



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**Diagnóstico Visual-Térmico En Sistemas Eléctricos De Subtransmisión Y Distribución Con
El Uso De Drones Para Efectuar Mantenimientos**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: Josué Alexander Varas Alava

TUTOR: Ing. Julio Manuel Silva Becherán, Msc

Guayaquil - Ecuador

2022

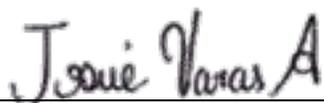
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Josué Alexander Varas Alava con documentación de identificación N° 120542853-3 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 24 de febrero del año 2022

Atentamente,



Josué Alexander Varas Alava
1205428533

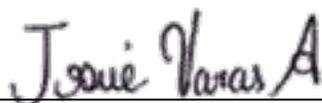
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Josué Alexander Varas Alava con documento de identificación N° 120542853-3; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 24 de febrero del año 2022

Atentamente,



Josué Alexander Varas Alava
1205428533

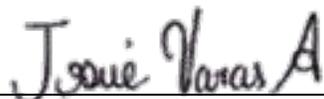
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Josué Alexander Varas con documento de identificación N° 120542853-3, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto de tesis: “Diagnóstico Visual-Térmico En Sistemas Eléctricos De Subtransmisión Y Distribución Con El Uso De Drones Para Efectuar Mantenimientos”. el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de febrero del año 2022

Atentamente,



Josué Alexander Varas Alava
1205428533

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Julio Manuel Silva Becherán con documentación de identificación N° 0959623422, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DIAGNÓSTICO VISUAL-TÉRMICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE SUBTRANSMISIÓN Y DE DISTRIBUCIÓN CON EL USO DE DRONES PARA EFECTUAR MANTENIMIENTOS”, realizado por Josué Alexander Varas Alava con documentación N° 1205428533, Obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de tesis que cumple con todos los requisitos definidos por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de febrero del año 2022

Atentamente,



Ing. Julio Manuel Silva Becherán, Msc
0959623422

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación está dedicado a:

Dios, porque me dio la sabiduría, me ha dado la fuerza, me cuidó y gracias a Él he logrado otro objetivo.

A mis padres, quienes con su ejemplo me han guiado a confiar en Dios para luchar y vencer las adversidades, sin rendirme hasta lograr mis metas. Gracias por su gran amor, dedicación, paciencia, guía y esfuerzo.

A mis hermanos, por todo el apoyo e inspiración que tengo para seguir luchando, este triunfo también es parte de ustedes.

A mis queridos amigos por sus consejos, ayuda y oraciones han estado conmigo en los altibajos de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por brindarme la sabiduría y fuerzas necesarias para avanzar en este camino del saber, sin Él nada hubiera sido posible. En el transcurso de este tiempo pese a las ocupaciones establecidas, Dios me ha ayudado a continuar y adquirir nuevos conocimientos.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo brindado, por su motivación, sus consejos y todo lo que han aportado a mi vida sin dejarme quedar a medio camino y poder culminar mis estudios con éxito.

A todos los que conforman la familia salesiana, a cada uno de los docentes que con respeto y paciencia han impartido las enseñanzas y que ahora serán puestas en práctica. Poder decirles que su trabajo no ha sido en vano.

De manera general agradezco a todos los que de alguna manera fueron mi apoyo y confiaron en que este proyecto sería ejecutado.

RESUMEN

El presente estudio trata en el diagnóstico del sistema eléctrico para efectuar mantenimientos con el uso de drones. Primero, es de vital importancia conocer los componentes de una red, aspectos básicos del sistema eléctrico, tipo de estructura, nivel de voltajes. Como segundo punto, se realizan las revisiones del sistema eléctrico a través del uso del dron, tanto de manera visual como térmica. Con ello, se obtiene una inspección veraz con información de la condición de las estructuras, aisladores, red. El método usando dron nos facilita una revisión eficaz y permitiría llegar hasta donde el ser humano, en ocasiones es imposible de ingresar, ya que tenemos conocimientos que las redes eléctricas en muchas ocasiones pasan por afuera de las ciudades, evitamos que el personal técnico acuda y tengan riesgos físicos por la condición donde se encuentre el paso de la línea sea de subtransmisión como de distribución. Utilizamos software encargados de evaluar las tomas y videos que el dron capta en tiempo real y se las evalúa según la resistencia que tenga cada material.

Palabras clave: drone, flir-tools-termal, subtransmisión, distribución.

ABSTRACT

The present work consists of the diagnosis of the electrical system to carry out maintenance with the use of drones. First, it is important to know the components of a network, basic aspects of the electrical system, type of structure, level of voltages. As a second point, the electrical system reviews are carried out using the drone, both visually and thermally. With this, a truthful inspection is obtained with information on the condition of the structures, insulators and network. The method using drone would facilitate an effective review and would allow us to get to where the human being, sometimes it is impossible to enter, since we have knowledge that electrical networks often pass outside the cities, we prevent technical personnel from going and have physical risks due to the condition where the line is crossed, whether it is sub-transmission or distribution. We would use software in charge of evaluating the shots and videos that the drone captures in real time, and they are evaluated according to the resistance of each material.

Keywords: drone, flir-tools-thermal, sub-transmission, substation.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iv
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ACRÓNIMOS	xx
Introducción	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA	3
1.1. Título.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	4

1.4	Delimitación.....	5
1.5	Beneficiarios	5
1.6	Objetivos.....	6
1.6.1	Objetivo general.....	6
1.6.2	Objetivos específicos	6
1.7	Tipo de investigación.....	6
1.8	Límite de la investigación.....	6
1.9	Fuentes de investigación.....	7
1.10	Fases de la investigación.....	7
1.10.1	Descripción de la tecnología drones	7
1.10.2	Indagación de reglamentos sobre el planeo no tripulado.....	7
1.10.3	Metodologías existentes para revisión de sistemas eléctricos	7
1.10.4	Modelo de negocio.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		8
2.1	Antecedentes.....	8
2.2	Fundamentación teórica.....	10
2.2.1	El sistema eléctrico	10
2.2.2	Líneas de subtransmisión.....	10
2.2.3	Líneas de distribución.....	11
2.2.4	Fallas en sistemas eléctricos	12
2.2.5	Transformadores	12
2.2.6	Tipos de transformadores.....	14

2.2.7	Seccionadores	14
2.2.8	Aisladores	15
2.2.9	Crucetas.....	16
2.2.10	Postes	17
2.2.11	Mantenimientos.....	18
2.2.12	Tipos de mantenimientos	19
2.2.13	Infrarrojos	20
2.2.14	Cámara termográfica.....	21
2.2.15	Atributos de las cámaras termográficas	22
2.2.16	Diagnóstico termográfico.....	24
2.2.17	Virtudes termográfico	24
2.2.18	Uso de termografía para mantenimiento predictivo.....	25
2.2.19	Sistemas de distribución	26
2.2.20	Definiciones técnicas	26
2.2.21	Drones	27
2.3	Fundamentación legal	29
2.4	Presupuesto	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		32
3.1	Propuesta tecnológica	32
3.2	Análisis de riesgo de la tarea	33
3.3	Análisis Foda	34
3.4	Normas o parámetros	34

3.5	Factibilidad operacional.....	35
3.6	Características de los equipos a utilizar	35
3.6.1	Drone Mavic 2 Enterprise Advanced.....	36
3.6.2	Drone DJI Mavic Enterprise Advanced.....	37
3.6.3	Drone DJI matrice 210.....	40
3.6.4	Cámara térmica	43
3.6.5	Unidad de temperatura.....	47
3.6.6	Emisividad	47
3.6.7	Mavic 2 Enterprise Advanced / Matrix 210.....	48
3.7	Equipos o materiales que se van a diagnosticar.....	48
3.8	Software	49
3.8.1	Flir Tools.....	49
3.8.2	Dji Thermal Analysis Tools.....	52
3.9	Etapas de la metodología del proyecto	53
3.9.1	Preparación de equipos, insumos y personal técnico.....	54
3.9.2	Inspección visual, identificación y selección de estructuras para termografía	54
3.9.3	Inspección del lugar de trabajo	54
3.9.4	Análisis termográfico.....	55
3.9.5	Objetivo del estudio (escenario a diagnosticar).....	57
3.9.6	Proceso de inspección para un mantenimiento predictivo.....	57
3.10	Relevancia de nivel de criticidad	60
3.11	Datos analíticos de reporte termográfico – visual en el sistema de distribución.....	62

3.12	Informe de inspección visual y térmica – subtransmisión	80
3.13	Informe de inspección visual - subtransmisión.....	90
CAPÍTULO IV	94
4.1	Análisis de resultados	94
CAPÍTULO V	99
	Conclusiones	99
	Recomendaciones	100
Bibliografía	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 2	5
Ilustración 1	5
Ilustración 1	11
Ilustración 2	12
Ilustración 3	13
Ilustración 6	15
Ilustración 4	16
Ilustración 8	17
Ilustración 5	18
Ilustración 6	21
Ilustración 7	22
Ilustración 8	23
Ilustración 9	27
Ilustración 10	28
Ilustración 11	36
Ilustración 12	40
Ilustración 13	46
Ilustración 14	47

Ilustración 15	47
Ilustración 16	50
Ilustración 17	50
Ilustración 18	51
Ilustración 19	51
Ilustración 20	52
Ilustración 21	56
Ilustración 22	61
Ilustración 23	62
Ilustración 24	63
Ilustración 25	64
Ilustración 30	65
Ilustración 31	66
Ilustración 32	67
Ilustración 33	68
Ilustración 34	69
Ilustración 35	70
Ilustración 36	71
Ilustración 37	72

Ilustración 38	73
Ilustración 39	74
Ilustración 40	75
Ilustración 41	76
Ilustración 42	77
Ilustración 43	78
Ilustración 44	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	31
Tabla 2	32
Tabla 3	34
Tabla 4	37
Tabla 5	41
Tabla 6	44
Tabla 7	59
Tabla 8	60
Tabla 9	62
Tabla 10	63
Tabla 11	64
Tabla 12	65
Tabla 13	66
Tabla 14	67
Tabla 15	68
Tabla 16	69
Tabla 17	70
Tabla 18	71

Tabla 19	72
Tabla 20	73
Tabla 21	74
Tabla 22	75
Tabla 23	76
Tabla 24	77
Tabla 25	78
Tabla 26	79
Tabla 27	94
Tabla 28	97

ACRÓNIMOS

A: Amperio

V: Voltaje

Z: Impedancia

R: Resistencia

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

AWG: “American Wire Gauge”: calibre de alambre estadounidense.

RPAS: Remotely Piloted Aircraft System.

SET: Subestación eléctrica transformadora.

ANSI: American National Standards Institute.

UPS: Universidad Politécnica Salesiana

VANT: Vehículo Aéreo No Tripulado

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad

SEP: Sistema Eléctrico de Potencia

CT/TC: Transformador de Corriente

RPAs: Aeronaves Pilotadas a Distancia

ANSI: Instituto Americano de Estándares Nacionales

CNEL EP: Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad.

Introducción

El corte de energía demuestra la importancia del crecimiento del arsenal en el mundo avanzado, antes de que una gran decepción paralice todo movimiento monetario y social. El vehículo aéreo no tripulado (UAV) al que denominamos vehículo aéreo no tripulado constituye un conjunto de técnicas que en la actualidad se encuentran plenamente desarrolladas para el campo de la electricidad civil, la propuesta de este trabajo es integrar nuevas técnicas de pruebas preventivas, mejorar la calidad de la información, la eficiencia, reducir riesgos para el personal y reducir costos con otros métodos utilizados desde entonces.

Como se puede observar, para superar el creciente interés por la electricidad y que la transmisión de electricidad a los clientes sea sostenible y confiable, la infraestructura de la red de distribución debe estar en perfectas condiciones. La tarea fundamental de una organización de difusión del poder es mantener la credibilidad del marco, es decir, busca brindar certeza de que la ayuda no será retenida. Por lo tanto, la base de la fuente debe estar en excelentes condiciones.

Cada componente del marco puede causar anomalías debido a la evolución del tiempo, las condiciones ecológicas e incluso eventos destructivos, entre otros factores. Esto puede conducir a la pérdida de energía (pérdida técnica), así como a un mayor riesgo. Dichas falencias de energía generan graves circunstancias y a su vez deficiencias durante las operaciones en varias compañías distribuidoras. Luego, los componentes del marco deben evaluarse cuidadosamente para evitar cualquier tipo de problema. La utilización de los VANT, comprende fomentar una gran administración de exámenes, ya que cuentan con cámaras de calidad superior, una vista básica con la imagen entregada es factible para llegar a unas determinaciones sobre el estado de los componentes dañados, sin el requerimiento de un administrador para completar el trabajo o más

todo lo que permite tener una visión mundial de todo el establecimiento. En igualdad de condiciones, las imágenes termográficas se utilizan para buscar áreas problemáticas debido a contactos inadecuados o diferentes tipos de imperfecciones que deben examinarse.

El siguiente proyecto de investigación describe un análisis detallado de la aplicación de los dispositivos de vuelo no tripulado y sus diferentes usos comerciales. De igual manera, esta revisión descubre la necesidad de proponer un modelo que limite el peligro en las diligencias relacionadas con el área de energía, por lo que se establecerá una correlación entre los arreglos potenciales que existen en el mercado para disminuir el peligro y avanzar los riesgos identificados con el área eléctrica.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1. Título

DIAGNÓSTICO VISUAL-TÉRMICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN CON EL USO DE DRONES PARA EFECTUAR MANTENIMIENTOS.

1.2 Planteamiento del problema

Actualmente, el sistema tiene un corte de energía inesperado creando un problema terrible para los usuarios, dejándolos no solo sin electricidad sino también dañando sus equipos y dispositivos. por ello, se realizan reparaciones urgentes, donde las fallas de estos sistemas suelen ser en el lapso de los años. [1]

En la resolución de dicha adversidad, utilizamos el enfoque de mantenimiento correspondiente, donde el procedimiento de inspección es fundamental, ya que reúne todas las aplicaciones relacionadas con el servicio de mantenimiento (predecir, prevenir y corregir). A lo largo de la historia de la red eléctrica, el método más común de monitoreo de torres ha sido el monitoreo manual, realizado por grupos de dos o más recursos dependiendo de la topografía, rutas de acceso y niveles de seguridad.

Es más probable que el sistema eléctrico opere en condiciones indeseables y en lugares inaccesibles, por lo que existe riesgo de falla, incluso falla en cualquier momento, razón por la cual las empresas de servicios públicos especializadas en brindar servicios de electricidad han advertido sobre esta interrupción del servicio. Una amplia gama de sofisticadas herramientas de monitoreo, medición, control y otras determinan los parámetros específicos de las complejas redes eléctricas en sus sistemas. [2]

Cada año, los electricistas se electrocutan mientras manipulan instrumentos y componentes eléctricos. Salvaguardando la vida de los técnicos evitando riesgos eléctricos, es fundamental aplicar conceptos fundamentales acerca de las razones por la que se generan las descargas eléctricas evitando el riesgo de perder la vida. La dificultad más grande para entender el riesgo que conlleva una descarga eléctrica siendo la idea errada que únicamente el alto voltaje puede causar la muerte. [3]

1.3 Justificación

Las fallas de este tipo de sistemas persisten en el tiempo ya que se han presentado complejidades de activos, nuevas instalaciones, técnicas o métodos para asegurar un suministro constante de energía desde el centro de producción hasta el centro de consumo, con el fin de reducir algunos o toda la colisión.

Para asegurar el buen funcionamiento del sistema eléctrico se debe realizar un adecuado mantenimiento de los activos de las empresas del sector cuentan con subestaciones y torres de energía, las cuales deben mantenerse disponibles para brindar un buen servicio.

De tal forma se puede señalar que, el mantenimiento eléctrico debe de ser preventivo y no correctivo, debido a que se busca evitar la mayor cantidad de interrupciones o tiempos muertos, debido a la falla de algún elemento y minimizar los costos de operación de la subestación manteniendo un nivel de confiabilidad del sistema. Debido a la importancia que lleva el mantener en óptimas condiciones un sistema eléctrico, se debe contar con el equipo adecuado para la detección de fallas y de calidad de energía que permitan la continuidad en el suministro de energía al cliente.

1.4 Delimitación

El presente proyecto se realizará en la Unidad de negocio de Los Ríos - Cnel EP, el cual comprende el estudio para el diagnóstico visual-térmico en sistemas de subtransmisión y de distribución, que se proyecta satisfacer las necesidades de los clientes industriales, comerciales y residenciales de dicha empresa.

Ilustración 1



Ilustración 2



1.5 Beneficiarios

Los principales beneficiarios del despliegue de drones en el mantenimiento predictivo y preventivo de los sistemas eléctricos son las empresas eléctricas.

Este estudio tuvo un enfoque cualitativo y descriptivo, con el objetivo de determinar los beneficios del uso de drones para el mantenimiento predictivo y preventivo de los sistemas eléctricos.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo con metodología para efectuar mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos por medio de drones en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar la mejora de la eficiencia en el mantenimiento predictivo con el uso de drones y mediante mantenimientos preventivos y correctivos corregir las fallas.
- Identificar los posibles accidentes laborales mediante un análisis del riesgo de la tarea en los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos mediante el uso de drones, en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución.
- Detallar la reducción de los costos en los mantenimientos predictivos mediante el uso de drones, en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución.

1.7 Tipo de investigación

La investigación realizada para la exploración fue mediante el método inductivo con un examen aplicado, ya que se trata de una investigación relacionada con la región de diseño debido a la aplicación y los usos generales de los drones.

1.8 Límite de la investigación

Se realizará una investigación a favor de las acciones de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo sobre las torres eléctricas de 13,8 kV y 69 kV ubicadas en el área Cnel EP Los Ríos.

1.9 Fuentes de investigación

La técnica de investigación programada es la de revisión bibliográfica documental ya que debido a la formación de grupos de técnica en el área de ingeniería se hizo primordial un rastreo documental de las diferentes aplicaciones de uso comercial para los drones en la actualidad.

1.10 Fases de la investigación

El proyecto de investigación se desarrollará en 4 fases. Sepúlveda, Agudelo, & Casas [2] propuso la siguiente metodología:

1.10.1 Descripción de la tecnología drones

En esta fase se investiga qué son los drones, sus inicios y origen, las diferentes aplicaciones que tienen los dispositivos de vuelo no tripulado en diferentes sectores.

1.10.2 Indagación de reglamentos sobre el planeo no tripulado

En este ciclo se realiza un resumen de la regulación que cobija las diferentes actividades asociadas al vuelo no tripulado.

1.10.3 Metodologías existentes para revisión de sistemas eléctricos

En la fase de investigación de metodologías existentes para la revisión de sistemas eléctricos se presentan los modelos de mantenimiento eléctrico que existen actualmente en el mercado.

1.10.4 Modelo de negocio

En esta fase se propone el producto que se quiere ofrecer, el grupo de interesados del producto y los costos asociados a la idea de negocio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Sustentados por artículos e informes anteriores y directamente identificados con este Proyecto de Grado, para avanzar en el examen y al mismo tiempo sentar las Bases Teóricas, que completan como planteamiento, los autores hacen referencia a los siguientes trabajos que se resumen brevemente a continuación.

En el comienzo de la historia, que el hombre atravesara el cielo no era más que un sueño, una zona inexplorada, donde durante mucho tiempo hubo historias y leyendas en las que no era más que la representación del deseo del hombre de cumplir sus objetivos, la comunicación a nivel mundial gracias la creación de sistemas eléctricos ha hecho posible que se cumplan dichas ambiciones

A pesar de la importancia de la energía eléctrica en la mayoría de las actividades humanas, industrial, residencial y doméstico, su historia es aproximadamente nueva, ya que se acepta el origen de la industria eléctrica. La electricidad se originó en el último cuarto del siglo XIX, esta innovación se construye sobre una base de lógica, experimento e hipótesis, que se explica y calcula continuamente.

Los años 1888 y 1889 fueron el escenario de una increíble guerra comercial y tecnológica: una batalla entre funcionarios de DC apoyados por Thomas Edison mediante su estructura, General Electric, y AC Fixed Line System, como protagonista de Westinghouse. The System current right tenían la superioridad de ser más evolucionado en aquella época, pero presentaron el problema específico de la pérdida de energía por el efecto Joule cuando circula corriente por el sistema, el problema adicional porque es el efecto importante requerido. Para limitar al máximo estas pérdidas, los generadores de las propias ciudades deben estar ubicados en el centro del área que

abastecen. La particular ventaja de poder transmitir energía eléctrica en corrientes rotacionales desde estaciones generadoras a pocos kilómetros del comprador, además de la capacidad de elevar el voltaje a través de transformadores, así como el desarrollo y uso de la patente del motor de inducción de Tesla fue finalmente exitoso. Con la feria de 1891, la exposición de Frankfurt, la instalación inicial de tres etapas entre Frankfurt y Laufen, el desarrollo de la central eléctrica de las Cataratas del Niágara en 1895, se decidió que el intercambio de flujo era el mejor método para generar, transportar y proporcionar energía adecuada. [4]

En 1871, ZT Gramme exhibió el primer dínamo industrial impulsado por una máquina de vapor, diseñada con corriente continua y una estructura "abundante" capaz de almacenar energía, sirviendo como fuente de electricidad. Las baterías fueron inventadas por Alessandro Volta en 1800). Otro logro fundamental fue en septiembre de 1882, cuando Thomas Edison inventó una nueva generación de electricidad utilizando seis generadores. Edison, utilizando 6 generadores de CC con una potencia total de 900 HP y 7200 bombillas para ser exactos (también inventado por Edison a fines de 1879), iluminó Pearl Street en Nueva York. Tiene un gran impacto y se considera como el principal marco de transmisión de energía eléctrica para el alumbrado público. [5]

El sistema eléctrico es fundamental para la prosperidad y el desarrollo de la cultura actual. Almacenan energía eléctrica de buena calidad para hacer funcionar motores, iluminar hogares y carreteras, fábricas, organizaciones, así como intercambiadores de energía y sistemas informáticos. La etapa inicial de las estructuras eléctricas es la planta de generación que utiliza energía mecánica para producir energía eléctrica. Luego, el proceso se transmite a través de grandes partes a la vivienda de alto uso a través de estructuras de transmisión y, finalmente, se entrega a los clientes a través de organizaciones de apropiación. [6]

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 El sistema eléctrico

La electricidad es el método de energía más aprovechada en la industria y el hogar en la actualidad. La electricidad es una forma de energía que es relativamente fácil de generar en grandes cantidades y de transportar a distancias lejanas, de convertir en otras formas de energía, de consumir de forma relativamente limpia. Está presente en todos los procesos industriales, prácticamente en todas las actividades humanas y por ello hoy puede considerarse un activo insustituible. Para el uso de la electricidad, como para las diferentes novedades industriales, se necesita la fisonomía habilite y soporte durante todo el transcurso, iniciando de la producción también el uso y empleo final. Un sistema eléctrico definido en todas las infraestructuras, cableados, instrumentos inevitables en la producción, exportación y comercialización de energía eléctrica. [7]

2.2.2 Líneas de subtransmisión

Los sistemas de subtransmisión son circuitos que proporcionan alimentación de distribución a las subestaciones y una serie de diferentes sistemas de subtransmisión que pueden alimentar las subestaciones de distribución. Los voltajes de subtransmisión comunes incluyen 69 kV, 115 kV y 138 kV. Las líneas eléctricas auxiliares de alto voltaje pueden transportar más energía con menos pérdidas en distancias más largas. [8]

Ilustración 1

Imagen tomada desde el drone Dji Mavic 2 enterprise



*Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava*

2.2.3 Líneas de distribución

Los circuitos de distribución se suministran ocasionalmente por líneas de transmisión de alta tensión como 230 kV; tales altos voltajes hacen que el equipo costoso de lado alto en una subestación. Los circuitos de subtransmisión normalmente son suministrados por líneas de transmisión masiva en subestaciones de subtransmisión. [8]

Las redes de distribución de energía son una de las mejores formas de proporcionar energía de manera segura y de calidad a hogares y entornos comerciales. De hecho, tienen un proceso completo desde el generador, conectado a grandes distancias hasta el punto final de consumo. Para realizar la distribución, la energía eléctrica sale de las estaciones generadoras a una tensión de 13,8 kV a través de cables aéreos y luego se coloca sobre postes de hormigón, metal y madera. Por lo tanto, podemos definir este conjunto de postes y cables como una red de distribución de energía eléctrica que se encuentra en las calles de todas las ciudades, gestionando el enrutamiento de los servicios de energía a un área, un condado o una comunidad. [9]

Ilustración 2

Líneas de distribución



Fuente: <https://www.electronicar2m.com/mantenimiento-y-construccion-de-lineas-de-distribucion-electrica-primaria/>

Elaborado por: Electrónica

2.2.4 Fallas en sistemas eléctricos

Incluso los sistemas eléctricos mejor diseñados pueden experimentar ocasionalmente cortocircuitos que dan como resultados corrientes inusualmente altas. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben aislar estas fallas en el punto apropiado y de manera segura para minimizar el daño a los circuitos y equipos, así como las molestias a los usuarios. El término falla se define como cualquier cambio no planificado en las variables operativas de un sistema eléctrico, también llamado falla, y causado por: falla del sistema eléctrico (cortocircuito), falla externa al sistema eléctrico (en protección de equipo), red falla (sobrecarga, fluctuación de carga, rayos, contaminación, sabotaje, daños). La tasa de fallas de los sistemas de bajo voltaje es mayor que la de los sistemas de alto voltaje debido a la cantidad de elementos y equipos. [5]

2.2.5 Transformadores

El transformador es un elemento fundamental en la industria eléctrica. la cual es posible realizar el transporte de energía eléctrica a grandes distancias de forma práctica y económica. El

transformador de potencia es el dispositivo que mantiene la corriente que cambia permitiendo modificar ciertas situaciones del fluido, como la carga o el amperaje, frecuencia y la potencia manteniéndose, en el asunto del transformador ideal. [10]

La operación incluye el inicio de la influencia electromagnética. Este dispositivo incluye tanto bobinas como varias vueltas. Los dos devanados están conectados por un elemento ferromagnético para reducir las pérdidas del transformador. Se aplica un voltaje alterno a la bobina primaria, creando un campo magnético en la bobina primaria, que se propaga a través del material ferromagnético a la bobina secundaria. El campo magnético cambiante (debido a la corriente alterna) provoca f.e.m (fuerza electromotriz) en la bobina secundaria. [11]

Fuente: <https://www.ceica.com/product/transformadores-tipo-poste/>

Ilustración 3

Transformador tipo poste



Elaborado por: Ceica

2.2.6 Tipos de transformadores

Polo Común: Poseen núcleos y devanados ubicados dentro de un tanque lleno de aceite, que están conectados al exterior por aisladores de baja y media tensión. Este kit permite la conversión de energía según las necesidades del cliente. Estos transformadores pueden ser trifásicos, bifásicos o monofásicos, dependiendo de los requerimientos y disponibilidad de la red en el área de instalación. La capacidad del transformador dependerá del consumo requerido, que puede limitarse a 75 kV en un polo y 500 kV en los dos polos en el pedestal. Esto dependerá de la normativa vigente de cada compañía eléctrica y del peso que pueda soportar la postración.

Autoprotección (DAE): Estos transformadores son típicamente monofásicos o bifásicos, con capacidades de hasta 25 kV y tensiones de hasta 23 kV. Y su principal característica es que dispone de aisladores especiales dotados de fusibles de protección, en sustitución de los seccionadores monofásicos que suelen situarse en los cruces. Alternativamente, se puede integrar una caja protectora en el BT. con un interruptor común y un interruptor por circuito, esto de acuerdo a los requerimientos del cliente permite optimizar el espacio y también mayor seguridad.

Transformadores tipo seco: Los transformadores tipo seco se caracterizan por sus diferentes características combinatorias. Por tanto, pueden sobrellevar tensiones desde 100V hasta 33 kV y pertenecen al tipo térmica F o H. Asimismo, son creados para realizar trabajos en áreas contaminadas, labores fuertes, altitud de operación hasta 5.500 m.s.n.m. y podrían ser trifásicos o monofásicos. [12]

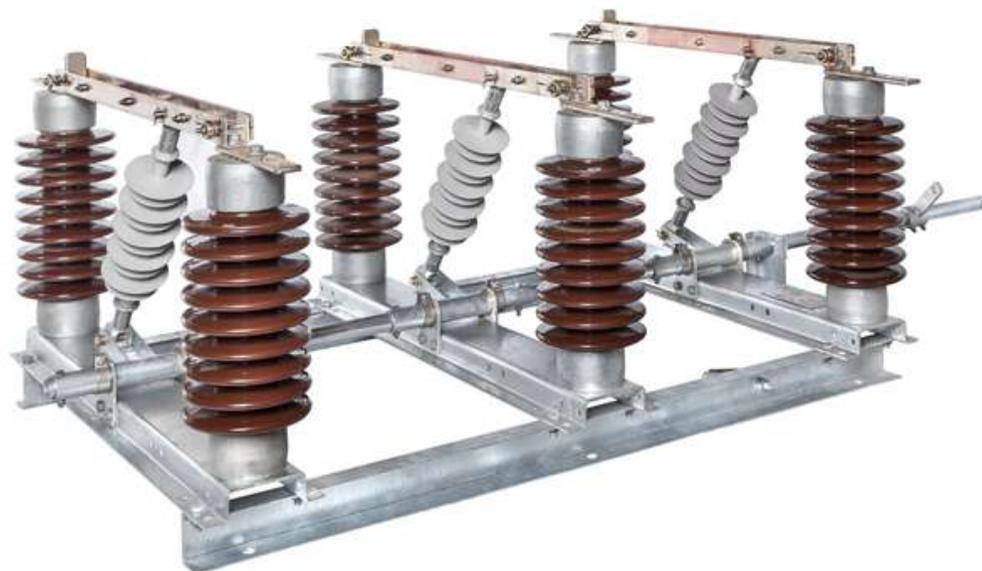
2.2.7 Seccionadores

El seccionador es un dispositivo de desconexión lenta que funciona con interruptores y disyuntores, debido a su característica de no utilizar carga ni vacío, el procedimiento de

desconexión debe seguir ciertos pasos para garantizar una operación exitosa y segura. En primer lugar, se acciona el interruptor general para posteriormente desconectar el seccionador. Como medida de seguridad, se debe colocar un candado para evitar que otros operadores conecten el circuito y colocar un cartel que indique que se ha producido una avería o que la instalación está en servicio, tras lo cual se puede poner en marcha. [13]

Según Sector Electricidad [14] Es un dispositivo que funciona en vacío mecánico, por motivos de seguridad, en posición abierta, un espacio de aislamiento, lo usan para alejar un componente de una red eléctrica o una fracción de ella del sobrante de la red.

Ilustración 6
Seccionadores



Fuente: Sector Electricidad
Elaborado por: Sector Electricidad

2.2.8 Aisladores

En base a lo escrito por JD eléctricos [15] “Las piezas que se utilizan en los postes de alta tensión para soportar o mantener los cables eléctricos que no entran en contacto con la estructura metálica del poste se denominan aisladores”.

Un aislante es un material de baja conductividad eléctrica, que se utiliza para separar conductores y cables eléctricos, para evitar cortocircuitos y mantener ciertas partes del sistema eléctrico alejadas del usuario, en caso de accidente, luego se enciende el contacto. , posiblemente generando una descarga.

Ilustración 4

Aislador



Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava

2.2.9 Crucetas

Las crucetas angulares de acero galvanizado por inmersión en caliente se utilizan para mantener la construcción urbana y rural de líneas y conjuntos de distribución de energía aérea.

Las crucetas angulares de hierro galvanizado de 2 metros 2 se utilizan para potencias de 13,2 kV, 23 Kv y 3,5 kV. en un canal tubular o de hierro.

Ilustración 8



Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava

2.2.10 Postes

Un pilón es un elemento que soporta estructuras metálicas y otros elementos de una distribución de cables aéreos, están doblados a esfuerzos de concentración y curvatura por el peso del material que soportan y la acción del viento sobre ellos; También, por el desnivel del terreno. [16]

Los postes eléctricos son postes que se emplean para soportar líneas eléctricas aéreas y otros servicios públicos, como conductores eléctricos, cablegramas ópticos y equipos conectados como transformadores y alumbrado público. Se puede nombrar poste de transmisión, poste telefónico, poste de telecomunicaciones, poste eléctrico, poste de agua según su aplicación. Los alambres y cables eléctricos se colocan en los postes de energía como una forma económica de mantenerlos sobre el suelo y lejos de las personas y los vehículos. [17]

Ilustración 5

Postes



Fuente: <https://jdelectricos.com.co/postes-de-energia-electrica-2020/>

Elaborado por: Suministros de materiales eléctricos

2.2.11 Mantenimientos

La finalidad del mantenimiento es sostener los activos los cuales afectan directa e indirectamente el enlace entre el sistema y los beneficios, en el aumento de habilidades de operación, con la mejor altitud de confiabilidad, cualidad y al inferior costo posible. El mantenimiento solamente no es de maquinaria también de instalaciones, iluminaciones, redes informáticas, sistemas de alimentación, agua, vialidad interna, bodega, etcétera. Debe coordinarse con el área de talento humano en plan de capacitaciones continua de los empleados, ya que es importante mantener informados a los empleados. Dado que las industrias actuales se encuentran bajo una presión competitiva cada vez mayor, se ven comprometidos a lograr altas acciones de rendimiento y cumplir los plazos de entrega y niveles de calidad exigentes. Aquí es donde urge la conveniencia del mantenimiento. Esto incluye mantener los sistemas de producción y servicio al más alto nivel posible de confiabilidad, disminuir la frecuencia y de las fallas, hacer cumplir los estándares de salud y

seguridad ocupacional, reducir la degradación ambiental, controlar y, en última instancia, reducir los costos. [18]

2.2.12 Tipos de mantenimientos

Mantenimiento Predictivo: Se trata de analizar criterios de actividad que apoye a localizar fallas antes de que se produzcan secuelas más peligrosas. Permite estudiar la progresión temporal de los parámetros y vincularlos al desarrollo del incidente, determinar el tiempo transcurrido durante el cual el incidente será de importancia crítica, de modo que todas las intervenciones puedan planificarse con tiempo suficiente. que este fracaso jamás sucedió y tuvo finales desastrosos. Las propiedades con mayor relevancias en el mantenimiento mencionado, no impide la interrupción en el manejo regular del negocio durante el proceso. Los parámetros se pueden verificar de manera regular o continua, dependiendo de una variedad de circunstancia tales: el tipo de sistema, tipos de fallas diagnosticadas, las inversiones a realizar.

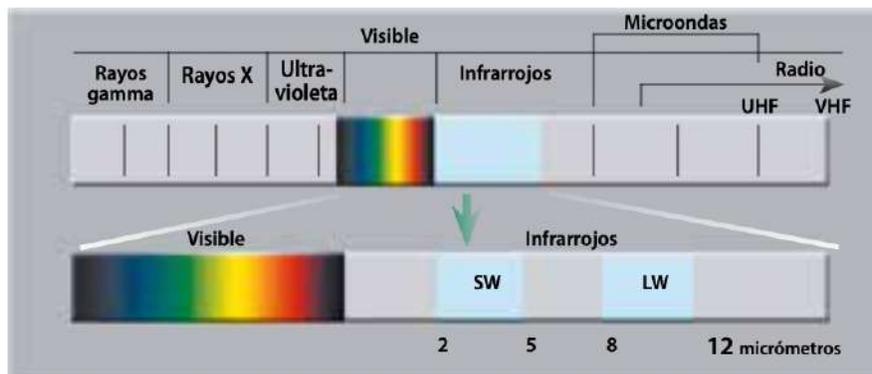
Mantenimiento Preventivo: Es la actividad prescrita de inspección, tanto operativa como de garantía, ajuste, reparación, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que debe realizarse de vez en cuando sobre la base del plan establecido. Su objetivo es predecir y corregir problemas o mal funcionamiento en sus primeras etapas para que la instalación pueda mantenerse completamente operativa, “facilita a encontrar las fallas repetidas”, encuentra anomalías en las instalaciones, reducir el tiempo de inactividad, prolongar la vida útil de los equipos, reducir los costos de reparación, con una amplia gama de beneficios de la larga lista. Si bien el mantenimiento preventivo se considera valioso para las organizaciones, existen muchos riesgos asociados con la realización de estos procedimientos de mantenimiento, como la falla de la máquina o el error humano. [18]

Mantenimiento Correctivo: El mantenimiento correctivo, o mantenimiento intermitente, es un programa de mantenimiento bastante actual. Hasta hace unos años, en el apogeo de la producción en cadena y la sociedad de consumo, era importante producir mucho a bajo costo. En este punto, el mantenimiento se veía como un servicio imprescindible que costaba poco y pasaba desapercibido como una señal de que "las cosas iban bien". "Mantenimiento" era sinónimo de "solucionar" y el área de mantenimiento operaba con una organización y planificación mínimas (limpieza) ya que los servicios públicos no estaban muy mecanizados. La política de la empresa era reducir el costo de mantenimiento. [3]

2.2.13 Infrarrojos

Se ubican entre las regiones evidentes y de microondas del espectro electromagnético. El principio de su origen de radiación infrarroja es el calor radiante. Un objeto con una temperatura superior al cero absoluto ($273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ o 0 Kelvin) emite radiación en la región infrarroja. Incluso los objetos más fríos imaginables, como bloques de hielo, emiten infrarrojos. En nuestra vida cotidiana estamos comprometidos a los rayos infrarrojos. El calor del sol, el fuego o la chimenea es todo infrarrojo. Aun cuando vuestros ojos no los ven, nuestra piel se percata del calor. Durante más caluroso es un material, más radiación infrarroja emite.

Ilustración 6
Lectura de infrarrojos



Fuente: Flir
Elaborado por: Flir

2.2.14 Cámara termográfica

Las cámaras térmicas registran la intensidad de la radiación en la parte infrarroja del espectro electromagnético y la convierten en una imagen visible. La energía infrarroja (A) emitida por un objeto es enfocada por un sistema óptico (B) en un detector infrarrojo (C). El detector envía datos al sensor electrónico (D) para el procesamiento de imágenes. Y el sensor convierte los datos en imágenes (E), que son compatibles con el visor y se pueden ver en un monitor de video estándar o en un monitor LCD.

El termómetro infrarrojo es el arte de transformar una imagen infrarroja en una imagen radiométrica para leer valores de temperatura. Por lo tanto, cada píxel de la imagen irradiada es esencialmente una medida de temperatura. Para hacer esto, se construyen algoritmos complejos en la cámara infrarroja. Esto convierte a las cámaras térmicas en una herramienta perfecta para el mantenimiento predictivo.

Ilustración 7
Cámara termográfica de flir



Fuente: Flir
Elaborado por: Flir

2.2.15 Atributos de las cámaras termográficas

Las cámaras termográficas muestran las siguientes ventajas:

- De uso fácil de usar parecido a una videocámara o cámara digital
- Permite observar la situación de forma panorámica.
- Se la puede utilizar aun cuando sistemas estén con carga.
- Verifica y examina el problema
- Establece temperatura de los materiales diagnosticados.
- Reservan datos.
- Determina la corrección exacta del problema
- Aporta de manera predictiva en identificar una falla ante que suceda
- Reduce los costos y en un lapso eficiente

No es posible detectar problemas de manera fácil, rápida y extremadamente precisa cuando se usa un termómetro de punto infrarrojo, porque es fácil pasar por alto problemas importantes. La cámara térmica escanea todos los componentes para brindarle información de diagnóstico inmediata sobre todo el problema.

El termómetro infrarrojo es capaz de calcular la temperatura de un solo punto. Las cámaras térmicas pueden medir la temperatura en toda la imagen. La cámara FLIR i3 tiene una resolución de imagen de 60 x 60 píxeles. Igual que usar contadores IR 3600 al mismo tiempo. La cámara FLIR P660 es una cámara superior con imágenes de alta resolución de 60 x 80 píxeles, lo que equivale a usar 307 200 termómetros infrarrojos al mismo tiempo.

Ilustración 8

Diferencia entre un termómetro de IR y una cámara



Fuente: Flir

Elaborado por: Flir

2.2.16 Diagnóstico termográfico

Las organizaciones ahora llevan a cabo procedimientos rutinarios de prueba de cables eléctricos como función de apoyo preventivo. Las propias reglas de línea establecen una periodicidad básica para el control de las instalaciones. El cableado eléctrico es examinado de formas inesperadas, particularmente por helicópteros supervisados que se aventuran sobre cada sección de las líneas y registran imágenes visuales y termográficas de las líneas.

Las imágenes visuales permiten distinguir distorsiones o irregularidades en los componentes de la línea (bastidores, aisladores, conductores, herrajes, balizas, etc.). La termografía, por otro lado, se usa para encontrar los llamados "puntos calientes", es decir, puntos en un elemento que tiene una temperatura más alta y son prominentes en una imagen o gráfico térmicos. Es frecuente que el movimiento de la corriente aumente el calor de los elementos de unión, pero los "puntos calientes" pueden estar relacionados con un mal contacto o con otra forma de tensión que puede investigarse o no. Los bordes claros de la imagen no hacen ninguna diferencia.

El uso de un helicóptero tripulado permite tomar fotografías desde un ángulo diferente del terreno y, en general, más cerca de la característica, así como moverse de manera rápida y estable a lo largo de la línea a una distancia diferente.

2.2.17 Virtudes termográfico

- Gran velocidad y mejor eficiencia a bajo costo.

Lo que nos lleva al logro de estos objetivos, las instalaciones mecánicas deben ejecutarse con la menor interrupción: las 2 hrs. de tiempo, los 365 días del año.

- Exceptuar problemas y pérdidas de tiempo.

Con solo poder predecir qué componentes están a punto de fallar, puede determinar cuándo tomar medidas correctivas. Desafortunadamente, hay inconvenientes más graves que se mantienen reservados y luego son descubiertos en su mayor afectación.

La videocámara térmica es esencial para predecir los incidentes porque hacen visibles los objetos invisibles. En una imagen térmica, los problemas son inmediatamente evidentes.

2.2.18 Uso de termografía para mantenimiento predictivo

Para sostener sus sistemas en funcionamiento, varias compañías optaron por compartir el mantenimiento predictivo y el uso de materiales más valiosos en el comercio que permiten diagnosticarlo: la termografía con el uso de las cámaras.

Los dispositivos térmicos para la inspección de mantenimiento predictivo son poderosas herramientas no invasivas para monitorear y diagnosticar el estado de las instalaciones y componentes eléctricos y mecánicos. Con las cámaras termográficas, puede identificar rápidamente los problemas para registrarlos y repararlos antes de que se vuelvan más serios y costosos de reparar.

Los termómetros con datos de temperatura precisos brindan a los mantenedores información importante sobre la condición del equipo bajo prueba. Estas comprobaciones se pueden realizar mientras la producción está en su auge, aunque, en varios procesos, la utilización de cámaras térmicas también aporta en su optimización para producir.

Las cámaras termográficas con su aporte y versatilidad se convierten en un instrumento valioso que contiene innumerables formas de aplicar. Todos los días incrementa la ejecución de formas actualizadas en el manejo tecnológico.

2.2.19 Sistemas de distribución

“Un sistema de circulación eléctrica es un conjunto de dispositivos que pueden reproducir con seguridad y confianza ciertas cargas en diferentes niveles de voltaje, así como también en voltajes medios y bajos”, en su mayoría en mejores posiciones según lo establecido en el contrato de energía [19]

Los concesionarios de ayudas públicas de energía distribuida son los encargados de transportar la energía hasta el cliente final, a través de los reguladores de envío y mercadeo. Para distribuir y comercializar la energía debe hacerse dentro del perímetro de un territorio exclusivo, concesional, con disposición exclusiva naturalmente. El acto necesita redes de circulación dieléctrica teniendo un voltaje bajo o medio, volátiles o terrestres. [20]

2.2.20 Definiciones técnicas

“La distribución de energía son: rigidez nominal, continuidad nominal y la operación de estas en la red de colocación, dependiendo de los patrones de flujo del sitio donde se está realizando el trabajo.” [6]

Rigidez nominal: Es el valor habitual del voltaje con el que se llama un entramado o establecimiento y para el que se ha dispuesto su actividad y confinamiento. Asimismo, se puede caracterizar como el particular contraste esperado para el que se proyecta un establecimiento o equipo eléctrico. [4]

Continuidad nominal: La repetitividad es claramente la cantidad de despidos por cada estacionalidad de algún suceso recurrente. Cada intervalo es el de las recurrencias, es así que el intervalo es el complemento de la recurrencia.

“En la nación del Ecuador existen grados de tensión” [21]:

BT: agrupación de cada nivel de voltaje usados en el flujo de energía. Su corte máximo suele ser $U \leq 1\text{kV}$, donde U es la tensión aparente.

MT: cualquier arreglo de cada nivel en voltaje alto y bajo voltaje. Los puntos de ruptura son $1\text{kV} < U \leq 35\text{kV}$, donde U es el voltaje aparente.

AT: Se utilizan conjuntos de niveles de voltaje más altos en el chasis de potencia para una gran transmisión de potencia. Con el límite de $35\text{kV} < U \leq 230\text{kV}$.

“MAT: alimentadores de voltaje para uso en bastidores de transferencia de energía por encima de 230 kV” [22]

2.2.21 Drones

Ilustración 9

Dji drone Matrix 210



Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava

Un dron es un dispositivo de navegación autónomo con unas características técnicas específicas para realizar todo tipo de tareas, se puede utilizar tanto en exteriores como en interiores en

determinados lugares. Como carga útil se pueden incluir diferentes tipos de sensores espectrales: cámaras de vídeo, cámaras de dispersión visible, infrarrojos, etc. Puede desarrollar diferentes altitudes de vuelo desde 1m hasta 500m en vuelos totalmente automáticos y puede programarse y controlarse a distancia o manualmente por radiocontrol. [23]

Los drones son conocidos por la abreviatura UAS de "Unmanned Aircraft Systems", que se traduce como "Sistemas Aéreos No Tripulados", es decir, aeronaves que tienen la capacidad de volar sin tripulación a bordo y, además, de forma autónoma. La creciente disponibilidad y el precio moderado de los componentes y sensores microelectrónicos (placa Arduino, GPS, amplificador de señal, cámara), así como la popularidad del software libre y el éxito de los foros y redes sociales donde se comparte información entre las partes interesadas, permite que lo moderno sea para desarrollar modelos de equipos de aviones que se pueden llamar drones caseros, que tienen capacidades similares a los drones, como volar fuera de la vista y el alcance. [24]

Ilustración 10

Drone Dji Mavic 2 enterprise advance



Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava

2.3 Fundamentación legal

Procedimientos de Aeroplanos Conducidas de manera Distante (RPAs)

Sección A: Generalizaciones.

Artículo 5.- Permiso particular de planeo.

Las manipulaciones requieren una aprobación peculiar de algún requerimiento del procedimiento en la sección B, requieren alcanzar el permiso que expresa la Corporación Aeronáutica Estadounidense: Normas de planeo y procedimiento en general. [25]

Artículo 7.- Operaciones indolentes o arriesgadas en aeroplanos.

(a) La intervención de un vehículo aéreo no tripulado debe ejecutarse de manera segura sin ningún riesgo en las ejecuciones de las áreas, los individuos que se encuentren en dicha extensión, de sus posesiones y animales salvajes.

(b) El operario de un VANT anulará rápidamente la actividad en la circunstancia que se encuentre, teniendo en cuenta la garantía colectiva, el capital y naturaleza se encuentre cerca de riesgo producto de dicho funcionamiento, o en su lugar le impida ejecutar cada requerimiento de esta sección. [26]

Artículo 9.- Decencia funcional del operario de VANT.

No podrán operar un VANT si alguien:

- a. Está en estado de fatiga, así como estar en condiciones de estarlo durante la actividad.
- b. Que tenga consecuencias de la ingesta de alcohol, algún tipo de droga o a su vez que altere las atribuciones de manejar de manera segura.

- c. Poseer una dificultad física o mental que maximice los riesgos de operatividad del VANT. [27]

Artículo 10.- Limitaciones en intervenciones de eventos ilusorias, sucesos atléticos y otras actividades.

A menos que esté específicamente autorizado por la AAC bajo el Capítulo D de estas reglas, no se permite RPA en ningún espacio dentro de los 500 metros del área de exhibición o cualquier otro lugar de reunión pública, como conciertos, festivales, eventos deportivos, entre otros. [28]

Artículo 17.- Nivel máximo de planeo.

Las operaciones de las RPA no superarán los 400 pies (122 metros) sobre el nivel del suelo (AGL) en ningún momento. [29]

Artículo 26.- Garantía de seguro del operado.

(a) El principal u operador de un VANT en funciones de labor aérea no será responsable por los daños causados a terceros que, como consecuencia de su debida diligencia en vuelo, deban obtener y exportar presentar a la AAC la respectiva cobertura de seguro que cubra la responsabilidad civil, basado en la cantidad mínima de cobertura que se indica a continuación. [30]

Tabla 1

Iniciando a 0,25 kg hasta 25 kg de carga (peso) máximo de despegue (MTOW)	USD 3.000,00
Superior a más de 25 kg hasta 50 kg de carga (peso) máximo de despegue (MTOW)	USD 6.000,00
Superior a más de 50 kg hasta 150 kg carga (peso) máximo de despegue (MTOW)	USD 12.000,00

***Fuente:** Dirección general de aviación civil
Elaborado por: Dirección general de aviación civil*

2.4 Presupuesto

Tabla 2

Equipos	Código y Modelo	Cantida d	Precio Unitari o	Precio Unitari o includ o IVA	Subtota l	Total (IVA)
Dron	Dron Cámara Syma X5sw	1	100	112	112	112
Cámara Térmica	Cámara Termográfica Digital de Infrarrojos HT-18	1	700	784	784	784
Equipamient o adicional	Equipamient o electrónico adicional	1	200	200	200	200
Otros Servicios	Transporte	1	100	100	100	100
	Alimentació n	1	50	50	50	50
					TOTAL (USD)	1246

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Propuesta tecnológica

Este proyecto de titulación surge de la importancia de realizar un diagnóstico exacto del sistema eléctrico (subtransmisión y distribución), mediante imágenes visuales y térmicas; asimismo se evita que los técnicos que realizan esta labor sean perjudicados al ingresar en lugares inseguros.

La ejecución de una cámara termográfica guiada por un dron permite la disminución de complejidad en el trabajo, también reduce los costos de operación al realizarse el mantenimiento en menor tiempo y con mayor facilidad.

La cámara establecerá comunicación con el software Flir Tools, lo cual será instalado en la laptop y en el celular para realizar la conexión será desde una laptop o celular, se obtendrá los resultados de las imágenes de la cámara térmica del dron.

3.2 Análisis de riesgo de la tarea

También conocido como ART, es el proceso de integrar prácticas y principios de salud y seguridad aceptados en un trabajo en particular. Es un procedimiento documentado para identificar peligros y evaluar riesgos potenciales antes y durante la realización de un trabajo en particular.

La metodología primordial radica en observar al trabajador y realizar sus tareas habituales con sus propios equipos y herramientas. Esta observación la realiza el jefe inmediato en colaboración con un miembro del comité de seguridad y salud en el trabajo. [31]

Según [31] “al final de la supervisión, todas las partes interesadas, incluidos los trabajadores, discuten los pasos básicos”, incluidos:

- Seleccionar el trabajo a realizar
- Dividir el trabajo en frecuencias de partes
- Identificar riesgos previsibles
- Establecer medidas provisorias

3.3 Análisis Foda

Tabla 3

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> · Dron con vuelo estable. · Altitud de vuelo de hasta 100 metros. · Transmisión remota de imágenes. · Generación de informes vía APP o software · Resistencia a caídas de hasta 2 metros 	<ul style="list-style-type: none"> · Personal poco capacitado o sin capacitación para el vuelo de Drones. · Duración de vuelo de hasta 30 minutos.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> · Minimizar tiempo y recursos en la toma de datos. · Bajar el porcentaje de accidentes laborales en la inspección. · Tiempo de vuelo eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> · Velocidad del Viento superior a los 15 Km/s. · Lluvias. · Obstáculos en el vuelo · Interferencia electromagnética de las torres.

3.4 Normas o parámetros

- Práctica Recomendada SNT–TC–1A. Disposición y legalización de personal en ensayos no destructivos.
- NFPA 70.
- NFPA 70E.
- NFPA 70B.
- NSI/NETA. Especificaciones de prueba de mantenimiento para equipos de energía eléctrica. TABLA 100.18. Levantamiento de temperatura basado en acciones sugeridas de levantamiento termográfico.

3.5 Factibilidad operacional

La aplicación de este proyecto de titulación genera ventaja para las compañías de servicio público de electricidad, en cuanto a los técnicos que realizan los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo en los sistemas eléctricos. Se puede manipular el dron mediante un software instalado, así facilita su manejo y control, ya que los sensores pueden soportar vientos de 35 km/h. reduciendo el peligro de que el dron manejado por el técnico colisione con la torre. Mediante la cámara termográfica se puede visualizar la temperatura actual de cada parte del sistema eléctrico al que se le da mantenimiento, esto favorece al técnico encargado en la recolección de datos que luego serán debidamente procesados. De acuerdo con los resultados del informe se tomarán las medidas específicas a realizar. La factibilidad de este proyecto se basa en que el técnico encargado del mantenimiento del sistema eléctrico ya no lo haga manualmente, poniendo en riesgo su vida, sino que lo hará desde tierra; esto impide algún tipo de contacto con alguno de los componentes eléctricos, evitando descarga eléctrica y proteger su integridad.

3.6 Características de los equipos a utilizar

Actualmente la técnica utilizada en el mantenimiento que se le da al sistema eléctrico es manual, el técnico mediante una falla o inspección directamente observa e identifica el daño. También se está implementando el uso de dispositivos que puedan identificar con exactitud el estado de los componentes eléctricos (subtransmisión y distribución), esto es una cámara termográfica incorporada en un dron, que es la técnica utilizada en este proyecto.

Para este tipo de mantenimiento, a través de imágenes visuales y termográficas, se utilizan los siguientes materiales:

3.6.1 Drone Mavic 2 Enterprise Advanced

El Mavic 2 Enterprise Advanced de DJI ha sido diseñado para ser el dron más pequeño con grandes capacidades industriales y seguridad gracias a su cámara térmica, cámara visual, zoom digital y módulo RTK. Definitivamente es la herramienta más genial, compacta y versátil que puedes encontrar.

Ilustración 11

Drone Dji Mavic 2 enterprise advance

Fuente: Josué Varas Alava

Elaborado por: Josué Varas Alava.



3.6.2 Drone DJI Mavic Enterprise Advanced

Tabla 4

Aeronave	
Peso de despegue (sin accesorios)	909g
Peso máximo al despegue	1100g
Velocidad máxima de ascenso	6 m / s (modo S)
	5 m / s (modo P)
	4 m / s (modo S con accesorios)
	4 m / s (modo P con accesorios)
Velocidad máxima de descenso	Descender verticalmente
	5 m / s (modo S)
	4 m / s (modo P)
	Inclinación
	7 m / s (modo S)
	4 m / s (modo P)
Máxima velocidad	72 km / 50 km
Altitud de servicio máximo sobre el nivel del mar	6000 metros
Tiempo máximo de vuelo	31 min (medido mientras se vuela a 25 km / h en condiciones sin viento)
	28 min (módulo RTK adjunto)

	29 min (con la baliza encendida)
	30 min (con la baliza apagada)
	24 min (con foco encendido)
	28 min (con el foco apagado)
Tiempo máximo de vuelo	27 min (con altavoz encendido)
	28 min (con el altavoz apagado)
Resistencia máxima a la velocidad del viento	10 m / s (escala 5)
Temperatura de funcionamiento	-10 ° a 40 ° C
Almacenamiento	24 GB de almacenamiento interno
Cámara	
Detector	Micromilímetro VOx no refrigerado
Longitud focal	Aproximado a 9 mm
	Equivalente al formato de 35 mm: Aprox. 38 mm
Resolución del sensor	640 × 512 a 30 Hz
Precisión de la temperatura térmica	Medida: ± 2 °C o ± 2%, lo que sea mayor.
Rango de escena	-40 ° C a 150 ° C (alta ganancia)
	-40 ° C a 550 ° C (ganancia baja)
Zoom digital	16 ×
Tamaño de píxel	12 micras

Banda espectral	8-14 micras
Formato de foto	R-JPEG
Formato de video	MP4
Método de medición	Medidor puntual, medición de área

Cámara visual M2EA

Sensor	CMOS de 1/2 ”, píxeles efectivos: 48 M
Lente	Área óptica: 84 °
	Igual al de 35 mm: 24 mm
	Apertura: f / 2.8
	Enfoque: 1 m a ∞
Rango ISO	Video: 100-12800 (coche)
	Fotos: 100-1600 (automático)
Zoom digital	32×
Tamaño máximo de imagen	8000×6000
Modos de fotografía fija	Intervalo de disparo único: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
Resolución de video	3840 × 2160 a 30 fps
	1920 × 1080 a 30 fps
Formato de foto	JPEG
Formato de video	MP4

Fuente: DJI
Elaborado por: DJI

3.6.3 Drone DJI matrice 210

Se utilizará el dron matrix 210 que también tiene incluida una cámara térmica, esta unidad presenta un elevado nivel de rendimiento incluso en condiciones desfavorables, esta serie de drones tiene estabilizador y brazo de la aeronave instalados de serie, únicamente se necesita anclar las hélices para que en cuestión de minutos pueda volar lo que demuestra su agilidad, de la misma manera tiene resistencia tanto al agua como al polvo.

Ilustración 12

Dron Dji matrix 210 con cámara térmica



Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava

Descripción del Dron M210

Tabla 5

Modelo M210	
Dimensiones del paquete	790×390×290 mm (31.1×15.4×11.4 pulgadas)
Dimensiones (extendido)	887×880×378 mm (34.9×34.6×14.9 pulgadas)
Dimensiones (plegado)	716×220×236 mm (28.2×8.7×9.3 pulgadas)
Forma de plegarse	Se pliega hacia dentro
Distancia diagonal entre ejes	643 mm (25.3 pulgadas)
Número de baterías	2
Peso (TB50)	Aprox. 3.84 kg (con dos baterías estándar)
Peso (TB55)	Aprox. 4.57 kg (con dos baterías estándar)
Peso máx. de despegue	6.14 Kg
Carga máxima (2 TB50)	Aprox. 2.3 kg (con dos baterías estándar)
Carga máxima (2 TB55)	Aprox. 1.57 kg (con dos baterías estándar)
Precisión en vuelo estacionario (durante vuelos seguros)	Vertical: ±0.5, Sistema visual inferior activo: ±0.1 Horizontal: ±1.5. Sistema visual inferior activo: ±0.3
Velocidad angular máx.	Inclinación: 300°/s Giro: 150°/s
Ángulo de inclinación máx. (Estabilizadores duales inferiores)	Modo P: 25° (Sistema de Visión frontal activado: 25°); Modo A: 25°; Modo S: 30°

Ángulo de inclinación máx. (Estabilizador superior/inferior único)	Modo P: 30° (Sistema de Visión frontal activado: 25°); Modo A: 30°; Modo S: 35°
Velocidad máx. en ascenso	5 m/s (16.4 ft/s)
Velocidad máx. en descenso	Vertical: 3 m/s (9.8 pies/s)
Velocidad máx. (Estabilizadores duales inferiores)	Modo S: 64.8 km/h (40.3 mph) Modo P: 61.2 km/h (38 mph) Modo A: 61.2 km/h (38 mph)
Velocidad máx. (Estabilizador superior/inferior único)	Modo S: 82.8 km/h (51.4 mph) Modo P: 61.2 km/h (38 mph) Modo A: 82.8 km/h (51.4 mph)

Modelo M210

Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar	3000 m (1.86 millas)
Resistencia al viento máx.	12 m/s (39.4 ft/s)
Tiempo máx. de vuelo (sin carga, con TB50)	27 min
Tiempo máx. de vuelo (sin carga, con TB55)	38 min
Tiempo máx. de vuelo (completamente cargado, con TB50)	13 min
Tiempo máx. de vuelo (completamente cargado, con TB55)	24 min

Modelo de hélice	1760S
Tren de aterrizaje retráctil	Standard
Temperatura de funcionamiento	de -20 °C a 45 °C (de -4 °F a 113 °F)
Nivel IP	IP43

Fuente: DJI
Elaborado por: DJI

3.6.4 Cámara térmica

Esta cámara tiene un avance definido por FLIR. Genera fotografías de temperatura con grandes distancias (50 mk) de 60/30 fps o 336/30 fps según el ejemplar de cámara. Esta susceptibilidad logra mediciones de temperatura más precisas, lo crea ideal para el diagnóstico de datos y la telemetría. entrambos cámaras están disponibles con cuatro lentes para satisfacer las necesidades de diferentes industrias. Gracias a un estabilizador DJI personalizado que lo estabiliza y lo controla, ofrece imágenes claras y suaves, así como una rotación fluida de 360°.

Cámara Zenmuse XT2

Concede una visión doble e inteligencia superior. Al combinar el sensor térmico FLIR Tau 2 y la cámara visual 4K con el conjunto de técnicas de inteligencia artificial y estabilidad líder de DJI, el XT2 convierte rápidamente los datos aéreos en información poderosa que disminuye tiempo, ahorra dinero y asegura vidas. [32]

Especificaciones

Tabla 6

Zenmuse XT2	
Dimensiones	Con lente de 25 mm: 123,7×112,6×127,1 mm
	Con otra lente: 118,02 × 111,6 × 125,5 mm
Cámara térmica	
Cámara térmica	Microbolómetro VOx no refrigerado
FPA/Digital Video Display Formats	640×512
	336×256
Zoom digital	640×512: 1x, 2x, 4x, 8x
	336×256: 1x, 2x, 4x
Tamaño de píxel	17 micras
Banda espectral	7,5-13,5 micras
Tasas de fotogramas completas	30 Hz
Tasas de fotogramas exportables	<9 Hz
Sensibilidad (NETD)	<50 mk @ f/1.0
Rango de escena (alta ganancia)	640×512: -25° a 135°C
	336×256: -25° a 100°C
Rango de escena (ganancia baja)	-40° a 550°C
Almacenamiento de archivos	Tarjeta micro SD*
Formato de foto	JPEG, TIFF, R-JPEG
Formato de video	8 bits: MOV, MP4 14 bits: TIFF Secuencia, SEQ**

Procesamiento de imágenes y control de visualización	
Optimización de imagen	sí
Mejora de detalles digitales	sí
Control de polaridad (negro activo/blanco activo)	sí
Rastas	
Rango de vibración angular	$\pm 0.01^\circ$
Montar	Desmontable
Rango controlable	Inclinación: $+30^\circ$ a -90°
	Pan: $\pm 320^\circ$
Rango Mecánico	Inclinación: $+45^\circ$ a -130°
	Pan: $\pm 330^\circ$
	Rollo: -90° a $+60^\circ$
Velocidad máxima controlable	Inclinación: $90^\circ/s$
	Panorámica: $90^\circ/s$
Cámara visual	
Sensor	CMOS de 1/1,7"
	Píxeles efectivos: 12 M
Lente	lente principal
	Enfoque a 8 mm
	Campo de visión $57,12^\circ \times 42,44^\circ$
Zoom digital	1x, 2x, 4x, 8x (solo vista en vivo)
Formatos de fotos	JPEG

Formatos de video	MOV, MP4
Resoluciones de vídeo	4K Ultra HD: 3840 × 2160 29,97p
	FHD: 1920 × 1080 29,97p
Modos de trabajo	Captura, Grabación, Reproducción
Modos de fotografía fija	Un solo tiro
	Disparos en ráfaga (3/5 fotogramas)
	Intervalo (2/3/5/7/10/15/20/30 seg)
Subtítulo de vídeo	Soportado
Contra parpadeo	Automático, 50 Hz, 60 Hz
Almacenamiento	Tarjeta micro SD
	Capacidad máxima: 128 GB. Se requiere UHS-3
	Modelo recomendado: Sandisk Extreme 16/32 GB
	UHS-3 microSDHC
	SanDisk Extreme 64/128 GB UHS-3 microSD
Sistema de archivos compatible	GRASA 32 (≤ 32 GB), exFAT (> 32 GB)

Ilustración 13

Dji drone Matrix 210 con cámara térmica



*Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava*

3.6.5 Unidad de temperatura.

A través de ella podemos optar por una de las dos unidades en grados, como son: Celsius (°C) o Fahrenheit (°F).

Ilustración 14

Unidad de temperatura



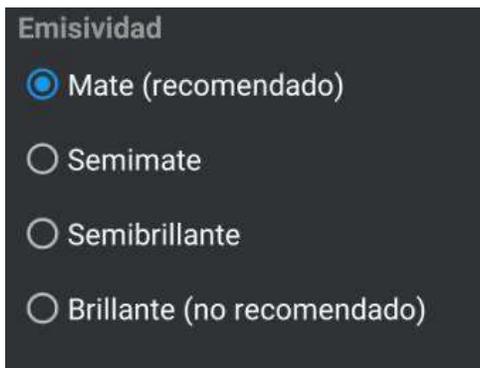
Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava

3.6.6 Emisividad

Se refiere a la posibilidad que tiene un material para radiar una emisión infrarroja, a partir de allí surge la importancia de elegir el grado de emisión por material a medir, se selecciona MATE de forma predeterminada, como un aproximado para gran parte de los materiales con los que se trabaja.

Ilustración 15

Nivel de Emisividad



Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava

3.6.7 Mavic 2 Enterprise Advanced / Matrix 210

He usado estos drones porque ofrecen estabilidad en vuelo combinada con la capacidad de regresar al punto principal cuando se pierde la señal, y cuando no está en uso, el dron automáticamente mantiene dinámicamente su altitud y posición en espera de más instrucciones.

3.7 Equipos o materiales que se van a diagnosticar

El sistema de subtransmisión consta de los siguientes materiales:

- Aisladores line-post de porcelana
- Aisladores line-post siliconado
- Disyuntores de 69 kV – 13.8 kV
- Estructuras (Crucetas metálicas, pernos, abrazaderas)
- Pararrayos
- Transformador
- Línea de guarda
- Amortiguadores
- Conectores
- Cable
- Grapas

El sistema de distribución consta de los siguientes materiales:

- Aisladores pin 55-5 y 56-1
- Seccionadores
- Estructuras (Crucetas metálicas, pernos, abrazaderas)

- Pararrayos
- Transformadores
- Neutro
- Puesta a tierra
- Conectores
- Grapas

3.8 Software

Se trata de varios sistemas que conforman la integración de la funcionalidad del dispositivo a una gama más amplia. Los sistemas que se utilizarán son:

- Sistema operativo Android – Apple
- Aplicación DJI
- Aplicación de cámara Flir Tools

3.8.1 Flir Tools

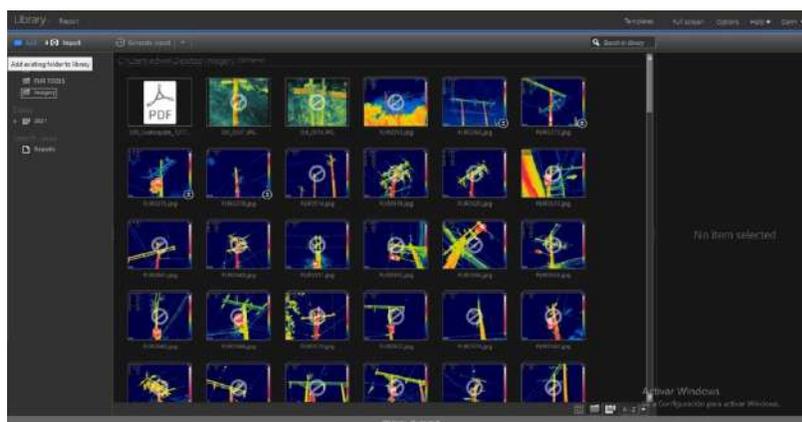
Optimiza la inspección, automatiza la recopilación de datos y simplifica la edición de imágenes FLIR Thermal Studio Suite es un software de análisis e informes de próxima generación diseñado para ayudar a administrar miles de imágenes y videos térmicos. Ya sea que utilice cámaras térmicas portátiles, sistemas de vehículos aéreos no tripulados (UAV) o cámaras de imágenes ópticas de gas (OGI), el paquete de software FLIR Thermal Studio proporciona automatización y procesamiento sin necesidad de optimizar su flujo de trabajo y aumentar la productividad.

Ilustración 16
Programa Flir Tools



Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava

Ilustración 17
Flir



Fuente: Flir
Elaborado por: Flir

Ilustración 18

Imágenes termográficas del software Flir

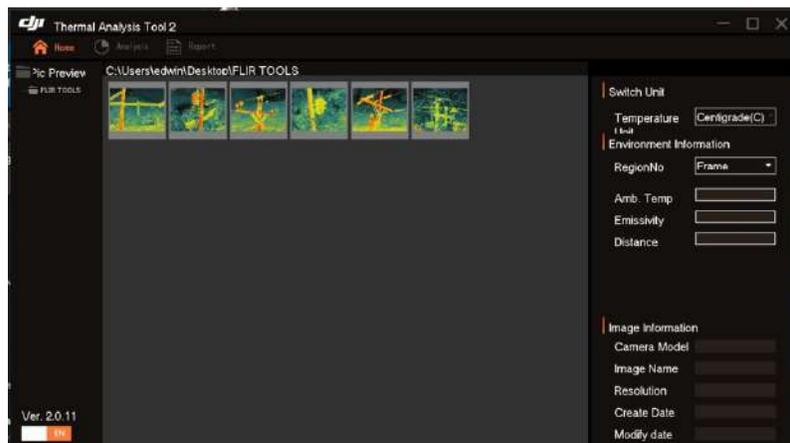


Fuente: Flir

Elaborado por: Flir

Ilustración 19

Imágenes termográficas del software Flir



Fuente: Flir

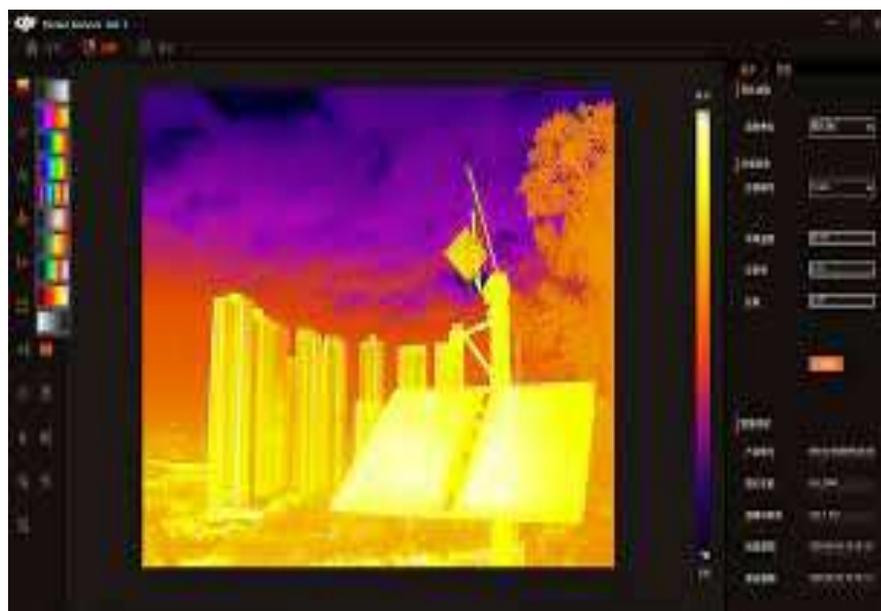
Elaborado por: Flir

3.8.2 Dji Thermal Analysis Tools

La herramienta de análisis térmico DJI se puede utilizar para analizar y procesar imágenes térmicas. Al identificar la información de temperatura de las áreas críticas del objetivo, el software se puede usar para analizar objetos en muchas aplicaciones industriales. Los incidentes importantes se pueden prevenir o abordar rápidamente mediante el uso del software para detectar y señalar anomalías de temperatura en los equipos en las inspecciones de rutina. [33]

Ilustración 20

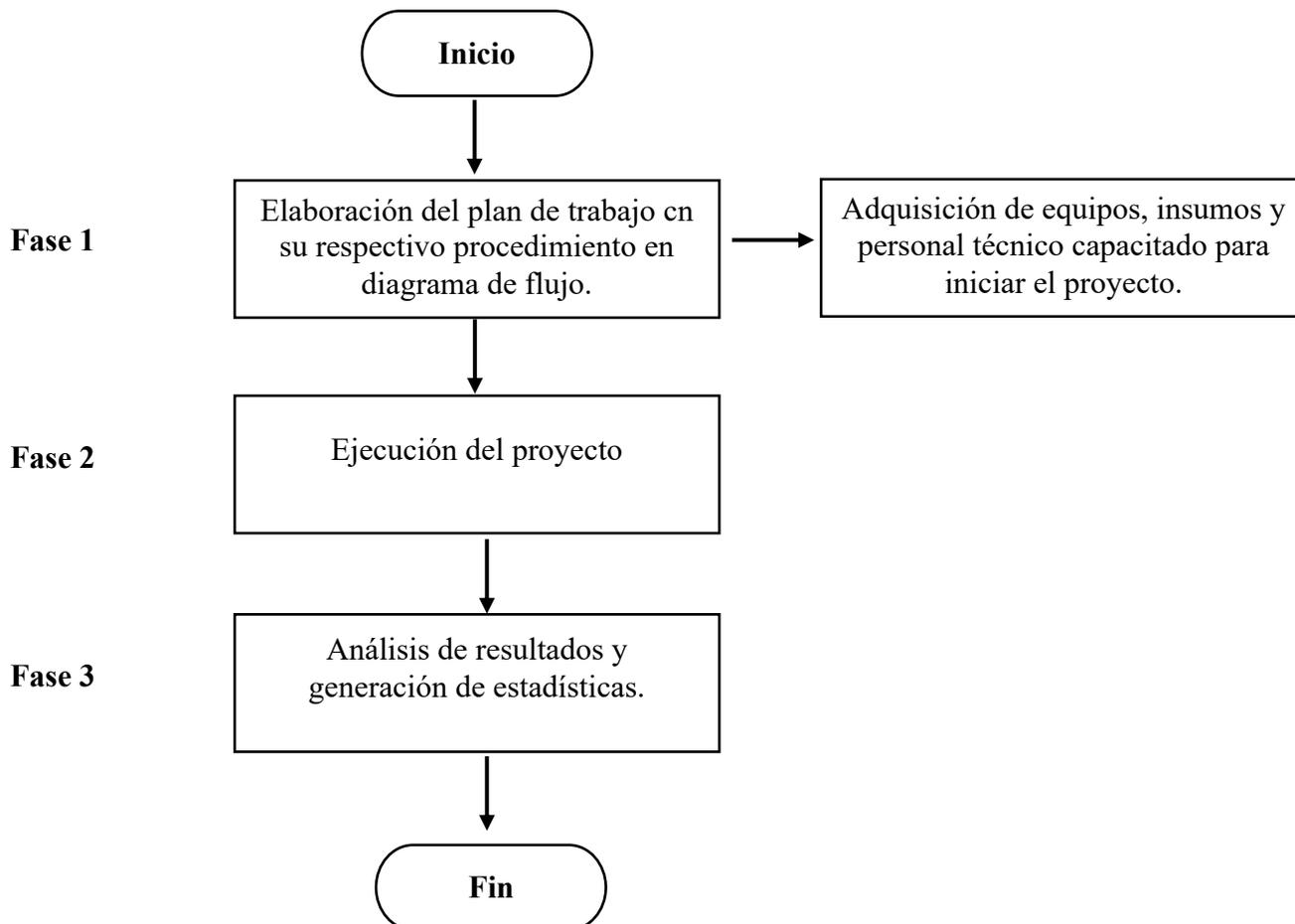
Imagen termográfica del software DJI



Fuente: DJI
Elaborado por: DJI

3.9 Etapas de la metodología del proyecto

El procedimiento de este proyecto se llevó a cabo, de la manera en que observa en el siguiente diagrama de flujo:



3.9.1 Preparación de equipos, insumos y personal técnico

1. Preparación de equipos, insumos y personal técnico según el checklist previamente establecido.
2. Analizar si el checklist cumple los requisitos para el trabajo.
3. Realizar una reunión previa al inicio de actividades con el equipo en oficina.
4. Notificar al personal de la empresa el alimentador en el que se va a realizar el trabajo termográfico.
5. Trasladar el personal técnico y el equipo al lugar de trabajo.

3.9.2 Inspección visual, identificación y selección de estructuras para termografía

1. Inspección visual del alimentador en el que se va a trabajar con el equipo técnico de la empresa.
2. Identificación de estructuras mediante tinta reflectiva, según su nivel de criticidad.
3. Analizar la criticidad de las estructuras
 - Baja media: Inspeccionar visualmente la NO estructura por posibles daños que pongan en riesgo al personal.
 - Alta: Llevar a cabo el diagnóstico termográfico a los equipos eléctricos incluidos en la estructura.

3.9.3 Inspección del lugar de trabajo

1. Inspección visual del área de trabajo para identificar posibles riesgos que puedan afectar las tareas previamente establecidas.
2. Analizar condiciones climáticas como lluvia, neblina, etc. o peligros físicos en el área de trabajo.

3. Analizar si las condiciones son aptas para realizar el trabajo.

Si son aptas:

- Delimitar el área de trabajo para prevenir cualquier inconveniente con los usuarios del sector.
- Iniciar con las actividades programadas para ese día.

No son aptas:

- Notificar al jefe de Proyecto que las condiciones no son aptas para realizar trabajos termográficos mediante llamada telefónica.
- Llenar el formulario de reporte en la aplicación móvil con sus debidos respaldos y luego registrar en la aplicación.

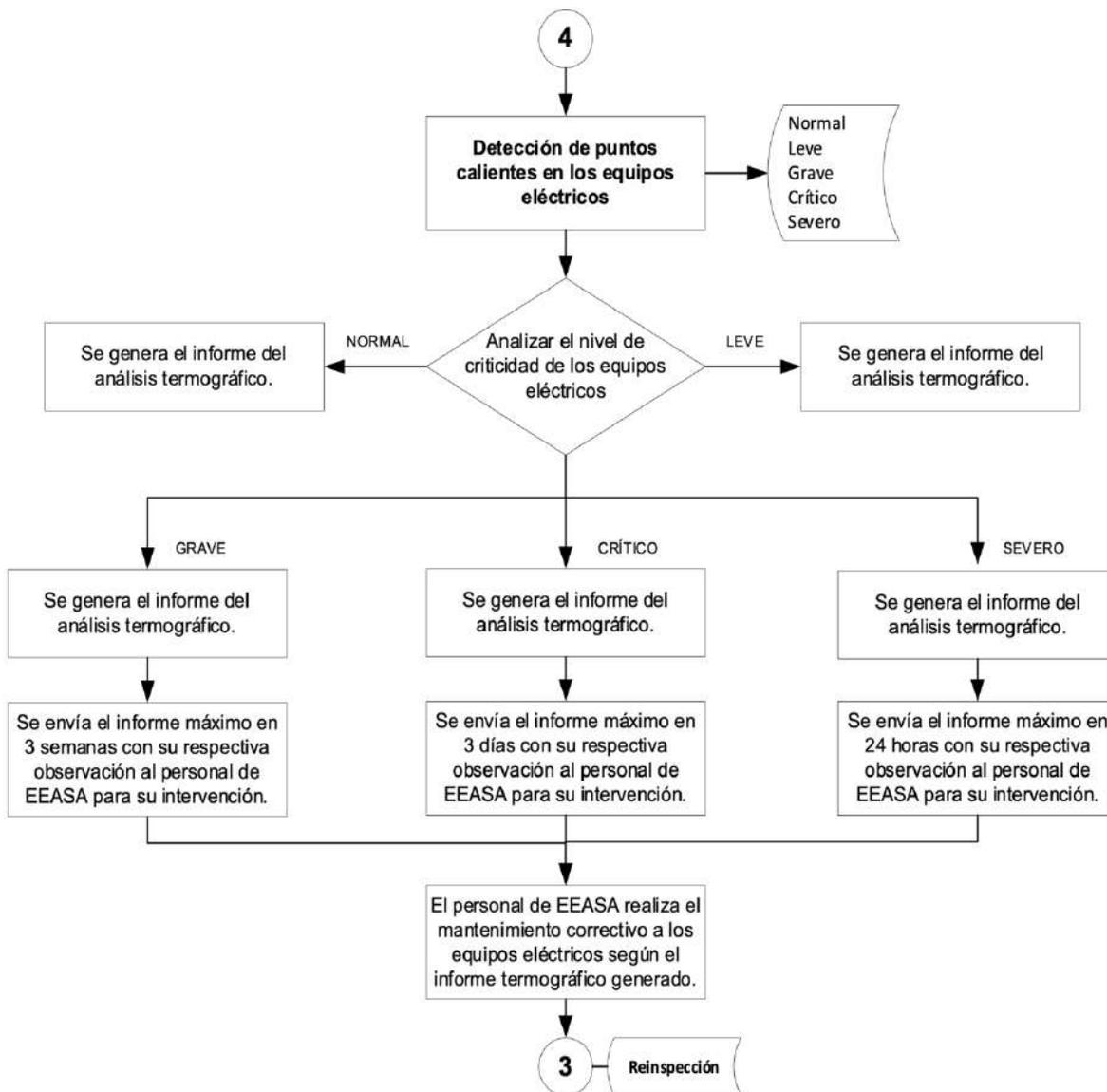
3.9.4 Análisis termográfico

- a) Análisis termográfico a los equipos y estructuras eléctricas previamente seleccionadas según la metodología de trabajo.
- b) Tomar datos de la estructura y registrar en el formulario de la aplicación móvil.
 - Código de estructura, Velocidad de viento, Temperatura ambiente, Coordenadas georreferenciadas, Alimentador, Subestación, etc.
- c) Analizar la estructura con la cámara termográfica.
 - Descargar el informe con sus respectivos termograma en la noche o al día siguiente en la mañana.
- d) Enviar la información recolectada de la prueba termográfica al ingeniero en oficina para su registro y análisis correspondiente.

e) Analizar el resultado para identificar posibles puntos calientes en los equipos.

Ilustración 21

Flujo de proceso: Detección de un punto caliente



*Fuente: Josué Varas Alava
Elaborado por: Josué Varas Alava*

3.9.5 Objetivo del estudio (escenario a diagnosticar)

El presente proyecto se llevará a cabo un ensayo, a través de la Empresa eléctrica en Los Rios (CNEL EP), en el que se diagnosticará el estado de componentes eléctricos, mecánicos y electromecánicos de una red aérea de distribución del circuito primario, mediante análisis termográfico de cada elemento del sistema con una cámara térmica, sin emplear contacto físico con los mismos.

La termografía infrarroja es una técnica de prueba no destructiva y no invasiva para mapear los patrones de calor de la superficie a partir de la radiación térmica invisible que emiten, sin entrar en contacto con las partículas; es decir, determinan la temperatura de algún objeto o superficie y producen una imagen a color que interpreta fácilmente el diseño térmico, comúnmente conocido como termograma o termógrafo. Este tipo de pruebas es cada vez más importante en los planes de mantenimiento; y por ello ASNT considera este tipo de pruebas como parte de su plan de mantenimiento predictivo.

Se realizará una inspección y análisis del sistema de subtransmisión y del distribución, circuito primario de la concesión de la Empresa eléctrica en Los Rios (CNEL EP) mediante un estudio termográfico; con el fin de, conocer el estado actual de las redes y los posibles puntos calientes que puedan presentar, para que de esta manera el equipo técnico realice correcciones y mitigue los accidentes por fallas que se presenten en el procedimiento, precautelando el suministro seguro y continuo de energía eléctrica a los usuarios, y así, mejorar su confiabilidad.

3.9.6 Proceso de inspección para un mantenimiento predictivo

Inspeccionar mediante un barrido toda la red aérea del circuito primario del sistema de distribución de CNEL, considerando: ramales trifásicos o monofásicos, seccionamientos tipo cuchilla y

portafusible, interruptores seccionadores automáticos, reconectores, capacitores, puentes aéreos y transformadores de distribución hasta la conexión a la red de bajo voltaje sean estos propios de la empresa o particulares, que se encuentren.

La inspección a transformadores incluirá los siguientes puntos:

- a) Conexión a la red de medio voltaje y/o seccionadores.
- b) Bushing (s) de medio voltaje.
- c) Elementos de protección de bajo voltaje
- d) Conexión a la red de bajo voltaje.

Las inspecciones termográficas a los alimentadores se realizan a partir de las 17h00, en días laborables. Previamente en alimentadores que indique la empresa.

Se debe tomar datos de interés previamente establecidos en la aplicación móvil, estos datos son: código de estructura, número de poste, velocidad de viento, temperatura ambiente, número del alimentador y la subestación a la que pertenece.

Para el uso de la cámara termográfica se debe considerar la distancia a la que se debe medir el objeto, el cual depende de factores como: resolución de la cámara (píxeles), campo de visión (FOV), tipo de lente a utilizar (teleobjetivo, gran angular o macro) y tamaño del objeto.

En esta inspección de estructuras eléctricas se utilizará un lente teleobjetivo estándar ya que reduce la necesidad de ingresar a la zona de peligro o el uso de una escalera para capturar los detalles infrarrojos importantes que podrían indicar que el equipo tiene algún problema. Para calcular la distancia máxima para el análisis termográfico se emplearán las siguientes fórmulas:

Ejecutar la inspección y registrar datos de temperaturas con observaciones de todos los elementos anteriormente descritos de la red de medio voltaje y la corrección de la velocidad del viento y anotarlos en el formato de "Resultados de Termografía". El cual debe formar un solo archivo.

Tabla 7

Velocidad del viento (m/s)	Factor de corrección
1	1
2	1.36
3	1.64
4	1.86
5	2.06
6	2.23
7	2.40
8	2.54

Cada imagen térmica será almacenada en el equipo y posteriormente a la inspección será descargada al programa FLIR REPORT, PROFESSIONAL o su equivalente para enviar la información al ingeniero en oficina (Nivel II) y proceder a analizar el termograma para generar el informe final de las estructuras inspeccionadas el día anterior.

El análisis del termograma se someterá a un sistema que mediante valores permite comparar entre dos puntos, uno que esté en condiciones normales y otro en condiciones críticas (punto caliente). Posteriormente se puede observar una tabla de valoración propuesto por la empresa, donde T es la PC temperatura del punto caliente en $^{\circ}C$ y T es la temperatura en condiciones normales de CN trabajo en $^{\circ}C$. Los termograma que según el contratista tiene la recomendación de acción inmediata

por parte de empresa, debe ser enviado su informe inmediatamente (máximo 24 horas luego de la toma termográfica), para la gestión empresarial en dicho punto.

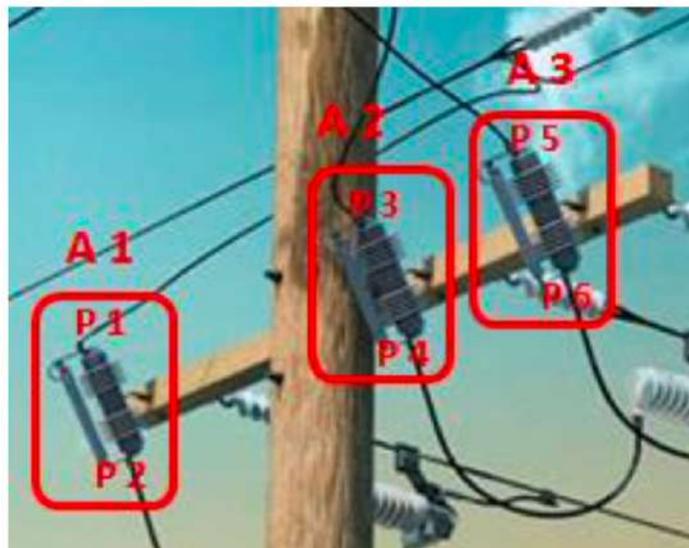
3.10 Relevancia de nivel de criticidad

Tabla 8

Nivel de criticidad	Relevancia	Acción	Tiempo de notificación
$T_{PC} - T_{CN} \leq 5^{\circ}C$	Normal	No es necesaria ninguna acción hasta el próximo mantenimiento predictivo.	No debe ser enviado.
$5^{\circ}C < T_{PC} - T_{CN} \leq 15^{\circ}C$	Leve	Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente.	No debe ser enviado.
$15^{\circ}C < T_{PC} - T_{CN} \leq 30^{\circ}C$	Grave	Estudiar la posibilidad de interrupción para corregir el problema.	Máximo en 3 semanas.
$30^{\circ}C < T_{PC} - T_{CN} \leq 60^{\circ}C$	Crítico	Actuar lo antes posible, se aprovechará el próximo paro para corregir el problema.	Máximo 3 días.
$T_{PC} - T_{CN} > 60^{\circ}C$	Severo	Interrupción inmediata para corregir el problema.	Máximo en 24 horas.

Elaboración del informe técnico; El informe técnico debe realizarse siguiendo las siguientes directrices:

Para el estudio de puntos calientes de seccionadores, interruptores, reconectores, capacitores se debe tomar como mínimo seis puntos, que corresponden a las entradas y salidas de cada fase de los equipos y el estudio general de tres áreas que corresponden a cada equipo, tomado desde el lado de la fuente, así se puede apreciar en el siguiente gráfico:

Ilustración 22

Fuente: Corfopym
Elaborado por: Corfopym

En caso de existir conectores u otros puntos asociados a las conexiones de cables de medio voltaje los resultados serán asignados acorde al punto siguiente; es decir, $P7... Pn$.

Corrección de puntos calientes, por parte de empresa.

Re-inspección y elaboración de informe técnico; posterior a los trabajos de mantenimiento ejecutados por personal de empresa en los puntos críticos o de acción inmediata, el contratista tiene la responsabilidad de ejecutar la re-inspección al punto ejecutado y emitir el informe respectivo en el mismo formato indicado por la empresa.

3.11 Datos analíticos de reporte termográfico – visual en el sistema de distribución.

Diagnóstico térmico en estructura doble retenida en portafusible, transformador y aisladores.

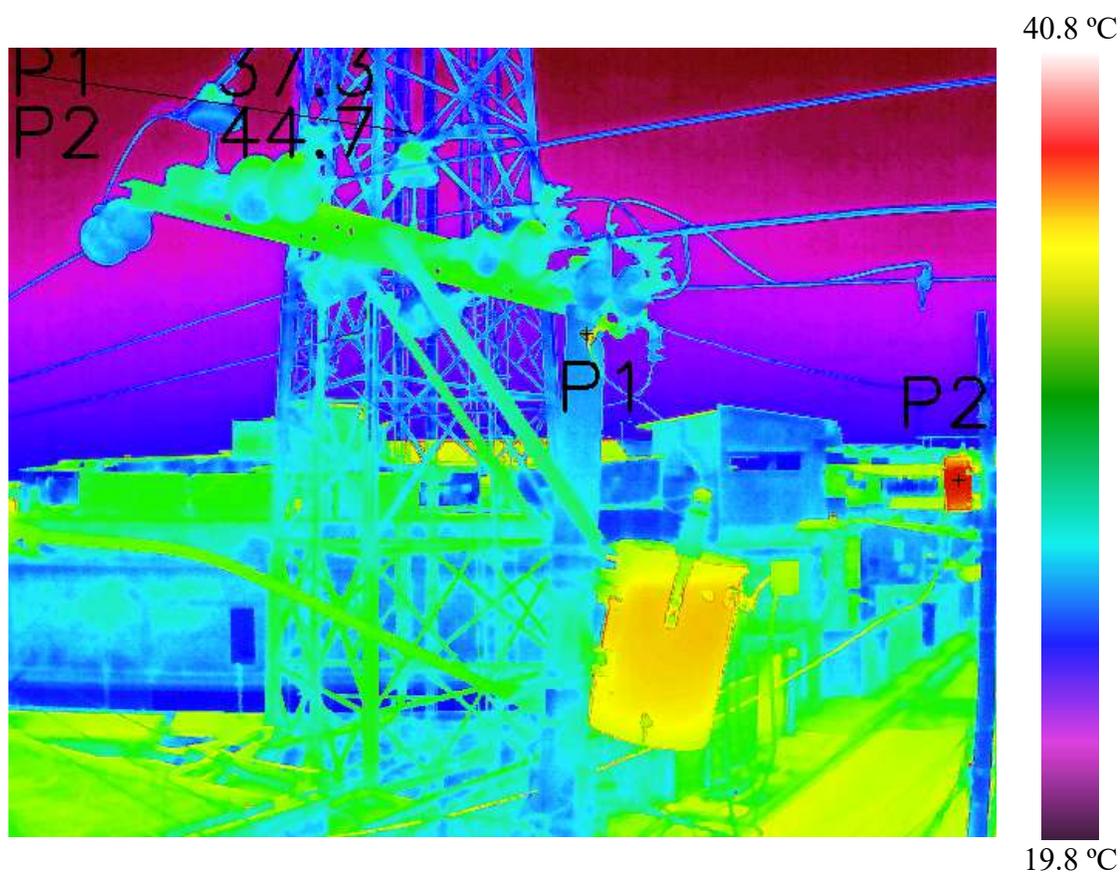
Medio Ambiente

Tabla 9

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0787
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/13 15:57:19

Imagen Térmica

Ilustración 23



Test Image

Observaciones: Punto caliente en la parte inferior de la portafusible que alimenta al transformador

Tabla 10

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	37.30 °C	37.30 °C	37.30 °C	0.95	5.00
Point:2	44.70 °C	44.70 °C	44.70 °C	0.95	5.00

Imagen Visual

En la imagen termográfica se nota la presencia de un punto caliente en la parte inferior de la portafusible.

Ilustración 24

Diagnóstico en seccionamiento, nivel de voltaje 13.8 kV

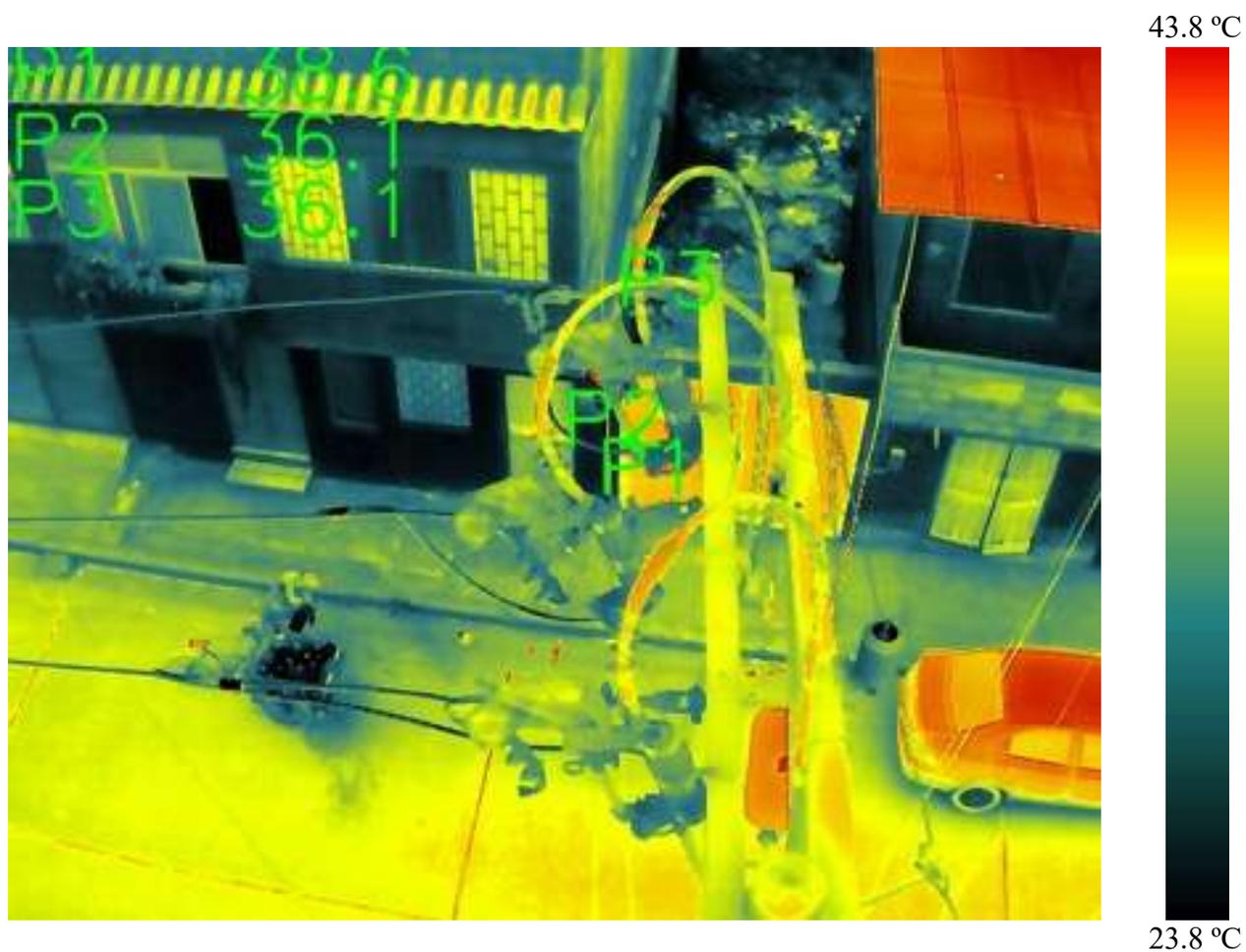
Medio Ambiente

Tabla 11

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0042
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/13 14:47:38

Imagen Visual

Ilustración 25

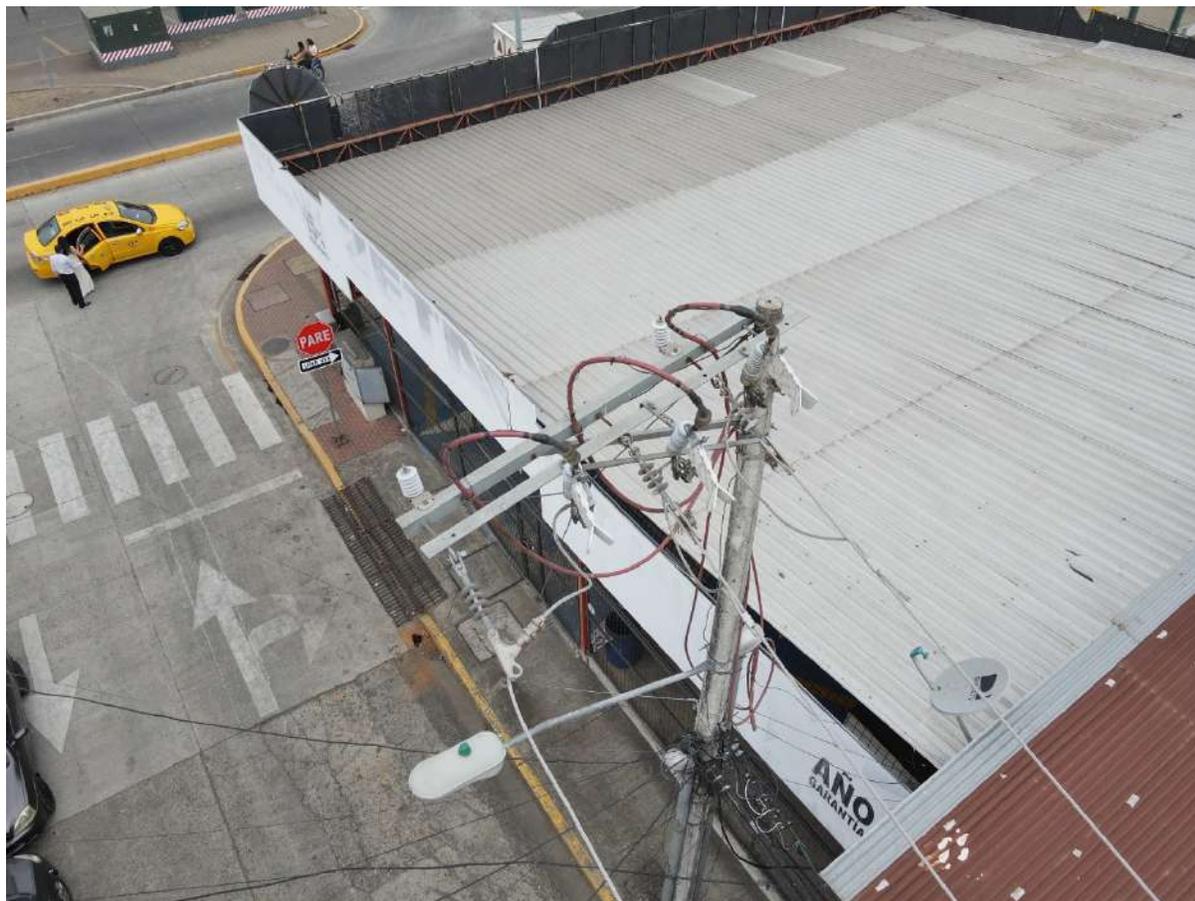


Test Image

Observaciones: Recalentamiento en la parte superior del portafusibles del alimentador la reforma.

Datos**Tabla 12**

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	38.60 °C	38.60 °C	38.60 °C	0.95	5.00
Point:2	36.10 °C	36.10 °C	36.10 °C	0.95	5.00
Point:3	36.10 °C	36.10 °C	36.10 °C	0.95	5.00

Imagen Visual**Ilustración 30**

Diagnóstico en seccionamiento – grapa, nivel de voltaje 13.8kv

Medio Ambiente

Tabla 13

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0265
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/19 14:34:37

Imagen Termográfica

Ilustración 31



Test Image

Observación: Se observa punto caliente en la parte inferior de la portafusible que alimenta al transformador, también se nota punto caliente en la grapa kelvin que alimenta al transformador.

Datos**Tabla 14**

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	36.10 °C	36.10 °C	36.10 °C	0.95	5.00
Point:2	31.00 °C	31.00 °C	31.00 °C	0.95	5.00

Imagen Visual**Ilustración 32**

Diagnóstico en grapas de puente

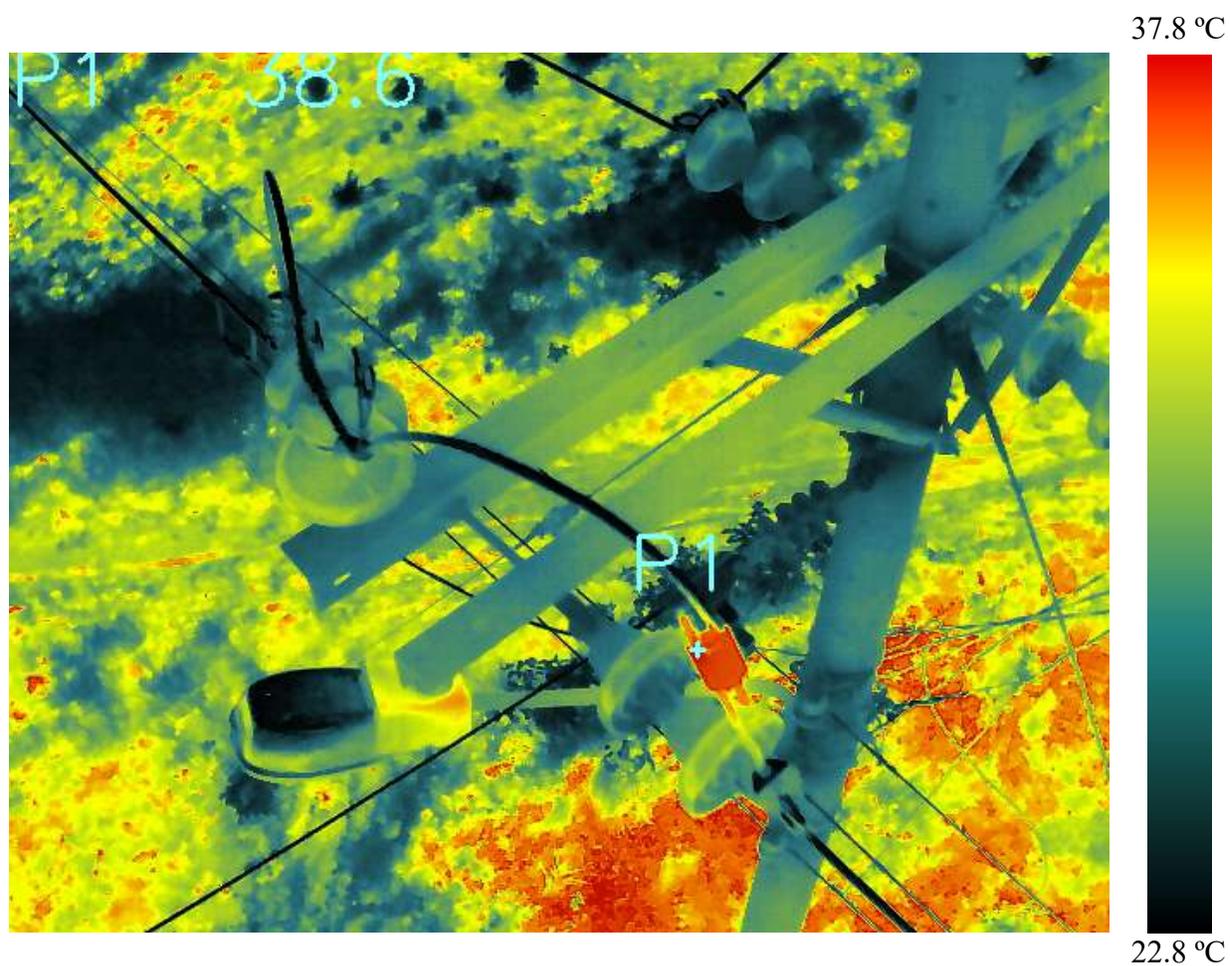
Medio Ambiente

Tabla 15

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0361
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/19 14:26:35

Imagen Termográfica

Ilustración 33



Test Image

Observación: En la imagen térmica se visualiza un punto caliente en el conector que une al puente.

Datos**Tabla 16**

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	38.60 °C	38.60 °C	38.60 °C	0.95	5.00

Imagen Visual**Ilustración 34**

Diagnóstico doble retenida pasante

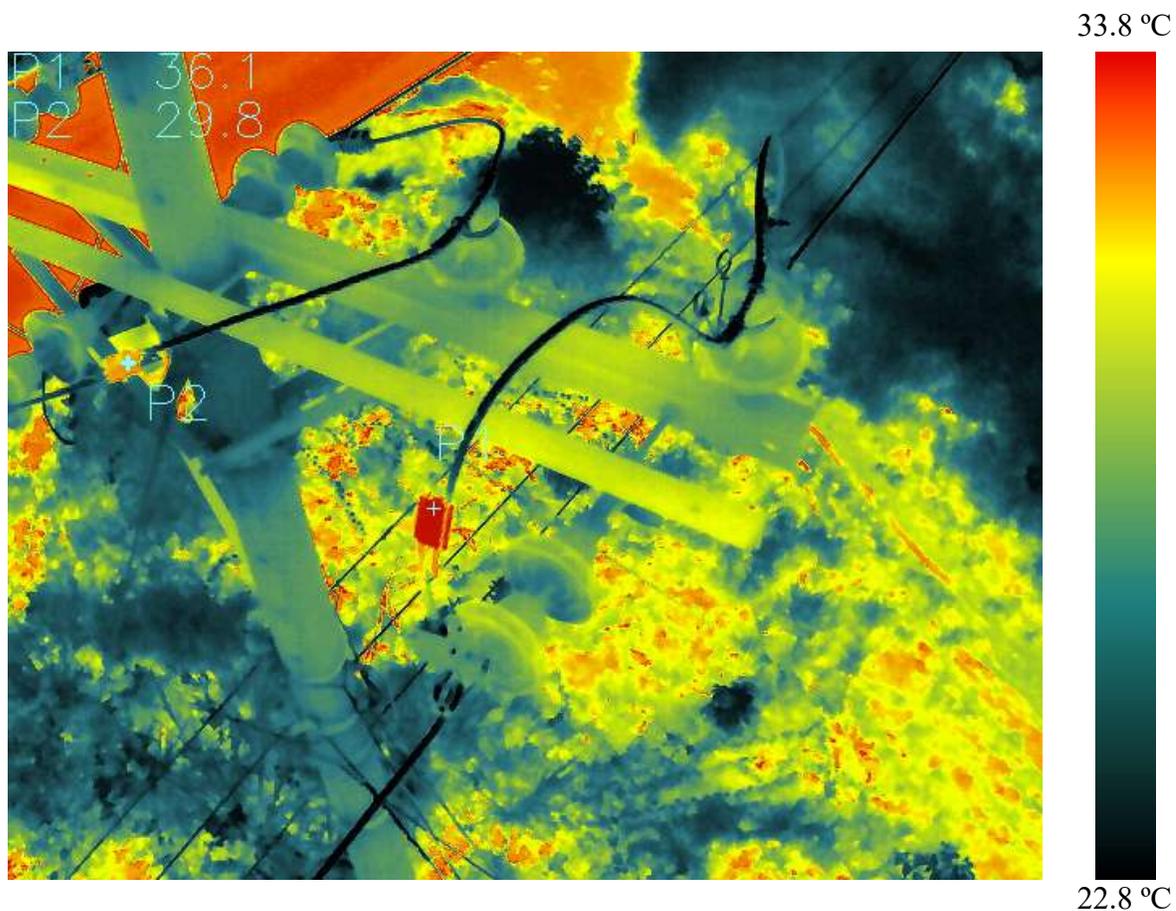
Medio Ambiente

Tabla 17

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0357
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/19 14:26:35

Imagen Termográfica

Ilustración 35



Test Image

Observación: Punto caliente en los conectores que unen a los puntos.

Datos**Tabla 18**

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	36.10 °C	36.10 °C	36.10 °C	0.95	5.00
Point:2	29.80 °C	29.80 °C	29.80 °C	0.95	5.00

Imagen Visual**Ilustración 36**

Diagnóstico en transformador

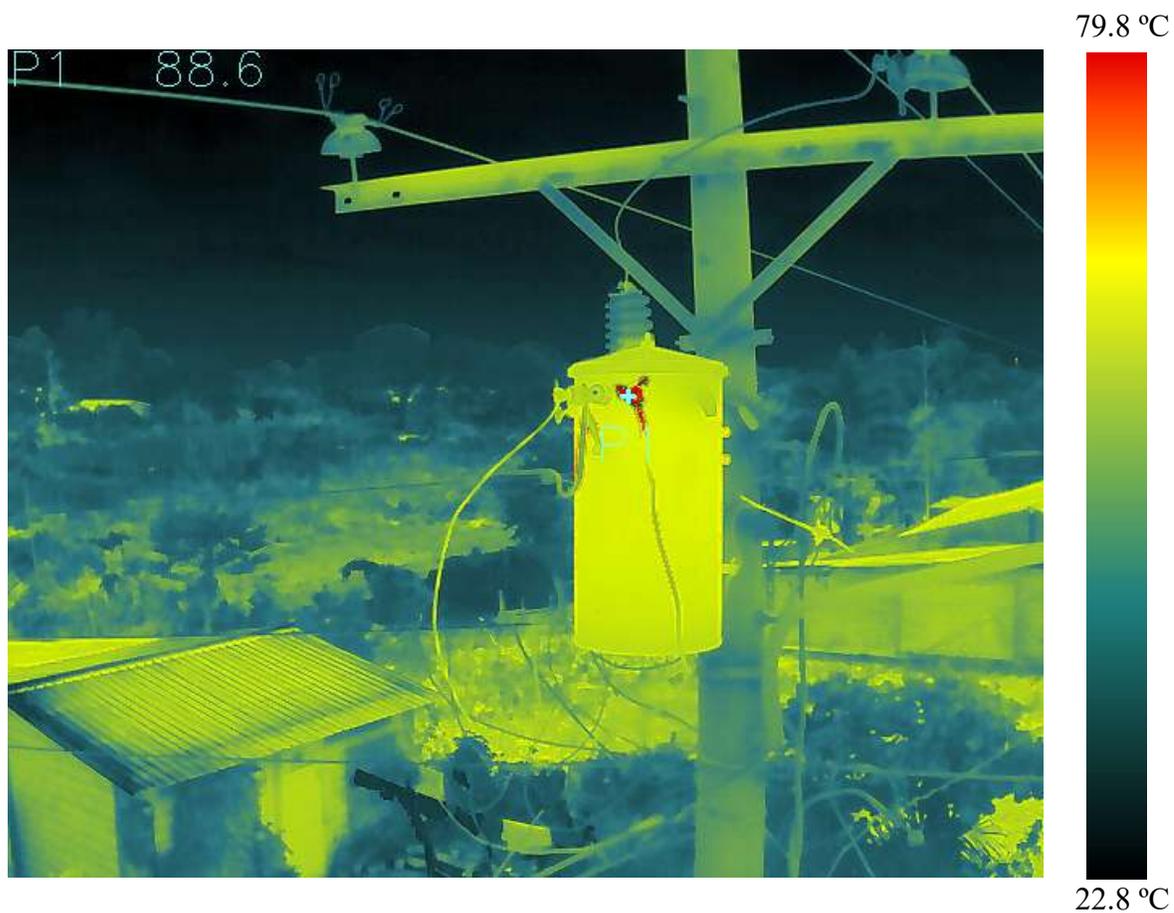
Medio Ambiente

Tabla 19

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0407
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/19 14:15:30

Imagen Térmica

Ilustración 37



Test Image

Observaciones: Punto caliente en el bushing X3 del transformador.

Datos**Tabla 20**

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	88.60 °C	88.60 °C	88.60 °C	0.95	5.00

Imagen Visual**Ilustración 38**

Diagnóstico en alimentador nivel de voltaje 13.8 kV.

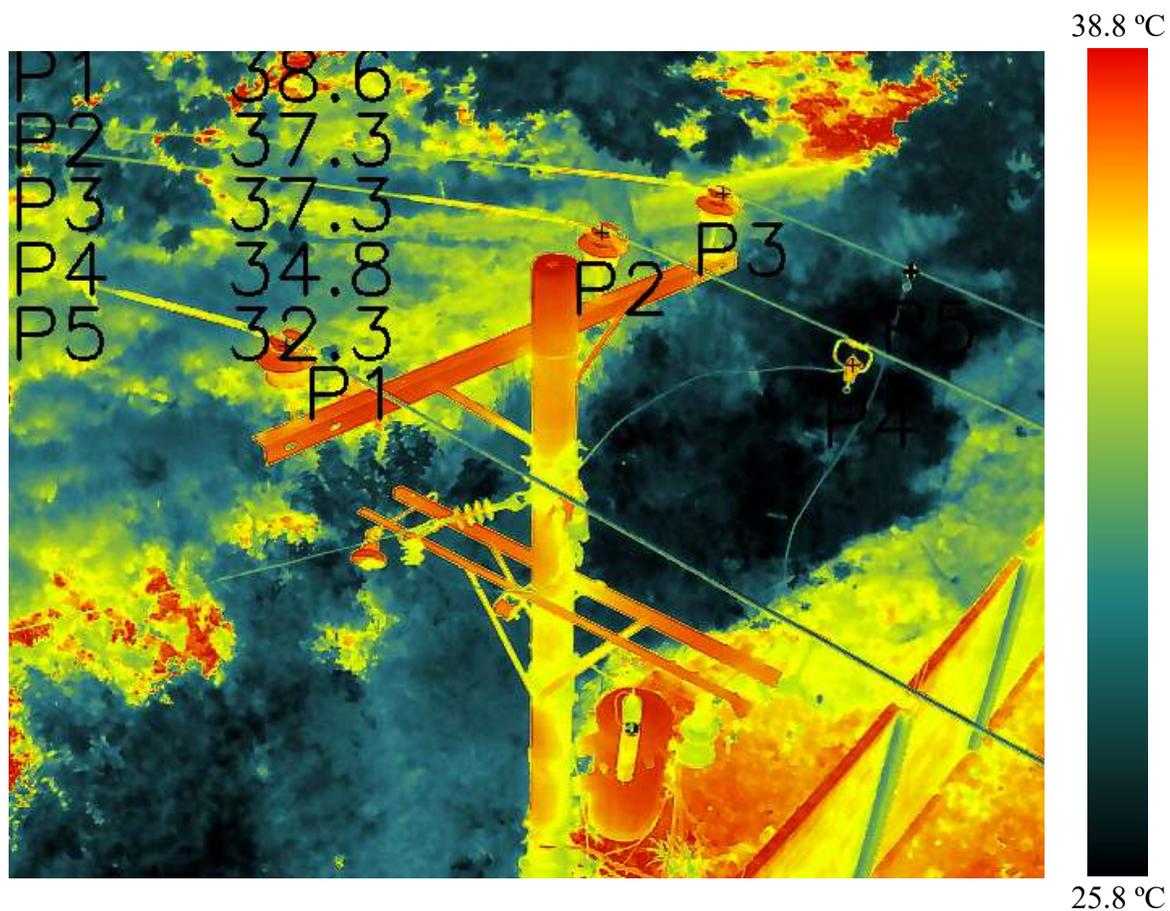
Medio Ambiente

Tabla 21

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0704
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/19 14:07:16

Imagen Térmica

Ilustración 39



Test Image

Observaciones: Puntos calientes en los aisladores pin 56-1 y en las grapas kelvin que alimenta al transformador

Datos**Tabla 22**

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	38.60 °C	38.60 °C	38.60 °C	0.95	5.00
Point:2	37.30 °C	37.30 °C	37.30 °C	0.95	5.00
Point:3	37.30 °C	37.30 °C	37.30 °C	0.95	5.00
Point:4	34.80 °C	34.80 °C	34.80 °C	0.95	5.00
Point:5	32.30 °C	32.30 °C	32.30 °C	0.95	5.00

Imagen Visual**Ilustración 40**

Diagnóstico en alimentador 13.8 kV doble retenida

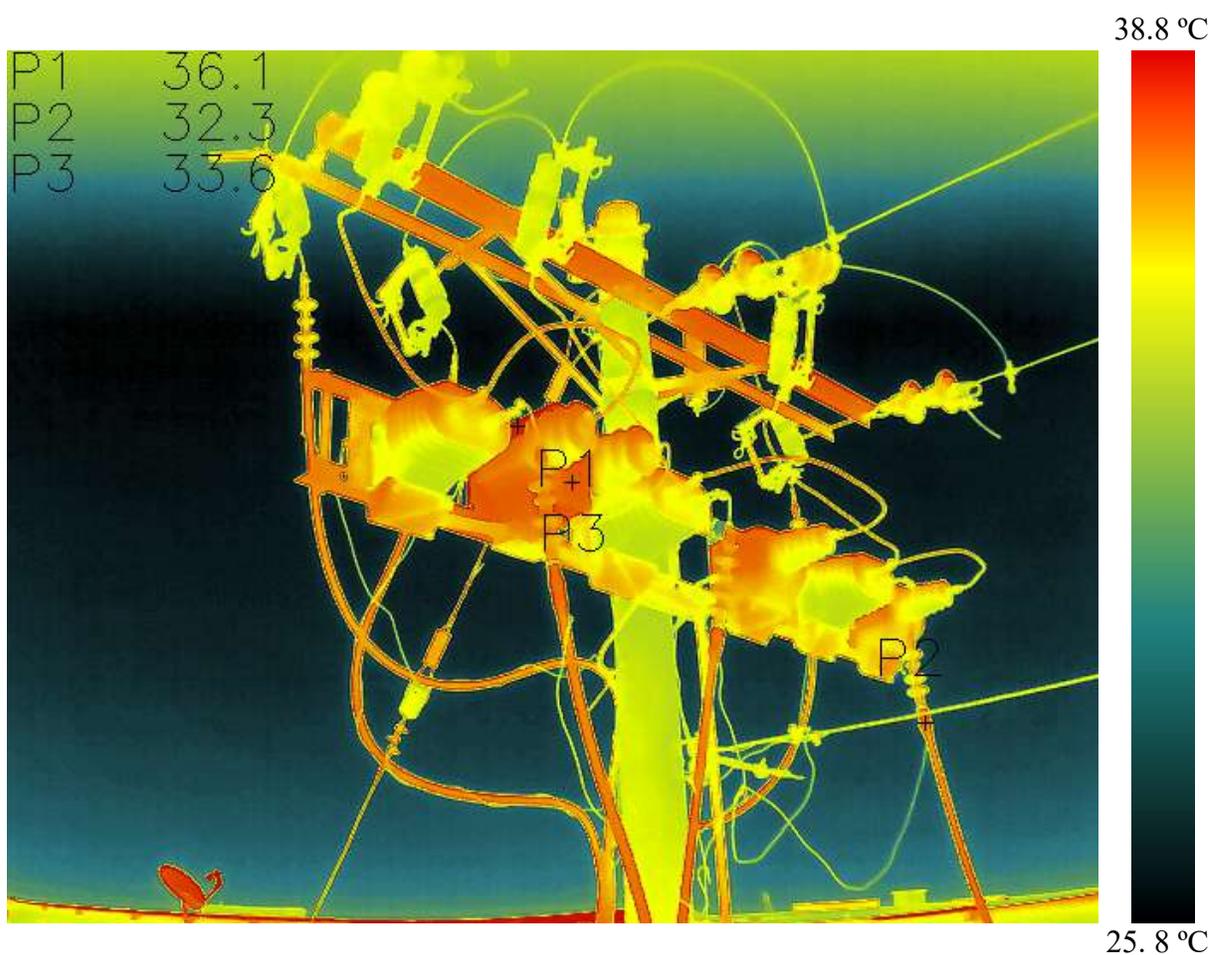
Medio Ambiente

Tabla 23

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0899
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/19 13:56:31

Imagen Térmica

Ilustración 41



Test Image

Observaciones: Puntos calientes en la entrada y salida del reconector.

Datos**Tabla 24**

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	36.10 °C	36.10 °C	36.10 °C	0.95	5.00
Point:2	32.30 °C	32.30 °C	32.30 °C	0.95	5.00
Point:3	33.60 °C	33.60 °C	33.60 °C	0.95	5.00

Imagen Visual**Ilustración 42**

Diagnóstico en transformador

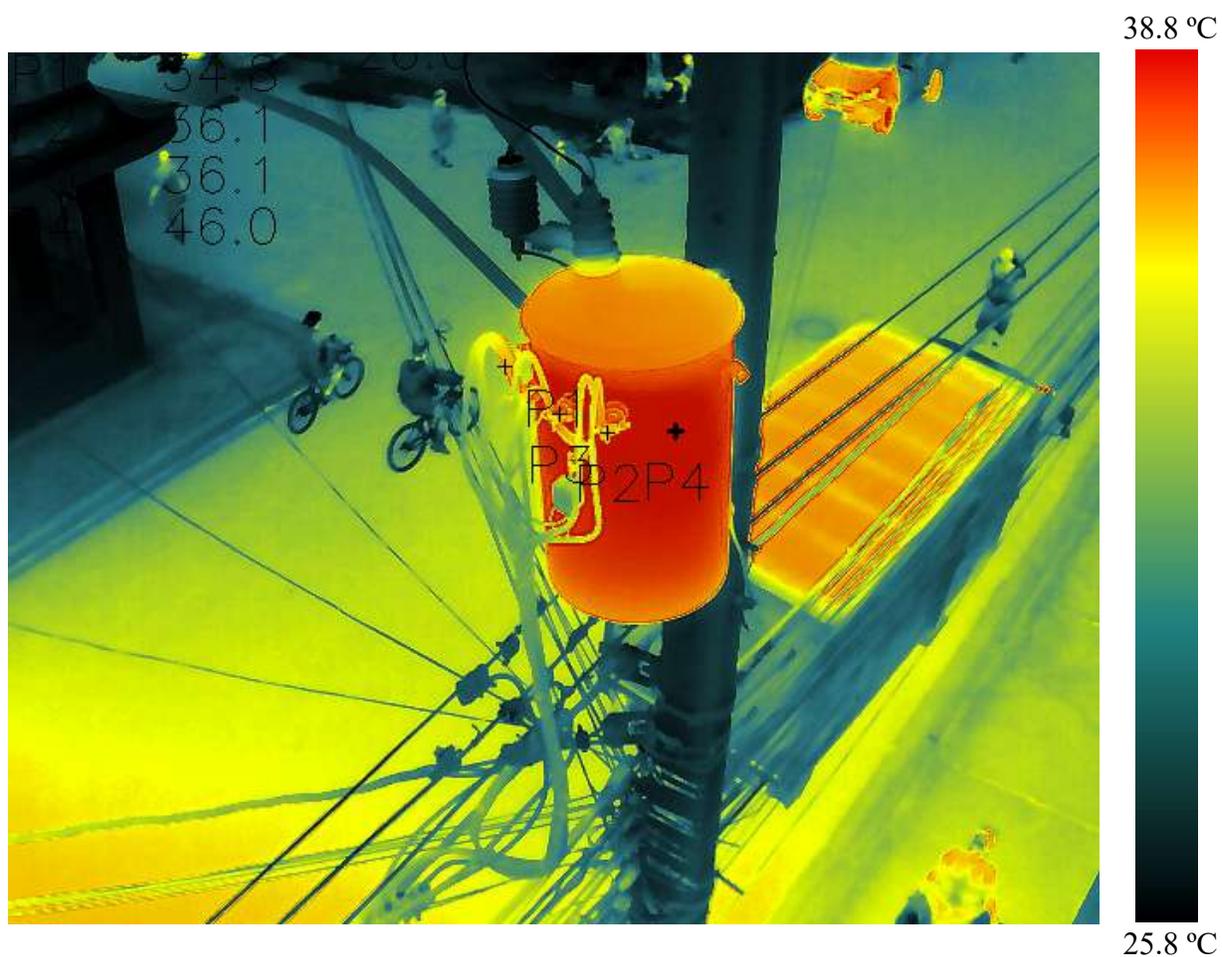
Medio Ambiente

Tabla 25

Camera model	MAVIC 2-ENTERPRISE-ADVANCED	Picture name	DJI 0803
Ambient Temp	25.00 °C	Picture shooting time	2022/01/19 13:43:30

Imagen Térmica

Ilustración 43

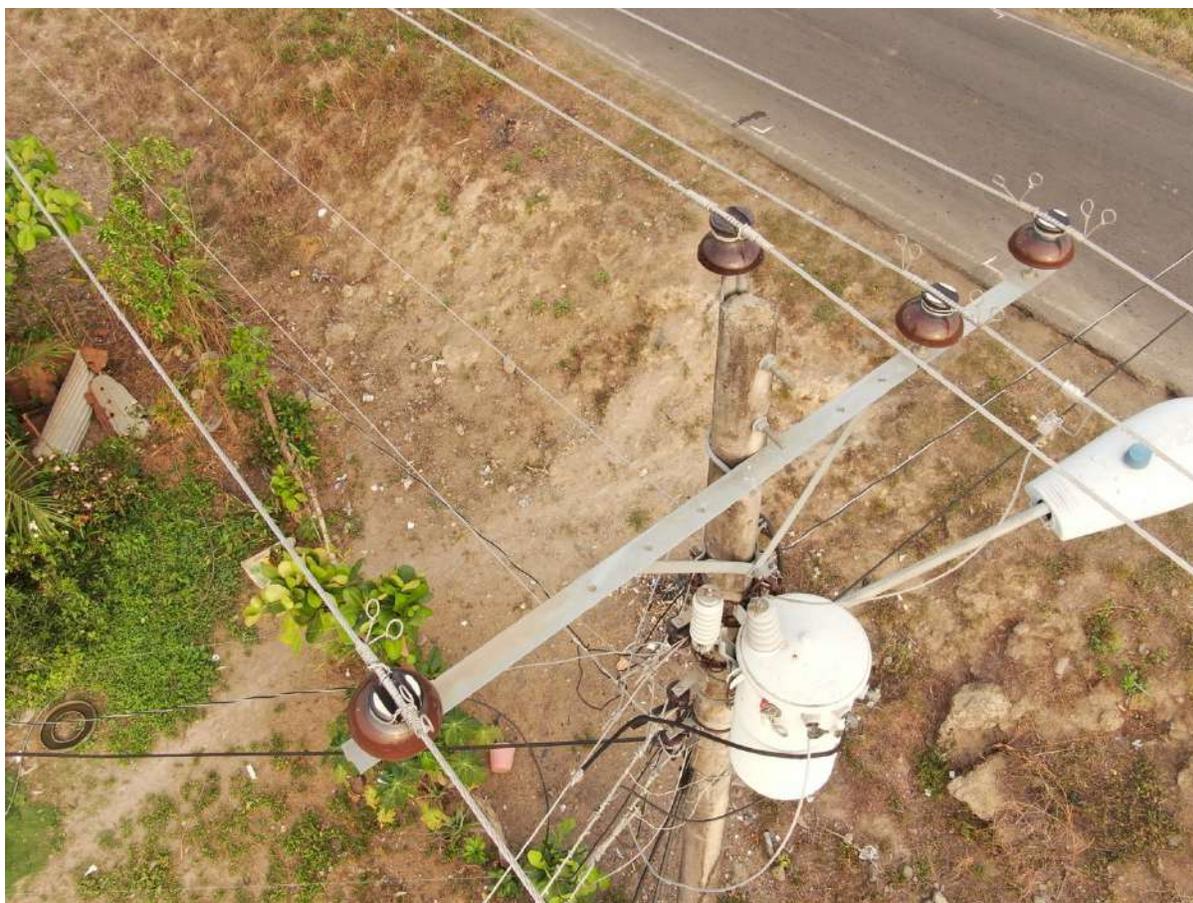


Test Image

Observaciones: Puntos calientes en el bushing del transformador y temperatura del transformador.

Datos**Tabla 26**

Región	Max	Avg	Min	Emiss	Distance
Point:1	34.80 °C	34.80 °C	34.80 °C	0.95	5.00
Point:2	36.10 °C	36.10 °C	36.10 °C	0.95	5.00
Point:3	36.10 °C	36.10 °C	36.10 °C	0.95	5.00
Point:4	46.00 °C	46.00 °C	46.00 °C	0.95	5.00

Imagen Visual**Ilustración 44**

3.12 Informe de inspección visual y térmica – subtransmisión

		Reporte No.	002_Jipijapa-Puerto Cayo_S/N
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES			
1.1. Número de secuencia	002	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN			
2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	11:40:30
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jipijapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X 529515.31 Y 9850054.35
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		
2.5. Código torre/estructura	S/N		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	18	3.3. Distancia de medición (m)	6
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	22	3.6. Humedad Relativa (%)	0.75
3.7. Velocidad viento (m/s)	0.7		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica		Imagen RGB	
			
			
Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción	
SI	AISLADORES	El área Bx1, en el punto Sp1 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos	

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	22	T. Ref. °C	16.9
Sp_1 (°C)	26.2	R1_1 (°C)	26.7
Sp_2 (°C)	18.7		25.2
Sp_3 (°C)	16.9		19
T. Max. °C	26.7		
Emisividad	1		
Delta T °C	9.8		

Nivel de criticidad	NORMAL (GRADO 4)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADOR
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DEL AISLADOR
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	001_Jipijapa-Puerto Cayo_5/E
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	001	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	11:35:39
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jipijapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X: 529542.49 Y: 9849939.63
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		
2.5. Código torre/estructura	S/E		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	17	3.3. Distancia de medición (m)	5
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	22	3.6. Humedad Relativa (%)	0.75
3.7. Velocidad viento (m/s)	0.9		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica	Imagen RGB	
Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	Las áreas Bx1, Bx2 y Bx3 presentan un incremento de temperatura en consideración a los demás elementos de la subestación

4.1. ANALISIS TERMOGRÁFICO

T. Amb. °C	22	T. Ref. °C	21.7
Sp_1 (°C)	21.7	R1_1 (°C)	28.1
Sp_2 (°C)	22.7		29.6
Sp_3 (°C)	22		30.4
T. Max. °C	30.4		
Emisividad		1	
Delta T °C		8.7	

Nivel de criticidad	NORMAL (GRADO 4)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES DE LA SUBESTACIÓN
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	0003_Jipijapa-Puerto Cayo_106-0022234
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	0003	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

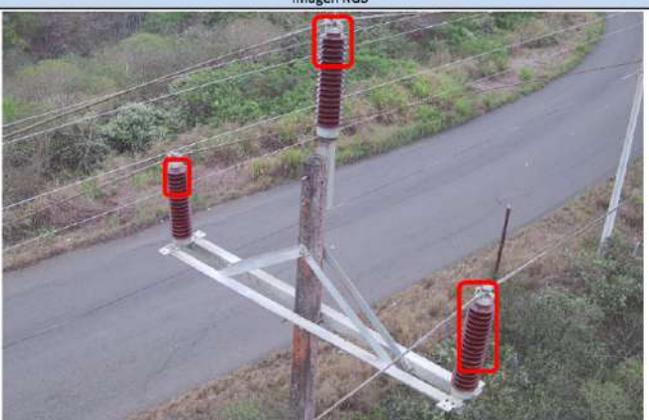
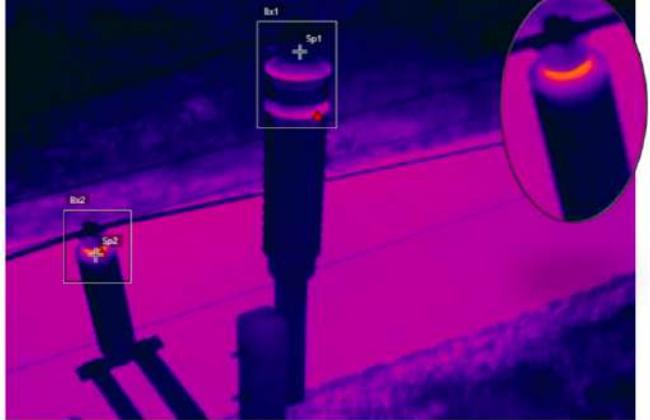
2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	11:35:39
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jipijapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X 529518.00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		Y 9850052.00
2.5. Código torre/estructura	106-0022234		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	17	3.3. Distancia de medición (m)	5
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	22	3.6. Humedad Relativa (%)	0.85
3.7. Velocidad viento (m/s)	0.5		

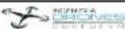
4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica		Imagen RGB
		
		
Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	El área Bx1 en el punto Sp_1 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	22	T. Ref. °C	16.5
Sp_1 (°C)	30.4	Bx1	30.4
Sp_2 (°C)	16.5	Bx2	23.4
Sp_3 (°C)	20.7	Bx3	22.7
T. Max. °C	30.4		
Emisividad	1		
Delta T °C	13.9		

Nivel de criticidad	LEVE (GRADO 3)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	004_Jipijapa-Puerto Cayo_106-002233
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	004	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

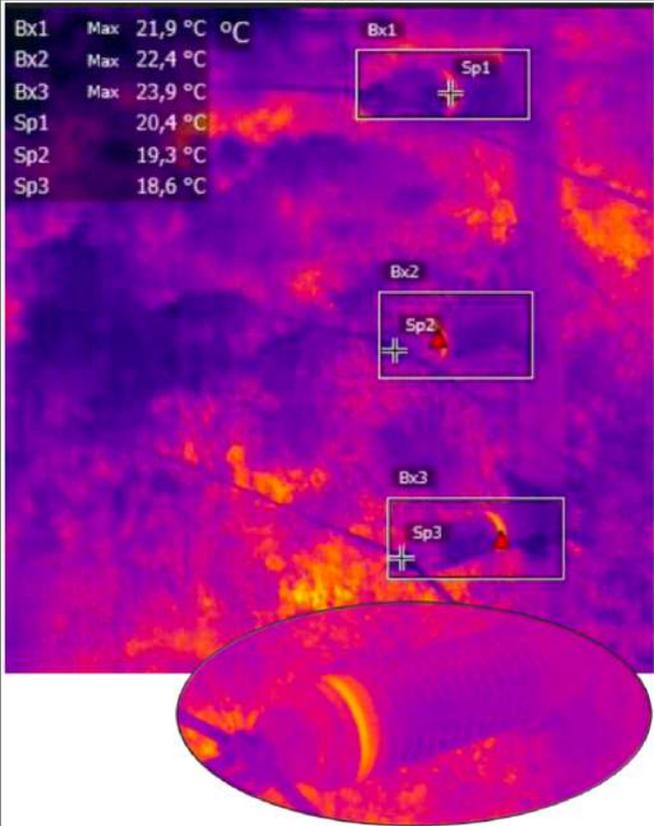
2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	11:45:00
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jipijapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X 529509.00 Y 9850117.00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		
2.5. Código torre/estructura	106-002233		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	18	3.3. Distancia de medición (m)	3
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	22	3.6. Humedad Relativa (%)	75
3.7. Velocidad viento (m/s)	0.9		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica		Imagen RGB
		
Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	El área Bx1 en el punto Sp_1 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	22	T. Ref. °C	18.6
Sp_1 (°C)	20.4	Bx1	21.9
Sp_2 (°C)	19.3	Bx2	22.4
Sp_3 (°C)	18.6	Bx3	23.9
T. Max. °C	23.9		
Emisividad	1		
Delta T °C	5.3		

Nivel de criticidad	NORMAL (GRADO 4)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	0005_Jipijapa-Puerto Cayo_106-002232
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	0005	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

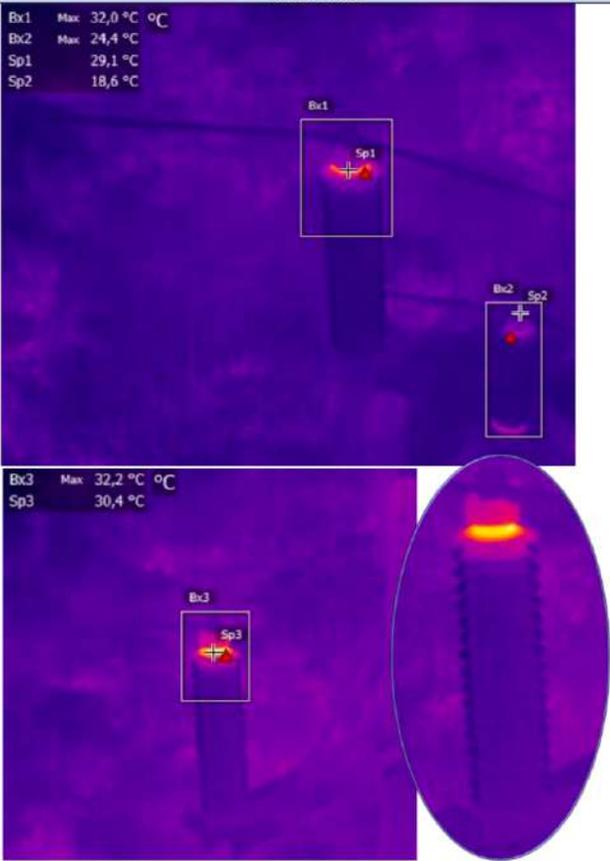
2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	11:47:00
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jipijapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X 529456.00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		Y 9850291.00
2.5. Código torre/estructura	106-002232		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	17	3.3. Distancia de medición (m)	5
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	20	3.6. Humedad Relativa (%)	0.80
3.7. Velocidad viento (m/s)	1		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica		Imagen RGB
		
Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	El área Bx1, Bx3 en el punto Sp1, Sp3 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	20	T. Ref. °C	18.6
Sp_1 (°C)	29.1	Bx1	32
Sp_2 (°C)	18.6	Bx2	24.4
Sp_3 (°C)	30.4	Bx3	32.2
T. Max. °C	32.2		
Emisividad	1		
Delta T °C	13.6		

Nivel de criticidad	LEVE (GRADO 3)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	0006_Jipijapa-Pto Cayo_106-0022231
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	0006	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

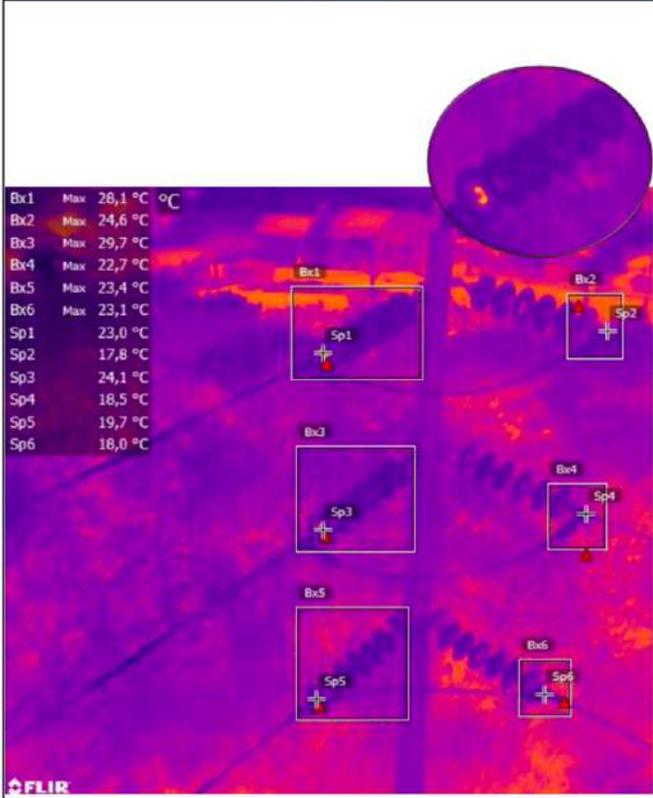
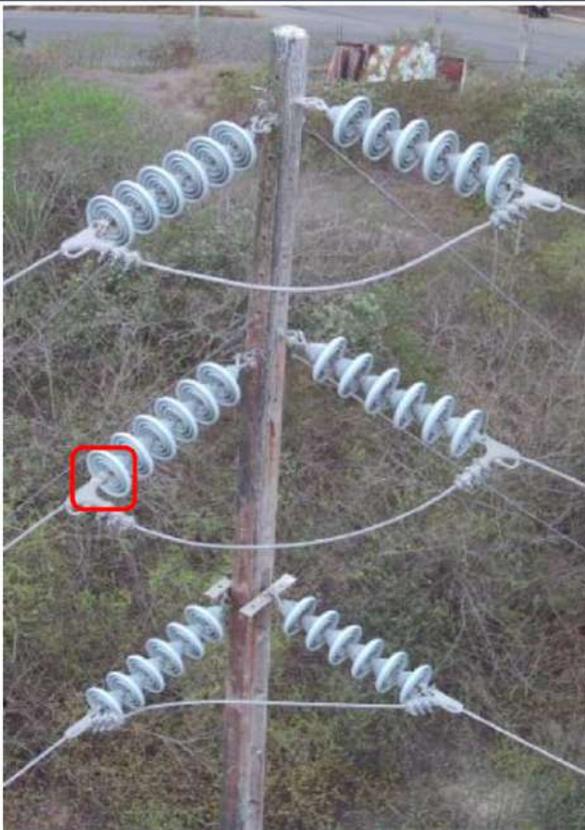
2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Pto. Cayo	2.7. Hora de inspección	11:49:00	
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69	
2.3. Línea	Jipijapa-Pto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X	529404.00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		Y	9850457.00
2.5. Código torre/estructura	106-0022231			

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	17	3.3. Distancia de medición (m)	5
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	21	3.6. Humedad Relativa (%)	0.76
3.7. Velocidad viento (m/s)	0.7		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

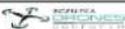
Imagen Térmica	Imagen RGB
	

Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	El área Bx3 en el punto Sp_3 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	21	T. Ref. °C	17.8
Sp_1 (°C)	23	Bx1	28.1
Sp_2 (°C)	17.8	Bx2	24.6
Sp_3 (°C)	24.1	Bx3	29.7
Sp_4 (°C)	18.5	Bx4	22.7
Sp_5 (°C)	19.7	Bx5	23.4
Sp_6 (°C)	18	Bx6	23.1
T. Max. °C	29.7		
Emisividad			1
Delta T °C			11.9

Nivel de criticidad	NORMAL (GRADO 4)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	0008_lipijapa-Puerto Cayo_106-002228
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	0008	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

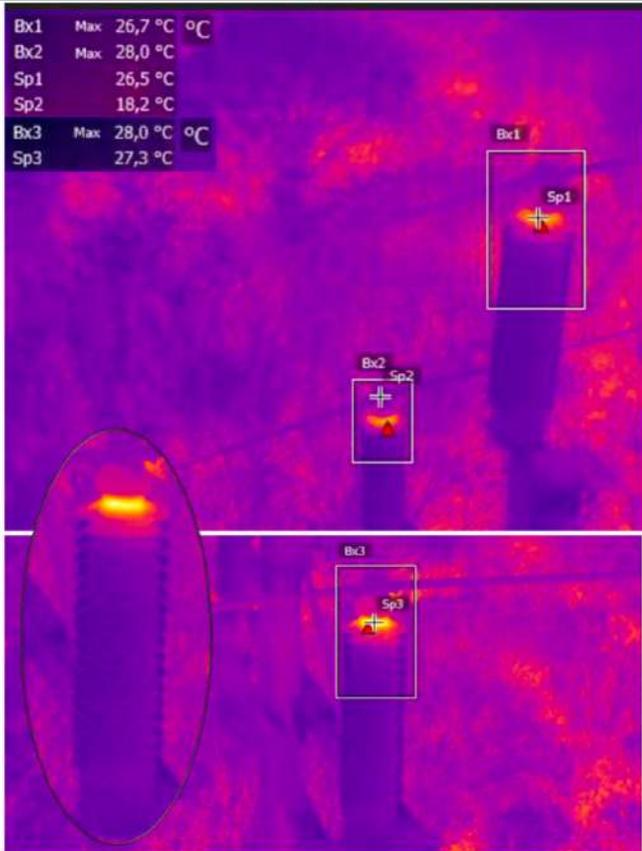
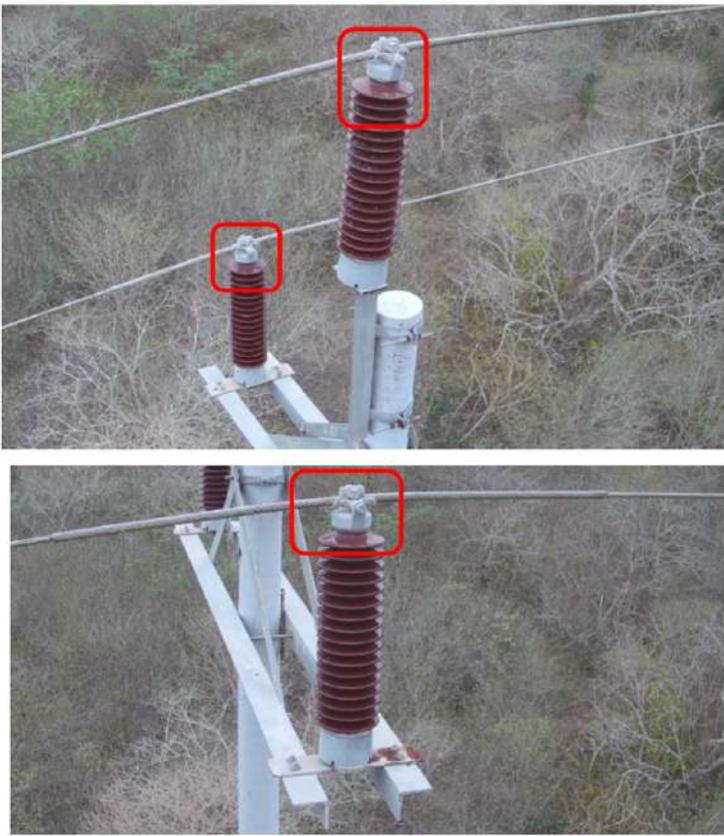
2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	12:06:05
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jipijapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X 529679.00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		Y 9850560.00
2.5. Código torre/estructura	106-002228		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	16	3.3. Distancia de medición (m)	3
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	22	3.6. Humedad Relativa (%)	0.79
3.7. Velocidad viento (m/s)	0.78		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica		Imagen RGB
		
Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	El área Bx3 en el punto Sp_3 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	22	T. Ref. °C	18.2
Sp_1 (°C)	26.5	Bx1	26.7
Sp_2 (°C)	18.2	Bx2	28
Sp_3 (°C)	27.3	Bx3	28
T. Max. °C	28		
Emisividad	1		
Delta T °C	9.8		

Nivel de criticidad	NORMAL (GRADO 4)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	010_Jipijapa-Puerto Cayo_106-002226
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	010	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

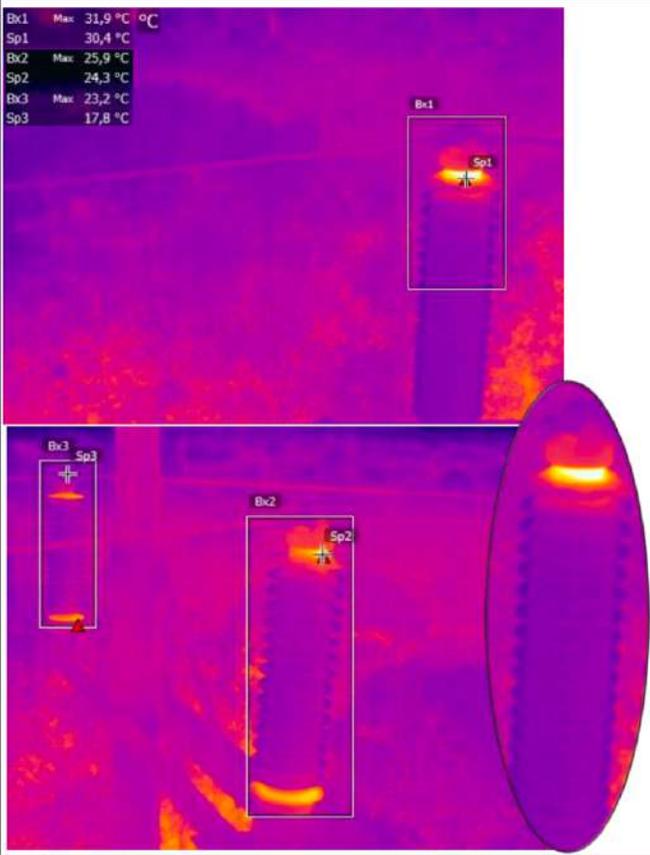
2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	12:16:24
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jipijapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X 529960.00 Y 9850663.00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		
2.5. Código torre/estructura	106-002226		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	16	3.3. Distancia de medición (m)	3
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	22	3.6. Humedad Relativa (%)	0.78
3.7. Velocidad viento (m/s)	0.9		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica		Imagen RGB
		 
Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	El área Bx1 en el punto Sp_1 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	22	T. Ref. °C	17.8
Sp_1 (°C)	30.4	Bx1	31.9
Sp_2 (°C)	24.3	Bx2	25.9
Sp_3 (°C)	17.8	Bx3	23.2
T. Max. °C	31.9		
Emisividad	1		
Delta T °C	14.1		

Nivel de criticidad	LEVE (GRADO 3)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	011_Jijajapa-Puerto Cayo_106-002225
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	011	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

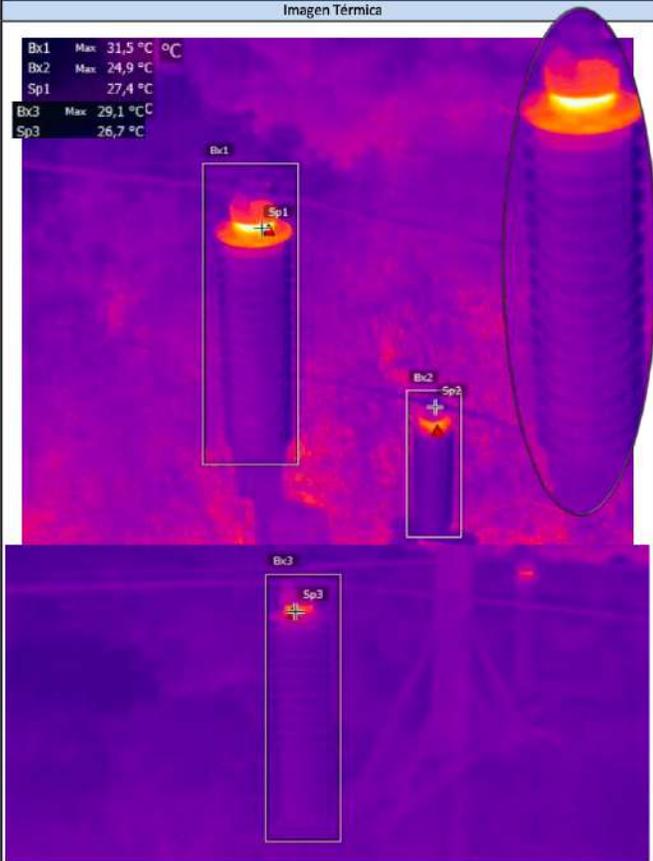
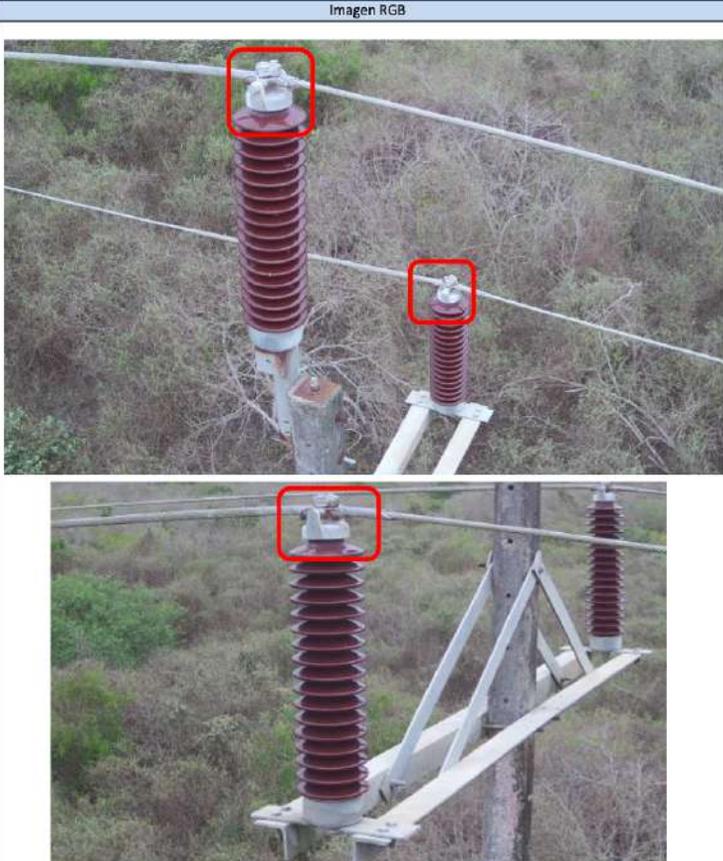
2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	12:29:33
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jijajapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X 530083.00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		Y 9850707.00
2.5. Código torre/estructura	106-002225		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	16	3.3. Distancia de medición (m)	3
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	22	3.6. Humedad Relativa (%)	0,75
3.7. Velocidad viento (m/s)	1.1.		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica	Imagen RGB
	

Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	El área Bx1 en el punto Sp_1 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	22	T. Ref. °C	17,9
Sp_1 (°C)	27,4	Bx1	31,5
Sp_2 (°C)	17,9	Bx2	24,9
Sp_3 (°C)	26,7	Bx3	29,1
T. Max. °C	31,5		
Emisividad	1		
Delta T °C	13,6		

Nivel de criticidad	LEVE (GRADO 3)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES
Acciones:	PROGRAMADA

		Reporte No.	012_Jipijapa-Puerto Cayo_106-002224
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	012	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Termografía aérea	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEP	1.6. Operador dron	

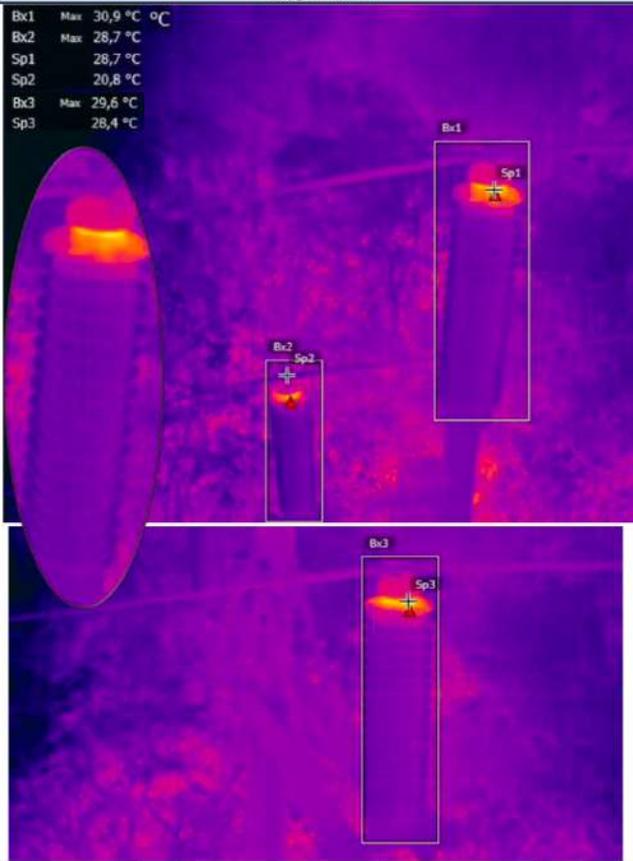
2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	12:26:28
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	Jipijapa-Puerto Cayo	2.9. Coordenadas UTM	X 530234.00 Y 9850761.00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		
2.5. Código torre/estructura	106-002224		

3. CONDICIONES DE INSPECCIÓN Y DATOS TERMOGRÁFICOS

3.1. Equipo: Dron - Cámara termográfica	DJI Matrice 210 - DJI Zenmuse XT2 (640*512px)		
3.2. Altura de vuelo (m)	16	3.3. Distancia de medición (m)	3
3.4. Equipo: Condiciones climáticas	Kestrel 5200		
3.5. Temperatura ambiente (°C)	22	3.6. Humedad Relativa (%)	0.81
3.7. Velocidad viento (m/s)	0.9		

4. RESULTADOS TÉCNICOS

Imagen Térmica		Imagen RGB
		
Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
SI	AISLADORES	El área Bx1 en el punto Sp_1 presenta un incremento de temperatura en consideración a los demás puntos

4.1. ANALISIS TERMOGRAFICO

T. Amb. °C	22	T. Ref. °C	20.8
Sp_1 (°C)	28.7	Bx1	30.9
Sp_2 (°C)	20.8	Bx2	28.7
Sp_3 (°C)	28.4	Bx3	29.6
T. Max. °C	30.9		
Emisividad	1		
Delta T °C	10.1		

Nivel de criticidad	NORMAL (GRADO 4)
Observaciones:	POLUCIÓN EN AISLADORES
Posibles causas:	CORRIENTES DE FUGA POR POLUCIÓN Y SALINIDAD EN AISLADORES
Conclusiones:	REALIZAR LA INTERVENCIÓN Y LIMPIEZA DE TODOS LOS AISLADORES
Acciones:	PROGRAMADA

3.13 Informe de inspección visual - subtransmisión

		Reporte No.	001_LST_Ptocayo_Machalilla_SE
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	001	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Visual	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	10:56:00
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	LST_Ptocayo_Machalilla	2.9. Coordenadas UTM	X 529545,00 Y 9849925,00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		
2.5. Código torre/estructura			SE

3. RESULTADOS TÉCNICOS

3.1. Descripción tipo de torre	Estructura de subestación con sus respectivos aisladores de porcelana	3.2. Tipo estructura	SE
--------------------------------	---	----------------------	----

3.3. Análisis CABEZA

Fotografía General:

3.3.1. Análisis específico: Cabeza

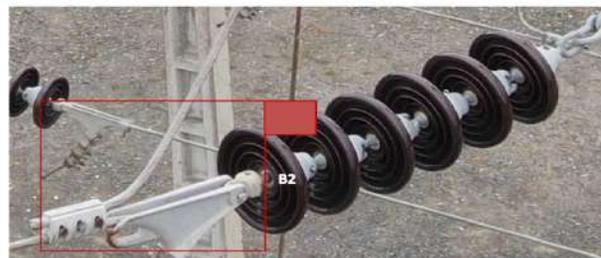
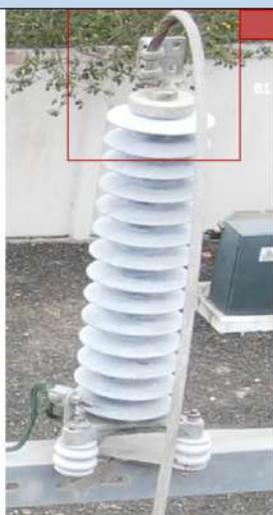


Código	Tipo de defecto	Elemento	Criticidad
Evaluación Defectos	Sin novedades		

3.4. Análisis CUERPO

Fotografía General:

3.4.1. Análisis específico: Fase superior



Código	Tipo de defecto	Elemento	Criticidad
B1	Oxidación	Aislador de la fase.	3
B2	Oxidación	Grapa de retención tipo pistola.	3

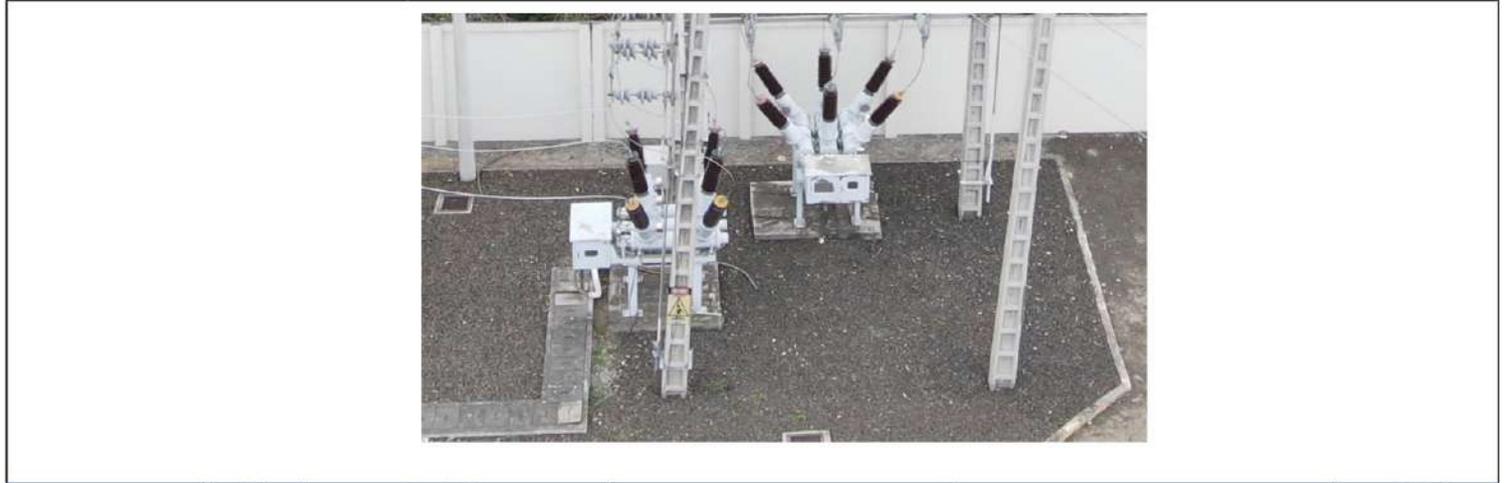
Evaluación Defectos				

3.4. Análisis CUERPO



Evaluación Defectos	Código	Tipo de defecto	Elemento	Criticidad
	B3	Oxidación	Aislador de la fase.	3
	B4	Polución	Herraje de retención.	2
	B5	Oxidación	Aislador de la fase.	3
	B6	Polución	Herraje de retención.	2

3.5. Análisis BASE



Evaluación Defectos	Código	Tipo de defecto	Elemento	Criticidad
				Sin novedades

4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y PARÁMETROS DE VUELO					
4.1. Especificaciones Dron / Cámara	Drone: DJI Matrice 210 Cámara: DJI Zenmuse X5S	4.1 Altura de vuelo (m)	17	4.4 Temperatura ambiente(C)	23
		4.2 Radio aproximación (m)	3	4.5 Humedad relativa (%)	57
		4.3 Velocidad vuelo (m/s)	3	4.6 Velocidad viento (m/s)	2

5. EVALUACIÓN GLOBAL DE NIVEL DE CRITICIDAD DE LA TORRE (AMFE)							
Función	Código fallo	Modo fallo	Probabilidad	Gravedad	Detectabilidad	IPR	Nivel Criticidad
Protección y sujeción de fases	B1	Oxidación en los herrajes de los aisladores de porcelana	3	2	2	12	TOLERABLE

		Reporte No.	0004_LST_PtoCayo_Machalilla_5
		Versión	V-001

INSPECCIÓN VISUAL

1. DATOS GENERALES

1.1. Número de secuencia	0004	1.4. Entidad evaluadora	CORFOPYM
1.2. Tipo de inspección	Visual	1.5. Analista	
1.3. Nombre empresa	Unidad de Negocio Manabí CNEL EP	1.6. Operador dron	

2. CARACTERÍSTICAS POSICIONALES / ELEMENTO DE INSPECCIÓN

2.1. Ciudad	Puerto Cayo	2.7. Hora de inspección	11:07:00
2.2. Fecha de inspección	21/10/2021	2.8. Nivel tensión eléctrica (kV)	69
2.3. Línea	LST_PtoCayo_Machalilla	2.9. Coordenadas UTM	X 529566,00 Y 9849746,00
2.4. Tipo de Sistema	Subtransmisión		
2.5. Código torre/estructura			5

3. RESULTADOS TÉCNICOS

3.1. Descripción tipo de torre	Torre en "H" estructura suspensión con sus respectivos aisladores de porcelana	3.2. Tipo estructura	SH
--------------------------------	--	----------------------	----

3.3. Análisis CABEZA

Fotografía General:

3.3.1. Análisis específico: Cabeza



Evaluación Defectos	Código	Tipo de defecto	Elemento	Criticidad
		H1	Ausencia	Cable de guarda.

3.4. Análisis CUERPO

Fotografía General:

3.4.1. Análisis específico: Fase superior

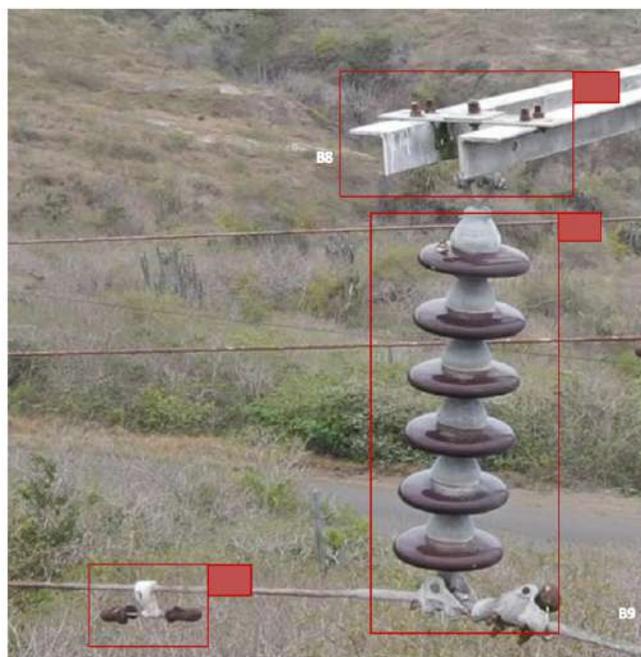


Evaluación Defectos	Código	Tipo de defecto	Elemento	Criticidad
		B1	Oxidación	Pernos de sujeción.
	B2	Polución	Aislador de la fase.	2
	B3	Polución y Oxidación	Amortiguador y cable preformado.	5

3.4. Análisis CUERPO

3.4.2. Análisis específico: Fase central

3.4.3. Análisis específico: Fase inferior



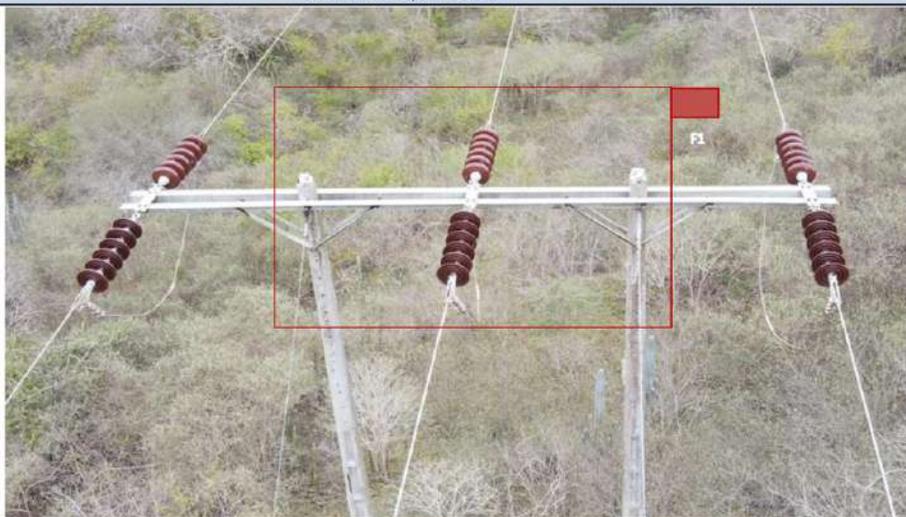
Evaluación Defectos	Código	Tipo de defecto	Elemento	Criticidad
	B4	Oxidación	Pernos de sujeción.	4
	B5	Polución	Aislador de la fase.	2
	B6	Polución y Oxidación	Amortiguador y cable preformado.	4
	B7	Oxidación	Pernos de sujeción.	4
	B8	Polución	Aislador de la fase.	2
	B9	Polución y Oxidación	Amortiguador y cable preformado.	4

3.5. Análisis BASE

Fotografía General:



3.5.1. Análisis específico: Base



Evaluación Defectos	Código	Tipo de defecto	Elemento	Criticidad
	F1	Ausencia	Señal de riesgo eléctrico.	1

4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y PARÁMETROS DE VUELO

4.1. Especificaciones Dron / Cámara	Drone: DJI Matrice 210 Cámara: DJI Zenmuse X55	4.1 Altura de vuelo (m)	17	4.4 Temperatura ambiente(C)	22
		4.2 Radio aproximación (m)	3	4.5 Humedad relativa (%)	0.75
		4.3 Velocidad vuelo (m/s)	2	4.6 Velocidad viento (m/s)	0.9

5. EVALUACIÓN GLOBAL DE NIVEL DE CRITICIDAD DE LA TORRE (AMFE)

Función	Código fallo	Modo fallo	Probabilidad	Gravedad	Detectabilidad	IPR	Nivel Criticidad
Protección sistema y elementos	H1	Ausencia de cable guarda	7	8	8	448	IMPORTANTE

CAPÍTULO IV

4.1 Análisis de resultados

Sistemas de distribución – nivel de voltaje 13.8 kV

Analizando los parámetros de la tabla 5 y diagnosticando las fotografías térmicas y visuales con los softwares flir tools y Dji Thermal analysis, he verificado que durante las inspecciones se ha encontrado muchos resultados que a futuro suelen suceder este tipo de fallas en el sistema eléctrico, se presentan por el deterioro o mala maniobra en el sistema eléctrico de subtransmisión y distribución.

Es necesario siempre una revisión en los sistemas eléctricos para analizar y verificar el buen estado de las estructuras, de los elementos que estén en buen estado y en buen funcionamiento. Durante estas revisiones se logró trabajar con el drone modelo Mavic 2 Enterprise advance que tiene incorporado 2 cámaras (visual - térmica), obteniendo los siguientes análisis de resultados en el sistema de distribución a nivel de voltaje 13.8 kV de tensión.

Tabla 27

N° de tabla	N° de gráfico	Nivel de voltaje	Resultado del diagnóstico	Nivel de criticidad
6	24	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Punto caliente en la parte inferior de la portafusible, temperatura del punto caliente 37.3 °C	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)
7	25	13.8 kV Sistema de distribución	El aislador de suspensión del centro del alimentador está partido en la parte superior	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)
8	26	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Puntos calientes en la parte superior del portafusibles, P1: 38.6° C, P2 36.1°C Y P3 36.1°C	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)

9	27	13.8 kV Sistema de distribución	En la inspección visual los dispositivos de protección los pararrayos no están conectados y falta un dispositivo de protección contra las descargas atmosféricas.	Grave (Estudiar la posibilidad de interrupción para corregir el problema).
10	28	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Punto caliente en la parte inferior de la portafusible y en la grapa kelvin, temperatura del punto caliente del portafusible 36.1 °C, temperatura de la grapa 31.0 °C.	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)
11	29	13.8 kV Sistema de distribución	No hay protección en los transformadores están conectados directos a media tensión, el empalme de conductor de la grapa está mal empalmado y la portafusible está flameada.	Severo (Interrupción inmediata para corregir el problema, máximo en 24 horas).
12	30	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Punto caliente en el conector de presión que une el puente de la continuación de la fase, temperatura 38.6 °C	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)
13	31	13.8 kV Sistema de distribución	Pernos de estructura oxidados, pernos de conectores de presión oxidados, todos estos pernos están en mal estado.	Grave (Estudiar la posibilidad de interrupción para corregir el problema).
14	32	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Conectores de presión de los puentes tiene punto caliente temperatura P1 36.1 °C y P2 29.8 °C	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)
15	33	13.8 kV Sistema de distribución	Pernos de estructura oxidados, pernos de conectores de presión oxidados, todos estos pernos están en mal estado.	Grave (Estudiar la posibilidad de interrupción para corregir el problema).
16	34	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Punto caliente en el bushing X1 de baja tensión del transformador, temperatura 88.6 °C.	Severo (Interrupción inmediata para corregir el problema, máximo en 24 horas).

17	35	13.8 kV Sistema de distribución	Oxidación en los pernos de la estructura, transformador sin el dispositivo de protección en media tensión.	Grave (Estudiar la posibilidad de interrupción para corregir el problema).
18	36	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Puntos calientes en los aisladores pin 56-1 temperatura P1 38.6 °C, P2 37.3 °C Y P3 37.3 °C, la grapa muestra un punto caliente de 34.8 °C.	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)
19	37	13.8 kV Sistema de distribución	Estructura y pernos oxidado, grapa oxidada.	Grave (Estudiar la posibilidad de interrupción para corregir el problema).
20	38	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Punto calientes en el reconectador y conductores que están conectados al portafusibles, temperatura P1 36.1 °C, P2 32.3 °C Y P3 33.6 °C	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)
21	39	13.8 kV Sistema de distribución	Estructura y pernos en mal estado por oxidación.	Grave (Estudiar la posibilidad de interrupción para corregir el problema).
22	40	13.8 kV Sistema de distribución	Diagnóstico térmico: Puntos caliente en los bushing del transformador, temperaturas P1 34.8 °C, P2 36.1 °C Y P3 36.1 °C	Crítico (Actuar lo antes posible máximo en 3 días)
23	41	13.8 kV Sistema de distribución	Oxidación en los pernos de la estructura pasante.	Grave (Estudiar la posibilidad de interrupción para corregir el problema).

Estos resultados obtenidos tanto en el diagnóstico térmico como visuales en redes de distribución eléctrica nos ayudan a accionar para evitar este tipo de fallas en el sistema de distribución que se pueden presentar, por no corregir estas fallas que presentan los alimentadores, los resultados deberán ser corregidos para una mejora en el sistema eléctrico de distribución y evitar pérdidas de energía como apagones.

En este tipo de inspección obtenidos los resultados, nos evitamos riesgos de accidentes laborales, una mejora de la eficiencia de los mantenimientos y reducimos costos a diferencia de otros tipos de mantenimientos.

Sistemas de subtransmisión – nivel de voltaje 69 kV

Tabla 28

Diagnóstico visual – térmico resultado de análisis

Código estructura	Nivel de voltaje	Descripción	Resultado de análisis	Nivel de criticidad
Ese 0017	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f doble retención de pequeño ángulo en dos postes con doble circuito y aisladores tipo disco	Punto caliente en el sujetador de la grapa ángulo recto tipo pistola del aislador de cadena de suspensión de 6 faldas en estructura angular.	Crítico (actuar lo antes posible máximo en 3 días)
Ese 0026	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f tipo torre de paso circuito simple y aisladores tipo disco	Punto caliente en el sujetador de la grapa ángulo tipo pistola del aislador de cadena de suspensión de 6 faldas en estructura angular.	Crítico (actuar lo antes posible máximo en 3 días)
Ese 0003	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f terminal sencilla con aisladores tipo disco	Punto caliente en el aislador line-post posición vertical soporte de línea con conector tipo mariposa	Crítico (actuar lo antes posible máximo en 3 días)
Ese 0002	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f suspensión sencilla con aisladores tipo soporte o de poste	Punto caliente en el aislador line-post posición horizontal de porcelana de 17 faldas	Severo (interrupción inmediata para corregir el problema, máximo en 24 horas).

Ese 0003	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f terminal sencilla con aisladores tipo disco	Punto caliente en el aislador line-post posición vertical soporte de línea con conector tipo mariposa	Crítico (actuar lo antes posible máximo en 3 días)
Ese 0009	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f angular doble circuito a 90° con aisladores tipo disco	Punto caliente en el sujetador de la grapa ángulo recto tipo pistola del aislador de cadena de suspensión de 6 faldas en estructura angular.	Severo (interrupción inmediata para corregir el problema, máximo en 24 horas).
Ese 0003	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f terminal sencilla con aisladores tipo disco	Punto caliente en el aislador line-post posición vertical soporte de línea con conector tipo mariposa	Crítico (actuar lo antes posible máximo en 3 días)
Ese 0003	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f terminal sencilla con aisladores tipo disco	Punto caliente en el aislador line-post posición vertical soporte de línea con conector tipo mariposa y en la base del aislador	Severo (interrupción inmediata para corregir el problema, máximo en 24 horas).
Ese 0003	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f terminal sencilla con aisladores tipo disco	Punto caliente en el aislador line-post posición vertical soporte de línea con conector tipo mariposa	Crítico (actuar lo antes posible máximo en 3 días)
Ese 0003	69 kV sistema de subtransmisión	Est. 69 kV 3f terminal sencilla con aisladores tipo disco	Punto caliente en el aislador line-post posición vertical soporte de línea con conector tipo mariposa	Crítico (actuar lo antes posible máximo en 3 días)

CAPÍTULO V

Conclusiones

- Con el diagnóstico realizado se determinó la importancia del ART (análisis de riesgo de la tarea) para cualquier clase de labores, ya que debemos aislar cualquier posible riesgo, la elaboración del ART debe ser considerado como una premisa antes de la ejecución de cualquier tarea ya que gracias a él nos es posible analizar los posibles riesgos laborales y poder dar solución a los mismos mediante conclusiones concretas.
- Dados los resultados del mantenimiento predictivo utilizando los programas Flir Tools y Dji Thermal analysis tools se elaboró un informe para la empresa, en el cual brinda información de la temperatura de los materiales mediante una paleta de colores, esto se da sobre las estructuras que muestran daños por la variación de la temperatura.
- La utilización de drones para un mantenimiento predictivo permitió la reducción de los costos, ya que no dio lugar a una herida o pérdida humana, lo cual nos lleva a un diagnóstico exacto del daño. Además, el equipo utilizado en las inspecciones térmicas, en comparación a las inspecciones visuales, no supera en costo más bien en la calidad del trabajo.

Recomendaciones

- A las empresas que realizan labores eléctricas, se recomienda la colocación de terminal de compresión de ojo en la entrada como la salida del seccionador esto nos dará un mejor ajuste del conductor en la salida como entrada del seccionador.
- Se recomienda la utilización de conector estribo para la colocación de grapas kelvin para líneas energizadas, no colocarlas directo a la línea para de esta manera evitar daños en el conductor.
- Se recomienda a las instituciones que realizan trabajos eléctricos utilizar terminal de compresión tipo ojo en las grapas kelvin dependiendo del diámetro del conductor que se va a utilizar para el lazo nos brindará un mejor ajuste entre el conductor y la grapa.
- Se recomienda al técnico que realizan trabajos en media tensión, que en las puntas exteriores de media tensión sean armadas como recomienda el fabricante debido a que muchas personas las arman utilizando medidas estándar, generando fallas en las puntas ya sea por la falta de aislamiento entre la chaqueta semiconductor y la puesta tierra ocasionando el ingreso de humedad.
- Se recomienda al técnico al ejecutar conexiones en media tensión utilizar conector de compresión ranura paralela tipo h en los lazos de media tensión por las grapas ranura paralela de dos pernos, la numeración del conductor dependerá del diámetro del conductor utilizado en la troncal o derivación.
- Se recomienda a la empresa que en los bornes de baja tensión del transformador (lazos de baja tensión) debe ser con conductor de cobre y garantizar un ajuste mediante la utilización de un taquímetro y también dar mantenimientos preventivos en los cuales se realicen ajuste de las conexiones tanto en baja como en media tensión.

- Se recomienda a las empresas eléctricas la utilización de aislador de suspensión siliconado porque se tiene un elemento que no depende del brillo dieléctrico y se tiene un aislador con una longitud mayor reduciendo de esta manera cualquier falla generada por diferencia de cualquier potencial.
- Se recomienda a las empresas eléctricas el cambio del Aislador pin 55-5 por 56-1 en las zonas rurales donde hay mayor incidencia de malezas y humedad debido a que el 56-1 es de radio superior.
- Se recomienda al técnico utilizar conector de compresión canulado o tubular para reemplazar estos empalmes que generan también cuellos de botellas, ya que en los empalmes de línea se genera un punto caliente debido a que el ajuste de los hilos del conductor se realiza de forma manual.

Bibliografía

- [1] E. Vilca y O. Chura, «“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 DE PUNO, 2021.
- [2] R. Sepúlveda, I. Agudelo y J. Casas, «MODELO METODOLÓGICO PARA REALIZAR MANTENIMIENTOS PREDICTIVO Y PREVENTIVO POR MEDIO DE DRONES EN EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN REGIONAL EN EL MUNICIPIO DE GUATAPÉ,» CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SECCIONAL BELLO, 2017.
- [3] J. Ordoñez y L. Nieto, «MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION,» UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, 2010.
- [4] C. Sevilla , «El sistema eléctrico,» Tecnología eléctrica, Madrid, 2016.
- [5] S. Ramírez, «Protección de Sistemas Eléctricos,» Universidad Nacional de Colombia, 2003.
- [6] J. Ordoñez, «Mantenimiento de sistemas electricos de distribución,» UPS, Guayaquil, 2015.
- [7] A. Charles, VS FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELECTRICOS, McGraw-Hill, 2018.
- [8] «Crushtymks,» 10 febrero 2021. [En línea]. Available: <https://crushtymks.com/es/high-voltage/946-basics-of-subtransmission-systems.html>.

- [9] Polyexcel, «Polyexcel,» 29 enero 2021. [En línea]. Available: <https://polyexcel.com.br/es/esp-industria/redes-de-distribucion-de-energia-electrica-como-funciona-y-sus-caracteristicas/>.
- [10] F. Endesa, «Fundación Endesa,» 28 octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/corrientes-alternas-con-un-transformador-electrico>.
- [11] J. Luis R., «ComoFunciona,» 30 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://como-funciona.co/un-transformador/>.
- [12] C. Transformadores, 12 agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.transformadores.cl/blog/tipos-transformador-distribucion/>.
- [13] A. Tecnología, «Asesores en alta tecnología,» 27 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://altatecnologia.com.mx/que-son-y-como-funcionan-los-seccionadores-solidos/>.
- [14] SectorElectricidad, 17 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.sectorelectricidad.com/20135/seccionadores/>.
- [15] JDelectricos, 20 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://jdelectricos.com.co/aislador-electrico/>.
- [16] «Armadaled,» 19 diciembre 2019. [En línea]. Available: https://armadaled.org/postes_alumbrado_publico_bl/caracteristicas-de-la-posteria-electrica/.

- [17] «Suministros de materiales electricos,» 19 noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://jdelectricos.com.co/postes-de-energia-electrica-2020/>.
- [18] I. Laredo, «Estudio de procedimientos para el mantenimiento en Sistemas Eléctricos de Potencia,» Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, 2016.
- [19] L. Nieto y J. Sanclemente, «Mantenimiento de sistemas electricos de distribución,» UPS, Guayaquil, 2010.
- [20] Ecos de la economía, «La Regulación Económica de la Distribución de la Energía Eléctrica,» Ecos de la economía, Medellin, 2004.
- [21] CELEC, «Conexión al Sistema Nacional de Transmisión,» 12 Octubre 2021. [En línea]. Available: <https://www.gob.ec/celec-ep/tramites/conexion-al-sistema-nacional-transmision>.
- [22] L. Alvarado , «Sistemas de Potencia y diseño de maquinarias,» UPS, Guayaquil, 2012.
- [23] M. Ferreira y V. Aira, «Aplicaciones topográficas de los drones,» 2017.
- [24] S. Mandujano, M. Mulero y A. Rísquez, «Drones: una nueva tecnología para el estudio y monitoreo de fauna y hábitats.,» *Agroproductividad*, pp. 79-84, 2017.
- [25] D. G. D. A. C. DGAC, Quito, 2020, Art. 5.
- [26] D. G. D. A. C. DGAV, Quito, 2020, Art. 7.
- [27] D. G. D. A. C. DGAC, Quito, 2020, Art. 9.

- [28] D. G. D. A. C. DGAC, Quito, 2020, Art. 10.
- [29] D. G. D. A. C. DGAC, Quito, 2020, Art. 17.
- [30] D. G. D. A. C. DGAC, Quito, 2020, Art. 26.
- [31] E. Beedigital, 19 junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.beedigital.es/prevencion-riesgos/en-que-consiste-el-analisis-de-riesgo-en-el-trabajo/>.
- [32] Dji, «DJI,» 28 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.dji.com/zenmuse-xt2>.
- [33] Dji, «DJI,» 07 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.dji.com/downloads/software/dji-dtat>.
- [34] SNT-TC-1A, *Cualificación y Certificación de Personal en Ensayos No Destructivos*, 2020.
- [35] R. D. S. D. T. C. R. E. I. D. E. E. Acuerdo Ministerial N° 013, 1998.
- [36] *Código Eléctrico Nacional*, 2017.
- [37] N. 70E, *Norma para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo*, 2018.
- [38] NFPA70B, *Práctica recomendada para el mantenimiento de equipos eléctricos*, 2019.
- [39] MTS, *Práctica recomendada para el mantenimiento de equipos eléctricos*, 2019.

ANEXOS

ART (Análisis de riesgo de la tarea)

 UNIDAD DE NEGOCIO MANABÍ							CÓDIGO :		
							N° :		
ANÁLISIS DE RIESGOS DE TAREA							Página de		
UNIDAD DE NEGOCIO: MANABÍ									
CENTRO DE TRABAJO: DIRECCIÓN TÉCNICA						RESPONSABLE:			
PROCESO: Gestión Técnica			SUBPROCESO: Mantenimiento			NÚMERO DE PERSONAS EXPUESTAS:			
SECCIÓN: GRUPO N° 1 - DRONE						HOMBRE	MUJER	DESCAPACITADO	TOTAL
ACTIVIDAD: REVISIÓN POR MEDIO DE DRONES EN SISTEMAS ELÉCTRICOS						FECHA:			
No.	TAREAS	PELIGRO	RIESGOS ASOCIADOS	VALORACIÓN DEL RIESGO			MEDIDA PREVENTIVA		
	Listar las tareas que se realizan en la ejecución de la actividad	Listar los peligros que se identifican en el desarrollo de la actividad	Riesgos asociados a la tarea	P	C	NR			
1	Estacionar camioneta y delimitamos zona de trabajo	Terreno irregular	Golpeado contra	B	LD	T	Realizar la inspección previa		
2	Realizar charla técnica y de seguridad con la designación del capataz en la parte superior como en el suelo.	Tránsito vehicular	Atropellamiento	M	D	M	Delimitación adecuada del área de trabajo		
3	Ubicar en un lugar seguro el vehículo	Aplastamiento	Aplastamiento de extremidades inferiores por estabilizadores	M	D	M	Comunicación eficiente al momento de estabilizar la camioneta		
4	El personal que va a realizar la actividad procede a equiparse con sus EPP	EPP deteriorado	Paso de corriente al momento de manipular la línea	B	ED	M	Verificar de manera adecuada el estado de los EPP		
5	El personal de apoyo en el suelo delimita el área de trabajo y prepara los EPC	Tránsito vehicular	Atropellamiento	M	D	M	Atención al tránsito vehicular y verificar EPC's		
6	El personal que va a realizar la actividad procede a meterse a la barquilla	Caida a distinto nivel	Traumatismos/golpes por caída	M	ED	I	Anclarse antes de proceder a ingresar a la barquilla		
7	El personal de apoyo en el suelo procede a suministrar los EPC al personal que realizará la actividad	Caida de EPC's	Golpes o rasquiladuras al ser golpeado por abojes que caen	B	D	M	Coordinación adecuada al momento de suministrar los EPC's		
8	Coordinar con el COD	Área con escasa cobertura de señal	Comunicación deficiente	M	ED	I	Contar con una línea de comunicación segura, con el mensaje captado por el emisor y el receptor		
9	Proteger desde abajo hacia arriba de acuerdo a los elementos del entorno de trabajo y en las estructuras intervenir de afuera hacia adentro	Elementos desprotegidos	Contacto eléctrico fortuito	M	ED	I	Supervisar desde el suelo y comunicar constantemente durante la actividad posibles puntos descubiertos		
10	Colocar puente rojo (puente auxiliar).	Equipo energizado	Contacto eléctrico fortuito	M	ED	I	Coordinación eficaz entre las dos personas que están realizando el trabajo al momento de la instalación		
11	Cortar puentes existentes uno por uno.	Elemento energizado	Contacto eléctrico fortuito con elementos que no son dieléctricos	M	ED	I	Utilizar equipos que sean totalmente aislados, que cumpla con las especificaciones técnicas para TCT		
12	Instalar cruceta metálica sobre la cruceta de madera y usar tacos de madera para tener distancia de trabajo.	Caida de la cruceta a instalar	Traumatismo por golpe del elemento que cae o a su vez golpes a los compañeros que están en la canasta	M	D	M	Verificar que el nudo que va a sujetar a la cruceta estén bien hechos y que el elemento con el que se sujeta este en buen estado		
13	Pasar las líneas a cruceta metálica nueva, empezando desde la línea de adentro hacia la línea de afuera.	Elementos energizados y la tensión en la línea	Contacto eléctrico fortuito o quemaduras por arco eléctrico	M	ED	I	Coordinación en el traslado de la línea hacia la cruceta metálica		
CONSIDERACIONES ADICIONALES									
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD				PROBABILIDAD		CONSECUENCIA			
1	CASCOS DE PROTECCIÓN <input checked="" type="checkbox"/>	11	TRAJE DE PROTECCIÓN (ROPA IGNIFUGA) <input checked="" type="checkbox"/>	ALTA	El daño ocurrirá siempre o casi siempre	LIGERAMENTE DAÑINO	No causa daño o solo puede producir lesiones leves - Continúa sus labores.		
2	GUANTES DE CUERO <input checked="" type="checkbox"/>	12	TRAJE DE APICULTOR <input checked="" type="checkbox"/>	MEDIA	El daño ocurrirá en algunas ocasiones	DAÑINO	Causa incapacidades temporales, lesiones moderadas, aumenta probabilidad de aparición de enfermedades		
3	GUANTES DIELÉCTRICOS <input checked="" type="checkbox"/>	13	PROTECTOR AUDITIVO <input checked="" type="checkbox"/>	BAJA	El daño ocurrirá raras veces	EXTREMADAMENTE DAÑINO	Causa incapacidades permanentes, lesiones importantes, aparición de enfermedades profesionales y muerte		
4	BOTAS DE DIELÉCTRICAS <input checked="" type="checkbox"/>	14	OTROS ESPECIFICAR <input checked="" type="checkbox"/>	Severidad ↓ Probabilidad BAJA		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO	
5	MANGAS DIELÉCTRICAS <input checked="" type="checkbox"/>			BAJA		Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Moderado	
6	GAFAS DE PROTECCIÓN <input checked="" type="checkbox"/>			MEDIA		Riesgo Bajo	Riesgo Moderado	Riesgo Importante	
7	PROTECTOR FACIAL ARC FLASH <input checked="" type="checkbox"/>			ALTA		Riesgo Moderado	Riesgo Importante	Riesgo Crítico	
8	MASCARILLA DESECHABLE <input checked="" type="checkbox"/>			TIPO DE CAPACITACIÓN QUE SE REQUIERE					
9	ARNÉS DE CUERPO ENTERO <input checked="" type="checkbox"/>			X	Charla de inducción de cinco minutos/Preparación al Trabajo: De acuerdo a las actividades a realizar en TCT				
10	CINTURÓN DE SEGURIDAD <input checked="" type="checkbox"/>			X	Entrenamiento especializado para la ejecución de la actividad: Capacitación y autorización para la ejecución de las actividades en TCT				
ELABORADO POR:				Otros Especiales :					
FIRMA:				FIRMA DEL RESPONSABLE:					

Modelo de Informe de termografía

LOGO EMPRESA



INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

1. REPORTE

Tipo de inspección:		Reporte No.:	017
Nombre empresa:	EEASA		
Entidad Evaluadora	CORFOPYM	Nombre inspector	Ing. Daniel Arcos

2. CONDICIONES DE INPECCION Y DATOS TERMOGRAFICOS

Camara termografica		Medicion de condiciones climaticas	
Distancia de medición (m)		Temperatura ambiente (°C)	
Emisividad		Humedad Relativa (%)	
Velocidad viento (m/s)			

3. UBICCACION DE INSPECCION

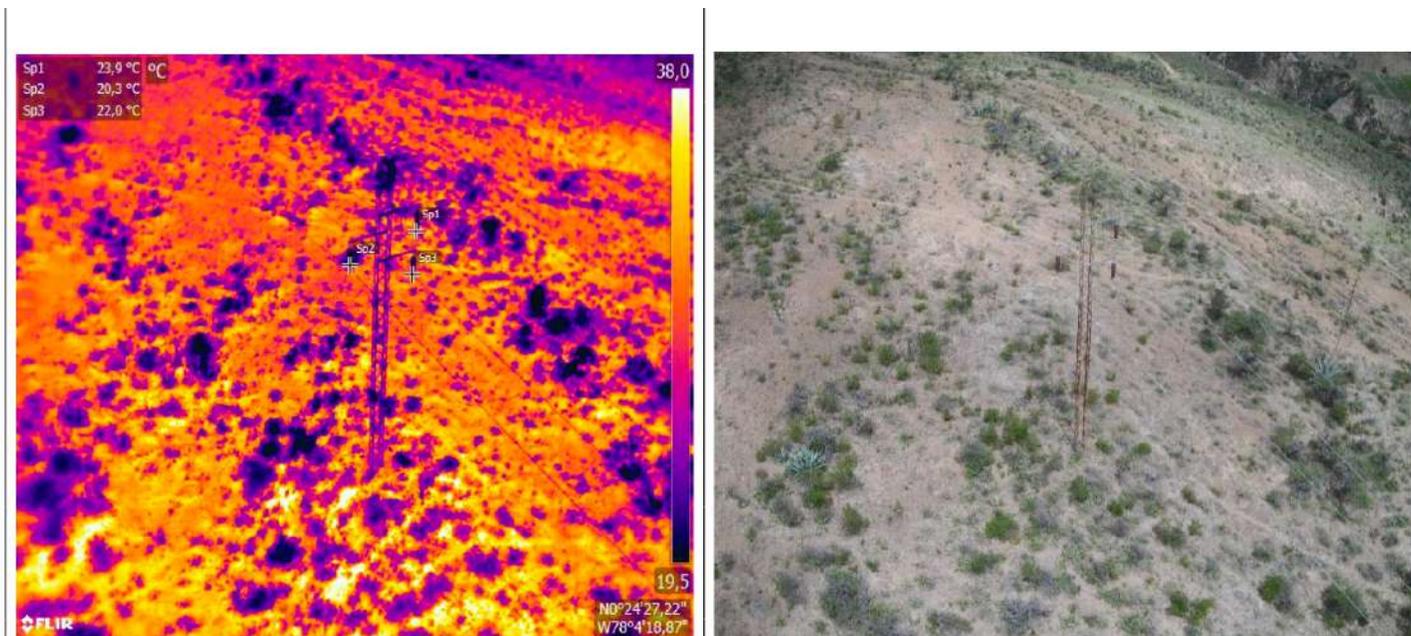
Ciudad	Ciudad	Coordenadas GPS
Patate		820249,89;10041748,498
Fecha de Inspección	Hora de Inspección	
21:02:00	21:02:00	

4. ELEMENTO DE INSPECCION

Codigo	Poste	Nivel de voltaje (kV)
Patate		820249,89;10041748,498
Subestacion	Alimentador	

Identificacion:

Imagen Térmica	Imagen RGB
----------------	------------



¿Existe anomalías?	Componente con anomalía	Descripción
	NO	Los puntos Sp1, Sp2 y Sp3 corresponde a las temperaturas medias en las grapas de suspensión. No se detectaron anomalías o puntos calientes en los elementos inspeccionados.

5. ANÁLISIS TÉRMICO

T. Amb. °C	22.2	T. Ref. °C	
Sp_1 (°C)	23.2	Ar_1 (°C)	
Sp_2 (°C)	24.2	Ar_2 (°C)	
Sp_3 (°C)	25.2	Ar_3 (°C)	
..		...	
T. Max. °C			
Emisividad			
Distancia de medición (m)			
Delta T °C			

Nivel de criticidad	Grado 0
Observaciones:	
Posibles causas:	No aplica
Conclusiones:	Establecer un programa de limpieza y revision de los elementos
Acciones:	No es necesario ninguna acción hasta el próximo mantenimineto predictivo