

Análisis termográfico en los sistemas eléctricos de la subestación eléctrica CNEL EP Quito ubicada en Santo Domingo.**Análisis termográfico en los sistemas eléctricos de la subestación eléctrica CNEL EP Quito ubicada en Santo Domingo.**

Henry Eduardo Uyaguari Castillo, José Santiago Pardo Jiménez, Juan Gabriel Bautista Rivas.

**INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA:
IMPACTO MULTIDISCIPLINAR****Enero - marzo, V°6 - N°1; 2025**

- ✓ Recibido: 25/02/2025
- ✓ Aceptado: 10/03/2025
- ✓ Publicado: 30/06/2025

PAÍS

- Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas
- Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas
- Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas

INSTITUCIÓN

- Instituto Tecnológico Superior Tsáchila.
- Instituto Tecnológico Superior Tsáchila
- Instituto Tecnológico Superior Tsáchila

CORREO:

- ✉ henryuyaguari Castillo@tsachila.edu.ec
- ✉ josepardojimenez@tsachila.edu.ec
- ✉ juanbautista@tsachila.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-5663-8182>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0006-0441-6523>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0003-0283-2479>

FORMATO DE CITA APA.

Uyaguari, H. Pardo, J. Bautista, J. (2025). Análisis termográfico en los sistemas eléctricos de la subestación eléctrica CNEL EP Quito ubicada en Santo Domingo. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1). 2407 - 2406.

Resumen

Se realizó un análisis termográfico en los sistemas eléctricos de la subestación eléctrica CNEL EP en Santo Domingo, con el objetivo de identificar posibles fallas térmicas y evaluar el desempeño de los equipos eléctricos. El enfoque de la investigación fue tanto cuantitativo como cualitativo. La metodología consistió en la aplicación de cámaras termográficas para medir las temperaturas de componentes clave, como transformadores, interruptores y cables, y comparar estos valores con los estándares operativos recomendados. En el enfoque cuantitativo, se analizaron las mediciones de temperatura obtenidas y se realizaron comparaciones numéricas para detectar anomalías térmicas. En el aspecto cualitativo, se observó el estado general de los equipos y se evaluaron los posibles riesgos asociados con las temperaturas elevadas. Los resultados revelaron zonas con temperaturas superiores a las normales, lo que podría indicar problemas en las conexiones eléctricas o el desgaste de algunos componentes. Como conclusión, el análisis demostró la efectividad de la termografía en la detección de puntos críticos, sugiriendo la implementación de medidas correctivas y de mantenimiento preventivo. Se recomendó continuar con inspecciones periódicas para mejorar la fiabilidad operativa y reducir el riesgo de fallas.

Palabras Clave: Análisis termográfico, subestación eléctrica, CNEL EP, sistemas eléctricos, mantenimiento preventivo, diagnóstico térmico.

Abstract

A thermographic analysis was carried out on the electrical systems of the CNEL EP electrical substation in Santo Domingo, with the objective of identifying possible thermal failures and evaluating the performance of the electrical equipment. The research approach was both quantitative and qualitative. The methodology consisted of applying thermal imaging cameras to measure the temperatures of key components, such as transformers, switches and cables, and comparing these values with recommended operating standards. In the quantitative approach, the obtained temperature measurements were analyzed and numerical comparisons were made to detect thermal anomalies. In the qualitative aspect, the general condition of the equipment will be controlled and the possible risks associated with high temperatures will be evaluated. The results revealed areas with higher-than-normal temperatures, which could indicate problems in electrical connections or wear of some components. In conclusion, the analysis demonstrated the effectiveness of thermography in detecting critical points, suggesting the implementation of corrective and preventive maintenance measures. It is recommended to continue with periodic inspections to improve operational reliability and reduce the risk of failure.

Keywords: Thermographic analysis, electrical substation, CNEL EP, electrical systems, preventive maintenance, thermal diagnosis.

Introducción

Una subestación eléctrica es una instalación dentro de un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica, que tiene como función principal transformar y regular la tensión (voltaje) de la electricidad. Su propósito es permitir que la electricidad fluya desde las plantas generadoras hacia los consumidores finales, ya sean residenciales, comerciales o industriales. Dentro de los sistemas eléctricos de distribución las subestaciones eléctricas se constituyen en ofrecer su servicio en óptimas condiciones, por lo tanto, los operadores deben planificar el abastecimiento energético ya que esto básicamente representa una evolución para las necesidades básicas de iluminación, comunicación y tecnologías innovadoras.

La matriz energética del sector eléctrico requiere contar con planes que fortalezcan cada una de sus etapas, es el caso del sistema de distribución por su importancia de relación directa con los consumidores es por ello que debe contar con un análisis en los sistemas eléctricos mediante la técnica de la termografía es la de más amplia aplicación y es formulada a través de la tecnología del infrarrojo para ejecutar el análisis e inspección del estado de los sistemas previo a su posible afección o daño, permitiendo así detectar puntos calientes ya que esto produce un aumento de temperatura anormal debido a una sobrecarga, un mal funcionamiento o una pérdida de eficiencia en el sistema. Estos puntos calientes pueden ser indicativos de problemas potenciales que podrían comprometer la seguridad y el rendimiento de la subestación. El monitoreo de la temperatura y la detección temprana de puntos calientes es crucial para evitar fallas y daños mayores, mediante cámaras termográficas se puede identificar puntos calientes mediante la detección de la radiación infrarroja. Estas cámaras térmicas tienen la capacidad de detectar diversas condiciones atmosféricas, como la humedad, la trayectoria, el viento, la temperatura y la radiación, a través de la irradiación infrarroja.

En la subestación CNEL EP QUITO ubicada en santo domingo se realizará un análisis termográfico mediante la cámara termográfica en los sistemas eléctricos para detectar puntos

calientes y anomalías previas a la ocurrencia de fallas en el sistema eléctrico. Una anomalía ocurre cuando la sobrecarga se supera la capacidad nominal de los equipos, lo que puede resultar en el sobrecalentamiento y daño de componentes, generando un mal funcionamiento o incluso la destrucción de estos. El análisis termográfico, a través de la identificación de puntos calientes, permitirá a la subestación eléctrica CNEL EP lograr mejoras en tiempo real en sus operaciones, reduciendo tanto el tiempo de inactividad como el tiempo operativo.

La presente investigación de actitud profesional se enfoca en el análisis termográfico mediante la cámara termográfica en los sistemas eléctricos de la subestación eléctrica CNEL EP QUITO en santo domingo km5 vía quito, esta es una subestación encargada de distribuir energía eléctrica a consumidores finales en media tensión y alta tensión con numeración 17QI01. Cuenta con voltaje primario de 69 kV, voltaje secundario de 13.8 kV y su potencia 16/20 MVA. Las mismas que están bajo supervisión, mantenimiento, control y monitoreo por parte de la subestación CNEL EP QUITO. En los tiempos actuales en las subestaciones se viene trabajando con el método de análisis termográfico con cámara infrarrojo ya que este ha demostrado ser fiable porque te ayuda a detectar posibles fallas.

La CNEL EP QUITO ubicada en Santo Domingo es una empresa distribuidora que tiene la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los consumidores.

La distribución de energía a consumidores finales desde una subestación eléctrica involucra un proceso de transformación y transporte de la electricidad desde la red de alta tensión hasta los usuarios finales, como hogares, industrias o comercios. En este proyecto se dará a conocer la aplicación de termografía infrarrojo como una herramienta fiable. La fiabilidad en una subestación eléctrica se refiere a la capacidad de la subestación para operar de manera continua y estable, sin fallos, y para suministrar electricidad de manera segura a los usuarios finales. El análisis termográfico es un factor clave en la infraestructura eléctrica, ya que una subestación

confiable garantiza el suministro de energía sin interrupciones o pérdidas significativas, lo que es crucial tanto para el funcionamiento de la red eléctrica como para la satisfacción de los consumidores. En otras palabras, este proceso es fundamental para garantizar que la energía llegue de manera segura, garantiza que los usuarios finales (hogares, industrias, comercios) reciban energía de manera ininterrumpida, lo que es esencial para la vida diaria y las actividades económicas. Una subestación confiable también contribuye a la seguridad, ya que un fallo en una subestación puede provocar riesgos como incendios, accidentes o daños a otros equipos de la red. Dentro de los niveles de calidad establecidos, La Ley de Régimen del Sector Eléctrico es una legislación que regula y establece el marco normativo y operativo del sector eléctrico en un país. Su propósito principal es organizar y regular la generación, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad, garantizando la eficiencia, sostenibilidad y el acceso de los consumidores a un servicio eléctrico de calidad.

El marco legal garantiza su eficiencia, fiabilidad, sostenibilidad y accesibilidad. Regula tanto las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, como la calidad del servicio, las tarifas y el impacto ambiental, buscando equilibrar los intereses de los consumidores, las empresas y el medio ambiente. El uso de la termografía en este proyecto nos permitirá demostrar la eficiencia que tiene al implementarla en cualquier tipo de proyecto donde se quiera determinar el estado en que se encuentran los equipos o elemento tanto en la parte industrial como en la parte eléctrica. La termografía es una de las herramientas que nos ayuda a realizar un análisis rutinario con su principal objetivo, que es identificar la falla antes de que ocurra. Al realizar inspecciones regulares y precisas, las subestaciones pueden operar de manera más eficiente, minimizando las interrupciones del servicio y mejorando la calidad del suministro eléctrico y ahorro en costos asociados con reparaciones mayores, paradas inesperadas y pérdidas de energía.

La Termografía Infrarroja juega un rol importante en un análisis, es una técnica que produce

imágenes a partir de la radiación térmica que emiten los objetos, así se puede identificar componentes eléctricos y mecánicos más calientes que su operación normal como antes mencionado, el aumento de temperatura en estos puntos puede ser un signo de sobrecalentamiento, sobrecarga, mala conexión o defectos en los componentes eléctricos. El aumento excesivo de calor en una subestación eléctrica es un indicador clave de posibles fallos en los equipos. Las empresas invierten constantemente en nueva tecnología que ayude a advertir, medir y manejar los parámetros correctamente.

La complejidad de las redes y la incertidumbre en la ocurrencia de perturbaciones en las mismas han hecho que el análisis termográfico sea indispensable en todo el proceso. En entornos de investigación, los científicos usan cámaras termográficas para estudiar procesos térmicos en materiales, químicos, biológicos y en otros campos, como la investigación médica o científica. En el sector automotriz, la medición infrarroja se usa para verificar la temperatura de los componentes del motor y detectar fallos en los sistemas de refrigeración, los frenos y las baterías, entre otros. Las cámaras termográficas y los termómetros infrarrojos pueden proporcionar imágenes y lecturas en tiempo real.

Los instrumentos de medición como la cámara permitirán sustentar este tipo de estudio, la investigación de campo sustentada en la tecnología de medición infrarroja para medir la temperatura de un objeto o superficie sin necesidad de contacto físico. Esta tecnología se basa en la capacidad de todos los objetos de emitir radiación electromagnética, incluida la radiación infrarroja, cuya intensidad está relacionada con su temperatura.

A través de esta tecnología, es posible obtener datos precisos sobre la temperatura de equipos y sistemas en diversos entornos industriales y de mantenimiento, sin la necesidad de detener la operación de estos. Puntos calientes en una subestación eléctrica: Los puntos calientes son zonas donde se concentra un calor excesivo debido a la resistencia interna de los equipos eléctricos. Estos puntos se producen generalmente por conexiones defectuosas,

componentes de capacidad insuficiente o fallos en los sistemas de refrigeración. Cuando los equipos, como transformadores, interruptores o cables, se encuentran operando a una carga superior a la que están diseñados para soportar, la acumulación de calor puede volverse crítica. Daños ocasionados por sobrecargas: Las sobrecargas son una de las principales causas de la formación de puntos calientes en las subestaciones. Estas sobrecargas ocurren cuando los dispositivos reciben más corriente de la que pueden manejar, lo que provoca un incremento en la temperatura de estos. Entre los daños más frecuentes debido a las sobrecargas se encuentran:

- **Desgaste acelerado de los componentes:** Equipos como transformadores y cables se ven afectados por el calor excesivo, lo que provoca un desgaste prematuro y una pérdida de eficiencia. Si no se identifican y corrigen a tiempo, estos daños podrían volverse irreversibles.
 - **Deterioro de los materiales aislantes:** El calor generado por las sobrecargas puede dañar los aislantes de cables y otros componentes eléctricos.
Este daño incrementa el riesgo de fallos eléctricos, cortocircuitos y otros problemas, lo que puede interrumpir el servicio o incluso causar accidentes.
 - **Fugas en transformadores:** Los transformadores, que contienen aceite dieléctrico para su refrigeración y aislamiento, pueden sufrir sobrecalentamiento debido a las sobrecargas. Este sobrecalentamiento puede generar fugas de aceite y, en situaciones extremas, provocar incendios.
 - **Riesgo de incendio:** Si los puntos calientes no se detectan a tiempo y no se controla la temperatura de los equipos, se puede desencadenar un incendio. Esto no solo pone en peligro la infraestructura, sino que también representa una amenaza para la seguridad humana.
-

- **Deterioro de los elementos:** El deterioro de los equipos de una subestación eléctrica a causa de las sobrecargas y los puntos calientes puede ser gradual o inmediato, dependiendo de la severidad del sobrecalentamiento y de la rapidez con que se intervenga. Los daños más comunes incluyen:
 - Corrosión acelerada de los componentes metálicos debido al calor, lo que aumenta la probabilidad de fallos estructurales.
 - Fatiga térmica en elementos como interruptores, que pueden sufrir grietas o rupturas por las variaciones térmicas constantes que experimentan.
 - Reducción significativa de la vida útil de transformadores y otros equipos si están expuestos a temperaturas elevadas durante períodos prolongados.

La termografía es una herramienta tecnológica avanzada que permite realizar un diagnóstico preciso y no invasivo del estado de los sistemas eléctricos, detectando anomalías térmicas que pueden pasar desapercibidas mediante métodos tradicionales. En el contexto de las subestaciones eléctricas, el uso de la termografía es esencial para evaluar el rendimiento de los equipos y prevenir posibles fallas que puedan afectar la calidad del servicio o incluso generar riesgos operativos. En este sentido, la subestación CNEL EP Santo Domingo constituye un punto clave en la distribución de energía eléctrica para la región, por lo que su buen funcionamiento es crucial tanto para la eficiencia operativa de la empresa como para la seguridad de la comunidad que depende de su servicio. Un análisis termográfico exhaustivo de los sistemas eléctricos de esta subestación permitirá identificar puntos críticos de sobrecalentamiento o posibles fallas en equipos como transformadores, interruptores, cables y otros componentes clave. La detección temprana de estas anomalías es fundamental para evitar paradas no planificadas, mejorar la confiabilidad de la infraestructura eléctrica y optimizar los costos operativos de mantenimiento.

Además, el análisis termográfico no solo contribuye a la prevención de fallas, sino que también mejora la eficiencia energética al permitir una operación más adecuada de los sistemas eléctricos, evitando pérdidas de energía debido a conexiones defectuosas o sobrecalentamientos. Este estudio representa una oportunidad para aplicar tecnologías modernas en el diagnóstico y mantenimiento de infraestructuras eléctricas, lo que a su vez refuerza el compromiso con la seguridad, sostenibilidad y calidad en el suministro eléctrico de la región. Finalmente, el resultado de este análisis será un aporte valioso tanto para CNEL EP como para futuras investigaciones en el ámbito de la ingeniería eléctrica, mejorando las prácticas de mantenimiento preventivo y extendiendo la vida útil de los equipos críticos en las subestaciones eléctricas.

Métodos y materiales

La metodología aplicada en el análisis termográfico de la subestación CNEL EP Quito en Santo Domingo se basa en una inspección visual preliminar y una evaluación termográfica detallada para identificar posibles anomalías térmicas en los sistemas eléctricos. Inicialmente, se realizó un reconocimiento de los principales componentes, como transformadores de potencia, interruptores, seccionadores y disyuntores, a fin de establecer una línea base de su estado operativo. Se utilizaron cámaras termográficas de alta resolución FLIR T640, configuradas según las condiciones ambientales y ajustadas a la emisividad de los materiales inspeccionados. A partir de este análisis, se definieron los puntos críticos de medición, priorizando aquellos equipos con mayor carga operativa y susceptibilidad a fallos térmicos.

Posteriormente, se llevó a cabo la captura y análisis de imágenes térmicas con el software FLIR Tools, lo que permitió la identificación de puntos calientes y diferencias de temperatura que podrían indicar conexiones flojas, sobrecargas o deterioro de los componentes eléctricos. Se determinaron criterios de evaluación térmica basados en estándares internacionales como IEEE Std 3004.7 y NFPA 70B, clasificando las anomalías en niveles de severidad (leve, moderada y

crítica). Los resultados obtenidos fueron documentados en un informe técnico estructurado, que incluyó recomendaciones para acciones correctivas y preventivas, como el ajuste de conexiones, reemplazo de componentes y monitoreo continuo mediante programas de mantenimiento predictivo. Esta metodología garantiza un enfoque riguroso y sistemático para la optimización del rendimiento y seguridad de la subestación eléctrica.

Análisis de resultados

Desarrollo de la inspección visual preliminar de los sistemas eléctricos de la subestación CNEL EP Santo Domingo para identificar los componentes y equipos relevantes para el análisis termográfico.

Figura 1: Subestación CNEL EP Santo Domingo - Av. Quito



Fuente: Autoría Propia.

Reconocimiento y preparación de cámara termográfica



Figura 2: Reconocimiento de cámara termográfica

Fuente. Autoría Propia.

Análisis termográfico de la barra de seccionamiento a 69 KV

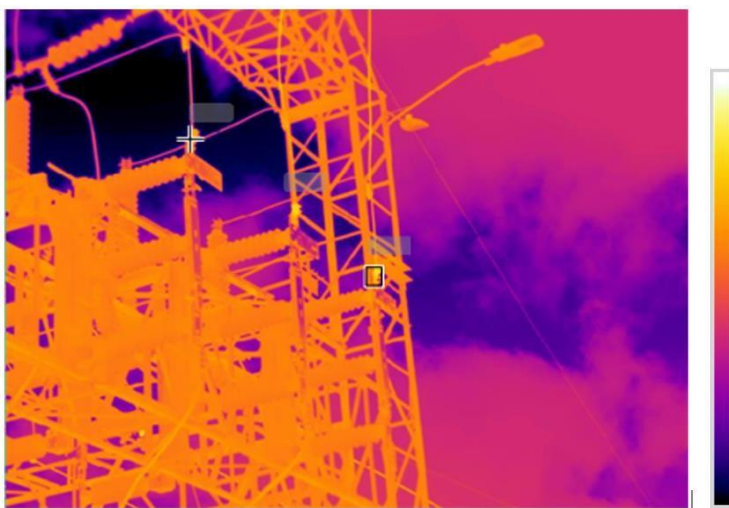
Se adjunta las fotografías de los hallazgos encontrados con la cámara termográfica. En las imágenes a continuación se observa un sobrecalentamiento en la barra de seccionamiento de salida a 69 KV. Este problema se origina por conexiones defectuosas o flojas. Según la comparación con los valores de la Tabla 1 de Valores del Estándar IEEE Std 3004.7, el valor obtenido en el análisis es mayor a 20°, lo cual se establece como una condición crítica; así que establece como recomendación revisar y apretar conexiones; a la vez que se debe considerar reemplazar componentes si es necesario.

Figura 3: Cubículo de salida 69 KV CNEL EP Santo Domingo Av. Quito



Fuente. Autoría Propia.

Figura 4: Análisis termográfico de cubículo de salida 69 KV CNEL EP Sto Dgo



Fuente. Autoría Propia.

Tabla 1: Parámetros de cámara Termográfica Barra de salida 69 KV CNEL EP Santo Domingo.

Medidas	
Bx1 Max	39,0 °C
Bx2 Max	36,7 °C
Sp1	31,4 °C
Dt1 Bx1.Max - Sp1	7,6 °C
Dt2 Bx2.Max - Sp1	5,3 °C
Parámetros	
Emisividad	0,94
Temp. Refl.	41 °C
Geolocalización	
Brújula	200° S
Localización	S 0° 15' 2,83", W 79° 8' 27,03"

Fuente. Autoría Propia.

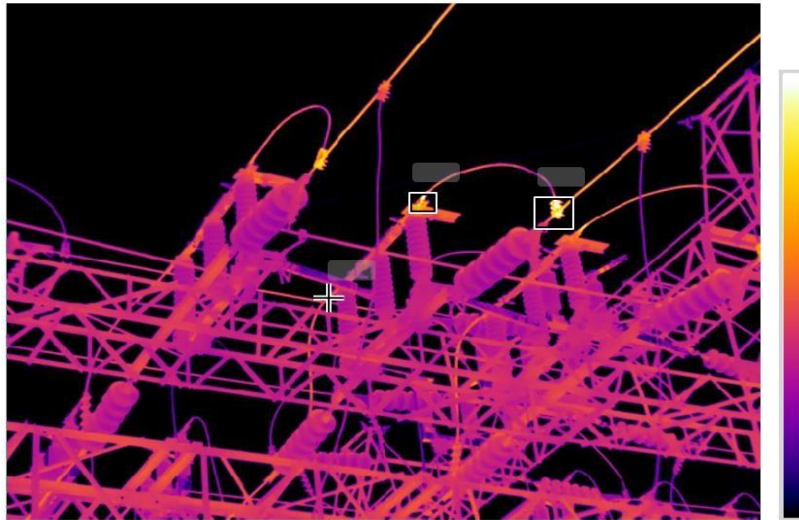
Análisis termográfico de seccionadores de salida de tensión

A continuación, se realiza la evaluación de un interruptor tripolar de salida, en la imagen de termografía se puede evidenciar un punto caliente, esto indica un problema claro de resistencia anómala o corrientes de fuga por un mal apriete en los bornes del tripolar (en los terminales de salida, boquillas o barras colectoras) provoca resistencia de contacto elevada.

Según el análisis realizado la severidad de este problema es alta a critica, se recomienda tomar medidas urgentes

ya que la evolución natural es un arco eléctrico y una falla destructiva. Estas fugas generan pérdidas eléctricas y posibles descargas parciales.

Figura 5: Tripolar de salida Posición 1 CNEL EP Santo Domingo Av. Quito



Fuente. Autoría Propia.

Figura 6: Análisis termográfico de Tripolar de salida Posición 1 CNEL EP



Fuente. Autoría Propia.

Tabla 2: Parámetros de cámara termográfica en Tripolar de salida Posición 1 CNEL EP Santo Domingo Av. Quito

Medidas	
Bx1 Max	39,0 °C
Bx2 Max	37,8 °C
Sp1	30,0°C
Dt1 Bx1.Max - Sp1	9,0 °C
Dt2 Bx2.Max - Sp1	7,8 °C
Parámetros	
Emisividad	0,94
Temp. Refl.	41 °C
Geolocalización	
Brújula	50° NE
Localización	S 0° 15' 3,46", W 79° 8' 27,11"

Fuente. Autoría Propia.

Análisis termográfico de Postes de luz

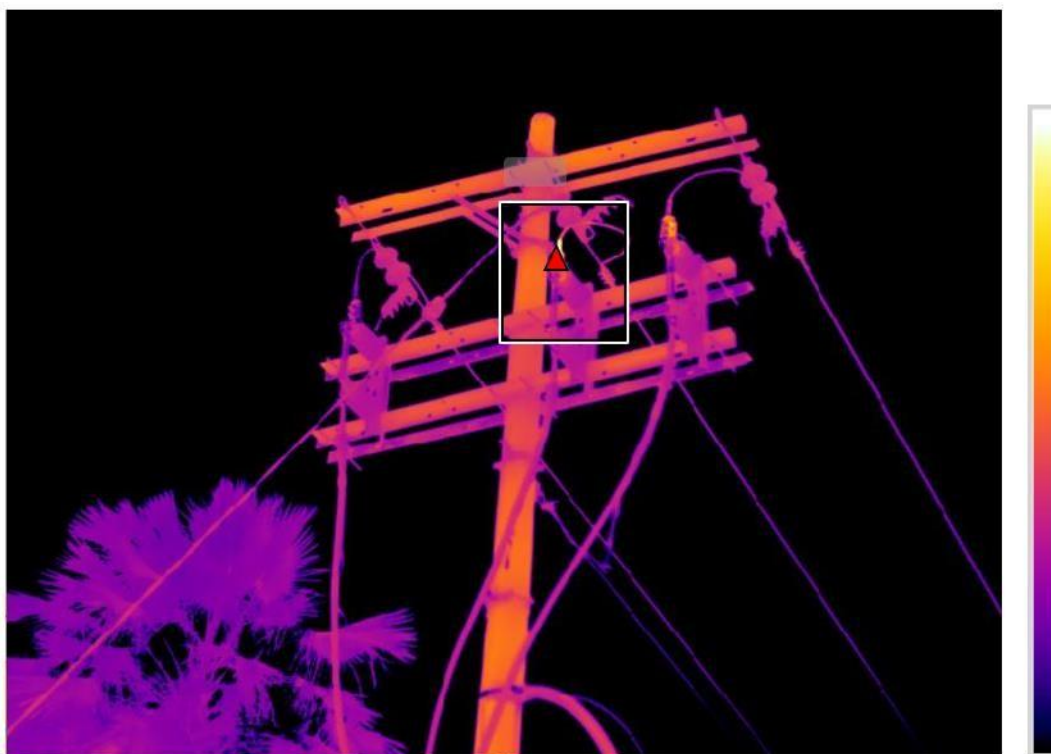
En la siguiente imagen se observa un sobrecalentamiento en la abrazadera del poste de luz. Este problema puede originarse por un mal apriete de las conexiones. Según el análisis realizado, la severidad de este problema es alto, lo que significa que puede provocar un disparo intempestivo o caída de fase.

Figura 7: Poste de luz CNEL EP Santo Domingo Av. Quito



Fuente. Autoría Propia.

Figura 8: Análisis termográfico de poste de luz CNEL EP Santo Domingo Av. Quito.



Fuente. Autoría Propia.

Tabla 3: Parámetros en cámara termográfica de poste de luz.

Medidas		
Bx1 Max		39,6 °C
Parámetros		
Emisividad	0,94	
Temp. Refl.	41 °C	
Geolocalización		
Brújula	193° S	

Localización	S 0° 15' 3,51", W 79° 8' 26,52"
--------------	---------------------------------

Fuente. El autor

Análisis termográfico de Interruptor del transformador

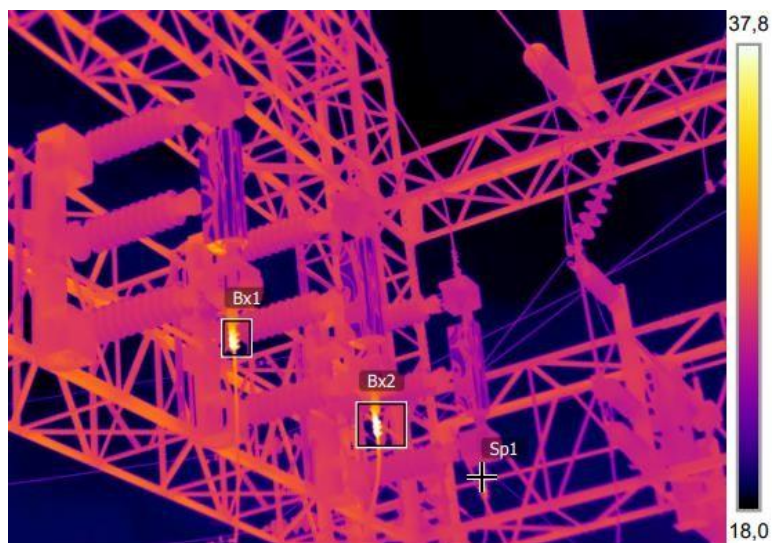
Para continuar con el análisis se realiza el análisis del interruptor del transformador, llegando a observar un sobrecalentamiento en el cubículo interno. Este problema se da por conexiones flojas o mal apretadas, oxidación o corrosión en las conexiones, lo que aumenta la resistencia. Según el análisis realizado, el riesgo es alto, ya que esto puede comprometer seriamente tanto la operación del sistema como la seguridad de los equipos.

Figura 9: Cubículo interno CNEL EP Santo Domingo Av. Quito



Fuente. El autor

Figura 10: Análisis termográfico Cubículo interno CNEL EP Santo Domingo Av. Quito



Fuente. El autor

Tabla 4: Parámetros en Cubículo interno CNEL EP Santo Domingo Av. Quito

Medidas		
Bx1 Max		40,6 °C
Bx2 Max		46,3 °C
Sp1		26,9°C
Dt1 Bx1.Max - Sp1		13,7 °C
Dt2 Bx2.Max - Sp1		19,4 °C
Parámetros		
Emisividad	0,94	
Temp. Refl.	41 °C	

Geolocalización

Brújula	250° O
Localización	S 0° 13' 58,65", W 79° 9' 55,83"

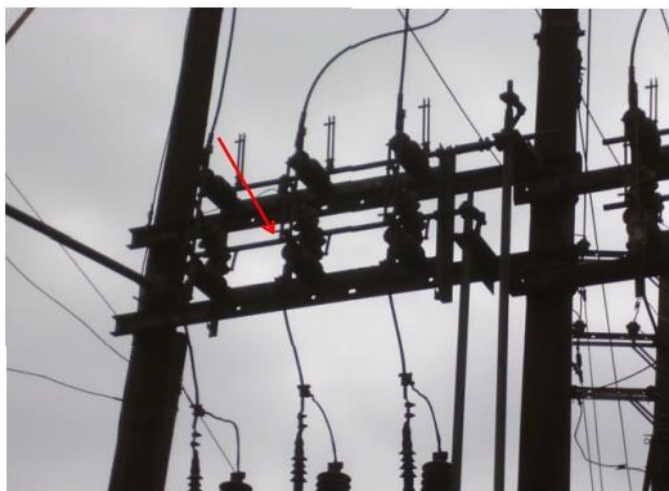
Fuente. Autoría Propia.

Barras de salida del circuito Los Rosales

En la figura siguiente se observa un sobrecalentamiento en las barras de salida del circuito. Este problema puede originarse principalmente por la resistencia eléctrica, sobrecarga de corriente y fallas mecánicas. Según el análisis realizado, es un problema crítico que puede comprometer tanto la seguridad de la subestación como la estabilidad de la red eléctrica.

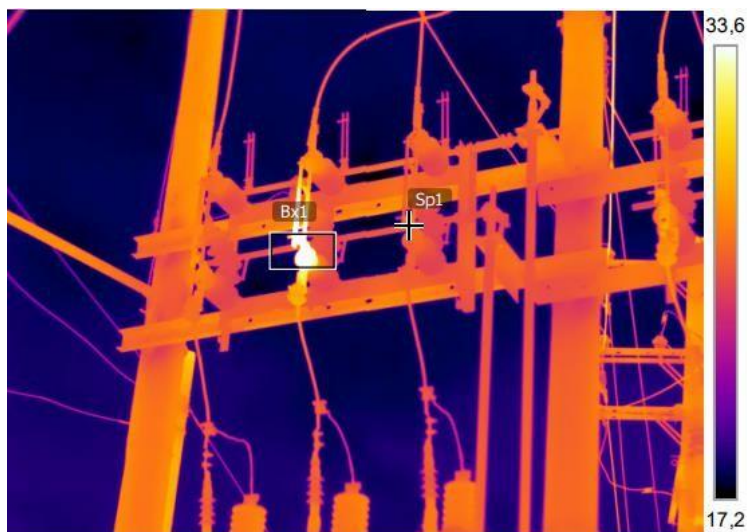
Las barras de salida son componentes fundamentales para la distribución de energía desde la subestación hacia los alimentadores o líneas de transmisión, por lo que cualquier anomalía en su funcionamiento puede tener un impacto significativo.

Figura 11: Barras de salida del circuito Rosales CNEL EP Santo Domingo Av. Quito



Fuente. Autoría Propia.

Figura 12: Análisis termográfico de Barras salida del circuito Rosales Sto Dgo Av. Quito



Fuente. El autor

Tabla 5: Parámetros de Barras de salida del circuito Rosales en Cámara Termográfica.
CNEL EP Santo Domingo Av. Quito

Medidas	
Bx1 Max	57,9 °C
Bx2 Max	26,9 °C
Dt1 Bx1.Max - Sp1	31,0 °C
Parámetros	
Emisividad	0,94

Temp. Refl.	41 °C
-------------	-------

Geolocalización

Brújula	251° O
---------	--------

Localización	S 0° 13' 58,52", W 79° 9' 56,14"
--------------	----------------------------------

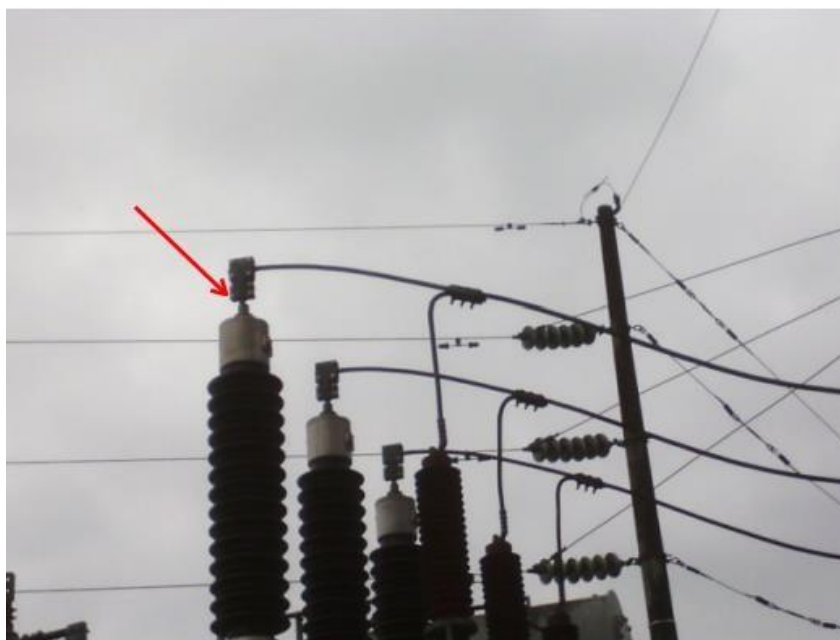
Fuente. Autoría Propia.

Análisis termográfico de transformador de potencia

En la imagen del transformador de potencia se observa un sobrecalentamiento en el bushing de la fase (C), este problema se origina principalmente por la sobrecarga de la fase, problemas con el aislamiento o fallas en el sistema de refrigeración. Según el análisis realizado, la severidad de este problema es crítico que debe ser abordado de inmediato, ya que puede afectar

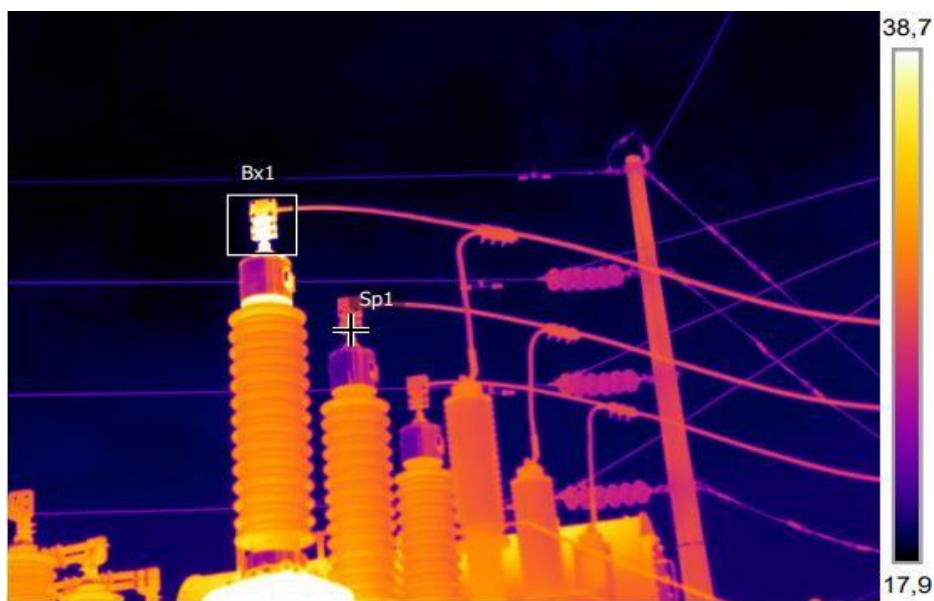
la fiabilidad y seguridad del transformador y la subestación eléctrica en general. El bushin es una parte clave del transformador que conecta los terminales de alta tensión a los conductores, y su sobrecalentamiento puede generar graves consecuencias.

Figura 13: Transformador de potencia. CNEL EP Santo Domingo Av. Quito



Fuente. Autoría Propia.

Figura 14: Análisis termográfico de Transformador de potencia. CNELEP



Fuente. Autoría Propia.

Tabla 6: Parámetros de Transformador de potencia en Cámara Termográfica. CNEL EP Santo Domingo Av. Quito

Medidas	
Bx1 Max	52,6 °C
Sp1	29,8°C
Dt1 Bx1.Max - Sp1	22,9 °C
Parámetros	
Emisividad	0,94
Temp. Refl.	41 °C
Geolocalización	
Brújula	262° O
Localización	S 0° 13' 58,86", W 79° 9' 55,79

Fuente. El autor

Informe de termografía

A continuación, se presenta una tabla con los hallazgos obtenidos tras la realización del análisis termográfico en la subestación eléctrica CNEL EP QUITO. El objetivo de esta inspección es identificar posibles puntos de sobrecalentamiento, fallas en conexiones y otros factores que puedan afectar el rendimiento y la seguridad del sistema eléctrico.

TC11 **tabla 7:** Informe de termografía.

Reporte	Lugar de la Subestación	Elemento	Problema Detectado	Recomendación	Severidad
001	Circuito Sur	Cubículo de salida 13.8 kV	No hay	N/A	Baja
002	Subestación Quito	Transformador de Potencia	Sobrecalentamiento en carcasa	Inspeccionar el sistema de refrigeración y corregir si es necesario	Alta
003	Circuito Sur	Aisladores	No hay	N/A	Baja
004	Circuito Sur	Barra de Bus	No hay	N/A	Baja
005	Circuito Sur	Seccionadores	No hay	N/A	Baja
006	Circuito Sur	Tripolar de salida de Posición 1	Conexión Floja	Asegurar y ajustar la conexión	Media
007	Circuito vía Quito	Seccionadores	No hay	N/A	Baja
008	Circuito vía Quito	Aisladores	No hay	N/A	Baja
009	Circuito vía Quito	Poste de Luz	Sobrecalentamiento	Inspeccionar cableado y cambiar poste si es posible	Alta
010	Circuito vía Quito	Interruptores	No hay	N/A	Baja
011	Circuito Centro	Seccionadores	No hay	N/A	Baja

012	Circuit o Centro	Aisladores	No hay	N/A	Baja
013	Circuit o Centro	Cubículo Interno	No hay	N/A	Baja
014	Circuit o Centro	Seccionadores	No hay	N/A	Baja
015	Circuit o Centro	Interruptor 4	No hay	N/A	Baja
016	Circuito La Lorena	Conexión Tierra	No hay	N/A	Baja
017	Circuito La Lorena	Barra de Bus	No hay	N/A	Baja
018	Circuito La Lorena	Interruptor 5	No hay	N/A	BaCija
019	Circuito La Lorena	Cubículo de Salida	No hay	N/A	Baja
020	Circuito La Lorena	Cubículo Interno	No hay	N/A	Baja
021	Circuito Las Mercedes	Seccionadores	No hay	N/A	Baja
022	Circuito Las Mercedes	Barras de Salida del Circuito	No hay	N/A	Baja
023	Circuito Las Mercedes	Interruptores	No hay	N/A	Baja

024	Circuito Las Mercedes	Aisladores	No hay	N/A	Baja
-----	-----------------------------	------------	--------	-----	------

Fuente: El autor

Resultados de la termografía subestación CNEL EP avenida quito severidad de las afectaciones en la cámara termográfica

Severidad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	BAJA	21	87,5	87,5	87,5
	MEDIA	1	4,2	4,2	91,7
	ALTA	2	8,3	8,3	100,0
	Total	24	100,0	100,0	

Figura 15 Resultado de la severidad termográfica



Fuente. Autoría Propia.

Discusión

El análisis termográfico de la subestación eléctrica CENEL EP, ubicada en la Avenida Quito, ofrece una visión clara sobre cómo se distribuyen los modos de fallo en función de su severidad. Estos hallazgos son fundamentales para optimizar la gestión del mantenimiento y la eficiencia operativa de la subestación. Los resultados mostraron sobrecalentamiento en la barra de seccionamiento de salida a 69 kV, en los seccionadores de salida de tensión y en los postes de luz. La principal causa de estas anomalías se debe a conexiones defectuosas o flojas, lo que genera una resistencia eléctrica defectuosas y posibles descargas parciales. La mayoría de los fallos detectados, un 87.50% del total, se agrupan en la categoría de severidad baja. Este alto porcentaje sugiere que, aunque existen inconvenientes en los conectores, la mayoría de ellos no representan una amenaza inminente.

Por otra parte, el 8.33% de los fallos se clasifica como de severidad media. Estos problemas pueden provocar interrupciones significativas si no se abordan con prontitud, lo que enfatiza la necesidad de realizar una identificación y reparación inmediata, además de llevar a cabo un monitoreo constante para evitar que estos fallos alcancen una severidad alta. Finalmente, el 4.17% restante de los fallos se clasifica como de severidad alta, lo que exige una atención inmediata para prevenir riesgos de seguridad y fallos catastróficos. Estos casos deben ser tratados con la máxima prioridad en su reparación y es crucial revisar los procedimientos de mantenimiento para evitar su recurrencia. El estudio demuestra que la termografía es una herramienta clave para la identificación de problemas en sistemas eléctricos, permitiendo realizar mantenimientos preventivos y correctivos oportunos. Se recomienda realizar inspecciones periódicas y capacitaciones al personal técnico para mejorar la interpretación de imágenes termográficas y optimizar las estrategias de mantenimiento.

Conclusiones

Se realizó una inspección visual preliminar de los sistemas eléctricos de la subestación CNEL EP QUITO en Santo Domingo, identificando los componentes y equipos más relevantes. La inspección confirmó que el correcto funcionamiento de estos sistemas es crucial para garantizar una transmisión y distribución de energía eléctrica eficiente y segura, lo cual es fundamental para la estabilidad y continuidad del suministro eléctrico.

El barrido termográfico realizado en los equipos y elementos eléctricos de la subestación CNEL EP QUITO identificó anomalías térmicas, con una temperatura máxima de 41 °C. Las posibles causas de estas anomalías incluyen conexiones flojas, corrosión, suciedad o degradación de materiales aislantes. Se recomienda realizar un mantenimiento correctivo inmediato para resolver estas cuestiones y evitar posibles fallas.

El análisis termográfico ha revelado varias anomalías térmicas que podrían comprometer la seguridad y eficiencia operativa de la subestación eléctrica. Con base en estos hallazgos, se recomienda implementar las acciones correctivas sugeridas en el informe para mitigar los riesgos identificados y extender la vida útil de los equipos. Además, se realizó el reajuste de terminales y el cambio de conectores de fase por parte del personal de la subestación, contribuyendo así a la mejora de las condiciones operativas.

Referencias bibliográficas

- Gómez GA. (2016). Evolución y tendencias de índices de confiabilidad en sistemas eléctricos de potencia. *Tecnología en Marcha*, 29(2), 3–13.
- Schweickardt GA, & Casanova CA. (2017). Optimización de la confiabilidad en sistemas de distribución eléctrica de media tensión. Modelos basados en dinámica posibilística e hiperheurística multiobjetivo. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 25(11), 3–22.
- Aleaga, R., & Meza, B. (2023). *Análisis de puntos calientes*. Latacunga: Departamento de Eléctrica y Electrónica.
- CNEL_EP. (21 de FEBRERO de 2025). *CNEL_EP*. Obtenido de CNEL_EP:
<https://www.cnelep.gob.ec/repotenciacion-de-subestacion-quito-con-un-avance-del-86/>
- Gauss_Electric. (21 de febrero de 2025). *Termografía Infrarroja*. Obtenido de Gauss Electric:
<https://www.gausselectric.com/portfolio-item/termografia-infrarroja/>
- Royo, P. R., & Cañada, S. M. (2016). *Termografía Infrarroja*. Madrid: @fundacionconfemental.com.
- SECOVI, G. (20 de febrero de 2025). *SECOVI*. Obtenido de <https://www.secovi.com/blog/4/para-que-realizar-un-estudio-de-termografias?>
- Tipan, C. (2011). *Análisis estadísticos de los datos de temperatura obtenidos de un estudio termográfico*. ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. Quito: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.
- Tipan, C. (2012). *PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICO*. Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
-

Yepez, F. (2016). *ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE LA SUBESTACION SAN LORENZO*.

Ibarra: Universidad Técnica de Norte-Ibarra.