que podrían causar daño a los componentes, las limitaciones económicas que obstaculizan

la mejora de la calidad y redundancia de los componentes, y la variabilidad en los recursos de generación y en la exigencias de los usuarios (Reyes, 2019).

2.2.4. Temperatura de los equipos eléctricos

Los componentes eléctricos que se mueven se desgastan desde el momento en que se colocan, debido a la presión que ejercen, las oscilaciones, la oxidación y su propio proceso de envejecimiento. Por esta razón, hacer termografías de forma regular es una buena manera de evitar que la temperatura de los elementos eléctricos esenciales se eleve demasiado (Rodríguez, 2020). Para evitar que los equipos eléctricos se descompongan por el calor, se debe cumplir que su temperatura superficial sea al menos 75 °C menor que la temperatura mínima de descomposición que se especifica en la norma UNE 31017. Para controlar la temperatura, se debe definir una rutina programada de medición y registro de datos que permita identificar cuando se ha producido un cambio en dicha variable (Prado, 2019).

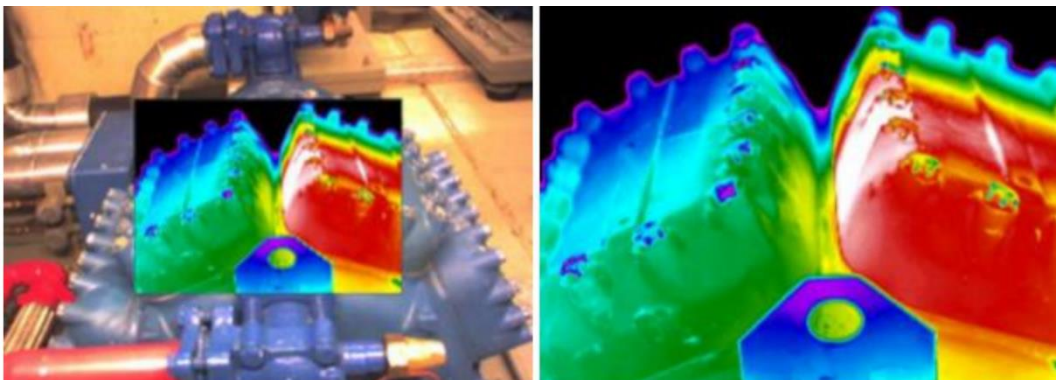


Figura 3. Sobrecalentamiento de un compresor

Fuente: (Rodríguez Atienza, 2020)

2.2.5 Inspección termográfica:

Un método eficaz para evaluar el estado y el funcionamiento de las instalaciones eléctricas es la termografía, que permite detectar anomalías térmicas en los equipos y el ambiente que los rodea. Esta técnica es muy relevante para garantizar la seguridad, la calidad y el rendimiento del sistema eléctrico (García, et al., 2021). La termografía es un método que permite detectar los puntos de mayor temperatura en los elementos que forman parte de un circuito eléctrico, como aislantes, conectores o piezas. Para realizar una revisión termográfica de

forma segura y eficaz, se necesita el apoyo de un electricista experto que pueda identificar y localizar los equipos que se van a examinar con la cámara térmica (Carrion, et al., 2022). Para una inspección termográfica se debe realizar lo siguiente:

a) Definir actividad:

Se especifica todo el material que se quiere controlar. En muchos entornos empresariales, esa relación ya existe, solo hay que descartar los elementos que no son aptos para revisiones termográficas. El personal encargado del área, con la debida coordinación, recibe la orden de trabajo en la que se indica la radial a revisar junto con los planos de esa zona (Reyes, 2019).

b) Inspección inicial

Para poder identificar las causas de las fallas en su equipamiento, necesita tener información referencial. En ese sentido, es aconsejable que tome imágenes térmicas en la instalación que se va a examinar (Reyes, 2019). Para realizar una buena inspección termográfica, se recomienda empezar por el exterior. Así se pueden identificar fácilmente las zonas donde hay pérdidas de calor o deficiencias en el aislamiento. Además, se deben tomar imágenes térmicas de áreas que aparentemente no presentan problemas (Carrión, et al., 2022).

c) Creación de rutas de inspección

Una forma de seleccionar los equipos para el análisis infrarrojo es revisar las listas de equipos que se encuentran en un sistema de gestión de mantenimiento computarizado o en otro inventario. Descarte los elementos que no se pueden medir con infrarrojos y priorice los equipos que afectan el rendimiento de la producción (Carrion, et al., 2022).

d) Clasificación de los peligros

Los formularios que contienen los informes deben estar organizados según sus tres categorías de riesgos más frecuentes (A, B, C), haciendo énfasis en que los riesgos de tipo A y B son los más relevantes para el sistema de prevención de peligros laborales en las organizaciones y que pueden ocasionar grandes daños (Jara, et al., 2021).

Cámara termográfica:

Para poder ver la radiación infrarroja que desprenden los objetos, para detectar lo que el ojo humano no puede ver, es necesario utilizar una cámara termográfica que pueda medir esta energía y registrar la longitud de onda mediante un sensor de infrarrojos (Acosta, et al., 2022). Un dispositivo que forma imágenes visibles a partir de las emisiones infrarrojas de los objetos observados es una cámara termográfica. Esta herramienta es la única que puede mostrar la fuga de energía de una construcción. El proceso es ágil y las imágenes termográficas que genera la cámara son un motivo eficaz y persuasivo (Cabrera Flores, 2019).

La separación respecto al objeto y la cámara termográfica es un factor importante que depende de varias características, tales como: la cantidad de píxeles que tiene la cámara (resolución), el ángulo de visión que abarca la cámara (FOV), el tipo de lente que se usa para captar la imagen (teleobjetivo, gran angular o macro) y el tamaño del objeto que se quiere medir (Varas, 2022).



Figura 4. Cámara termográfica

Fuente: (Flores Rivera, 2019)

Mantenimiento predictivo

Consiste en una metodología de mantenimiento que permite calificar el estado del equipo, si el equipo está próximo a fallar y por lo tanto requiere ser sustituido o arreglado antes de que ocurra, de esta manera, se puede prevenir el costoso mantenimiento no planificado (correctivo) (Bances, 2020). Se trata de un proceso que busca asegurar un nivel de servicio óptimo, de un elemento mediante el uso

sistemático de técnicas de análisis, empleándose recursos de control o de muestreo, con el objetivo de disminuir las labores de mantenimiento preventivo y mitigar las necesidades de mantenimiento correctivo (López, et al., 2021).

La termografía es un método de mantenimiento que facilita la evaluación y supervisión las condiciones térmicas de los componentes, dispositivos o sistemas industriales. Mediante el uso de equipos especializados, se puede observar y medir la temperatura de funcionamiento de las máquinas, equipos o elementos, y así prevenir o corregir posibles fallas o anomalías (Rodríguez, 2020). La finalidad del mantenimiento predictivo es evaluar el estado y la confiabilidad de una máquina sin interrumpir su funcionamiento, y solucionar el problema cuando todavía está en una fase inicial, es decir, antes de que se produzca el fallo definitivo (Ramos Gonzáles, et al., 2020).

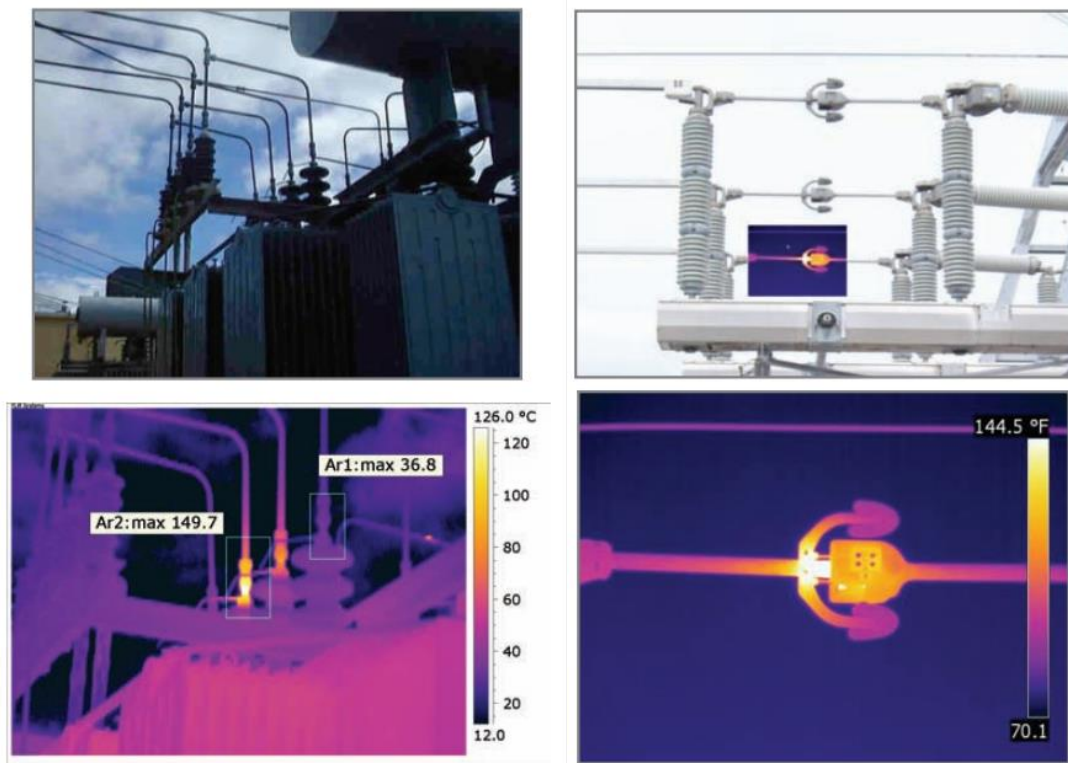


Figura 5. Aplicación del mantenimiento predictivo mediante equipos de termografía

Fuente: (FLIR Systems, 2013)

2.3. Marco conceptual

VARIABLE INDEPENDIENTE: INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

Campos et al. (2021) consiste en la técnica no destructiva que busca identificar áreas con puntos de calor inusuales en componentes eléctricos y sistemas, como aislamientos y conexiones. Ella se enfoca en la identificación de radiación térmica emitida por objetos según su temperatura. Es útil para prever problemas en una línea de distribución eléctrica, ya que permite descubrir problemas como conexiones deficientes o componentes sobrecalentados antes de que causen fallos graves.

Asimismo, Para Bances (2020), consiste en utilizar cámaras especiales que registran y cuantifican la radiación térmica que emiten los objetos y las superficies. Esta metodología permite observar las variaciones de temperatura en un objeto, equipo o sistema, lo que puede indicar anomalías o cambios en el patrón térmico.

Finalmente, Carvallo y Nieto (2020) es una técnica que permite identificar anomalías en el funcionamiento de los equipos sin afectar su operación, mediante la medición de las variaciones de temperatura con una cámara especializada.

DIMENSIONES

D1: Temperatura de los equipos eléctricos

Según Mendoza et al. (2021) una forma de analizar el calor que emiten los objetos es mediante la termografía, una técnica que utiliza cámaras especiales que captan la radiación infrarroja. Esta radiación no es visible al ojo humano, pero las cámaras termográficas la convierten en imágenes que muestran las diferencias de temperatura.

I1: Anomalías en la variación de temperatura

Según Carrión et al. (2022) son aquellas que se alejan de los niveles normales esperados en un objeto, sistema o entorno específico. Estas variaciones pueden presentarse como zonas que tienen temperaturas mucho más altas o más bajas que las de su alrededor. Es importante detectar y entender estas anomalías en

diferentes campos, como la revisión de equipos eléctricos, sistemas mecánicos, construcción y seguimiento ambiental, ya que pueden señalar problemas potenciales, averías o cambios en las condiciones que necesitan atención o evaluación adicional.

I2: Desequilibrio en el delta de temperatura

Tomas (2022) refiere que es la medida de cómo cambia la temperatura entre dos lugares o momentos distintos, si hay un "desequilibrio en el delta de temperatura", significa que esa medida no coincide con lo que se supone que debe ser en condiciones normales. Esto puede deberse a variaciones anormales en el flujo de calor, problemas de aislamiento, pérdida de eficiencia térmica u otros factores que pueden afectar el funcionamiento adecuado del sistema o entidad y que pueden necesitar ser investigados y corregidos.

I3: Altas temperaturas

Vivanco et al. (2021) mencionan que se refiere al grado de calor en una zona es mayor al que se espera o al que es adecuado. Las altas temperaturas pueden tener diferentes causas, como el exceso de calor generado por equipos o procesos, o las variaciones climáticas anormales. Estas circunstancias pueden exigir una intervención rápida para prevenir daños, peligros o fallos.

I4: Bajas temperaturas

Vivanco et al. (2021) refiere que se refiere a niveles de temperatura más bajos de lo habitual en un entorno o sistema. Esto implica que la cantidad de calor en una región específica es menor de lo que se considera común o normal.

VARIABLE DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD OPERACIONAL

Para Ronceros et al. (2023) se refiere a la aptitud de un sistema, equipo o recurso para estar en funcionamiento y preparado para cumplir su propósito en el momento que se requiere. En esencia, se trata de cuán listo y en condiciones adecuadas se encuentra un componente para llevar a cabo su función cuando se le solicita.

Asimismo, Asencio (2020) refiere que la condición de las máquinas eléctricas se puede evaluar con los indicadores de gestión de mantenimiento que presentan

valores críticos y demandan una estrategia inmediata de mantenimiento predictiva.

DIMENSIONES

D1: Rendimiento de los equipos eléctricos

Varas (2022) refiere que es la manera en que los dispositivos y sistemas eléctricos realizan sus funciones planeadas en términos de eficiencia y efectividad. Evaluar el desempeño de estos equipos implica medir su funcionamiento en relación a sus especificaciones y expectativas.

I1: Confiabilidad

Díaz et al. (2021) refiere que, un sistema, equipo o proceso es confiable cuando funciona de manera estable y consistente durante un tiempo determinado, bajo las condiciones normales o esperadas para su uso. Esto significa que un sistema confiable cumple con su función sin sufrir interrupciones imprevistas ni averías graves. La confiabilidad es fundamental en varios sectores, ya que afecta a la seguridad, eficiencia y satisfacción del usuario.

I2: MTBF (TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA)

Landeros et al. (2019) refiere que, para medir la confiabilidad de un sistema, equipo o componente es el tiempo medio entre falla. Esta medida expresa el tiempo promedio que pasa entre un fallo y el siguiente en un dispositivo. Es decir, el MTBF indica la duración esperada del funcionamiento correcto de un sistema antes de que se produzca una avería.

I3: MTTR (TIEMPO MEDIO PARA REPARACIONES)

Para Landeros et al. (2019) la medición del tiempo promedio para las reparaciones se emplea para analizar la eficacia del procedimiento de restauración de un sistema, equipo o parte. Refleja el periodo medio necesario para llevar a cabo una reparación y recuperar el funcionamiento regular después de que se haya presentado una interrupción. En esencia, el tiempo promedio de reparaciones cuantifica el intervalo habitual desde la detección de un problema hasta la completa restitución de la funcionalidad estándar.

2.4. Definición de Términos básicos

- **Cámaras Termográficas:** Los instrumentos especializados permiten captar y mostrar variaciones de temperatura mediante imágenes conocidas como termogramas, estas cámaras son útiles para analizar fenómenos térmicos en diversos campos y aplicaciones (Carrión, et al., 2022).
- **Mantenimiento:** Son un conjunto de acciones necesarias que siguen una secuencia lógica para mantener los dispositivos y los demás bienes materiales de los lugares de la entidad en condiciones de seguridad, eficiencia y rentabilidad (Olivares, 2019).
- **Temperatura:** Una forma de describir el estado térmico de un cuerpo o sustancia es mediante la temperatura, que nos da una idea de la rapidez con que se mueven y chocan las moléculas y átomos que lo componen. La temperatura se expresa en unidades como grados Celsius, Fahrenheit o Kelvin, y está condicionado por la energía cinética de las partículas. A menor temperatura, menor es el movimiento o la vibración de las moléculas (Mendoza, et al., 2020).
- **Calor:** Surge debido a la transferencia de energía entre dos áreas con temperaturas diferentes. La orientación del flujo de calor siempre se produce desde la zona más cálida hacia la más fría. Al añadir calor a un objeto, su energía interna aumenta y también lo hace su temperatura (Mendoza, et al., 2020).
- **Desempeño Energético:** La energía que se emplea y administra en un sistema, equipo o edificio tiene un nivel de desempeño energético, que indica cuán eficiente y efectiva es su utilización. Para determinar el desempeño energético, se debe medir el uso de la energía en función de una actividad o proceso específico (Hernández, et al., 2022).
- **Disponibilidad:** Consiste en lograr que un componente o sistema que ha sido reparado o revisado mediante un mantenimiento específico pueda cumplir con sus funciones de forma adecuada durante un periodo específico (Hernández, et al., 2022).
- **Análisis Termográfico:** Una forma de estudiar y valorar las imágenes térmicas obtenidas por cámaras térmicas es el análisis termográfico. Los termogramas son las imágenes que representan las variaciones de

temperatura en objetos y superficies según la radiación infrarroja que desprenden (Carrion, et al., 2022).

- **Conservación de la energía:** Consiste en el conjunto de medidas llevadas a cabo con la intención de disminuir y optimizar al máximo la utilización de la energía y/o los combustibles fósiles (Zang, et al., 2022).
- **Verificación:** Consiste en controlar, evaluar y examinar el sistema, en esta etapa comprobaremos de manera constante los efectos que generó dentro del área afectada (Campos, et al., 2021).
- **El consumo eléctrico:** Hace referencia a la cantidad de energía eléctrica consumida por un sistema o equipo en un lapso de tiempo específico, la cual cuantifica la cantidad de energía consumida (Hernández, et al., 2022).
- **Planificar:** Se trata de un proceso en el que se definen las acciones a realizar mediante la obtención de información que facilitará evidenciar los momentos para aumentar e identificar los factores de mayor relevancia (Ronceros, et al., 2023).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis General

H.G. La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

H0. La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo no mejorará la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Hipótesis Específica

H.E.1 La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará la confiabilidad para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

H.E.2 La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

H.E.3 La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo disminuirá el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

3.2. Definición Conceptual de Variables

Variable independiente: Inspección termográfica

Es una técnica no destructiva que busca identificar áreas con puntos de calor inusuales en componentes eléctricos y sistemas, como aislamientos y conexiones, así mismo, se enfoca en la detección de radiación térmica emitida por objetos según su temperatura (Campos, et al., 2021).

Variable dependiente: Disponibilidad operacional en equipos eléctricos

Hace referencia a la aptitud de un sistema, equipo o recurso para estar en funcionamiento y preparado para cumplir su propósito en el momento que se

requiere. En esencia, se trata de cuán listo y en condiciones adecuadas se encuentra un componente para llevar a cabo su función cuando se le solicita (Ronceros, et al., 2023).

3.2.1. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de las variables

Variable	Tipo de Variable	Operacionalización	Dimensiones	Indicadores
Inspección termográfica	Variable independiente	Es el conjunto de acciones en la que se utilizan herramientas de detección termográficas para realizar un diagnóstico y aplicar el mantenimiento adecuado a los equipos eléctricos.	Temperatura de los equipos eléctricos	Anomalías en la variación de temperatura Desequilibrio en el delta de temperatura Altas temperaturas Bajas temperaturas
Disponibilidad operacional en equipos eléctricos	Variable dependiente	Es un elemento significativo que describe la condición operativa de las máquinas eléctricas en las condiciones establecidas en un entorno operativo real a través de los indicadores de gestión de mantenimiento.	Rendimiento de los equipos eléctricos	Confiabilidad MTBF (TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA) MTTR (TIEMPO MEDIO PARA REPARACIONES)

IV. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y diseño de Investigación

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Investigación Aplicada

Delgado (2021) sostiene que la investigación aplicada contiene dos objetivos principales: producir nuevo conocimiento y transferirlo al ámbito real para su aplicación. De esta manera, la investigación aplicada no solo contribuye al avance científico, sino también al desarrollo social y económico.

Basándonos en lo planteado por el autor, este estudio de investigación es de naturaleza aplicada, ya que se implementa la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo y se toman como referencia sus procedimientos con el objetivo de elevar la disponibilidad operativa de los equipos eléctricos en una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú, durante el año 2023.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Pre test – Post test

De acuerdo con Álvarez (2021), Una forma de investigar los efectos de una intervención o tratamiento específico es utilizar el diseño de investigación pre test y post test, este diseño consiste en recolectar datos antes y después de implementar la intervención con el objetivo de medir y comparar cualquier cambio que se haya producido.

El diseño expuesto, se ajusta con el presente estudio de investigación, debido a que permitirá medir y comparar cómo la aplicación de la inspección termográfica afecta la disponibilidad operacional de la red eléctrica antes y después de su implementación.

NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo

El nivel descriptivo del estudio se enmarca dentro de la ciencia como un método que tiene como finalidad describir y caracterizar los fenómenos, situaciones o relaciones que se presentan en la realidad, sin intervenir ni alterar las variables ni establecer relaciones causales. En este nivel, el investigador se enfoca en ofrecer una descripción detallada y fidedigna de lo que se está investigando, sin buscar necesariamente explicaciones más profundas o teorías causales (Ramos, 2020).

El nivel de investigación descriptivo es apropiado en el estudio para establecer una base inicial en términos de disponibilidad operacional antes de la implementación de la inspección termográfica. Lo cual permite proporcionar una descripción detallada y precisa de cómo la intervención afecta la disponibilidad operacional, identificar patrones y tendencias en los datos recopilados, y respaldar las conclusiones y recomendaciones con pruebas concretas.

4.2. Método de Investigación

El estudio de Reyes et al. (2022) Describe que el enfoque utiliza la adquisición y análisis de información para abordar preguntas de investigación, poner a prueba hipótesis existentes, y se fundamenta en la cuantificación, el conteo y frecuentemente la aplicación de estadísticas para identificar de manera precisa patrones de comportamiento en una población.

El enfoque metodológico empleado implicó la recolección y el análisis de datos con el fin de responder a las preguntas planteadas en la investigación y verificar las hipótesis previamente formuladas. La metodología se basó en la utilización de mediciones numéricas, conteos y frecuentemente en la aplicación de métodos estadísticos con el fin de identificar de manera precisa los patrones de comportamiento dentro de una población determinada.

4.3. Población y muestra

Población

Se emplea el concepto de población, el cual se describe como un grupo de elementos o individuos que pueden ser claramente distinguibles, independientemente de si pertenecen a una colección finita o infinita (Mucha, et al., 2020). Por otro lado, Robles (2019) señala que una población consiste en la totalidad de los casos que poseen determinadas propiedades específicas.

En concatenación con lo anterior, se identifica como población todas las mediciones de los indicadores de la disponibilidad operacional una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023. Asimismo, se considerará a los trabajadores encargados del mantenimiento predictivo de una red de distribución de baja tensión de Lima.

Muestra

El proceso de selección de una muestra consiste en escoger un subconjunto de individuos de una población general, que sea lo suficientemente representativo y diverso como para permitir el estudio y el análisis de los fenómenos de interés. Esta técnica se utiliza cuando no es factible o conveniente abarcar a toda la población en una investigación (Quispe, et al., 2020).

En ese sentido, se considera como muestra 16 mediciones mensuales de los indicadores de una red de distribución de baja tensión en Lima, donde 8 serán del pre test y los otros 8 el post test.

También se considerará a 20 trabajadores encargados del mantenimiento predictivo de una red de distribución de baja tensión de Lima.

Muestreo

El tamaño de la muestra de investigación depende del tipo de investigación que se quiere hacer y se define mediante el muestreo. Para Robles (2019), es una parte de la población que se escoge con un método de muestreo adecuado para que sea representativa de la población total. Así, la investigación no usa los datos de toda la población, sino que se apoya en una muestra que tenga las mismas características de la población general y permita el estudio de forma más eficiente. Quispe et al. (2020) coinciden con esta idea y destacan la importancia del muestreo del estudio.

Para la presente investigación se escogió un tipo de muestreo por conveniencia, debido a su acceso rápido a la información, eficiencia en la obtención de datos y flexibilidad en el tamaño de la muestra.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

Una red de distribución de baja tensión ubicada en Lima.

4.5. Técnicas e Instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnicas

Los investigadores emplean diversas técnicas de investigación para obtener y analizar los datos o la información que necesitan. Estas técnicas son los

métodos, formas o procedimientos que se adaptan a los objetivos y características de cada investigación (Cisneros, et al., 2022).

Encuesta

Feria et al. (2020) son técnicas de investigación descriptiva que implican la predefinición de las preguntas a formular, la selección de individuos en una muestra representativa de la población, la especificación de las respuestas y la determinación del método utilizado para recopilar la información resultante.

Observación

Refiere a que el investigador observa y registra directamente los comportamientos, eventos, situaciones o fenómenos de interés, sin intervenir en ellos (Feria, et al., 2020).

4.5.2. Instrumentación

Una manera de conceptualizar un dispositivo de recopilación de datos es considerarlo como cualquier medio que el investigador pueda emplear para aproximarse a los fenómenos y extraer información de los mismos (Granados, 2020).

Para esta presente investigación, los instrumentos que se utilizarán será el cuestionario y la ficha de observación.

4.5.3. Validez

Consiste en la capacidad de responder de manera efectiva a las interrogantes formuladas. La validez implica que se puedan obtener resultados consistentes en diferentes contextos, así mismo, no está directamente vinculada a los datos, sino a los métodos y dispositivos de medición y observación utilizados, es decir, del grado en que las respuestas no están condicionadas por las condiciones particulares de la investigación (López, et al., 2019).

Según el autor, un instrumento válido para nuestra investigación debe reflejar las variables de la matriz de Operacionalización y ser sometido al juicio de expertos.

Tabla 2. Validación del instrumento de recolección de datos por juicio de expertos

Experto	Apellidos y nombres	Grado académico	Resultado
Experto 01	Cuzcano Rivas, Abilio Bernardo	Doctor	Aplicable
Experto 02	Salazar Llerena, Silvia Liliana	Metodóloga	Aplicable
Experto 03	Tejada Cabanillas, Adán Almircar	Metodólogo	Aplicable

4.5.5. Confiabilidad

Según Rodríguez et al. (2020) se determina por la consistencia de los resultados que obtenemos al aplicarlo varias veces en condiciones similares. Cuanto más fluctúen los resultados, menor será la confiabilidad del instrumento de medición.

En concatenación con lo anterior, para la investigación titulada: “APLICACIÓN DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN EN LIMA, PERÚ 2023” se aplicaron instrumentos que fueron validados mediante una prueba estadística denominada alfa de Cronbach, el cual se presenta a continuación.

Tabla 3. Estadísticos de fiabilidad del instrumento

Variable	Alfa de Cronbach	Nº de ítems
Importancia	,750	20
Urgencia	,819	20

La prueba estadística revela que el cuestionario acerca de la importancia de cada problemática encontrada obtuvo un coeficiente de confiabilidad de 0.750, mientras que el cuestionario sobre la urgencia de cada problemática alcanzó un coeficiente de 0.819. Estos resultados sugieren que ambos cuestionarios son altamente confiables.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

4.6.1. Método de Análisis de Datos

Borjas (2020) se define como el conjunto de operaciones que el investigador realiza en los datos para lograr los objetivos del estudio. Aunque estas operaciones no se pueden fijar desde el principio, es esencial planificar los aspectos clave del análisis basándose en la comprobación de las hipótesis, ya que esto influye en la fase de recolección de datos.

El proceso de examinar estadísticas se divide en dos secciones, en este estudio se emplearon el análisis descriptivo y el análisis inferencial. En el análisis descriptivo, los datos se muestran a través de una serie de gráficos y tablas organizadas que ofrecen una comprensión general y permiten hacer estimaciones. En lo que concierne al análisis inferencial, se utiliza para calcular parámetros y poner a prueba hipótesis. En esta investigación, se empleó la prueba T-Student para evaluar cómo la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo podría mejorar la disponibilidad operativa de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú en el año 2023. Además, se recurrió al software RStudio para el procesamiento de la información.

4.7. Aspectos éticos

El actual estudio de investigación titulado: “APLICACIÓN DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN EN LIMA, PERÚ 2023” presentó las siguientes consideraciones.

Académico: Los datos recopilados fueron utilizados únicamente con fines académicos.

Objetivo: Los datos de este estudio fueron evaluados de manera objetiva y neutral, siguiendo criterios técnicos.

Confiable: Debido a que los datos proporcionados por la red de distribución de baja tensión en Lima presentaron una veracidad relevante.

Veracidad: Debido a que los resultados encontrados no serán alterados ni manipulados.

Originalidad: De acuerdo con las Normativas de la Universidad Nacional del Callao, es necesario citar las fuentes bibliográficas para evitar plagio.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Resultados de la encuesta aplicada

Se realizó una encuesta con la finalidad de identificar y analizar de manera exhaustiva las causas más importantes y urgentes que están contribuyendo al persistente problema de mantenimiento excesivo, altos costos operativos y retrasos en el proceso, tal como se detalla en la tabla adjunta. Este enfoque se eligió con el objetivo de conseguir un panorama amplio y detallado de las cuestiones que rodean estas problemáticas, al involucrar a un grupo selecto de individuos con conocimientos especializados y experiencias directas en el ámbito pertinente.

Se emplearon dos cuestionarios tipo Likert a una muestra estratificada de 20 personas: el primero para evaluar la importancia de los problemas identificados, utilizando una escala que abarca desde 0 "Nada importante" hasta 4 "Muy importante". El segundo cuestionario se utilizó para medir la urgencia de las problemáticas identificadas, empleando una escala que varía desde 0 "Nada urgente" hasta 4 "Muy urgente". Los resultados obtenidos se resumen de manera concisa en la siguiente tabla.

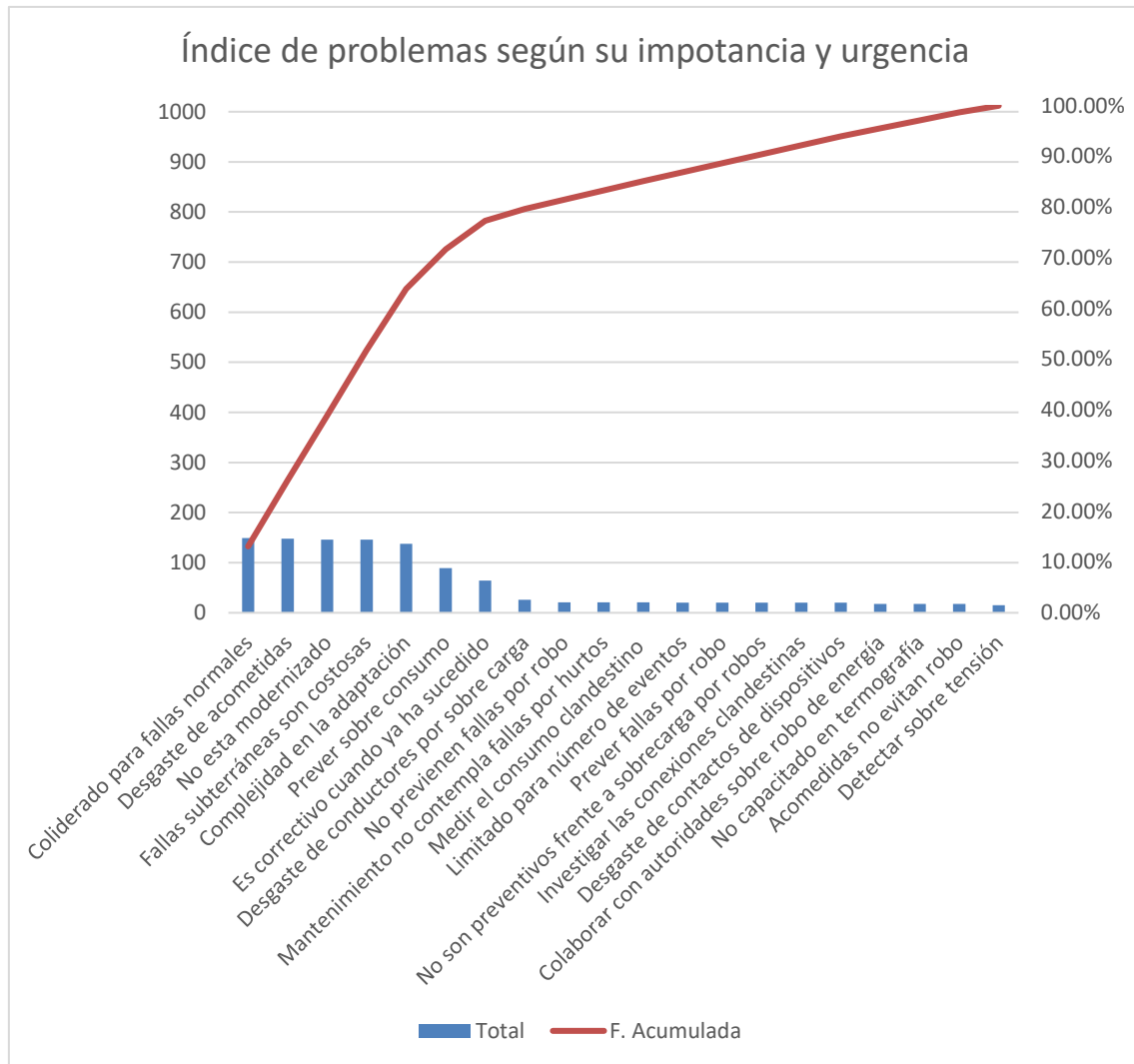
Tabla 4.*Encuesta sobre la importancia y urgencia de los problemas encontrados*

Código	Problemas	Importancia	Urgencia	Total	Frecuencia	F. Acumulada
P5	Coliderado para fallas normales	78	71	149	13.09%	13.09%
P1	Desgaste de acometidas	77	71	148	13.01%	26.10%
P13	No esta modernizado	76	70	146	12.83%	38.93%
P6	Fallas subterráneas son costosas	76	70	146	12.83%	51.76%
P9	Complejidad en la adaptación	66	72	138	12.13%	63.88%
P11	Prever sobre consumo	43	46	89	7.82%	71.70%
P14	Es correctivo cuando ya ha sucedido	29	35	64	5.62%	77.33%
P3	Desgaste de conductores por sobre carga	14	12	26	2.28%	79.61%
P16	No previenen fallas por robo	13	8	21	1.85%	81.46%
P7	Mantenimiento no contempla fallas por hurtos	9	12	21	1.85%	83.30%
P18	Medir el consumo clandestino	12	9	21	1.85%	85.15%
P10	Limitado para número de eventos	9	11	20	1.76%	86.91%
P12	Prever fallas por robo	7	13	20	1.76%	88.66%
P15	No son preventivos frente a sobrecarga por robos	10	10	20	1.76%	90.42%
P20	Investigar las conexiones clandestinas	8	12	20	1.76%	92.18%
P2	Desgaste de contactos de dispositivos	9	11	20	1.76%	93.94%
P19	Colaborar con autoridades sobre robo de energía	9	9	18	1.58%	95.52%
P8	No capacitado en termografía	10	8	18	1.58%	97.10%
P4	Acomedidas no evitan robo	8	10	18	1.58%	98.68%
P17	Detectar sobre tensión	5	10	15	1.32%	100.00%
TOTAL				1138	100.00%	

La Tabla 4 presenta de manera detallada la importancia y urgencia de cada problemática. La urgencia se determina mediante la suma de las percepciones de los 20 encuestados. Además, la tabla exhibe la frecuencia obtenida por cada problema en términos de porcentaje, lo que facilita la evaluación de los problemas más frecuentes que requieren atención.

Figura 6.

Índice de problemas según su importancia y urgencia

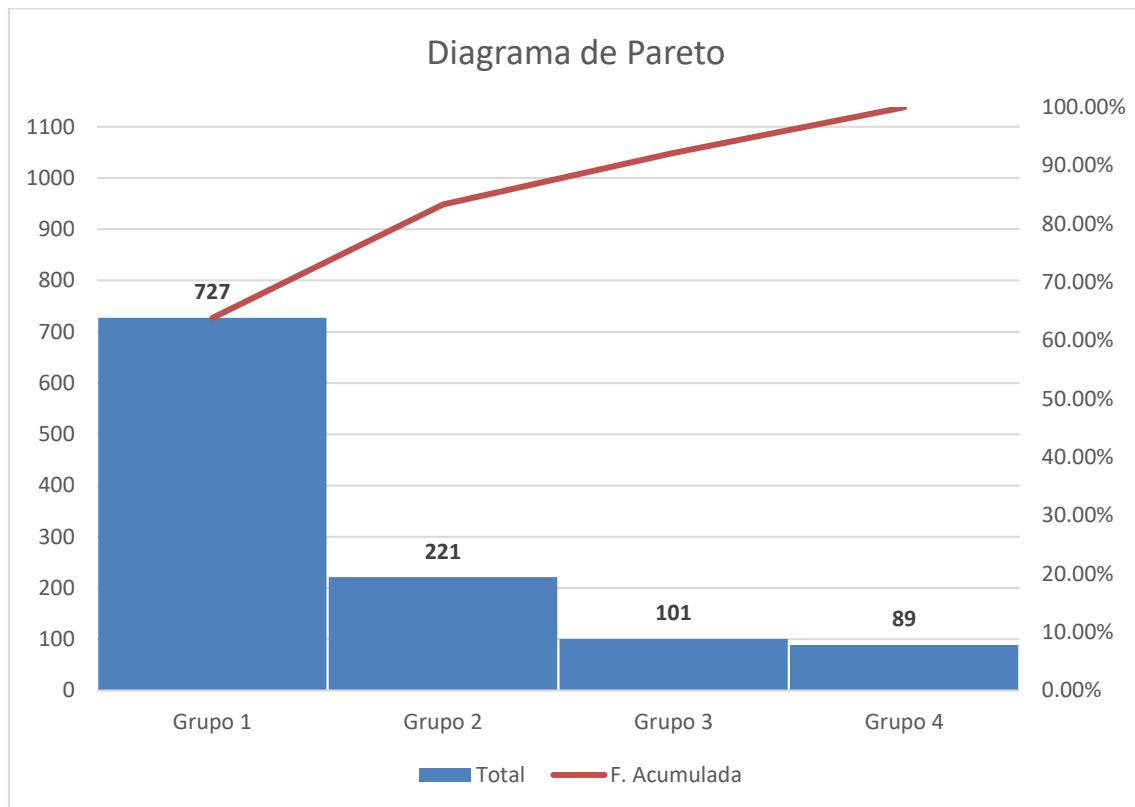


La Figura 6 destaca la tendencia predominante observada entre los cinco problemas principales. Este análisis visual proporciona una representación clara de la dirección general de las percepciones hacia estos problemas específicos, permitiendo una comprensión más detallada de sus tendencias y prioridades.

Tabla 5.
Problemas agrupados

Código	Problemas	Total	Frecuencia	F. Acumulada
Grupo 1	P5+P1+P13+P6+P9	727	63.88%	63.88%
Grupo 2	P11+P14+P3+P16+P7	221	19.42%	83.30%
Grupo 3	P18+P10+P12+P15+P20	101	8.88%	92.18%
Grupo 4	P2+P19+P8+P4+P17	89	7.82%	100.00%
Total		2077	100.00%	

Figura 7.
Diagrama de Pareto



La Tabla 5 y la Figura 7 presentan la tendencia de los problemas agrupados, destacando que los problemas de desgaste de acometidas, coliderado para fallas normales, falta de modernización, fallas subterráneas costosas y complejidad en la adaptación son aquellos que exhiben los índices más altos en términos de importancia y urgencia, según la percepción de los encuestados, estos 5 problemas asociados forman aproximadamente el 63.88% de las fallas en los equipos.

5.1.2. Resultados de la Ficha de evaluación

Tabla 6

Descriptivos de la Disponibilidad Operacional Mensual - Pre Test vs Post Test

Estadísticos Descriptivos	Disponibilidad mensual (%) - Pre Test	Disponibilidad mensual (%) - Post Test
Media	91.91	98.75
Mediana	92.04	99.04
Desviación Estándar	0.85	1.18
Mínimo	90.62	96.39
Máximo	92.91	99.93

Se observa que antes de la implementación, en promedio existió una disponibilidad mensual de 91.91% y luego de la implementación aumentó a 98.75%, observándose descriptivamente que la implementación de la inspección termográfica permitió mejorar la disponibilidad energética de una red de distribución de baja tensión. Además, esto también se pudo observar al comparar los gráficos de cajas (Figura 8) donde se evidencia que la caja del pre test se encuentra por debajo del post test mostrando un aumento significativo tras la implementación.

Figura 8

Comparación de los Gráficos de Cajas por Grupos – Disponibilidad

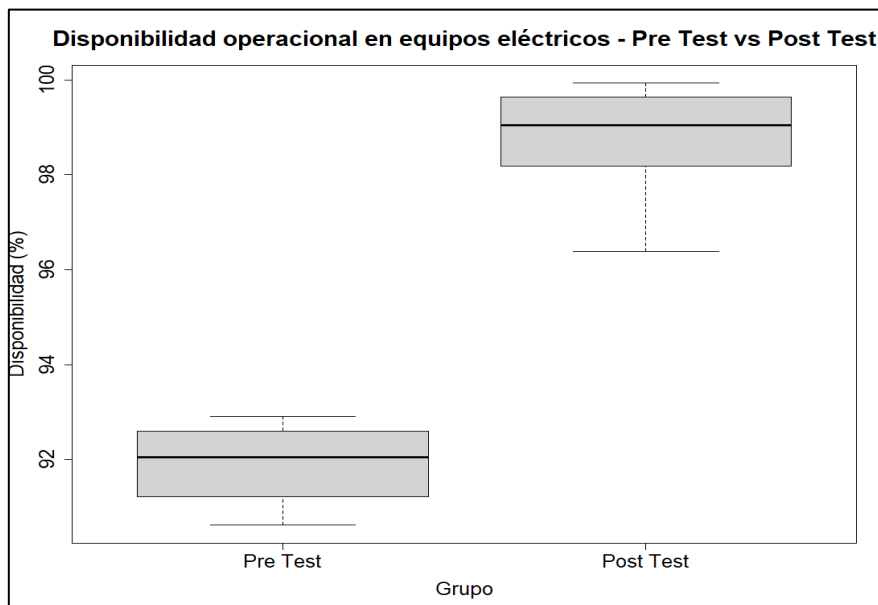


Tabla 7*Descriptivos de la Confiabilidad - Pre Test vs Post Test*

Estadísticos Descriptivos	Número de fallos - Pre Test	Número de fallos - Post Test
Media	4.25	1.38
Mediana	4	1.5
Desviación Estándar	1.04	0.74
Mínimo	3	0
Máximo	6	2

Se observa que antes de la implementación, en promedio existió un número de fallos de 4.25 y luego de la implementación se redujo a 1.38 en promedio, observándose descriptivamente que la implementación de la inspección termográfica permitió reducir el número de fallos dentro de la red de distribución de baja tensión, lo que mejoró la confiabilidad. Además, esto también se pudo observar al comparar los gráficos de cajas (Figura 9) donde se evidencia que la caja del pre test se encuentra por encima del post test mostrando una reducción significativa tras la implementación.

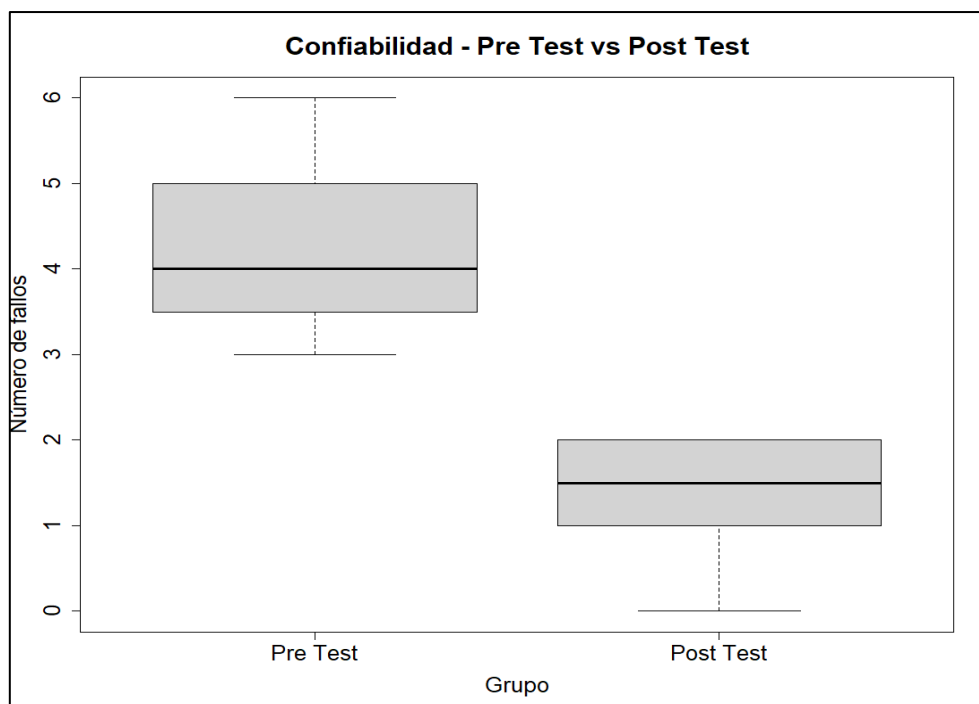
Figura 9*Comparación de los Gráficos de Cajas por Grupos – Confiabilidad*

Tabla 8*Descriptivos de la Tiempo medio entre fallas (MTBF) - Pre Test vs Post Test*

Estadísticos Descriptivos	Tiempo (h) - Pre Test	Tiempo (h) - Post Test
Media	520.74	778.09
Mediana	522.76	769.09
Desviación Estándar	121.02	94.89
Mínimo	365.03	670.28
Máximo	703.53	923.15

Se observa que antes de la implementación, en promedio existió un tiempo promedio entre fallas de 520.74 horas y luego de la implementación este tiempo se dilató hasta 778.09 horas en promedio, observándose descriptivamente que la implementación de la inspección termográfica permitió aumentar el tiempo entre fallos dentro de la red de distribución de baja tensión. Además, esto también se pudo observar al comparar los gráficos de cajas (Figura 10) donde se evidencia que la caja del pre test se encuentra debajo del post test mostrando un aumento significativo tras la implementación.

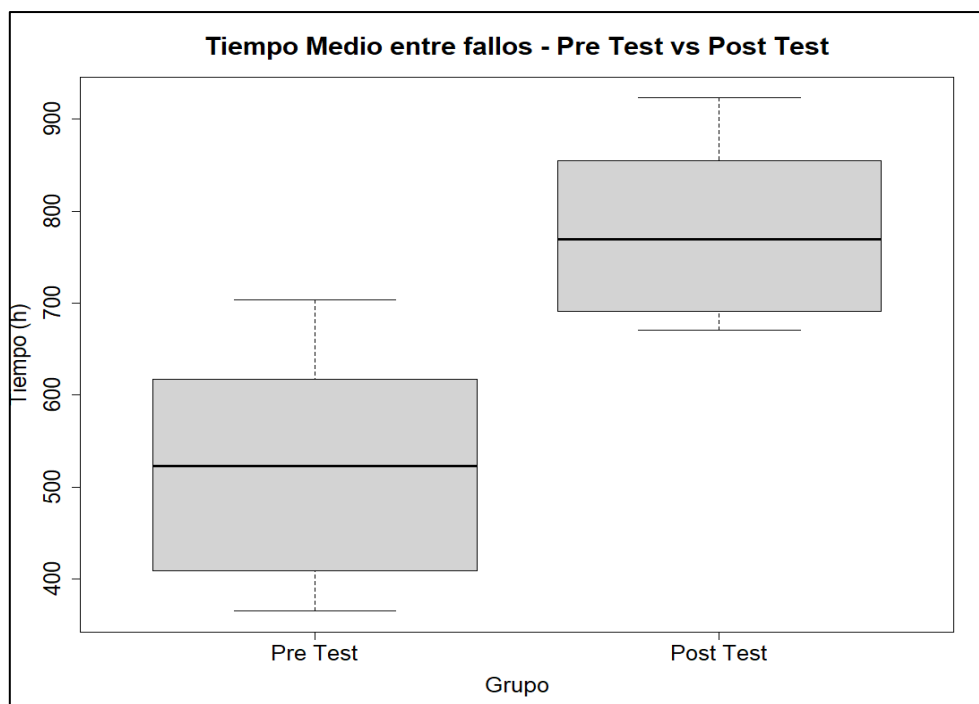
Figura 10*Comparación de los Gráficos de Cajas por Grupos – Tiempo Medio entre Fallos*

Tabla 9

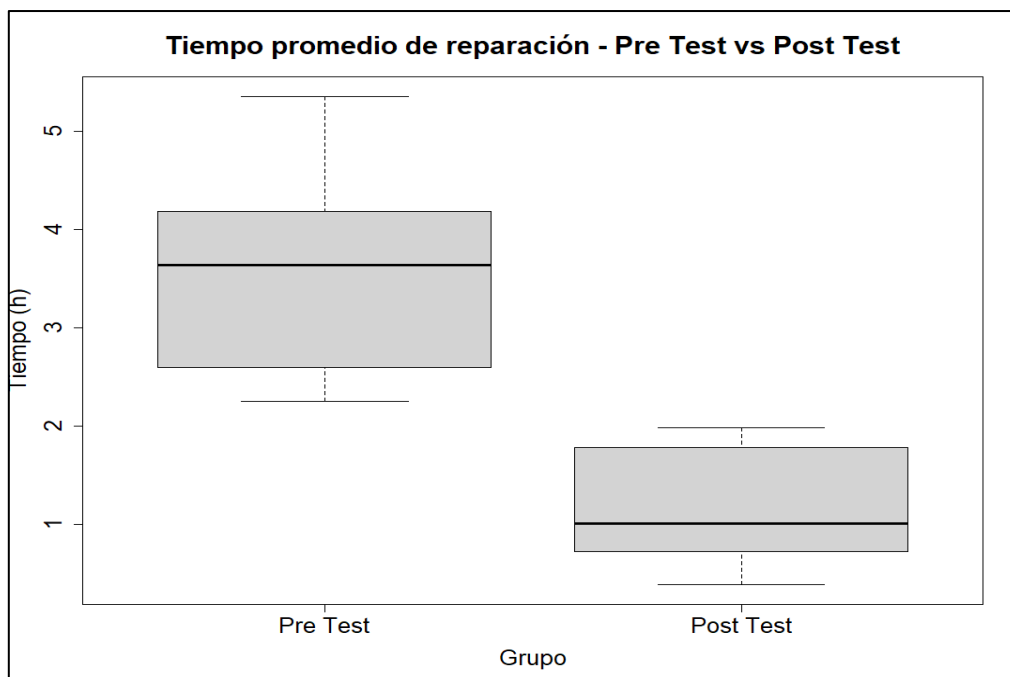
Descriptivos de la Tiempo medio para reparaciones (MTTR) - Pre Test vs Post Test

Estadísticos Descriptivos	Tiempo (h) - Pre Test	Tiempo (h) - Post Test
Media	3.56	1.17
Mediana	3.64	1
Desviación Estándar	1.05	0.6
Mínimo	2.25	0.39
Máximo	5.35	1.98

Se observa que antes de la implementación, en promedio existió un tiempo promedio para reparaciones de 3.56 horas y luego de la implementación este tiempo se redujo hasta 1.17 horas en promedio, observándose descriptivamente que la implementación de la inspección termográfica permitió disminuir el tiempo en las reparaciones dentro de la red de distribución de baja tensión. Además, esto también se pudo observar al comparar los gráficos de cajas (Figura 11) donde se evidencia que la caja del pre test se encuentra por encima del post test mostrando una reducción significativa tras la implementación.

Figura 11

Comparación de los Gráficos de Cajas por Grupos – Tiempo Medio de reparación



5.2. Resultados inferenciales

Tabla 10

Prueba de Normalidad de Shapiro Wilks

Variable	Estadístico	Sig.
Disponibilidad Operacional - Diferencia entre el Pre Test y Post Test	0.985	0.9823
Confiabilidad - Diferencia entre el Pre Test y Post Test	0.930	0.5161
Tiempo Medio entre Fallas - Diferencia entre el Pre Test y Post Test	0.950	0.7148
Tiempo Medio para Reparaciones - Diferencia entre el Pre Test y Post Test	0.883	0.204

Tras la realización de la prueba de normalidad se observó que las diferencias entre el pre test y post test de la *Disponibilidad Operacional*, *Confiabilidad*, *Tiempo Medio entre Fallas* y *Tiempo Medio para Reparaciones* presentaron significancias superiores de 0.05, por lo que se concluye que presentaron distribución normal.

Tabla 11

Prueba de Homogeneidad de Bartlett

Variable	Estadístico	Sig.
Disponibilidad Operacional Pre Test vs Post Test	0.7187	0.3966
Disponibilidad Pre Test vs Post Test	0.6996	0.4029
Tiempo Medio entre Fallas Pre-Test vs Post Test	0.3829	0.5361
Tiempo Medio para Reparaciones Pre-Test vs Post Test	2.003	0.157

Se observa que en todos los casos la significancia resultó mayor de 0.05, concluyéndose que las varianzas de los grupos pre test y post test en la *Disponibilidad Operacional*, *Confiabilidad*, *Tiempo Medio entre Fallas* y *Tiempo Medio para Reparaciones* fueron homogéneos (varianzas iguales).

A partir de estos resultados, se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas para verificar las hipótesis de investigación, las cuales se explican a continuación:

Hipótesis General

H₁: La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejora la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

H₀: La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo no mejora la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Tabla 12

Prueba T de Student para Muestras Relacionadas. Disponibilidad Operacional - Pre vs Post

Media de la diferencia	Intervalo (95%)		t	Sig.
	Inferior	Superior		
-6.844	-7.957	-5.731	-13.321	0.00

Los resultados en la tabla 12 muestran que la hipótesis nula fue rechazada debido a que la significancia (sig. = 0.00) resultó menor que 0.05. Estos resultados demostraron que la inspección termográfica tuvo un impacto significativo en la mejora de la disponibilidad operacional mensual de una red de distribución de baja tensión. En específico, se observó que la media de la disponibilidad mensual después de la implementación (98.75%), fue superior en comparación con la media de la disponibilidad mensual previo a la implementación (91.91%) evidenciando un aumento significativo en la disponibilidad operacional en la red distribuidora. Por lo tanto, la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejora la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Hipótesis Específica 1

H₁: La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejora la confiabilidad para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

H₀: La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo no mejora la confiabilidad para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Tabla 13

Prueba T de Student para Muestras Relacionadas. Confiabilidad - Pre vs Post

Media de la diferencia	Intervalo (95%)		t	Sig.
	Inferior	Superior		
-6.844	1.899	3.851	6.3791	0.00

Los resultados en la tabla 13 muestran que la hipótesis nula fue rechazada debido a que la significancia (sig. = 0.00) resultó menor que 0.05. Estos resultados demostraron que la inspección termográfica tuvo un impacto significativo en la mejora de la confiabilidad de una red de distribución de baja tensión reduciendo el número de fallos. En específico, se observó que la media de la confiabilidad después de la implementación (1.25 fallos), fue inferior en comparación con la media de la confiabilidad previo a la implementación (4.25 fallos) evidenciando una reducción significativa en el número de fallos en la red distribuidora. Por lo tanto, la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejora la confiabilidad para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Hipótesis Específica 2

H₁: La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejora el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

H₀: La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo no mejora el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Tabla 14

Prueba T de Student para Muestras Relacionadas. Tiempo Medio entre Fallas - Pre vs Post

Media de la diferencia	Intervalo (95%)		t	Sig.
	Inferior	Superior		
-257.3492	-374.594	-140.105	-4.733	0.00037

Los resultados en la tabla 14 muestran que la hipótesis nula fue rechazada debido a que la significancia (sig. = 0.00037) resultó menor que 0.05. Estos resultados demostraron que la inspección termográfica tuvo un impacto significativo en la mejora de los tiempos medios entre fallas de una red de distribución de baja tensión aumentando este tiempo entre fallos. En específico, se observó que la media de los tiempos entre fallas después de la implementación (778.09 horas), fue superior en comparación con la media del tiempo entre fallos previo a la implementación (520.74 horas) evidenciando un aumento significativo en el tiempo entre fallos en la red distribuidora. Por lo tanto, la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejora el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Hipótesis Específica 3

H₁: La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo disminuye el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

H₀: La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo no disminuye el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

Tabla 15

Prueba T de Student para Muestras Relacionadas. Tiempo Medio para Reparaciones - Pre vs Post

Media de la diferencia	Intervalo (95%)		t	Sig.
	Inferior	Superior		
-257.3492	-374.594	-140.105	5.559	0.00016

Los resultados en la tabla 15 muestran que la hipótesis nula fue rechazada debido a que la significancia (sig. = 0.00016) resultó menor que 0.05. Estos resultados demostraron que la inspección termográfica tuvo un impacto significativo en la mejora de los tiempos medios para reparaciones de una red de distribución de baja tensión disminuyendo este tiempo. En específico, se observó que la media de los tiempos para reparaciones después de la implementación (1.17 horas), fue inferior en comparación con la media del tiempo para reparaciones previo a la implementación (3.56 horas) evidenciando una reducción significativa en el tiempo para reparaciones en la red distribuidora. Por lo tanto, la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo disminuye el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contratación y demostración de las hipótesis con los resultados

Luego de un análisis exhaustivo de los datos recopilados con respecto a la hipótesis general, se logró demostrar de manera que la aplicación de la inspección termográfica tuvo un impacto sumamente positivo y estadísticamente significativo ($t=-13.321$, $\text{sig.}<0.05$) en la disponibilidad operativa de una red de distribución de baja tensión en Lima. Previamente a la implementación de esta medida, la disponibilidad promedio se situaba en un 91.91%. No obstante, tras la puesta en marcha de la inspección termográfica, este indicador experimentó un ascenso notable, alcanzando un 98.75%. Estos resultados respaldaron la eficacia y el éxito de la estrategia de implementación.

Con respecto a la primera hipótesis específica, se evidenció un impacto significativo ($t=6.3791$, $\text{sig.}<0.05$) de la inspección termográfica sobre la confiabilidad de la disponibilidad operacional. Específicamente, se verificó una reducción significativa en el número de fallos en el sistema. Antes de la implementación, el número de fallos promedio ascendía a 4.25, mientras que después de la implementación, esta cifra disminuyó a 1.25 fallos. Este hallazgo respaldó la eficacia de la inspección termográfica en la reducción de fallos lo que se vio reflejado en una mejora de la confiabilidad.

En relación a la segunda hipótesis específica, se constató un impacto significativo ($t=-4.733$, $\text{sig.}<0.05$) de la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo sobre los tiempos medios entre fallas, logrando que estos tiempos sean cada vez mayores. Los resultados evidenciaron que antes de la implementación, el tiempo medio entre fallos fue de 520.74 horas, mientras que después de la implementación, esta cifra aumentó a un promedio de 778.09 horas. Estos hallazgos respaldan la efectividad de la inspección termográfica en la gestión y optimización de la red de distribución de baja tensión.

Por último, con respecto a la tercera hipótesis específica se pudo comprobar que la implementación de la inspección termográfica influyó sobre los tiempos medio para las reparaciones, logrando reducir dichos tiempos. Este impacto fue significativo ($t=5.559$, $\text{sig.}<0.05$), lo que indicó que la inspección termográfica contribuyó a mejorar la eficiencia del sistema, permitiendo reconocer y solucionar

en un menor tiempo los fallos. Los resultados evidenciaron que antes de la implementación, la medida del tiempo para reparaciones era de 3.56 horas, mientras que después de la implementación esta medida disminuyó a 1.17 horas. Esta reducción en la cantidad de tiempo necesario para reparar los fallos ayudó a optimizar la red de distribución de baja tensión, logrando una mayor eficiencia energética.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Los resultados de la hipótesis general se alinean con la investigación previa realizada por Molina (2023), quien también exploró el uso de la termografía como método de mantenimiento predictivo en redes eléctricas, aunque en el contexto de medio voltaje.

El estudio proporcionado por Molina (2023) estableció las bases para este estudio al demostrar que la técnica termográfica puede ser eficaz en la identificación temprana de anomalías en las redes eléctricas de medio voltaje. Este estudio actual expandió ese conocimiento al enfocarse en las redes de distribución de baja tensión en Lima, Perú, y demostró que la inspección termográfica también es valiosa en este contexto, mejorando la disponibilidad operacional mensual de la red.

Los hallazgos se evidencian que la media de disponibilidad mensual después de la implementación (98.75%) superó sustancialmente a la media previa a la implementación (91.91%), lo que resalta el impacto positivo de la inspección termográfica en la red de distribución. Estos hallazgos son coherentes con el estudio de Molina (2023), ya que ambos estudios comparten el enfoque en la mejora de la disponibilidad a través de la detección temprana de problemas en la red eléctrica.

Asimismo, también se encontró concordancia con la investigación proporcionada por Reyes (2019) quien estableció un enfoque más específico en la aplicación de la cámara termográfica en la prevención de fallas en equipos de la marca Komatsu 730E. Su investigación puso de manifiesto cómo la tecnología infrarroja puede ser utilizada para identificar problemas tempranos y reducir los tiempos de mantenimiento. Aunque se centró en equipos específicos, las conclusiones presentadas por Reyes sientan las bases para una comprensión más profunda

de cómo la termografía puede contribuir a la confiabilidad y disponibilidad operacional en un contexto más amplio.

También, la investigación de Asencio (2020) sentó un precedente al proponer un plan de mantenimiento predictivo que aprovecha el análisis termográfico para reducir el tiempo de reparación y aumentar la disponibilidad de equipos eléctricos. El enfoque pre experimental adoptado por Asencio, que involucró modificar la variable dependiente "disponibilidad" para evaluar la eficacia de la intervención, muestra similitudes metodológicas con el estudio actual. Ambos trabajos comparten la intención de aplicar la termografía como una estrategia predictiva para abordar problemas de disponibilidad operacional.

Con respecto a los resultados de la primera hipótesis específica se encontró similitudes con el estudio de Varas (2022). En ambos casos se enfatizó la necesidad de adoptar enfoques innovadores para optimizar la operación y mejorar la confiabilidad en sistemas eléctricos. La propuesta de Varas de utilizar drones para diagnóstico visual-térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución, si bien es distinta en la metodología y enfoque, tiene como objetivo último mejorar la confiabilidad mediante la prevención de fallos.

Varas (2022) también destacó la importancia de un diagnóstico preciso mediante imágenes visuales y térmicas para prevenir riesgos laborales y aumentar la confiabilidad en sistemas eléctricos. Este planteamiento guarda coherencia con los resultados actuales, ya que la inspección termográfica ha demostrado su capacidad para reducir significativamente el número de fallos en la red de distribución de baja tensión. La convergencia es evidente en el énfasis en la adopción de enfoques tecnológicos y metodologías precisas para optimizar la operación y la confiabilidad.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

Dentro de este estudio titulado "APLICACIÓN DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN EN LIMA, PERÚ 2023", los autores se hacen responsables de la información presentada en el documento, en cumplimiento con las normas establecidas por la Universidad Nacional del Callao.

VII. CONCLUSIONES

Primera: Los resultados presentados refuerzan de manera concluyente que la implementación de inspecciones termográficas en el mantenimiento predictivo de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú, ha tenido un impacto significativo en la mejora de la disponibilidad operacional. El rechazo de la hipótesis nula respaldado por una significancia (sig. = 0.00) inferior a 0.05 y la diferencia marcada entre la media de disponibilidad mensual después de la implementación (98.75%) y la media previa (91.91%) subrayan la eficacia de esta técnica en la detección temprana de anomalías y en la reducción de fallos, consolidando la inspección termográfica como una herramienta valiosa para aumentar la eficiencia y disponibilidad en la operación de redes de distribución eléctrica.

Segundo: Los resultados hallados con respecto a la primera hipótesis han reafirmado contundentemente la contribución vital de la inspección termográfica en el ámbito del mantenimiento predictivo, específicamente en la mejora de la confiabilidad de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú. La invalidación de la hipótesis nula, respaldada por una significancia (sig. = 0.00) por debajo de 0.05, y la contrastante diferencia entre la media de confiabilidad luego de la implementación (1.25 fallos) y la media previa (4.25 fallos), evidencian un cambio sustancial en la dinámica de fallos, apuntando a la efectividad de la inspección termográfica en la reducción significativa de fallos y, en consecuencia, en la mejora general de la confiabilidad en la operación de la red distribuidora. Estos resultados consagran la inspección termográfica como una herramienta fundamental en la búsqueda constante de operaciones más seguras y confiables en sistemas eléctricos de baja tensión.

Tercero: Los hallazgos con respecto a la segunda hipótesis específica han reafirmado de manera convincente la influencia positiva y determinante de la inspección termográfica en el ámbito del mantenimiento predictivo, específicamente en la mejora de los tiempos medios entre fallas en una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú. La refutación de la hipótesis nula, con una significancia (sig. = 0.00037) que se ubica por debajo del umbral crítico de 0.05, y la diferencia destacada entre la media de los tiempos entre fallas

posteriores a la implementación (778.09 horas) y la media previa (520.74 horas), ponen de relieve un incremento sustantivo y estadísticamente significativo en la duración entre fallos, indicando la eficacia innegable de la inspección termográfica en el aumento del tiempo entre fallas en la operación de la red distribuidora.

Cuarto: Por último, los resultados con respecto a la tercera hipótesis específica han establecido de manera concluyente la contribución esencial de la inspección termográfica en el ámbito del mantenimiento predictivo, específicamente en la mejora de los tiempos medios requeridos para reparaciones en una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú. La invalidación de la hipótesis nula, respaldada por una significancia ($\text{sig.} = 0.00016$) menor a 0.05, y la disparidad evidente entre la media de los tiempos para reparaciones post implementación (1.17 horas) y la media previa (3.56 horas), subrayan con fuerza una reducción significativa en el tiempo requerido para reparaciones, señalando la efectividad indiscutible de la inspección termográfica en la agilización de los procesos de reparación en la red distribuidora. Estos resultados consolidan la inspección termográfica como una herramienta esencial en la búsqueda incesante de operaciones más ágiles y eficaces en sistemas eléctricos de baja tensión, no solo en Lima, Perú, sino también en contextos similares a nivel global.

VIII. RECOMENDACIONES

Primero: Considerando los resultados concluyentes que muestran la mejora significativa en los tiempos medios entre fallas mediante la implementación de inspecciones termográficas en una red de distribución de baja tensión, se recomienda encarecidamente que las empresas y operadores del sector eléctrico incorporen de manera sistemática la inspección termográfica en sus estrategias de mantenimiento predictivo. La adopción de esta técnica no solo puede aumentar la confiabilidad y la eficiencia operativa, sino que también puede reducir los costos asociados con las reparaciones y el tiempo de inactividad. Es fundamental capacitar al personal en el uso adecuado de equipos termográficos y en la interpretación de los resultados, garantizando así una implementación exitosa y sostenible.

Segundo: Además de implementar inspecciones termográficas, se recomienda explorar la integración de otras tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT) y el análisis de datos en tiempo real, para mejorar la eficiencia del mantenimiento predictivo. La combinación de datos termográficos con información de sensores y análisis avanzados puede proporcionar una visión más completa y precisa de la salud operativa de la red.

Tercero: Asegurarse de que todas las prácticas de inspección termográfica cumplan con las normativas y regulaciones aplicables en el ámbito eléctrico y de seguridad. Mantenerse al día con las regulaciones relevantes garantizará la seguridad del personal y la conformidad legal.

Cuarto: Implementar un sistema de seguimiento y medición de los resultados obtenidos a través de inspecciones termográficas. Esto permitirá una evaluación constante de la efectividad de la técnica y brindará datos concretos para respaldar futuras decisiones y mejoras en las estrategias de mantenimiento.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Fernández, Luis Enrique and Rodríguez Angeles, Edson Edu. 2022. *Plan de mantenimiento predictivo en el AMT CHN021 Industrial - Chimbote, para mejorar la sostenibilidad en el servicio.* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Trujillo : Repositorio de la universidad Cesar Vallejo, 2022.

Alvarez, Aldo. 2021. *Clasificación de las Investigaciones.* 2021.

Asencio Altamirano, Jesus Giancarlo. 2020. *Mantenimiento predictivo mediante análisis termográfico para incrementar la disponibilidad operacional en equipos eléctricos de centrifugas en ingenio azucarero.* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Trujillo : 2020.

Bances Vidaurre, Hugo Ramiro. 2020. *Mantenimiento predictivo mediante la técnica de termografía para optimizar el funcionamiento del sistema eléctrico Tierras Nuevas en empresa Coelvisac.* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Chiclayo : Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Bernal Caro, Luis David. 2021. *Optimización del plan de mantenimiento preventivo de la empresa de Fosfatos de Boyacá SA.* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia], Colombia : Repositorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021.

Borjas, Jorge. 2020. *Validez y confiabilidad en la recolección y análisis de datos bajo un enfoque cualitativo.* s.l. : Trascender, contabilidad y gestión, 2020. Vol. 5.

Cabrera Flores, Gilbert Ivan. 2019. *Mantenimiento predictivo con aplicación de un Sistema Termografico para optimizar los indicadores de calidad de suministro en los alimentadores de Media Tension Trujillo Nor Oeste.* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Lima : 2019.

Campos, Jorge Luis and Hernández Celis, Carlos Daniel. 2021. *Análisis de indicadores técnicos para mejorar la calidad del servicio eléctrico del alimentador JAE 202-Jaén-Cajamarca.* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Trujillo : 2021.

Carrion, Rubén, et al. 2022. *Thermographic analysis by design of experiments (DOE) of a fault-induced spark-ignition engine.* s.l. : Inf. tecnol., 2022. Vol. 33.

Carrión, Rubén, et al. 2022. *Thermographic analysis by design of experiments (DOE) of a fault-induced spark-ignition engine.* s.l. : Inf. tecnol., 2022. Vol. 33.

Carvalho Cumpa, Ruben Iván y Nieto Narciso, Ernesto Ronald. 2020. *Termografía infrarroja como herramienta para el mantenimiento predictivo de tableros eléctricos en la empresa AEI Engineers S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte], s.l. : 2020.

Castaing Duron, Juan Diego. 2019. *Mejora de la disponibilidad operacional de los equipos de protección de la red de transporte, mediante la implementación de un RCM.* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológico de Costa Rica], Costa Rica : 2019.

Cisneros, Alicia, et al. 2022. *Técnicas e instrumentos para la recolección de datos que apoyan a la investigación científica en tiempo de Pandemia.* s.l. : Revista Científica Dominio de las Ciencias, 2022. pp. 1165-1185. Vol. 8.

Cuisano, Julio, Chirinos, Luis and Barrantes, Enrique. 2020. *Energy efficiency in electrical systems of micro, small and medium size enterprises of the food sector. Simulation to optimize electric energy consumption costs.* s.l. : Inf. tecnol., 2020. Vol. 31.

Delgado, José. 2021. *La investigación científica: su importancia en la formación de investigadores.* 2021. págs. 2385-2386. Vol. 5.

Díaz, Armando, et al. 2021. *Formulating a new concept of operational reliability.* s.l. : Ingeniare. Rev. chil. ing., 2021. Vol. 29. 1.

Feal, Nivys, Gonzáles, Erenio and Santos, Ronaldo. 2022. *Procedimiento para la evaluación y mejora de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en la industria química Cubana.* s.l. : Centro Azúcar, 2022. Vol. 49.

Feria, Hernán, Matilla, Margarita y Mantecón, Silverio. 2020. *La entrevista y la encuesta: ¿Métodos o técnicas de indagación empírica?* s.l. : Didasc@lia: Didáctica y educación, 2020. págs. 62-79. Vol. 11. ISSN 2224-2643.

Fernández, Víctor. 2020. *Tipos de justificación en la investigación científica.* 2020. págs. 65-76. Vol. 4.

García, Pedro, et al. 2021. *Drones para inspecciones termográficas y topografía en pantas fotovoltaicas.* [Tesis de pregrado, universidad de Murcia], s.l. : 2021.

Granados, Rolando. 2020. *Revisión teórica de herramientas metodológicas aplicadas en la investigación criminológica.* s.l. : Revista de Derecho y Cambio Social, 2020. págs. 501-511.

Guicharrouse, Pablo. 2021. *Las redes eléctricas del futuro.* s.l. : Ingeniare. Rev. chil. ing., 2021. Vol. 29.

Hernández, Juan and Sosa, Eliani. 2022. *Análisis del desempeño energético en una refinería de azúcar crudo.* s.l. : Tecnología Química, 2022. pp. 590-606. Vol. 42.

Jara, Fabiola and Luyo, Jaime. 2021. *Impact of the interconnection of cross-border electricity markets in the expansion of the generation parks of Peru and Ecuador.* Tecnia vol. s.l. : Tecnia, 2021. Vol. 21.

Jauregui, Jorge. 2019. *Propuesta para mejorar el ahorro energético del sistema eléctrico de la institución educativa Davy College-Cajamarca-2017.* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo], Chiclayo : 2019.

Julca Ortega, Erwin Alejandro. 2022. *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad de la flota de camiones de la empresa CILSA.* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú], Lima : 2022.

Landeros, Carmen, y otros. 2019. *Analysis of the factors of productivity, waste and reliability of the equipment, when.* s.l. : Ing. Industrial, 2019. Vol. 3.

López, Jorge, et al. 2021. *Maintenance procedure for the assessment of a road fuel transport fleet.* s.l. : Ingeniería Mecánica, 2021. Vol. 24.

López, Raúl, et al. 2019. *Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas.* s.l. : Revista Cubana de Medicina Militar, 2019. Vol. 48.

Marrero, Rogej, Vilalta, José y Martínez, Edith. 2019. *Model diagnostic–maintenance planning and control.* s.l. : Ingeniería Industrial, 2019. págs. 148-160.

Martínez, Francisco and Gassinski, Lech. 2022. *Energy Efficiency and the Role of Maintenance on it.* s.l. : Energética, 2022. Vol. 43.

Mendoza, Dora, Castro, Cecilia and Mendoza, Pablo. 2020. *Simulation and analysis of the thermal behavior of computer room in a warm-humid zone.* s.l. : Tecnia, 2020. Vol. 30.

—. **2021.** *Electricity Consumption, Thermal Comfort and Environmental Impact of an Educational Institution located in the North of the Argentina.* s.l. : Tecnia, 2021. Vol. 31.

Molina, Erik. 2023. *Metodología de mantenimiento predictivo en redes de distribución de medio voltaje por medio de técnica de estudio termográfico.* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador], Ecuador : Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, 2023.

Mucha, Luis, et al. 2020. *Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado.* s.l. : Revista Desafíos, 2020. Vol. 12.

Olivares Alvarez, Bryan. 2019. *Mantenimeinto planificado y la disponibilidad de la linea de trozado en la planta de Peruvian Nature S&S SAC.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao], Callao : 2019.

Pérez Baluja, Osmel, et al. 2022. *Power Swing challenges to distance protections in Cuba.* s.l. : Energética, 2022. Vol. 43.

Prado, Ana. 2019. *Implementación de una línea de producción de aisladores cerámicos de alta temperatura y la productividad en la fabricación de resistencias eléctricas calefactoras.* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias e informática], Lima : 2019.

Quispe, Antonio, et al. 2020. *Metodologías cuantitativas: Cálculo del tamaño de muestra con SATA y R.* s.l. : Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Amanzor Aguinaga Asenjo, 2020. Vol. 13. ISSN 2227-4731.

Ramos Gonzáles, Carlos, Carvallo Cumpa, Ruben Ivan and Nieto Narciso, Ernesto Ronald. 2020. *Termografía infrarroja como herramienta para el mantenimiento predictivo de tableros eléctricos en la empresa AEI Engineers S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte], Lima : 2020.

Ramos, Carlos. 2020. *Los alcances de una investigación.* 2020. Vol. 9.

Reyes Mondragón, Ángeles Smith. 2019. *Aplicación de cámara termográfica en la prevención de fallas del sistema eléctrico para mejorar la confiabilidad de unidades Komatsu 730E Bayovar - 2018.* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Chiclayo : Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo, 2019.

Reyes, Irma, et al. 2022. *Métodos científicos y su aplicación en la investigación pedagógica.* 2022. Vol. 9.

Robles, Blanca. 2019. *Población y muestra.* s.l. : Revista Pueblo Continente, 2019. Vol. 30. ISSN 2617-9474.

Rodríguez, Francisco. 2020. *Aplicaciones de la termografía infrarroja en las instalaciones eléctricas.* [Tesis de pregrado, Universidad de Sevilla], España : 2020.

Rodríguez, Julio and Reguant, Mercedes. 2020. *Calcular la fiabilitat d'un qüestionari o escala mitjançant l'SPSS: el coeficient alfa de Cronbach.* s.l. : Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 2020. Vol. 13.

Roncero, Cristhian and Pomblas, Ramon. 2023. *Modelo de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad Operacional para una Planta Compresora de Gas.* s.l. : Rev Politéc., 2023. Vol. 51.

Rosario, Lorena and Perozo, Lorheny. 2019. *Ruta metodológica para avanzar en el periplo de la investigación educativa con variable compuesta o predicativa.* 2019. pp. 60-74.

Segura Requejo, Miguel. 2019. *Diseño de estructura soporte de cámara termográfica de un Drone- Hexarotor para optimizar tiempo de inspección de sistemas de distribución eléctrica-Herzab-SAC.* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Chiclayo : 2019.

Solíz, Desiderio. 2019. *Cómo hacer un perfil proyecto de investigación científica.* s.l. : Palibrio, 2019.

Tomas Company, David. 2022. *Sistema para test de temperaturas en laboratorio mediante células Peltier.* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Valencia], España : 2022.

Vaca, Jaime and Cruz, Antonio. 2021. Efficiency strategy in electricity consumption and mitigation in the productive structure of Mexico. *Contad. Adm.*, 2021, Vol. 66, 2.

Varas, Josué. 2022. *Diagnóstico Visual-térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución con el uso de drones para efectuar mantenimientos.* [Tesis de pregrado ,Universidad Politécnica Salesiana], Ecuador : 2022.

Vilela, Fabiola. 2019. Reflexión sobre la justificación metodológica del uso de animales en investigación biomédica. 2019, Vol. 14, págs. 52-68.

Vivanco, Daniela, y otros. 2021. *Emerging technology: Pulsed Electric Fields (PEF) for food treatment and its effect on antioxidant content.* 2021.

Zang, Claudia and Giacosa, Norah. 2022. *Treatment of energy conservation in university physics textbooks.* s.l. : Enseñanza de la física, 2022. pp. 19-31. Vol. 34.

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTACION	METODOLOGIA
<p>Problema General: P.G.1 ¿Cómo la aplicación de la Inspección Termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023?</p>	<p>Objetivo general Aplicar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para mejorar la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.</p>	<p>Hipótesis General: H.G. La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.</p>	<p>Variable independiente Inspección Termográfica</p> <p>Dimensiones e Indicadores:</p> <p>D1: Temperatura de los equipos eléctricos</p> <p>I1: Anomalías en la variación en la temperatura</p> <p>I2: Desequilibrio en el delta de temperatura</p> <p>I3: Altas temperaturas</p> <p>I4: Bajas temperaturas</p>	<p>Técnicas: Observación Es un método de investigación en el que el investigador observa y registra directamente los comportamientos, eventos, situaciones o fenómenos de interés, sin intervenir en ellos.</p> <p>Encuesta Según lo expuesto por el autor, la encuesta para el presente trabajo de investigación es una técnica que consiste en obtener información de las personas encuestadas mediante el uso de cuestionarios diseñados en forma previa para la obtención de información específica.</p> <p>Instrumento: Ficha de evaluación: Es un instrumento utilizado en investigaciones y evaluaciones para recopilar, organizar y registrar información relevante sobre un tema específico. Este instrumento toma la forma de un formulario estructurado que permite a los evaluadores recoger datos de manera sistemática y coherente.</p> <p>Cuestionario El cuestionario para el presente trabajo de investigación servirá de herramienta de investigación que consiste en una serie de preguntas y otras indicaciones con el propósito de obtener información de los consultados.</p>	<p>Tipo y Diseño de la Investigación: Para el presente trabajo de investigación:</p> <p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de la Investigación: Pre test – Post test</p> <p>Nivel de la Investigación: Descriptivo</p>
<p>Problemas Específicos P.E.1. ¿Cómo la aplicación de la Inspección Termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará la confiabilidad para la</p>	<p>Objetivos Específicos: O.E.1 Realizar la inspección termográfica en el mantenimiento</p>	<p>Hipótesis Específicas: H.E.1 La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará la</p>	<p>Variable dependiente: Disponibilidad operacional en equipos eléctricos</p>	$D = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR} \times 100$ $C = \frac{T}{e^{100 \cdot n \cdot MTBF}} \times 100$	<p>Población Y Muestra:</p> <p>Población: De lo expuesto por los autores, mi población es de tipo finita para el</p>

<p>disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023?</p> <p>P.E.2. ¿Cómo la aplicación de la Inspección Termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023?</p> <p>P.E.3. ¿Cómo la aplicación de la Inspección Termográfica en el mantenimiento predictivo disminuirá el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023?</p>	<p>predictivo para mejorar la confiabilidad para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.</p> <p>O.E.2 Utilizar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para mejorar el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.</p> <p>O.E.3 Implementar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para disminuir el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.</p>	<p>confiabilidad para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023</p> <p>H.E.2 La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo mejorará el tiempo medio entre fallas para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.</p> <p>H.E.3 La inspección termográfica en el mantenimiento predictivo disminuirá el tiempo medio para reparaciones para la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.</p>	<p>Dimensiones e</p> <p>Indicadores:</p> <p>D1: Rendimiento de los equipos eléctricos</p> <p>I1: Confiabilidad</p> <p>I2: MTBF (Tiempo medio entre falla)</p> <p>I3: MTTR (Tiempo medio para reparaciones)</p>	$MTBF = \frac{TBF}{i}$ $MTTR = \frac{TTR}{i}$	<p>presente trabajo de investigación se identifica como población todas las mediciones de los indicadores de la disponibilidad operacional una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023.</p> <p>Todos los trabajadores encargados del mantenimiento predictivo.</p> <p>Muestra:</p> <p>Se considera como muestra 16 mediciones mensuales de los indicadores de una red de distribución de baja tensión en Lima, donde 8 serán del pre test y los otros 8 el post test.</p> <p>Se considerará a 20 trabajadores encargados del mantenimiento predictivo de una red de distribución de baja tensión en Lima.</p> <p>Muestreo:</p> <p>Por conveniencia</p>
---	---	--	--	---	---

**ANEXO 02. Instrumentos de recolección de datos
CUESTIONARIO ACERCA DE LA IMPORTANCIA DE LOS PROBLEMAS
DETECTADOS**

**Título: “APLICACIÓN DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN EL
MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD
OPERACIONAL DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN EN
LIMA, PERÚ 2023”**

La presente es una encuesta que tiene como objetivo Aplicar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para mejorar la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023, por tal motivo agradecemos su colaboración y tiempo brindado para responder cada una de las siguientes preguntas del cuestionario.

Indicaciones:

La presente encuesta es de carácter confidencial, agradecemos responder objetiva y verazmente. Lea detenidamente cada pregunta y marque la opción que considere correspondiente según la siguiente leyenda:

Muy importante 4	Importante 3	Neutral 2	Poco importante 1	Nada importante 0
---------------------	-----------------	--------------	----------------------	----------------------

PREGUNTAS:	RESPUESTAS				
	0	1	2	3	4
Materiales					
1. ¿Qué tan importante es abordar el problema de desgaste de acometidas en nuestras instalaciones eléctricas?					
2. ¿Cuál es la importancia del desgaste de contactos de dispositivos en términos de la eficiencia de nuestros equipos eléctricos?					
3. ¿Qué importancia tiene el desgaste de conductores por sobrecarga en relación con la seguridad de nuestras instalaciones eléctricas?					
4. ¿En su percepción, qué tan crítico es el problema de acometidas que no evitan el robo de energía para la integridad de nuestro sistema eléctrico?					
Mano de obra					
5. Según su experiencia, ¿qué tan importante es resolver el problema de coliderado para fallas normales en términos de eficiencia operativa?					

6. ¿En su opinión, cuál es la importancia del alto costo asociado con las fallas subterráneas para nuestras operaciones?					
7. ¿Cuán crítico percibe el problema de que el mantenimiento no contemple fallas por hurtos para la seguridad de nuestras instalaciones eléctricas?					
8. ¿Desde su perspectiva, qué importancia tiene abordar la falta de capacitación en termografía para nuestro equipo de trabajo?					
Maquinaria y equipo					
9. ¿Cuán importante es abordar el problema de la complejidad en la adaptación de la maquinaria para garantizar la eficiencia operativa?					
10. ¿En su percepción, qué importancia tiene la limitación de la maquinaria para manejar un número suficiente de eventos simultáneos?					
11. ¿Cuán crítico es abordar el problema de no prever el sobreconsumo en términos de la estabilidad de nuestras operaciones?					
12. En su perspectiva, ¿qué importancia tiene prever fallas por robo para la seguridad de nuestras instalaciones eléctricas?					
Método					
13. ¿Cuán importante es abordar el problema de que el método no esté modernizado en términos de eficacia del mantenimiento?					
14. ¿Desde su perspectiva, cuál es la importancia de cambiar de un enfoque correctivo a uno preventivo en el mantenimiento?					
15. ¿Cuán crítico es abordar el problema de que los métodos actuales no sean preventivos frente a la sobrecarga por robos?					
16. ¿En su opinión, qué importancia tiene abordar el problema de que los métodos actuales no prevengan fallas por robo?					
Medición					
17. ¿Cuán importante es mejorar la capacidad de detectar sobre tensión para garantizar la seguridad de nuestras instalaciones eléctricas?					
18. ¿Cuál es la importancia de medir el consumo clandestino para la eficiencia de nuestras operaciones?					

19. ¿Cuán crítico percibe el problema de no colaborar eficientemente con las autoridades sobre el robo de energía?					
20. ¿Qué importancia tiene investigar las conexiones clandestinas para garantizar la integridad de nuestro sistema eléctrico?					

ANEXO 03. CUESTIONARIO ACERCA DE LA URGENCIA DE CADA PROBLEMÁTICA ENCONTRADA

Título: “APLICACIÓN DE LA INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN EN LIMA, PERÚ 2023”

La presente es una encuesta que tiene como objetivo Aplicar la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo para mejorar la disponibilidad operacional de una red de distribución de baja tensión en Lima, Perú 2023, por tal motivo agradecemos su colaboración y tiempo brindado para responder cada una de las siguientes preguntas del cuestionario.

Indicaciones:

La presente encuesta es de carácter confidencial, agradecemos responder objetiva y verazmente. Lea detenidamente cada pregunta y marque la opción que considere correspondiente según la siguiente leyenda:

Muy urgente 4	Urgente 3	Neutral 2	Poco urgente 1	Nada urgente 0
------------------	--------------	--------------	-------------------	-------------------

PREGUNTAS:	RESPUESTAS				
	0	1	2	3	4
Materiales					
1. ¿Qué tan urgente considera que es abordar el problema de desgaste de acometidas?					
2. ¿Qué tan urgente cree que es abordar el problema de desgaste de contactos de dispositivos?					
3. ¿Cuán urgente cree que es abordar el problema de desgaste de conductores por sobrecarga?					
4. ¿Cuán urgente considera que es abordar el problema de acometidas que no evitan el robo?					
Mano de obra					
5. ¿Cuán urgente cree que es abordar el problema de coliderado para fallas normales?					

6. ¿Qué tan urgente considera que es abordar el problema de las fallas subterráneas costosas?					
7. ¿Cuán urgente cree que es abordar el problema de que el mantenimiento no contempla fallas por hurtos?					
8. ¿Qué tan urgente considera que es resolver el problema de la falta de capacitación en termografía?					
Maquinaria y equipo					
9. ¿Qué tan urgente considera que es resolver la complejidad en la adaptación de la maquinaria?					
10. ¿Qué tan urgente cree que es abordar la limitación para un número de eventos?					
11. ¿Cuán urgente considera que es resolver el problema de no prever el sobreconsumo en términos de la estabilidad de nuestras operaciones?					
12. ¿Cuán urgente cree que es abordar el problema de no prever fallas por robo?					
Método					
13. ¿Qué tan urgente considera que es modernizar el método de mantenimiento?					
14. ¿Cuán urgente cree que es abordar este cambio en el enfoque de mantenimiento?					
15. ¿Cuán urgente considera que es implementar medidas preventivas en este aspecto?					
16. ¿Qué tan urgente cree que es implementar medidas para prevenir fallas por robo?					
Medición					
17. ¿Cuán urgente considera que es mejorar la capacidad de detección de sobre tensión?					
18. ¿Qué tan urgente cree que es mejorar la medición del consumo clandestino?					
19. ¿Cuán urgente considera que es mejorar la colaboración con las autoridades en este aspecto?					
20. ¿Qué tan urgente cree que es mejorar la investigación de conexiones clandestinas?					

ANEXO 04. FICHA DE EVALUACIÓN

DISPONIBILIDAD OPERACIONAL Y MANTENIMIENTO				
Periodo de evaluación: 2023				
Equipo/Sistema evaluado: Red de distribución de baja tensión de Lima				
Instrucciones de uso: •Completa cada sección con la información correspondiente para cada mes. •Utiliza porcentajes para la disponibilidad operacional y registra el número de fallos, el tiempo medio entre fallos y el tiempo medio para reparaciones regístralo en horas. •Añade cualquier observación o comentario relevante.				
Dia-Mes	Disponibilidad operacional en equipos electricos (%)	Confiabilidad (Nº de fallos)	Tiempo medio entre fallos (h)	Tiempo medio para reparaciones (h)
PRE TEST: Registre los 8 datos solicitados antes de la aplicación de la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo				
21-Nov				
21-Dic				
22-Ene				
22-Feb				
22-Mar				
22-Abr				
22-May				
22-Jun				
POST TEST: Registre los 8 datos solicitados después de la aplicación de la inspección termográfica en el mantenimiento predictivo				
22-Nov				
22-Dic				
23-Ene				
23-Feb				
23-Mar				
23-Abr				
23-May				
23-Jun				
Observaciones y comentarios: <div style="float: right; text-align: right;"> </div>				

ANEXO 05. Validación de Instrumentos

1. IDENTIFICACION DEL EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: Abilio Bernardo Cuzcano Rivas

NIVEL DE GRADO: Doctor

DNI: 40947218

PROFESION: Ing. Electrónico

FECHA DE EVALUACION: 04 de agosto del 2023

FIRMA DEL EXPERTO:



2. PLANILLA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACION CUALITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del instrumento	✓			
Claridad en la redacción de los ítems	✓			
Pertinencia de las variables con los indicadores	✓			
Relevancia del contenido	✓			
Factibilidad de la aplicación	✓			

APRECIACION CUALITATIVA:

OBSERVACIONES:

1. IDENTIFICACION DEL EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: Dra. Silvia Liliana Salazar Llerena

NIVEL DE GRADO: Doctor

DNI: 10139161

PROFESION: Metodóloga

FECHA DE EVALUACION: 04 de agosto del 2023

FIRMA DEL EXPERTO:



2. PLANILLA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACION CUALITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del instrumento	✓			
Claridad en la redacción de los ítems	✓			
Pertinencia de las variables con los indicadores	✓			
Relevancia del contenido	✓			
Factibilidad de la aplicación	✓			

APRECIACION CUALITATIVA:

OBSERVACIONES:

1. IDENTIFICACION DEL EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: Dr. Adán Almircar Tejada Cabanillas

NIVEL DE GRADO: Doctor

DNI: 06148210

PROFESION: Metodólogo

FECHA DE EVALUACION: 04 de agosto del 2023

FIRMA DEL EXPERTO:



2. PLANILLA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACION CUALITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del instrumento	✓			
Claridad en la redacción de los ítems	✓			
Pertinencia de las variables con los indicadores	✓			
Relevancia del contenido	✓			
Factibilidad de la aplicación	✓			

APRECIACION CUALITATIVA:

OBSERVACIONES:

ANEXO 06. Base de datos

Fecha	Disponibilidad operacional en equipos eléctricos (%)	Confiabilidad (N° de fallos)	Tiempo medio entre fallos (h)	Tiempo medio para reparaciones (h)
Nov-21	92.424	4	703.529	2.255
Dic-21	92.160	5	606.279	3.721
Ene-22	90.617	6	412.079	2.559
Feb-22	91.621	5	405.183	2.632
Mar-22	92.783	4	628.265	4.505
Abr-22	92.907	3	365.027	5.352
May-22	90.830	4	543.054	3.556
Jun-22	91.927	3	502.471	3.865
Nov-22	96.385	1	923.155	0.688
Dic-22	98.167	2	695.531	1.980
Ene-23	99.932	1	687.392	0.919
Feb-23	99.483	1	892.124	1.762
Mar-23	98.190	2	670.282	0.386
Abr-23	99.784	2	785.853	1.089
May-23	99.464	0	818.024	0.753
Jun-23	98.616	2	752.321	1.806

ANEXO 07. Base de datos de las encuestas

IMPORTANCIA DE CADA PROBLEMÁTICA ENCONTRADA																				
Materiales				Mano de obra				Maquinaria y equipo				Método				Medición				
Nº	Desgaste de acometidas	Desgaste de contactos de dispositivos	Desgaste de conductores por sobre carga	Acometidas no evitan robo	Coliderado para fallas normales	Fallas subterráneas son costosas	Mantenimiento no contempla fallas por hurtos	No capacitado en termografía	Complejidad en la adaptación	Limitado para número de eventos	Prever sobre consumo	Prever fallas por robo	No esta modernizado	Es correctivo cuando ya ha sucedido	No son preventivos frente a sobrecarga por robos	No previenen fallas por robo	Detectar sobre tensión	Medir el consumo clandestino	Colaborar con autoridades sobre robo de energía	Investigar las conexiones clandestinas
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
1	4	0	0	0	4	4	0	0	3	1	2	0	4	2	1	1	1	1	1	0
2	3	1	1	1	4	4	0	1	3	0	3	0	4	2	1	1	0	0	0	1
3	4	1	0	0	4	3	1	1	3	1	4	1	4	1	0	1	0	1	1	0
4	4	0	1	1	4	4	1	1	3	0	2	0	4	1	1	0	0	1	1	0
5	4	0	1	1	4	3	0	0	3	1	2	1	4	1	0	1	0	0	0	1
6	4	0	1	1	4	4	0	0	3	0	2	1	3	1	1	0	1	1	0	0
7	4	0	1	0	4	4	1	1	3	0	1	0	4	1	1	1	0	1	0	0
8	4	0	1	0	4	4	1	1	3	0	2	0	4	1	0	1	0	0	0	1
9	4	1	1	1	4	4	0	0	4	0	4	0	4	2	0	0	0	1	1	1
10	3	1	1	1	4	4	0	1	4	0	2	0	4	2	1	0	0	1	0	0

11	3	0	0	0	4	4	0	0	3	1	1	0	4	2	0	1	0	1	1	1
12	4	0	1	0	3	4	0	1	4	0	2	0	4	2	0	1	1	0	1	0
13	4	0	1	0	3	4	1	0	4	0	1	0	3	1	1	1	0	0	1	1
14	4	1	0	1	4	4	1	0	3	1	2	0	3	2	0	0	0	0	0	1
15	4	1	1	0	4	3	0	1	3	0	2	1	4	1	0	1	1	0	1	0
16	4	1	1	1	4	4	1	1	3	1	2	0	4	1	1	1	0	1	0	0
17	4	1	1	0	4	4	1	0	3	1	2	1	4	1	1	1	0	1	0	0
18	4	1	0	0	4	3	0	1	4	1	2	0	4	1	0	0	0	0	0	0
19	4	0	1	0	4	4	1	0	4	1	2	1	4	2	1	0	1	1	1	1
20	4	0	0	0	4	4	0	0	3	0	3	1	3	2	0	1	0	1	0	0

URGENCIA DE CADA PROBLEMÁTICA ENCONTRADA																			
Materiales				Mano de obra				Maquinaria y equipo				Método				Medición			
Desgaste de acometidas	Desgaste de contactos de dispositivos	Desgaste de conductores por sobre carga	Acometidas no evitan robo	Coliderado para fallas normales	Fallas subterráneas son costosas	Mantenimiento no contempla fallas por hurtos	No capacitado en termografía	Complejidad en la adaptación	Limitado para número de eventos	Prever sobre consumo	Prever fallas por robo	No esta modernizado	Es correctivo cuando ya ha sucedido	No son preventivos frente a sobrecarga por robos	No previenen fallas por robo	Detectar sobre tensión	Medir el consumo clandestino	Colaborar con autoridades sobre robo de energía	Investigar las conexiones clandestinas
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
3	0	1	1	4	4	1	0	4	1	2	1	4	2	0	1	1	0	0	0
4	0	0	1	3	4	0	0	3	1	2	1	3	1	1	0	0	0	0	1
4	1	1	0	4	3	0	1	4	1	3	0	4	2	1	0	0	0	1	1
4	1	1	1	4	3	1	0	4	1	1	0	3	2	0	0	0	0	1	0
3	1	1	0	4	3	1	1	3	1	2	0	4	2	1	0	0	0	0	1
3	0	0	0	3	3	1	0	3	0	2	1	4	3	1	0	0	1	0	0
3	1	1	1	3	3	1	0	4	0	3	1	3	2	1	1	0	1	1	0
3	1	0	1	4	3	1	0	4	0	2	0	4	3	0	0	0	1	1	1
4	0	0	0	3	3	0	1	3	1	3	1	4	2	1	1	1	0	0	1

4	1	1	1	3	4	0	1	4	0	3	1	3	2	0	1	1	1	1	0
4	0	0	1	4	4	0	1	4	0	3	1	3	2	0	0	1	1	0	1
3	0	1	0	3	4	0	0	3	1	2	0	4	1	1	0	0	0	0	1
4	1	1	1	4	4	1	0	3	0	2	0	4	1	0	1	0	0	1	1
4	1	1	0	3	4	0	1	4	1	1	1	4	1	0	0	1	0	0	1
4	1	0	1	3	3	1	0	3	0	2	1	4	1	1	0	1	1	1	0
3	0	0	0	3	3	1	1	4	0	2	1	3	1	0	1	1	0	0	1
4	1	1	0	4	4	1	1	4	1	2	1	3	2	1	1	1	1	0	0
4	0	1	1	4	4	1	0	4	0	3	1	3	2	0	0	1	1	1	1
3	0	0	0	4	4	0	0	4	1	3	0	3	2	0	1	1	1	1	0
3	1	1	0	4	3	1	0	3	1	3	1	3	1	1	0	0	0	0	1