UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD

TEMA:

LEVANTAMIENTO TERMOGRÁFICO CON DRON PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA ARCGIS DE EMELNORTE EN LAS LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN DE LA SUBESTACIÓN LA ESPERANZA A LA SUBESTACIÓN OTAVALO.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero (a) Eléctrico (a)

Autor:

Jimmy Alexander Hernández Colcha

Director:

Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas MSc.

Ibarra, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

De acuerdo con lo establecido en el Art. 144 de la Ley de Educación Superior, entrego el presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para su publicación en el Repositorio Digital Institucional, proporcionando la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003837281		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Hernández Colcha Jimmy Alexander		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Caranqui, Calle Luciano Andrade M, N 9-23		
EMAIL:	jahernandezc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		**TELÉFONO MÓVIL:**	+593963913576

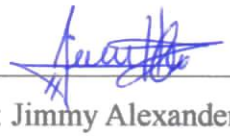
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Levantamiento termográfico con dron para la actualización del sistema ArcGIS de EMELNORTE en las líneas de subtransmisión de la subestación La Esperanza a la subestación Otavalo
AUTOR (ES):	Hernández Colcha Jimmy Alexander
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	21/02/2025
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** ☐ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	**Ingeniero(a) Eléctrico(a)**
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Hernán Pérez, MSc / Ing. Olger Arellano, MSc

- CONSTANCIAS

El autor declara que la obra cubierta por esta autorización es completamente original y ha sido desarrollada sin infringir los derechos de autor de terceros. Por lo tanto, el autor es titular de los derechos patrimoniales y asume total responsabilidad sobre su contenido, comprometiéndose a defender a la Universidad en caso de cualquier reclamo de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de febrero de 2025

EL AUTOR:

Firma: 

Nombre: Jimmy Alexander Hernández Colcha

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, ARELLANO BASTIDAS OLGER GILBERTO en calidad de director del señor estudiante JIMMY ALEXANDER HERNÁNDEZ COLCHA certifico que ha culminado con las normas establecidas en la elaboración del Trabajo de Integración Curricular con el tema: Levantamiento termográfico con dron para la actualización del sistema ArcGIS de EMELNORTE en las líneas de subtransmisión de la subestación la esperanza a la subestación Otavalo.

Para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, aprobado la defensa, impresión y empastado.

Ing. Arellano Bastidas Olger Gilberto

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DEDICATORIA

A Dios, por su infinito amor, por ser mi guía en cada paso de este camino y por darme la fortaleza para superar cada desafío.

A mis padres Ángel y Elisa, mis hermanos Ángel, Jessica, Michael y Mateo. Porque con su apoyo incondicional, sus enseñanzas y su fe en mí, me han impulsado a creer en mis propias capacidades y a luchar siempre por mis sueños.

A Ashly, Isabella y Benjamín, porque en ustedes encuentro mi mayor inspiración. Son mi hogar, mi motor y mi futuro, y todo lo que hago es con la esperanza de construir juntos un mejor camino.

Jimmy Hernández.

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de este camino, he contado con el apoyo invaluable de muchas personas que han sido fundamentales en mi crecimiento académico y personal.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis, MSc. Olger Arellano, y a mi asesor de tesis, MSc. Hernán Pérez, por su orientación, paciencia y compromiso en la realización de este trabajo de titulación. Su guía ha sido esencial para la culminación de este proyecto.

Al Tecnólogo Nixon Espinosa, al departamento de Termografía y al departamento GIS de EMELNORTE, por compartir sus conocimientos de manera desinteresada, brindándome su apoyo para el desarrollo de este trabajo.

A los docentes de la Universidad Técnica del Norte, quienes no solo me transmitieron sus conocimientos, sino también su experiencia y valores, formando no solo a un profesional, sino también a una mejor persona.

A Graciela, Kevin y Belén, por haber sido más que compañeros de estudio; su amistad, apoyo y momentos compartidos hicieron de este camino una experiencia enriquecedora.

A mi amigo Mauricio, y a todas las personas que conocí a lo largo de esta etapa, porque con cada consejo y sonrisa me demostraron que la vida siempre tiene algo nuevo que ofrecer.

A mis suegros, por su apoyo constante y por ser una fuente de sabiduría en cada decisión tomada, brindándome siempre su confianza y respaldo.

A mis compañeros de trabajo y las empresas que de una u otra manera me brindaron su apoyo y también fueron parte del desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN **14**

CAPÍTULO I **16**

INTRODUCCIÓN 16

Tema *16*

El problema *16*

1.1. Problema de investigación 16

1.1.1. Problemática a investigar 16

1.1.2. Elaboración de la pregunta de investigación 16

1.2. Objetivos 17

1.2.1. Objetivo general 17

1.2.2. Objetivos específicos 17

1.3. Alcance y Delimitación 17

1.4. Justificación 18

CAPÍTULO II **20**

MARCO TEÓRICO 20

2.1. El sistema eléctrico 21

2.2. Importancia del levantamiento termográfico en líneas de subtransmisión. 21

2.3. Líneas de subtransmisión eléctrica 22

2.3.1. Elementos de líneas eléctricas de subtransmisión 22

2.3.2. Termografía Infrarroja en líneas de Subtransmisión 23

2.3.3. Formas de inspección termográficas en líneas de subtransmisión 24

2.3.4. Diagnóstico termográfico de drones en líneas de subtransmisión 24

2.4. Uso de drones en levantamiento termográfico 25

2.4.1. Avances de tecnologías en drones para levantamiento termográfico 26

2.4.2. Cámara termográfica para drones 27

2.4.3. Sensores para drones en líneas de subtransmisión 28

2.4.4. Procesamiento de datos termográficos por drones 30

2.5. Criterios de análisis termográfico 31

2.5.1. Parámetros eléctricos monitorizables termográfico con drones. 32

2.6. Base de datos para levantamiento de redes eléctricas de subtransmisión 32

2.7. Sistema de Información Geográfica (GIS) para levantamiento con drones 33

2.7.1. Descripción de un GIS en redes termográficas georreferenciadas 34
2.7.2. Atributos de la información en un GIS 34
2.7.3. Aplicaciones del GIS en sistemas eléctricos 35
2.8. Fotogrametría con Agisoft Metashape Professional 36
2.8.1. Tipos de Fotogrametría 36
2.8.2. Importancia de la georreferenciación en proyectos de infraestructura eléctrica. 37

CAPÍTULO III 38

MATERIALES Y MÉTODOS 38
Diseño de la investigación 38
3.1. Tipo de investigación 38
3.1.1. Metodología 38
3.1.1.1. Investigación bibliográfica 39
3.1.1.2. Planificación 39
3.1.1.3. Ejecución 39
3.1.1.4. Procesamiento 40
3.1.1.5. Resultados 40
3.2. Investigación de Campo 40
3.3. Ubicación geográfica de la investigación 40
3.4. Objetivos de la investigación 41
3.5. Levantamiento de la información termográfica con dron 41
Equipo y programas a utilizar 42
3.6. Especificaciones técnicas del equipo principal 42
3.6.1. Dron Matrice 300 RTK 42
3.6.2. Batería TB60 y estación de carga inteligente 43
3.6.3. Cámara Termográfica Zenmuse H20T 44
3.7. Antena RTK (Real- Time Kinematic) 46
3.7.1. Fundamentos de GNSS y RTK en la georreferenciación con dron 47
3.8. Software DJI Thermal Analysis tool 48
3.8.1. Visualizar y analizar imágenes térmicas 48
3.8.1.1. Procesar y mejorar imágenes térmicas 49
3.8.1.2. Crear informes y presentaciones 49
3.8.1.3. Compartir imágenes y datos 49
3.8.1.4. Características principales: 49
3.8.1.5. Análisis de imágenes termográfica 51

3.9. ArcGIS 51
3.9.1. Descripción del Sistema ArcGIS 51
3.9.2. Aplicación de ArcGIS en el Proyecto 51
3.9.3. Herramientas y Funciones Implementadas 53
3.9.3.1. Herramientas Utilizadas: 53
3.9.3.2. Funciones agregadas 53
3.9.4. Aporte De ArcGIS al proyecto 54
Planificación para el levantamiento termográfico con dron 54
3.10. Preparativos Previos al Trabajo de Campo 54
3.10.1. Planificación de Rutas de Vuelo 54
3.10.2. Coordinación con la empresa EMELNORTE S.A. 57
3.10.3. Revisión del Equipamiento 57
3.11. Inspección del sistema aéreo 57
3.11.1. Antes de ir a la zona de vuelo 58
3.11.2. Verificación para salir a campo 58
3.11.3. En la zona de vuelo (preparación de la zona de vuelo) 59
Ejecución del levantamiento termográfico con dron 60
3.11.4. Inspección Visual Preliminar: 61
3.11.5. Vuelos con el Dron 61
3.12. Recopilación de Datos Termográficos: 61
Procesamiento de la información obtenida 62
3.13. Método de georreferenciación y medidas en Metashape 62
3.13.1. Altura de Poste o torre de la línea de subtransmisión 66
3.14. Resultado del procesamiento 67
3.14.1. Tipo de estructura y características de las torres de subtransmisión. 68
3.14.2. Altura de las torres de subtransmisión eléctrica. 69
3.14.3. Imágenes visuales y termográficas procesadas. 70
3.14.4. Georreferenciación en líneas de subtransmisión. 71

CAPÍTULO IV 71

RESULTADOS Y DISCUSION 71
4.1. Integración de los Datos Georreferenciados en ArcGIS 72
4.1.1. Base de datos de imagen termográfica 72
4.1.2. Base de datos de imagen visual 73
4.1.3. Integración de la información de las características de la torre 73

4.1.4. Contribución del levantamiento termográfico al sistema ArcGIS 73

4.1.5. Actualización de la matriz de parámetros en el programa. 73

4.1.6. Mejora en la accesibilidad y análisis de datos georreferenciados. 74

4.1.7. Beneficios directos para EMELNORTE 74

4.1.8. Implicaciones para la industria eléctrica 74

4.2. Conclusiones 75

4.3. Recomendaciones 75

REFERENCIAS 76

ANEXOS 80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos que comprende el Sistema Eléctrico. 23
Figura 2. Drones utilizados en redes eléctricas de Subtransmisión 26
Figura 3. Cámara termográfica de un dron usada en redes eléctricas de Subtransmisión 28
Figura 4. Representación del espectro electromagnético 29
Figura 5. Zonas de espectro visible 29
Figura 6. Zonas de un sensor multiespectral común 30
Figura 7. Flujograma de la metodología del proyecto 39
Figura 8. Localización de la Subestación La Esperanza a la Subestación Otavalo 41
Figura 9. Dron Matrice 300 RTK 42
Figura 10. Cámara termográfica DJI Zenmuse H20T 45
Figura 11. Armado de Antena RTK. 47
Figura 12. Correcta ubicación de la antena RTK 48
Figura 13. Análisis termográfico en el Software DJI Thermal Analysis tool 50
Figura 14. Informe generado con el software Dji Thermal Analysis tool 51
Figura 15. Programa ArcGIS aplicado a redes eléctricas en EMELNORTE 53
Figura 16. *Ruta Nro. 1 Dirección hacia la Subestación Cananvalle* 55
Figura 17. *Ruta Nro.2 Subestación Cananvalle Hacia La Subestación Cayambe* 55
Figura 18. tramo 1. Subestación Cayambe Hasta el sector de El Cajas 56
Figura 19. Tramo 2. Sector El Cajas hacia La Subestación Otavalo 57
Figura 20. Ruta lista para realizar el vuelo (pantalla del control) 58
Figura 21. Revisión del equipo antes del trabajo de campo 59
Figura 22. Inspección y Verificación visual preliminar del lugar de vuelo 60
Figura 23. Prueba de cámaras y prueba de vuelo 61
Figura 24. Selección de imágenes en Agisoft Metashape 62
Figura 25. Imagen procesada con la orientación de fotos 63
Figura 26. Creación de nube de puntos densa. 64

Figura 27. Imagen 3D (malla) de la estructura eléctrica. 64

Figura 28. Georreferenciación de una estructura de subtransmisión 65

Figura 29. Obtención de la altura en una torre de subtransmisión 66

Figura 30. Trifásica - 2 Poste H – Retención/Suspensión 66

Figura 31. Trifásica - Línea Pasante – 1 circuito 67

Figura 32. Trifásica - Torre Acero Galvanizado- Retención/ Suspensión - 1Circuito 67

Figura 33. Comparación en ArcGIS del tipo de estructura con el actual 68

Figura 34. Imágenes Visuales en ArcGIS (izquierda) - Imágenes termográficas en ArcGIS (Derecha) 70

Figura 35. Comparación de los puntos georreferenciados anteriores con el actualizado. . 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Especificaciones técnicas de Dron DJI Matrice 300 RTK 43

Tabla II. Especificaciones técnicas de la estación de carga y las baterías BT60 43

Tabla III. Especificación del fabricante de la Cámara termográfica DJI Zenmuse H20T ..46

Tabla IV. Tipo de estructura previa a la investigación 69

Tabla V. Tipo de estructura actualizada.....69

Tabla VI. Altura de las torres o postes actualizada.....69

RESUMEN

La inspección de líneas energizadas presenta riesgos significativos para el personal, así como limitaciones en el acceso a ciertas áreas de la infraestructura. El presente proyecto tuvo como objetivo principal realizar un levantamiento termográfico con dron para actualizar la matriz de información del sistema ArcGIS de EMELNORTE en las líneas de subtransmisión entre las subestaciones La Esperanza y la subestación Otavalo. Mediante el uso de un dron equipado con cámara termográfica y antena RTK (Real-Time Kinematic). El proyecto se desarrolló en cuatro fases principales: planificación, ejecución, análisis de datos e integración de la información. En la fase de planificación, se diseñaron las rutas de vuelo y se coordinó con el personal técnico de EMELNORTE para asegurar el acceso a las instalaciones y la logística necesaria. Durante la ejecución, se utilizó un dron DJI Matrice 300 RTK equipado con una cámara termográfica Zenmuse H20T, que permitió capturar imágenes térmicas y visuales de alta resolución, así como datos georreferenciados con precisión centimétrica. En la fase de análisis, se procesaron las imágenes mediante software especializado como Agisoft Metashape y DJI Thermal Analysis Tool. Finalmente, se integraron los datos en el sistema ArcGIS para su visualización y gestión.

PALABRAS CLAVES

Termografía infrarroja, drones, subtransmisión eléctrica, ArcGIS, georreferenciación.

ABSTRACT

The inspection of energized lines presents significant risks for the operators, as well as limitations in the access to some areas of the infrastructure. The main objective of this project was to perform a thermographic survey with a drone to update the information matrix of EMELNORTE's ArcGIS system in the subtransmission lines between La Esperanza and Otavalo substations. By using a drone equipped with a thermographic camera and RTK (Real-Time Kinematic) antenna. The project was developed in four main phases: planning, execution, data analysis and information integration. In the planning phase, flight routes were designed and coordinated with EMELNORTE's technical staff to ensure access to the facilities and the necessary logistics. During execution, a DJI Matrice 300 RTK drone equipped with a Zenmuse H20T thermographic camera was used to capture high-resolution thermal and visual images, as well as georeferenced data with centimeter accuracy. In the analysis phase, the images were processed using specialized software such as Agisoft Metashape and DJI Thermal Analysis Tool. Finally, the data were integrated into the ArcGIS system for visualization and management.

KEY WORDS

Infrared thermography, drones, electrical subtransmission, ArcGIS, georeferencing.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Tema

Levantamiento termográfico con dron para la actualización del sistema ArcGIS de EMELNORTE en las líneas de subtransmisión de la subestación La Esperanza a la subestación Otavalo.

El problema

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Problemática a investigar

En Imbabura, la inspección y mantenimiento de las líneas de subtransmisión que se extienden desde la subestación La Esperanza hasta la subestación Otavalo son fundamentales para garantizar un suministro eléctrico confiable y seguro. Sin embargo, se enfrenta a desafíos considerables debido a la imposibilidad de desconectar estas líneas para levantamientos de información. El personal encargado de recopilar esta información debe utilizar equipos de protección diseñados para líneas calientes, ya que la infraestructura está energizada, presentando un riesgo significativo para la seguridad del personal. Además, la inspección de áreas inaccesibles en la parte superior de la estructura agrega una capa adicional de complejidad y peligro. También es necesario una mejora de la matriz de parámetros de cada objeto a ser analizado en estas líneas de subtransmisión.

1.1.2. Elaboración de la pregunta de investigación

¿Qué parámetros deben considerarse para la actualización de la matriz de información del programa ArcGIS, para incorporar las características específicas de la infraestructura de las líneas de subtransmisión del levantamiento con el dron desde la subestación La Esperanza hasta la subestación Otavalo de EMELNORTE?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar el levantamiento termográfico de parámetros utilizando drones en las líneas de subtransmisión de EMELNORTE entre las subestaciones La Esperanza y Otavalo en Imbabura – Ecuador, para la actualización de la matriz de información del programa ArcGIS en la infraestructura eléctrica.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir las tecnologías para el levantamiento termográfico con drones.
- Analizar la información de la infraestructura en líneas de subtransmisión levantadas mediante dron desde la subestación La Esperanza hasta la subestación Otavalo de EMELNORTE.
- Integrar la información actualizada al programa ArcGIS ampliando la matriz de parámetros disponibles.

1.3. Alcance y Delimitación

Este proyecto se propone abordar la complejidad asociada a la inspección y mantenimiento de las líneas de subtransmisión en la región de Imbabura. En el tramo que se extiende desde la subestación La Esperanza hasta la subestación Otavalo, se llevará a cabo un levantamiento termográfico utilizando drones equipados con antena RTK para georreferenciación y cámaras termográficas. Es crucial destacar que estas inspecciones se realizarán en líneas de subtransmisión energizadas, superando así la dificultad inherente a la imposibilidad de desconectarlas para levantamientos de información.

En la fase de análisis, se examinará la información termográfica obtenida mediante revisión de videos e imágenes captadas con el dron y los datos proporcionados por la antena RTK, los rangos de temperatura. El objetivo es identificar parámetros como es las medidas de la estructura, las coordenadas con precisión centimétrica, niveles de voltaje, temperatura y también imágenes termográficas que contribuirán a una actualización significativa de la matriz

de información en el programa ArcGIS. Este proceso permitirá la incorporación más precisa de la información de la infraestructura de las líneas de subtransmisión mencionadas anteriormente.

La actualización del programa ArcGIS se revisará, verificará y se integrará mediante la implementación técnica de los datos recopilados ya descritos, lo que permitirá la ampliación de la matriz de parámetros actualmente disponibles. Esta información estará alojada en el software ArcGIS, asegurando su accesibilidad y utilidad para diversas aplicaciones en la región.

1.4. Justificación

El empleo de drones equipados con cámaras termográficas representa una optimización de recursos en las inspecciones de infraestructuras eléctricas. Al complementar las inspecciones tradicionales en terreno, se minimizan los riesgos laborales y se reducen los costos relacionados con la movilización del personal a áreas de difícil acceso como es la parte superior de la estructura debido a su capacidad de vuelo, autonomía y precisión en la captura de datos a gran altura.

La mejora en la precisión, gracias a la georreferenciación exacta y las imágenes termográficas detalladas, garantiza la continuidad y seguridad del suministro eléctrico. Esta precisión no solo asegura la identificación temprana de problemas, evitando costosas fallas en el futuro, sino que también reduce los costos operativos a largo plazo al evitar inspecciones recurrentes en áreas de difícil acceso.

La vialidad de este proyecto comprende la colaboración con el personal de EMELNORTE S.A. que facilitara la experiencia técnica necesaria para la operación de estos dispositivos (dron, cámara termográfica, antena RTK, Software ArcGIS). El personal técnico de la empresa se beneficiará directamente al contar con imágenes detalladas simplifiquen futuros análisis, disminuyendo los costos y el traslado asociado con las inspecciones físicas, reduciendo los riesgos asociados con las inspecciones en líneas de subtransmisión energizadas. Las

comunidades y sectores servidas por EMELNORTE también experimentarán beneficios al disfrutar de una mayor confiabilidad en el suministro eléctrico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En la actualidad, el sistema eléctrico está compuesto por diversos elementos que permiten el transporte de la energía eléctrica, constituyéndose como un pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad [1]. Para garantizar cada una de sus etapas desde los sistemas de generación, la transmisión y distribución hasta los puntos de consumo.

Al tener las facilidades tecnológicas de hoy en día, se necesita proveer técnicas capaces de minimizar el tiempo y riesgos al momento de inspeccionar la infraestructura eléctrica en líneas de transmisión y distribución [2]. Por lo general las inspecciones de las líneas eléctricas que trasportan la energía eléctrica se las realiza con personal, el mismo que está a expensas de las dificultades del terreno además del riesgo laboral por las zonas de difícil acceso donde se ubican las torres de transmisión [3].

La necesidad de monitorear las líneas eléctricas de manera efectiva y eficiente se ha puesto en marcha el uso de drones, pero cada vez mejorando sus características tanto en horas de vuelo, batería, fotos y grabaciones, entre otras [4]. También el uso de cámaras termográficas infrarrojas mientras mejor y actual sea nuestro dron mejor serán los beneficios al momento de realizar el análisis, logrando hasta el triple de la inspección de estas redes [5] siendo una innovación a la hora de mejorar las condiciones y monitoreo de las redes eléctricas [6].

“Al implementar drones para el reconocimiento de estructuras, se mejorará el proceso de desglose de materiales y con el uso de ortofotos, se reduce la necesidad de movilizar al personal al tener imágenes y datos actualizados del área de diseño” [7]. Lo que refiere a garantizar la precisión de cada ubicación de cada torre y cable esencial para garantizar el suministro eléctrico [8]. Y a su vez el análisis con cámaras termográficas y antenas de georreferenciación RTK (Real-Time Kinematic) [9].

Destacando los siguientes autores para complementar el desarrollo del trabajo de grado como nos dice en el estudio [10], que se centró en la integración de imágenes termográficas

para la gestión de las líneas de transmisión. El objetivo del estudio era presentar un método para la detección temprana de anomalías en el estado de las infraestructuras. En esta fase, La representación de las características térmicas se realiza mediante un mapa de calor que muestran que el método termográfico es capaz de detectar puntos calientes. Por lo general las inspecciones de las líneas eléctricas que trasportan la energía eléctrica se las realiza con personal, el mismo que está a expensas de las dificultades del terreno además del riesgo laboral por las zonas de difícil acceso donde se ubican las torres de transmisión [11].

Para cada proceso a realizarse debe tener una recopilación histórica de datos y cada empresa encargada dispone del equipo técnico y físico donde se tendrá dichos datos, ya en este punto con los datos del dron nos ayuda con la inspección y desarrollo de una matriz prevista de diferentes datos como son coordenadas (antena RTK), fotografías visuales, además de imágenes termográficas cada una con su respectivo análisis de temperatura y escala infrarroja, también podremos obtener medidas de cada torre [12], [13]. Llegando así a tener una mayor cantidad de datos que supondrán eficacia para futuros análisis [9].

2.1. El sistema eléctrico

El sistema eléctrico es una gran red que posibilita la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Esta red comprende una variedad de componentes, como plantas de generación que convierten diferentes fuentes de energía en electricidad, líneas de transmisión que transportan la electricidad a largas distancias, subestaciones que regulan y controlan el flujo de energía, y redes de distribución que llevan la electricidad a los hogares y negocios. Todos estos sistemas trabajan en conjunto para garantizar que la electricidad llegue de manera confiable a los consumidores finales [1].

2.2. Importancia del levantamiento termográfico en líneas de subtransmisión.

La subtransmisión eléctrica radica en su capacidad para transportar grandes cantidades de energía eléctrica a distancias intermedias entre las centrales generadoras y los centros de distribución locales [14]. Este componente esencial del sistema eléctrico actúa como un puente

estratégico, facilitando la transferencia de electricidad a través de distancias significativas con pérdidas mínimas.

Al ser una línea eléctrica de alto voltaje optimiza la distribución geográfica de la energía, permitiendo la conexión de diversas subestaciones con áreas de alta demanda. Además, su capacidad para operar a niveles de voltaje elevados mejora la eficiencia del transporte de energía, minimizando las pérdidas por resistencia y maximizando la estabilidad del sistema. En consecuencia, comprender y gestionar adecuadamente la subtransmisión eléctrica se convierte en un aspecto fundamental para garantizar la integridad y la eficiencia del sistema eléctrico en su conjunto [15].

En este contexto, la aplicación del levantamiento termográfico es un instrumento vital para la gestión y mantenimiento preventivos de las líneas de subtransmisión, permitiendo una evaluación precisa de las condiciones térmicas en sus elementos y contribuyendo así a garantizar la integridad y eficiencia del sistema eléctrico en su conjunto.

2.3. Líneas de subtransmisión eléctrica

Las líneas de subtransmisión son infraestructuras eléctricas que transportan la energía eléctrica desde una subestación de distribución a otra [16]. Su función es conectar las subestaciones de distribución entre sí, permitiendo que la energía eléctrica fluya de una región a otra. Normalmente operan a un voltaje de 69 kV, pero también pueden operar a voltajes superiores, como 115 kV o 138 kV [17].

2.3.1. Elementos de líneas eléctricas de subtransmisión

Las redes de subtransmisión eléctrica están compuestas por varios elementos esenciales, cada uno desempeñando un papel crucial en la eficiencia y confiabilidad del sistema. Los conductores como componentes fundamentales transportan la carga eléctrica a lo largo de la línea, asegurando la transferencia eficiente de energía. Por su parte, los soportes, que pueden adoptar la forma de torres o postes, tienen la función esencial de sostener y mantener en

posición los conductores [18], garantizando la estabilidad estructural de la línea de subtransmisión.

Las subestaciones, por otro lado, representan puntos clave en la red, encargándose de transformar el voltaje de la electricidad y adaptarlo a las necesidades específicas del sistema [18]. A continuación, se describirán los componentes más significativos en líneas de subtransmisión eléctrica como son:

- Transformadores en subestaciones.
- Postes o torres metálicos, conductores, cables de acero.
- Aisladores poliméricos, cerámico y/o vidrio.
- Herrajes y accesorios de poste y línea, perfiles L y pletinas.
- Elementos de protección como pararrayos, seccionadores, etc.

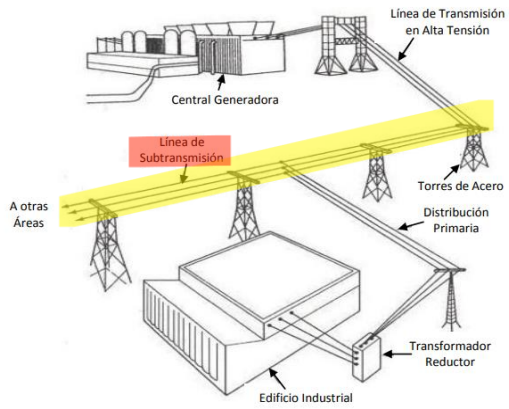


Figura 1. Elementos que comprende el Sistema Eléctrico.

2.3.2. Termografía Infrarroja en líneas de Subtransmisión

Estos se sitúan en el espectro electromagnético entre las regiones visibles y de microondas, y su origen de radiación infrarroja se basa en el calor radiante. La radiación infrarroja es emitida por objetos con temperaturas superiores al cero absoluto (273, 15º C o 0 Kelvin), lo que abarca incluso a objetos extremadamente fríos como bloques de hielo. La radiación infrarroja es una presencia constante en nuestra vida diaria, proveniente del calor del sol, fuego o una chimenea. Aunque no son visibles para nuestros ojos, nuestra piel es capaz de percibir el calor asociado a

los rayos infrarrojos. Por lo que, a mayor temperatura de un material, mayor será la radiación infrarroja que emite [12].

2.3.3. Formas de inspección termográficas en líneas de subtransmisión

Para realizar el análisis se puede clasificar en dos tipos que son: Inspección termográfica cualitativa y cuantitativa.

a) Inspección termográfica cualitativa

La inspección termográfica cualitativa se obtiene mediante la adquisición de imágenes de la radiación infrarroja de un elemento o proceso para la realización de un informe sobre sus características térmicas [19].

b) Inspección termográfica cuantitativa

La inspección termográfica cuantitativa toma la medición de temperatura a través la cámara térmica y posterior realizar los correctivos dependiendo la prioridad del daño en las líneas eléctricas [19].

2.3.4. Diagnóstico termográfico de drones en líneas de subtransmisión

Las empresas energéticas realizan pruebas de cables eléctricos de forma rutinaria como medida de mantenimiento preventivo. Las reglas de las líneas eléctricas establecen una periodicidad básica para estas pruebas [20].

Las imágenes visuales permiten identificar distorsiones o irregularidades en los componentes de las líneas, como los postes, los aisladores, los conductores, los accesorios y las balizas. La termografía, por otro lado, se utiliza para identificar los llamados "puntos calientes", que son áreas de un componente que tienen una temperatura más alta que el resto [15].

Los puntos calientes pueden ser causados por el flujo de corriente, pero también pueden ser causados por un mal contacto o por otra forma de tensión. Los puntos calientes deben investigarse para determinar la causa y tomar las medidas correctivas necesarias.

El uso de helicópteros y drones permite tomar foto-termografías desde un ángulo diferente al que se puede obtener desde el suelo. Esto puede ayudar a identificar problemas que no serían visibles desde el suelo. Además, estas aeronaves pueden volar a una velocidad constante y a una distancia constante de las líneas eléctricas [10], lo que permite obtener imágenes más precisas.

Esto es importante porque nos ayuda a identificar problemas que no serían visibles desde el suelo y a obtener imágenes más precisas. Por ejemplo, pueden acceder a líneas eléctricas que están en áreas remotas o que son difíciles de alcanzar desde el suelo [17].

2.4. Uso de drones en levantamiento termográfico

Un dron se define como un dispositivo de navegación autónomo con especificaciones técnicas diseñadas para llevar a cabo diversas tareas [12], ya sea en entornos exteriores o interiores. Este dispositivo cuenta con la capacidad de incorporar diferentes tipos de sensores espectrales, que van desde cámaras de vídeo hasta cámaras de dispersión visible e infrarrojos, entre otros. Además, tiene la versatilidad de operar a diversas altitudes, pudiendo analizar más espacio en un solo vuelo, ejecutando vuelos completamente automáticos. Es posible programar y controlar el dron de manera remota o manualmente a través de radiocontrol.

Figura 2. Drones utilizados en redes eléctricas de Subtransmisión

Los drones son una herramienta mucho más segura y eficiente. Pueden volar a gran altura sin necesidad de andamios ni otros equipos como vehículo con canasta elevadora, lo que elimina el riesgo para los operarios. Además, pueden acceder a zonas de difícil acceso que en por lo general abarcan grandes distancias y diferentes zonas de la región, lo que permite inspeccionar las infraestructuras de forma completa y detallada.

Los drones registran datos precisos en tiempo real y los transmiten en directo al equipo técnico. Esto permite analizar in situ cualquier infraestructura y detectar posibles problemas de forma temprana [17].

2.4.1. Avances de tecnologías en drones para levantamiento termográfico

Como nos dice Reyes [20], el avance constante en tecnologías en baterías, pilas de combustible, sensores y elementos de vehículos aéreos no tripulados (VAN) han marcado

mejoras significativas en la viabilidad de la inspección de líneas eléctricas mediante drones y los desarrollos relacionados.

Además, con la termografía aplicada mediante drones ha llevado a innovaciones, especialmente en el ámbito de las redes de distribución eléctrica. Estas características en drones han revolucionado la manera en que se lleva a cabo la inspección y monitoreo de infraestructuras críticas al incorporar cámaras térmicas a drones, logrando mejorar la eficacia y la precisión en la detección temprana de posibles problemas [7], [21].

2.4.2. Cámara termográfica para drones

Las cámaras termográficas tienen la capacidad de registrar la intensidad de la radiación en la parte infrarroja del espectro electromagnético y transformarla en una imagen visible [17]. Este proceso implica que la energía infrarroja emitida por un objeto se focaliza a través de un sistema óptico, en un detector infrarrojo. Posteriormente, el detector envía los datos al sensor electrónico para el procesamiento de imágenes, y el sensor convierte estos datos en imágenes que son compatibles con el visor y se pueden visualizar en un monitor de video estándar o en un monitor LCD.

El termómetro infrarrojo desempeña el papel de transformar una imagen infrarroja en una imagen radiométrica para la lectura de valores de temperatura [22]. De esta manera, cada píxel de la imagen irradiada representa esencialmente una medida de temperatura. Para lograr esto, se implementan algoritmos complejos en la cámara infrarroja, convirtiéndola en una herramienta ideal para levantamiento termográfico en redes eléctricas.

Figura 3. Cámara termográfica de un dron usada en redes eléctricas de Subtransmisión

2.4.3. Sensores para drones en líneas de subtransmisión

Los drones se pueden equipar con algunos accesorios dependiendo de la compatibilidad de la marca con la que se trabaja como son los sensores externos y estos se convierten en herramientas especializadas para diferentes aplicaciones como es las líneas de subtransmisión. Se pueden utilizar sensores para detectar problemas como fugas, corrosión o daños en estructuras y las redes eléctricas.

a) Sensores espectrales en un dron

Los sensores espectrales que se admite en los drones pueden captar las variaciones de las ondas dentro del espectro electromagnético, según un rango de frecuencias o longitudes de onda.

Los sensores espectrales se utilizan con frecuencia para monitorear cultivos porque identifican en la vegetación la temperatura y la humedad, entre otras variables [16].

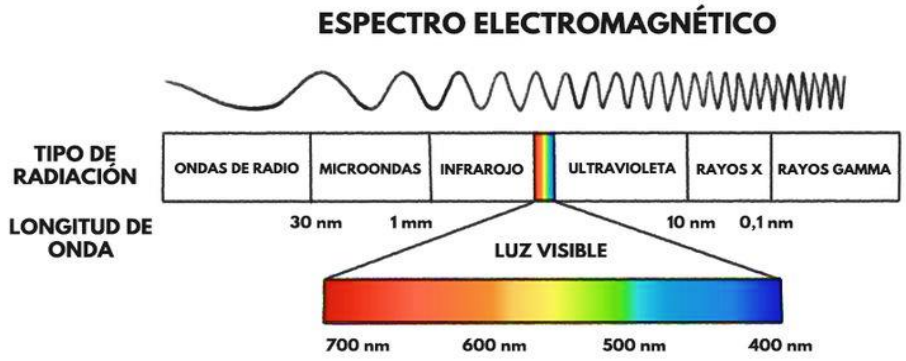
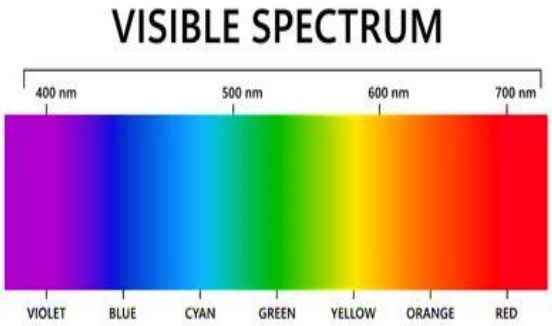


Figura 4. Representación del espectro electromagnético

En la figura 4, muestra la onda electromagnética, tras haberse realizado un barrido de la frecuencia, muestra, así, sus diversas longitudes de onda y las agrupa en zonas, de esta manera se puede identificar la radiación que emana de una superficie.

b) Sensores de Espectro Visible (RGB)

Es un sensor cuyo rango espectral se centra en los colores rojo, verde y azul, ya que, esos son los colores que el ojo humano reconoce con mayor facilidad. Se utilizan para estudios de sistemas eléctricos [16].



ZONAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO			
No.	Desde	Hasta	Clasificación
1	10^{-6} µm	10^{-2} µm	Rayos X
2	10^{-2} µm	0,4 µm	ultravioleta
3	0,4 µm	0,7 µm	Espectro Visible
4	0,7 µm	1,0 Mm	Infrarrojo
5	1,0 mm	1,0 Cm	Ondas milimétricas
6	1,0 cm	1,0 m	Microondas
7	1,0 m	10,0 km	Ondas de radio

Figura 5. Zonas de espectro visible

c) Sensor multi espectral

Estos sensores abarcan el espectro de luz visible y se adentran en la categoría llamada infrarrojo próximo y la primera ventana del infrarrojo medio, donde ya es posible localizar concentraciones de humedad y fallos estructurales.

ESPECTRO VISIBLE				
No.	Desde	Hasta	Clasificación	
3.1	0,40 µm	0,46 µm	Violeta	
3.2	0,46 µm	0,49 µm	Azul	
3.3	0,49 µm	0,55 µm	Verde	
3.4	0,55 µm	0,58 µm	Amarillo	
3.5	0,58 µm	0,60 µm	Naranja	
3.6	0,60 µm	0,70 µm	Rojo	

Figura 6. Zonas de un sensor multiespectral común

Si los sensores multi espectrales que se adaptan a los drones lograran expandir su rango espectral a la zona ultravioleta y detectar longitudes de onda entre 10 y 400 nanómetros, fenómenos como el efecto corona podrían ser percibidos, capturados y localizados [16].

2.4.4. Procesamiento de datos termográficos por drones

Para realizar un análisis y post procesamiento de la información obtenida se necesita un software de análisis e informes de última generación que ayuda a los usuarios a gestionar miles de imágenes y vídeos térmicos. El software automatiza la recopilación de datos y simplifica la edición de imágenes, lo que permite a los usuarios optimizar su flujo de trabajo y aumentar su productividad [8].

a) Análisis de temperatura:

El software puede utilizarse para medir la temperatura de objetos y superficies. Esto puede ser útil para identificar problemas potenciales, como fallos eléctricos o puntos calientes.

b) Análisis de imágenes

El software puede utilizarse para analizar las imágenes térmicas en busca de patrones o anomalías. Esto puede ayudar a los usuarios a identificar áreas de interés para un análisis más detallado.

c) Generación de informes

El software puede utilizarse para generar informes personalizados que resuman los resultados del análisis. Estos informes pueden ser útiles para comunicar los hallazgos a los clientes o supervisores.

Existe herramientas que puede ayudar a los usuarios a obtener más información de sus datos térmicos. El software puede ser fácil de usar y ofrece una variedad de funciones para satisfacer las necesidades de los usuarios.

2.5. Criterios de análisis termográfico

Para la evaluación térmica de las líneas de subtransmisión, se debe considerar la normativa internacional establecida por la International Electrical Testing Association (NETA) [23], las cuales establecen criterios para la identificación y clasificación de fallas eléctricas mediante termografía. Estas normativas permiten estandarizar el análisis de las diferencias de temperatura en componentes eléctricos similares bajo condiciones de carga equivalentes, facilitando la detección temprana de anomalías en la infraestructura eléctrica.

Según estas normativas, las fallas térmicas se categorizan en cuatro niveles de criticidad [23], cada uno con un plan de acción específico. La clasificación considera la diferencia de temperatura entre los componentes eléctricos inspeccionados y se establece de la siguiente manera:

a) Riesgo Tolerable (Normal): No representa una amenaza inmediata y no requiere intervención.
b) Riesgo Importante (Leve): Requiere monitoreo periódico para evitar deterioros progresivos.
c) Riesgo Crítico (Grave): Demanda una intervención programada para corregir la anomalía y evitar posibles fallas en el sistema.

d) Riesgo Muy Crítico (Muy Grave): Necesita atención inmediata, ya que puede comprometer la operatividad de la infraestructura eléctrica y aumentar el riesgo de fallas catastróficas.

Estos criterios serán aplicados en el desarrollo del sistema de inspección basado en procesamiento de imágenes termográficas. La implementación de esta metodología en el monitoreo de las líneas de subtransmisión de EMELNORTE y permitirá la identificación temprana de anomalías térmicas, optimizando la planificación del mantenimiento predictivo y reduciendo costos operativos asociados a fallas no previstas.

2.5.1. Parámetros eléctricos monitorizables termográfico con drones.

La obtención y monitoreo de parámetros eléctricos en los componentes, equipos y sistemas en las líneas de subtransmisión se basa en la recopilación de datos que permite evaluar posibles puntos calientes y determinar la necesidad de intervención, considerando el estado de las líneas. La eficacia del mantenimiento predictivo se centra en reducir los costos asociados a mantenimientos no planificados y en mejorar la confiabilidad global del sistema eléctrico [17].

Por lo tanto, el empleo de drones equipados con cámaras infrarrojas sin contacto ha demostrado ser una herramienta valiosa para la predicción de fallos en las estructuras de redes eléctricas. La combinación de termografía y análisis de imágenes de los elementos de estructura proporciona datos precisos y cuantificables en el sistema eléctrico. Este enfoque, respaldado por la tecnología termográfica, no solo optimiza la detección temprana de posibles problemas, sino que también contribuye a la toma de decisiones informadas sobre la necesidad de intervenciones, alineándose con el objetivo general de reducir costos de mantenimiento y aumentar la fiabilidad del sistema eléctrico [18].

2.6. Base de datos para levantamiento de redes eléctricas de subtransmisión

La base de datos constituye el pilar de cualquier GIS destinado al levantamiento y gestión de redes eléctricas [16]. Esta matriz de datos centralizada almacena una vasta cantidad de

información georreferenciada, desde la ubicación precisa de subestaciones y líneas de subtransmisión hasta los atributos técnicos de cada elemento de la red.

La calidad de las bases de datos es crucial para garantizar la precisión de los análisis, la optimización de los recursos y la toma de decisiones estratégicas en el sector eléctrico, las ventajas que ofrece esta herramienta son innegables, al disponer de una base de datos de información confiable. Las empresas del sector eléctrico pueden mejorar la eficiencia operativa, reducir costos, optimizar la planificación de la red y garantizar un suministro eléctrico más confiable y seguro.

2.7. Sistema de Información Geográfica (GIS) para levantamiento con drones

En la presente década diversas organizaciones vienen desarrollando bases de datos georreferenciales y sistemas de información Geográfica (GIS). Hace unos pocos años el GIS era una herramienta especializada y estaba al alcance de pocas organizaciones debido a los costos de los equipos informáticos, la velocidad de procesamiento de la información y la capacidad de almacenamiento [16].

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) han evolucionado significativamente en las últimas décadas, pasando de ser herramientas especializadas a soluciones accesibles y ampliamente utilizadas en diversos sectores. La capacidad de capturar, almacenar, analizar y visualizar datos geográficos ha revolucionado la forma en que tomamos decisiones basadas en información espacial [16].

Tradicionalmente, la recopilación de datos geográficos se realizaba mediante métodos terrestres, lo que implicaba procesos lentos y costosos [1]. Sin embargo, el arribo de los drones ha transformado radicalmente este panorama. Equipados con sensores de alta precisión, los drones permiten obtener imágenes aéreas de alta resolución en un tiempo récord, cámaras con alta variedad de resolución y sensores, generando datos georreferenciados que pueden ser integrados directamente en los GIS [1].

La integración de los datos obtenidos mediante drones en los GIS ha abierto nuevas posibilidades en el análisis espacial. Modelos digitales del terreno de alta precisión, ortofotos detalladas y nubes de puntos densas son solo algunos ejemplos de los productos que pueden generarse a partir de estos datos [16]. Esta información detallada permite realizar análisis más precisos y completos, facilitando la identificación de patrones, la detección de cambios y la evaluación de riesgos en redes eléctricas, entre otros.

2.7.1. Descripción de un GIS en redes termográficas georreferenciadas

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) son sistemas informáticos especializados en la gestión de información geográfica aplicada a las redes eléctricas [1]. Estos sistemas permiten crear mapas digitales detallados de la infraestructura eléctrica, incluyendo la ubicación de subestaciones, líneas de transmisión, transformadores y conexiones domiciliarias. Al integrar datos geográficos con información técnica y operativa, los GIS facilitan la planificación, el diseño, la operación y el mantenimiento de las redes eléctricas.

Algunas de las aplicaciones más comunes de los GIS en el sector eléctrico incluyen la gestión de activos, la planificación de redes, el análisis de fallas y la respuesta a emergencias

2.7.2. Atributos de la información en un GIS

Como el GIS es un conjunto de procedimientos usados para almacenar y manipular datos geográficamente referenciados, un objeto en un GIS es cualquier elemento relativo a la superficie terrestre que tiene geoposicionamiento es decir que presenta una dimensión física (alto - ancho - largo) y una localización espacial o una posición medible en el espacio relativo a la superficie terrestre. A todo objeto se asocian unos atributos que pueden se gráficos y no gráficos o alfanuméricos estos se relacionan mediante un atributo de unión [16].

a) Atributos gráficos

La representación de los objetos se hace por medio de puntos, polilíneas y polígonos. Cabe mencionar que los diferentes softwares te dan la posibilidad de personalizar dichos gráficos.

b) Atributos no gráficos o alfanuméricos

Son datos alfanuméricos, que pueden ser cualitativas como cuantitativas y corresponden a las características que definen a los elementos gráficos que intervienen en el sistema o tablas de datos que intervienen en el registro de información [16].

2.7.3. Aplicaciones del GIS en sistemas eléctricos

Los sistemas GIS se pueden usar en:

- Análisis catastrales.
- Redes eléctricas de distribución
- Redes eléctricas de transmisión
- Sistemas de generación
- Sistemas de mantenimiento
- Sistemas fotovoltaicos
- Sistemas eólicos
- Levantamientos topográficos, mineros, agrícolas, etc.
- Planeamiento forestal.
- Tratamiento de información para censos.
- Planificación urbana y regional.
- Desarrollo de bases cartográficas.
- Análisis económico y social.
- Redes de distribución de agua y desagüe
- Transporte.
- Seguridad
- Estudio y análisis de las áreas de ventas y marketing de las empresas.
- Explotación de recursos naturales.
- Planificación de negocios.

2.8. Fotogrametría con Agisoft Metashape Professional

Agisoft Metashape Professional es un software de fotogrametría, que permite generar modelos tridimensionales de alta precisión a partir de fotografías [24]. Este software es una de las herramientas más avanzadas en este campo, ya que permite el procesamiento de datos geoespaciales con un alto grado de precisión, facilitando la georreferenciación y el análisis estructural de infraestructuras eléctricas [24]. Su capacidad para generar modelos digitales detallados a partir de imágenes aéreas lo convierte en una solución clave para la inspección de líneas de subtransmisión

2.8.1. Tipos de Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica de medición y modelado tridimensional basada en la captura y procesamiento de imágenes [24]. Dependiendo de la ubicación desde donde se toman las fotografías y la distancia al objeto de estudio, la fotogrametría se clasifica en tres tipos principales: aérea, terrestre y cercana.

a) Aérea

La fotogrametría aérea está centrada en la captura de imágenes desde una altura considerable, generalmente mediante aviones, satélites o drones. La ventaja principal de este tipo de fotogrametría es la capacidad de cubrir grandes extensiones de terreno con alta precisión en un tiempo reducido en comparación con otros métodos, lo que la hace ideal para aplicaciones en cartografía, monitoreo de infraestructura y análisis de cambios en el paisaje [24].

En el contexto del levantamiento termográfico de líneas de subtransmisión, la fotogrametría aérea con drones permite obtener imágenes de alta resolución de las torres y postes, facilitando su georreferenciación y la detección los elementos que componen las líneas eléctricas.

b) Terrestre

En este método, las imágenes se capturan desde el suelo utilizando cámaras fijas o móviles [24]. Es ampliamente utilizada en arquitectura, arqueología y modelado de estructuras de

pequeña escala. Aunque el uso en inspecciones eléctricas es limitado, puede complementar la fotogrametría aérea en la evaluación de componentes específicos de torres de subtransmisión desde ángulos no accesibles por drones.

c) Cercana

Este tipo de fotogrametría se basa en la captura de imágenes a corta distancia del objeto de estudio [24]. Se emplea principalmente en la documentación de detalles estructurales y en el análisis de elementos con alta precisión. En el caso de inspección de líneas de subtransmisión, la fotogrametría cercana con drones permite obtener imágenes detalladas de los aisladores, conexiones y otros elementos críticos de la infraestructura eléctrica, complementando la fotogrametría aérea.

2.8.2. Importancia de la georreferenciación en proyectos de infraestructura eléctrica.

La georreferenciación es un proceso crucial en la fotogrametría, a su vez el uso de drones aumenta la visión para el procesamiento de imágenes. En Agisoft Metashape, este proceso se puede llevar a cabo utilizando datos GPS embebidos en las imágenes, estaciones base RTK/PPK y puntos de control terrestre [24]. La precisión de la georreferenciación es fundamental en proyectos de redes eléctricas, ya que garantiza la correcta ubicación de las torres en el mundo real y permite realizar mediciones precisas para el análisis y la planificación.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación

3.1. Tipo de investigación

Para llevar a cabo el levantamiento termográfico con drones en las redes de subtransmisión de EMELNORTE, se empleó el nivel de investigación de campo, también conocido como investigación in situ [24]. Esta modalidad de investigación se realiza directamente en el sitio donde se encuentra el objeto de estudio, en este caso, desde la subestación La Esperanza hasta la subestación Otavalo. Este enfoque permitió recopilar datos e información de manera directa en el lugar donde se llevará a cabo el levantamiento termográfico de la infraestructura eléctrica.

La investigación de campo posibilitó obtener un conocimiento más profundo del problema, lo cual permitió analizar el problema y crear recomendaciones para abordar la problemática identificada. Además, este enfoque permitió respaldarse en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales para la recolección y análisis de datos, lo que contribuyó a obtener información precisa y relevante para el desarrollo del proyecto de grado.

3.1.1. Metodología

La metodología a aplicarse en esta investigación tiene un enfoque cuantitativo y experimental, basado en la recopilación y análisis de datos termográficos obtenidos mediante drones. Para ello, se planificarán y ejecutarán vuelos sobre las líneas de transmisión, con el objetivo de recopilar imágenes y datos georreferenciados. Posteriormente, esta información será procesada y actualizada en la matriz de datos dentro del sistema de archivos correspondiente.

Para entender la metodología de esta investigación se presenta la Fig. 7, donde se describe el desarrollo de la investigación.

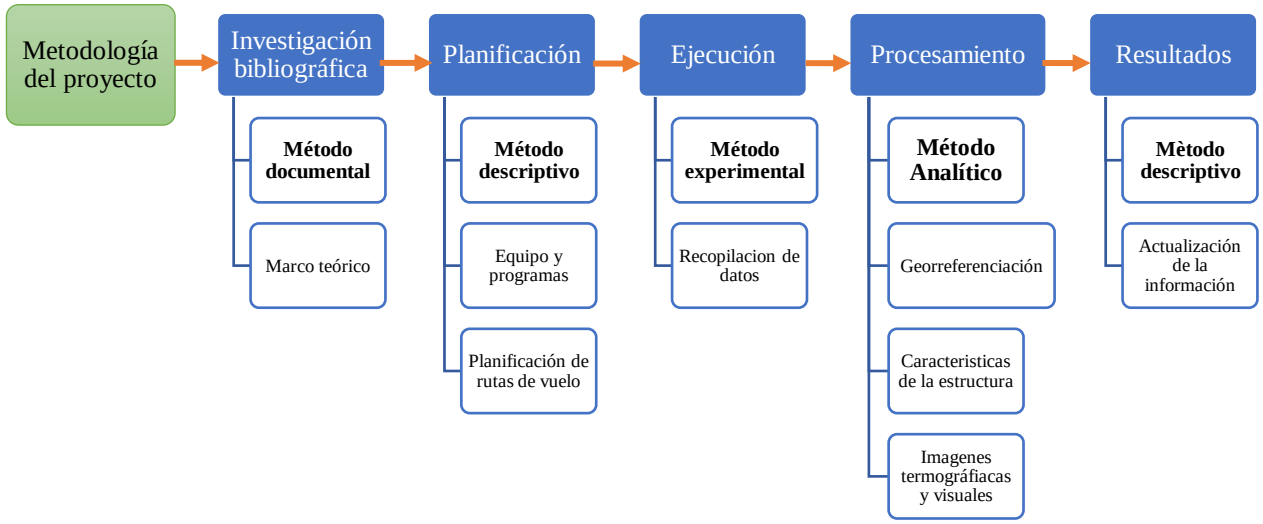


Figura 7. Flujograma de la metodología del proyecto

3.1.1.1. Investigación bibliográfica

En esta fase se centró en la recopilación y análisis de información relevante sobre termografía infrarroja, sistemas de información geográfica (GIS) y tecnologías aplicadas en inspecciones de infraestructuras eléctricas. Se destaca el uso del método documental para fundamentar el estudio de antecedentes científicos.

3.1.1.2. Planificación

En la planificación se definieron los procedimientos, rutas de vuelo y herramientas a utilizar para garantizar la correcta ejecución del levantamiento termográfico centrándose en un enfoque descriptivo para definir el procedimiento para realizar el levantamiento termográficos con dron.

3.1.1.3. Ejecución

Durante la ejecución se enfatiza el método experimental mediante la aplicación de la tecnología en campo. Aquí se llevó a cabo la recolección de datos mediante el levantamiento termográfico con drones. Se realizaron vuelos en las áreas previamente planificadas, obteniendo imágenes térmicas y datos georreferenciados

3.1.1.4. Procesamiento

Durante esta etapa se llevó a cabo la recolección de datos mediante el levantamiento termográfico con drones. A través de realizar los vuelos con el dron en las áreas previamente planificadas, obteniendo imágenes térmicas y datos georreferenciados. Teniendo un enfoque analítico, detallando el uso de herramientas GIS, termográficas y de fotogrametría.

3.1.1.5. Resultados

La fase de resultados consistió en la integración de la información obtenida en el sistema ArcGIS, con la actualización de la matriz de parámetros de las líneas de subtransmisión. Se documentaron las correcciones realizadas aplicando el método descriptivo, que permitió analizar y caracterizar los datos obtenidos en el levantamiento termográfico.

3.2. Investigación de Campo

La investigación de campo se llevó a cabo en las redes de subtransmisión de EMELNORTE, específicamente en el tramo que abarca desde la subestación La Esperanza hasta la subestación Otavalo. Esta área fue seleccionada debido a su importancia en la distribución de energía eléctrica en la región y la necesidad de mantener la infraestructura en óptimas condiciones para asegurar un suministro eléctrico confiable y sin interrupciones.

3.3. Ubicación geográfica de la investigación

La investigación se centró en las redes de subtransmisión de 69 KV de EMELNORTE, abarcando el tramo que va desde la Subestación La Esperanza, hasta la Subestación Otavalo. Esta ruta de aproximadamente 38,7 km se extiende a lo largo de un paisaje montañoso característico de la región andina del país, destacándose por sus valles [25], colinas y la riqueza natural circundante.

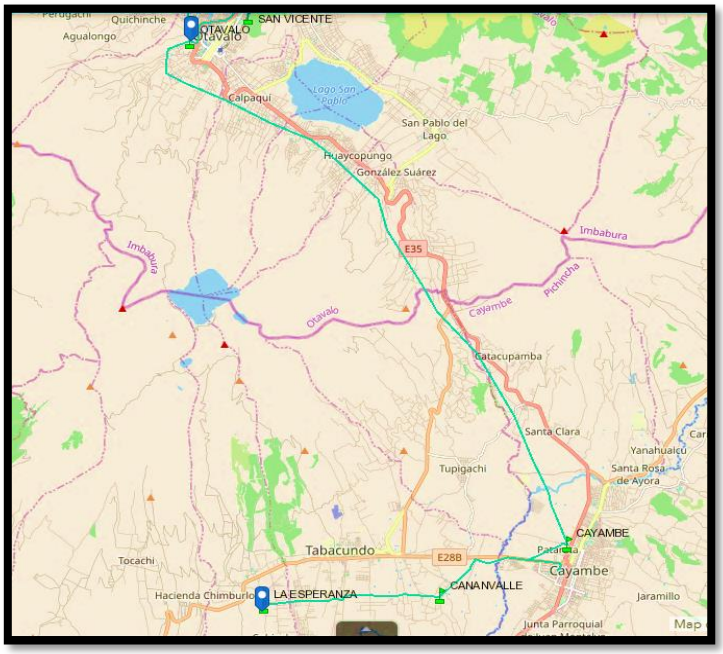


Figura 8. Localización de la Subestación La Esperanza a la Subestación Otavalo

3.4. Objetivos de la investigación

El principal objetivo de la investigación de campo fue realizar un levantamiento termográfico utilizando drones y la georreferenciación que tiene el mismo, con el fin de tener la información necesaria ya actualizada de la estructura y datos de los parámetros de estos de las líneas de subtransmisión. Esta información es crucial para las inspecciones termográficas mediante el uso de drones y conllevará a una notable disminución de los gastos en relación con los métodos convencionales que requieren la presencia física de inspectores termográficos [23]. Al prescindir del envío de trabajadores a zonas de acceso complicado y con peligros eléctricos, se obtendrá una mejora en el ahorro de los recursos, optimizando así la eficiencia operativa.

3.5. Levantamiento de la información termográfica con dron

Para la obtención de la información se siguió el siguiente procedimiento:

- Planificación logística
- Evaluación de riesgos

- Inspección con dron.
- Plan de recopilación de datos.

Equipo y programas a utilizar

3.6. Especificaciones técnicas del equipo principal

3.6.1. Dron Matrice 300 RTK

El Matrice 300 RTK se destaca como un dron de vanguardia diseñado para tareas industriales avanzadas. Incorporando la tecnología RTK (Real-Time Kinematic), garantiza una geolocalización con precisión a nivel centimétrico.

Figura 9. Dron Matrice 300 RTK

a. Características

Este dron ofrece un tiempo de vuelo impresionante de hasta 55 minutos, puede resistir vientos de hasta 15 m/s y tiene un alcance operativo de hasta 15 km, esto aumenta debido a que se tiene un total de tres juegos de baterías y sumados a la optimización de estas. Entre otras características que detallamos a continuación.

Tabla I.

Especificaciones técnicas de Dron DJI Matrice 300 RTK

Modelo	Matrice 300 RTK
Dimensiones (desplegado)	517 x 764 x 746 mm
Dimensiones (plegado)	283 x 367 x 746 mm
Peso (sin batería)	900 g
Peso (con batería)	1360 g
Carga útil máxima	2.3 kg
Velocidad máxima de ascenso	5 m/s
Velocidad máxima de descenso	3 m/s
Velocidad máxima horizontal	25 m/s
Resistencia al viento	12 m/s
Tiempo de vuelo máximo	45 minutos (con batería estándar) / 60 minutos (con batería Inteligente Plus)
Rango de temperatura operativa	-20°C a 50°C
Altitud máxima de vuelo	5000 m sobre el nivel del mar
Sistema de posicionamiento global	GPS + GLONASS + Beidou
Smart Controller (Control Remoto)	
Dimensiones	200 x 180 x 80 mm
Peso	800 g
Pantalla	5.5 pulgadas, 1080p
Rango de transmisión	8 km (FCC) / 6 km (CE)
Batería	Batería TB60
Duración de la batería	4.5 horas

b. Funciones

Es versátil y compatible con una amplia gama de cargas útiles, incluidas cámaras termográficas avanzadas, sistemas ópticos y sensores LIDAR de última generación.

3.6.2. Batería TB60 y estación de carga inteligente

La batería TB60, diseñada exclusivamente para el Matrice 300 RTK, es una unidad de energía inteligente y de alta capacidad.

Tabla II

Especificaciones técnicas de la estación de carga y las baterías BT60

Batería TB60

Capacidad	6000 mAh
Voltaje	15.2 V
Tipo de química	LiPo 4S
Temperatura de funcionamiento	-20°C a 50°C
Tiempo de carga	60 minutos
Ciclos de vida	500
Estación de Batería Inteligente	
Dimensiones	184 x 165 x 83 mm
Peso	900 g
Puertos de entrada/salida	1 x USB-A, 1 x USB-C
Potencia de salida	100 W
Temperatura de funcionamiento	-20°C a 50°C

a. Características

Con una capacidad de 5935 mAh, esta batería proporciona hasta 55 minutos de operación continua con una sola carga.

b. Funciones

Cuenta con un sistema de calentamiento automático para un rendimiento óptimo en condiciones frías y permite el monitoreo en tiempo real del estado de la batería.

3.6.3. Cámara Termográfica Zenmuse H20T

La DJI Zenmuse H20T Térmica es una cámara de alta resolución diseñada para aplicaciones de inspección aérea e industrial. Cuenta con un sensor de imagen térmica de alta resolución y un objetivo con zoom óptico de 2x, lo que le permite capturar imágenes detalladas de objetos y escenas a distancias considerables.

La H20T térmica también está equipada con una serie de funciones avanzadas que la convierten en una herramienta ideal para profesionales y usuarios exigentes. Estas funciones incluyen:

- Sensor de imagen térmica de alta resolución:

La cámara cuenta con un sensor de imagen térmica de 640 x 512 píxeles que proporciona imágenes nítidas y detalladas.

- Objetivo con zoom óptico de 2x:

El objetivo con zoom óptico de 2x le permite ampliar la imagen sin sacrificar la calidad de la imagen.

- Modos de visualización térmica:

La cámara ofrece una variedad de modos de visualización térmica, como paletas de colores, fusión de imágenes y medición de temperatura. Que es indispensable para el análisis termográfico.

- Grabación de video y radiometría

La cámara puede grabar video en alta definición y generar datos de radiometría para análisis posteriores.

Figura 10. Cámara termográfica DJI Zenmuse H20T

- Características

Con este tipo de cámara que tiene su compatibilidad con el dron matrice 300 RTK, al tener varias características que nos servirán como apoyo para realizar el levantamiento termográfico

georreferenciado de las líneas de subtransmisión. De este modo se puede ver en la tabla III las características, datos y especificaciones técnicas del fabricante. De este modo poder hacer uso de estas características y su aplicación para el proyecto a realizar.

Tabla III. Especificación del fabricante de la Cámara termográfica DJI Zenmuse H20T

Especificación	Valor
Sensor de imagen	Sensor de imagen térmica de 640 x 512 píxeles
Resolución de imagen	384 x 288 píxeles
Campo de visión	35° (horizontal) / 26° (vertical)
Distancia focal	25 mm (equivalente a 35 mm)
Apertura del diafragma	f/1.2
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C a 80°C
Sensibilidad a la luz	< 0.035 NETD (30°C, f/1.2)
Frecuencia de actualización	25 Hz
Modos de visualización térmica	Paletas de colores (Rainbow, Black Hot, White Hot, Iron bow, etc.), fusión de imágenes, medición de temperatura
Grabación de video	1080p a 25 FPS
Formato de video	MP4, MOV
Radiometría	Sí
Peso	490 g
Dimensiones	155 x 100 x 88 mm
Compatibilidad	Drones DJI Matrice 300 RTK, Matrice 300, Inspire 2, Mavic 2 Enterprise, Mavic Air 2

- Funciones

Esta cámara es capaz de detectar temperaturas con gran precisión y ofrece medición de temperatura en tiempo real, además de ser compatible con el software FLIR Thermal Studio Suite.

3.7. Antena RTK (Real- Time Kinematic)

Las antenas RTK son elementos fundamentales en proyectos que requieren posicionamiento preciso en tiempo real, como levantamientos topográficos, replanteo de obras, agricultura de precisión y guiado de maquinaria.

Figura 11. Armado de Antena RTK.

Su función principal es captar las señales de los satélites GNSS y transmitir las correcciones RTK al receptor, permitiendo obtener posiciones con precisión centimétrica.

3.7.1. Fundamentos de GNSS y RTK en la georreferenciación con dron

Los sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System) proporcionan la base para el posicionamiento. La elección de la constelación GNSS dependerá de la disponibilidad de señales en el área del proyecto y los requisitos de precisión para realizar los vuelos con el dron y tener el posicionamiento GPS en tiempo real.

La técnica RTK es esencial para lograr la precisión requerida en el proyecto. Se utilizará una estación base RTK ubicada en un punto conocido y preciso, o se accederá a una red de estaciones de referencia que tiene disponible el dron.

La ubicación de la antena GNSS en el proyecto es crítica. Debe estar ubicada en un lugar con una vista clara del cielo para recibir señales de múltiples satélites y minimizar las obstrucciones. Se utilizará los soportes para elevar la antena y asegurar una buena recepción como se puede observar en la figura.

Figura 12. Correcta ubicación de la antena RTK

3.8. Software DJI Thermal Analysis tool

DJI Thermal Analysis tool es un software de análisis de imágenes térmicas completo que le permite capturar, analizar y procesar imágenes y videos térmicos capturados con cámaras FLIR. El software ofrece una amplia gama de funciones que le permiten:

- Visualizar y analizar imágenes térmicas
- Procesar y mejorar imágenes térmicas
- Crear informes y presentaciones
- Compartir imágenes y datos

3.8.1. Visualizar y analizar imágenes térmicas

Puede visualizar imágenes térmicas en una variedad de paletas de colores y modos de visualización, y utilizar herramientas de análisis para medir la temperatura, identificar objetos y detectar patrones.

3.8.1.1. Procesar y mejorar imágenes térmicas

Puede procesar imágenes térmicas para eliminar el ruido, corregir la distorsión y mejorar la calidad de la imagen.

3.8.1.2. Crear informes y presentaciones

Puede crear informes y presentaciones profesionales que incluyan imágenes térmicas, gráficos y datos de análisis.

3.8.1.3. Compartir imágenes y datos

Puede compartir imágenes térmicas, datos de análisis e informes con otros usuarios.

3.8.1.4. Características principales:

a. Visualización de imágenes térmicas

Thermal Analysis tool es un software especializado que permite simular y analizar el comportamiento térmico de sistemas y componentes. Utiliza modelos matemáticos y numéricos para predecir cómo se distribuirá la temperatura en un objeto o sistema bajo diferentes condiciones. Esto permite a los ingenieros evaluar el rendimiento térmico de sus diseños, identificar puntos calientes y optimizar la gestión del calor a través del uso de paleta de colores como son: White Hot, Fulgurite, Iron Red, Hot Iron, Medica, Arctic, Black Hot, entre otros.

Los modos de visualización y herramientas como el zoom y panorámico, y las herramientas de medición de temperatura son de gran ayuda para realizar este tipo de análisis termográfico.

b. Análisis de imágenes térmicas

Con ayuda del programa se identificará los elementos de la estructura en líneas de subtransmisión, a través de la detección de patrones, análisis de puntos de interés, herramientas de medición de área (dron con cámara termográfica).

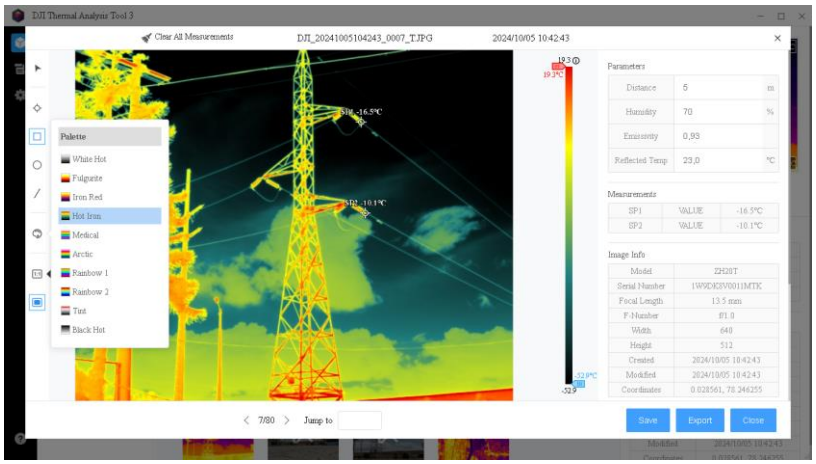


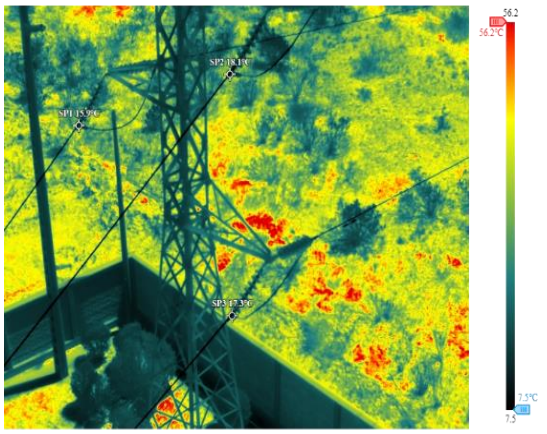
Figura 13. Análisis termográfico en el Software DJI Thermal Analysis tool

c. Procesamiento de imágenes térmicas

Al ser un software de termografía se utiliza las herramientas de eliminación de ruido, corrección de distorsión, mejora de la calidad de la imagen, fusión de imágenes.

d. Creación de informes

Con el programa se genera informes personalizados, gráficos y tablas, exportación de datos en varios formatos que procesan y también se exportan los datos obtenidos de cada una de las torres de subtransmisión eléctrica analizadas.



Measurements

SP1	VALUE	15.9°C
SP2	VALUE	18.1°C
SP3	VALUE	17.3°C

Parameters

Distance	5 m
Humidity	70%
Emissivity	0.93
Reflected Temp	23.0°C

Model	ZH20T
Serial Number	1W9DK8V0011MTK
Focal Length	13.5 mm
F-Number	f/1.0
Width	640
Height	512
Created	2024/10/05 10:41:07
Modified	2025/01/03 20:40:40
Coordinates	0.028667, 78.246091

Figura 14. Informe generado con el software Dji Thermal Analysis tool

e. Compartición de datos

Al ser un programa muy útil, se puede editar a conveniencia para luego compartir imágenes, datos e informes con otros usuarios, además de tener colaboración en línea por su amplia variedad de formatos.

3.8.1.5. Análisis de imágenes termográfica

El método para la fase de análisis de las imágenes se seguirá el siguiente procedimiento:

a. Recepción de información de campo

Este proceso es esencial para el almacenamiento de la información, ya que servirá de para su posterior análisis.

b. Creación de carpetas

Para cada programa de procesamiento de las imágenes visuales y térmicas, la fotogrametría (proceso de imágenes de las torres en 3D) como la gestión y análisis de la matriz de datos.

c. Análisis de información por poste o torre

Cada poste o torre fue analizada la georreferenciación, la altura de la estructura de la torre, su tipo, imágenes termográficas y visuales de la línea.

3.9. ArcGIS

3.9.1. Descripción del Sistema ArcGIS

ArcGIS, como sistema de información geográfica (SIG), ofrece una plataforma poderosa para gestionar, analizar y visualizar los datos obtenidos en un levantamiento termográfico.

3.9.2. Aplicación de ArcGIS en el Proyecto

ArcGIS, como sistema de información geográfica (SIG), ofrece una plataforma poderosa para gestionar, analizar y visualizar los datos obtenidos en un levantamiento termográfico. A

continuación, se detallan algunas de sus aplicaciones clave en el contexto de las empresas eléctricas ecuatorianas:

a. Georeferenciación de Datos:

Al asociar las imágenes termográficas a coordenadas geográficas precisas, se crea una base de datos espacial que permite ubicar con exactitud las líneas de subtransmisión y los puntos de inspección.

b. Análisis Espacial

ArcGIS facilita la identificación de patrones y tendencias en los datos termográficos. Por ejemplo, se pueden identificar zonas con mayor frecuencia de anomalías, lo que permite priorizar las tareas de mantenimiento.

c. Creación de Mapas Temáticos

Mediante la generación de mapas temáticos, se pueden visualizar de manera clara las zonas con mayor riesgo de fallas, lo que facilita la toma de decisiones estratégicas.

d. Integración con Otros Sistemas

ArcGIS se puede integrar con otros sistemas de información de la empresa eléctrica, como los sistemas de gestión de activos y los sistemas de gestión de mantenimiento, para obtener una visión más completa del estado de la red.

e. Comunicación Visual

Los mapas y gráficos generados con ArcGIS son una herramienta eficaz para comunicar los resultados de las inspecciones termográficas a técnicos, ingenieros y directivos, facilitando la comprensión de los problemas y la planificación de las acciones correctivas. Como se muestra en la figura 14.

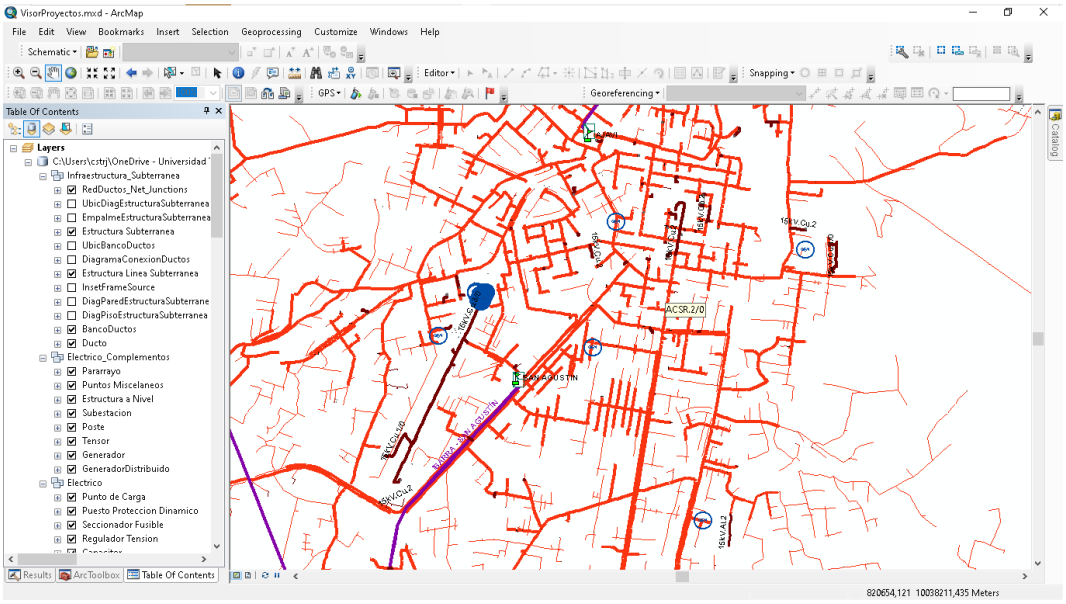


Figura 15. Programa ArcGIS aplicado a redes eléctricas en EMELNORTE

3.9.3. Herramientas y Funciones Implementadas

3.9.3.1. Herramientas Utilizadas:

a. Editor de mapas: Para integrar imágenes termográficas y datos recolectados.

b. Capas Geográficas: Implementación de capas adicionales para datos térmicos, ubicación de torres y parámetros críticos.

c. Análisis Espacial: Identificación de puntos críticos y patrones relacionados con el estado de las líneas de subtransmisión.

3.9.3.2. Funciones agregadas

a. Configuración de una matriz personalizada para almacenar parámetros termográficos.

b. Visualización de las líneas de subtransmisión para una mejor comprensión del terreno y las alturas.

c. Organización y almacenamiento de los datos recopilados por el dron.

d. Visualización georreferenciada de las líneas de subtransmisión entre las subestaciones La Esperanza y Otavalo.

e. Identificación de áreas críticas o anomalías detectadas.

3.9.4. Aporte De ArcGIS al proyecto

ArcGIS desempeño un papel clave en este proyecto al proporcionar una plataforma de gestión, análisis y visualización de la información que se llevó a cabo en el levantamiento termográfico. Se integración permitió optimizar el almacenamiento tanto de la matriz de datos modificada como la implementación de imágenes termográficas y visuales.

Su principal aporte fue el uso de herramientas para la creación de una matriz de datos que se detalla en el siguiente capitulo. Esto permitió una organización más eficiente de la información tanto para tener una actualización de los datos como para hacer uso de estos recursos y a su vez sea una base de datos de referencia para futuros levantamientos.

Planificación para el levantamiento termográfico con dron

3.10. Preparativos Previos al Trabajo de Campo

Antes de iniciar la investigación de campo, se llevaron a cabo varios preparativos esenciales como son:

a. Planificación de Rutas de Vuelo
b. Coordinación con EMELNORTE
c. Revisión del Equipamiento

3.10.1. Planificación de Rutas de Vuelo

Se diseño la ruta de vuelo para el dron para cubrir todas las líneas áreas de las líneas de subtransmisión y sus estructuras. Se utilizo herramientas de software para planificar los vuelos, asegurando una cobertura completa y eficiente.

En esta etapa se desarrolló la ruta a seguir para el levantamiento de la información para la obtención de datos y fotografías. De esta manera tener un cronograma y actividades a realizar en cada salida de la investigación de campo.

Ruta 1. Subestación La Esperanza a La Subestación Cananvalle

Se realizó la ruta N°1 desde la Subestación La Esperanza en dirección hacia La Subestación Cananvalle situado a 5,6 Km de distancia.

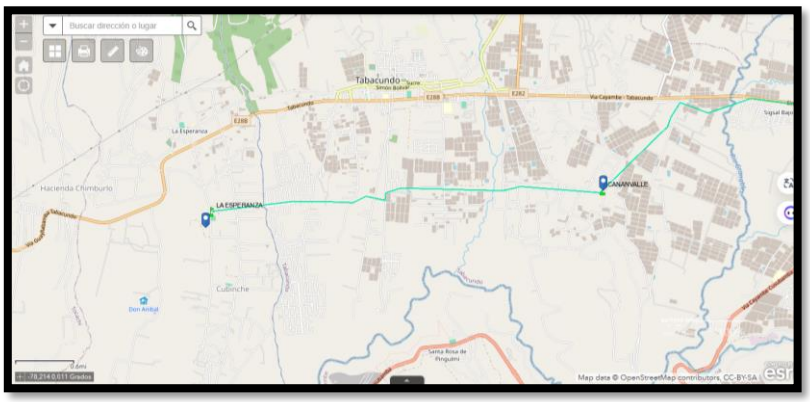


Figura 16. Ruta Nro. 1 Dirección hacia la Subestación Cananvalle

Ruta 2. Subestación Cananvalle a la Subestación Cayambe

La ruta N°2, se realizó desde la Subestación La Esperanza en dirección hacia La Subestación Cananvalle situado a 6,6 Km de distancia.

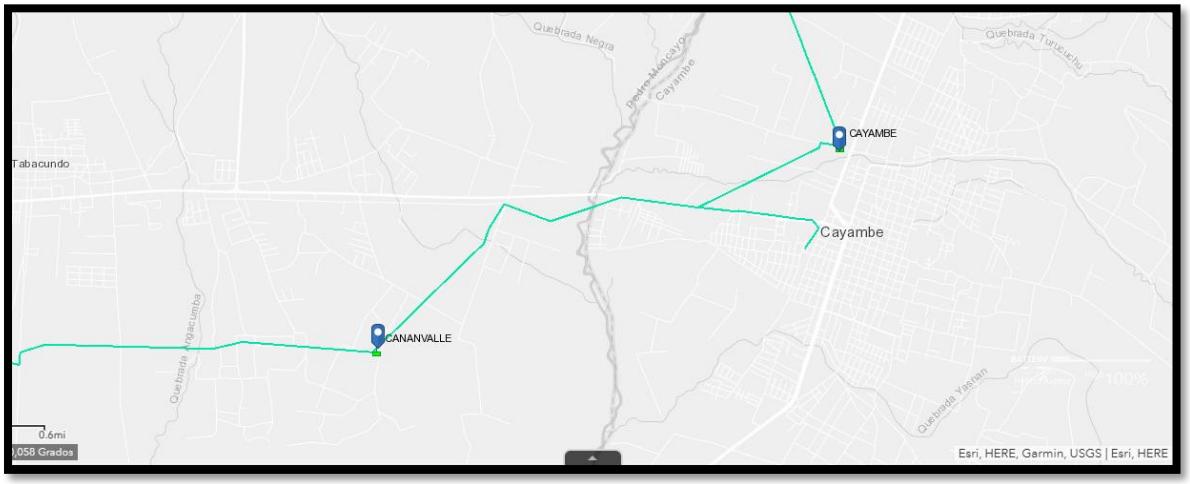


Figura 17. Ruta Nro.2 Subestación Cananvalle Hacia La Subestación Cayambe

Ruta 3. Subestación Cayambe a la Subestación Otavalo

Se realizó la ruta N°3 de la Subestación Cayambe en dirección hacia La Subestación Otavalo situado a 26,5 Km de distancia. Al ser una extensión muy larga, se realizó el levantamiento en dos tramos (rutas de vuelo).

Tramo 1.

Comprende desde la Subestación Cayambe hasta el límite provincial entre Imbabura y Pichincha conocido como el sector de El Cajas.

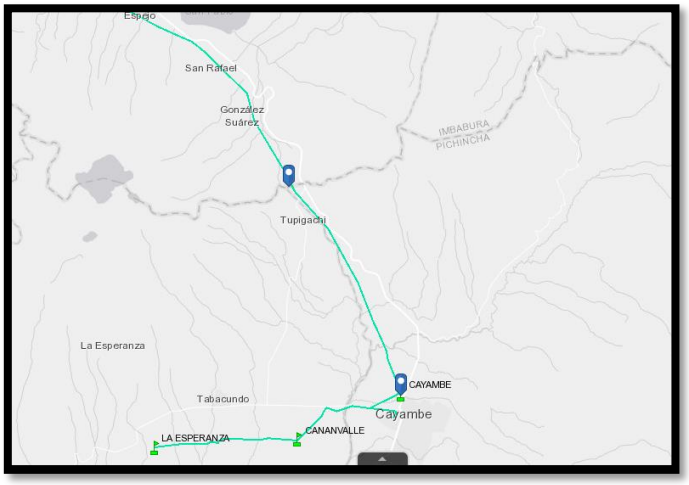


Figura 18. tramo 1. Subestación Cayambe Hasta el sector de El Cajas

Tramo 2.

Para continuar la ruta Nro. 3 en el Tramo 2 que va desde el límite provincial entre Imbabura y Pichincha conocido como el sector de El Cajas hasta la Subestación Otavalo.

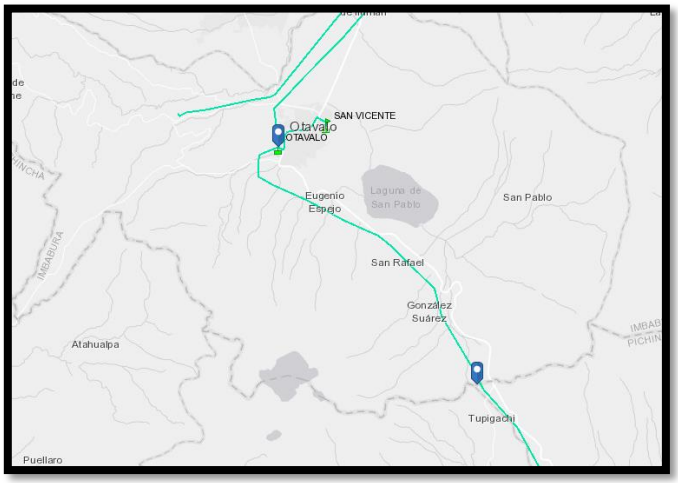


Figura 19. Tramo 2. Sector El Cajas hacia La Subestación Otavalo

3.10.2. Coordinación con la empresa EMELNORTE S.A.

Se estableció una comunicación constante con el personal de EMELNORTE tanto en el departamento de termografía como en el departamento de GIS de EMELNORTE de la ciudad de Ibarra. Con el fin de coordinar las actividades previas a realizar el levantamiento, la programación para salidas de campo y el post proceso del trabajo realizado, asegurando el acceso a las instalaciones, equipo técnico, al talento humano de la empresa y la seguridad calificada durante las operaciones que se realizaron en el proceso de este proyecto.

3.10.3. Revisión del Equipamiento

Se realizó una lista de verificación para salida de campo del dron y se detalla de los componentes para operar a continuación.

3.11. Inspección del sistema aéreo

- Antes de ir a la zona de vuelo
- Verificación para salir a campo
- En la zona de vuelo (preparación de la zona de vuelo)
- Ejecución de la Investigación de campo.

3.11.1. Antes de ir a la zona de vuelo

- Se tiene permiso de la autoridad oportuna (aérea y/o de la zona a sobrevolar)
- Comprobar estado de la meteorología
- Actualizar el software del dron.
- Crear la ruta de vuelo a seguir por el dron
- Guardar la ruta de vuelo para uso offline.

En este apartado se coordina con el operador a cargo que tiene la certificación de vuelo, para realizar esta revisión de cada una de las verificaciones previas a vuelo.

Figura 20. Ruta lista para realizar el vuelo (pantalla del control)

Se comprobó la ruta en modo offline (sin acceso a la red) en el mando controlador del dron (figura 20).

3.11.2. Verificación para salir a campo

- Fuselaje del dron
- Batería TB60 inteligente
- Hélices
- Motores

- Cámara y gimbal
- Tarjeta de memoria
- Antena RTK (estación de tierra y antena).
- Batería de repuesto para el dron TB60
- Baterías aseguramos que estén cargados
- Batería de radio control adicionales
- Mando radio control asegurando que esté cargado
- Tablet o equivalente que esté cargada
- Tarjeta de memoria de repuesto
- Hélices de repuesto
- Binoculares

En las siguientes imágenes se aplica la verificación del equipo antes de salir a campo.

Figura 21. Revisión del equipo antes del trabajo de campo

3.11.3. En la zona de vuelo (preparación de la zona de vuelo)

- Comprobar que no hay obstáculos imprevistos
- Comprobar la meteorología
- Comprobar velocidad del viento

- Comprobar satélites

Se comprobó todos los implementos necesarios para garantizar su correcto funcionamiento durante los vuelos. Además, se revisó el espacio donde debe ir la antena RTK (Figura 21), que incluye en el equipamiento del dron y la georreferenciación de las estructuras de las líneas de subtransmisión.

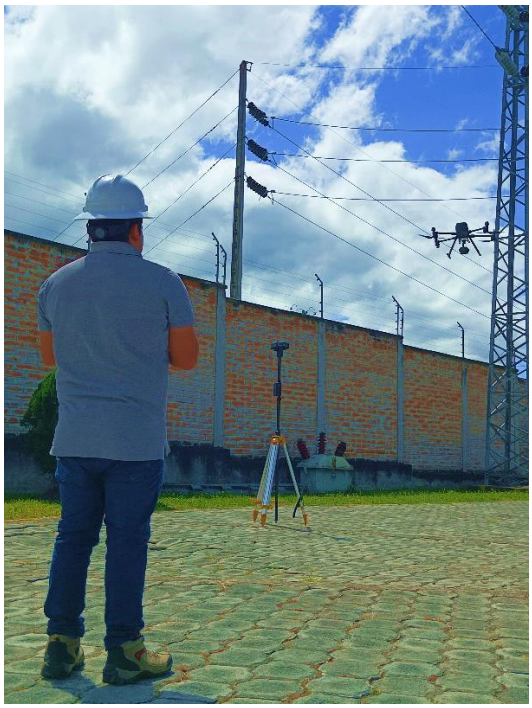


Figura 22. Inspección y Verificación visual preliminar del lugar de vuelo

Ejecución del levantamiento termográfico con dron

La ejecución del levantamiento termográfico de campo se realizó en varias etapas que se describen a continuación:

- Inspección Visual Preliminar
- Vuelos con el Dron
- Recopilación de Datos Termográficos

3.11.4. Inspección Visual Preliminar:

En la zona del levantamiento se hizo la inspección visual de las líneas de subtransmisión para identificar áreas de interés particular y posibles obstáculos que pudieran interferir con los vuelos de los drones.

3.11.5. Vuelos con el Dron

Se utilizo un dron equipado con una cámara termográfica para sobrevolar las líneas de subtransmisión. Los vuelos se realizaron a diferentes altitudes, esto tomando en cuenta el paso anterior (inspección visual preliminar, ver figura 23) y con distintos ángulos para capturar imágenes termográficas detalladas de los puntos que más conflicto tiene, como son las uniones en las retenciones de línea de subtransmisión.

Los drones siguieron las rutas planificadas en el punto 3.5.1., y con ajustes en tiempo real según las condiciones del terreno y el clima.

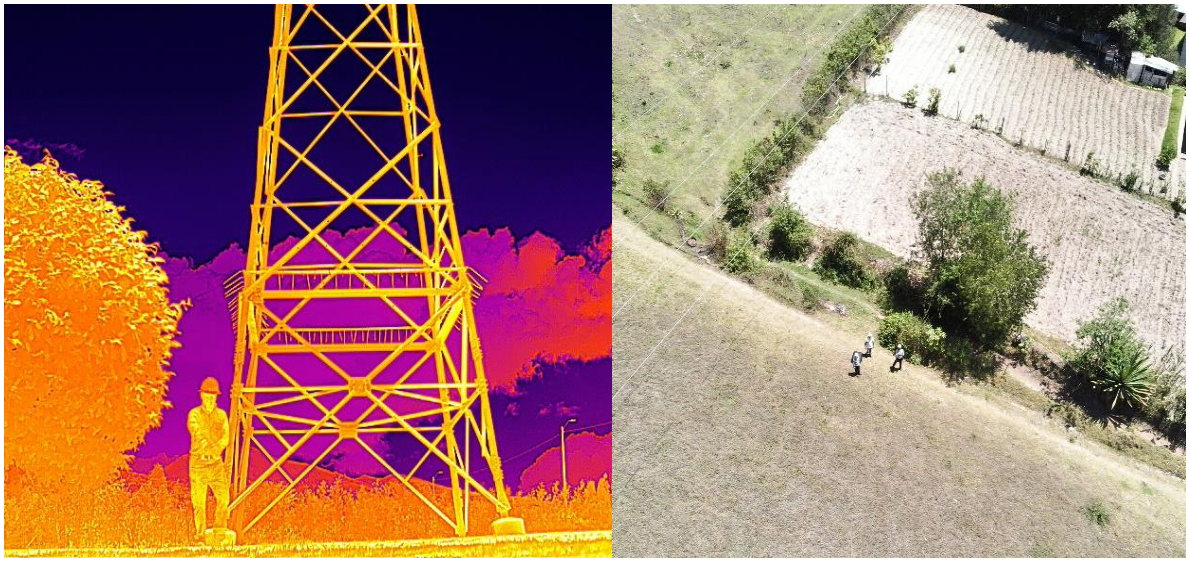


Figura 23. Prueba de cámaras y prueba de vuelo

3.12. Recopilación de Datos Termográficos:

Durante los vuelos, se recopilo imágenes termográficas que mostraban la distribución de temperatura a lo largo de las líneas de subtransmisión. Estas imágenes permitieron identificar

puntos calientes y otras anomalías térmicas que podrían indicar problemas como sobrecalentamiento, conexiones defectuosas o deterioro de los materiales.

Procesamiento de la información obtenida

3.13. Método de georreferenciación y medidas en Metashape

Para realizar el análisis de los datos de la georreferenciación y medidas de la estructura que se obtuvo mediante fotogrametría y las imágenes capturadas por el dron, se realizó el análisis mediante el Agisoft Metashape. Para esto se realizó mediante la obtención de la georreferenciación por fotogrametría como se describe:

- Abrir el programa Agisoft Metashape
- Para añadir imágenes. - dar clic en añadir imágenes y se elige las imágenes con los datos GPS embebidos (fotografías capturadas por el dron), como se ve en la figura 24.

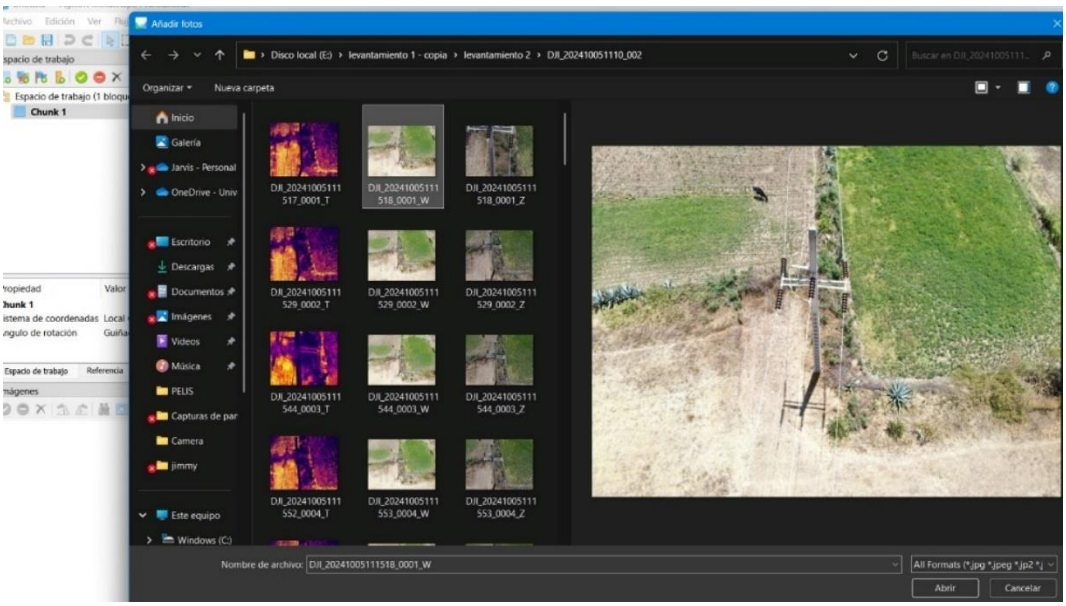


Figura 24. Selección de imágenes en Agisoft Metashape

- Se tiene los datos GPS en la pestaña referencia luego en transformar coordenadas buscar las coordenadas proyectadas en este caso UTM 17S que corresponde a la zona donde se realizó el levantamiento y se espera hasta que termine de realizar los cambios.

- Al realizar la conversión, en el icono de orientar fotos (para tener un ajuste de los ángulos de la cámara entre sí). Hasta que se complete, hay que tomar en cuenta la calidad de imagen que se va a procesar con respecto a la velocidad de nuestro ordenador.

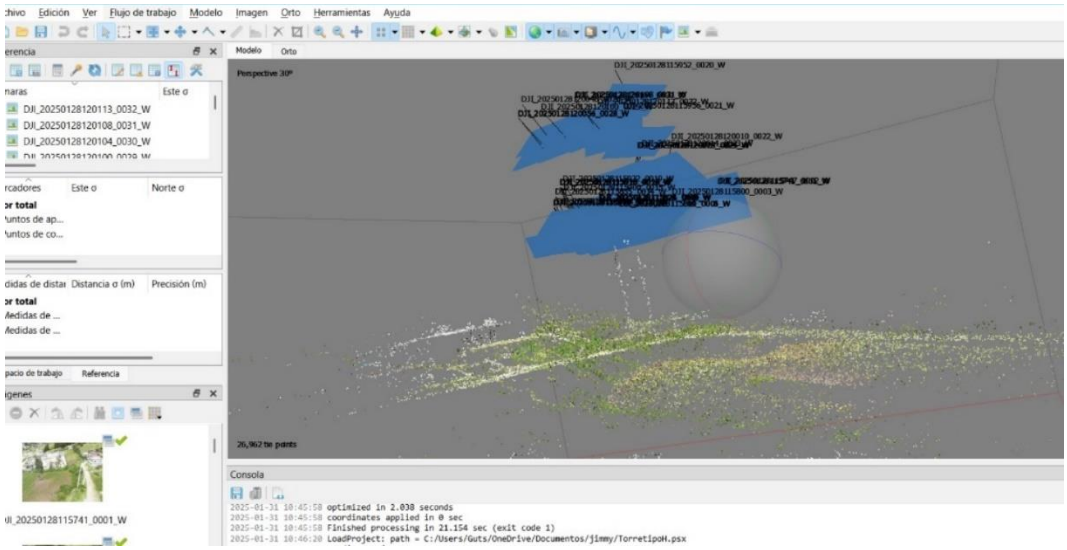


Figura 25. Imagen procesada con la orientación de fotos

- En la figura 25 está la vista de la cámara con la triangulación de las imágenes de acorde al punto de vista que se tomaron las imágenes con el dron
- Para reducir los puntos de orientación de la imagen, hacer una eliminación gradual de puntos.
- Para corregir puntos con baja estimación. En modelo se selecciona – gradual, en incertidumbre de reconstrucción. Se pintan los puntos más alejados de la imagen o que no tienen mucha visualización.
- Una vez marcados los puntos de incertidumbre se eliminan.
- Ya en la ventana referencia, en optimizar cámaras (se alinean las cámaras de mejor manera).
- Para creación la nube de puntos densa. - En flujo de trabajo. - Crear nube de puntos, aquí escoger la calidad deseada para continuar.
- En la figura 26 está la calidad de la reconstrucción con la nube de puntos densa.

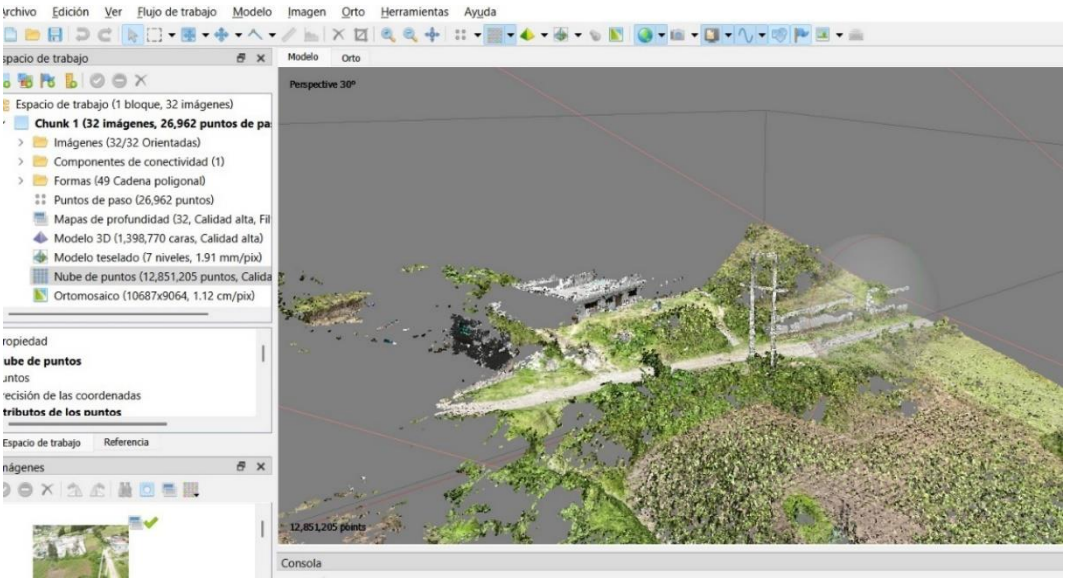


Figura 26. Creación de nube de puntos densa.

- Para realizar el relleno de los puntos en – Se crea malla, que está en flujo de trabajo; de la misma manera se ajusta la calidad (es recomendable escoger la opción en calidad media y/o alta).

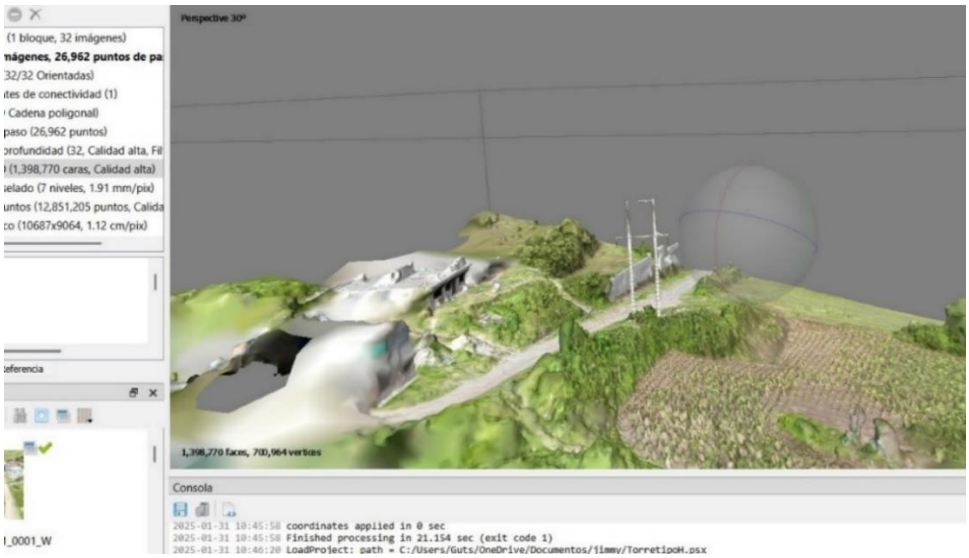


Figura 27. Imagen 3D (malla) de la estructura eléctrica.

- Para mejorar la calidad de la imagen (tener la vista de las líneas eléctricas), se usa la herramienta – Detectar líneas eléctricas (ajustando la calidad).
- Una vez terminado se crea el modelo de teselas, que significa un emparejamiento de las imágenes con la malla. Para crear y profundizar a detalle de las imágenes.
- En la figura 27 se tiene la imagen deseada. Se obtiene el punto georreferenciado con la herramienta regla, al poner en un punto exacto en la torre se extrae las coordenadas tanto en X, Y, Z.

Figura 28. Georreferenciación de una estructura de subtransmisión

- De esta manera también se obtiene los datos de la altura. Con la herramienta - regla que sirve para realizar medidas de cada elemento en la estructura de la torre (en la figura 29 muestra la altura de la torre).

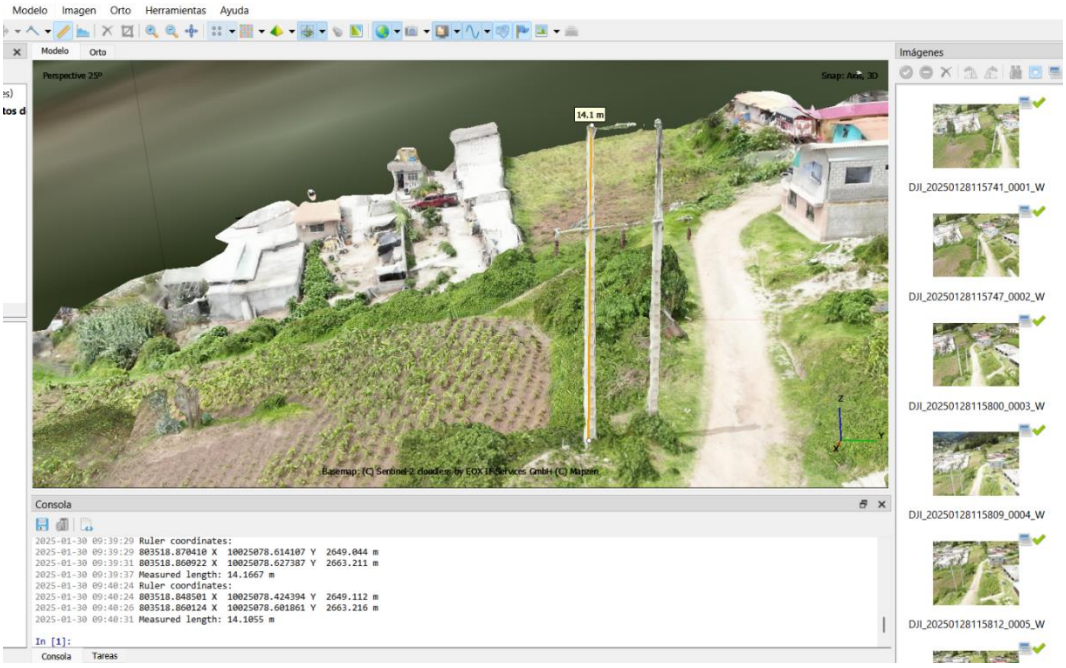


Figura 29. Obtención de la altura en una torre de subtransmisión

3.13.1. Altura de Poste o torre de la línea de subtransmisión

Se presenta las características de la estructura como es la altura de la torre o poste de las líneas que se realizó el levantamiento. Mostrando cada uno de los tipos de torre o poste analizado como muestra a continuación.

Figura 30. Trifásica - 2 Poste H – Retención/Suspensión

Figura 31. Trifásica - Línea Pasante – 1 circuito

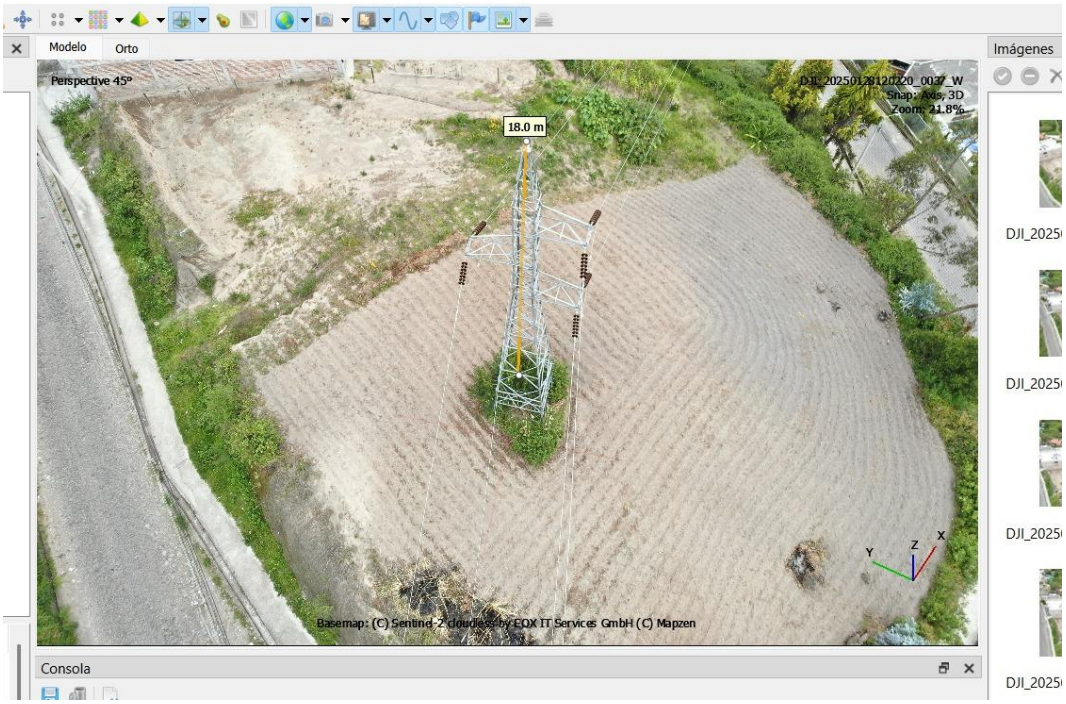


Figura 32. Trifásica - Torre Acero Galvanizado- Retención/ Suspensión - 1Circuito

3.14. Resultado del procesamiento

A continuación, se presenta los datos los parámetros que comprende la etapa de procesamiento de la información obtenida en la ejecución del levantamiento termográfico con dron, como son:

a. Tipo de estructura y características de las torres de subtransmisión

Altura de la infraestructura (torres/postes de subtransmisión eléctrica)

Tipo de estructura de la línea de subtransmisión.

b. Imágenes visuales y termográficas procesadas.

Base de datos de fotografías termográficas y visuales.

Reporte termográfico de líneas eléctricas de subtransmisión.

c. Datos Georreferenciados en ArcGIS

Georreferenciación en líneas de subtransmisión.

3.14.1. Tipo de estructura y características de las torres de subtransmisión.

Aquí se presenta los datos de las estructuras anteriores en comparación con el resultado del análisis realizado, existiendo una variación al estado actual de las estructuras (ver figura 29).

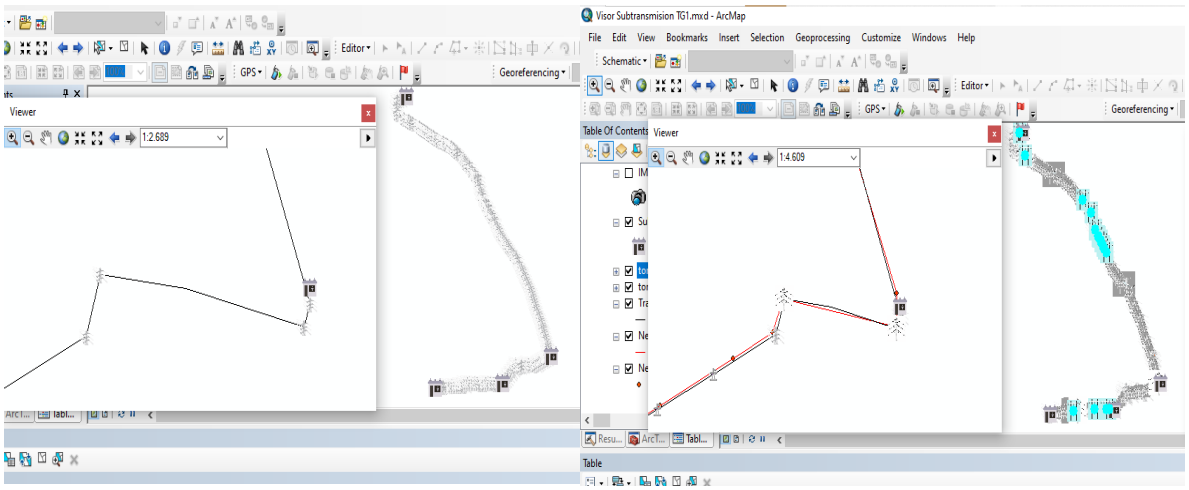


Figura 33. Comparación en ArcGIS del tipo de estructura con el actual

En la tabla IV, se indica la información previa obtenida de la base de datos de ArcGIS.

Tabla IV

Tipo de estructura previa a la investigación

Descripción	Cantidad
Poste Hormigón armado rectangular de 23 m carga de rotura 2400 kg	5
Poste Hormigón armado rectangular de 18 m carga de rotura 1600 kg	1
Torre metálica 18 m	163
Poste Hormigón armado rectangular de 21 m carga de rotura 2000 kg	9
Total, de torres/postes	178

Se pudo obtener los datos especificando cada una de las estructuras como se muestra en la tabla IV. De esta manera detallar la información obtenida en el levantamiento termográfico realizado.

Tabla V.

Tipo de estructura actualizada

Estructura actualizada	
Torre acero galvanizado, trifásica, doble retención, circuito simple, 1 hilo de guarda	39
Doble poste rectangular, trifásica, doble retención, circuito simple, 1hilo de guarda	4
Poste rectangular pasante, trifásica, suspensión, circuito simple, 1 hilo de guarda	114
Poste rectangular tipo bandera angular, trifásica, retención, circuito simple, 1hilo de guarda	5
Doble poste rectangular, trifásica, suspensión, circuito simple, 1hilo de guarda	16
Total	178

3.14.2. Altura de las torres de subtransmisión eléctrica.

En este segmento de información están los datos obtenidos mediante el levantamiento y procesamiento de imágenes captadas con el dron y los ortomosaicos obtenidos en el programa Agisoft Metashape, lo que comprende que cada tipo de estructura encontrado tiene los datos para la altura de la cada torre obtenida que se muestra en la tabla VI.

Tabla VI

Altura de las torres o postes actualizada

Descripción	Altura (metros)
Torre acero galvanizado, trifásica, doble retención, circuito simple, 1 hilo de guarda	18
Doble poste rectangular, trifásica, doble retención, circuito simple, 1hilo de guarda	14

Poste rectangular pasante, trifásica, suspensión, circuito simple, 1 hilo de guarda	16
Poste rectangular tipo bandera angular, trifásica, retención, circuito simple, 1hilo de guarda	14
Doble poste rectangular, trifásica, suspensión, circuito simple, 1hilo de guarda	14

3.14.3. Imágenes visuales y termográficas procesadas.

Se realizó el procesamiento de imágenes visuales y termográficas con el programa DJI Thermal Analysis tool con énfasis en las torres y postes de retención que comprende la línea de subtransmisión.

Todas las imágenes térmicas como las imágenes visuales se encuentran como base de datos, y se integra junto como hipervínculo en ArcGIS y estará disponible en esta plataforma.

En la figura 34, se puede ver la disposición de las imágenes tanto térmicas como visuales agregadas a ArcGIS, de esta manera se pueda hacer uso de este contenido.

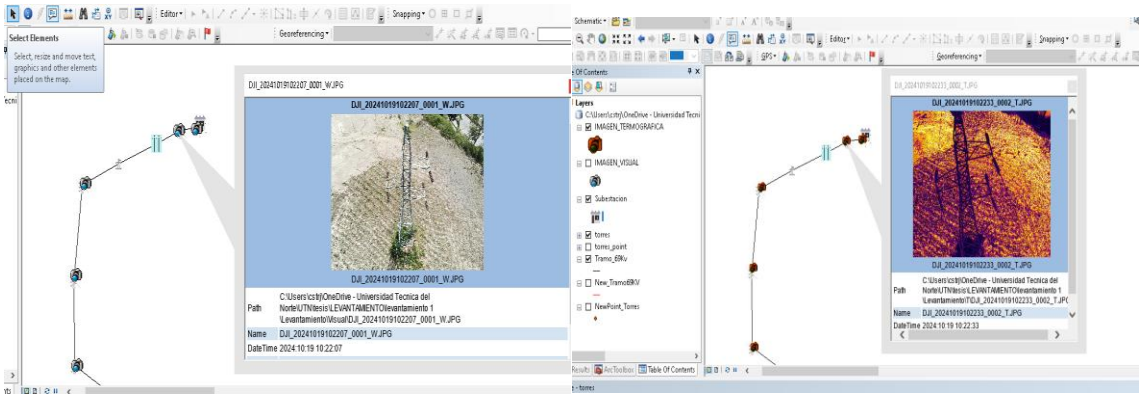


Figura 34. Imágenes Visuales en ArcGIS (izquierda) - Imágenes termográficas en ArcGIS (Derecha)

También se realizó el reporte de los datos entregados a EMELNORTE para la verificación correspondiente, este análisis se puede encontrar en el anexo C, de este documento.

Este análisis es el primero en la región y se podrá establecer como base de datos histórico que servirá para como referencia para futuras inspecciones, y se podrá realizar cambios a lo largo del tiempo y de esta manera tener la evaluación de la evolución de las estructuras. Esto

facilitara la toma de decisiones mejorando la gestión operativa de las líneas de subtransmisión y asegurando la continuidad y confiabilidad del sistema eléctrico.

3.14.4. Georreferenciación en líneas de subtransmisión.

Durante el análisis de los datos recopilados, se identificó una variación en la ubicación de algunas torres y postes de subtransmisión en comparación con la información previamente registrada en el sistema. Esta discrepancia requirió la actualización de los puntos georreferenciados en ArcGIS (se pude revisar el anexo B), asegurando que la base de datos refleja con precisión la ubicación real de la infraestructura. La corrección de estos datos garantiza una mayor exactitud en la planificación y gestión de la red eléctrica. Optimizando la toma de decisiones operativas.

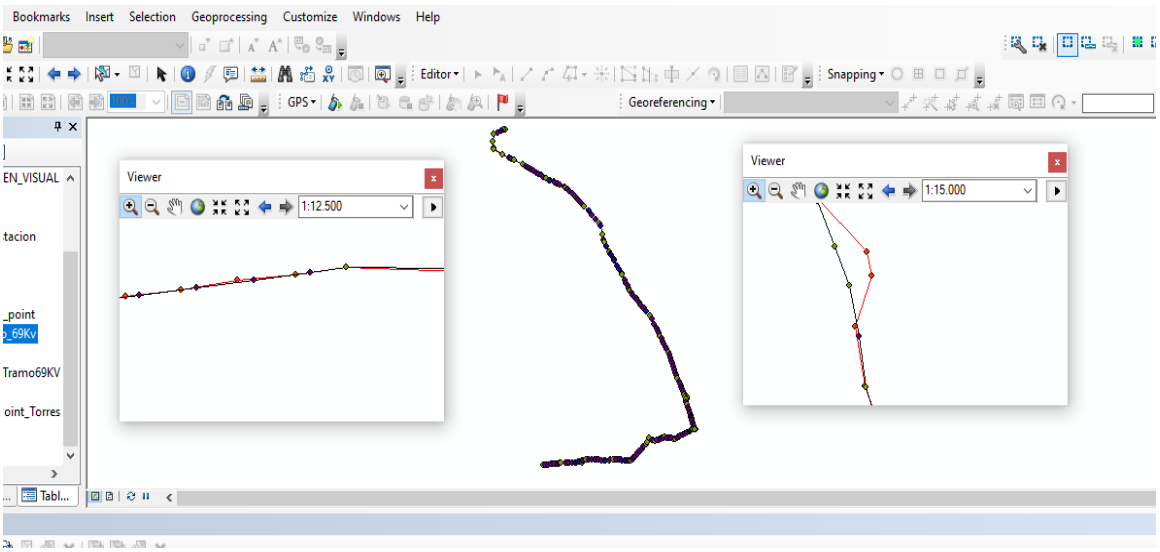


Figura 35. Comparación de los puntos georreferenciados anteriores con el actualizado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se integra los resultados obtenidos del análisis del levantamiento termográfico con recopilación de datos en las líneas de subtransmisión de EMELNORTE, abarcando las líneas de subtransmisión que comprende entre las subestaciones La Esperanza y

la Subestación Otavalo. El resultado es producto de la aplicación de herramientas de ArcGIS y la información obtenida que permite una evaluación de la infraestructura eléctrica.

Los datos a integrar se obtuvieron mediante la identificación de parámetros que se actualizo al crear una matriz de parámetros en el sistema ArcGIS. Esta investigación facilita no solo la gestión y mantenimiento predictivo de las líneas de subtransmisión, sino también la optimización de recursos y la mejora en la seguridad de personal que realiza el levantamiento en líneas de subtransmisión de EMELNORTE.

Por tanto, se presenta una descripción de los datos implementados. Y se interpretan los resultados en términos de beneficios directos, implicaciones para la contribución en la inspección y monitoreo de la infraestructura eléctrica a través de un dron y recomendaciones para análisis termográficos futuros.

4.1. Integración de los Datos Georreferenciados en ArcGIS

Se realizo la integración de los datos georreferenciados de la matriz de datos que está disponible en el Anexo B y en la base de datos entregada a EMELNORTE en el departamento de ArcGIS.

4.1.1. Base de datos de imagen termográfica

Se integró las imágenes obtenidas en la etapa de ejecución, dando paso al desarrollo de la matriz de ArcGIS, la cual no solo optimiza la gestión de la información, sino que también proporciona un acceso inmediato para la revisión y análisis detallado de los rangos de temperatura de cada imagen térmica. De este modo, el sistema provee las imágenes termográficas fácilmente disponibles para los usuarios con esta actualización.

El proceso realizado del levantamiento termográfico como son las imágenes capturadas, han sido organizadas y vinculadas directamente a una carpeta específica que almacena toda la información recolectada. Cada imagen está asociada a cada torre como un atributo (enlace) que facilita su consulta desde la matriz de datos. Esta vinculación permite acceder de manera eficiente y ordenada a los registros visuales.

4.1.2. Base de datos de imagen visual

Como parte del levantamiento realizado, las imágenes visuales capturadas por el dron han sido organizadas en una carpeta específica, con enlaces directos disponibles desde la matriz de datos. Cada estructura inspeccionada cuenta con un registro visual asociado, que puede ser accedido con facilidad mediante un atributo de la torre que dirige a la imagen visual correspondiente.

4.1.3. Integración de la información de las características de la torre

La información obtenida en el capítulo III (tabla IV) sobre las características de la estructura de las líneas de subtransmisión, la cual se integró en el sistema ArcGIS detallando la descripción obtenida de cada una de las torres y postes. Esta integración incluyó datos clave como la altura de las torres, la descripción del tipo de estructura y otros atributos relevantes, lo que permitió una mejora con relación a la información anterior. Esta información se puede ver en la tabla de atributos en el anexo B.

4.1.4. Contribución del levantamiento termográfico al sistema ArcGIS

Esta integración permite una gestión más eficiente de los datos visuales, asegurando que las imágenes capturadas estén disponibles para su consulta en cualquier momento al tener la base de datos. La vinculación de estas imágenes con la matriz de datos facilita el análisis y seguimiento detallado de las condiciones actuales de las líneas de subtransmisión, proporcionando un recurso valioso para la planificación de mantenimiento y la toma de decisiones informadas.

4.1.5. Actualización de la matriz de parámetros en el programa.

La integración de los datos obtenidos mediante el levantamiento termográfico con drones permitió la actualización de la matriz de parámetros en el sistema ArcGIS, incorporando información sobre el estado estructural de las líneas de subtransmisión de EMELNORTE. Esta actualización incluyó la georreferenciación de cada torre, vinculación de imágenes térmicas y visuales, tipos de estructura y altura de cada poste/torre; lo que optimiza el monitoreo y facilita

el análisis a lo largo del tiempo. Además, la matriz se ha diseñado para ser escalable, permitiendo futuras actualizaciones sin comprometer la integridad de los datos previos.

4.1.6. Mejora en la accesibilidad y análisis de datos georreferenciados.

Con la digitalización y georreferenciación de la información en ArcGIS, se ha mejorado significativamente la accesibilidad a los datos recolectados. Ahora, el personal de EMELNORTE puede acceder a los registros visuales de cada torre de manera remota, lo que reduce la necesidad de inspecciones físicas recurrentes.

4.1.7. Beneficios directos para EMELNORTE

La implementación de drones en el levantamiento termográfico permite una supervisión más eficiente de la infraestructura eléctrica, reduciendo los tiempos de inspección y mejorando la capacidad de respuesta ante fallas detectadas. Gracias a la integración con ArcGIS, el equipo técnico de EMELNORTE puede hacer una verificación del área desde su lugar de operación si tener la necesidad de salir. Teniendo así un histórico de evaluación del estado de las líneas de subtransmisión del tramo de estudio.

El uso de drones reduce la necesidad de movilizar al personal a zonas de difícil acceso y con menor cantidad de personal, disminuyendo los costos asociados a transporte y logística.

Además, al contar con un sistema digitalizado, se pueden optimizar los planes de mantenimiento preventivo, evitando reparaciones costosas derivadas de fallas inesperadas.

4.1.8. Implicaciones para la industria eléctrica

Los resultados de esta investigación pueden ser replicadas en otras empresas del sector, facilitando inspecciones más precisas y reduciendo los riesgos asociados a las evaluaciones con cámara termográficas de mano.

El uso de drones equipados con cámaras térmicas y la integración con sistemas GIS representa un avance significativo en la automatización del monitoreo de infraestructura eléctrica. Esta innovación no solo permite detectar fallas de manera más eficiente, sino que

también abre la posibilidad de implementar tecnologías emergentes como el análisis predictivo de anomalías en el sistema eléctrico.

4.2. Conclusiones

- Los drones son una herramienta eficaz y segura para inspeccionar las líneas de subtransmisión, reduciendo los riesgos asociados con las inspecciones manuales. La tecnología permite capturar imágenes térmicas y visuales de alta resolución y realizar una georreferenciación precisa mediante el uso de la antena RTK (Real-Time Kinematic).
- Se evidenció que la georreferenciación previa presentaba fallos debido a la tecnología utilizada en el pasado. Con el análisis se logró corregir la ubicación de varias torres de la base de datos en ArcGIS, asegurando mayor precisión en la planificación y mantenimiento.
- La actualización de la matriz de datos con incorporación de imágenes visuales y termográficas en ArcGIS representa un avance significativo ya que mejora la precisión de la información.

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda elaborar una guía técnica para el levantamiento termográfico en la inspección de redes eléctricas. Esta guía debe definir criterios técnicos y operativos estandarizados que permitan su aplicación en levantamientos de redes de transmisión y distribución, facilitando su implementación y asegurando la factibilidad de su ejecución.

REFERENCIAS

[1] A. A. Alvarado Aguilar, "Nivel de influencia que tiene la implementación de un sistema de información geográfica (GIS) para la elaboración y eficiencia de un plan de mantenimiento integral en la línea de trasmisión de 60Kv, Puno", 2021, Consultado: el 11 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.12773/12914

[2] R. Huallpa Palomino, "Aplicación del sistema de aeronave pilotada a distancia para optimizar la supervisión del alimentador eléctrico de ingenio – Electrocentro S.A.", *Universidad Nacional del Centro del Perú*, 2020, Consultado: el 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6345

[3] J. W. Caparó Acurio y D. K. Lay-Siu Su-Mund, "Statkraft: Inspector Drone", *Universidad de Piura*, dic. 2019, Consultado: el 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4273

[4] H. P. Ambatkar y R. K. Dhatrak, "Review: Drone applications in Transmission Line", en *2022 International Mobile and Embedded Technology Conference (MECON)*, mar. 2022, pp. 531–533. doi: 10.1109/MECON53876.2022.9752257.

[5] F. Rodrigues, R. Santos, R. Borges, A. Coelho, y T. Välja, "GridDrone: use of drones to perform thermographic distance measurement and visual inspection of the HV and MV aerial network", pp. 3929–3933, ene. 2023, doi: 10.1049/icp.2023.0511.

[6] L. Matikainen *et al.*, "Remote sensing methods for power line corridor surveys", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 119, pp. 10–31, sep. 2016, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.04.011.

[7] R. E. Barrera Parra, C. Méndez Martínez, y J. C. Cobos Torres, "Uso de Inteligencia artificial y Drones para el diseño de redes eléctricas.", *MQRInvestigar*, vol. 7, núm. 1, pp. 155–187, ene. 2023, doi: 10.56048/MQR20225.7.1.2023.155-187.

[8] A. Sriram y T. D. Sudhakar, "Technology revolution in the inspection of power transmission lines - A literature review", en *2021 7th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES)*, feb. 2021, pp. 256–262. doi: 10.1109/ICEES51510.2021.9383707.

[9] A. J. Carrasco Paredes, "Propuesta de un sistema de evasión de obstáculos para un drone aplicado a la inspección en redes de distribución y transmisión para la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.", bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018. Consultado: el 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10821

[10] S. Cesti Díaz, "Propuesta de implementación de equipo RPA para mejorar la productividad de inspección de una línea de transmisión eléctrica en alta tensión", *Repositorio institucional - URP*, 2020, Consultado: el 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3920

[11] Z. Li, Y. Zhang, H. Wu, S. Suzuki, A. Namiki, y W. Wang, "Design and Application of a UAV Autonomous Inspection System for High-Voltage Power Transmission Lines", *Remote Sensing*, vol. 15, núm. 3, Art. núm. 3, ene. 2023, doi: 10.3390/rs15030865.

[12] J. A. Varas Alava, "Diagnóstico Visual-térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución con el uso de drones para efectuar mantenimientos", bachelorThesis, 2022. Consultado: el 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22503

[13] M. Segura Requejo, "Diseño de estructura soporta de cámara termográfica de un Drone-hezarotor para optimizar tiempo de inspección de sistemas de distribución eléctrica-Herzab-S.A.C", *Universidad César Vallejo*, 2018, Consultado: el 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31664

[14]E. M. M. Reyna, Í. N. García, y Y. L. Albuerne, "Análisis de termografía aplicada en las líneas eléctricas del alimentador de la Subestación 'Crucita'", *Polo del Conocimiento*, vol. 7, núm. 9, Art. núm. 9, sep. 2022, doi: 10.23857/pc.v7i9.4574.

[15]J. A. Varas Alava, "Diagnóstico Visual-térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución con el uso de drones para efectuar mantenimientos", bachelorThesis, 2022. Consultado: el 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22503

[16]P. J. Orellana Rivas, "Propuesta de la integración de drones, como recurso en el plan de mantenimiento de la sección de líneas de transmisión del sistema central de la empresa de transporte y control de energía eléctrica del INDE", other, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. Consultado: el 24 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/

[17]E. V. Cruz Loya y V. H. Yugcha Quinatoa, "Mantenimiento predictivo aplicando técnicas: visuales, termográficas, efecto corona y ultrasonido acústico para detectar anomalías y prever interrupciones de energía eléctrica, no programadas, de las líneas de subtransmisión en el Ecuador.", masterThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC., 2021. Consultado: el 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8013

[18]H. R. Bances Vidaurre, "Mantenimiento predictivo mediante la técnica de termografía para optimizar el funcionamiento del sistema eléctrico Tierras Nuevas en empresa Coelvisac", *Repositorio Institucional - UCV*, 2020, Consultado: el 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45649

[19]E. H. Vilca Choque y O. A. Chura Quispe, "Inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (drone), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución", *Universidad Nacional del Altiplano*, mar. 2021,

Consultado: el 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15408

[20] H. H. León Reyes, "Diseño de hexacóptero autónomo para mantenimiento en líneas eléctricas", ago. 2018, Consultado: el 9 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/147774

[21] T. Kauppinen *et al.*, "The use of drones, thermography, and other optical measuring devices", en *Thermosense: Thermal Infrared Applications XLI*, SPIE, may 2019, pp. 50–61. doi: 10.1117/12.2520619.

[22] M. F. Montaño Gómez, J. S. Ulloa Ayala, y J. S. Castellanos Benavides, "Implementación de la termografía aérea con drones en la inspección de granjas solares", Bachelor Thesis, Ingeniería en Energías, 2021. Consultado: el 13 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/10896

[23] M. Tupiza y G. Alejandra, "Sistema de detección de riesgo de fallos por calentamiento, mediante procesamiento de imágenes termográficas en líneas de alta tensión", bachelorThesis, 2022. Consultado: el 30 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12544

[24] R. Romani y V. Manuel, "Fotogrametría mediante triangulación aérea para el levantamiento topográfico de redes eléctricas en reemplazo del método tradicional", 2022, Consultado: el 30 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8501

ANEXOS

Anexo A. ACTA DE ENTREGA RECEPCIÓN.

TEMA: " Levantamiento termográfico con dron para la actualización del sistema ArcGIS de EMELNORTE en las líneas de subtransmisión de la subestación La Esperanza a la subestación Otavalo ".

En las instalaciones de la empresa regional Norte EMELNORTE "S.A.", en la ciudad de Ibarra el lunes, 03 de febrero del 2025, la Carrera de Electricidad la entrega del proyecto "Levantamiento termográfico con dron para la actualización del sistema ArcGIS de EMELNORTE en las líneas de subtransmisión de la subestación La Esperanza a la subestación Otavalo" al departamento del GIS.

EL trabajo de titulación fue desarrollado de acuerdo con los requerimientos solicitados por los interesados. El desarrollo de la interfaz correspondiente al trabajo de titulación fue realizado por el señor Jimmy Alexander Hernández Colcha, bajo la supervisión del Tecnólogo Nixon Espinosa dentro de la empresa.

Productos entregados:

- Carpeta que contiene Imágenes termográficas y visuales
- Reporte de termografía
- Geodatabases de ArcGIS

Atentamente,

Sr. Jimmy Hernández
Tesista
UNIVERSIDAD TÈCNICA DEL NORTE

Emelnorte Dpto. GIS
Ing. Andrés Cárdenas
DPTO. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
REGISTRADO
Fecha: 03/02/2025
EMELNORTE

Anexo B. MATRIZ DE DATOS DE ARCGIS "TORRES"

CODIGOELEMENTO	POINT_X	POINT_Y	TIPO_TORRE	ALTURA
O- C62	-78,18742084	0,129775787	Trifasica-Bandera-Retencion-1Hilo de guarda	14
O- C48	-78,20188398	0,153935028	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C40	-78,21148329	0,174392759	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C12	-78,25726732	0,205716206	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C43	-78,20718512	0,165251484	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C34	-78,22298398	0,185635939	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C97	-78,15402993	0,071080804	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C39	-78,21398712	0,176858405	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C100	-78,15250549	0,066653608	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C103	-78,15090958	0,061360713	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C111	-78,14659191	0,05038405	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C4	-78,14852782	0,049908481	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C89	-78,15953317	0,083685583	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C91	-78,15814711	0,080045653	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-C6	-78,15028656	0,049016157	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C95	-78,15534335	0,073977115	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18

O- C105	-78,14961598	0,058187503	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C93	-78,15667308	0,07682527	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-C3	-78,14836501	0,050314442	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C108	-78,14850649	0,055389596	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C101	-78,15213974	0,064678427	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C86	-78,16159848	0,089038646	Trifasica-Bandera-Retencion-1Hilo de guarda	14
O- C90	-78,15885795	0,081971393	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C102	-78,15156542	0,063180452	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C99	-78,15186966	0,068344947	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C98	-78,15207309	0,069152287	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C7	-78,15168167	0,048331524	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C1	-78,27184398	0,2272424	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C106	-78,14913553	0,056933577	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C107	-78,14884146	0,056212539	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C110	-78,14730151	0,052233174	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C104	-78,15018863	0,059607326	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C3	-78,27576633	0,22568125	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16

O- C5	-78,27869503	0,220223286	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C2	-78,27335816	0,226645516	Trifasica_2 Poste H - doble retención - 1Hilo de guarda	14
O- C13	-78,25610211	0,205084138	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C6	-78,27866198	0,216149974	Trifasica_2 Poste H - doble retención - 1Hilo de guarda	14
O- C14	-78,25490252	0,204441187	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C20	-78,24576748	0,199475559	Trifasica-Bandera-Retencion-1Hilo de guarda	14
O- C19	-78,24717007	0,20022997	Trifasica-Bandera-Retencion-1Hilo de guarda	14
O- C16	-78,25211356	0,202926556	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C18	-78,24883605	0,201147466	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C23	-78,2391435	0,19633566	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C28	-78,23119847	0,192844954	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C21	-78,24432551	0,198683764	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C9	-78,15430234	0,047033163	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C10	-78,15614013	0,046109342	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C17	-78,16630755	0,045396044	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C14	-78,16094784	0,044694207	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
C-C13	-78,15939945	0,044511578	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18

C-C12	-78,15812408	0,045130718	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C11	-78,15696639	0,045701998	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-C15	-78,16267382	0,04492799	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C18	-78,16743592	0,045299527	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C22	-78,17269216	0,043282776	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C20	-78,16957836	0,044312364	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
C-C21	-78,17113864	0,043793318	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
C-C24	-78,17684674	0,04476789	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z25	-78,20600803	0,031852271	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-Z24	-78,20755054	0,031888455	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z23	-78,21033284	0,031959303	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z22	-78,21232291	0,03201513	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z21	-78,21395445	0,032054035	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z20	-78,21681876	0,032132241	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z19	-78,21812614	0,032216941	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-Z18	-78,21991982	0,031628427	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z17	-78,22038998	0,031480888	Trifasica-Bandera-Retencion-1Hilo de guarda	14

C-Z16	-78,22042888	0,0303426	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-Z15	-78,22209516	0,030720328	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-Z14	-78,22334445	0,030996985	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z12	-78,22526146	0,030035127	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-Z13	-78,22435445	0,030533306	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z11	-78,22706841	0,030134657	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z10	-78,22894329	0,030092969	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z9	-78,23085218	0,030067691	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z8	-78,23438394	0,030168219	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z7	-78,23592994	0,029983615	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z6	-78,23771972	0,029817551	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C23	-78,17407607	0,043797711	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C26	-78,17873587	0,041247023	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-C25	-78,17819165	0,042633867	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C27	-78,18027297	0,039722388	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-C28	-78,18141414	0,038620003	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C29	-78,18274198	0,037433371	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16

C-Z34	-78,18871151	0,031572786	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C32	-78,18639809	0,033804875	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C30	-78,18404202	0,036158575	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C31	-78,1851897	0,034919625	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C33	-78,18775974	0,032413273	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z33	-78,19154277	0,031746286	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z32	-78,19283845	0,031826966	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
C-Z31	-78,19512221	0,031993378	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z30	-78,19678567	0,032108121	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-Z28	-78,20044848	0,032408162	Trifasica_2 Poste H - doble retención - 1Hilo de guarda	14
C-Z29	-78,19872012	0,032279443	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z27	-78,20183907	0,03213975	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z26	-78,20309264	0,031780439	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z5	-78,23943023	0,029566441	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z4	-78,24111684	0,029374978	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z3	-78,24323384	0,029139319	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-Z2	-78,24528774	0,028892629	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16

C-Z1	-78,24602537	0,028793465	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C22	-78,24182199	0,197547592	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C24	-78,23815898	0,195846988	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C26	-78,23515724	0,194547016	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C27	-78,23206358	0,193227965	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C25	-78,23677897	0,195242643	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C32	-78,22646539	0,189013164	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C29	-78,23001367	0,191887549	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C31	-78,22708559	0,189542349	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C30	-78,22853744	0,190724527	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C35	-78,22174331	0,184422506	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C33	-78,2244062	0,187042475	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C36	-78,2205833	0,183287569	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C38	-78,21637093	0,179179199	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C52	-78,19765734	0,146894412	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C44	-78,20631217	0,162070824	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C42	-78,20850581	0,170278317	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16

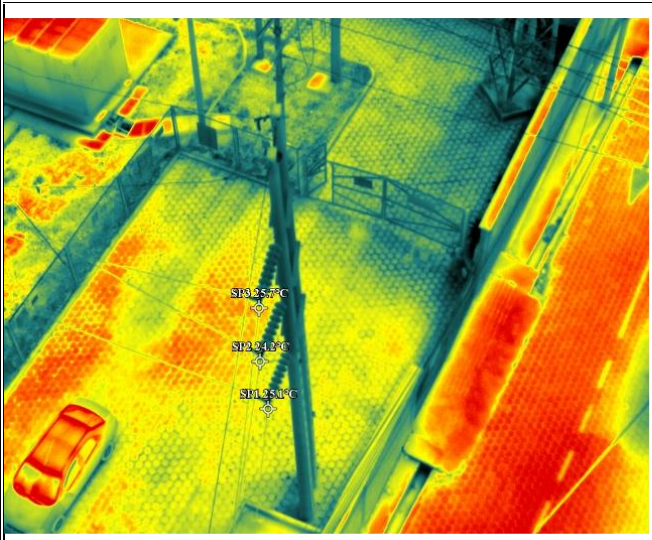
O- C57	-78,19188779	0,136674637	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C47	-78,2026698	0,155221328	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C45	-78,20596757	0,160715196	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C51	-78,19931444	0,149648011	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C50	-78,19984412	0,150519756	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C55	-78,19434176	0,141337092	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C53	-78,19650948	0,144972825	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C54	-78,19473221	0,141999299	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C58	-78,19100971	0,134988285	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C56	-78,19274332	0,138342812	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C63	-78,18616737	0,128401999	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C61	-78,18836566	0,130847615	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C59	-78,19027328	0,133585185	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C60	-78,18949876	0,132095578	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C64	-78,18517471	0,127276031	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C71	-78,17503969	0,115230482	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C66	-78,18303506	0,1248657	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18

O- C68	-78,1802201	0,121724768	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C69	-78,17872294	0,120052313	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C72	-78,17324685	0,11198374	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C70	-78,17615027	0,117188073	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C80	-78,16605529	0,099029755	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C75	-78,17043197	0,106873583	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C74	-78,1712815	0,108427681	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C84	-78,16292045	0,092345531	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C76	-78,16954134	0,105277872	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C79	-78,16692964	0,100507913	Trifasica_2 Poste H - doble retención - 1Hilo de guarda	14
O- C85	-78,16221362	0,090658861	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C81	-78,16514664	0,097334092	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C96	-78,15463601	0,072358165	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C83	-78,16353705	0,094072632	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-Z60	-78,15298899	0,047681621	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C94	-78,15596104	0,075419426	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C109	-78,14786031	0,053670094	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16

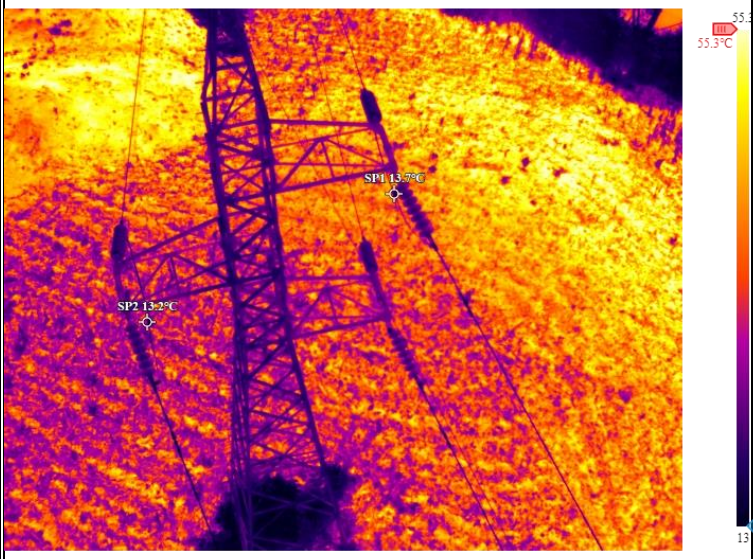
C-C5	-78,14914162	0,049587847	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-C1	-78,14659895	0,049974232	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C88	-78,16015665	0,085331064	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C87	-78,16086914	0,087151108	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C82	-78,16404448	0,095384219	Trifasica-2 Poste H - Pasante - 1 Hilo de guarda	14
O- C73	-78,17189521	0,109510323	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C77	-78,16876711	0,103871725	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C65	-78,18434635	0,126340204	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C49	-78,20128462	0,152963034	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C46	-78,20455818	0,158413364	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C41	-78,20894107	0,171881698	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C37	-78,21908074	0,181825991	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C17	-78,25038894	0,201980879	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C15	-78,2534777	0,203660636	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C4	-78,27817567	0,224702809	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C8	-78,26798383	0,210686713	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C92	-78,1573039	0,078264324	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16

O- C67	-78,18222564	0,123991346	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C7	-78,27267373	0,212771867	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
C-C16	-78,16459899	0,045167619	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C10	-78,26472929	0,209189405	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C78	-78,16773113	0,102017417	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
O- C11	-78,25919161	0,206703289	Trifasica-Linea Pasante-1 Hilo de guarda	16
I -O86	-78,27056752	0,227377728	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
O- C9	-78,26666923	0,210062543	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18
C-C19	-78,16827826	0,044737841	Trifasica_Torre Acero Galvanizado- doble retencion-1Circuito_1 Hilo de guarda	18

Anexo C. REPORTE TERMOGRÁFICO DE LA LÍNEA DE 69KV

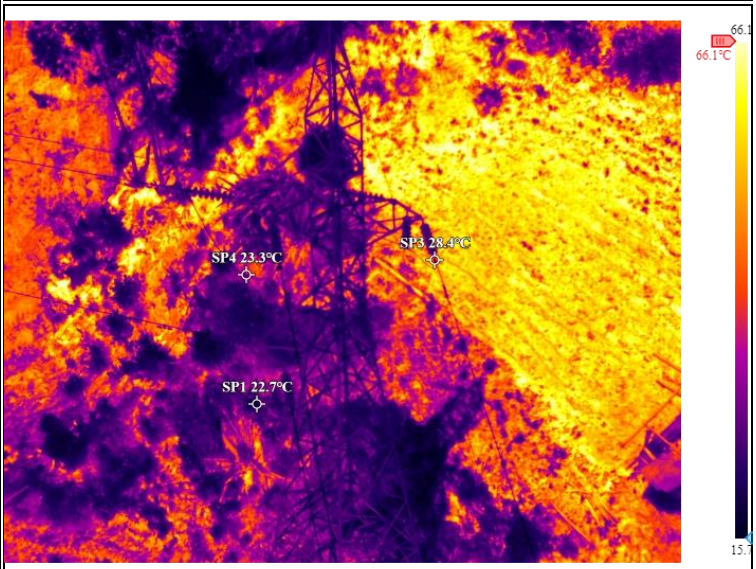
Fecha de inspección	2025:01:28 12:07:09	Reporte Nro.	1
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo		
Código de la Torre	541792	I -O86	
Coordenadas (UTM)	-78,270568	0,227378	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	7 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

Fecha de inspección	2024/10/19 13:02:33	Reporte	2
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo		
Código de la Torre	541793	O- C1	
Coordenadas (UTM)	-78,271844	0,227242	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	5 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

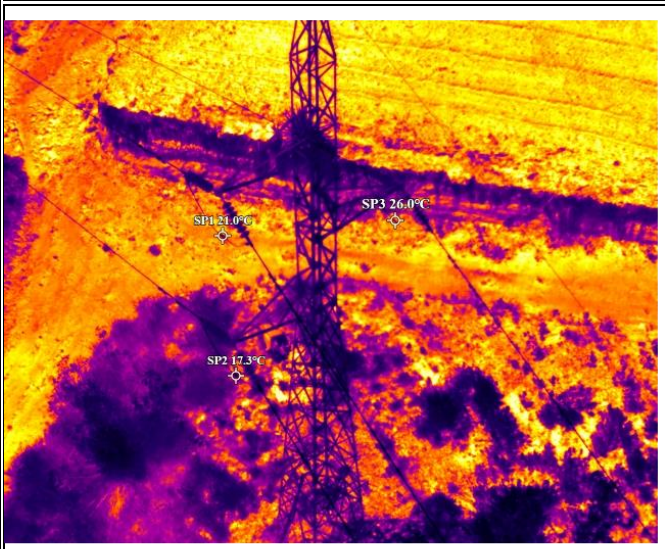
Imagen térmica	Imagen de campo
	

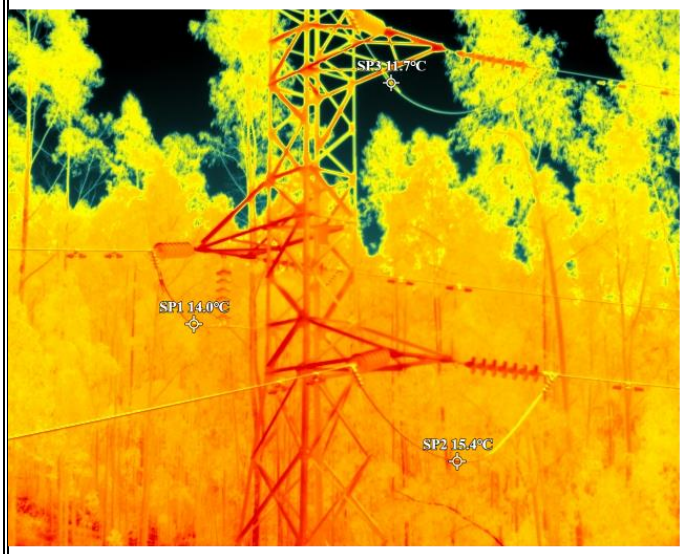
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre.

Fecha de inspección	2024/10/19 10:30:09	Reporte	3
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo - Cayambe		
Código de la Torre	541796	O- C4	
Coordenadas (UTM)	-78,278176	0,224703	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	5 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

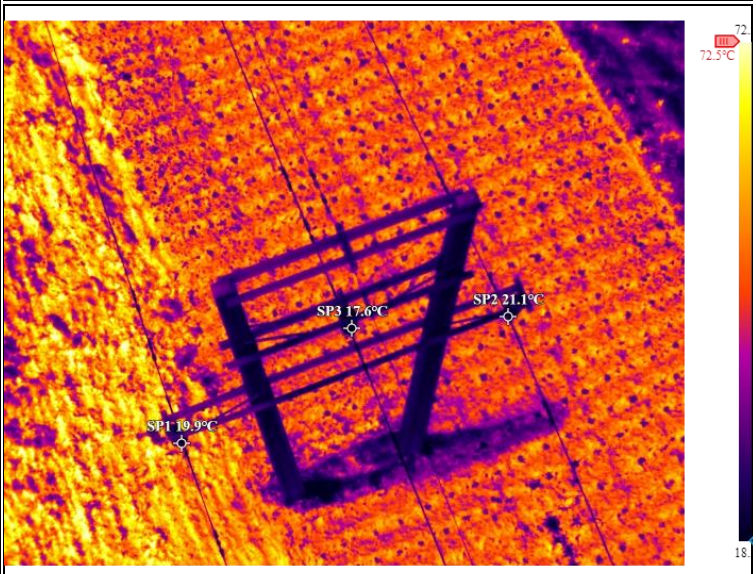
Fecha de inspección	2024/10/19 10:43:49	Reporte	4
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo - Cayambe		
Código de la Torre	541797	O- C5	
Coordenadas (UTM)	-78,278695	0,220223	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	5 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

Fecha de inspección	2024/10/19 11:30:23	Reporte	5
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541798	O- C6	
Coordenadas (UTM)	-78,278662	0,21615	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	5 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

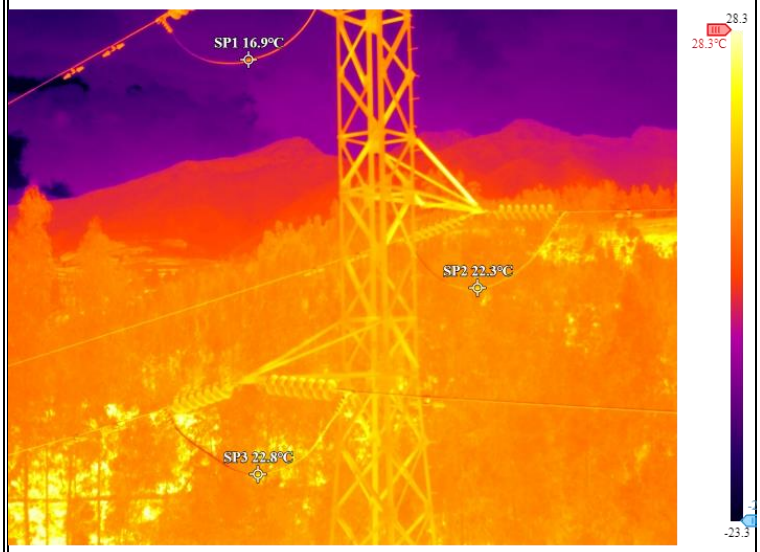
Fecha de inspección	2024/10/19 11:56:21	Reporte	6
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541799	O- C7	
Coordenadas (UTM)	-78,272674	0,212772	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**

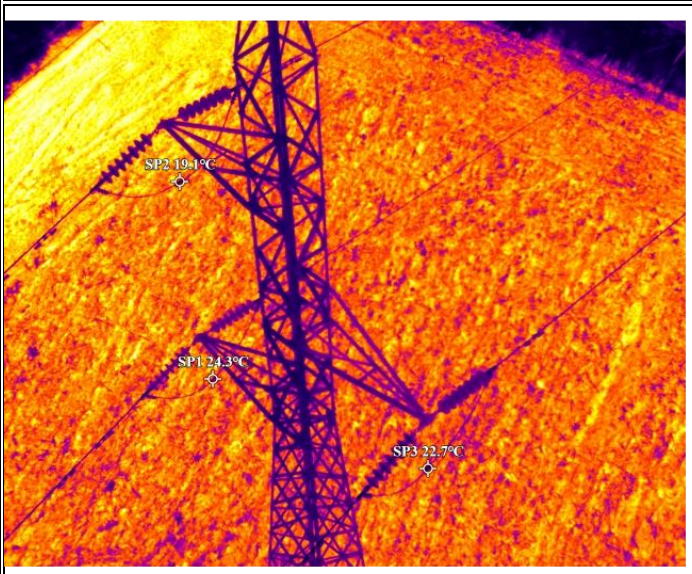
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

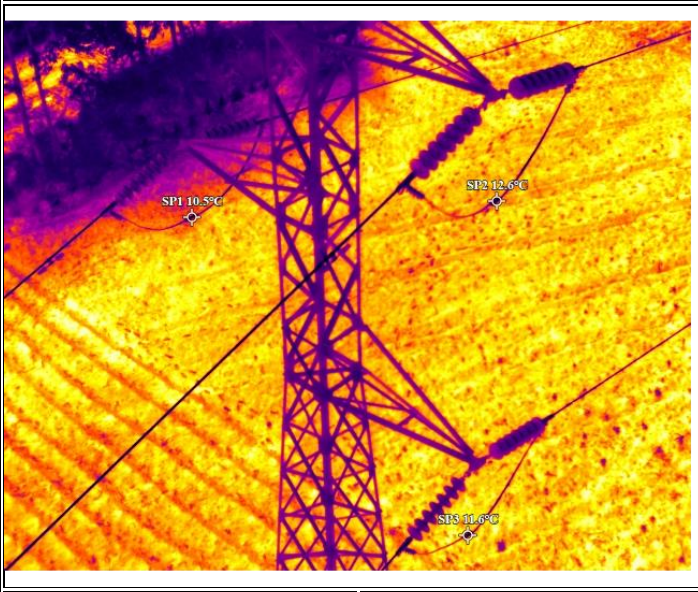
Fecha de inspección	2024/10/19 12:29:04	Reporte	7
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541800	O- C8	
Coordenadas (UTM)	-78,267984	0,210687	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

Fecha de inspección	2024/10/19 12:20:51	Reporte	8
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541802	O- C10	
Coordenadas (UTM)	-78,264729	0,209189	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	8 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

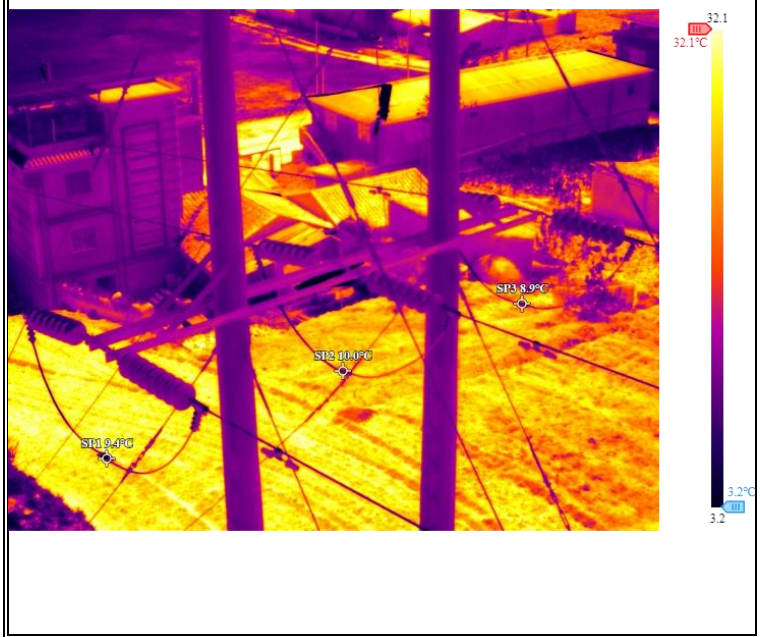
Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

Fecha de inspección	2024/08/09 12:24:56	Reporte	9
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541803	O- C11	
Coordenadas (UTM)	-78,259192	0,206703	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

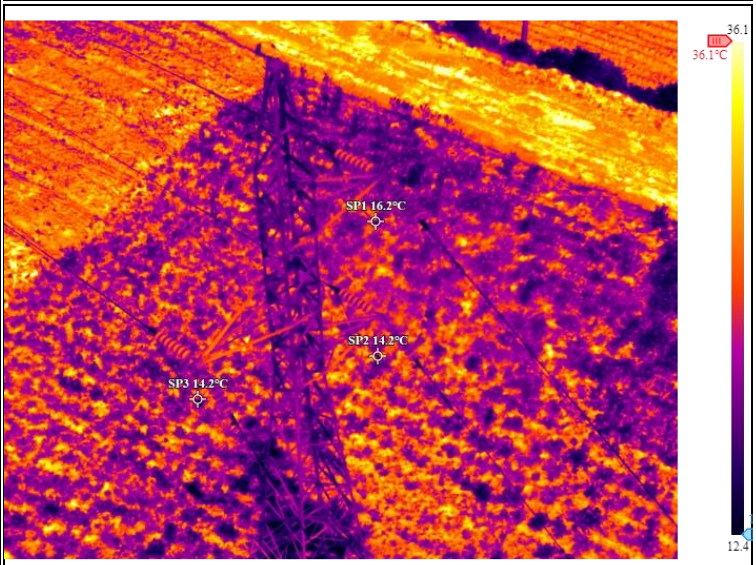
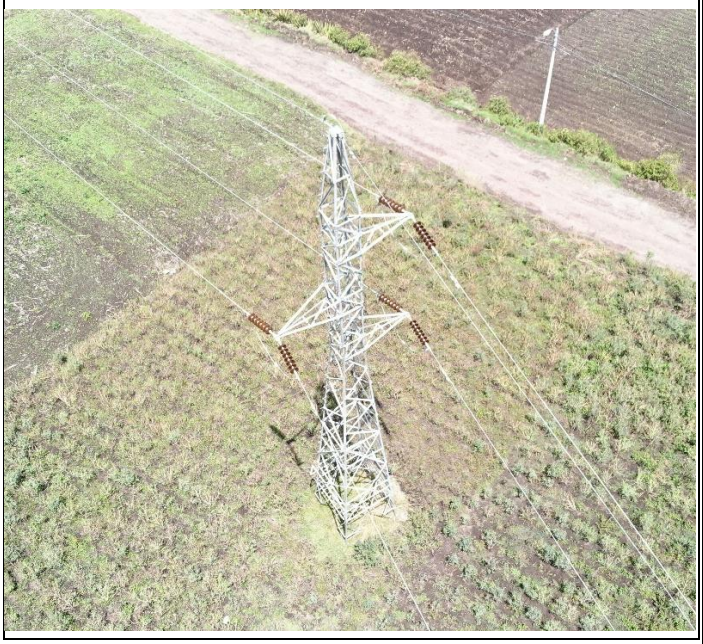
Fecha de inspección	2024/10/19 13:11:24	Reporte	10
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541813	O- C21	
Coordenadas (UTM)	-78,244326	0,198684	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	Normal		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/10/19 13:13:30	Reporte	11
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541814	O- C22	
Coordenadas (UTM)	-78,241822	0,197548	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	8 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

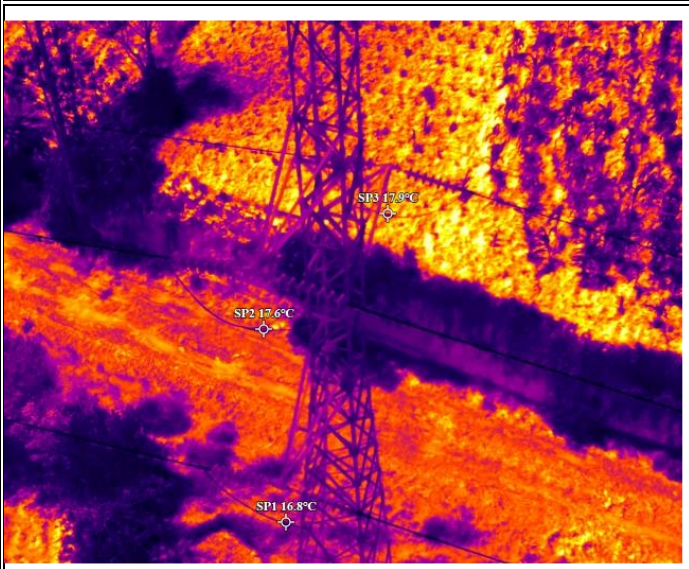
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores

Fecha de inspección	2024/11/01 11:07:09	Reporte	12
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541820	O- C28	
Coordenadas (UTM)	-78,231198	0,192845	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

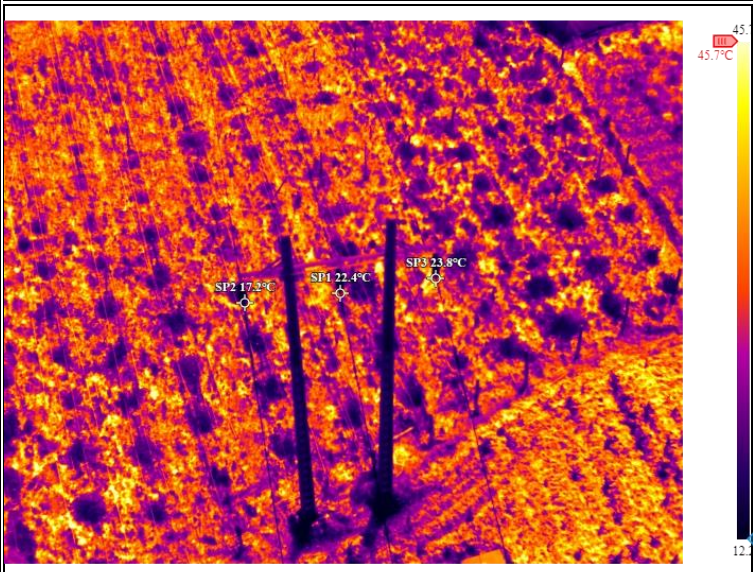
Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

Fecha de inspección	2024/11/01 11:10:54	Reporte 13	
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541823	O- C31	
Coordenadas (UTM)	-78,227086	0,189542	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/11/01 11:39:26	Reporte	13
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541828	O- C37	
Coordenadas (UTM)	-78,219081	0,181826	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/11/01 11:42:00	Reporte	14
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541829	O- C38	
Coordenadas (UTM)	-78,216371	0,179179	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

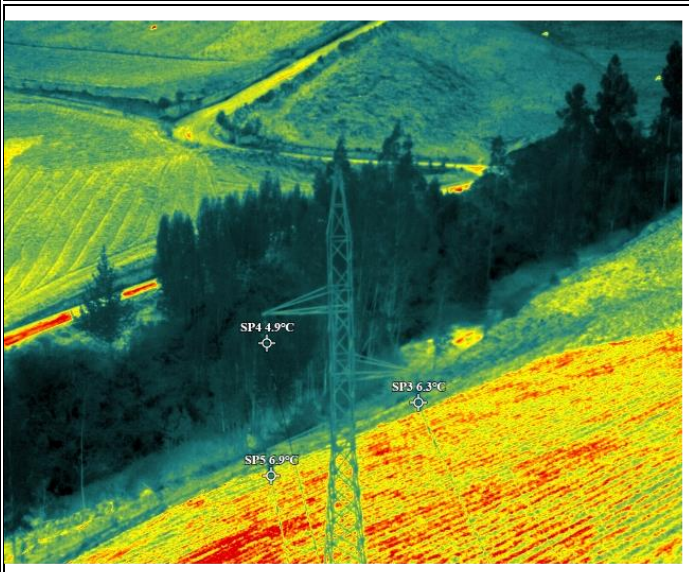
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores

Fecha de inspección	2024/11/01 12:10:46	Reporte	15
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541832	O- C41	
Coordenadas (UTM)	-78,208941	0,171882	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

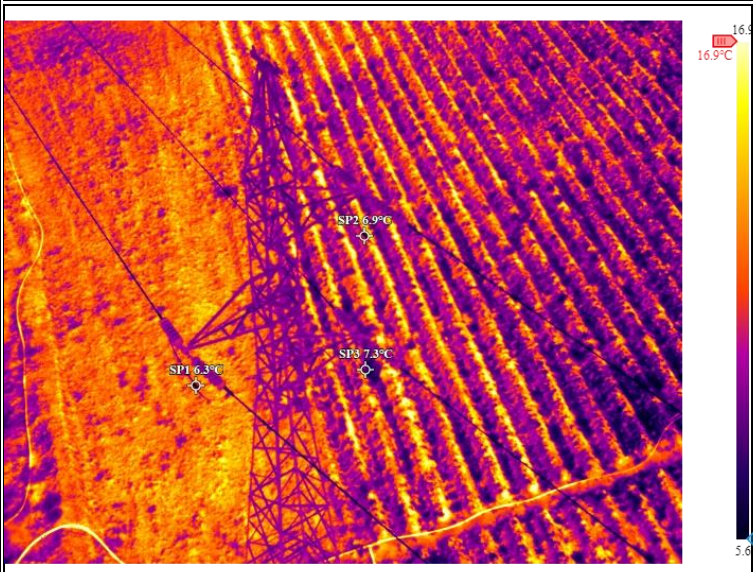
Imagen térmica	**Imagen de campo**

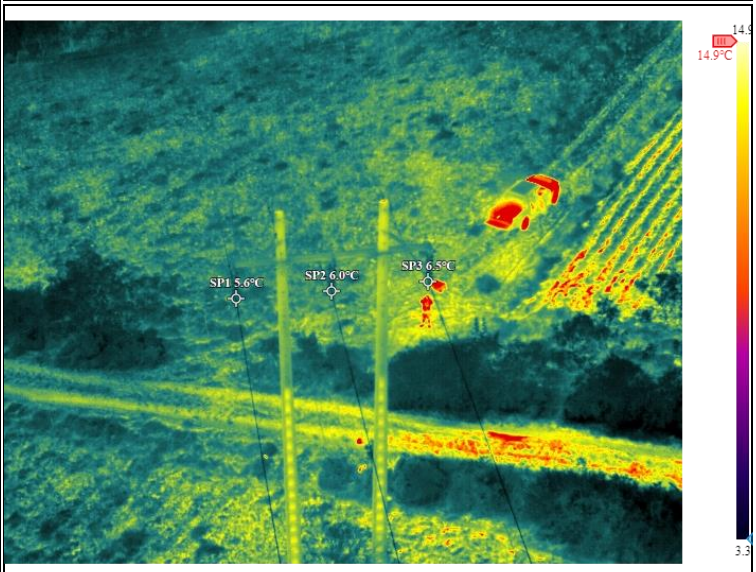
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

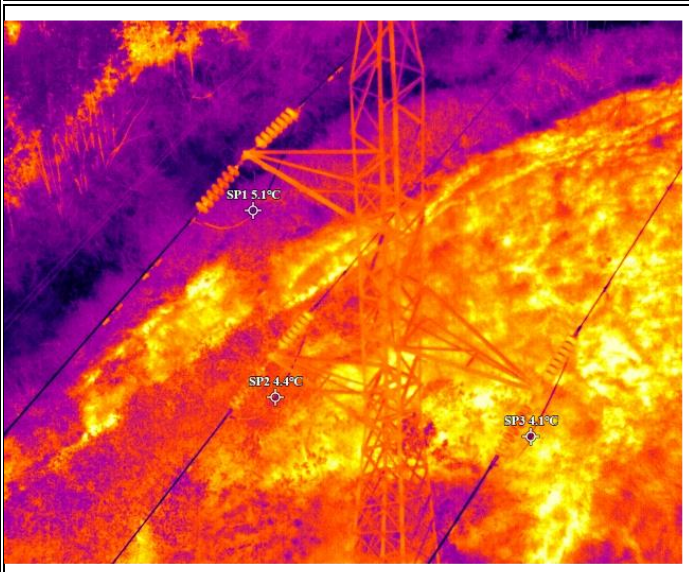
Fecha de inspección	2024/11/01 12:11:28	Reporte	16
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541833	O- C42	
Coordenadas (UTM)	-78,208506	0,170278	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

Fecha de inspección	2024/12/01 12:13:47	Reporte	17
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541834	O- C43	
Coordenadas (UTM)	-78,207185	0,165251	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

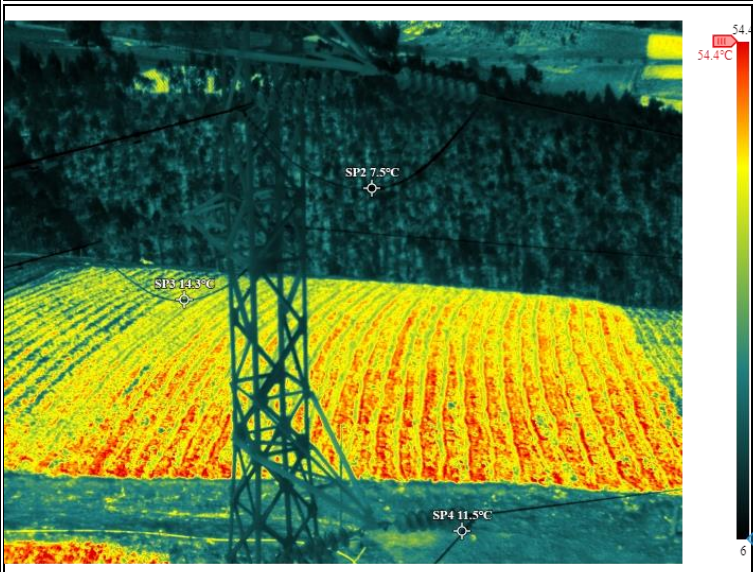
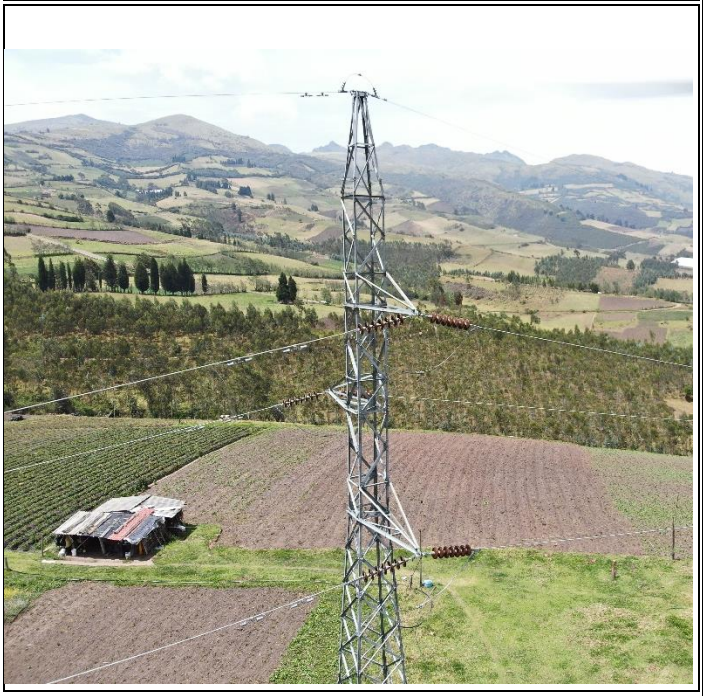
Fecha de inspección	2024/08/09 12:41:16	Reporte	18
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541836	O- C45	
Coordenadas (UTM)	-78,205968	0,160715	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		



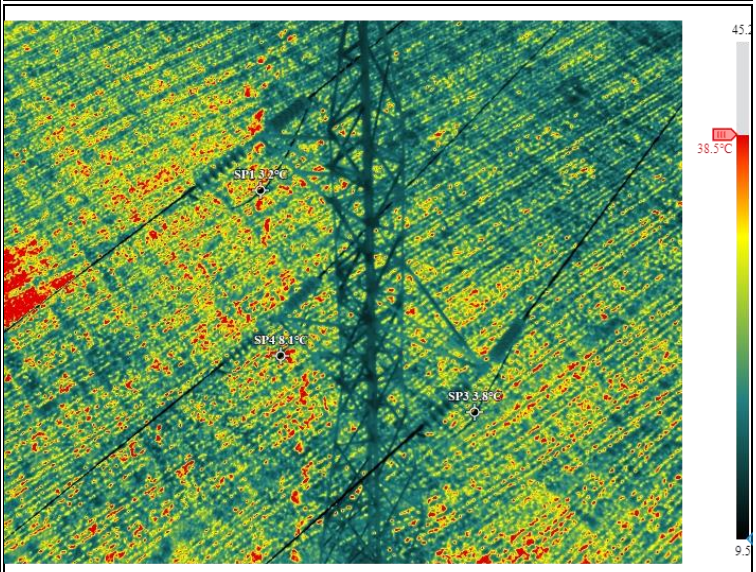
Fecha de inspección	2024/11/01 12:47:32	Reporte	19
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541837	O- C46	
Coordenadas (UTM)	-78,204558	0,158413	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	8 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

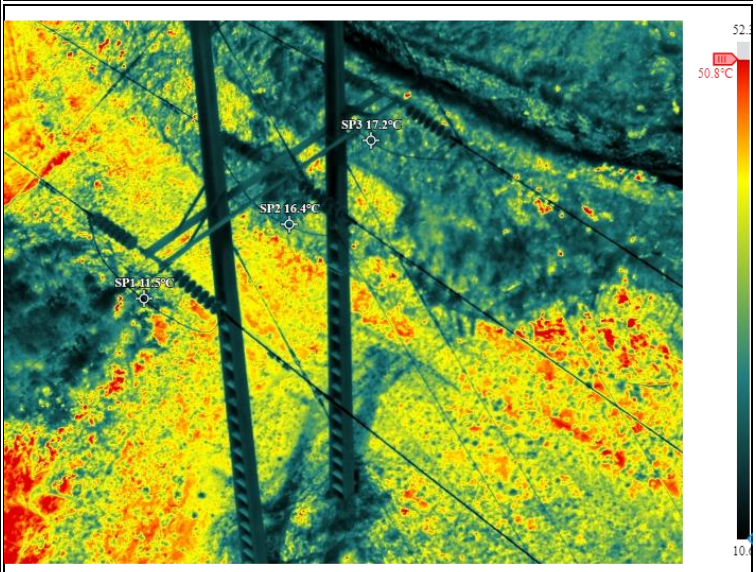
Fecha de inspección	2024/11/01 12:45:45	Reporte	20
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541838	O- C47	
Coordenadas (UTM)	-78,20267	0,155221	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/11/09 11:13:57	Reporte	21
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541846	O- C55	
Coordenadas (UTM)	-78,194342	0,141337	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	5 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

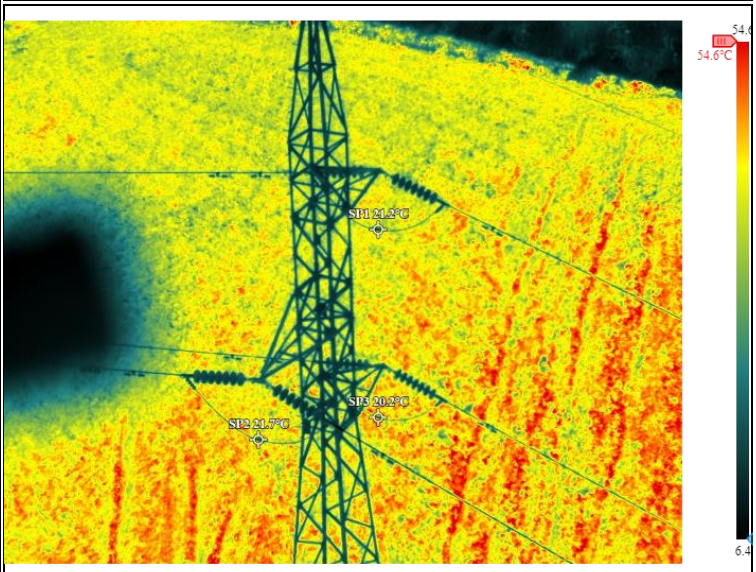
Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

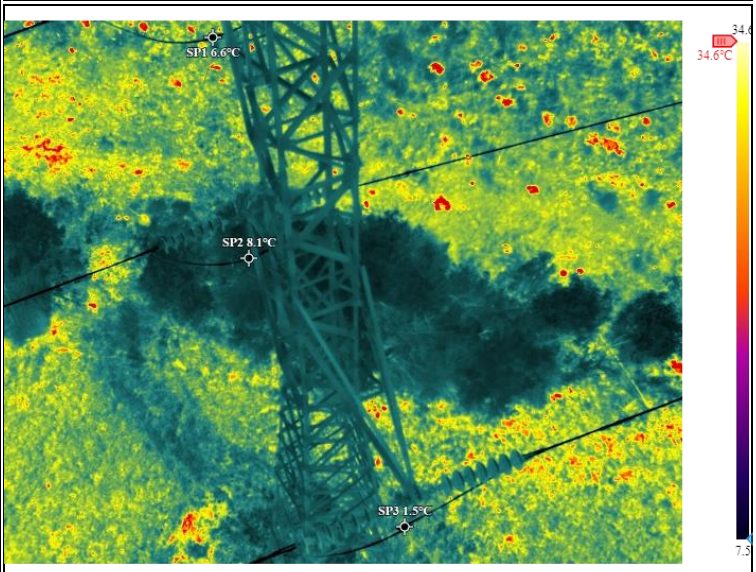
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

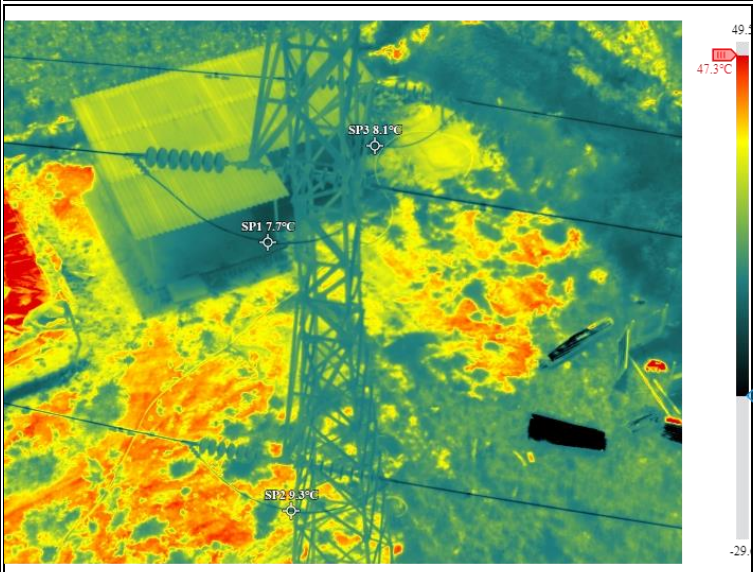
Fecha de inspección	2024/11/09 11:35:21	Reporte	22
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541851	O- C60	
Coordenadas (UTM)	-78,189499	0,132096	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

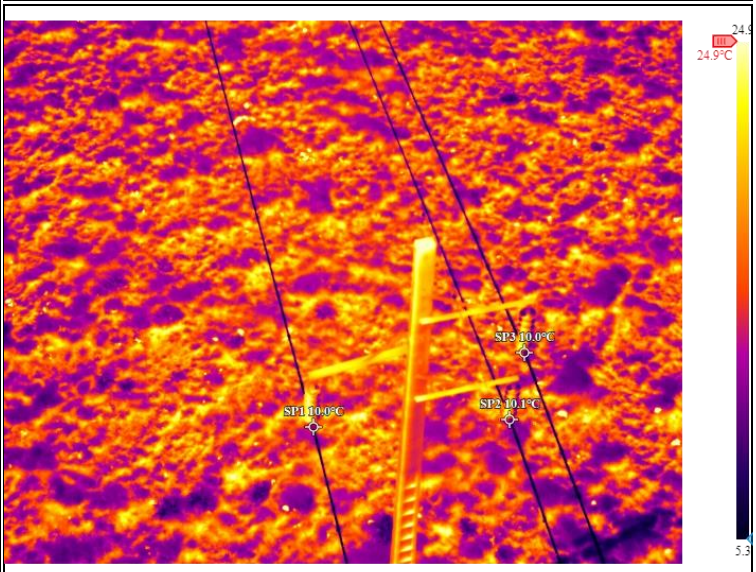
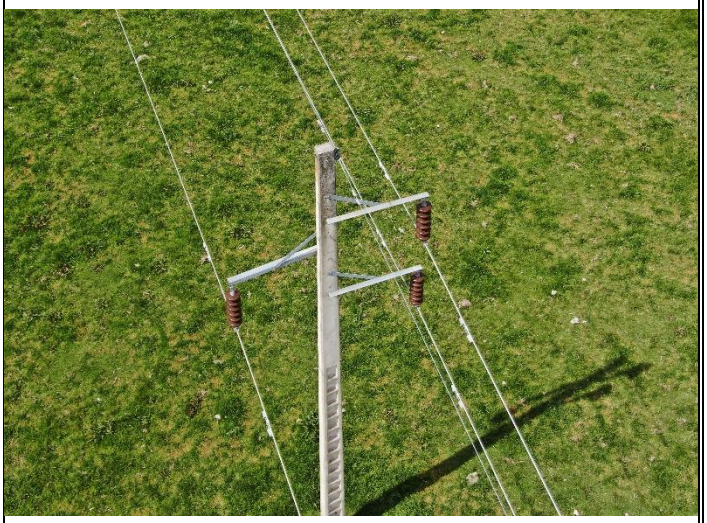
Fecha de inspección	2024/11/09 12:22:35	Reporte	23
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541861	O- C69	
Coordenadas (UTM)	-78,178723	0,120052	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

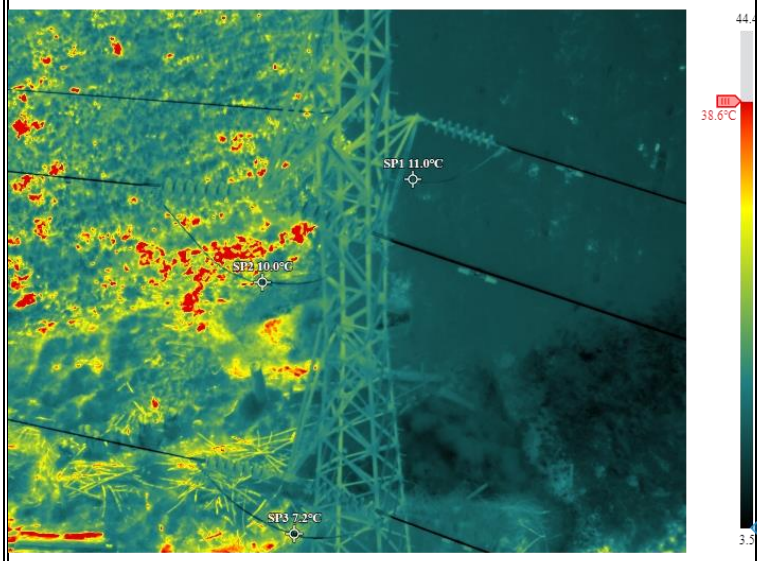
Fecha de inspección	2024/11/09 12:25:05	Reporte	24
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541862	O- C70	
Coordenadas (UTM)	-78,17615	0,117188	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

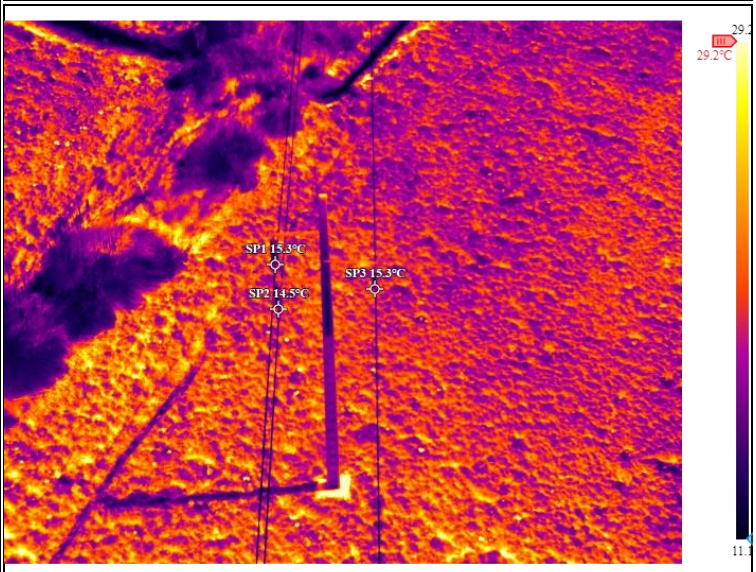


Fecha de inspección	2024/11/09 12:49:43	Reporte	25
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541868	O- C76	
Coordenadas (UTM)	-78,169541	0,105278	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	8 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

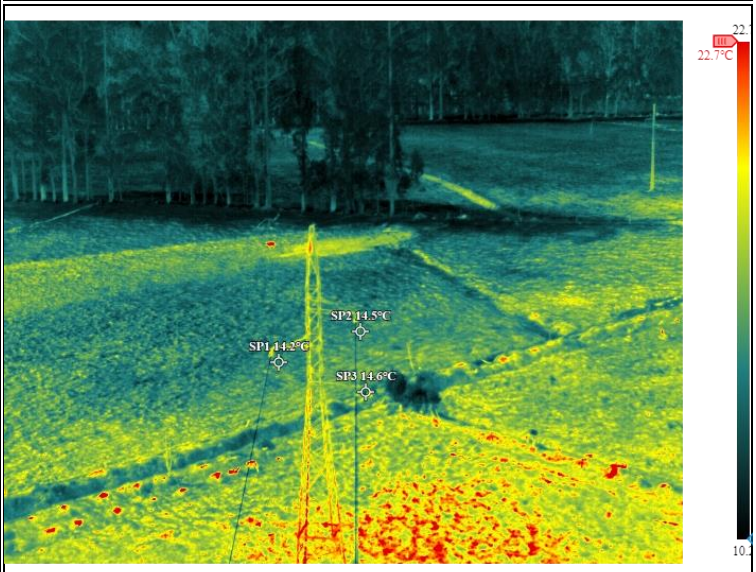
Fecha de inspección	2024/11/09 13:13:13	Reporte	26
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541874	O- C82	
Coordenadas (UTM)	-78,164044	0,095384	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	8 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/11/09 13:50:00	Reporte	27
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541882	O- C90	
Coordenadas (UTM)	-78,158858	0,081971	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	16 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

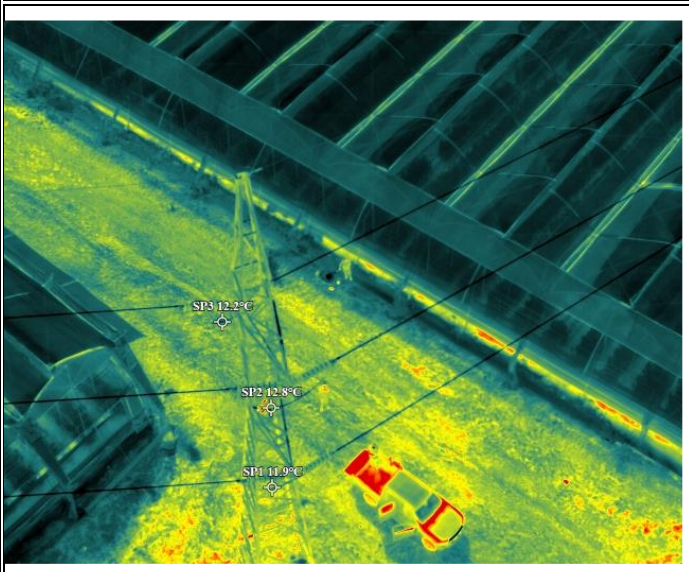
Fecha de inspección	2024/11/09 13:43:21	Reporte	28
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541883	O- C91	
Coordenadas (UTM)	-78,158147	0,080046	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

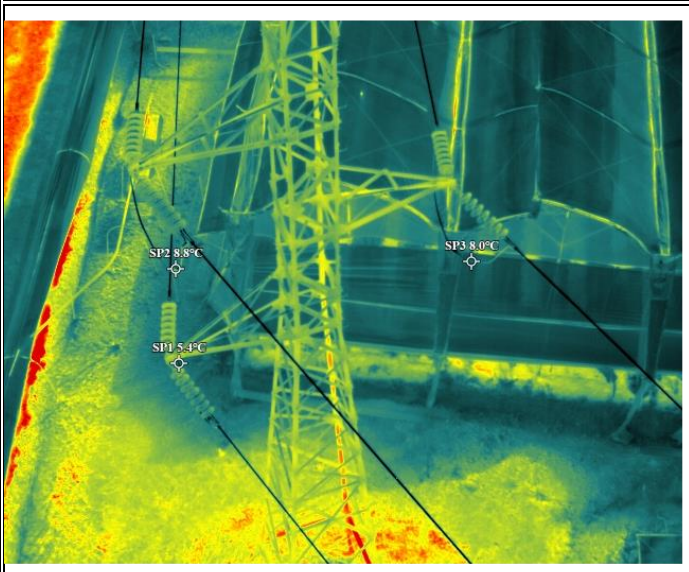
Fecha de inspección	2024/11/09 13:45:03	Reporte	29
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541885	O- C93	
Coordenadas (UTM)	-78,156673	0,076825	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	16 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

Fecha de inspección	2024/11/01 14:58:26	Reporte	30
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541889	O- C97	
Coordenadas (UTM)	-78,15403	0,071081	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	20 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

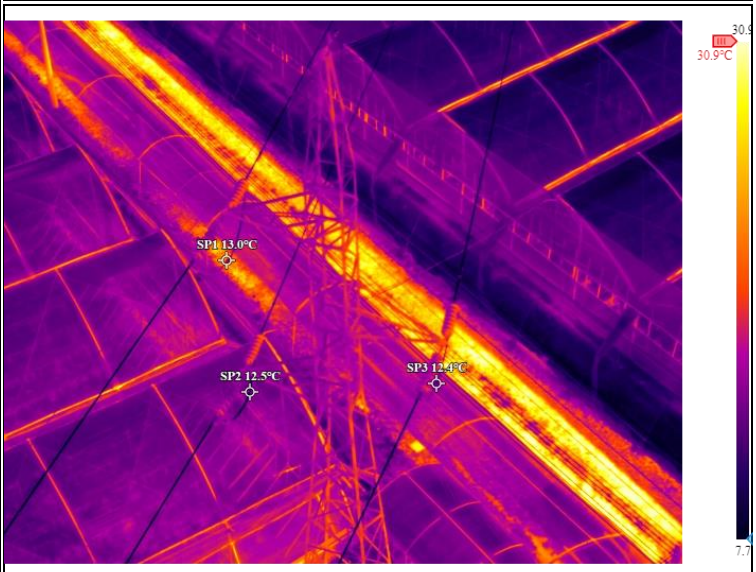
Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

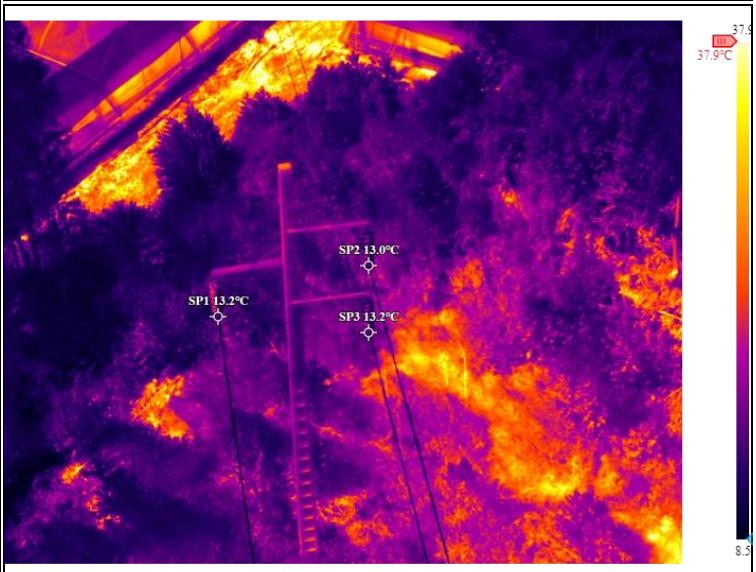
Fecha de inspección	2024/11/01 14:56:11	Reporte	32
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541890	O- C98	
Coordenadas (UTM)	-78,152073	0,069152	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

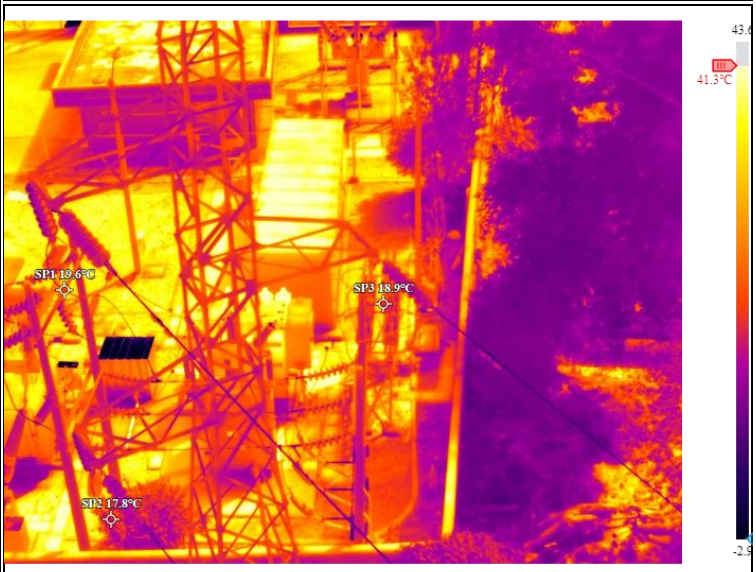
Fecha de inspección	2024/11/01 14:45:33	Reporte	33
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541891	O- C99	
Coordenadas (UTM)	-78,15187	0,068345	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

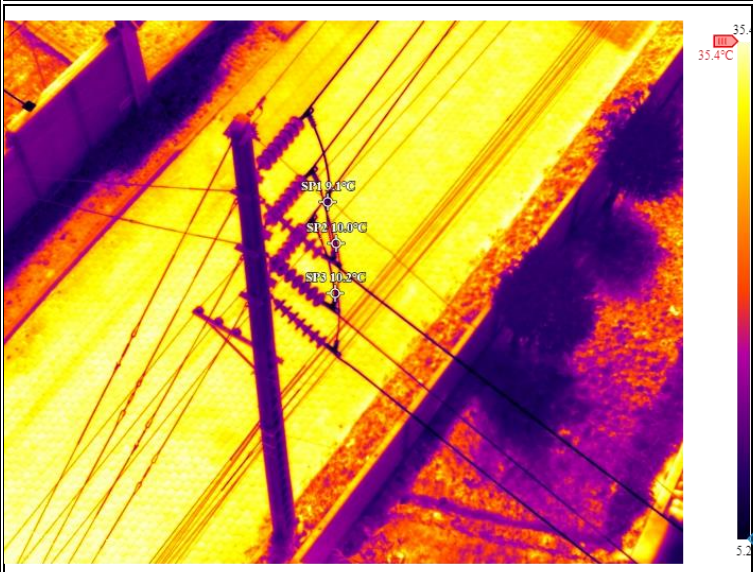
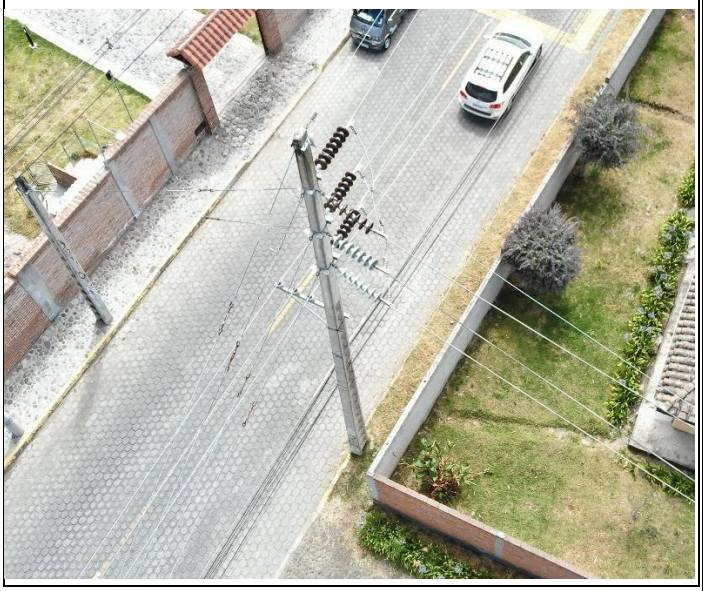
Fecha de inspección	2024/11/01 14:51:20	Reporte	34
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541893	O- C101	
Coordenadas (UTM)	-78,15214	0,064678	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

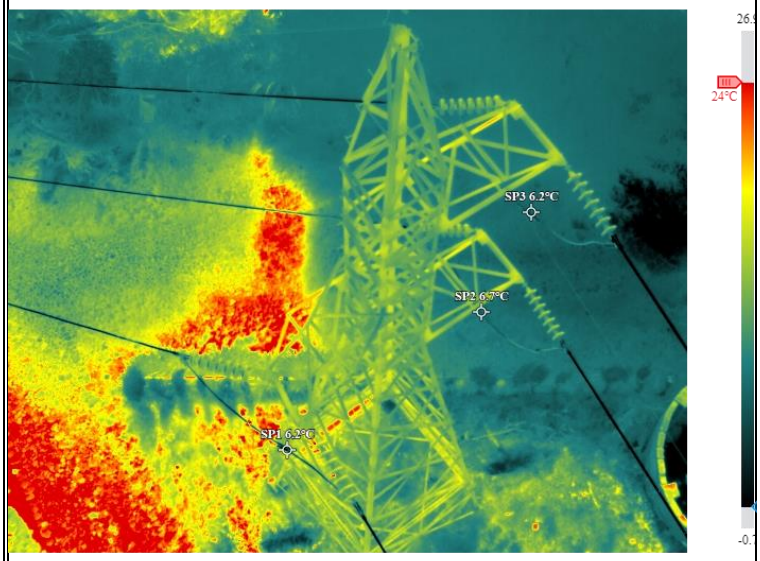
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

Fecha de inspección	2024/11/01 14:08:56	Reporte	35
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541902	O- C110	
Coordenadas (UTM)	-78,147302	0,052233	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	16 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

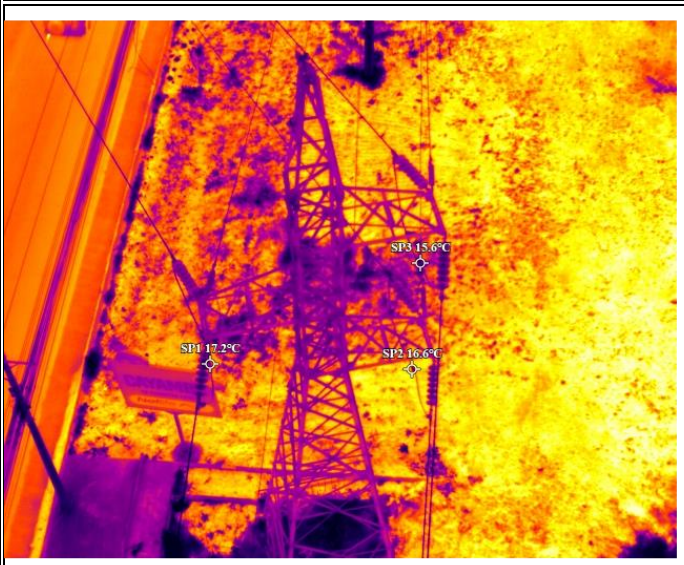
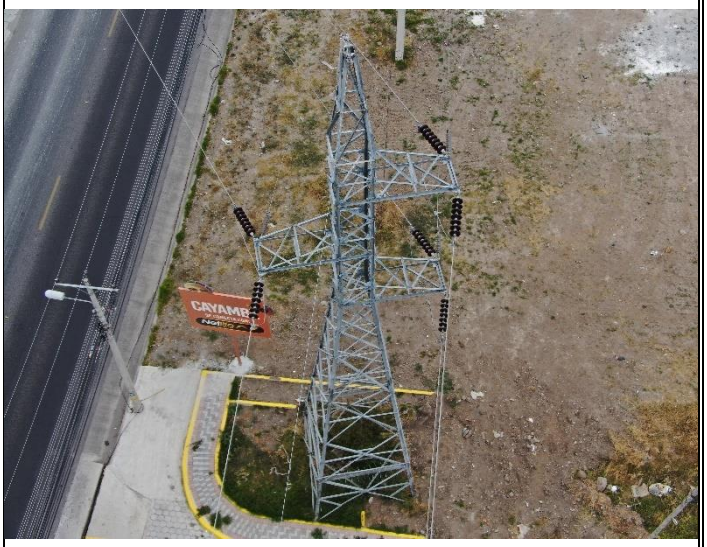
Fecha de inspección	2024/11/01 14:05:03	Reporte	36
Características Técnicas			
Ubicación	Otavalo – Cayambe		
Código de la Torre	541903	O- C111	
Coordenadas (UTM)	-78,146592	0,050384	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/09/13 10:20:56	Reporte	36
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541967	C- C3	
Coordenadas (UTM)	-78,148365	0,050314	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	16 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	5 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

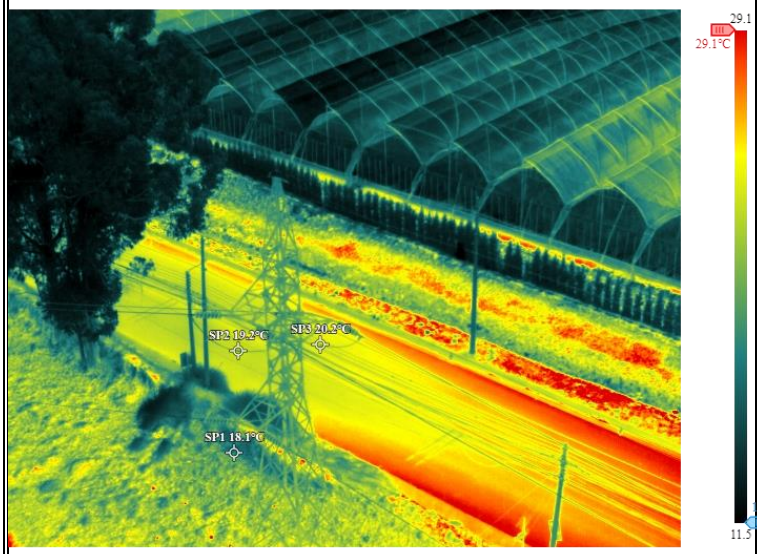
Fecha de inspección	2024/09/13 10:18:21	Reporte	37
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541966	C- C4	
Coordenadas (UTM)	-78,148528	0,049908	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

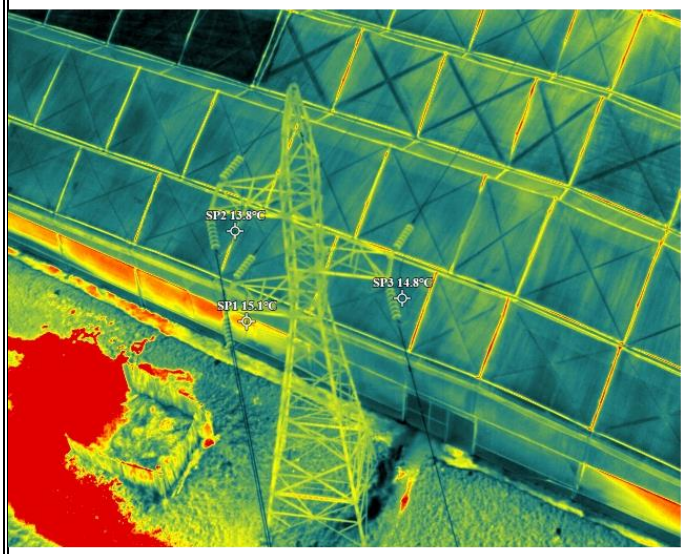
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

Fecha de inspección	2024/09/21 11:29:26	Reporte	38
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541957	C- C13	
Coordenadas (UTM)	-78,159399	0,044512	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

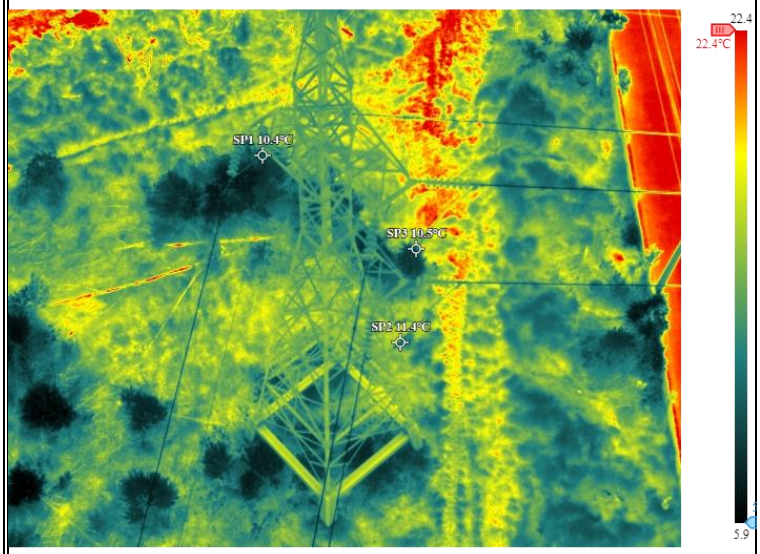
Fecha de inspección	2024/09/21 11:37:54	Reporte	39
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541953	C- C17	
Coordenadas (UTM)	-78,166308	0,045396	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

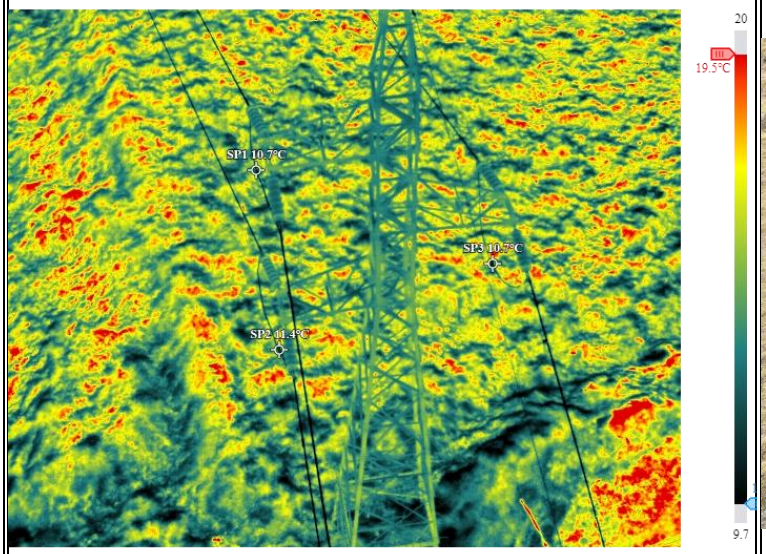
Fecha de inspección	2024/09/21 11:42:43	Reporte	40
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541949	C- C22	
Coordenadas (UTM)	-78,172692	0,043283	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/08/09 11:30:23	Reporte	41
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541947	C- C24	
Coordenadas (UTM)	-78,176847	0,044768	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

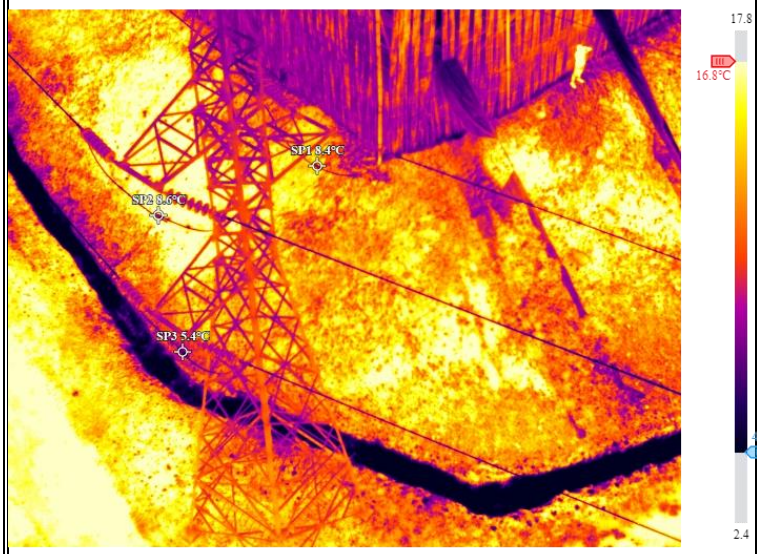
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

Fecha de inspección	2024/09/21 12:18:15	Reporte	42
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541946	C- C25	
Coordenadas (UTM)	-78,178192	0,042634	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

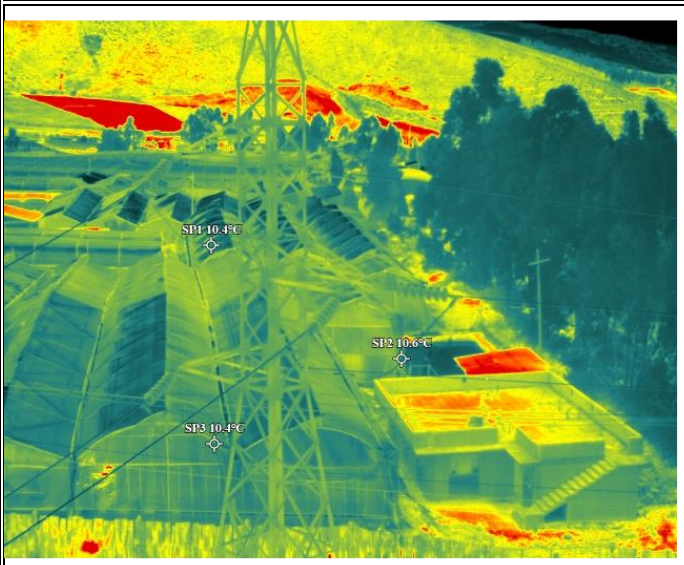
Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

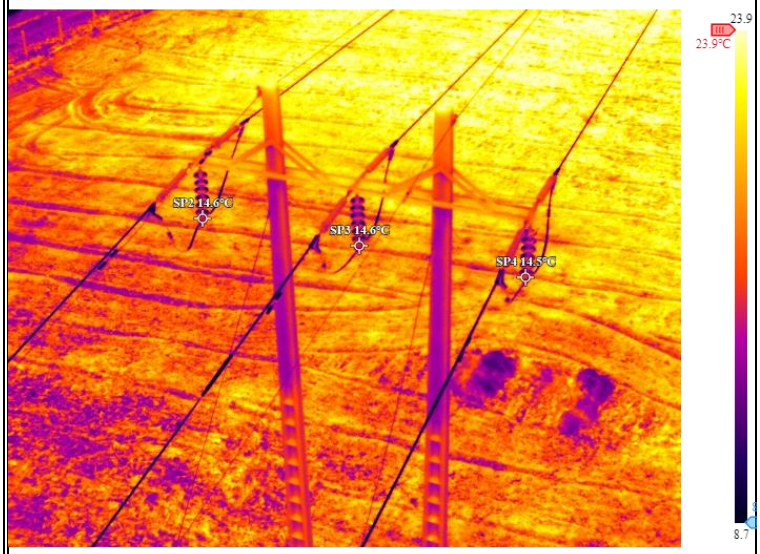
Fecha de inspección	2024/09/21 12:21:34	Reporte	43
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541945	C- C26	
Coordenadas (UTM)	-78,178736	0,041247	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

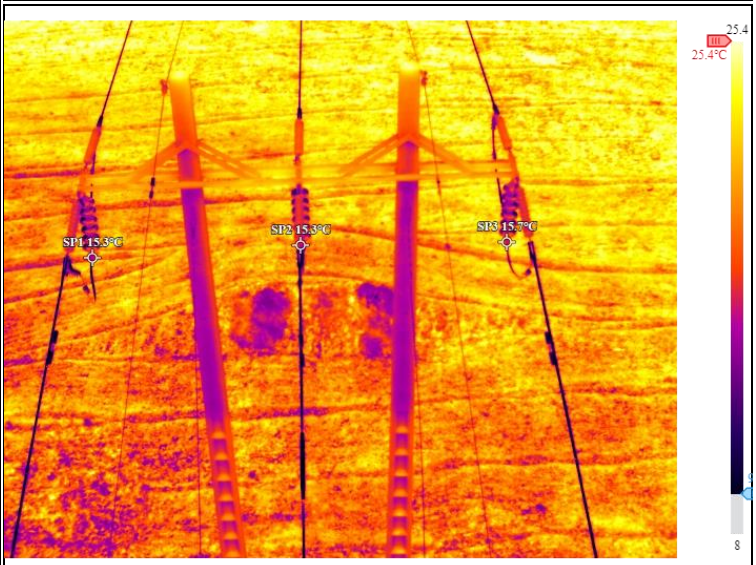
Fecha de inspección	2024/09/21 12:57:36	Reporte	44
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541937	C- Z34	
Coordenadas (UTM)	-78,188712	0,031573	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/10/05 13:44:06	Reporte	45
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541935	C- Z32	
Coordenadas (UTM)	-78,192838	0,031827	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

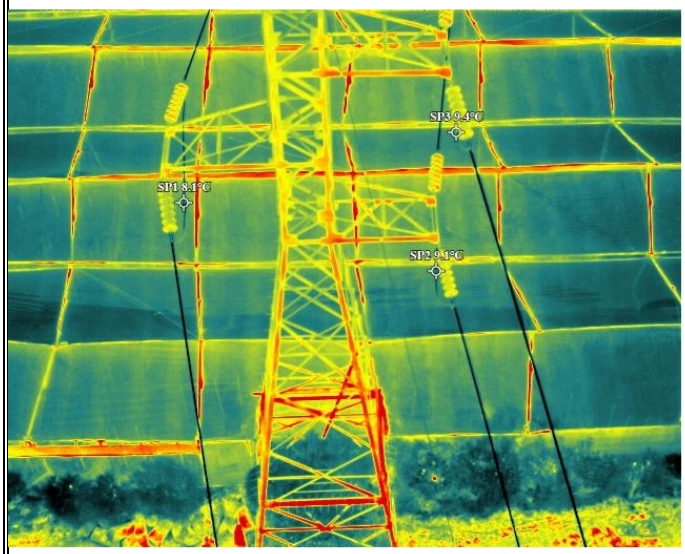
Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

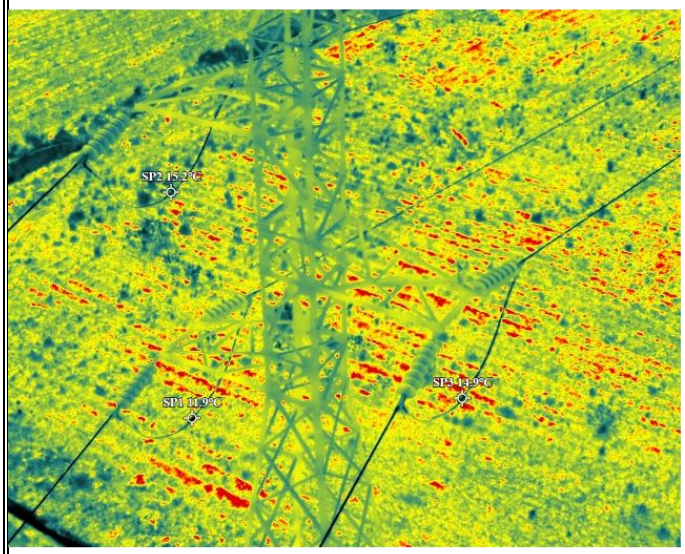
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores

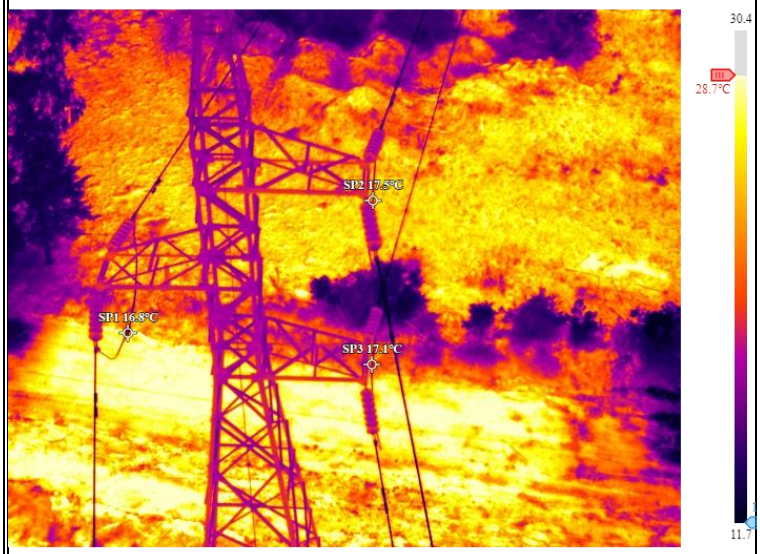
Fecha de inspección	2024/10/05 13:43:03	Reporte	46
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541934	C- Z31	
Coordenadas (UTM)	-78,200448	0,032408	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	

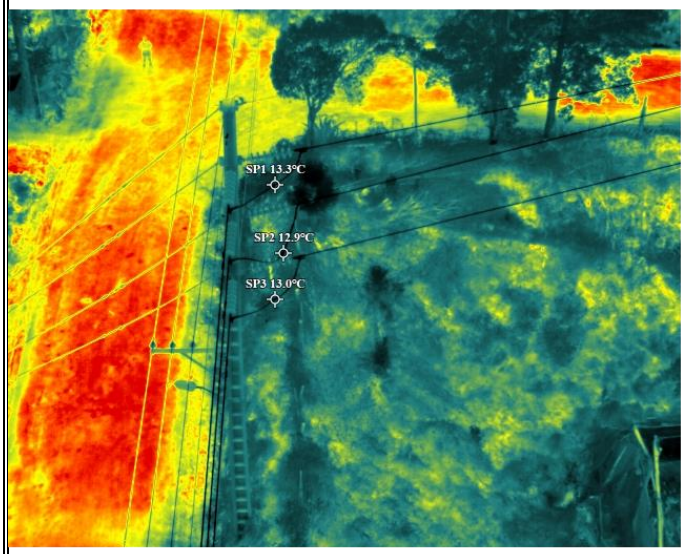


Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores

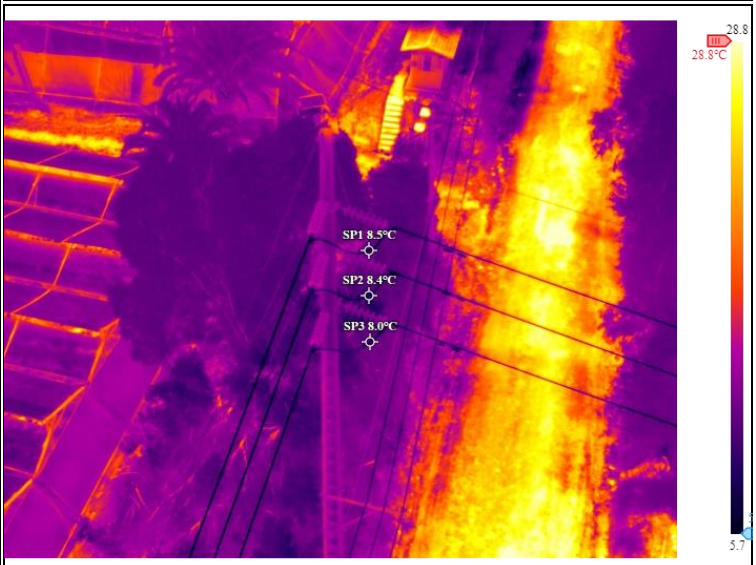
Fecha de inspección	2024/10/05 13:20:16	Reporte	47
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541931	C- Z28	
Coordenadas (UTM)	-78,200448	0,032408	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/10/05 13:15:51	Reporte	48
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541929	C- Z26	
Coordenadas (UTM)	-78,203093	0,03178	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/10/05 12:48:46	Reporte	49
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541922	C- Z19	
Coordenadas (UTM)	-78,218126	0,032217	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

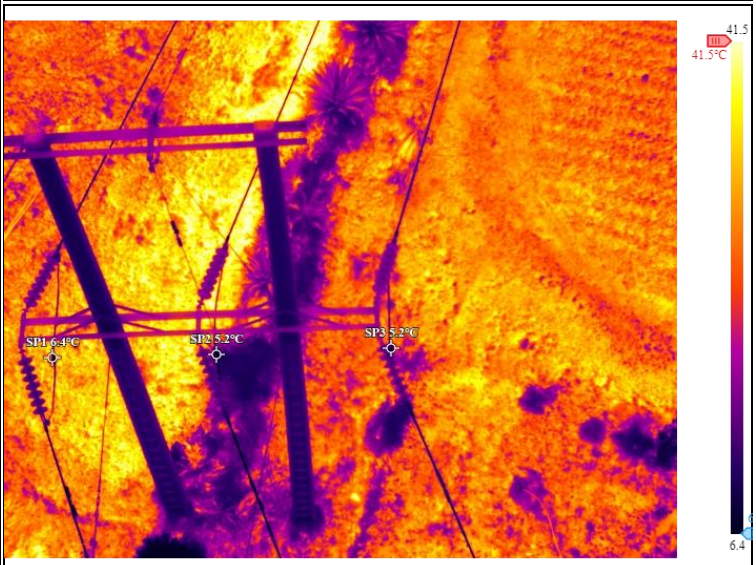
Fecha de inspección	2024/10/05 12:45:21	Reporte	50
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541798	C- Z17	
Coordenadas (UTM)	-78,22039	0,031481	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	16 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	10 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores		

Fecha de inspección	2024/10/05 12:41:58	Reporte	51
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541919	C-Z16	
Coordenadas (UTM)	-78,220429	0,030343	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	16 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	8 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	



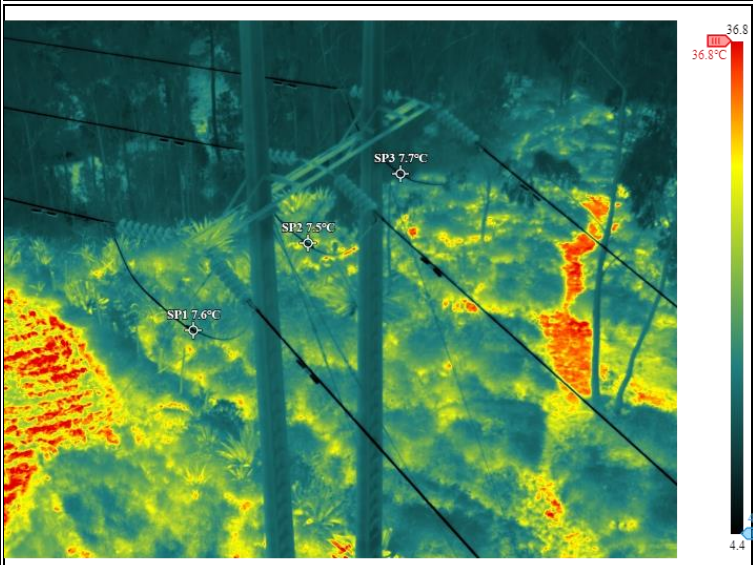
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores

Fecha de inspección	2024/10/05 12:11:21	Reporte	52
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541917	C- Z14	
Coordenadas (UTM)	-78,223344	0,030997	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	5 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

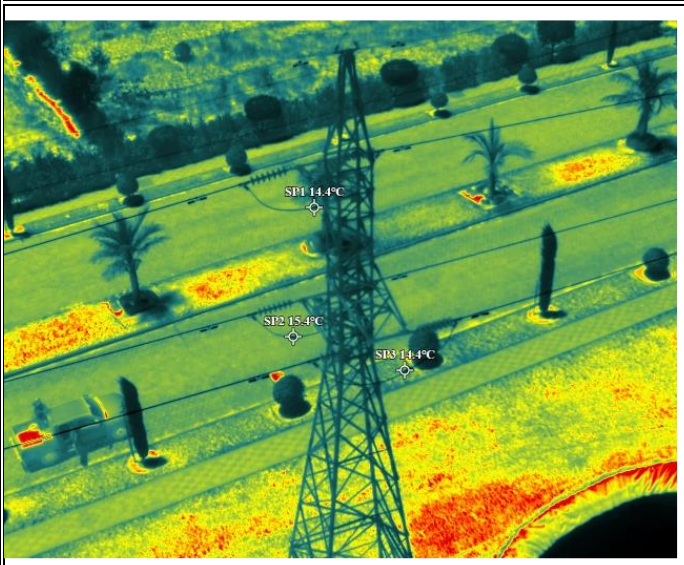
Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

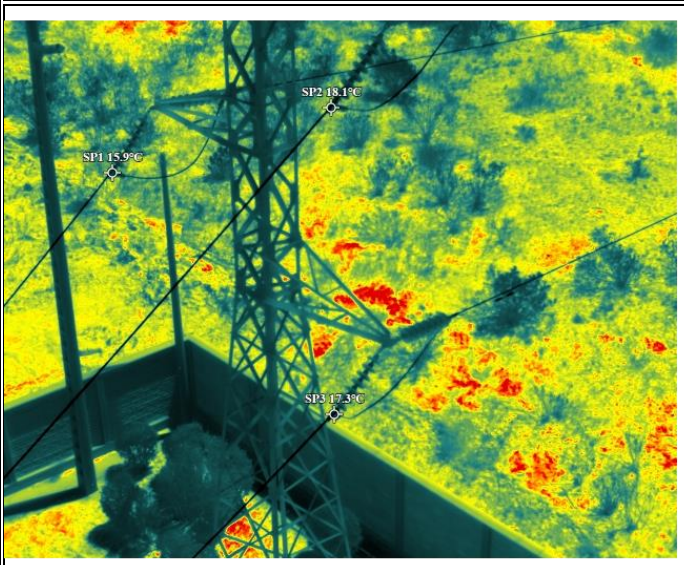
Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en los conductores

Fecha de inspección	2024/10/05 12:06:09	Reporte	53
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541915	C- Z12	
Coordenadas (UTM)	-78,225261	0,030035	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	14 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Rectangular- Hormigón	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		

Imagen térmica	**Imagen de campo**
	

Elemento con anomalía	No
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre

Fecha de inspección	2024/08/09 11:19:47	Reporte	54
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541911	C- Z8	
Coordenadas (UTM)	-78,234384	0,030168	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	15 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		

Fecha de inspección	2024/10/05 10:41:00	Reporte	55
Características Técnicas			
Ubicación	Cayambe – La Esperanza		
Código de la Torre	541905	C- Z1	
Coordenadas (UTM)	-78,246025	0,028793	
Tipo de Línea	Alta tensión	Tensión Eléctrica (V)	69 kV
Instalación	Línea de Subtransmisión	Altura de la Torre (m)	18 m
Reporte General			
Tipo de estructura	Piramidal - metálica	Distancia	8 m
Material	Acero ASTM A36	Humedad	70 %
Método de Inspección	Termográfica Aérea	Emisividad	0.93
Equipo	Dron DJI Matrice 300 RTK	Temperatura reflectante	23 °C
Cámara	Zenmuse H20T		
Imagen térmica		**Imagen de campo**	
			
Elemento con anomalía	No		
Descripción	No se detectó variaciones de temperatura inusuales en las grapas de amarre		