



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y

ARQUITECTURA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Trabajo de titulación*

*Modalidad Proyecto Técnico*

Tema:

“DIAGNÓSTICO DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES ACADÉMICAS DEL CAMPUS ULEAM MANTA MEDIANTE USO DE CÁMARA TÉRMICA ECO-V HIKMICRO”.

Autores:

Muñoz Cedeño Jhonatan Emilio

Ponce Quiroz Anthony Bernardo

Asesor Académico:

Ing. León Valencia Gary Vicente, Mg.

Manta – Manabí – Ecuador

Julio 2024

### **Certificación del tutor**

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación bajo la modalidad de proyecto técnico, bajo la autoría de los estudiantes Muñoz Cedeño Jhonatan Emilio y Ponce Quiroz Anthony Bernardo legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Eléctrica, cuyo tema de proyecto es “Diagnóstico de tableros de distribución de las unidades académicas del campus ULEAM manta mediante uso de cámara térmica ECO-V HIKMICRO”.

El presente proyecto ha sido desarrollado de acuerdo con los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 24 de Julio de 2024.

Lo certifico,



---

Ing. León Valencia Gary Vicente, Mg.

**Docente Tutor**

### Declaración de autoría

La responsabilidad de este proyecto de titulación: “Diagnóstico de tableros de distribución de las unidades académicas del campus ULEAM Manta mediante uso de cámara térmica ECO-V marca HIKMICRO.” corresponde exclusivamente a Muñoz Cedeño Jhonatan Emilio con C.I.: 1310050024 y Ponce Quiroz Anthony Bernardo con C.I.: 1313617134. Eximo a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, y a sus representantes legales, de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, opiniones, resultados y conclusiones vertidas en este proyecto de tesis son exclusividad de los autores.

También, cedo los derechos de este trabajo a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo académico e institucional de la universidad.

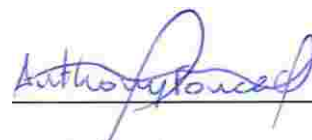
Manta, Julio de 2024



Muñoz Cedeño Jhonatan Emilio

C.I.: 1310050024

Autor



Ponce Quiroz Anthony Bernardo

C.I.: 1313617134

Autor



Ing. León Valencia Gary Vicente, Mg.

Docente Tutor

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiera sido posible su finalización sin la ayuda de todas y cada una de las personas que nos acompañaron en el recorrido de este proyecto, las cuales han sido soportes incondicionales.

Primero y antes que todo queremos dar gracias a Dios, que nos supo brindar sabiduría, ciencia, bondad y darnos las fuerzas infinitas para continuar en este largo proceso de poder obtener uno de nuestros anhelos más deseados en nuestra formación académica.

En especial lo dedicamos a nuestros padres y hermanos por su amor, trabajo y sacrificio incondicional en todos estos años, virtudes y valores que sin duda alguna permitieron guiarnos por el buen camino y nos ayudaron a ser mejores personas en nuestro diario vivir.

Parte de la dedicación y agradecimientos a nuestro director de tesis el Ing. Gary León Valencia Mg. que con su amplia experiencia y conocimientos nos orientaron al correcto desarrollo y culminación con éxito este trabajo.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, deseamos expresar nuestro agradecimiento al director de este proyecto el Ing. Mg. Gary León Valencia, por la dedicación, sugerencias, ideas y el apoyo incondicional que nos brindó.

Un trabajo de investigación es sin duda alguna siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas, en este caso nuestros más sinceros agradecimientos a todos y cada uno de nuestros catedráticos, con cuyo trabajo estaremos siempre en deuda.

Debemos reconocer el apoyo fundamental de las autoridades y personal administrativo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y la Dirección de Infraestructura Obras, Patrimonio y Medio Ambiente por la coordinación y acompañamiento a las visitas en campo de las diferentes Unidades Académicas para la realización de este trabajo de titulación.

Para finalizar nuestros más profundos agradecimientos a nuestros padres y hermanos, personas que contribuyeron y nos apoyaron en este largo y laborioso proceso de formación académica, de todo corazón muchas gracias.

## Resumen

La termografía es una herramienta que nos permite tener una visión general de la temperatura de un área específica de equipos y las instalaciones eléctricas, permitiendo identificar puntos calientes evitando el contacto directo de las personas al manipular las instalaciones eléctricas directamente sin un antecedente de cómo se encuentra el sistema eléctrico.

El presente estudio analizó la versatilidad de esta herramienta siendo aplicada en los tableros de distribución principal existentes en el campus de ULEAM Manta para diagnosticar el estado de sus instalaciones eléctricas principales por medio de visitas técnicas se obtendrá la información necesaria para identificar si existen anomalías en su sistema eléctrico considerando que la seguridad de las personas es fundamental y mediante el uso de cámara térmica (Modelo Eco-v Marca HIKMICRO) se podrá identificar puntos calientes de áreas y elementos específicos de los armarios eléctricos contribuyendo a la obtención de datos de manera segura para los técnicos.

El presente documento enmarca el desarrollo y obtención de datos con el uso de esta herramienta aplicada en instalaciones institucionales para así proponer mejoras, posibles soluciones o mantenimientos del sistema. Fundamentados con los conceptos básicos y términos aplicados en el correcto diseño e implementación de selección de elementos eléctricos, conductores, protecciones y gabinetes eléctricos.

La metodología empleada contempla la obtención de datos en campo para luego analizarlos en oficina y determinar anomalías eléctricas producto de altas temperaturas; donde se pudo identificar que el 57.14% de los tableros presenta una temperatura entre 41.8 °C hasta 80,70 °C, siendo la causa principal de la temperatura elevada un desbalance de carga entre las fases conductoras.

*Palabras claves:* Termografía; Cámara termográfica; Protecciones; Conductores;  
Tableros.

## Abstract

Thermography is a tool that allows us to have an overview of the temperature of a specific area of equipment and electrical installations, allowing us to identify hot spots avoiding direct contact between people when manipulating electrical installations directly without a background of how the electrical system is doing.

This study analyzed the versatility of this tool being applied in the main distribution boards existing on the ULEAM Manta campus to diagnose the state of its main electrical installations through technical visits the necessary information will be obtained to identify if there are anomalies in its electrical system considering that the safety of people is fundamental and through the use of a thermal camera (Eco-v Model HIKMICRO brand) it will be possible to identify hot spots of specific areas and elements of the electrical cabinets, contributing to the collection of data in a safe way for technicians.

This document frames the development and collection of data with the use of this tool applied in institutional facilities in order to propose improvements, possible solutions or maintenance of the system. Based on the basic concepts and terms applied in the correct design and implementation of the selection of electrical elements, conductors, protections and electrical cabinets.

The methodology used includes obtaining data in the field to then analyze them in the office and determine electrical anomalies resulting from high temperatures; where it was possible to identify that 57.14% of the panels have a temperature between 41.8 °C and 80.70 °C, the main cause of the elevated temperature being a load imbalance between the conductive phases.

**Keywords:** Thermography; Thermal imaging camera; Protections; Drivers; Boards.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b><i>Título</i></b> _____	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b><i>Antecedentes</i></b> _____	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b><i>Justificación.</i></b> _____	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b><i>Objetivo General</i></b> _____	<b>4</b>
<b>5.</b>	<b><i>Objetivos Específicos</i></b> _____	<b>4</b>
<b>6.</b>	<b><i>Propuesta</i></b> _____	<b>5</b>
<b>7.</b>	<b><i>Marco Teórico.</i></b> _____	<b>6</b>
<b>7.1.</b>	<b>Marco conceptual</b> _____	<b>6</b>
7.1.1.	Conceptos fundamentales de la termografía infrarroja _____	6
7.1.2.	Teoría de la radiación infrarroja (IR) _____	7
7.1.3.	Aplicación de la Radiación Infrarroja en la Termografía _____	8
7.1.4.	Características de los cuerpos emisores y detectores de infrarrojos _____	9
7.1.5.	Parámetros de medición en la termografía infrarroja _____	11
7.1.5.1.	Emisividad _____	11
7.1.5.2.	Temperatura Ambiente y Compensación de Reflejos _____	12
7.1.5.3.	Distancia de Medición _____	12
7.1.5.4.	Resolución Espacial y Resolución Térmica _____	12
7.1.5.5.	Tiempo de Integración _____	13
7.1.5.6.	Calibración de la Cámara _____	13
7.1.6.	Tipos de cámaras térmicas _____	14
7.1.6.1.	Clasificación por espectro _____	15
7.1.6.1.1.	Cámaras de Espectro Completo _____	15
7.1.6.1.2.	Cámaras de Espectro Limitado _____	16
7.1.6.2.	Clasificación por detector _____	17

7.1.6.2.1.	Cámaras con Detectores No Refrigerados _____	17
7.1.6.2.2.	Cámaras con Detectores Refrigerados _____	17
7.1.6.3.	Clasificación por aplicación _____	17
7.1.6.3.1.	Cámaras Portátiles _____	17
7.1.6.3.2.	Cámaras Montadas _____	17
7.1.6.3.3.	Cámaras Integradas _____	18
7.1.7.	Características y aplicaciones de la cámara térmica en el diagnóstico de fallas eléctricas	18
7.1.8.	Definiciones y conceptos relacionados con el diagnóstico en tableros eléctricos	19
7.1.9.	Procedimientos y normas técnicas para el diagnóstico de tableros eléctricos mediante el uso de cámara termográfica _____	20
7.1.9.1.	Descripción y Alcance de la ISO 18434-1 _____	20
7.1.9.1.1.	Objetivos Principales _____	20
7.1.9.1.2.	Áreas de Aplicación de la Norma ISO 18434-1 _____	21
7.1.9.1.3.	Ejemplos de aplicación _____	22
7.1.10.	Tipos de análisis de resultados para termografía de tableros _____	23
<b>7.2.</b>	<b>Procesos aplicados en el mantenimiento de los tableros de distribución eléctrica</b>	<b>24</b>
7.2.1.	Inspección Visual y Limpieza _____	24
7.2.2.	Verificación de Conexiones y Apretado de Tornillos _____	24
7.2.3.	Pruebas Funcionales y Medición de Parámetros Eléctricos _____	25
7.2.4.	Termografía Infrarroja _____	25
7.2.5.	Reemplazo y Actualización de Componentes _____	25
7.2.6.	Identificación y diagnóstico de fallas _____	26
7.2.6.1.	Aplicaciones en el diagnóstico de tableros eléctricos _____	26
7.2.6.1.1.	Identificación de puntos calientes _____	27
7.2.6.1.2.	Detección de desbalance de cargas _____	27

7.2.6.1.3.	Evaluación de componentes defectuosos	27
7.2.7.	Mantenimiento preventivo	27
7.2.7.1.	Metodologías de mantenimiento preventivo con termografía	28
7.2.8.	Mantenimiento correctivo	29
7.2.8.1.	Metodologías de mantenimiento correctivo con termografía	30
7.2.9.	Mantenimiento predictivo	30
7.2.9.1.	Metodologías de mantenimiento predictivo con termografía	31

### 7.3. Riesgos eléctricos que se pueden originar en los tableros de distribución

#### eléctrica 31

7.3.1.	Análisis de riesgos eléctricos	32
7.3.1.1.	Sobrecarga de circuitos	32
7.3.1.2.	Conexiones defectuosas	33
7.3.1.3.	Fallos en aislamiento	34
7.3.1.4.	Falta de mantenimiento	35
7.3.1.5.	Fallos en los dispositivos de protección	36
7.3.1.6.	Arcos eléctricos	37
7.3.2.	Medidas de protección contra riesgos eléctricos	38
7.3.2.1.	Dispositivos de protección	38
7.3.2.1.1.	Disyuntores	38
7.3.2.1.2.	Fusibles	38
7.3.2.1.3.	Interruptores diferenciales	39
7.3.2.2.	Diseño adecuado del sistema	39
7.3.2.2.1.	Capacidad de carga	39
7.3.2.2.2.	Distribución equilibrada	39
7.3.2.3.	Mantenimiento regular	39
7.3.2.3.1.	Inspecciones periódicas	39
7.3.2.3.2.	Limpieza y control de condiciones ambientales	40

7.3.2.4.	Capacitación y concienciación	40
7.3.2.4.1.	Formación del personal	40
7.3.2.4.2.	Protocolos de seguridad	40
7.3.3.	Procedimientos de seguridad en el manejo de riesgos eléctricos	40
7.3.3.1.	Evaluación de riesgos	41
7.3.3.1.1.	Identificación de riesgos	41
7.3.3.1.2.	Evaluación de la severidad y probabilidad	41
7.3.3.2.	Protocolos de bloqueo y etiquetado	41
7.3.3.2.1.	Bloqueo	41
7.3.3.2.2.	Etiquetado	41
7.3.3.3.	Uso de equipos de protección personal (EPP)	42
7.3.3.3.1.	Ropa y equipo aislante	42
7.3.3.3.2.	Herramientas aisladas	42
7.3.3.4.	Capacitación y concienciación	42
7.3.3.4.1.	Formación en seguridad eléctrica	42
7.3.3.4.2.	Simulacros y prácticas de emergencia	42
<b>7.4.</b>	<b>Tecnologías aplicadas en la detección de puntos calientes en tableros de distribución eléctrica</b>	<b>43</b>
7.4.1.	Termografía infrarroja	43
7.4.2.	Sistemas de monitoreo en tiempo real	44
7.4.3.	Métodos de análisis de datos y diagnóstico	44
<b>8.</b>	<b>Diseño del proyecto</b>	<b>46</b>
<b>8.1.</b>	<b>Metodología</b>	<b>46</b>
<b>8.2.</b>	<b>Materiales</b>	<b>48</b>
8.2.1.	Cámara termográfica ECO-V HIKMICRO	48
8.2.1.1.	Características principales	48

8.2.1.2.	Aplicaciones	49
8.2.1.3.	Ventajas	50
8.2.2.	Pinza multímetro Habotest HT208D	50
8.2.2.1.	Características principales	51
8.2.2.2.	Aplicaciones:	52
8.2.2.3.	Ventajas:	52
<b>8.3.</b>	<b>Evaluación inicial del estado y condiciones de los tableros</b>	<b>53</b>
	Tablero TDC# 1	53
	Tablero TDC# 2	53
	Tablero TDC# 3	54
	Tablero TDP PS. #1	54
	Tablero TDP COM. #1	54
	Tablero TDP MED. #1	55
	Tablero TDP FIS. #1	55
	Tablero TDP MN. #1	55
	Tablero TDP CM. #1	56
	Tablero TDP CM. #2	56
	Tablero TDP AUD. #1	56
	Tablero TDPTS. #1	56
	Tablero TDP IA. #1	57
	Tablero TDP CE. #1	57
	Tablero TDP CEX. #1	57
	Tablero TDP ODO. #1	58
	Tablero TDP SE. #1	58
	Tablero TDP HT. #1	58
	Tablero TDP DER. #1	58
	Tablero TDP ARQ. #1	58
	Tablero TDP IS. #1	59

<b>8.4. Actividad en campo: Levantamiento de los tableros de distribución eléctrica en el campus universitario</b>	<b>59</b>
Tablero TDC # 1	60
Tablero TDC # 2	60
Tablero TDC # 3	60
Tablero TDP PS. #1	60
Tablero TDP COM. #1	60
Tablero TDP MED. #1	60
Tablero TDP FIS. #1	60
Tablero TDP MN. #1	60
Tablero TDP CM. #1	60
Tablero TDP CM. #2	60
Tablero TDP AUD. #1	60
Tablero TDP TS. #1	60
Tablero TDP IA. #1	60
Tablero TDP CE. #1	61
Tablero TDP CEX. #1	61
Tablero TDP ODO. #1	61
Tablero TDP SE. #1	61
Tablero TDP HT. #1	61
Tablero TDP DER. #1	61
Tablero TDP ARQ. #1	61
Tablero TDP IS. #1	61
8.4.1. Edificio de carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica	61
8.4.1.1. Tablero TDC # 1	61
8.4.1.2. Tablero TDC # 2	62
8.4.1.3. Tablero TDC # 3	63
8.4.2. Edificio de carrera: Psicología	64

8.4.2.1.	Tablero TDP PS. #1	64
8.4.3.	Edificio de carrera: Comunicación	65
8.4.3.1.	Tablero TDP COM. #1	65
8.4.4.	Edificio de carrera: Medicina	66
8.4.4.1.	Tablero TDP MED. #1	66
8.4.5.	Edificio de carrera: Fisioterapia	67
8.4.5.1.	Tablero TDP FIS. #1	67
8.4.6.	Edificio de carrera: Mecánica Naval	68
8.4.6.1.	Tablero TDP MN. #1	68
8.4.7.	Edificio de carrera: Ciencias del Mar	69
8.4.7.1.	Tablero TDPCM. #1	69
8.4.7.2.	Tablero TDP CM. #2	70
8.4.8.	Edificio de carrera: Auditoria	71
8.4.8.1.	Tablero TDP AUD. #1	71
8.4.9.	Edificio de carrera: Trabajo Social	72
8.4.9.1.	Tablero TDP TS. #1	72
8.4.10.	Edificio de carrera: Ingeniería Agropecuaria	73
8.4.10.1.	Tablero TDP IA. #1	73
8.4.11.	Edificio de carrera: Ciencias de la Educación	74
8.4.11.1.	Tablero TDP CE. #1	74
8.4.12.	Edificio de carrera: Comercio Exterior	75
8.4.12.1.	Tablero TDP CEX. #1	75
8.4.13.	Edificio de carrera: Odontología	76
8.4.13.1.	Tablero TDP ODO. #1	76
8.4.14.	Edificio de carrera: Secretariado Ejecutivo	77
8.4.14.1.	Tablero TDP SE. #1	77
8.4.15.	Edificio de carrera: Hotelería y Turismo	78
8.4.15.1.	Tablero TDP HT. #1	78

8.4.16.	Edificio de carrera: Derecho	79
8.4.16.1.	Tablero TDP DER. #1	79
8.4.17.	Edificio de carrera: Arquitectura	80
8.4.17.1.	TableroTDPARQ.#1	80
8.4.18.	Edificio de carrera: Ingeniería en Sistemas	81
8.4.18.1.	Tablero TDP IS. #1	81
<b>8.5.</b>	<b>Análisis de resultados y diagnóstico de fallas en los tableros eléctricos</b>	<b>82</b>
8.5.1.	Edificio de carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica	82
8.5.1.1.	Tablero TDC # 1	82
8.5.1.2.	Tablero TDC# 2	83
8.5.1.3.	Tablero TDC# 3	84
8.5.2.	Edificio de carrera: Psicología	85
8.5.2.1.	Tablero TDP PS. #1	86
8.5.3.	Edificio de carrera: Comunicación	87
8.5.3.1.	Tablero TDP COM. #1	87
8.5.4.	Edificio de carrera: Medicina	88
8.5.4.1.	Tablero TDP MED. #1	88
8.5.5.	Edificio de carrera: Fisioterapia	89
8.5.5.1.	Tablero TDP FIS. #1	89
8.5.6.	Edificio de carrera: Mecánica Naval	90
8.5.6.1.	Tablero TDP MN. #1	90
8.5.7.	Edificio de carrera: Ciencias del Mar	91
8.5.7.1.	Tablero TDP CM. #1	92
8.5.7.2.	Tablero TDP CM. #2	93
8.5.8.	Edificio de carrera: Auditoria	93
8.5.8.1.	TableroTDPAUD.#1	94
8.5.9.	Edificio de carrera: Trabajo Social	94
8.5.9.1.	Tablero TDP TS. #1	94

8.5.10.	Edificio de carrera: Ingeniería Agropecuaria	96
8.5.10.1.	Tablero TDP IA. #1	96
8.5.11.	Edificio de carrera: Ciencias de la Educación	98
8.5.11.1.	Tablero TDP CE. #1	98
8.5.12.	Edificio de carrera: Comercio Exterior	101
8.5.12.1.	Tablero TDP CEX. #1	101
8.5.13.	Edificio de carrera: Odontología	103
8.5.13.1.	Tablero TDP ODO. #1	103
8.5.14.	Edificio de carrera: Secretariado Ejecutivo	105
8.5.14.1.	Tablero TDP SE. #1	105
8.5.15.	Edificio de carrera: Hotelería y Turismo	106
8.5.15.1.	Tablero TDP HT. #1	106
8.5.16.	Edificio de carrera: Derecho	107
8.5.16.1.	Tablero TDP DER. #1	107
8.5.17.	Edificio de carrera: Arquitectura	109
8.5.17.1.	Tablero TDP ARQ. #1	109
8.5.18.	Edificio de carrera: Ingeniería en Sistemas	111
8.5.18.1.	Tablero TDP IS. #1	111
<b>8.6.</b>	<b>Resumen de análisis de resultados y diagnóstico de fallas en los tableros eléctricos</b>	<b>113</b>
<b>9.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>119</b>
9.1.	Conclusiones	119
9.2.	Recomendaciones	120
<b>10.</b>	<b>Recursos</b>	<b>122</b>
10.1.	Recursos humanos	122

10.2.	Recursos institucionales	122
10.3.	Recursos materiales y económicos	123
11.	<i>Cronograma</i>	123
12.	<i>Bibliografía</i>	124

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación de Cámaras Térmicas.....	15
<b>Tabla 2:</b> Estado físico de tableros inspeccionados .....	53
<b>Tabla 3:</b> Facultades y tableros inspeccionados .....	60
<b>Tabla 4:</b> Resumen de análisis termográfico, acciones a ejecutar y costo de mejoras .....	113
<b>Tabla 5:</b> Detalle de los recursos humanos y su aporte en el desarrollo del proyecto. .....	122
<b>Tabla 6:</b> Detalle de los recursos institucionales y lugar de origen.....	122
<b>Tabla 7:</b> Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto.....	123
<b>Tabla 8:</b> Detalle del cronograma establecido para el cumplimiento de la tesis .....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Longitud de onda de radiación infrarroja</i> .....	8
<b>Figura 2:</b> <i>Cuerpos emisores y detectores de infrarrojos</i> .....	9
<b>Figura 3:</b> Cámara térmica infrarroja .....	14
<b>Figura 4:</b> <i>Cámara térmica infrarroja de espectro completo</i> .....	16
<b>Figura 5:</b> <i>Cámara térmica infrarroja de espectro limitado</i> .....	16
<b>Figura 6:</b> Fotografía térmica a Tablero Eléctrico .....	18
<b>Figura 7:</b> Ejemplo de sobrecarga de circuito .....	32
<b>Figura 8:</b> Ejemplo de conexión defectuosa .....	33
<b>Figura 9:</b> Ejemplo de falla de aislamiento .....	34
<b>Figura 10:</b> Ejemplo de falta de mantenimiento a equipos eléctricos .....	35

<b>Figura 11:</b> Ejemplo de fallo de dispositivo de protección .....	36
<b>Figura 12:</b> Ejemplo de arco eléctrico en tablero .....	37
<b>Figura 13:</b> Ejemplo de termografía a tablero .....	43
<b>Figura 14:</b> Diagrama de Bloques de Metodología.....	47
<b>Figura 15:</b> Cámara Termográfica ECO-V .....	48
<b>Figura 16:</b> Descripción de pantalla de la Cámara Termográfica ECO-V .....	49
<b>Figura 17:</b> Pinza multímetro Habotest HT208D .....	51
<b>Figura 18:</b> Foto TDC # 1 .....	62
<b>Figura 19:</b> Foto TDC # 2 .....	63
<b>Figura 20:</b> Foto TDC # 3 .....	64
<b>Figura 21:</b> Foto TDP PS #1 .....	65
<b>Figura 22:</b> Foto TDP COM #1 .....	66
<b>Figura 23:</b> Foto TDP MED #1 .....	67
<b>Figura 24:</b> Foto TDP FIS #1 .....	68
<b>Figura 25:</b> Foto TDP MN #1 .....	69
<b>Figura 26:</b> Foto TDP CM #1 .....	70
<b>Figura 27:</b> Foto TDP CM #2 .....	71
<b>Figura 28:</b> Foto TDP AUD #1 .....	72
<b>Figura 29:</b> Foto TDP TS #1 .....	73
<b>Figura 30:</b> Foto TDP IA #1 .....	74
<b>Figura 31:</b> Foto TDP CE #1.....	75
<b>Figura 32:</b> Foto TDP CEX #1.....	76
<b>Figura 33:</b> Foto TDP ODO #1 .....	77
<b>Figura 34:</b> Foto TDP SE #1 .....	78
<b>Figura 35:</b> Foto TDP HT #1 .....	79

<b>Figura 36:</b> Foto TDP DER #1 .....	80
<b>Figura 37:</b> Foto TDP ARQ #1 .....	81
<b>Figura 38:</b> Foto TDP IS #1 .....	82
<b>Figura 39:</b> Imágenes Térmicas TDC # 1 .....	83
<b>Figura 40:</b> Imágenes Térmicas TDC # 2 .....	83
<b>Figura 41:</b> Imágenes Térmicas TDC # 3 .....	85
<b>Figura 42:</b> Imagen Térmica TDP PS #1 .....	86
<b>Figura 43:</b> Imagen Térmica TDP COM #1 .....	87
<b>Figura 44:</b> Imagen Térmica TDP MED #1 .....	88
<b>Figura 45:</b> Imagen Térmica TDP FIS #1 .....	89
<b>Figura 46:</b> Imagen Térmica TDP MN #1 .....	90
<b>Figura 47:</b> Imagen Térmica TDP CM #1 .....	92
<b>Figura 48:</b> Imagen Térmica TDP CM #2 .....	93
<b>Figura 49:</b> Imagen Térmica TDP AUD #1 .....	94
<b>Figura 50:</b> Imagen Térmica TDP TS #1 .....	95
<b>Figura 51:</b> Imagen Térmica TDP IA #1 .....	96
<b>Figura 52:</b> Imagen Térmica TDP CE #1 .....	99
<b>Figura 53:</b> Imagen Térmica TDP CEX #1 .....	101
<b>Figura 54:</b> Imagen Térmica TDP ODO #1 .....	103
<b>Figura 55:</b> Imagen Térmica TDP SE#1 .....	105
<b>Figura 56:</b> Imagen Térmica TDP HT #1 .....	106
<b>Figura 57:</b> Imagen Térmica TDP DER #1 .....	108
<b>Figura 58:</b> Imagen Térmica TDP ARQ #1 .....	109
<b>Figura 59:</b> Imagen Térmica TDP IS #1 .....	111



## **1. Título**

Diagnóstico de tableros de distribución de las unidades académicas del campus ULEAM Manta mediante uso de cámara térmica ECO-V Marca HIKMICRO.

## **2. Antecedentes**

El diagnóstico de tableros de distribución eléctrica es fundamental para garantizar el correcto funcionamiento y la seguridad de los sistemas eléctricos en diferentes tipos de edificaciones. En este sentido, el uso de cámaras térmica se ha convertido en una herramienta muy valiosa para detectar y evaluar problemas en los tableros de distribución.

Las cámaras térmicas permiten visualizar la temperatura de los componentes eléctricos en un tablero de distribución y detectar anomalías como sobrecalentamiento, pérdidas de energía, conexiones defectuosas, entre otros. Estas anomalías pueden ser señales de problemas eléctricos que podrían generar fallos en el sistema, cortocircuitos, incendios, o incluso accidentes para las personas que interactúan con los equipos.

En este contexto, se ha desarrollado una aplicación práctica en el campus de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) para realizar diagnósticos y pruebas a tableros de distribución eléctrica utilizando cámara térmica ECO-V Marca HIKMICRO. Esta aplicación práctica tiene como objetivo principal mejorar la seguridad eléctrica en el campus y garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos.

Para llevar a cabo el diagnóstico y las pruebas, se emplea una metodología específica que incluye la identificación y etiquetado de los tableros de distribución, la toma de imágenes térmicas de los componentes electrónicos, el análisis de las imágenes para detectar anomalías, la generación de informes y recomendaciones, y la implementación de medidas correctivas para resolver los problemas identificados.

Al contar con una Cámara térmica de alta calidad, los estudiantes y el personal de la Universidad podrán adquirir habilidades prácticas en el diagnóstico y pruebas a tableros de distribución eléctrica, lo que les permitirá mejorar su desempeño en el campo laboral.

En resumen, el uso de cámara térmica para el diagnóstico y pruebas de tableros de distribución eléctrica es una herramienta muy valiosa para mejorar la seguridad y el rendimiento de los sistemas eléctricos. La aplicación práctica desarrollada en el campus de la ULEAM en Manta es un ejemplo de cómo esta tecnología puede ser utilizada en diferentes entornos para garantizar la seguridad eléctrica y el buen funcionamiento del sistema eléctrico. Además, es importante mencionar que la cámara térmica utilizada en la aplicación práctica en el campus de la ULEAM en Manta será donada. Esta donación busca promover la educación y formación de estudiantes en el uso de esta tecnología.

### **3. Justificación.**

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, brinda servicios de educación superior a una considerable cantidad de estudiantes, aproximadamente 24.000, provenientes de diversas partes de la provincia y del país. Es fundamental garantizar un entorno seguro y eficiente en términos de suministro eléctrico para el correcto funcionamiento de las actividades académicas y administrativas.

La justificación para la implementación del presente proyecto se basa en la necesidad de brindar un adecuado mantenimiento y conocer el estado de varios tableros de distribución presentes en los edificios administrativos. Actualmente, en los tableros se observa el evidente descuido de estos.

La implementación de este proyecto se basará en la utilización de una cámara térmica modelo ECO-V Marca HIKMICRO, la cual nos permitirá obtener información relevante sobre los tableros de distribución. Con esta herramienta, se podrán identificar y evaluar posibles puntos calientes que puedan indicar fallas o anomalías en el sistema eléctrico.

En resumen, la justificación de este proyecto radica en la necesidad de garantizar la seguridad y eficiencia del suministro eléctrico en los tableros de distribución en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, a través de la implementación de un mantenimiento y diagnóstico utilizando la tecnología de la cámara térmica. Esto permitirá identificar y corregir posibles problemas en los tableros de distribución, asegurando así un entorno óptimo para el desarrollo de las actividades académicas y administrativas.

## **4. Objetivo General**

Diagnosticar el estado de los tableros de distribución de las unidades académicas del campus ULEAM Manta, mediante uso de cámara térmica ECO-V Marca HIKMICRO.

## **5. Objetivos Específicos**

- Investigar los procesos aplicados en el mantenimiento de los tableros de distribución eléctrica.
- Identificar los riesgos eléctricos que se pueden suscitar en los tableros de distribución eléctrica.
- Explorar tecnologías aplicadas en la detección de puntos calientes en tableros de distribución eléctrica.
- Efectuar un levantamiento de los tableros de distribución eléctrica en el campus universitario.
- Realizar pruebas y diagnósticos en los tableros de distribución eléctrica utilizando la cámara térmica ECO-V Marca HIKMICRO y analizar los resultados obtenidos proponiendo mejoras en los sistemas eléctricos del campus universitario.

## **6. Propuesta**

El presente proyecto se enfocará en el diagnóstico y estado de instalaciones eléctricas de los tableros de distribución y su impacto en la eficiencia energética, a través de un estudio de caso en el campus ULEAM Manta. El propósito principal es evaluar el estado actual de los tableros eléctricos de distribución en el campus, identificar las posibles fallas y proponer soluciones para optimizar su rendimiento y mejorar su eficiencia energética.

El estudio se realizará a través de la revisión de tableros de distribución eléctrica de las unidades académicas, la aplicación de pruebas eléctricas en las instalaciones seleccionadas del campus y el análisis de los datos obtenidos para identificar las posibles fallas y proponer soluciones efectivas. Se utilizarán herramientas como la cámara térmica y otros equipos o recursos que puedan ser útiles para el cumplimiento de esta tesis.

## **7. Marco Teórico.**

### **7.1. Marco conceptual**

La realización de diagnóstico a tableros eléctricos se ha vuelto cada vez más importante en la actualidad, debido a la necesidad de garantizar el correcto funcionamiento y la seguridad de los sistemas eléctricos. En esta sección se presentan las definiciones y conceptos relacionados con el diagnóstico y pruebas en tableros eléctricos.

#### **7.1.1. Conceptos fundamentales de la termografía infrarroja**

Clasificada como una técnica de ensayo no destructiva, la termografía infrarroja se ha consolidado como una herramienta esencial para el diagnóstico de fallas en diversos equipos, incluyendo tableros eléctricos. Esta técnica, que se basa en la medición de la radiación infrarroja emitida por un objeto, tiene como principal ventaja la capacidad de visualizar la distribución de temperatura en una superficie sin necesidad de contacto físico (González & Martínez, 2021).

La teoría detrás de la termografía infrarroja se basa en la ley de Planck, que establece que todo objeto emite radiación electromagnética en función de su temperatura. Esta radiación se encuentra en el espectro infrarrojo, que es invisible al ojo humano, pero puede ser captada por cámaras térmicas (Pérez & Rodríguez, 2022).

Las cámaras térmicas están equipadas con un detector de infrarrojos que convierte la radiación en una señal eléctrica, que luego se procesa y se visualiza en una imagen térmica.

La imagen térmica muestra una representación gráfica de la distribución de temperatura en una superficie, donde los colores más claros indican temperaturas más altas y los colores más oscuros indican temperaturas más bajas (Fernández & Gómez, 2022).

Es importante destacar que la termografía infrarroja tiene limitaciones y debe ser realizada por personal capacitado. Además, existen factores que pueden afectar la precisión de la medición, como la emisividad del objeto, la distancia entre el objeto y la cámara térmica y las condiciones ambientales.

### 7.1.2. Teoría de la radiación infrarroja (IR)

La radiación infrarroja (IR) es un tipo de energía electromagnética que se encuentra entre la luz visible y las microondas en el espectro electromagnético. Esta radiación es emitida por todos los cuerpos que tienen una temperatura superior al cero absoluto (-273,15 °C), y su intensidad y longitud de onda están directamente relacionadas con la temperatura del objeto emisor (Crosbie, 2019). Esta relación se basa en principios fundamentales de la física, como la Ley de Planck, que describe la distribución espectral de la radiación emitida por un cuerpo negro, un objeto teórico que absorbe toda la radiación que incide sobre él sin reflejarla (Planck, 2019).

La Ley de Planck establece que la energía radiada por un cuerpo negro es una función de su temperatura y de la longitud de onda de la radiación emitida. A medida que la temperatura de un cuerpo aumenta, la longitud de onda del pico de emisión de la radiación se desplaza hacia el espectro visible, lo que significa que los objetos calientes emiten más energía en el rango infrarrojo (Siegel & Howell, 2020). Esta propiedad permite que las cámaras térmicas detecten la radiación infrarroja y creen imágenes térmicas, que muestran la distribución de la temperatura de una superficie a través de variaciones de color (Ibrahim, 2020).

La ecuación de Planck para la radiación de un cuerpo negro es:

$$B(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \times \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (1)$$

Como vemos en la Ecuación 1,  $B(\lambda, T)$  es la radiancia espectral,  $\lambda$  es la longitud de onda,  $T$  es la temperatura absoluta del cuerpo,  $h$  es la constante de Planck,  $c$  es la velocidad de la luz, y  $k$  es la constante de Boltzmann (Planck, 2019). Esta ecuación describe cómo la energía se distribuye en diferentes longitudes de onda, proporcionando una base para entender la emisión de radiación infrarroja.

### 7.1.3. Aplicación de la Radiación Infrarroja en la Termografía

La termografía infrarroja es una técnica que utiliza la radiación emitida por los objetos para medir sus temperaturas superficiales de forma no invasiva. Las cámaras térmicas, como la ECO-V utilizada en este estudio, están diseñadas para detectar la radiación en el rango de longitud de onda infrarroja y convertirla en imágenes térmicas. Estas imágenes permiten identificar "puntos calientes" o áreas con posibles fallas en los sistemas eléctricos, proporcionando una herramienta esencial para el mantenimiento predictivo (He, Yu, & Li, 2021).

**Figura 1:** Longitud de onda de radiación infrarroja



*Nota.* En la fig. 1 se muestra la longitud de onda de radiación infrarroja. Tomada de (Fracttal, 2023)

En el contexto de los tableros de distribución eléctrica, la termografía infrarroja permite la identificación temprana de problemas como conexiones sueltas, sobrecargas y desequilibrios de carga. Estos problemas pueden conducir a fallos críticos o incendios si no se detectan y corrigen a tiempo (Yang, Wang, & Liu, 2020). Por lo tanto, la utilización de la termografía infrarroja en el mantenimiento de sistemas eléctricos no solo mejora la seguridad, sino que también optimiza la eficiencia operativa al permitir la detección temprana de fallas potenciales.

#### 7.1.4. Características de los cuerpos emisores y detectores de infrarrojos

Todo objeto que tienen una temperatura superior al cero absoluto emanan radiación infrarroja (IR). La cantidad de radiación emitida y su distribución espectral dependen de la temperatura y las propiedades físicas del material. Un cuerpo idealizado que se utiliza para describir la emisión de radiación es el cuerpo negro, que absorbe toda la radiación incidente y emite la máxima cantidad de radiación posible a una determinada temperatura. La radiación emitida por un cuerpo negro se describe por la Ley de Planck (Li, Meng, & Wang, 2021).

**Figura 2:** *Cuerpos emisores y detectores de infrarrojos*



*Nota.* En la fig. 2 se muestra un ejemplo de cuerpos emisores y detectores de infrarrojos.  
Tomada de (Coluccio Leskow, 2024)

En la práctica, pocos materiales se comportan como cuerpos negros perfectos. Los materiales reales tienen propiedades de emisión que varían con la longitud de onda y la temperatura. Estos se denominan emisores grises o emisores selectivos. Los emisores grises tienen una emisividad constante para todas las longitudes de onda, mientras que los emisores selectivos tienen emisividades que varían con la longitud de onda. Por ejemplo, el grafito y el hollín son materiales que se aproximan al comportamiento de un cuerpo negro, mientras que los metales pulidos tienen baja emisividad y reflejan gran parte de la radiación incidente (Kittel & Kroemer, 2018).

La emisividad es una medida clave que describe la eficiencia de un material para emitir radiación infrarroja comparada con un cuerpo negro perfecto a la misma temperatura. La emisividad varía entre 0 y 1, donde 1 representa un cuerpo negro perfecto. Los materiales con alta emisividad son mejores emisores de radiación infrarroja y son más fácilmente detectados por dispositivos de imagen térmica (Bergman, Lavine, Incropera, & DeWitt, 2019).

Los detectores de infrarrojos son dispositivos diseñados para capturar la radiación infrarroja emitida por los objetos y convertirla en señales eléctricas que pueden ser procesadas para crear imágenes térmicas o medir temperaturas. Estos detectores se clasifican principalmente en dos tipos: detectores térmicos y detectores fotónicos (Smith, 2020).

**Detectores térmicos:** Funcionan midiendo el cambio de temperatura en el material detector cuando se expone a la radiación infrarroja. Este cambio de temperatura se convierte en una señal eléctrica. Los detectores térmicos incluyen termopilas, bolómetros y pirómetros. Son robustos y no requieren enfriamiento, pero generalmente tienen tiempos de respuesta más lentos y menor sensibilidad en comparación con los detectores fotónicos (Hodgson, 2021).

**Detectores fotónicos:** Operan detectando la interacción de la radiación infrarroja con los electrones en el material detector, lo que genera una señal eléctrica directa. Estos detectores, como los fotodiodos de infrarrojos y las matrices de plano focal (FPA), ofrecen una alta

sensibilidad y velocidad de respuesta. Sin embargo, a menudo requieren enfriamiento para reducir el ruido térmico y mejorar el rendimiento, especialmente en aplicaciones de alta precisión y baja señal (Katz, Bartnik, & Song, 2019).

El avance en la tecnología de los detectores infrarrojos ha permitido el desarrollo de cámaras térmicas más compactas, sensibles y capaces de operar en una amplia gama de condiciones ambientales. Estas cámaras son esenciales en aplicaciones como el mantenimiento predictivo, la seguridad, y la vigilancia, donde la capacidad de detectar y medir la radiación infrarroja es crucial (Smith, 2020).

#### **7.1.5. Parámetros de medición en la termografía infrarroja**

La termografía infrarroja es una técnica poderosa para la medición y visualización de la temperatura de los objetos sin contacto físico. Para obtener resultados precisos y fiables, es fundamental comprender y controlar varios parámetros de medición que influyen en la captura de imágenes térmicas y en la interpretación de los datos. A continuación, se describen los parámetros clave en la termografía infrarroja.

##### **7.1.5.1. Emisividad**

La emisividad es un parámetro crítico en la termografía infrarroja, ya que describe la capacidad de un material para emitir radiación infrarroja en comparación con un cuerpo negro perfecto a la misma temperatura. Se expresa como un valor entre 0 y 1, donde 1 corresponde a un cuerpo negro ideal. La emisividad de los materiales varía significativamente y depende de factores como el tipo de material, su superficie y su temperatura (Bergman, Lavine, Incropera, & DeWitt, 2019).

Para obtener mediciones precisas de temperatura utilizando una cámara térmica, es esencial conocer y ajustar la emisividad del objeto observado en el software de la cámara. Por ejemplo,

los materiales como el aluminio pulido tienen una baja emisividad (cercana a 0.1), mientras que los materiales como la cerámica o la pintura mate pueden tener una emisividad cercana a 0.95 (Kittel & Kroemer, 2018). Un ajuste incorrecto de la emisividad puede llevar a errores significativos en la lectura de la temperatura.

#### **7.1.5.2. Temperatura Ambiente y Compensación de Reflejos**

La temperatura ambiente afecta la radiación infrarroja que un objeto emite y la que recibe del entorno. Los detectores infrarrojos también son sensibles a la radiación reflejada por el objeto desde su entorno. Esta radiación reflejada puede influir en la precisión de las mediciones de temperatura, especialmente en superficies altamente reflectantes (Smith, 2020).

Para compensar estos efectos, las cámaras térmicas permiten ajustar la temperatura reflejada en su configuración. Este ajuste ayuda a descontar la contribución de la radiación infrarroja reflejada en la medición total y proporciona una estimación más precisa de la temperatura del objeto (Hodgson, 2021).

#### **7.1.5.3. Distancia de Medición**

La distancia entre la cámara térmica y el objeto es otro parámetro crucial. La radiación infrarroja que viaja desde el objeto hasta el detector puede ser absorbida y dispersada por el aire, lo que puede afectar la precisión de la medición. En general, cuanto mayor sea la distancia, mayor será la atenuación de la señal infrarroja (Smith, 2020).

Para minimizar este efecto, se recomienda medir la temperatura a una distancia lo más cercana posible al objeto, sin comprometer la seguridad. Además, algunas cámaras térmicas avanzadas tienen la capacidad de ajustar la configuración para compensar la atenuación de la señal debido a la distancia y las condiciones atmosféricas (Li, Meng, & Wang, 2021).

#### **7.1.5.4. Resolución Espacial y Resolución Térmica**

La resolución espacial de una cámara térmica se refiere a su capacidad para distinguir detalles en una imagen. Esto depende del número de píxeles en el sensor de la cámara y del campo de visión del lente. Una alta resolución espacial es crucial para identificar pequeños puntos calientes o defectos en los sistemas eléctricos y otros equipos (Katz, Bartnik, & Song, 2019).

La resolución térmica (o sensibilidad térmica) indica la capacidad de la cámara para detectar pequeñas diferencias de temperatura. Se expresa en milikelvin (mK) y una resolución térmica baja (es decir, mayor sensibilidad) permite identificar cambios sutiles en la temperatura que pueden ser indicativos de problemas incipientes en los sistemas analizados (Hodgson, 2021).

#### **7.1.5.5. Tiempo de Integración**

El tiempo de integración es el período durante el cual el detector de la cámara térmica recolecta la radiación infrarroja antes de convertirla en una señal eléctrica. Un tiempo de integración adecuado permite capturar suficiente radiación para obtener una señal clara, especialmente en condiciones de baja emisión de radiación (Smith, 2020).

Un tiempo de integración más largo puede mejorar la señal en condiciones de baja luz o para objetos con baja emisividad, pero también puede aumentar el riesgo de desenfoque en objetos en movimiento. Por lo tanto, es esencial ajustar el tiempo de integración de acuerdo con las condiciones específicas de la medición y la naturaleza del objeto analizado (Bergman, Lavine, Incropera, & De Witt, 2019).

#### **7.1.5.6. Calibración de la Cámara**

La calibración regular de la cámara térmica es esencial para mantener la precisión de las mediciones. La calibración implica ajustar la cámara para asegurar que sus lecturas de temperatura sean exactas en condiciones específicas. Este proceso puede incluir la verificación

contra una fuente de temperatura conocida y la compensación de cualquier desviación en las lecturas (Hodgson, 2021).

Las cámaras térmicas modernas a menudo incluyen funciones de auto calibración, pero para aplicaciones críticas, puede ser necesario realizar calibraciones periódicas con fuentes de referencia certificadas para garantizar la precisión continua de las mediciones (Smith, 2020).

#### 7.1.6. Tipos de cámaras térmicas

Las cámaras térmicas, utilizadas para capturar imágenes basadas en la radiación infrarroja emitida por los objetos, se clasifican en varios tipos según sus características y aplicaciones.

**Figura 3:** Cámara térmica infrarroja



*Nota* En la fig. 3 se muestra imagen referencial de cámara térmica infrarroja. Tomada de (HIKMICRO, 2024)

A continuación, en la Tabla 1 se detallan las principales clasificaciones de las cámaras térmicas:

**Tabla 1:** *Clasificación de Cámaras Térmicas.*

<b>Clasificación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Por Espectro</b>	<b>Espectro Completo</b>	Captura una gama completa de longitudes de onda (NIR, MIR, FIR)	Investigaciones científicas, meteorología, vigilancia avanzada
	<b>Espectro Limitado</b>	Captura un rango específico de longitudes de onda	Inspección de edificios, mantenimiento predictivo, detección de calor
<b>Por Detector</b>	<b>No Refrigerado</b>	Detectores que funcionan a temperatura ambiente	Inspección de edificios, detección de fugas de energía
	<b>Refrigerado</b>	Detectores que requieren enfriamiento criogénico, mayor sensibilidad y resolución	Investigaciones científicas, aplicaciones militares y espaciales
<b>Por Aplicación</b>	<b>Portátiles</b>	Compactas, fáciles de usar, diseñadas para uso manual	Inspecciones de edificios, mantenimiento de equipos eléctricos
	<b>Montadas</b>	Instaladas en un lugar fijo o en vehículos	Vigilancia continua, monitoreo de procesos industriales, vigilancia aérea
	<b>Integradas</b>	Incorporadas en otros dispositivos, como teléfonos móviles	Termografía accesible, situaciones de emergencia

*Nota.* Clasificación de las cámaras térmicas según el espectro, el tipo de detector y la aplicación. Tomada de (Camlense, 2023); (Mag, 2024); (Fluke, 2023); (FLIR, 2023); (Kolari, 2023); (World, 2024).

### **7.1.6.1. Clasificación por espectro**

#### **7.1.6.1.1. Cámaras de Espectro Completo**

Estas cámaras capturan una amplia gama de longitudes de onda, incluyendo infrarrojo cercano (NIR), infrarrojo medio (MIR) e infrarrojo lejano (FIR). Son versátiles y permiten la detección de una variedad de fenómenos térmicos, desde temperaturas muy bajas hasta muy altas. Se utilizan en aplicaciones avanzadas como investigaciones científicas, meteorología y vigilancia avanzada (Camlense, 2023).

**Figura 4:** *Cámara térmica infrarroja de espectro completo*



*Nota.* En la fig. 4 se muestra imagen referencial de cámara térmica infrarroja de espectro completo. Tomada de (APLITER, 2024)

#### **7.1.6.1.2. Cámaras de Espectro Limitado**

Estas cámaras están diseñadas para captar un rango específico de longitudes de onda, típicamente en el espectro infrarrojo medio o lejano. Son más comunes y asequibles, y se utilizan en aplicaciones específicas como la inspección de edificios, mantenimiento predictivo, y detección de calor en equipos eléctricos y mecánicos (Mag, 2024).

**Figura 5:** *Cámara térmica infrarroja de espectro limitado*



*Nota.* En la fig. 5 se muestra imagen referencial de cámara térmica infrarroja de espectro limitado. Tomada de (Grekkom, 2024)

### **7.1.6.2. Clasificación por detector**

#### **7.1.6.2.1. Cámaras con Detectores No Refrigerados**

Estas cámaras utilizan detectores que funcionan a temperatura ambiente. Son más compactas, menos costosas y tienen tiempos de arranque rápidos, pero su sensibilidad y resolución son menores comparadas con las cámaras refrigeradas. Son ideales para aplicaciones de bajo costo y portátiles, como la inspección de edificios y la detección de fugas de energía (Fluke, 2023).

#### **7.1.6.2.2. Cámaras con Detectores Refrigerados**

Estas cámaras cuentan con detectores que requieren enfriamiento a temperaturas muy bajas (usualmente mediante enfriamiento criogénico). Ofrecen una mayor sensibilidad y resolución, permitiendo la detección de diferencias de temperatura muy pequeñas. Son utilizadas en aplicaciones que requieren alta precisión, como investigaciones científicas, aplicaciones militares y espaciales (FLIR, 2023).

### **7.1.6.3. Clasificación por aplicación**

#### **7.1.6.3.1. Cámaras Portátiles**

Diseñadas para ser utilizadas manualmente, estas cámaras son compactas y fáciles de usar. Son comunes en inspecciones de edificios, mantenimiento de equipos eléctricos, y trabajos de campo donde se requiere movilidad (Kolari, 2023).

#### **7.1.6.3.2. Cámaras Montadas**

Estas cámaras están diseñadas para ser instaladas en un lugar fijo o en vehículos. Se utilizan en vigilancia continua, monitoreo de procesos industriales y en drones para la vigilancia aérea (World, 2024).

### 7.1.6.3.3. Cámaras Integradas

Incorporadas en otros dispositivos, como teléfonos móviles o cascos de seguridad, estas cámaras permiten la termografía en aplicaciones más accesibles y prácticas para el usuario promedio o en situaciones de emergencia (Mag, 2024).

### 7.1.7. Características y aplicaciones de la cámara térmica en el diagnóstico de fallas eléctricas

La cámara térmica es una herramienta muy útil en el diagnóstico de fallas eléctricas, ya que permite medir la temperatura de los componentes eléctricos sin necesidad de contacto físico. La cámara térmica se basa en la detección de la radiación infrarroja que emiten los cuerpos, y mediante el procesamiento de esta señal, se puede determinar la temperatura de estos.

Una de las principales características de la cámara térmica es su capacidad de capturar imágenes térmicas en tiempo real, lo que permite visualizar rápidamente los puntos calientes o fríos de un sistema eléctrico. Además, la cámara térmica es capaz de medir temperaturas en una amplia gama de valores, desde  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta más de  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dependiendo del modelo de la cámara térmica.

**Figura 6:** *Fotografía térmica a Tablero Eléctrico*



*Nota.* En la fig. 2 se muestra ejemplo de Fotografía térmica de tablero de distribución. Tomada de: Autoría propia

Entre las aplicaciones más comunes de la cámara térmica en el diagnóstico de fallas eléctricas se encuentran la detección de sobrecalentamiento en componentes como interruptores, conectores y cables, la localización de puntos de fuga de energía y la identificación de problemas en motores y transformadores (López & Hernández, 2022).

#### **7.1.8. Definiciones y conceptos relacionados con el diagnóstico en tableros eléctricos**

Para empezar, es importante definir lo que se entiende por un tablero eléctrico. Según (Hammond & Norman, 2021), un tablero eléctrico es una estructura que contiene varios componentes eléctricos, tales como interruptores, fusibles, transformadores, entre otros, y que sirve para distribuir y controlar la energía eléctrica en un sistema.

Por otro lado, el diagnóstico eléctrico se refiere a la identificación de fallas y problemas en un sistema eléctrico, para poder corregirlos y mantener el correcto funcionamiento del sistema. Las pruebas eléctricas, por su parte, son aquellas que se realizan para evaluar el estado de los componentes eléctricos y garantizar su correcto funcionamiento, antes de su puesta en marcha o en el caso de un mantenimiento preventivo (Gómez & López, 2020).

Es importante destacar que para realizar diagnóstico y pruebas en tableros eléctricos se requiere de un equipo adecuado y de profesionales capacitados en la materia, que puedan interpretar los resultados obtenidos y tomar las medidas necesarias para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema.

### **7.1.9. Procedimientos y normas técnicas para el diagnóstico de tableros eléctricos mediante el uso de cámara termográfica**

La realización de diagnóstico en tableros eléctricos es una tarea crítica que requiere el cumplimiento de procedimientos y normas técnicas específicas para garantizar la seguridad y la calidad del trabajo. Entre los procedimientos que se deben seguir se encuentran la desconexión de los equipos, la identificación y la señalización de los circuitos eléctricos, la verificación de las condiciones ambientales, la selección de la cámara térmica adecuada y la interpretación de los resultados.

Para la realización de las pruebas se deben seguir las normas técnicas internacionales, como la norma ISO18434-1, que establece los requisitos mínimos para la realización de pruebas termográficas y la interpretación de los resultados (ISO18434-1, 2013).

#### **7.1.9.1. Descripción y Alcance de la ISO 18434-1**

La norma ISO 18434-1:2013 se centra en el monitoreo y diagnóstico de la condición de máquinas utilizando la termografía infrarroja. Establece procedimientos generales y directrices para la aplicación de esta técnica en el mantenimiento predictivo y preventivo de equipos industriales. La termografía infrarroja es utilizada para detectar anomalías térmicas que pueden indicar fallos incipientes, permitiendo la toma de acciones correctivas antes de que ocurra una falla catastrófica (ISO18434-1, 2013).

##### **7.1.9.1.1. Objetivos Principales**

Proporcionar una guía estandarizada para el uso de la termografía infrarroja en el monitoreo de condición. Definir procedimientos y metodologías para la captura, análisis e interpretación de imágenes térmicas. Mejorar la fiabilidad y seguridad de las máquinas mediante la detección temprana de fallos potenciales (ISO18434-1, 2013).

### 7.1.9.1.2. Áreas de Aplicación de la Norma ISO 18434-1

La norma ISO 18434-1 abarca diversas áreas de aplicación en las que la termografía infrarroja es utilizada como una herramienta de diagnóstico y monitoreo de condiciones. Estas aplicaciones se extienden a varios sectores industriales, mejorando la fiabilidad y seguridad de los equipos y sistemas.

#### 7.1.9.1.2.1. *Equipos eléctricos*

En el ámbito de los equipos eléctricos, la termografía infrarroja se utiliza para detectar y diagnosticar problemas como conexiones defectuosas, sobrecargas y desequilibrios de carga. Las imágenes térmicas permiten identificar puntos calientes que podrían indicar fallas inminentes, facilitando la implementación de medidas preventivas. Por ejemplo, las conexiones sueltas o corroídas pueden generar resistencia eléctrica adicional, produciendo calor que es visible en una imagen térmica. Detectar estos problemas a tiempo puede prevenir fallos catastróficos y garantizar la continuidad operativa (ISO 18434-1, 2013); (Jones, 2021).

#### 7.1.9.1.2.2. *Equipos mecánicos*

En los equipos mecánicos, la termografía es fundamental para detectar fricción excesiva, desalineación y problemas de lubricación insuficiente. Los rodamientos y engranajes son componentes críticos que pueden fallar debido a la fricción y el desgaste. La termografía infrarroja permite identificar incrementos anormales de temperatura en estos componentes, lo que puede ser un indicativo temprano de problemas. Esto no solo ayuda a prevenir fallos, sino que también optimiza los programas de mantenimiento, reduciendo el tiempo de inactividad y los costos de reparación (Bharadwaj, 2019); (FLIR, 2023).

#### **7.1.9.1.2.3. *Sistemas de procesos***

En los sistemas de procesos industriales, la termografía infrarroja se utiliza para monitorear la eficiencia térmica y detectar pérdidas de calor. Esta tecnología es especialmente útil en la inspección de tuberías, hornos, intercambiadores de calor y sistemas de aislamiento. Identificar puntos de fuga térmica o zonas de baja eficiencia puede ayudar a mejorar el rendimiento energético y reducir costos operativos. Además, la termografía puede evaluar la integridad del aislamiento térmico, asegurando que los sistemas operen dentro de los parámetros óptimos (ISO18434-1, 2013); (World, 2024).

#### **7.1.9.1.3. Ejemplos de aplicación**

##### **7.1.9.1.3.1. *Inspección de Subestaciones Eléctricas***

La termografía infrarroja se emplea para inspeccionar subestaciones eléctricas, identificando problemas como conexiones defectuosas y componentes sobrecalentados que podrían causar interrupciones en el suministro eléctrico (Fluke, 2023).

##### **7.1.9.1.3.2. *Mantenimiento de Aeronaves***

En la industria aeronáutica, la termografía se utiliza para inspeccionar componentes críticos, como motores y sistemas hidráulicos, asegurando su funcionamiento seguro y eficiente. Detectar anomalías térmicas en estas áreas puede prevenir fallos en vuelo y mejorar la seguridad (Bharadwaj, 2019).

##### **7.1.9.1.3.3. *Monitoreo de Plantas de Procesos***

En plantas de procesamiento de alimentos, productos químicos y petróleo, la termografía ayuda a mantener la eficiencia de los procesos, detectando fugas térmicas y asegurando que los equipos operen de manera óptima (FLIR, 2023).

La norma ISO 18434-1 proporciona un marco sólido para la aplicación de la termografía infrarroja en el monitoreo y mantenimiento de equipos industriales. Su uso en la detección temprana de problemas eléctricos, mecánicos y de procesos contribuye significativamente a mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y prevenir fallos catastróficos.

#### **7.1.10. Tipos de análisis de resultados para termografía de tableros**

La interpretación de las imágenes termográficas de los tableros eléctricos es una tarea crítica en el proceso de diagnóstico y resolución de problemas. Para llevar a cabo esta tarea, es importante aplicar diversos tipos de análisis a las imágenes obtenidas.

El análisis cualitativo es el primero y más simple de los análisis, en el que se observan las características térmicas de las imágenes para identificar puntos calientes, puntos fríos o patrones anómalos. Este análisis se utiliza a menudo en una primera revisión del tablero (Baker & Thompson, 2021).

El análisis cuantitativo implica la medición de la temperatura de los componentes eléctricos utilizando software especializado. Se pueden establecer umbrales de temperatura para cada componente y generar un informe detallado del estado de estos (González & Martínez, 2022).

El análisis comparativo consiste en comparar las imágenes termográficas de un tablero eléctrico tomadas en diferentes momentos, o comparar las imágenes de un tablero con un modelo térmico prediseñado. El objetivo es detectar cambios en el patrón térmico que puedan indicar la presencia de un problema en el tablero (Rao & Das, 2021).

Por último, el análisis estadístico se utiliza para examinar los datos termográficos recopilados a lo largo del tiempo y en diferentes ubicaciones del tablero, con el objetivo de detectar patrones de temperatura que puedan indicar la presencia de una anomalía (Minkina & Dudzik, 2017).

## **7.2. Procesos aplicados en el mantenimiento de los tableros de distribución eléctrica**

El mantenimiento de los tableros de distribución eléctrica es crucial para asegurar la continuidad y seguridad del suministro eléctrico en cualquier instalación. Estos tableros, que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos dentro de un edificio o instalación, deben ser sometidos a procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo para evitar fallos y garantizar su funcionamiento óptimo. A continuación, se describen algunos de los procesos más importantes aplicados en el mantenimiento de estos sistemas.

### **7.2.1. Inspección Visual y Limpieza**

El primer paso en el mantenimiento de los tableros de distribución eléctrica es la inspección visual, que consiste en revisar el estado general del tablero, buscando signos de desgaste, corrosión, acumulación de polvo o cualquier otro indicio de deterioro. La limpieza de los componentes es fundamental para evitar el sobrecalentamiento y el mal funcionamiento debido a la acumulación de polvo y suciedad. Según (García, Martínez, & Díaz, 2020), "la acumulación de polvo y suciedad puede provocar fallos en los equipos eléctricos debido al aumento de la resistencia de contacto y la posibilidad de arcos eléctricos" (p. 45).

### **7.2.2. Verificación de Conexiones y Apretado de Tornillos**

Una parte esencial del mantenimiento es la verificación de todas las conexiones eléctricas dentro del tablero. Los tornillos y conexiones pueden aflojarse con el tiempo debido a las vibraciones y cambios de temperatura. Es crucial asegurarse de que todas las conexiones estén firmemente apretadas para evitar puntos calientes que pueden conducir a fallos eléctricos. (Pérez, 2019) afirma que "la pérdida de torque en las conexiones puede causar un aumento de

la resistencia eléctrica, generando calor excesivo y potencialmente provocando incendios" (p. 52).

### **7.2.3. Pruebas Funcionales y Medición de Parámetros Eléctricos**

La realización de pruebas funcionales y la medición de parámetros eléctricos como la corriente, voltaje y resistencia son pasos vitales en el mantenimiento de los tableros de distribución. Estas pruebas ayudan a detectar anomalías y a evaluar el rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones de carga. (López & Sánchez, 2018) destacan que "las pruebas regulares de los parámetros eléctricos permiten identificar componentes defectuosos antes de que causen interrupciones en el suministro eléctrico" (p. 67).

### **7.2.4. Termografía Infrarroja**

El uso de termografía infrarroja se ha convertido en una herramienta indispensable para el mantenimiento predictivo de los tableros de distribución eléctrica. Esta técnica permite identificar puntos calientes que no son visibles a simple vista y que pueden indicar problemas como conexiones sueltas, sobrecargas o fallos en los componentes. (Martínez, Pérez, & Torres, 2021) explican que "la termografía infrarroja es efectiva para detectar diferencias de temperatura en los componentes eléctricos, lo que facilita la identificación temprana de problemas potenciales" (p. 78).

### **7.2.5. Reemplazo y Actualización de Componentes**

Finalmente, el reemplazo de componentes defectuosos o desgastados y la actualización de equipos obsoletos son pasos esenciales para mantener la fiabilidad de los tableros de distribución. Esto incluye el cambio de interruptores, fusibles, relés y otros componentes

críticos que puedan haber alcanzado el final de su vida útil. Según (Rodríguez, 2020), "la modernización de los componentes eléctricos no solo mejora la seguridad y la eficiencia, sino que también puede reducir los costos operativos a largo plazo" (p. 85).

El mantenimiento adecuado de los tableros de distribución eléctrica implica una combinación de inspección visual, limpieza, verificación de conexiones, pruebas funcionales, termografía infrarroja y actualización de componentes. Estos procesos aseguran la operación continua y segura del sistema eléctrico, minimizando el riesgo de fallos y optimizando la eficiencia operativa. La implementación de estas prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo es esencial para garantizar la fiabilidad y seguridad de las instalaciones eléctricas.

#### **7.2.6. Identificación y diagnóstico de fallas**

La termografía se utiliza ampliamente en la inspección de sistemas eléctricos para identificar puntos calientes, conexiones flojas, sobrecargas y desequilibrios en las cargas. Estos problemas, si no se detectan a tiempo, pueden provocar fallas catastróficas o incendios. La capacidad de detectar estas anomalías térmicas antes de que se conviertan en problemas graves permite a los técnicos intervenir de manera proactiva, mejorando la seguridad y la eficiencia operativa (Alher, 2023).

##### **7.2.6.1. Aplicaciones en el diagnóstico de tableros eléctricos**

La aplicación de la termografía en tableros eléctricos incluye la inspección de conexiones, interruptores y otros componentes críticos. Mediante la captura de imágenes térmicas, se pueden identificar puntos calientes que indican problemas como conexiones flojas, sobrecargas o componentes defectuosos. Este tipo de inspección es particularmente útil en tableros de

distribución de baja tensión, donde las fallas pueden tener un impacto significativo en la operación de los sistemas eléctricos (Silva Juárez, Salazar Pedraza, & Ponce Mellado, 2017).

A continuación, se describen los problemas más comunes encontrados en tableros de distribución de bajo voltaje por medio de la termografía:

#### **7.2.6.1.1. Identificación de puntos calientes**

La termografía permite identificar puntos calientes en tableros eléctricos, que suelen ser indicativos de problemas como conexiones sueltas, corrosión o sobrecargas. Estas áreas con temperaturas anómalas pueden señalar fallas incipientes que, si no se abordan, pueden llevar a fallos graves o incendios (Gómez & Rodríguez, 2023).

#### **7.2.6.1.2. Detección de desbalance de cargas**

Un desbalance en la distribución de cargas puede ser detectado a través de diferencias de temperatura entre las fases del tablero. Este tipo de fallas puede causar un desgaste desigual en los componentes y reducir la eficiencia del sistema (López, Sánchez, & Díaz, 2023).

#### **7.2.6.1.3. Evaluación de componentes defectuosos**

La termografía también es efectiva para evaluar el estado de los componentes individuales dentro del tablero, como interruptores, fusibles y barras de distribución. Los componentes defectuosos a menudo presentan patrones térmicos anómalos que pueden ser fácilmente identificados con una cámara térmica (X., 2023).

#### **7.2.7. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es una estrategia crucial en la gestión de sistemas eléctricos y mecánicos, diseñada para anticipar y prevenir fallos antes de que ocurran. La termografía, una

técnica que utiliza cámaras térmicas para medir la temperatura de los componentes y sistemas, se ha convertido en una herramienta esencial en esta estrategia.

La termografía es particularmente útil en sistemas eléctricos, donde los puntos calientes pueden indicar problemas como conexiones sueltas, sobrecargas, o aislamiento deteriorado. La identificación temprana de estos problemas puede prevenir fallos costosos y peligrosos (Gonzalez & Perez, 2021).

En maquinaria mecánica, la fricción excesiva y el desgaste pueden generar calor. La termografía permite identificar estos problemas antes de que causen daños significativos. Esto es especialmente útil en industrias como la manufactura y la producción de energía (Patel & Shah, 2021).

La termografía también se utiliza en la inspección de edificios e infraestructuras, permitiendo la detección de fugas de calor, humedad, y problemas de aislamiento. Esto contribuye a la eficiencia energética y a la prolongación de la vida útil de las estructuras (Anderson, Clark, & Brown, 2020).

#### **7.2.7.1. Metodologías de mantenimiento preventivo con termografía**

**Inspección regular:** Las inspecciones regulares con cámaras térmicas deben ser parte del plan de mantenimiento preventivo. Estas inspecciones ayudan a identificar anomalías térmicas que pueden indicar problemas emergentes (Smith & Jones, 2019).

**Análisis e interpretación de imágenes térmicas:** El análisis de imágenes térmicas requiere personal capacitado para interpretar correctamente los datos. Las imágenes térmicas deben compararse con los estándares de funcionamiento normales para identificar desviaciones (Brown, Johnson, & Wilson, 2020).

**Documentación y seguimiento:** Es crucial documentar los hallazgos de las inspecciones térmicas y hacer un seguimiento de las reparaciones realizadas. Esto ayuda a identificar patrones recurrentes y a mejorar la estrategia de mantenimiento (Wilson & Clark, 2019).

La termografía es una herramienta poderosa en el mantenimiento preventivo, proporcionando una forma no invasiva y eficaz de identificar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos graves. La implementación de esta tecnología en diversas industrias ha demostrado mejoras significativas en la seguridad, eficiencia y reducción de costos.

#### **7.2.8. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo implica la reparación de equipos y sistemas después de que han fallado o han mostrado signos claros de mal funcionamiento. La termografía, que utiliza imágenes infrarrojas para detectar patrones de temperatura, se ha convertido en una herramienta crucial para identificar problemas ocultos que pueden conducir a fallos. Esta técnica permite a los técnicos localizar y diagnosticar problemas de manera precisa y eficiente, mejorando la efectividad del mantenimiento correctivo.

En sistemas eléctricos, los puntos calientes pueden indicar conexiones sueltas, sobrecargas o fallas en el aislamiento. La termografía permite a los técnicos identificar y corregir estos problemas antes de que provoquen fallos graves (Gonzalez & Perez, 2021).

La termografía permite identificar problemas ocultos rápidamente, reduciendo el tiempo necesario para el diagnóstico y la reparación (Garcia & Martinez, 2019).

Al identificar problemas en etapas tempranas, se pueden evitar reparaciones costosas y reducir el tiempo de inactividad de los equipos (Kumar, Patel, & Shah, 2021).

### 7.2.8.1. Metodologías de mantenimiento correctivo con termografía

**Inspección y diagnóstico:** Las inspecciones térmicas deben ser realizadas regularmente para identificar anomalías térmicas. Los técnicos deben estar capacitados para interpretar las imágenes térmicas y diagnosticar los problemas correctamente (Smith & Jones, 2019).

**Análisis de imágenes térmicas:** El análisis de las imágenes térmicas implica comparar las temperaturas medidas con los valores normales de operación. Las desviaciones pueden indicar problemas que requieren atención inmediata (Brown, Johnson, & Wilson, 2020).

**Documentación y registro:** Es esencial documentar los hallazgos y las acciones correctivas realizadas. Esto ayuda a crear un historial de mantenimiento que puede ser útil para futuras intervenciones y para mejorar las prácticas de mantenimiento (Wilson & Clark, 2019).

La termografía es una herramienta indispensable en el mantenimiento correctivo, proporcionando una forma no invasiva y eficiente de identificar y diagnosticar problemas. Su implementación en diversas industrias ha demostrado ser eficaz en la mejora de la seguridad, eficiencia operativa y reducción de costos.

### 7.2.9. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una táctica de gestión de activos que usa datos sobre el estado de los equipos para prever y prevenir fallos antes de que ocurran. La termografía, una técnica que utiliza cámaras térmicas para medir la temperatura de los componentes y sistemas, se ha consolidado como una herramienta esencial en esta estrategia.

En sistemas eléctricos, la termografía puede detectar puntos calientes causados por conexiones defectuosas, sobrecargas o fallos de aislamiento. Identificar estos problemas en sus primeras etapas puede prevenir interrupciones no planificadas y costosas (Gonzalez & Perez, 2021).

### **7.2.9.1. Metodologías de mantenimiento predictivo con termografía**

**Inspección regular:** Las inspecciones regulares con cámaras térmicas deben integrarse en el plan de mantenimiento predictivo. Estas inspecciones ayudan a identificar patrones térmicos anormales que pueden indicar problemas emergentes (Smith & Jones, 2019).

**Análisis de imágenes térmicas:** El análisis de imágenes térmicas implica la comparación de los datos de temperatura con los valores de referencia normales. Las desviaciones pueden ser indicativas de problemas que requieren atención (Brown, Johnson, & Wilson, 2020).

**Documentación y seguimiento:** Es crucial documentar los hallazgos de las inspecciones térmicas y realizar un seguimiento de las medidas correctivas. Esta documentación ayuda a identificar tendencias y a mejorar continuamente el programa de mantenimiento predictivo (Wilson & Clark, 2019).

### **7.3. Riesgos eléctricos que se pueden originar en los tableros de distribución eléctrica**

Los tableros de distribución eléctrica son componentes fundamentales en cualquier infraestructura que depende de la electricidad para su funcionamiento. Su papel fundamental es recibir la energía eléctrica de una fuente de alimentación principal y repartirla de manera segura y eficiente a diferentes circuitos secundarios que alimentan los diferentes equipos y dispositivos. Debido a su importancia crítica, cualquier falla o riesgo asociado con estos tableros puede tener consecuencias graves, incluyendo interrupciones en el suministro eléctrico, daños a los equipos conectados, incendios y riesgos para la seguridad del personal (Anderson, Clark, & Brown, 2020).

El manejo y mantenimiento adecuados de los tableros de distribución eléctrica son esenciales para garantizar la continuidad operativa y la seguridad en instalaciones residenciales,

comerciales e industriales. Sin embargo, varios factores pueden contribuir a los riesgos eléctricos asociados con estos tableros, tales como sobrecargas de circuitos, conexiones defectuosas, fallos en el aislamiento, falta de mantenimiento, fallos en los dispositivos de protección y arcos eléctricos. Cada uno de estos riesgos puede derivar en situaciones peligrosas si no se identifican y mitigan adecuadamente (Smith & Jones, 2019; Nguyen & Tran, 2020).

Se procede a identificar los riesgos eléctricos que pueden originarse en los tableros de distribución eléctrica, analizando sus causas, efectos y medidas preventivas.

### 7.3.1. Análisis de riesgos eléctricos

#### 7.3.1.1. Sobrecarga de circuitos

Una de las causas más comunes de riesgos eléctricos en los tableros de distribución es la sobrecarga de circuitos. Esto ocurre cuando se conectan más dispositivos de los que el circuito puede manejar, provocando un aumento de la corriente y el calentamiento de los conductores.

**Figura 7:** *Ejemplo de sobrecarga de circuito*



*Nota.* Repartidor de carga afectado por sobrecarga, produjo el derretimiento de los conductores y los elementos plásticos del repartidos. Tomado de: Autoría propia.

#### **Efectos:**

- Sobrecalentamiento de conductores y componentes.

- Daños en el aislamiento de los cables.
- Riesgo de incendios.

**Prevención:**

- Diseñar los circuitos considerando la capacidad de carga.
- Utilizar disyuntores y fusibles adecuados para cada circuito.
- Realizar inspecciones periódicas y mediciones de carga (Wang, Li, & Zhang, 2020).

**7.3.1.2. Conexiones defectuosas**

Las conexiones defectuosas en los tableros de distribución pueden provocar resistencias altas en los puntos de conexión, lo que resulta en calentamiento excesivo.

**Figura 8:** *Ejemplo de conexión defectuosa*



*Nota.* Conexión defectuosa en condensador, donde se produjo sulfatación y derretimiento de aislante en el cable. Tomado de: Autoría propia.

**Efectos:**

- Fugas de corriente.
- Sobrecalentamiento de los terminales.
- Riesgo de incendios.

**Prevención:**

- Asegurar conexiones adecuadas y apretadas.
- Utilizar terminales y conectores de calidad.
- Inspeccionar y mantener las conexiones periódicamente (Smith & Jones, 2019).

**7.3.1.3. Fallos en aislamiento**

El deterioro del aislamiento de los cables y componentes dentro de los tableros por estar sometidos a temperaturas elevadas puede causar cortocircuitos y arcos eléctricos.

**Figura 9:** *Ejemplo de falla de aislamiento*



*Nota.* Falla de aislamiento de bushing de medio voltaje, provocando un cortocircuito con la carcasa del transformador. Tomado de: Autoría propia.

**Efectos:**

- Cortocircuitos.
- Arcos eléctricos y posibles explosiones.
- Daños en equipos conectados y riesgo de incendios.

**Prevención:**

- Utilizar cables y componentes de alta calidad con aislamiento adecuado.
- Inspeccionar regularmente el estado del aislamiento.

- Reemplazar cables y componentes deteriorados (Nguyen & Tran, 2020).

#### 7.3.1.4. Falta de mantenimiento

La falta de mantenimiento regular en los tableros de distribución puede llevar a la acumulación de polvo, suciedad y humedad, que pueden provocar fallos eléctricos.

**Figura 10:** *Ejemplo de falta de mantenimiento a equipos eléctricos*



*Nota.* Falta de mantenimiento de transformador de medio voltaje, el aceite dieléctrico se evapora y deteriora los empaques de los bushing de bajo voltaje por donde se fugó aceite.

Tomado de: Autoría propia.

#### **Efectos:**

- Corrosión de componentes metálicos.
- Incremento de la resistencia eléctrica.
- Riesgo de cortocircuitos e incendios.

#### **Prevención:**

- Establecer un programa de mantenimiento preventivo.
- Limpiar regularmente los tableros y sus componentes.
- Monitorear las condiciones ambientales del lugar de instalación (Anderson, Clark, & Brown, 2020).

### 7.3.1.5. Fallos en los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección, como disyuntores y fusibles, son esenciales para prevenir daños en los sistemas eléctricos. Su mal funcionamiento o ausencia puede aumentar significativamente los riesgos eléctricos.

**Figura 11:** *Ejemplo de fallo de dispositivo de protección*



*Nota.* En el seccionador portafusible se produjo corrosión y no actuó al presentarse un cortocircuito. Tomado de: Autoría propia.

#### **Efectos:**

- Incapacidad para interrumpir corrientes de falla.
- Daños extensos en el sistema eléctrico.
- Riesgo elevado de incendios y daños personales.

#### **Prevención:**

- Instalar dispositivos de protección adecuados y de calidad.
- Realizar pruebas periódicas de funcionamiento.
- Reemplazar dispositivos defectuosos de inmediato (García & Martínez, 2019).

### 7.3.1.6. Arcos eléctricos

Los arcos eléctricos pueden ocurrir debido a conexiones defectuosas, aislamiento dañado o sobrecargas, representando uno de los riesgos más graves en los tableros de distribución.

**Figura 12:** *Ejemplo de arco eléctrico en tablero*



*Nota.* En el tablero de distribución se dio un arco eléctrico debido a la cercanía de las barras de cobre entre sí. Tomado de: Autoría propia.

#### **Efectos:**

- Incendios y explosiones.
- Daños severos a los equipos y estructuras cercanas.
- Lesiones graves o fatales a personas.

#### **Prevención:**

- Mantener las conexiones adecuadas y el aislamiento en buen estado.
- Instalar dispositivos de protección contra arcos eléctricos.
- Capacitar al personal en la detección y prevención de arcos eléctricos (Kumar, Patel, & Shah, 2021).

Los arcos eléctricos son uno de los riesgos más peligrosos, ya que pueden causar incendios, explosiones y lesiones graves o fatales al personal. La identificación y gestión de estos riesgos a través de un diseño adecuado, el uso de componentes de calidad, la implementación de

programas de mantenimiento preventivo y la capacitación del personal son fundamentales para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico (Kumar, Patel, & Shah, 2021).

### **7.3.2. Medidas de protección contra riesgos eléctricos**

La protección contra los riesgos eléctricos en los tableros de distribución eléctrica es fundamental para asegurar la integridad de los sistemas eléctricos y la seguridad del personal que trabaja con ellos. Los riesgos eléctricos, como sobrecargas, cortocircuitos, fallos en el aislamiento y arcos eléctricos pueden resultar en daños significativos a los equipos, interrupciones en el suministro eléctrico, incendios e incluso lesiones graves o fatales. Implementar medidas de protección adecuadas es esencial para mitigar estos riesgos y garantizar un entorno de trabajo seguro y eficiente. Este apartado se centra en las diversas estrategias y dispositivos que se pueden emplear para proteger contra los riesgos eléctricos (Kumar & Sharma, 2023).

#### **7.3.2.1. Dispositivos de protección**

##### **7.3.2.1.1. Disyuntores**

Los disyuntores son dispositivos de protección fundamentales que se utilizan para interrumpir el flujo de corriente eléctrica en situaciones de sobrecargas o cortocircuitos. Funcionan mediante la detección de corrientes anormales y desconectan el circuito afectado para prevenir daños adicionales y posibles incendios (Smith & Jones, 2019).

##### **7.3.2.1.2. Fusibles**

Los fusibles son dispositivos que protegen contra sobrecargas y cortocircuitos al fundirse cuando la corriente supera un umbral predeterminado. Esto interrumpe el circuito y evita que la corriente excesiva cause daños (García & Martínez, 2019).

### **7.3.2.1.3. Interruptores diferenciales**

Los interruptores diferenciales, también conocidos como interruptores de falla a tierra (GFCI), detectan corrientes de fuga a tierra y desconectan el circuito para prevenir electrocuciones y daños a los equipos. Son especialmente útiles en áreas húmedas o donde existe un mayor riesgo de contacto accidental con partes energizadas (Nguyen & Tran, 2020).

### **7.3.2.2. Diseño adecuado del sistema**

#### **7.3.2.2.1. Capacidad de carga**

Es fundamental diseñar los circuitos eléctricos teniendo en cuenta la capacidad de carga. Esto implica dimensionar adecuadamente los conductores y componentes para manejar la corriente máxima esperada sin sobrecalentamiento (Wang, Li, & Zhang, 2020).

#### **7.3.2.2.2. Distribución equilibrada**

La distribución equilibrada de la carga entre los diferentes circuitos ayuda a prevenir la sobrecarga de cualquier circuito individual. Un diseño bien planificado puede mejorar la eficiencia y reducir los riesgos eléctricos (Gonzalez & Perez, 2021).

### **7.3.2.3. Mantenimiento regular**

#### **7.3.2.3.1. Inspecciones periódicas**

Las inspecciones periódicas son cruciales para identificar y corregir problemas antes de que se conviertan en riesgos graves. Esto incluye la revisión de conexiones, aislamiento y el funcionamiento de los dispositivos de protección (Anderson, Clark, & Brown, 2020).

#### **7.3.2.3.2. Limpieza y control de condiciones ambientales**

Mantener los tableros de distribución limpios y controlar las condiciones ambientales, como la humedad y el polvo, puede prevenir la corrosión y la acumulación de residuos que podrían causar fallos eléctricos (García & Martínez, 2019).

#### **7.3.2.4. Capacitación y concienciación**

##### **7.3.2.4.1. Formación del personal**

Capacitar al personal sobre los procedimientos de seguridad eléctrica y el uso correcto de los equipos de protección es esencial para reducir los riesgos de accidentes eléctricos (Kumar, Patel, & Shah, 2021).

##### **7.3.2.4.2. Protocolos de seguridad**

Implementar y seguir protocolos de seguridad estrictos, como el uso de equipos de protección personal (EPP) y procedimientos de bloqueo y etiquetado, ayuda a garantizar que las operaciones se realicen de manera segura (Smith & Jones, 2019).

#### **7.3.3. Procedimientos de seguridad en el manejo de riesgos eléctricos**

El manejo seguro de los riesgos eléctricos es crucial para prevenir accidentes, garantizar la integridad de los sistemas eléctricos y proteger la vida y la salud del personal. La implementación de procedimientos de seguridad adecuados es una medida preventiva esencial que involucra tanto prácticas técnicas como conductuales. Este apartado detalla los procedimientos de seguridad que deben seguirse para gestionar eficazmente los riesgos eléctricos en los tableros de distribución.

### **7.3.3.1. Evaluación de riesgos**

#### **7.3.3.1.1. Identificación de riesgos**

La primera etapa en la gestión de riesgos eléctricos es la identificación de todos los posibles peligros. Esto incluye la evaluación de los tableros de distribución para detectar fallos potenciales, sobrecargas, conexiones defectuosas y otros problemas que puedan presentar riesgos (Anderson, Clark, & Brown, 2020).

#### **7.3.3.1.2. Evaluación de la severidad y probabilidad**

Ya identificados los riesgos, procedemos a evaluar su severidad y probabilidad de ocurrencia. Esta evaluación ayuda a priorizar las acciones correctivas y preventivas según el nivel de riesgo asociado (García & Martínez, 2019).

### **7.3.3.2. Protocolos de bloqueo y etiquetado**

#### **7.3.3.2.1. Bloqueo**

El procedimiento de bloqueo implica el uso de dispositivos físicos para asegurar que los equipos eléctricos estén completamente desconectados de su fuente de energía antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento o reparación. Esto evita la reenergización accidental del equipo (Kumar, Patel, & Shah, 2021).

#### **7.3.3.2.2. Etiquetado**

El etiquetado complementa el bloqueo mediante el uso de señales visuales que indican que el equipo está bloqueado y no debe ser energizado. Las etiquetas deben incluir información clara y concisa sobre quién realizó el bloqueo, la fecha y el motivo de este (Smith & Jones, 2019).

### **7.3.3.3. Uso de equipos de protección personal (EPP)**

#### **7.3.3.3.1. Ropa y equipo aislante**

El personal que trabaja con tableros de distribución debe usar ropa y equipo aislante adecuado, como guantes, botas y cascos, para protegerse de descargas y arcos eléctricos (Gonzalez & Perez, 2021).

#### **7.3.3.3.2. Herramientas aisladas**

El uso de herramientas aisladas es esencial para prevenir choques eléctricos. Las herramientas deben ser revisadas periódicamente para asegurar que su aislamiento esté en buenas condiciones (Nguyen & Tran, 2020).

### **7.3.3.4. Capacitación y concienciación**

#### **7.3.3.4.1. Formación en seguridad eléctrica**

Es fundamental que todo el personal reciba formación continua en seguridad eléctrica, incluyendo el conocimiento de los procedimientos de bloqueo y etiquetado, el uso adecuado del EPP y la identificación de riesgos eléctricos (Wang, Li, & Zhang, 2020).

#### **7.3.3.4.2. Simulacros y prácticas de emergencia**

La realización de simulacros y prácticas de emergencia ayuda a preparar al personal para responder de manera efectiva ante incidentes eléctricos. Estos ejercicios deben incluir escenarios realistas y la participación de todo el personal relevante (Garcia & Martinez, 2019).

## 7.4. Tecnologías aplicadas en la detección de puntos calientes en tableros de distribución eléctrica

### 7.4.1. Termografía infrarroja

La termografía infrarroja es una técnica avanzada utilizada para la detección de puntos calientes en tableros de distribución eléctrica. Esta tecnología se basa en la captura de imágenes térmicas que permiten visualizar la temperatura superficial de los componentes eléctricos. Los puntos calientes indican anomalías como conexiones defectuosas, sobrecalentamiento de conductores o componentes en mal estado, que podrían derivar en fallos eléctricos o incluso incendios si no se detectan y corrigen a tiempo (Smith & Jones, 2019).

La termografía infrarroja permite realizar inspecciones no destructivas y en tiempo real, lo que facilita la identificación precoz de problemas antes de que se conviertan en riesgos mayores. Este método no solo mejora la eficiencia del mantenimiento eléctrico, sino que también reduce el tiempo de inactividad y los costos asociados con reparaciones no planificadas (García & Martínez, 2019).

**Figura 13:** *Ejemplo de termografía a tablero*



*Nota.* Aplicación de cámara termográfica para la verificación de puntos calientes en tablero de distribución. Tomado de: Autoría propia.

#### **7.4.2. Sistemas de monitoreo en tiempo real**

Los sistemas de monitoreo en tiempo real son herramientas fundamentales para la gestión proactiva de la seguridad eléctrica en los tableros de distribución. Estos sistemas utilizan sensores y dispositivos conectados para recopilar datos continuos sobre variables críticas como temperatura, corriente y estado operativo de los equipos. La información recolectada se analiza automáticamente y se generan alertas ante cualquier anomalía o condición fuera de los parámetros normales (Nguyen & Tran, 2020).

La ventaja de los sistemas de monitoreo en tiempo real radica en su capacidad para proporcionar una supervisión constante y detallada, permitiendo una respuesta rápida ante problemas emergentes. Esto no solo ayuda a prevenir fallos catastróficos, sino que también optimiza la planificación del mantenimiento al permitir intervenciones predictivas y programadas (Wang, Li, & Zhang, 2020).

#### **7.4.3. Métodos de análisis de datos y diagnóstico**

Los métodos de análisis de datos y diagnóstico juegan un papel crucial en la interpretación de la información obtenida mediante termografía infrarroja y sistemas de monitoreo en tiempo real. Estos métodos incluyen técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes térmicas, análisis estadístico y algoritmos de aprendizaje automático para identificar patrones, tendencias y anomalías en los datos recopilados (Anderson, Clark, & Brown, 2020).

La capacidad de análisis avanzado permite a los técnicos e ingenieros realizar diagnósticos precisos y proponer acciones correctivas basadas en evidencia. Además, facilita la generación de informes detallados que documentan el estado de los tableros de distribución y recomiendan medidas preventivas para mitigar riesgos futuros (Gonzalez & Perez, 2021).

Las tecnologías aplicadas en la detección de puntos calientes en tableros de distribución eléctrica, como la termografía infrarroja, los sistemas de monitoreo en tiempo real y los métodos de análisis de datos, representan avances significativos en la gestión de la seguridad eléctrica. Estas herramientas no solo mejoran la eficiencia del mantenimiento preventivo y predictivo, sino que también contribuyen a la reducción de riesgos, costos operativos y tiempos de inactividad no planificados. La integración de estas tecnologías en los programas de gestión de activos eléctricos es crucial para asegurar un entorno de trabajo seguro y la fiabilidad continua de los sistemas eléctricos.

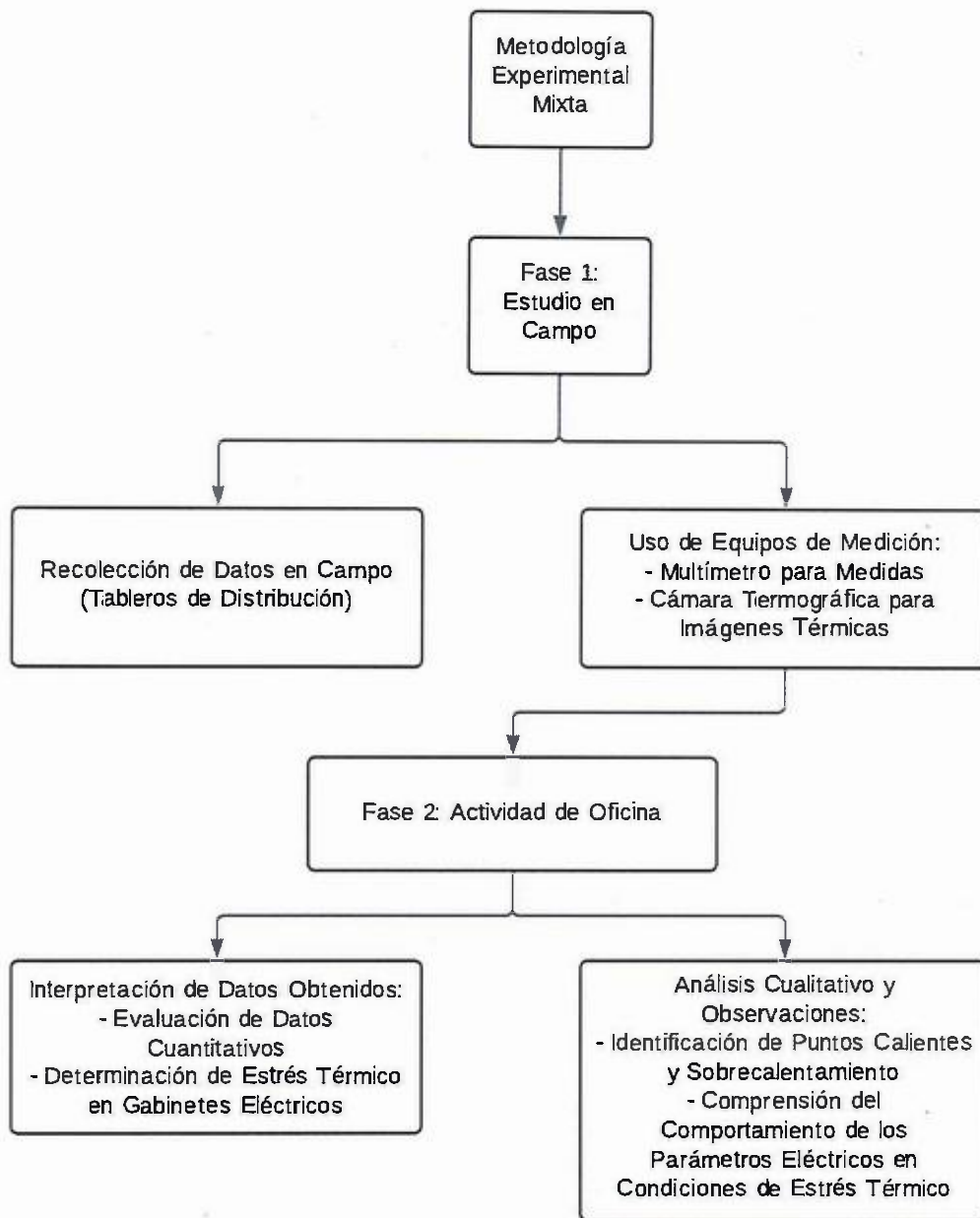
## 8. Diseño del proyecto

### 8.1. Metodología

Se ha empleado una metodología experimental mixta basada en el concepto de la realización de inferencias a parámetros cuantitativos con el fin de obtener datos de puntos exactos de armarios eléctricos, para así lograr obtener datos cuantitativos mediante instrumentos como multímetro para obtener mediciones de los parámetros eléctricos y cámara termográfica para obtener una fotografía térmica de los diferentes tableros de distribución principal de las unidades académicas, y a su vez se complementa con la metodología cualitativa al realizar observaciones donde podemos notar como estos parámetros eléctricos son afectados cuando existen puntos calientes o sobrecalentamiento de los elementos eléctricos de los tableros, obteniendo una mayor comprensión del comportamiento de las magnitudes eléctricos en condiciones de estrés térmico.

El proyecto técnico está contemplado en dos fases, la primera consiste en el estudio en campo de los tableros de distribución principal de cada unidad académica, donde se realizará una inspección y recolección de datos con equipos de medición y normas de seguridad eléctrica. La segunda fase será la actividad de oficina donde se interpretará datos y valores obtenidos del proceso anterior, con ello podremos determinar si existen estrés térmico dentro de los gabinetes eléctricos.

**Figura 14:** Diagrama de Bloques de Metodología



*Nota.* En la fig. 14 se resume por medio de diagrama de bloques la metodología empleada.

Autoría Propia

## 8.2. Materiales

### 8.2.1. Cámara termográfica ECO-V HIKMICRO

La cámara termográfica ECO-V de HIKMICRO es una herramienta avanzada diseñada para la detección y diagnóstico de anomalías térmicas en sistemas eléctricos, particularmente en tableros de distribución. Esta cámara utiliza tecnología infrarroja para capturar imágenes térmicas detalladas, permitiendo identificar puntos calientes que pueden indicar problemas como sobrecalentamiento, conexiones defectuosas o componentes en mal estado (HIKMICRO, 2024).

**Figura 15:** Cámara Termográfica ECO-V



*Nota.* En la fig. 15 se muestra imagen referencial de cámara térmica infrarroja. Tomada de (HIKMICRO, 2024)

#### 8.2.1.1. Características principales

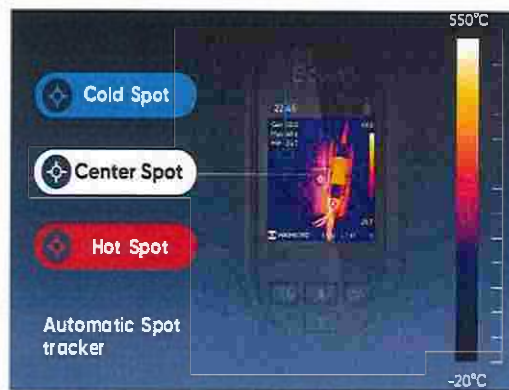
**Alta Resolución Térmica:** La cámara ECO-V ofrece una alta resolución térmica que permite capturar imágenes claras y detalladas, facilitando la identificación precisa de problemas térmicos.

Rango de Temperatura Amplio: Capaz de medir un amplio rango de temperaturas, la ECO-V puede ser utilizada en diversas aplicaciones industriales y comerciales.

Interfaz de Usuario Intuitiva: Equipado con una pantalla táctil y un software de análisis fácil de usar, la cámara simplifica el proceso de captura y análisis de datos térmicos.

Portabilidad y Robustez: Su diseño compacto y robusto la hace ideal para su uso en campo, proporcionando durabilidad y facilidad de transporte (HIKMICRO, 2024).

**Figura 16:** Descripción de pantalla de la Cámara Termográfica ECO-V



*Nota.* La cámara térmica ECO-V captura imágenes radiométricas en pantalla completa y automáticamente rastrea los puntos de temperatura más altos, más bajos y centrales, permitiendo la identificación rápida de anomalías térmicas. Mide con precisión temperaturas de -20°C (-4°F) a 550°C (1022°F), con una precisión de temperatura máxima de +/-2°C (+/- 3.6°F) o +/-2 % de lectura. Tomada de (HIKMICRO, 2024)

### 8.2.1.2. Aplicaciones

La ECO-V HIKMICRO es utilizada principalmente para el mantenimiento predictivo y preventivo en instalaciones eléctricas. Ayuda a prevenir fallos eléctricos graves al permitir la detección temprana de anomalías térmicas, lo que mejora la seguridad y la eficiencia operativa (García & Martínez, 2019).

### **8.2.1.3. Ventajas**

**Prevención de Fallos:** La identificación temprana de problemas térmicos ayuda a prevenir interrupciones no planificadas y daños a los equipos (Smith & Jones, 2019).

**Mejora de la Seguridad:** Al detectar puntos calientes potencialmente peligrosos, la cámara contribuye a la creación de un entorno de trabajo más seguro (Nguyen & Tran, 2020).

**Reducción de Costos:** La capacidad de realizar inspecciones rápidas y precisas reduce la necesidad de paradas prolongadas y costosas para el mantenimiento (Anderson, Clark, & Brown, 2020).

En resumen, la cámara termográfica ECO-V de HIKMICRO es una herramienta esencial para el diagnóstico térmico en sistemas eléctricos, ofreciendo alta precisión, facilidad de uso y múltiples beneficios para la gestión de la seguridad y el mantenimiento de instalaciones eléctricas (HIKMICRO, 2024).

### **8.2.2. Pinza multímetro Habotest HT208D**

La pinza multímetro Habotest HT208D es un dispositivo de medición multifuncional utilizado en el diagnóstico y mantenimiento de sistemas eléctricos. Este equipo combina varias funciones de medición en una sola herramienta, facilitando la evaluación precisa de diferentes parámetros eléctricos.

**Figura 17:** *Pinza multímetro Habotest HT.208D*



*Nota.* En la fig. 17 se muestra imagen referencial de cámara térmica infrarroja. Tomada de (HABOTEST, 2021).

#### 8.2.2.1. Características principales

**Medición de Corriente Alterna y Directa:** La HT208D puede medir corriente alterna (AC) y corriente directa (DC) hasta 600A, permitiendo un diagnóstico detallado de diversos sistemas eléctricos.

**Medición de Voltaje y Resistencia:** Además de la corriente, este multímetro mide voltaje AC/DC hasta 600V y resistencia hasta 60M $\Omega$ , proporcionando una gama completa de funciones para el análisis eléctrico.

**Detección de Voltaje Sin Contacto (NCV):** La función NCV permite detectar la presencia de voltaje sin necesidad de contacto directo, mejorando la seguridad durante las inspecciones.

**Función de Continuidad y Prueba de Diodos:** Incluye características adicionales como pruebas de continuidad y diodos, que son esenciales para identificar conexiones defectuosas y verificar componentes electrónicos.

**Pantalla LCD Retroiluminada:** La pantalla LCD con retroiluminación facilita la lectura de los valores medidos en condiciones de poca luz, aumentando la usabilidad del dispositivo.

Función de Retención de Datos y Modo Relativo: Estas funciones permiten registrar y comparar mediciones, proporcionando mayor flexibilidad y precisión en las evaluaciones (HABOTEST, 2021).

#### **8.2.2.2. Aplicaciones:**

La pinza multímetro HT208D es ideal para el mantenimiento preventivo y correctivo en instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales. Su capacidad para medir múltiples parámetros y su diseño seguro y eficiente hacen que sea una herramienta valiosa para electricistas, ingenieros y técnicos de mantenimiento (García & Martínez, 2019).

#### **8.2.2.3. Ventajas:**

**Versatilidad:** La combinación de varias funciones en un solo dispositivo reduce la necesidad de múltiples herramientas, simplificando las tareas de diagnóstico y mantenimiento (Smith & Jones, 2019).

**Seguridad Mejorada:** La detección de voltaje sin contacto y otras funciones de seguridad ayudan a prevenir accidentes eléctricos, protegiendo al usuario durante las inspecciones (Nguyen & Tran, 2020).

**Precisión y Fiabilidad:** Las mediciones precisas y las funciones avanzadas aseguran que los técnicos puedan realizar diagnósticos exactos y tomar decisiones informadas (Anderson, Clark, & Brown, 2020).

En resumen, la pinza multímetro Habotest HT208D es una herramienta versátil y esencial para el diagnóstico y mantenimiento de sistemas eléctricos, ofreciendo precisión, seguridad y múltiples funcionalidades que mejoran la eficiencia y efectividad del trabajo eléctrico (HABOTEST, 2021).

### 8.3. Evaluación inicial del estado y condiciones de los tableros

En la inspección en campo, como parte del estudio se detalla el estado en el que encontraron los tableros de distribución eléctrica de cada facultad.

**Tabla 2:** *Estado físico de tableros inspeccionados*

Nombre de Facultad	Etiqueta de tablero	Estado físico
Edificio de carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica	Tablero TDC#1	El tablero se encuentra en buen estado la estructura metálica, sin embarco a nivel de elementos, tiene breakers que están en el piso de este, representando un riesgo potencial de contacto indirecto de elementos energizados con estructuras metálicas.  También tiene saturación de cables en las canaletas.  Las barras de cobre se encuentran sin un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.  Al estar el tablero en la intemperie tiene presencia de polvo.
	Tablero TDC#2	El tablero se encuentra en buen estado la estructura metálica, sin embarco a

		<p>nivel de elementos, tiene saturación de cables en las canaletas.</p> <p>Además, las barras de cobre se encuentran sin un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.</p>
	<p>Tablero TDC#3</p>	<p>El tablero se encuentra en buen estado la estructura metálica y a nivel de elementos se encuentra bien distribuidos los componentes.</p>
<p>Edificio de carrera: Psicología</p>	<p>Tablero TDP PS. #1</p>	<p>El tablero se encuentra en buen estado la estructura metálica y a nivel de elementos se encuentra bien distribuidos los componentes.</p> <p>Sin embargo, las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.</p>
<p>Edificio de carrera: Comunicación</p>	<p>Tablero TDP COM. #1</p>	<p>El tablero está en mal estado, no cuenta con una tapa y esta oxidado la mayoría de su estructura.</p> <p>Además, las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede</p>

		provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.
Edificio de carrera: Medicina	Tablero TDP MED. #1	<p>En el cuarto de transformación se encuentran tres tableros, cada uno con una carga en específico, un tablero con transferencia que alimenta al tablero con un breaker para iluminación, un tablero con un breaker para Aires Acondicionados.</p> <p>Los tableros presentan polvo y suciedad en su estructura.</p>
Edificio de carrera: Fisioterapia	Tablero TDP FIS. #1	<p>Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.</p>
Edificio de carrera: Mecánica Naval	Tablero TDP MN. #1	<p>El tablero esta oxidado en gran parte de su estructura. Además de tiene cables enrollados en el piso de este, lo cual dificulta las maniobras de mantenimiento.</p> <p>El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura.</p>

Edificio de carrera: Ciencias del Mar	Tablero TDP CM. #1	<p>El tablero esta oxidado en la parte externa de su estructura.</p> <p>El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura.</p> <p>Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.</p>
	Tablero TDP CM. #2	<p>Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.</p>
Edificio de carrera: Auditoria	Tablero TDP AUD. #1	<p>El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura.</p>
Edificio de carrera: Trabajo social	Tablero TDP TS. #1	<p>Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.</p>

		El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura. También tiene saturación de cables en las canaletas.
Edificio de carrera: Ingeniería Agropecuaria	Tablero TDP IA. #1	El tablero esta oxidado en la parte externa de su estructura.  Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.
Edificio de carrera: Ciencias de la Educación	Tablero TDP CE. #1	Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.
Edificio de carrera: Comercio Exterior	Tablero TDP CEX. #1	Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.  El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura.

Edificio de carrera: Odontología	Tablero TDP ODO. #1	Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.  El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura.
Edificio de carrera: Secretariado Ejecutivo	Tablero TDP SE. #1	El tablero tiene cables enrollados en el piso de este, lo cual dificulta las maniobras de mantenimiento.  El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura.
Edificio de carrera: Hotelería y Turismo	Tablero TDP HT. #1	El tablero esta oxidado además de presentar polvo y suciedad en su estructura.
Edificio de carrera: Derecho	Tablero TDP DER. #1	El tablero esta oxidado además de presentar polvo y suciedad en su estructura.
Edificio de carrera: Arquitectura	Tablero TDP ARQ. #1	Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.

		El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura.
Edificio de carrera: Ingeniería en Sistema	Tablero TDP IS. #1	Las barras de cobre no cuentan con un acrílico protector, lo cual puede provocar un contacto directo con las barras energizadas de personal que manipula el tablero.  El tablero presenta polvo y suciedad en su estructura.

*Nota.* Identificación del estado de los tableros de distribución eléctrica.

#### **8.4. Actividad en campo: Levantamiento de los tableros de distribución eléctrica en el campus universitario**

Para el levantamiento de información de los diferentes tableros de distribución eléctrica de las unidades académicas, se procedió a realizar verificación en sitio de estos. Se evalúa el estado físico de los tableros, verificando la integridad de las carcasas y la limpieza general; se inspecciona los componentes internos como interruptores, disyuntores, y barras de distribución.

Se verifica el estado de las conexiones, asegurándose de que no haya signos de corrosión, desgaste o conexiones flojas.

Después de este proceso, se procede a realizar la respectiva captura de imágenes térmicas de todos los componentes críticos, incluyendo barras de cobre, conexiones de acometidas.

Se realizó la inspección en campo de 18 facultades y en total 21 tableros de distribución, los cuales se detallan a continuación en la tabla

**Tabla 3:** *Facultades y tableros inspeccionados*

Nombre de Facultad	Etiqueta de tablero
	Tablero TDC # 1
Edificio de carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica	Tablero TDC # 2
	Tablero TDC # 3
Edificio de carrera: Psicología	Tablero TDP PS. #1
Edificio de carrera: Comunicación	Tablero TDP COM. #1
Edificio de carrera: Medicina	Tablero TDP MED. #1
Edificio de carrera: Fisioterapia	Tablero TDP FIS. #1
Edificio de carrera: Mecánica Naval	Tablero TDP MN. #1
	Tablero TDP CM. #1
Edificio de carrera: Ciencias del Mar	Tablero TDP CM. #2
Edificio de carrera: Auditoria	Tablero TDP AUD. #1
Edificio de carrera: Trabajo social	Tablero TDP TS. #1
Edificio de carrera: Ingeniería Agropecuaria	Tablero TDP IA. #1

Edificio de carrera: Ciencias de la Educación	Tablero TDP CE. #1
Edificio de carrera: Comercio Exterior	Tablero TDP CEX. #1
Edificio de carrera: Odontología	Tablero TDP ODO. #1
Edificio de carrera: Secretariado Ejecutivo	Tablero TDP SE. #1
Edificio de carrera: Hotelería y Turismo	Tablero TDP HT. #1
Edificio de carrera: Derecho	Tablero TDP DER. #1
Edificio de carrera: Arquitectura	Tablero TDP ARQ. #1
Edificio de carrera: Ingeniería en Sistema	Tablero TDP IS. #1

*Nota.* Se detallan las unidades académicas y Tableros de Distribución de cada una de estas.

Tomado de: Auditoria Propia.

#### **8.4.1. Edificio de carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica**

El edificio de las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica cuenta con varios transformadores trifásicos con su respectivo tablero de distribución principal para cada uno.

##### **8.4.1.1. Tablero TDC # 1**

El tablero se encuentra ubicado en el segundo piso del edificio de la carrera de Electricidad, cerca de las escaleras de acceso en el pasillo. El tablero cuenta con medidor de energía para la

visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el segundo piso a excepción del Auditorio.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador de distribución de 50 KVA Monofásico.

**Figura 18:** Foto TDC # 1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe una acometida que está a una temperatura de 33 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero se encuentra con los cables desordenados y las canaletas sin tapa. El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.1.2. Tablero TDC # 2**

El tablero se encuentra ubicado en un pasillo exterior del pabellón de la carrera de Ingeniería Civil. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el pabellón de la carrera de Ingeniería Civil.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador de distribución de 75 KVA Trifásico.

**Figura 19:** Foto TDC # 2



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe una barra que está a una temperatura de 31.0 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero se encuentra con los cables desordenados y las canaletas sin tapa. El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.1.3. Tablero TDC # 3**

El tablero se encuentra ubicado en el cuarto de tableros y generador del edificio de la carrera de Ingeniería Eléctrica. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para los laboratorios de potencia y de control del piso #1, además se deriva una acometida a un subtablero TDC # 4.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un banco trifásico de transformadores de distribución conformado por tres transformadores de 50 KVA Monofásico.

**Figura 20:** Foto TDC # 3



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que está a una temperatura de 30.2 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero se encuentra con los cables desordenados.

#### **8.4.2. Edificio de carrera: Psicología**

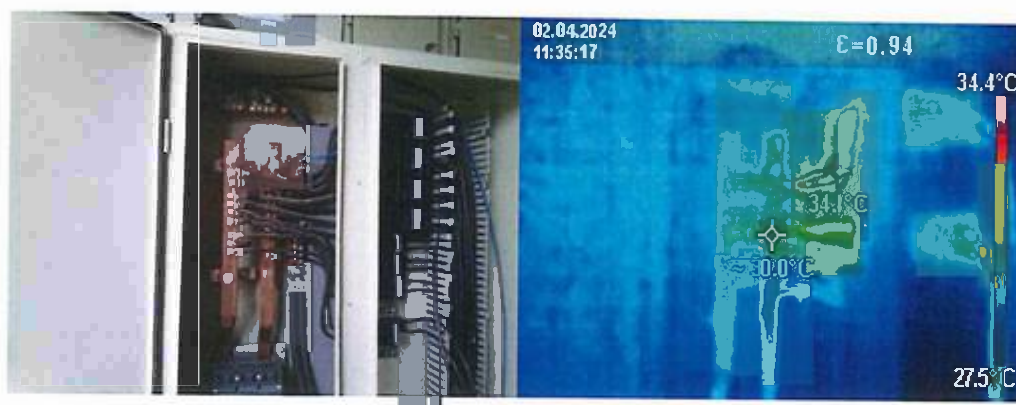
El edificio de la facultad de Psicología cuenta con dos transformadores monofásicos con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.2.1. Tablero TDP PS. #1**

El tablero se encuentra ubicado en el cuarto de tableros eléctricos del edificio de la carrera de Psicología. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Psicología.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de dos transformadores de distribución de 50 KVA Monofásico.

**Figura 21:** Foto TDP PS #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que está a una temperatura de 34.4 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero se encuentra con las canaletas sin tapa.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.3. Edificio de carrera: Comunicación**

El edificio de la facultad de Comunicación cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.3.1. Tablero TDP COM. #1**

El tablero se encuentra ubicado en el cuarto de tableros eléctricos del edificio de la carrera de Comunicación. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Comunicación.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador monofásicos de distribución de 50 KVA.

**Figura 22:** Foto TDP COM #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que está a una temperatura de 41.8 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo. Además, se encuentra sin tapa lo cual aumenta el riesgo de contacto directo, ya que también el área se utiliza como bodega de suministros.

#### **8.4.4. Edificio de carrera: Medicina**

El edificio de la facultad de Medicina cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.4.1. Tablero TDP MED. #1**

El tablero se encuentra ubicado en el cuarto de tableros eléctricos del edificio de la carrera de medicina. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Medicina.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásicos de distribución de 112.5 KVA.

**Figura 23:** Foto TDP MED #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que está a una temperatura de 43.3 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.5. Edificio de carrera: Fisioterapia**

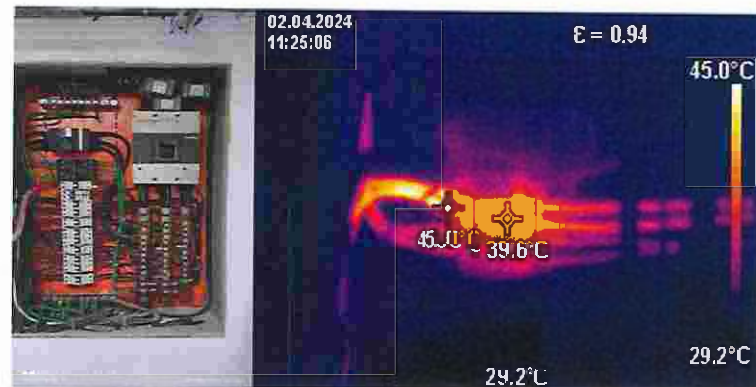
El edificio de la facultad de Fisioterapia cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.5.1. Tablero TDP FIS. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la oficina de secretaria de coordinador de carrera. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Fisioterapia.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásicos de distribución de 150 KVA.

**Figura 24:** Foto TDP FIS #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que está a una temperatura de 45.0 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.6. Edificio de carrera: Mecánica Naval**

El edificio de la facultad de Fisioterapia cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.6.1. Tablero TDP MN. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la parte posterior del edificio de la facultad de Mecánica Naval. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Mecánica Naval.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásicos de distribución de 150 KVA.

**Figura 25:** Foto TDP MN #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que está a una temperatura de 59.6.0 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.7. Edificio de carrera: Ciencias del Mar**

El edificio de la facultad de Ciencias del Mar cuenta con dos transformadores monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.7.1. Tablero TDP CM. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la bodega de suministros del edificio de la facultad de Ciencias del Mar. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para la planta baja del edificio de la facultad de Ciencias del Mar.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador monofásicos de distribución de 50 KVA.

**Figura 26:** Foto TDP CM#1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un breaker cuyos terminales de ingreso están a una temperatura de 80.7 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.7.2. Tablero TDP CM. #2**

El tablero se encuentra ubicado en el pasillo del piso 1 del edificio de la facultad de Ciencias del Mar. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para el piso superior del edificio de la facultad de Ciencias del Mar.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador monofásicos de distribución de 50 KVA.

**Figura 27:** Foto TDP CM#2



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un breaker cuyos terminales de ingreso están a una temperatura de 37.6 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.8. Edificio de carrera: Auditoria**

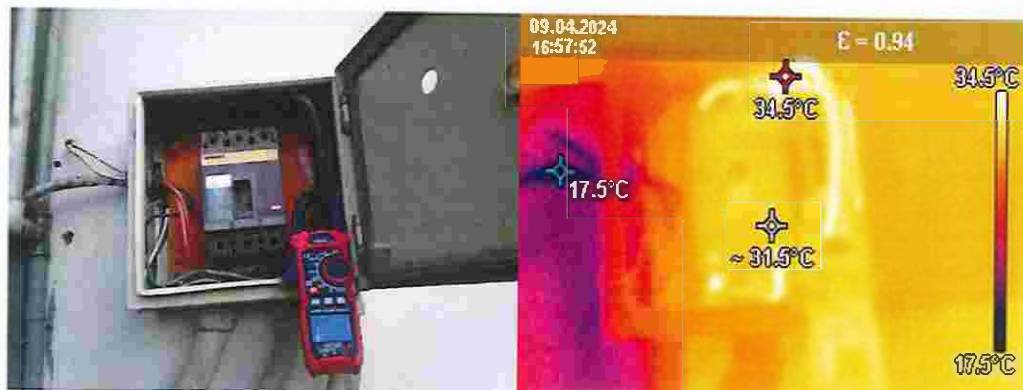
El edificio de la facultad de Auditoria cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.8.1. Tablero TDP AUD. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la parte de afuera del edificio de la facultad de Auditoria. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Auditoria.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador monofásico de distribución de 50 KVA.

**Figura 28:** Foto TDP AUD #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que están a una temperatura de 34.5 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene una perforación en la tapa, al estar en la intemperie puede entrar agua o humedad y provocar un cortocircuito.

#### **8.4.9. Edificio de carrera: Trabajo Social**

El edificio de la facultad de Trabajo social cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.9.1. Tablero TDP TS. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la parte de afuera del edificio de la facultad de Trabajo Social. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Trabajo Social.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásico de distribución de 150 KVA.

**Figura 29:** Foto TDP TS #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que están a una temperatura de 66.0 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.10. Edificio de carrera: Ingeniería Agropecuaria**

El edificio de la facultad de Ingeniería Agropecuaria cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.10.1. Tablero TDP IA. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la parte de afuera del edificio de la facultad de Ingeniería Agropecuaria. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Ingeniería Agropecuaria.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásico de distribución de 200 KVA.

**Figura 30:** Foto TDP LA #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que están a una temperatura de 42.0 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.11. Edificio de carrera: Ciencias de la Educación**

El edificio de la facultad de Ciencias de la Educación cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.11.1. Tablero TDP CE. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la parte de afuera del edificio de la facultad de Ciencias de la Educación. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Ciencias de la Educación.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásico de distribución de 200 KVA.

**Figura 31:** Foto TDP CE #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe una barra de cobre que están a una temperatura de 39.5 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.12. Edificio de carrera: Comercio Exterior**

El edificio de la facultad de Comercio Exterior cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.12.1. Tablero TDP CEX. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la parte de afuera del edificio de la facultad de Comercio Exterior. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Comercio Exterior.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásico de distribución de 150 KVA.

**Figura 32:** Foto TDP CEX#1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que están a una temperatura de 44.6 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.13. Edificio de carrera: Odontología**

El edificio de la facultad de Odontología cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.13.1. Tablero TDP ODO. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la parte de afuera del edificio de la facultad de Odontología. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Odontología.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásico de distribución de 250 KVA.

**Figura 33:** Foto TDP ODO #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que están a una temperatura de 47.5 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.14. Edificio de carrera: Secretariado Ejecutivo**

El edificio de la facultad de Secretariado Ejecutivo cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.14.1. Tablero TDP SE. #1**

El tablero se encuentra ubicado en la parte de afuera del edificio de la facultad de Secretariado Ejecutivo. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Secretariado Ejecutivo.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador monofásico de distribución de 50 KVA.

**Figura 34:** Foto TDP SE #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, la puerta del tablero al estar expuesta al sol tiene una temperatura de 30.5 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.15. Edificio de carrera: Hotelería y Turismo**

El edificio de la facultad de Hotelería y Turismo cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.15.1. Tablero TDP HT. #1**

El tablero se encuentra ubicado en el cuarto de tableros del edificio de la facultad de Hotelería y Turismo. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Hotelería y Turismo.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador monofásico de distribución de 50 KVA.

**Figura 35:** Foto TDP HT. #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, existe un cable que están a una temperatura de 27.4 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.16. Edificio de carrera: Derecho**

El edificio de la facultad de Derecho cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.16.1. Tablero TDP DER. #1**

El tablero se encuentra ubicado en el exterior del edificio de la facultad de Derecho. El tablero no cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Derecho.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador monofásico de distribución de 50 KVA.

**Figura 36:** Foto TDP DER #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, las barras de cobre del tablero están a una temperatura elevada de 63.4 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.17. Edificio de carrera: Arquitectura**

El edificio de la facultad de Arquitectura cuenta con un banco de tres transformadores monofásicos con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.17.1. Tablero TDP ARQ. #1**

El tablero se encuentra ubicado en el cuarto de tablero del edificio de la facultad de Arquitectura. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Arquitectura.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un banco de transformadores monofásicos de distribución de 3x50 KVA.

**Figura 37:** Foto TDP ARQ #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, una de las barras de cobre del tablero está a una temperatura elevada de 45.8 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

#### **8.4.18. Edificio de carrera: Ingeniería en Sistemas**

El edificio de la facultad de Ingeniería en Sistemas cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.4.18.1. Tablero TDP IS. #1**

El tablero se encuentra ubicado en el exterior del edificio de la facultad de Ingeniería en Sistemas. El tablero cuenta con medidor de energía para la visualización de parámetros eléctricos, proporciona energía para todo el edificio de la facultad de Ingeniería en Sistemas.

La acometida eléctrica que alimenta este tablero sale de un transformador trifásico de distribución de 150 KVA.

**Figura 38:** Foto TDP IS #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero se encuentra en su mayoría a temperatura ambiente, un cable del tablero está a una temperatura elevada de 49.6 °C, siendo la de mayor temperatura.

El tablero tiene barras de cobre para distribución eléctrica, pero no cuenta con un acrílico de protección por contacto directo.

## 8.5. Análisis de resultados y diagnóstico de fallas en los tableros eléctricos

Indicada la metodología para la captura de imágenes térmicas, y la realización en sitio de estas, se procede a realizar la interpretación de las imágenes termográficas y la detección de anomalías térmicas.

### 8.5.1. Edificio de carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica

El edificio de las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica cuenta con varios transformadores trifásicos con su respectivo tablero de distribución principal para cada uno.

#### 8.5.1.1. Tablero TDC # 1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

**Figura 39:** *Imágenes Térmicas TDC # 1*



Fuente: Autoría propia.

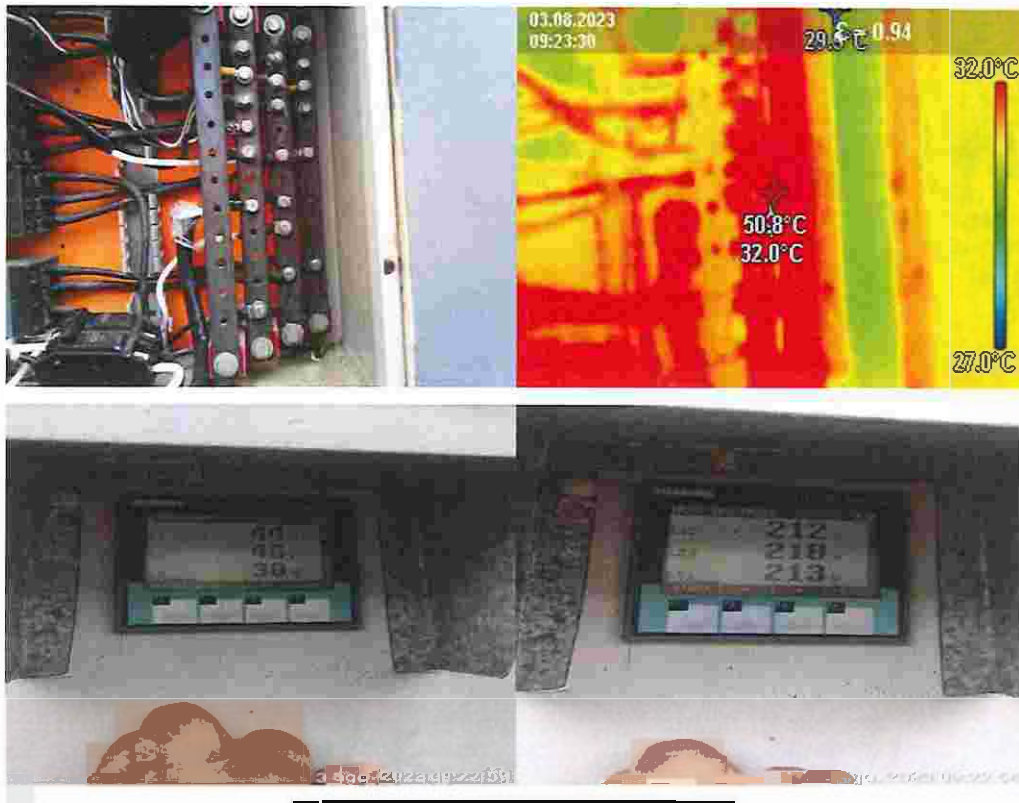
En el tablero no existen puntos calientes o conexiones flojas.

#### 8.5.1.2. Tablero TDC # 2

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

**Figura 40:** *Imágenes Térmicas TDC # 2*





Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que el tablero tiene una barra de cobre más caliente en comparación con las otras, esto debido a una sobrecarga en esa fase, al ser cargas monofásicas 220 Vac las conectadas en el tablero, se produce un desbalance de corrientes entre las líneas del transformador trifásico.

Los breakers que están en el piso del tablero, también se encuentran con temperaturas parecidas a las de barras, siendo esos breakers los cuales consumen mayor corriente del tablero.

### 8.5.1.3. Tablero TDC # 3

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 41: Imágenes Térmicas TDC # 3



Fuente: Autoría propia

En el tablero no existen puntos calientes o conexiones flojas.

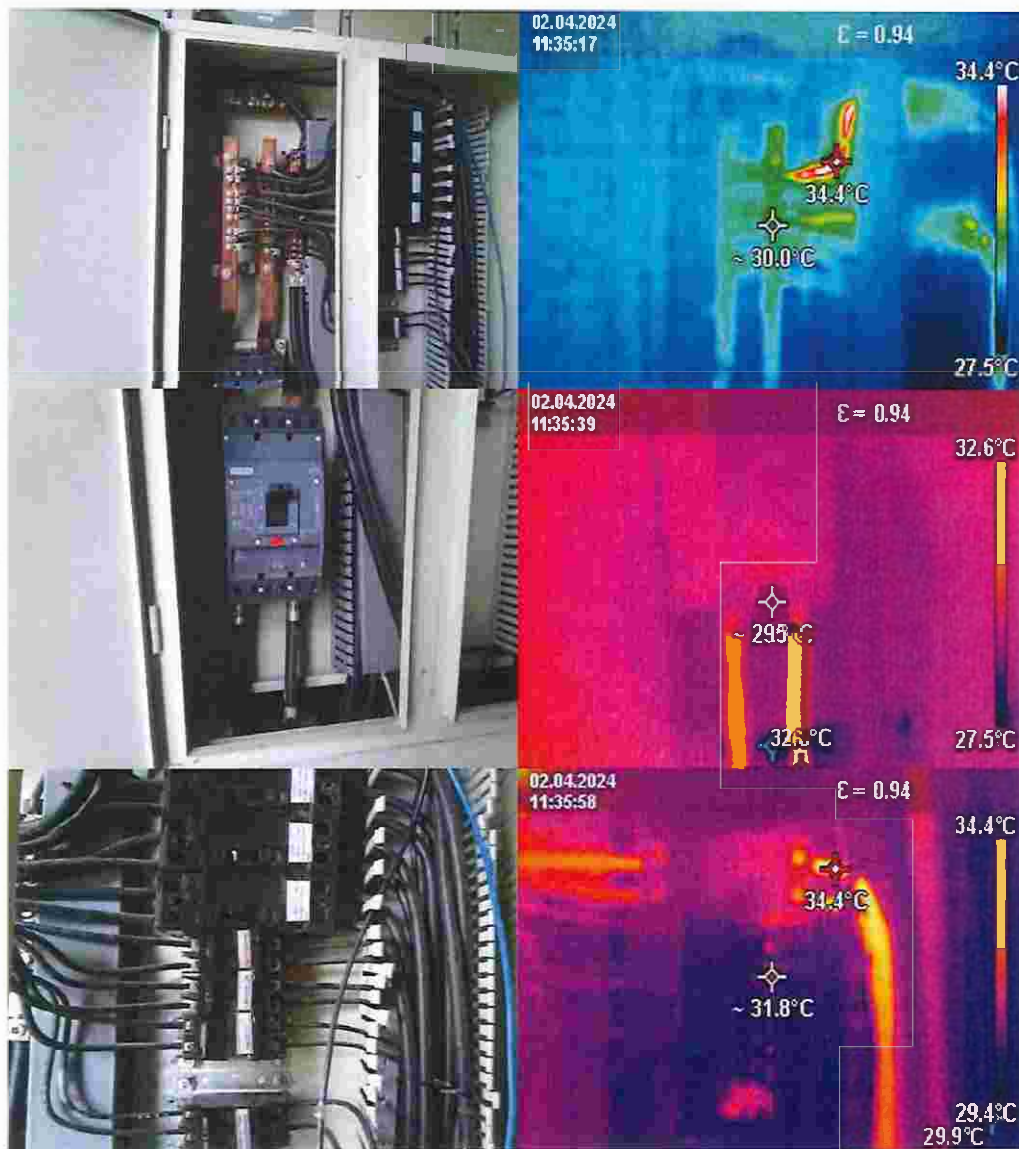
### 8.5.2. Edificio de carrera: Psicología

El edificio de la facultad de Psicología cuenta con dos transformadores monofásicos con su respectivo tablero de distribución principal.

### 8.5.2.1. Tablero TDP PS. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 42: Imagen Térmica TDP PS #1



Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los  $29 - 35^{\circ}\text{C}$ , esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

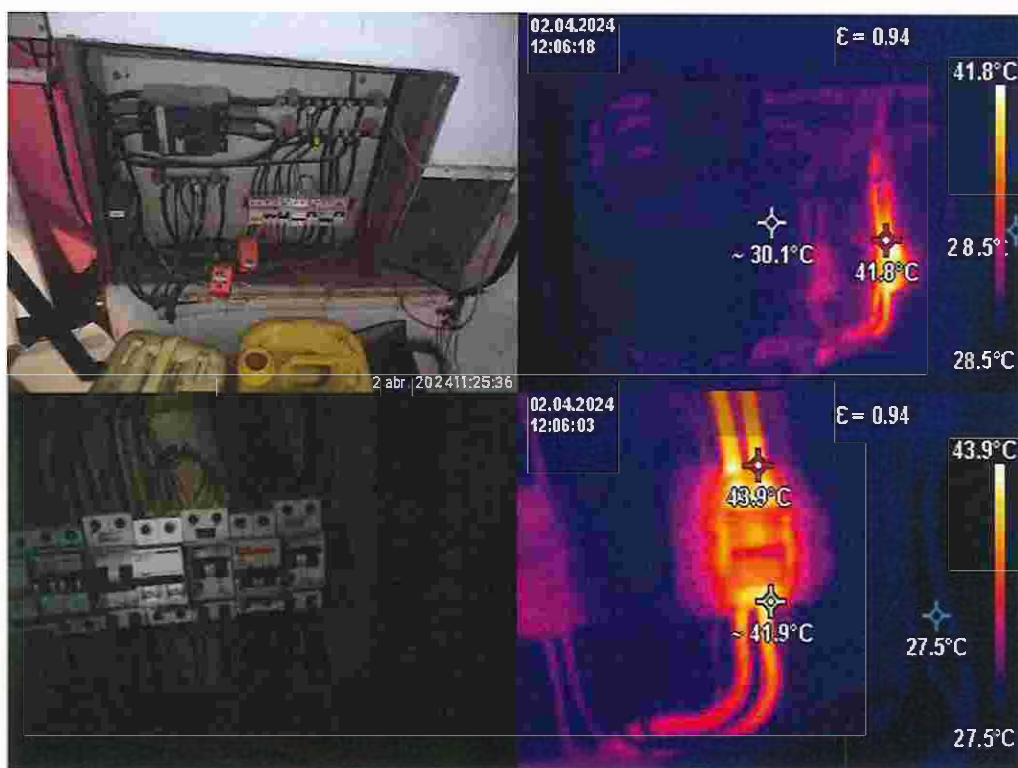
### 8.5.3. Edificio de carrera: Comunicación

El edificio de la facultad de Comunicación cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.3.1. Tablero TDP COM. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 43: Imagen Térmica TDP COM#1



Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 30 - 44 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

### 8.5.4. Edificio de carrera: Medicina

El edificio de la facultad de Medicina cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.4.1. Tablero TDP MED. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 44: Imagen Térmica TDP MED #1



Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 35 - 47 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

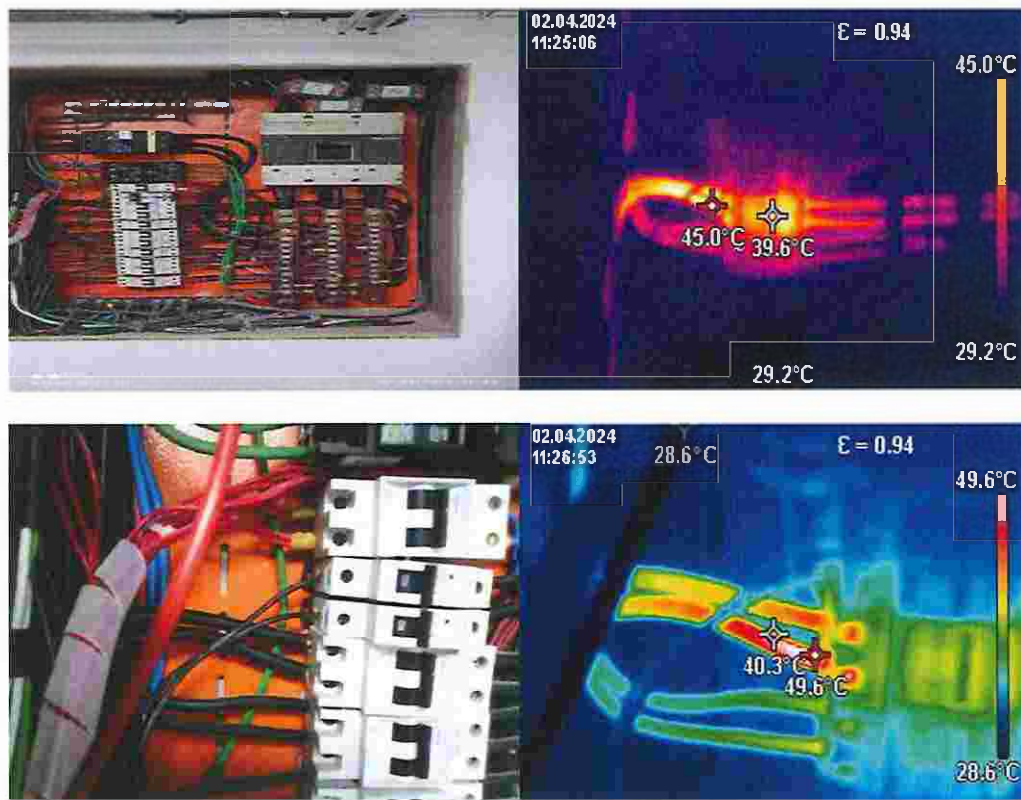
### 8.5.5. Edificio de carrera: Fisioterapia

El edificio de la facultad de Fisioterapia cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.5.1. Tablero TDP FIS. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

**Figura 45:** *Imagen Térmica TDP FIS #1*



Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 40 - 50 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

### 8.5.6. Edificio de carrera: Mecánica Naval

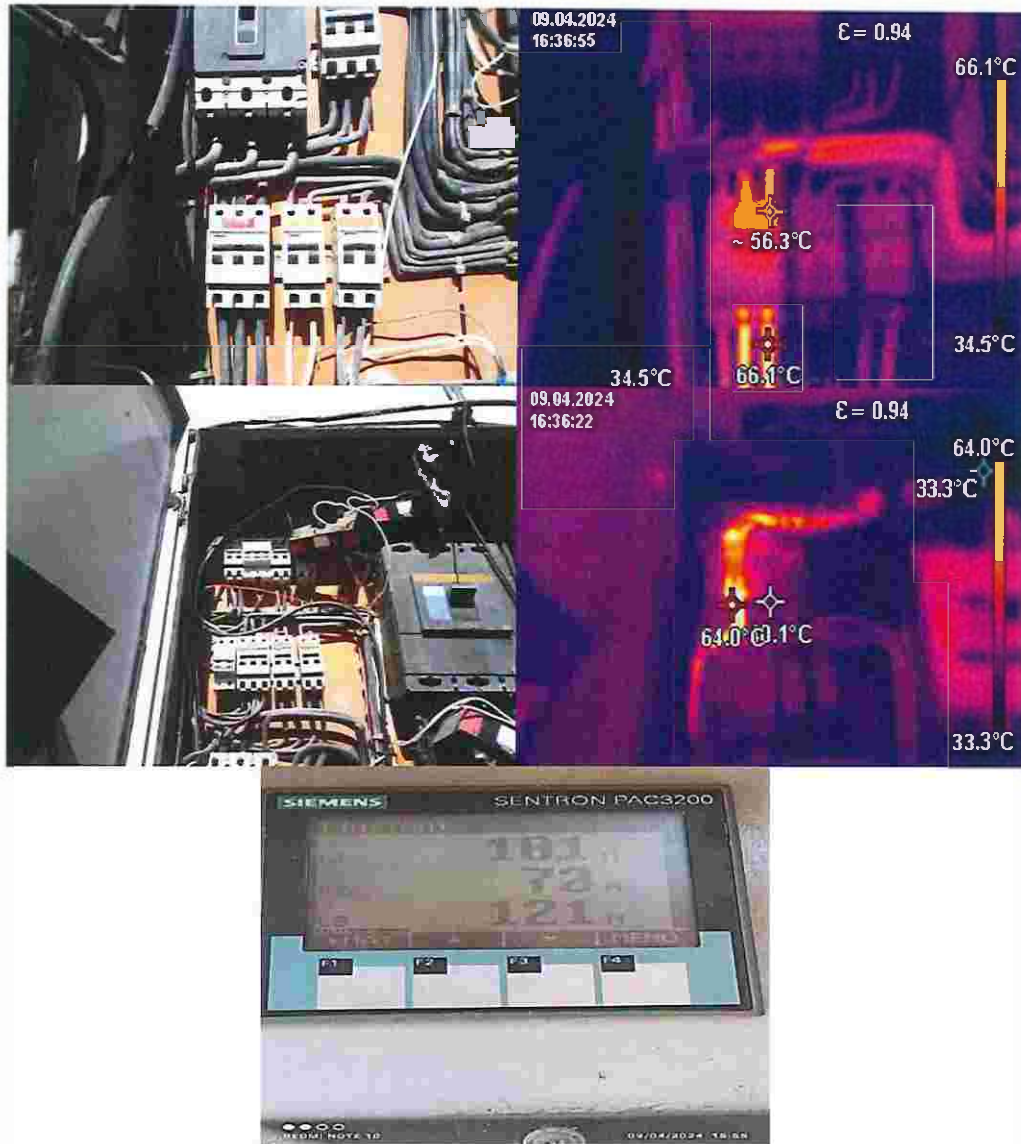
El edificio de la facultad de Fisioterapia cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.6.1. Tablero TDP MN. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 46: Imagen Térmica TDP MN #1





Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que en el tablero se encuentran dos breakers con sobrecarga ya que la acometida desde barra hasta el breaker tiene temperatura de 64 °C y 66 °C.

### 8.5.7. Edificio de carrera: Ciencias del Mar

El edificio de la facultad de Ciencias del Mar cuenta con dos transformadores monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

### 8.5.7.1. Tablero TDP CM. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 47: Imagen Térmica TDP CM#1



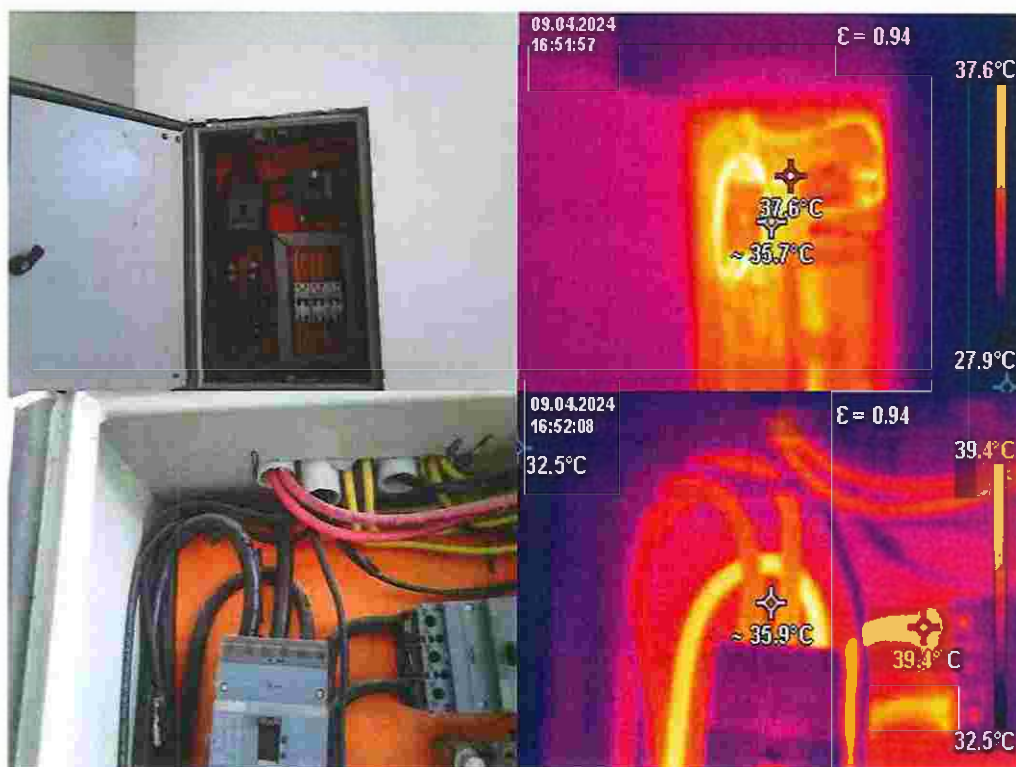
Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que en el tablero se encuentra un breaker con sobrecarga ya que la acometida desde barra hasta el breaker tiene temperatura de 59.5 °C y un punto caliente en su terminal de conexión.

### 8.5.7.2. Tablero TDP CM. #2

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

**Figura 48:** *Imagen Térmica TDP CM #2*



Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 35 - 39 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

### 8.5.8. Edificio de carrera: Auditoria

El edificio de la facultad de Auditoria cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

### 8.5.8.1. Tablero TDP AUD. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

**Figura 49:** *Imagen Térmica TDP AUD #1*



Fuente: Autoría propia

Se encontró que el breaker tiene una temperatura que ronda entre los 31 - 37 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

### 8.5.9. Edificio de carrera: Trabajo Social

El edificio de la facultad de Trabajo social cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.9.1. Tablero TDP TS. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

**Figura 50:** *Imagen Térmica TDP TS #1*



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que en el tablero se encuentra un breaker con sobrecarga ya que la acometida desde barra hasta el breaker tiene temperatura de 86.9 °C.

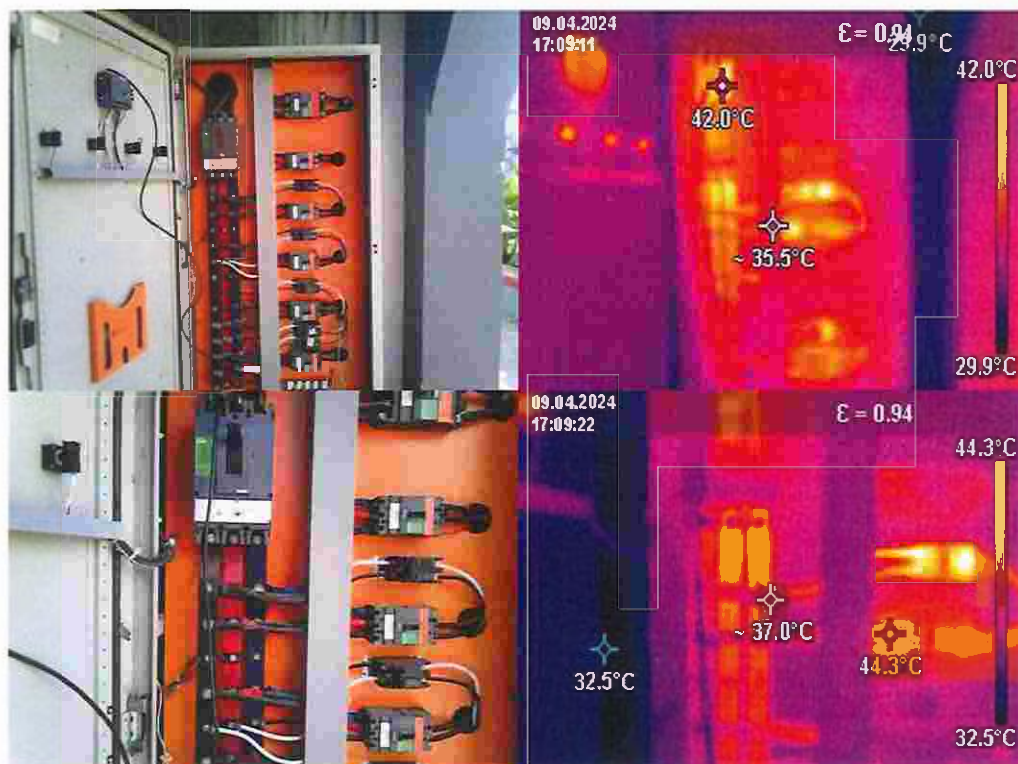
### 8.5.10. Edificio de carrera: Ingeniería Agropecuaria

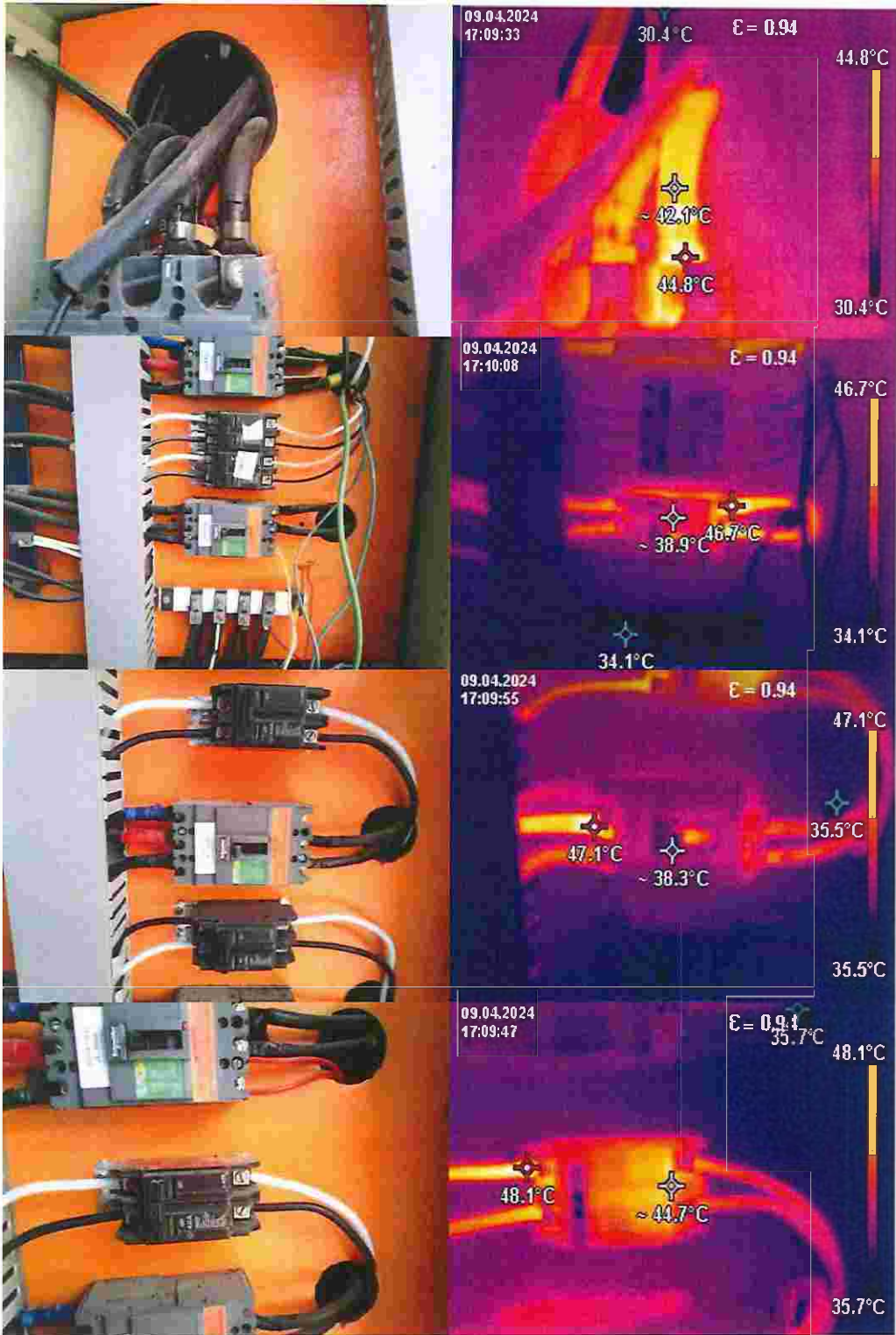
El edificio de la facultad de Ingeniería Agropecuaria cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.10.1. Tablero TDP IA. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

**Figura 51:** Imagen Térmica TDP IA #1







Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 45 - 49 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

También con la termografía se puede observar que existe desbalance de corrientes en el breaker principal, ya que una de sus líneas esta ligeramente más caliente que las otras.

#### **8.5.11. Edificio de carrera: Ciencias de la Educación**

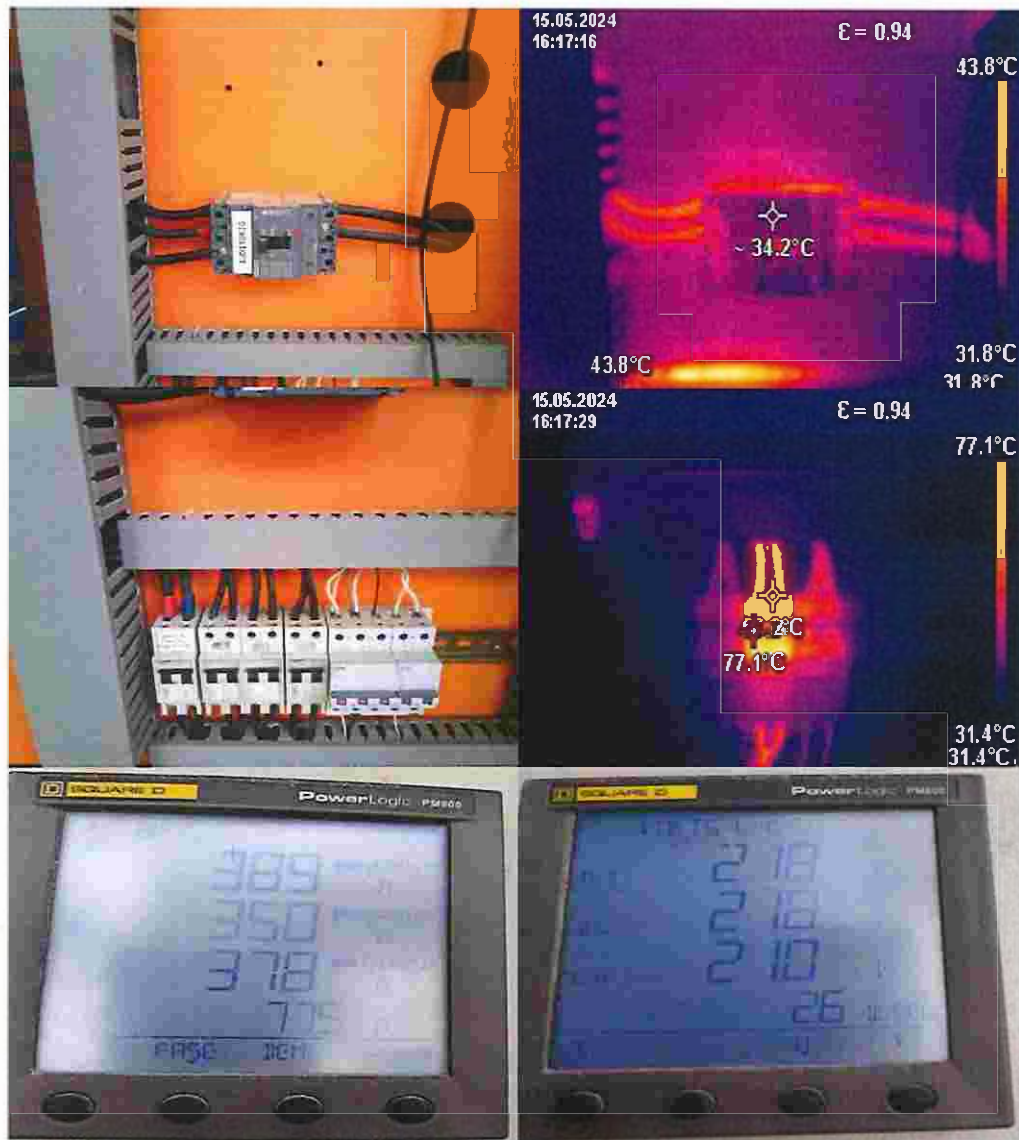
El edificio de la facultad de Ciencias de la Educación cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### **8.5.11.1. Tablero TDP CE. #1**

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 52: Imagen Térmica TDP CE #1





Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 35 - 42 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

También con la termografía se puede observar que existe desbalance de corrientes en el breaker principal, ya que una de sus líneas está ligeramente más caliente que las otras.

Se puede apreciar que en el tablero se encuentra un breaker con sobrecarga ya que la acometida desde barra hasta el breaker tiene temperatura de 77.1 °C.

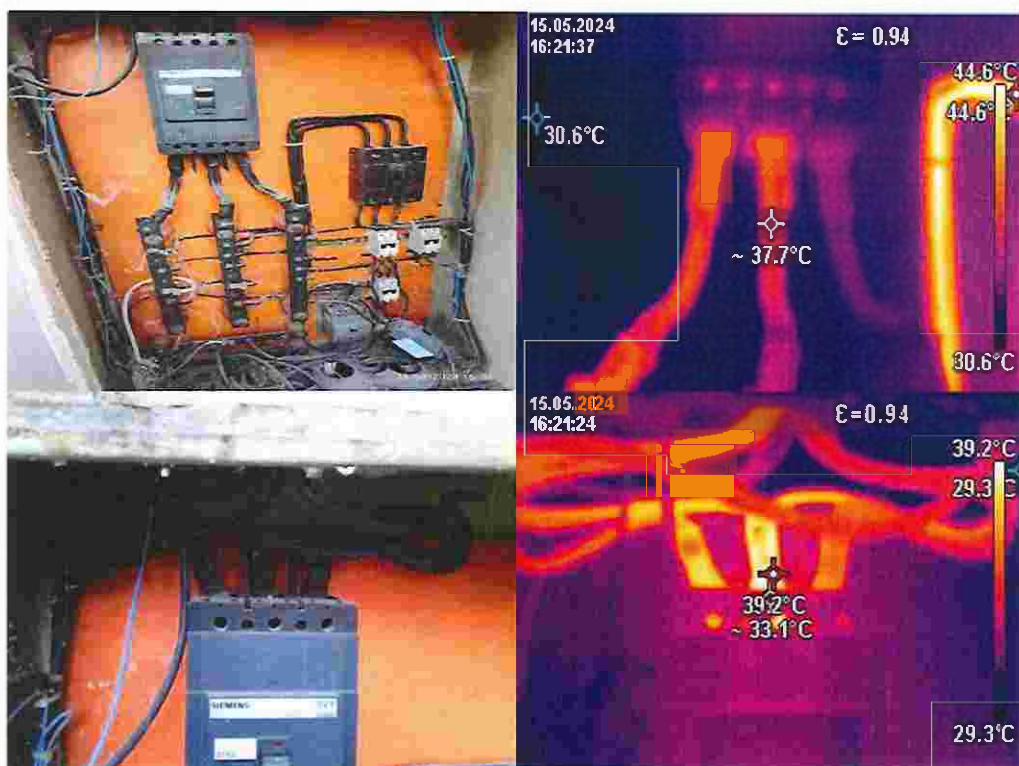
### 8.5.12. Edificio de carrera: Comercio Exterior

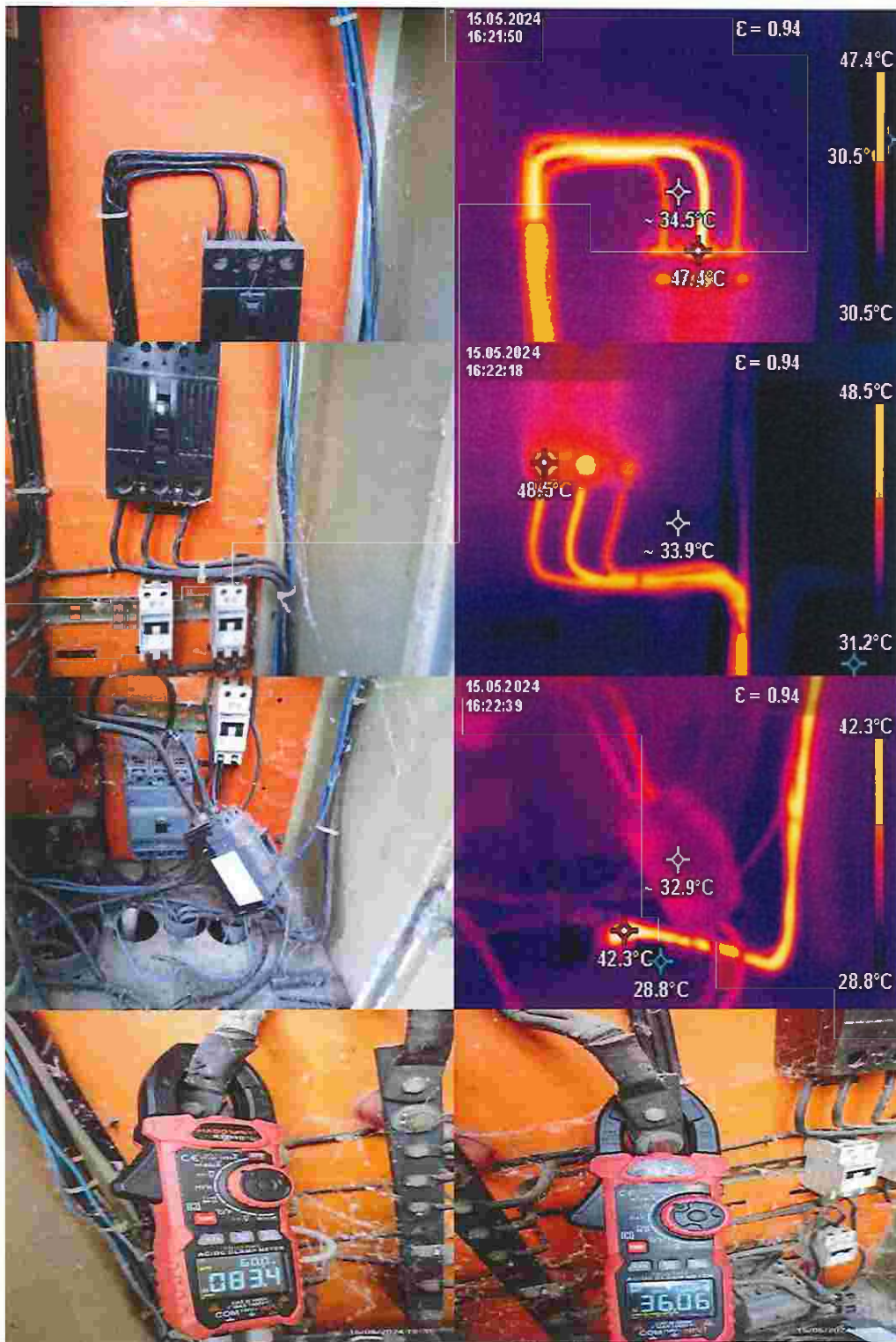
El edificio de la facultad de Comercio Exterior cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.12.1. Tablero TDP CEX. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 53: Imagen Térmica TDP CEX #1





Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 45 - 49 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

También con la termografía se puede observar que existe desbalance de corrientes en el breaker principal, ya que una de sus líneas esta ligeramente más caliente que las otras, esto debido a las cargas monofásicas.

### 8.5.13. Edificio de carrera: Odontología

El edificio de la facultad de Odontología cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.13.1. Tablero TDP ODO. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 54: Imagen Térmica TDP DDD #1





Fuente: Autoria propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 37 -45 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores.

También con la termografía se puede observar que existe desbalance de corrientes en el breaker principal, ya que una de sus líneas está ligeramente más caliente que las otras.

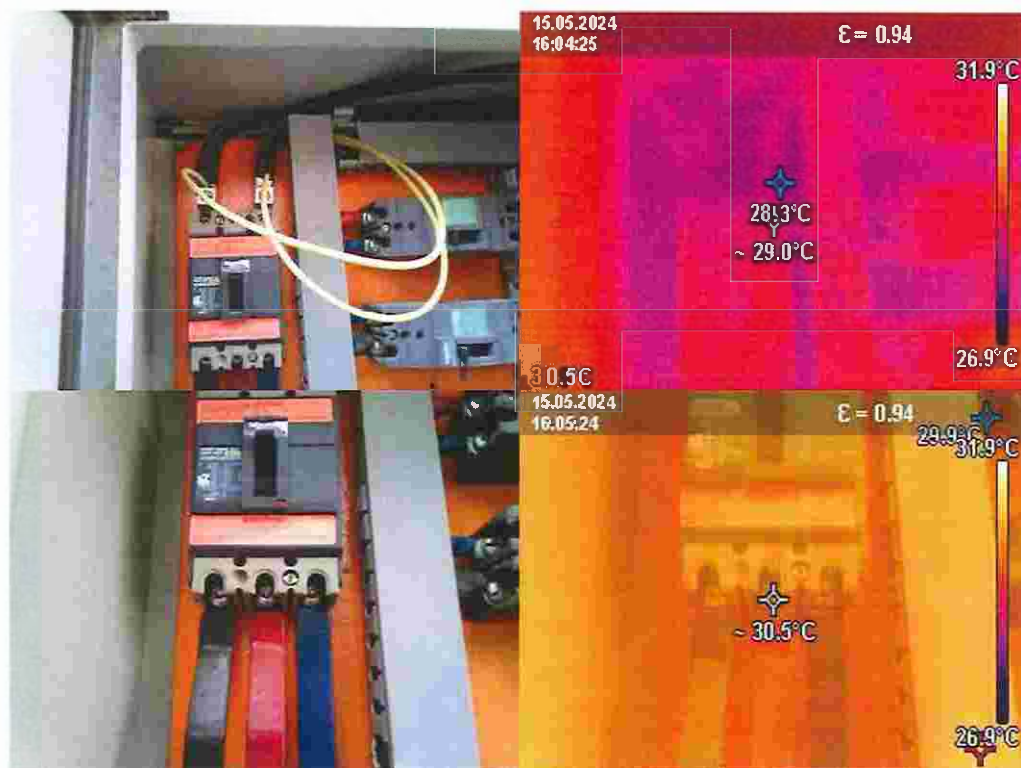
#### 8.5.14. Edificio de carrera: Secretariado Ejecutivo

El edificio de la facultad de Secretariado Ejecutivo cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

##### 8.5.14.1. Tablero TDP SE. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 55: Imagen Térmica TDP SE #1



Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 28 - 31 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura igual que la del ambiente, debido al poco consumo de energía de la carga.

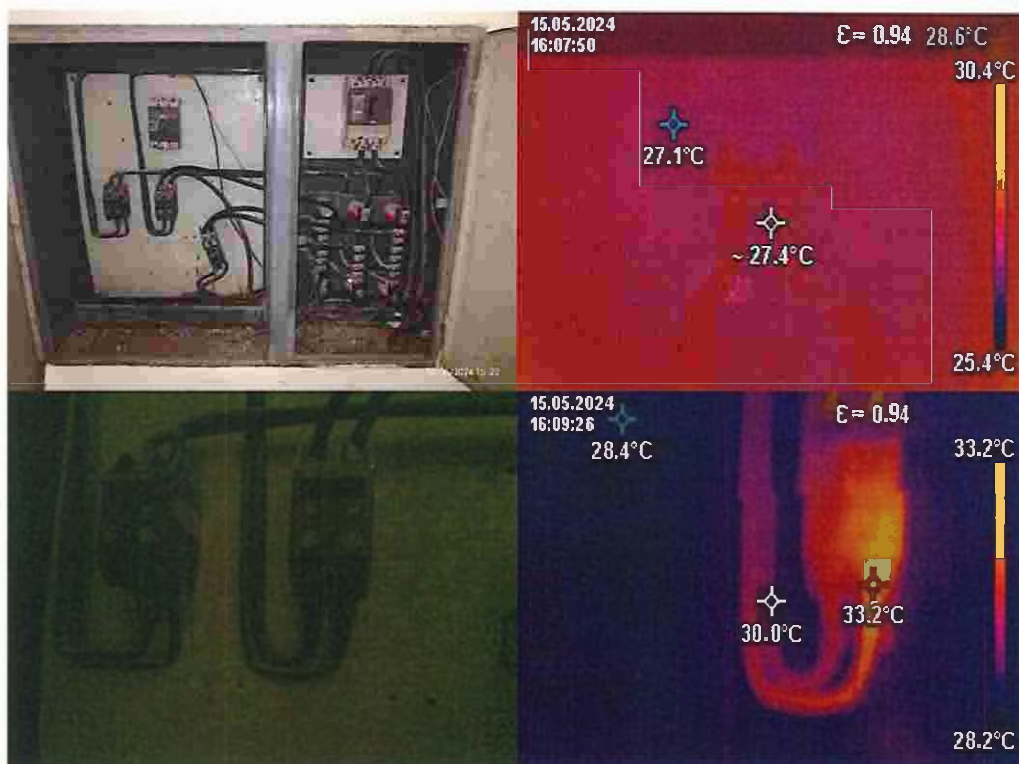
### 8.5.15. Edificio de carrera: Hotelería y Turismo

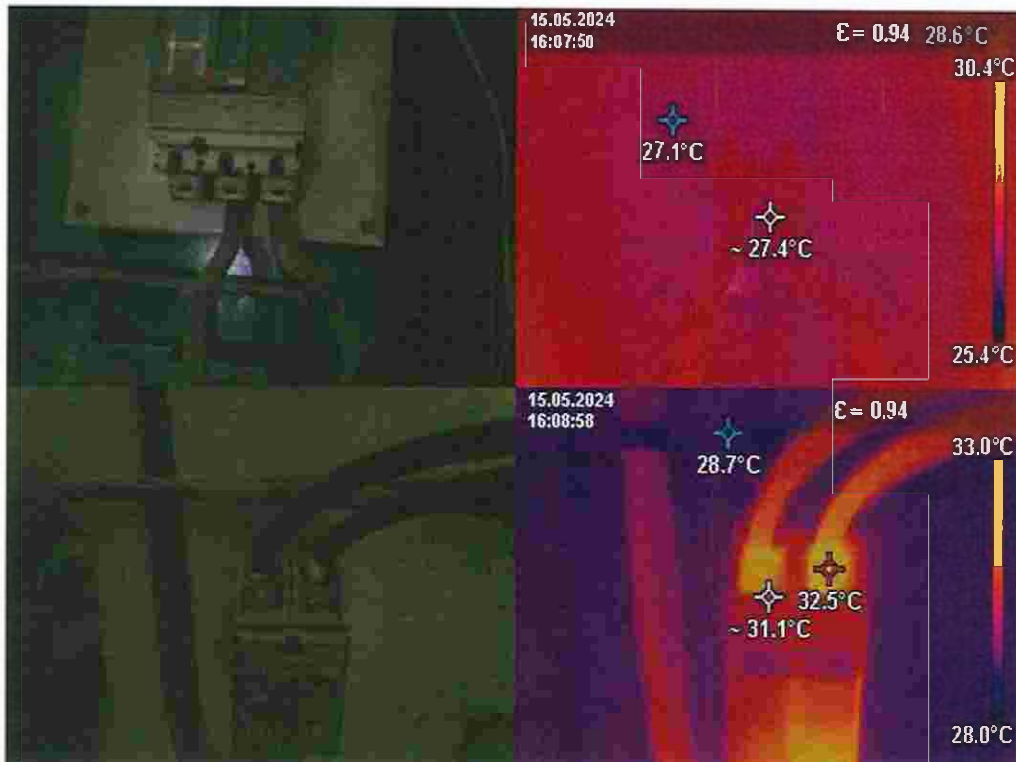
El edificio de la facultad de Hotelería y Turismo cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.15.1. Tablero TDP HT. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 56: Imagen Térmica TDP HT #1





Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 28 - 33 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura igual que la del ambiente, debido al poco consumo de energía de la carga.

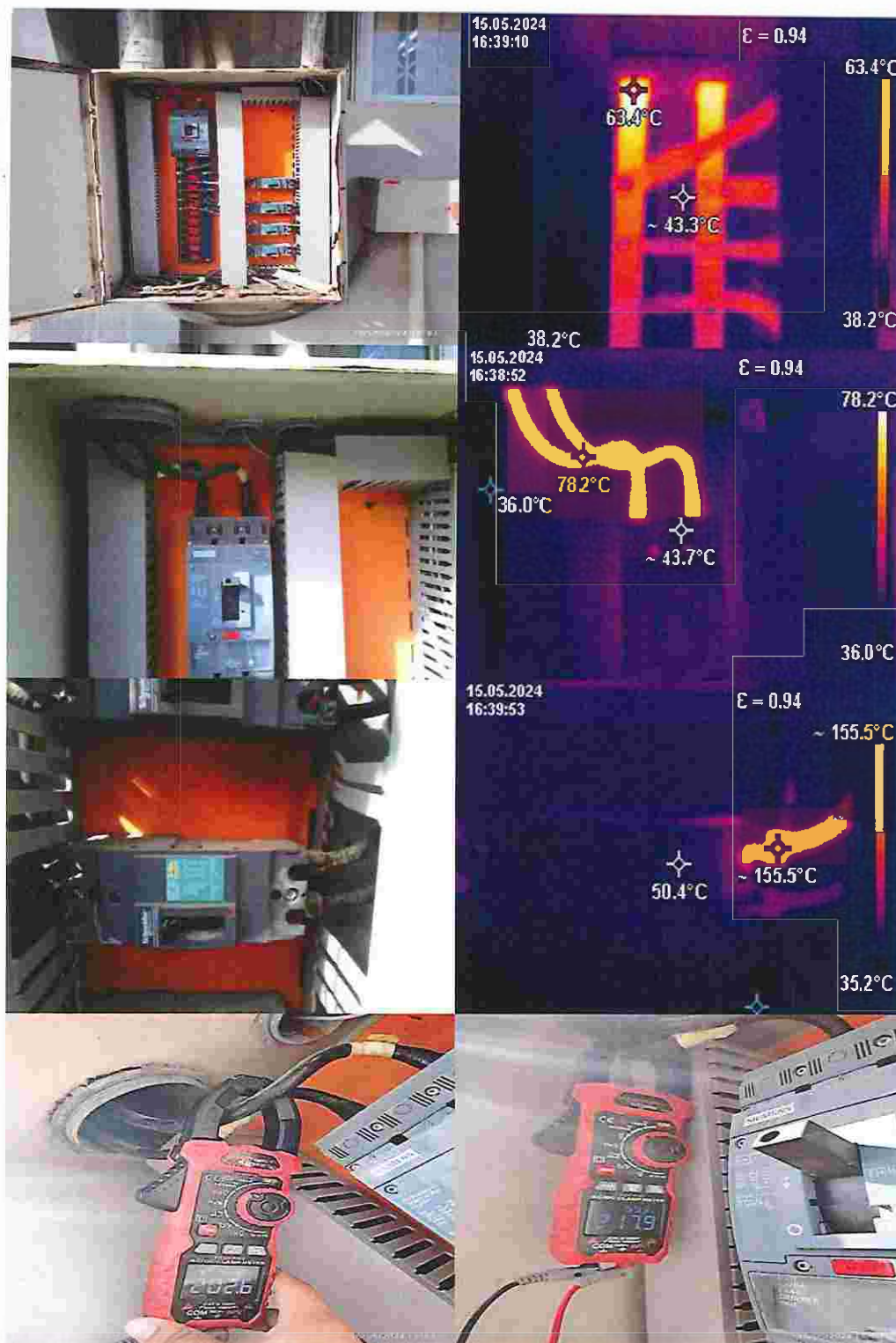
### 8.5.16. Edificio de carrera: Derecho

El edificio de la facultad de Derecho cuenta con un transformador monofásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.16.1. Tablero TDP DER. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 57: Imagen Térmica TDP DER #1



Fuente: Autoría propia

Se puede apreciar que en el tablero se encuentra un breaker con punto caliente ya que tiene una temperatura en el terminal de talón de 155.5 °C, esta temperatura solo es en el terminal de salida, por lo que no actúa la protección térmica del breaker.

También se puede identificar que la acometida principal presenta una temperatura alta de trabajo, esto debido a la carga y el largo recorrido que realiza desde el transformador hasta el tablero de distribución.

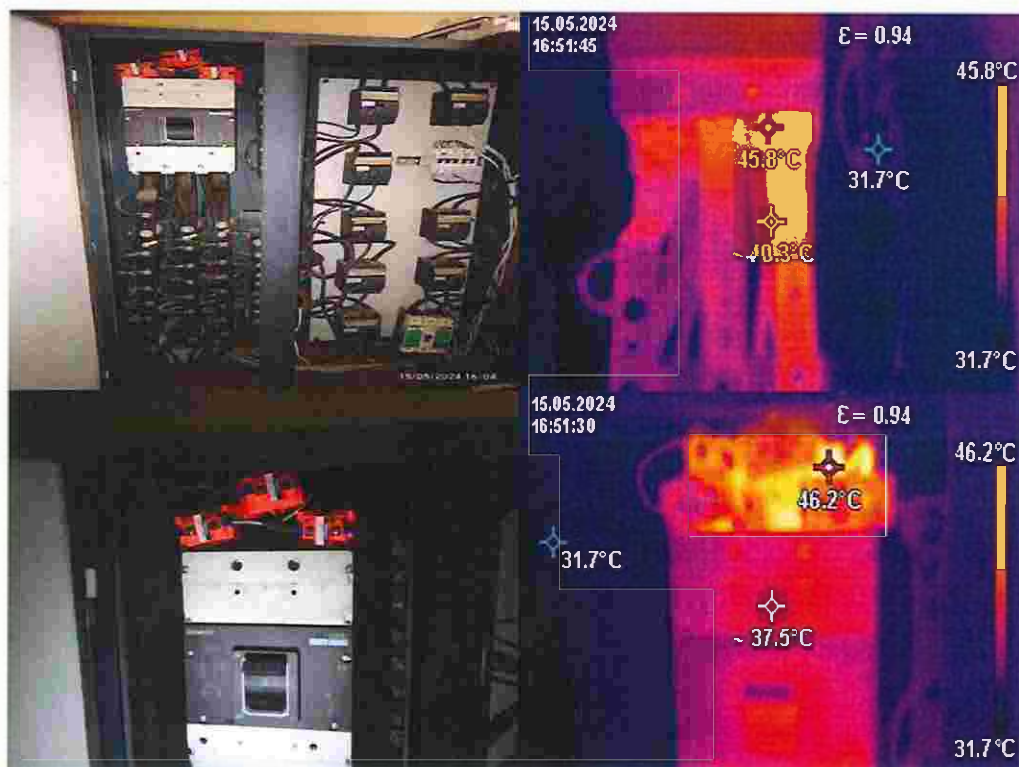
### 8.5.17. Edificio de carrera: Arquitectura

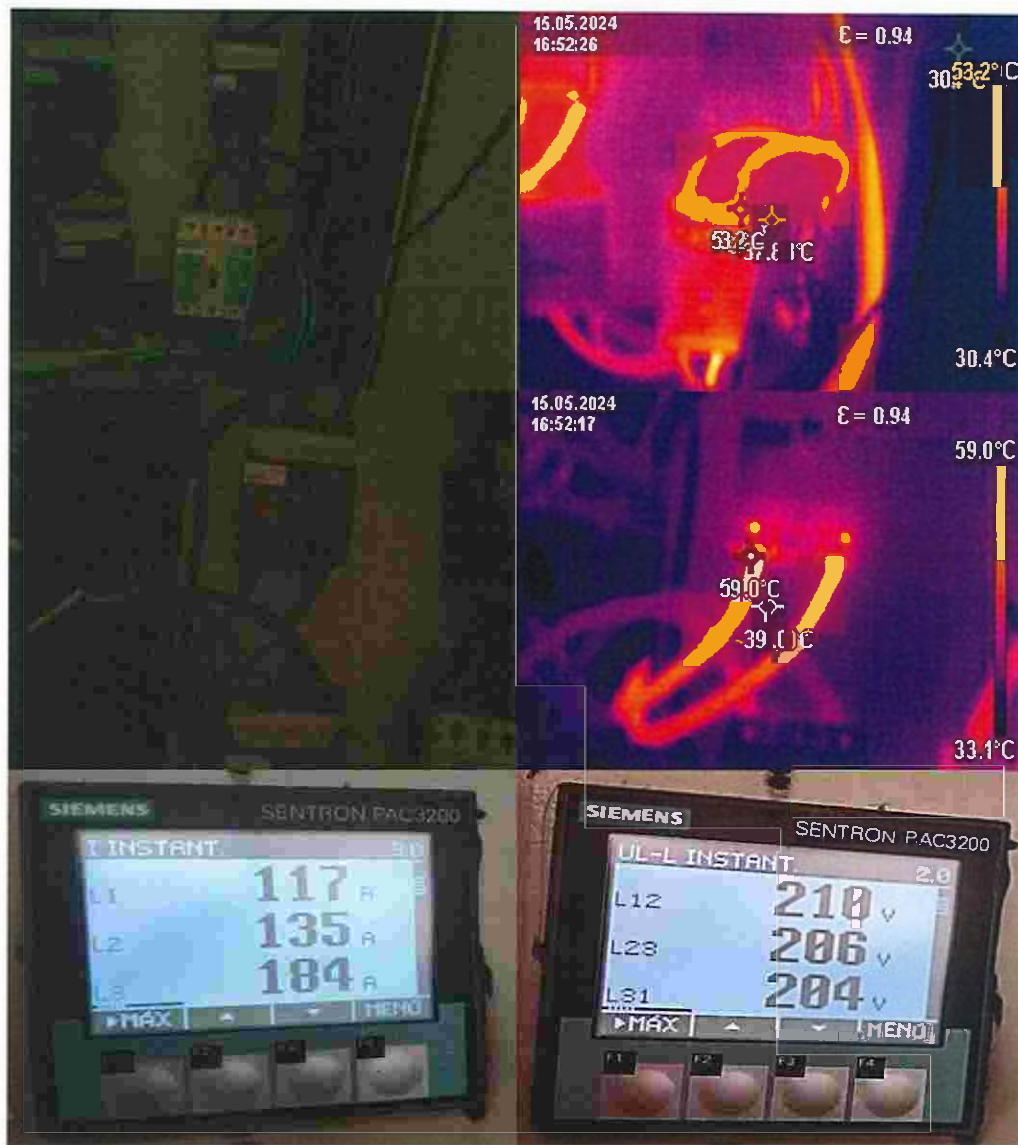
El edificio de la facultad de Arquitectura cuenta con un banco de tres transformadores monofásicos con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.17.1. Tablero TDP ARQ. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 58: Imagen Térmica TDP ARQ #1





Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 45 - 59 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores, pero están trabajando con una sobrecarga considerable.

También con la termografía se puede observar que existe desbalance de corrientes en el breaker principal, ya que una de sus líneas está ligeramente más caliente que las otras.

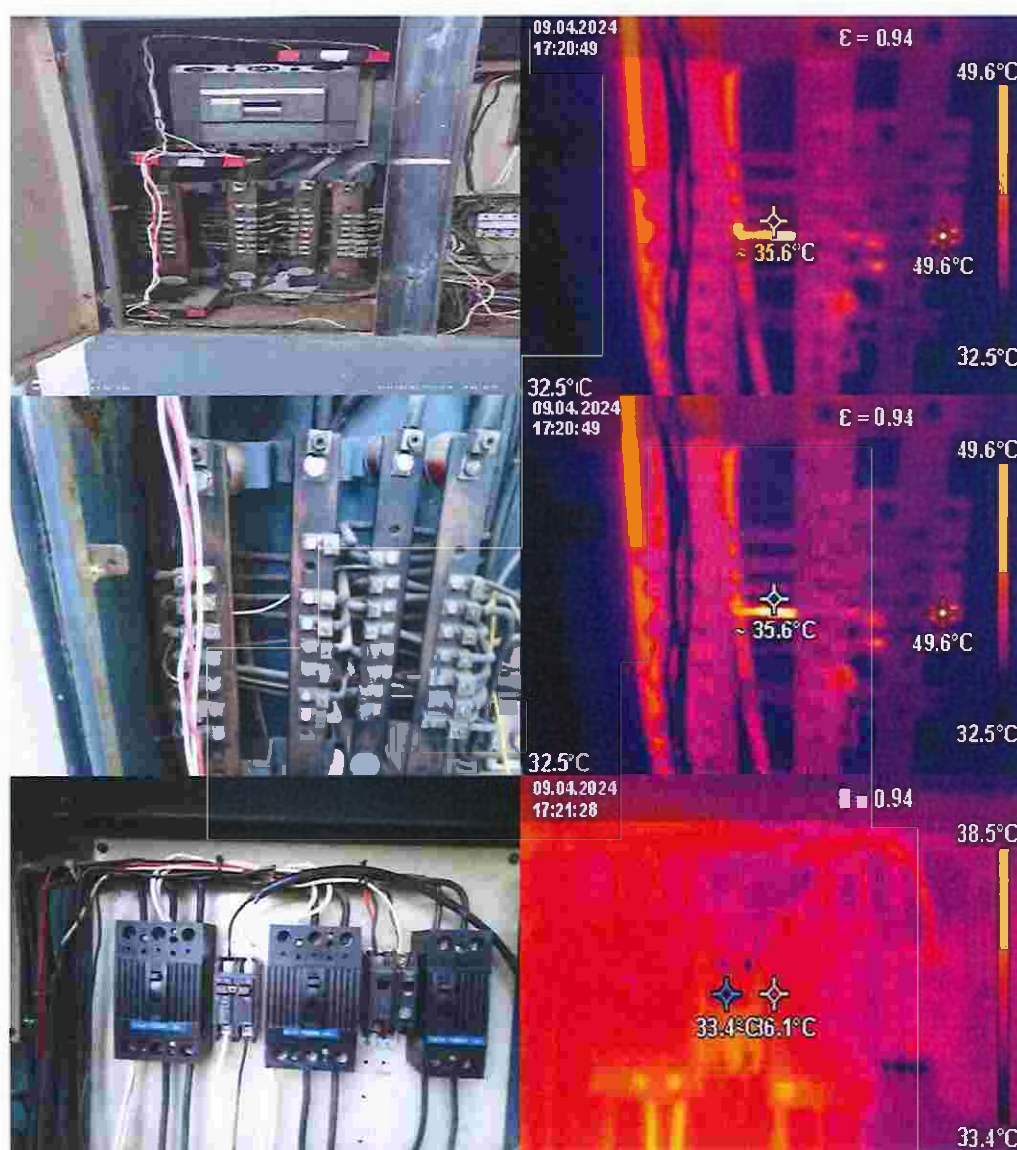
### 8.5.18. Edificio de carrera: Ingeniería en Sistemas

El edificio de la facultad de Ingeniería en Sistemas cuenta con un transformador trifásico con su respectivo tablero de distribución principal.

#### 8.5.18.1. Tablero TDP IS. #1

Se realiza la toma de imágenes térmicas del tablero.

Figura 59: Imagen Térmica TDP IS #1





Fuente: Autoría propia

Se encontró que algunos breakers tienen una temperatura que ronda entre los 42 - 60 °C, esto nos indica que están operando y es una temperatura provocada por el paso de la corriente en los elementos conductores, pero están trabajando con una sobrecarga considerable.

También con la termografía se puede observar que existe desbalance de corrientes en el breaker principal, ya que una de sus líneas está ligeramente más caliente que las otras.

8.6. Resumen de análisis de resultados y diagnóstico de fallas en los tableros eléctricos

Tabla 4: Resumen de análisis termográfico, acciones a ejecutar y costo de mejoras

Etiqueta de tablero	Nombre de Facultad	Diagnostico	Acción de Mejora	Costo Aproximado de Mejora
Tablero TDC # 1		No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	Instalación de acrílico protector.	\$ 86,47
Tablero TDC # 2	Edificio de carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica	Temperatura elevada en barras por desbalance de carga.	Balanceo de carga en barras de distribución e instalación de acrílico protector.	\$ 182,69
Tablero TDC # 3		No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.		\$ 0,00

Tablero TDP PS. #1	Edificio de carrera: Psicología	No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	Instalación de protector.	de acrílico	\$ 86,47
Tablero TDP COM. #1	Edificio de carrera: Comunicación	Tablero en mal estado de su estructura.	Instalación de protector	de acrílico	\$ 864,25
Tablero TDP MED. #1	Edificio de carrera: Medicina	No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	-	-	\$ 0,00
Tablero TDP FIS. #1	Edificio de carrera: Fisioterapia	No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	Instalación de protector.	de acrílico	\$ 86,47
Tablero TDP MN. #1	Edificio de carrera: Mecánica Naval	Breaker y acometida con leve sobrecarga.	Cambio de breakers y acometidas desde barras a breakers	de breakers y	\$ 326,16

		Instalación de acrílico protector.		
Tablero TDP CM. #1	Edificio de carrera: Ciencias del Mar	Breaker con punto caliente en terminal de conexión. Cable desde barras hasta breaker con sobrecarga.	Cambio de breaker y acometida. Instalación de acrílico protector.	\$ 247,84
Tablero TDP CM. #2		No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	Instalación de acrílico protector.	\$ 86,47
Tablero TDP AUD. #1	Edificio de carrera: Auditoría	No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	-	\$ 0,00
Tablero TDP TS. #1	Edificio de carrera: Trabajo social	Breaker con punto caliente en terminal de conexión.	Cambio de breaker y acometida.	\$ 247,84

			Cable desde barras hasta breaker con instalación de acrílico sobrecarga. protector.		
Tablero TDP IA. #1	Edificio de carrera: Ingeniería Agropecuaria	No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	Instalación de acrílico protector.	\$ 85,47	
Tablero TDP CE. #1	Edificio de carrera: Ciencias de la Educación	Breaker con punto caliente en terminal de conexión.	Cambio de breaker y acometida.	\$ 247,84	
Tablero TDP CEX. #1	Edificio de carrera: Comercio Exterior	Breaker con punto caliente en terminal de conexión.	Ajuste de terminales de conexión del breaker.	\$ 86,47	
		Cable desde barras hasta breaker con sobrecarga.	Instalación de acrílico protector.		

Tablero TDP	Edificio de carrera:	Breaker con punto caliente en terminal de conexión.	Ajuste de terminales de conexión del breaker.	\$ 86,47
ODO. #1	Odontología	Cable desde barras hasta breaker con sobrecarga.	Instalación de protector de acrílico.	
Tablero TDP SE.	Edificio de carrera:	No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	Instalación de protector de acrílico.	\$ 86,47
#1	Secretariado Ejecutivo			
Tablero TDP HT.	Edificio de carrera: Hotelería y Turismo	No se encontró temperaturas elevadas ni conexiones flojas en el tablero.	Instalación de protector de acrílico.	\$ 86,47
#1				
Tablero TDP DER.	Edificio de carrera: Derecho	Acometida principal con sobrecarga.	Cambio de acometida principal.	\$ 2.417,74
#1		Breaker con punto caliente.	Cambio de breaker.	

		Instalación de acrílico protector.	
		Cambio de breaker y acometida.	\$ 247,84
Tablero TDP ARQ. Edificio de carrera:			
#1	Arquitectura	Acometida con sobrecarga desde barra hasta breaker. Punto caliente en terminal de conexión de breaker.	
		Instalación de acrílico protector.	
		Ajuste de terminales de conexión del breaker.	\$ 86,47
Tablero TDP IS. Edificio de carrera: Ingeniería en Sistema		Instalación de acrílico protector.	

*Nota.* Se detallan las mejoras que se pueden realizar en los tableros de distribución y los posibles costos que tendrían cada uno. Tomado de: Auditoria Propia.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

### 9.1. Conclusiones

El presente trabajo técnico tuvo como objetivo diagnosticar el estado actual de los tableros de distribución de las unidades académicas del campus ULEAM Manta, realizando un levantamiento de información por medio de visitas técnicas in situ y con el uso de una cámara térmica ECO-V Marca HIKMICRO, se pudo identificar que los 57,14% de tableros de las unidades académicas han presentado temperaturas de entre 41.8 °C hasta 80.70 °C donde podemos señalar que los tableros eléctricos de TDP COM #1, TDP MED #1, TDP FIS #1, TDP MN #1, TDP CM #1, TDP TS #1, TDP IA #1, TDP CE #1, TDP CEX #1, TDP ODO #1, TDP DER #1, TDP ARQ #1 y TDP IS #1 los cuales presentan las 12 temperaturas más elevadas de una muestra de 21 tableros analizados dentro de todo el campus.

También se pudo evidenciar que en el estado de los tableros eléctricos está relacionado con el crecimiento de las instalaciones por la demanda lo que ha limitado el espacio de los armarios eléctricos y en algunos casos esta reducción de espacio y aumento de demanda ha desencadenado la falta de mantenimientos preventivos y correctivos de las instalaciones eléctricas.

## 9.2. Recomendaciones

Es recomendable establecer un plan de mantenimiento correctivo, iniciando con la limpieza y ajustes de terminales de los tableros eléctricos de mayor criticidad, en este caso particularmente las barras de cobre y puntas terminales de tableros de distribución principal de mayores capacidades ya que es donde se puede evidenciar mayor incidencia de puntos calientes.

En la ejecución de los ajustes a las puntas terminales se puede aprovechar en realizar el cambio de todos los terminales de talón por terminales de compresión para minimizar al máximo los puntos calientes.

También es necesario repotenciar las acometidas del TDP DER#1 en una carga específica ya que al tener mayor demanda estos conductores han quedado en rangos muy cortos de trabajo además la distancia provoca una caída de tensión ocasionando un mayor consumo y por ende temperaturas elevadas disminuyendo su capacidad de tolerancia.

También es recomendable el cambio de breakers de riel din del TDP TS #1, TDP CE #1, TDP CM #1 Y TDP MN #1, por unos de mayor capacidad ya que los existentes se encuentran sobrecargados con relación a su demanda lo cual está ocasionando temperaturas de trabajo elevadas y se podría llegar a presentar una falla. En cuanto a los tableros que tienen breakers sobrepuestos es adecuado realizar la migración de este tipo de disyuntores ya que son muy propensos a fallas en los disparos térmicos lo que puede significar que este tipo de protecciones no actúen adecuadamente.

En general ninguno de los tableros eléctricos que tienen barraje cuentan con una protección física en sus barras, es recomendable que se coloque placas acrílicas para evitar el contacto directo con las mismas.

El TDP C #1 debe ser reemplazado en su totalidad ya que el armario eléctrico se encontró en un estado muy deteriorado, no contaba con su puerta para proteger los elementos de la intemperie, los cuales se evidencian en un notable desgaste.

Finalmente recomendamos que posterior a todas las correcciones realizadas se establezca un mantenimiento preventivo por medio de un plan de monitoreo y control progresivo de las instalaciones para poder definir periodos de mantenimiento adecuados y así evitar el deterioro de los elementos y armarios eléctricos.

## 10. Recursos

### 10.1. Recursos humanos

**Tabla 5:** *Detalle de los recursos humanos y su aporte en el desarrollo del proyecto.*

Nombre	Función o cargo	Aporte al proyecto
Muñoz Cedeño Jhonatan Emilio	<b>Proyectista</b>	<b>Desarrollo de Proyecto</b>
Ponce Quiroz Anthony Bernardo	<b>Proyectista</b>	<b>Desarrollo de Proyecto</b>
Ing. León Valencia Gary Vicente	<b>Docente</b>	<b>Asesor de Proyecto</b>
Ing. Oscar Alcívar	<b>Departamento Técnico ULEAM</b>	<b>Asistencia Técnica</b>

### 10.2. Recursos institucionales

**Tabla 6:** *Detalle de los recursos institucionales y lugar de origen.*

Equipo/laboratorio/software (otros)	Área	Facultad
Campus Universitario	<b>Tableros de Distribución</b>	<b>Campus ULEAM Manta</b>
Software Microsoft Office	<b>Biblioteca</b>	<b>Ingeniería Eléctrica</b>
Laptop	<b>Personal</b>	<b>Ingeniería Eléctrica</b>
Libros especializados	<b>Biblioteca</b>	<b>Ingeniería Eléctrica</b>

### 10.3. Recursos materiales y económicos

Los recursos materiales y los rubros económicos para invertir en el presente proyecto se detallan en la 6.

**Tabla 7:** *Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto.*

Nº	Descripción	Und	Valor Unitario	Valor Total
1	Cámara Térmica ECO-V	1	\$ 2.675,75	2.675,75
2	Gastos varios de Tesis	1	\$ 58,40	58,40
3	Rótulos de Señalización	30	\$ 2,85	85,50
4	Acrílico	3	\$ 102,00	306,00
5	Herramientas	1	\$ 56,30	56,30
			Total	\$ 3.181,65

**TOTAL:** Tres mil ciento ochenta y uno con sesenta y cinco centavos de dólar americano.

## 11. Cronograma

**Tabla 8:** *Detalle del cronograma establecido para el cumplimiento de la tesis*

Semana	Actividades
1-2	Revisión bibliográfica
3-4	Definición de la metodología de la tesis
5-8	Recopilación de datos y pruebas experimentales
9-12	Análisis de datos
13-14	Redacción de la tesis
15-16	Revisión y corrección de la tesis
17-18	Preparación de presentación y defensa

## 12. Bibliografía

- Alher, S. (2023). *La importancia de la termografía en las instalaciones eléctricas*. Obtenido de Alhersem: <https://www.alhersem.com>
- Anderson, P., Clark, J., & Brown, S. (2020). Thermal Imaging for Electrical Inspections. *Journal of Electrical Engineering*, 123-135.
- APLITER. (19 de 08 de 2024). *Cámara termográfica FLIR E95*. Obtenido de APLITER: <https://www.apliter.com/producto/camara-termografica-flir-e95/>
- Baker, N., & Thompson, P. (2021). Introduction to infrared thermography: Qualitative and quantitative analysis. *Thermal Imaging Journal*, 203-215.
- Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2019). *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & Sons.
- Bharadwaj, N. (2019). *Advances in Infrared Thermography for Aerospace Applications*. Springer.
- Brown, S., Johnson, M., & Wilson, T. (2020). Principles and Applications of Thermal Imaging. *Electrical Systems Journal*, 45-60.
- Camlense. (2023). *Full Spectrum Camera vs IR Camera - Ultimate Guide in 2023*. Obtenido de Camlense: <https://www.camlense.com/full-spectrum-vs-ir-camera>
- Casanova, J., Martínez, L., & Pérez, M. (2023). Termografía infrarroja en el diagnóstico de fallas eléctricas. *Revista de Ingeniería Eléctrica*, 123-130.
- Chen, L., & Li, H. (2021). Infrared thermography applications in electrical system diagnostics. *Journal of Infrared Technology*, 175-192.
- Coluccio Leskow, E. (19 de 08 de 2024). *Rayos infrarrojos*. Obtenido de Enciclopedia Concepto: <https://concepto.de/rayos-infrarrojos/>
- Crosbie, A. L. (2019). Infrared radiation heat transfer. *Annual Review of Heat Transfer*, 1-45.

- Fernández, M., & Gómez, R. (2022). Avances en termografía infrarroja: Técnicas y aplicaciones en el diagnóstico de sistemas eléctricos. *Journal of Applied Thermography*, 123-1383.
- FLIR, T. (2023). *How Do Thermal Cameras Work?* Obtenido de FLIR: <https://www.flir.com/discover/rd-science/how-do-thermal-cameras-work>
- Fluke. (2023). *What is Thermal Imaging? Thermal Cameras and How They Work*. Obtenido de Fluke: <https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/thermal-imaging/what-is-thermal-imaging>
- Fractal. (07 de 08 de 2023). *Aplicación de la termografía infrarroja en equipos*. Obtenido de Mantenedipedia: <https://www.fractal.com/es/mantenedipedia/aplicacion-de-la-termografia-infrarroja-en-equipos>
- García, J., Martínez, L., & Díaz, R. (2020). *Mantenimiento de sistemas eléctricos: Prácticas y procedimientos*. Editorial Tecnica.
- García, M., & Martínez, P. (2019). Enhancing Electrical Safety with Thermal Imaging. *Safety and Efficiency Journal.*, 89-97.
- Gómez, R., & López, M. (2020). *Mantenimiento y diagnóstico en sistemas eléctricos: Teoría y práctica*. Ediciones Técnicas.
- Gómez, R., & Rodríguez, S. (2023). Inspección y mantenimiento de tableros eléctricos. *Manual de Ingeniería Eléctrica*, 33-40.
- González, A., & Martínez, J. (2022). Quantitative thermal analysis in electrical systems: Techniques and tools. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 5382-5390.
- Gonzalez, F., & Perez, R. (2021). Application of Thermal Imaging in Electrical Maintenance. *Electrical Engineering Review.*, 12-25.
- González, J., & Martínez, P. (2021). Termografía infrarroja en el diagnóstico de fallas eléctricas. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 102-115.

- Grekkom. (19 de 08 de 2024). *Qué es y cómo funciona una cámara térmica*. Obtenido de Grekkom: <https://grekkom.com/que-es-y-como-funciona-una-camara-termica/>
- HABOTEST. (2021). *HT.208D Clamp Multimeter Product Specifications*. Obtenido de HABOTEST: <https://www.habotest.com/sale-13562580-digital-clamp-meter-ht208d-6000counts-habotest-voltage-1000v-ohm-hz-temperature-ncv-vfd-current-duty.html>
- Hammond, G. P., & Norman, J. (2021). *Electricity grids and their components*. In *The Handbook of Energy Efficiency*. Springer.
- He, Y., Yu, Z., & Li, W. (2021). Thermographic analysis in electrical systems: A review of application methods. *Journal of Electrical Engineering*, 301-312.
- HIKMICRO. (2024). *HIKMICRO Eco & Eco-V*. Obtenido de HIKMICRO: <https://www.hikmicrotech.com/es/industrial-products/eco-eco-v-handheld-infrared-camera/>
- Hodgson, R. (2021). Thermal detectors in infrared thermography. *Applied Optics*, 251-259.
- Ibrahim, M. (2020). Fundamentals of Infrared Thermography. *Journal of Applied Physics*, 101-112.
- ISO18434-1. (2013). *ISO 18434-1:2013 condition monitoring and diagnostics of machines - thermography - Part 1: General procedures*.
- Jones, R. (2021). Application of Thermography in Condition Monitoring: Standards and Procedures. *Science Direct*.
- Katz, J., Bartnik, A., & Song, J. (2019). Advances in infrared detector technology. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 1-11.
- Kittel, C., & Kroemer, H. (2018). *Thermal physics*. W. H. Freeman.
- Kolari, V. (2023). *Full Spectrum and Two Spectrum*. Obtenido de Kolari Vision: <https://www.kolarivision.com/full-spectrum-vs-two-spectrum>

- Kumar, S., Patel, D., & Shah, V. (2021). Identifying Electrical Risks with Thermal Imaging. *Journal of Electrical Risk Management*, 56-70.
- Kumar, V., & Sharma, R. (2023). Electrical safety and protection systems: Strategies and devices. *Journal of Electrical Safety Engineering*, 78-92.
- Li, X., Meng, Y., & Wang, Q. (2021). Emissivity and its applications in thermal infrared radiation. *Thermal Science*, 173-184.
- López, J., & Hernández, A. (2022). Aplicaciones modernas de la termografía en el diagnóstico de fallas eléctricas. *Journal of Electrical Diagnostics*, 45-59.
- López, M., & Sánchez, P. (2018). *Guía práctica de mantenimiento eléctrico*. Ediciones Industriales.
- López, P., Sánchez, R., & Díaz, F. (2023). Análisis de fallas en equipos eléctricos. *Ingeniería y Mantenimiento*, 55-62.
- Mag, O. (2024). *10 Best Night Vision Camcorders in 2024*. Obtenido de Optics Mag: <https://www.opticsmag.com/best-night-vision-camcorders>
- Martínez, J., Pérez, A., & Torres, F. (2021). Termografía aplicada en el mantenimiento predictivo. *Revista de Ingeniería Eléctrica*, 76-82.
- Minkina, W., & Dudzik, S. (2017). *Infrared thermography - errors and uncertainties*.
- Nguyen, H., & Tran, T. (2020). Electrical Insulation Failures: Causes and Prevention. *Journal of Electrical Safety*, 87-99.
- Patel, D., & Shah, V. (2021). Thermal Imaging Technology in Electrical Inspections. *Journal of Electrical Engineering*, 102-118.
- Pérez, A., & Rodríguez, L. (2022). Principios de la termografía infrarroja y su aplicación en diagnósticos eléctricos. *Revista de Ciencias Aplicadas*, 45-60.
- Pérez, R. (2019). Inspección y mantenimiento de tableros eléctricos. *Manual de Ingeniería y Tecnología*, 50-55.

- Planck, M. (2019). The theory of heat radiation. *Journal of Modern Physics*, 159-167.
- Prakash, R. V. (2012). *Infrared thermography*.
- Rao, M. R., & Das, S. (2021). Thermal imaging for electrical diagnostics: Principles and applications. *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 1125-1138.
- Rodríguez, C. (2020). Modernización de instalaciones eléctricas: Beneficios y consideraciones. *Ingeniería Avanzada*, 83-89.
- Rodríguez, S. (2021). Mantenimiento preventivo de tableros de distribución. *Manual de Ingeniería Eléctrica*, 33-40.
- Siegel, R., Howell, J. R., Mengüç, M. P., & Daun, K. J. (2020). *Thermal radiation heat transfer*. CRC Press.
- Silva Juárez, A., Salazar Pedraza, M., & Ponce Mellado, J. (2017). Procedimiento para inspección de tableros eléctricos con termografía infrarroja. *Revista de Tecnología e Innovación*.
- Smith, B. (2020). Infrared detectors: Types and applications. *Journal of Infrared Technology*, 12-24.
- Smith, J., & Jones, L. (2019). The Importance of Electrical Diagnostics. *Journal of Electrical Engineering*, 89-103.
- Wang, X., Li, Y., & Zhang, Z. (2020). Overload Protection in Electrical Systems. *International Journal of Electrical Systems*, 101-115.
- Wilson, T., & Clark, J. (2019). Standard Procedures for Thermal Inspections. *Journal of Electrical Maintenance*, 78-92.
- World, D. C. (2024). *The best thermal-imaging cameras in 2024*. Obtenido de Digital Camera World: <https://www.digitalcameraworld.com/best-thermal-imaging-cameras>
- X., E. (2023). *Diagnóstico de fallas eléctricas*. Obtenido de ENEL X: <https://www.enelx.com/>

Yang, X., Wang, Z., & Liu, Y. (2020). Applications of Infrared Thermography in Electrical Engineering: A review. *Journal of Electrical Engineering*, 402-410.