

**Procedimiento para la Evaluación de la Calidad de la Energía en Industrias con Cargas
Eléctricas Variables no Lineales**

Andrés Felipe Zambrano Mejía



Universidad de la Costa, CUC
Departamento de Energía
Programa de Ingeniería Eléctrica
Barranquilla, Colombia
26 de julio de 2022

**Procedimiento para la Evaluación de la Calidad de la Energía en Industrias con Cargas
Eléctricas Variables no Lineales**

Andrés Felipe Zambrano Mejía



**Proyecto de grado para optar por el título de Magister en Eficiencia Energética y Energía
Renovable**

Tutor: Vladimir Sousa Santos

Cotutor: Eliana Noriega Angarita

Universidad de la Costa, CUC

Departamento de Energía

Programa de Ingeniería Eléctrica

Barranquilla, Colombia

26 de julio de 2022

Nota de Aceptación

Jurado

Jurado

Barranquilla, 26 de julio de 2022

Agradecimientos

En primera instancia, doy las gracias al todopoderoso Dios, que a lo largo de mi vida siempre me ha acompañado y me ha llevado a una victoria más y me ha guiado a convertirme en la persona y en el profesional que hoy día soy. Doy gracias y dedico este logro al amor de mi vida, mi esposa María Fernanda Arroyo que siempre me estuvo exhortando a seguir adelante y nunca desfallecer, que siempre me ayudaba para yo tener tiempo y dedicárselo a mi trabajo de grado. Quiero dedicar este triunfo también a mis padres y hermano que en cada instante estuvo animándome y apoyándome para sacar adelante esta maestría.

Gracias a mis tutores PhD. Vladimir Sousa Santos y MSc. Eliana María Noriega Angarita que con su valiosa orientación y dedicación a pesar de sus múltiples ocupaciones siempre estuvieron pendientes de mí.

Gracias a todos porque a pesar de estar hospitalizado con COVID 19, logré vencer y terminar este trabajo de grado que tanto esfuerzo y dedicación le he aplicado.

Resumen

En este documento se propone un procedimiento para la evaluación de calidad de la energía en industrias donde predominan cargas eléctricas variables no lineales. La investigación se origina por el incremento de los problemas de calidad de la energía en los sistemas eléctricos industriales y a la falta de una herramienta para el análisis de estos problemas, que consideren las características de las cargas eléctricas variables no lineales, y factores relacionados como la puesta a tierra y el análisis termográfico. El procedimiento consta de nueve pasos secuenciales que van desde el diagnóstico del sistema hasta las propuestas de soluciones, incluyendo aspectos normativos, técnicos y organizacionales, además contempla la posibilidad de mejora continua. En vía su obtención se identificaron los requerimientos para la evaluación de la calidad de la energía en sistemas eléctricos industriales, posteriormente, se describió el procedimiento y finalmente, se validó en una industria. La industria objeto de estudio se caracteriza por el predominio de grandes máquinas herramientas e iluminación LED con características no lineales y variables. La industria presentaba daños en tarjetas electrónicas, desconfiguración de procesos, disparos inesperados de protecciones eléctricas, quema de cables de tierra y bajo factor de potencia. Como resultado, se identificó que las causas de las afectaciones eran las variaciones en la tensión y la frecuencia, altos niveles de armónicos de tensión y corriente, así como, empalmes defectuosos en las barras de puesta a tierra, oxidación en los tornillos de conexión y estructuras sin aterrizar. Como soluciones, se propuso la instalación de UPS, la revisión del sistema de puesta a tierra y la instalación de filtros activos. En el caso de estudio se demostró la viabilidad del procedimiento como herramienta efectiva para la evaluación de calidad de la energía en industrias donde predominan cargas eléctricas variables no lineales.

Palabras clave: calidad de la energía, cargas no lineales, procedimiento, puesta a tierra, análisis termográfico

Abstract

This document proposes a procedure for the evaluation of power quality in industries where non-linear variable electrical loads predominate. The research originates from the increase in power quality problems in industrial electrical systems and the lack of a tool for the analysis of these problems, which considers the characteristics of non-linear variable electrical loads, and related factors such as the grounding and thermographic analysis. The procedure consists of nine sequential steps that go from the diagnosis of the system to the proposals for solutions, including regulatory, technical and organizational aspects, and also contemplates the possibility of continuous improvement. On the way to obtaining it, the requirements for the evaluation of the quality of energy in industrial electrical systems were identified, later, the procedure was described and finally, it was validated in an industry. The industry under study is characterized by the predominance of large machine tools and LED lighting with non-linear and variable characteristics. The industry presented damage to electronic cards, misconfiguration of processes, unexpected tripping of electrical protections, burning of ground cables and low power factor. As a result, it was identified that the causes of the effects were variations in voltage and frequency, high levels of voltage and current harmonics, as well as defective splices in the grounding bars, oxidation in the connection screws and ungrounded structures. As solutions, the installation of UPS, the review of the grounding system and the installation of active filters were proposed. In the case study, the viability of the procedure was demonstrated as an effective tool for the evaluation of energy quality in industries where non-linear variable electrical loads predominate.

Keywords: power quality, non-linear loads, procedure, grounding, thermographic analysis

Contenido

Lista de tablas y figuras.....9

 Introducción..... 12

 Planteamiento del problema 14

 Justificación 16

 Objetivos..... 18

 General..... 18

 Específicos..... 18

 Aspectos metodológicos 19

 Capítulo 1: Requerimientos para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs.. 21

 Concepto de calidad de la energía eléctrica. 21

 Antecedentes de estudios de calidad de la energía 22

 Perturbaciones de calidad de la energía 30

 Análisis de tensión 31

 Análisis de contenidos armónicos..... 33

 Análisis de carga 35

 Análisis del factor de potencia..... 35

 Análisis de frecuencia 35

 Flickers o parpadeo..... 36

 Indicación de eventos..... 37

 Análisis de sistema de puesta a tierra 37

 Mediciones de continuidad. 39

 Mediciones de corriente en el sistema de puesta a tierra 40

 Mediciones de resistencia de puesta a tierra 40

 Inspección visual a tableros eléctricos 41

 Análisis de cableado y conexiones 42

 Termografía por infrarrojos 42

 Fundamentos de la termografía..... 43

 Criterios para el análisis termográfico 46

 Capítulo 2: Procedimiento para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs con cargas eléctricas variables no lineales. 47

 Descripción de la problemática del SEI..... 48

Reconocimiento del SEI	50
Identificación de los puntos de medición.....	51
Ejecución de las mediciones	52
Medición de los parámetros electromagnéticos para el análisis de calidad de la energía... 53	
Medición de puesta a tierra.....	55
Análisis termográfico.....	59
Procesamiento de los datos	61
Identificación de problemas.....	63
Propuesta de soluciones	64
Evaluación de factibilidad técnica-económica de las propuestas de solución	70
Implementación de las soluciones	71
Verificación de la efectividad de las soluciones	72
Capítulo 3: Resultados de la caracterización de la calidad de la energía en el caso de estudio....	73
Descripción de la problemática del sistema eléctrico de la industria caso de estudio	73
Reconocimiento del sistema eléctrico.....	76
Identificación de puntos de medición	81
Ejecución de las mediciones	86
Procesamiento de datos.....	88
Identificación de problemas.....	91
Propuesta de soluciones	116
Implementación de las soluciones propuestas:	117
Verificación de la efectividad de las soluciones	122
Referencia.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexos	133

Lista de Tablas y Figuras

Tablas

Tabla 1.1 Clasificación de perturbaciones de calidad de potencia según su duración..... 30

Tabla 1.2 Límites de variación de tensión para sistemas generales 31

Tabla 1.3 Clasificación, denominación y valores de tensión nominal. 32

Tabla 1.4 Porcentaje máximo de desequilibrio de tensión..... 33

Tabla 1.5 Límites de distorsión armónica de tensión..... 34

Tabla 1.6 Límites de distorsión de demanda de corriente para sistemas con tensiones de 120 V hasta 69 kV..... 34

Tabla 1.7 Valores de referencia de variaciones de frecuencia 36

Tabla 1.8 Valores de referencia de parpadeo 37

Tabla 1.9 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra..... 41

Tabla 1.10 Valores de emisividad de algunos materiales 45

Tabla 1.11 Criterios para el análisis de imágenes termográficas. 46

Tabla 2.1 Instrumento para la descripción de la problemática del SEI..... 49

Tabla 3.1 Listado de personal entrevistado..... 74

Tabla 3.2 Respuestas del personal entrevistado para conocer los problemas del SEI. 74

Tabla 3.3 Plan de mantenimiento de la industria 78

Tabla 3.4 Cargas críticas de la industria 80

Tabla 3.5 Listado de puntos donde fueron instalados los analizadores de redes. 82

Tabla 3.6 Listado de tableros eléctricos para toma de termografía..... 85

Tabla 3.7 Variables escogidas para análisis de calidad de la energía. 89

Tabla 3.8 Mediciones de tensión en un periodo de tiempo..... 89

Tabla 3.9 Tensión promedio, máxima y mínima en un periodo de tiempo..... 90

Tabla 3.10 Resumen de los resultados registrados en punto de conexión común	91
Tabla 3.11 Valores registrados de variación de tensión.....	92
Tabla 3.12 Valor registrado desequilibrio de tensión.	93
Tabla 3.13 Resultado del análisis de índices de armónicos de tensión.	93
Tabla 3.14 Límites de armónicos de corriente en punto de conexión común.....	94
Tabla 3.15 Resultado del análisis de armónicos de corriente.	94
Tabla 3.16 Resultado del análisis de pérdidas por armónicos.	95
Tabla 3.17 Resultado del análisis de fenómeno de parpadeo.....	97
Tabla 3.18 Resultado análisis frecuencia.	97
Tabla 3.19 Resumen de los resultados registrados en transformador de 3000 kVA.....	98
Tabla 3.20 Resumen de los resultados registrados en transformador de 250 kVA.....	99
Tabla 3.21 Resultado de parámetros medidos en cada uno de los transformadores.	100
Tabla 3.22 Resumen del análisis de variables de calidad.	101
Tabla 3.23 Resumen del análisis de interrupciones en los puntos de medición.....	103
Tabla 3.24 Medidas de continuidad.	105
Tabla 3.25 Medidas de corrientes en conductores de puesta a tierra de tableros eléctricos y CCM hallados en la industria.....	107
Tabla 3.26 Mediciones de tensión en los conductores de neutro y tierra.....	108
Tabla 3.27 Resistencia de puesta a tierra de la subestación principal.....	109
Tabla 3.28 Observaciones en tableros eléctricos de la industria analizada.....	110
Tabla 3.29 Tableros eléctricos a los cuales se les tomaron termografía.	112
Tabla 3.30 Cantidad de fallas halladas y su criticidad.	115

Figuras

Figura 2.1 Procedimiento para el análisis en calidad de la energía en SEIs donde predominan cargas eléctricas variables no lineales..... 48

Figura 3.1 Diagrama unifilar de la industria.)..... 77

Figura 3.2 Diagrama de sistema de puesta a tierra de la industria..... 78

Figura 3.3 Puntos de medición para calidad de la energía..... 83

Figura 3.4 Esquema de equipos que se miden con respecto a tierra..... 84

Figura 3.5 Gráfica de tensiones respecto a los límites establecidos por la norma..... 90

Figura 3.6 Perfil factor de potencia frontera comercial.. 96

Figura 3.7 Análisis termográfico de tablero eléctrico TGDC-01 ubicado en la subestación principal. Elaboración propia usando el software FLIR TOOL (FLIR, 2003)..... 114

Figura 3.8 Subestación 3. 117

Figura 3.9 Tramo de blindobarra.. 118

Figura 3.10 Conexión de tierra a blindobarras. 119

Figura 3.11 Conexiones de tierra que requiere el equipo para su correcto funcionamiento. 120

Figura 3.12 Instalación de tierras mesas de corte 1/2. 121

Figura 3.13 Instalación de tierras mesas de corte 2/2. 121

Introducción

La calidad de la energía es importante para el funcionamiento adecuado de los equipos conectados a un sistema eléctrico (Jasinski et al., 2018; Rodríguez et al., 2019). Tener una buena calidad de la energía, implica que no se presenten perturbaciones significativas en la forma de onda de las variables eléctricas como la tensión y la corriente (Kalair et al., 2017). En los casos en que las desviaciones de estos parámetros, produzcan la falla o mala operación de los equipos de los consumidores, se estaría en presencia de problemas de calidad de la energía (Roger Dugan, Mark McGranaghan, Surya Santoso, 2012). Los problemas de calidad de la energía ocasionan pérdidas económicas por daños en los componentes internos de los equipos, disminución de vida útil, mayores pérdidas en el sistema, interferencia con equipos de telecomunicaciones y paros no programados de planta en las industrias (Elvatron, 2020).

En la actualidad, la electrónica ha jugado un papel fundamental para los avances tecnológicos en la industria, mejorando la calidad, confiabilidad, eficiencia y seguridad de los procesos (Metrel, 2017; Núñez et al., 2021; Raja et al., 2020). Los equipos basados en la tecnología electrónica, tienen como característica que su operación es más sensible al comportamiento de las variables eléctricas de entrada, por lo tanto, requieren que las formas de onda de tensión y corriente del sistema eléctrico presenten las menores perturbaciones de calidad de la energía posible (Rajarajan & Prakash, 2020; Rönnberg & Bollen, 2016). A su vez, esta tecnología está conformada por elementos no lineales (p. ej.: diodo, tiristores, transistores) que distorsionan la forma de onda de tensión y corriente provocando problemas de calidad de la energía.

Los equipos basados en tecnologías electrónicas con una alta variación de la carga pueden producir distorsiones de las formas de onda de corriente y tensión de igual características

variables en el tiempo. En las industrias donde es significativa la influencia de este tipo de cargas, se requiere de la implementación de métodos de evaluación y propuestas de soluciones diferentes a las que se usan en sistemas eléctricos donde las perturbaciones de calidad de la energía tienen un comportamiento estacionario.

En este contexto, se presenta esta investigación que tiene como propósito establecer un procedimiento para la evaluación de la calidad de la energía en una industria en donde predominan cargas eléctricas variables no lineales. La investigación se desarrolla en una empresa de servicios de soluciones de ingeniería metalmecánica, encargadas de las reparaciones estructurales de equipos mineros. En esta empresa predominaban varios problemas de calidad de la energía debido a la influencia significativa de cargas no lineales con comportamiento muy variable en el tiempo.

Este documento se encuentra estructurado de la siguiente manera. En el primer capítulo se abordan los requerimientos para la evaluación de problemas de calidad de la energía en un sistema eléctrico industrial (SEI). En el segundo capítulo se describe el procedimiento propuesto para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs con cargas eléctricas variables no lineales. En el tercer capítulo se presentan los resultados de la aplicación del procedimiento en un caso de estudio.

Planteamiento del problema

En la actualidad, los problemas de calidad de la energía han aumentado debido al incremento de cargas no lineales que ha traído consigo la inserción de equipos más eficientes con funciones de automatización y control en los procesos industriales (Rodríguez et al., 2019). Las cargas no lineales son sensibles a las perturbaciones que se presentan en el sistema eléctrico y a su vez son generadoras de distorsiones en las formas de onda de las variables eléctricas (MAYRA, 2013). Por esta razón, mantener una buena calidad de la energía que permita que los equipos trabajen de manera óptima y confiable, es un desafío creciente que requiere de la implementación de procedimientos de análisis y soluciones tecnológicas novedosas (Enríquez Harper, 2013).

Para realizar un análisis de calidad de la energía en sistemas eléctricos donde predominen cargas eléctricas con características variables no lineales, se requieren evaluar los principales fenómenos que causan disturbios electromagnéticos, así como la puesta a tierra del sistema, las pérdidas por armónicos, el estado del cableado y el estado de las conexiones mediante análisis termográfico. En este sentido, la bibliografía científica consultada presenta algunas pautas para realizar los análisis de calidad de la energía, sin embargo, no se incluyen todos los parámetros necesarios que permiten realizar una evaluación integral de un sistema eléctrico, ni un procedimiento secuencial.

La necesidad de la investigación surge como resultado de los problemas de calidad de la energía presentes en una empresa de servicios de soluciones de ingeniería metalmeccánica encargadas de las reparaciones estructurales de equipos mineros. En esta empresa, según las entrevistas realizadas al personal, desde hace un tiempo, se presentaron daños en tarjetas

electrónicas, desconfiguración de procesos, disparos inesperados de protecciones eléctricas, quema de cables de tierra y bajo factor de potencia entre otros.

Para evaluar y mitigar estos problemas, en la empresa se realizaron varios estudios de calidad de la energía que, aunque permitieron identificar algunos de los problemas, el alcance y efectividad fueron limitado, pues no se ha profundizaron en parámetros como los armónicos de corriente, las conexiones de puesta a tierra del sistema (Polo et al., 2017), el estado térmico del cableado y las pérdidas por armónicos. Adicionalmente, no se realizaron análisis estadísticos para profundizar en el diagnóstico de los problemas, aspecto que es imprescindible en el caso de predominio de cargas no lineales y variables.

A partir de la problemática descrita, se propuso la siguiente pregunta problema que permitió conducir el proceso de investigación:

¿Cómo se puede implementar un procedimiento para la evaluación de problemas de calidad de la energía en una industria donde predominan cargas eléctricas variables no lineales?

Justificación

La presente investigación tiene su origen en los problemas de calidad de la energía que afectaban a una empresa de servicios de soluciones de ingeniería metalmecánica. El proceso tecnológico de esta empresa se basa en el uso intensivo de cargas eléctricas variables no lineales como: equipos de soldadura de arco eléctrico, máquinas de corte con control numérico por computadora (CNC), máquinas dobladoras CNC, iluminación LED, inversores AC-DC, y compresores con variadores de velocidad. Estas cargas generan problemas de calidad de la energía que han ocasionado fallas en la operación de los equipos de planta entre las que se destacan: daños en tarjetas electrónicas, desconfiguración de procesos, disparos inesperados de protecciones eléctricas, quema de cables de tierra y bajo factor de potencia entre otros.

Para evaluar y mitigar los problemas presentes en la empresa, se realizaron estudios previos de calidad de la energía. Estos estudios, sin embargo, fueron insuficientes y no condujeron a soluciones efectivas, pues se basaron en procedimientos básicos que no consideran las características variables de cargas no lineales, el comportamiento de los armónicos de corriente, y las soluciones técnicas que se requiere en estos casos. En estos estudios, tampoco se analizaron otros parámetros relacionados con perturbaciones del sistema eléctrico como: el sistema de puesta a tierra, las pérdidas producidas por los problemas de calidad y el análisis termográfico de puntos críticos.

Adicionalmente a los problemas explicados, se suma el hecho de que en la literatura científica revisada, no se evidenció la existencia de una metodología que permita analizar los problemas de calidad de la energía en industrias con cargas variables no lineales (D. Committee et al., 2014) (Carrera & Ordoñez, 2011).

Estos aspectos justificaron el planteamiento de esta investigación donde se propone un procedimiento que permite evaluar la calidad de la energía en un SEI con cargas eléctricas variables no lineales. A continuación, se presentan los objetivos y demás aspectos metodológicos del trabajo de investigación.

Objetivos

General

Establecer un procedimiento para la evaluación de la calidad de la energía en una industria en donde predominan cargas eléctricas variables no lineales.

Específicos

- Identificar los requerimientos principales para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs.
- Describir el procedimiento para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs con cargas eléctricas variables no lineales.
- Implementar el procedimiento en una industria con predominio de cargas eléctricas variables no lineales.

Aspectos Metodológicos

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, caracterizado por la medición de fenómenos electromagnéticos, el uso de estadísticas, y el desarrollo de análisis causa-efecto. El proyecto estará conducido por un proceso secuencial, deductivo y probatorio, que analiza la realidad objetiva. Los resultados obtenidos podrán generalizarse dentro del campo de investigación estudiado, además, tendrán se garantiza alta precisión con capacidad de réplica y predicción (Hernández-Sampieri et al., 2006).

El documento está organizado por tres capítulos, en coherencia con el objetivo general y los objetivos específicos del trabajo de investigación.

En el primer capítulo, se realiza una revisión documental acerca de los requerimientos de calidad de la energía y sus principales características. Inicialmente se revisan los conceptos de calidad de la energía y carga no lineal, posteriormente se describen las perturbaciones de calidad de la energía que se presentan en un sistema eléctrico de potencia y se revisan los límites permisibles según las normas nacionales e internacionales. Este capítulo finaliza con los conceptos y el análisis del sistema de puesta a tierra y análisis de cableado a través de la termografía. Para la búsqueda, se usó como fuente de información principal artículos científicos, libros, normas, tesis y documentos técnicos relevantes, publicados en las bases de datos IEEE, Web of Science, SCOPUS, Google Académico, entre otros.

En el segundo capítulo, se describen los pasos del procedimiento para la evaluación de la calidad de la energía en un SEI donde predominan cargas eléctricas variables no lineales. Se presenta un diagrama de flujo y se explica detalladamente las etapas que conforman cada uno de los pasos del procedimiento.

En el tercer capítulo, se muestran los resultados de la implementación del procedimiento a un caso de estudio donde predominan cargas eléctricas variables no lineales. En esta etapa, se aplican los pasos secuenciales del procedimiento al SEI y se presentan los resultados obtenidos del diagnóstico. Adicionalmente, se proponen varias soluciones que permiten la mitigación de los problemas identificados con previo análisis técnico-económico.

Capítulo 1: Requerimientos para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs.

En este capítulo se presentan los conceptos de calidad de la energía y carga no lineal. Posteriormente se revisan en los antecedentes los aportes realizados previamente referente a metodologías y estudios de calidad de la energía realizados en sistemas industriales. Luego se da a conocer las diferentes perturbaciones de calidad de la energía con basa en las normas NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), NTC 1340 (ICONTEC, 2013) e IEEE Std 519 (D. Committee et al., 2014). Finalmente se presentan conceptos básicos y métodos para el análisis de puesta a tierra y termográfico teniendo en cuenta las normas IEEE 1100(IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1992) y NETA (Peterson et al., 1995).

Concepto de calidad de la energía eléctrica.

La calidad de la energía tiene distintas definiciones documentadas en normas, libros, artículos científicos y otros documentos técnicos que son resumidas a continuación:

- Amplia variedad de fenómenos electromagnéticos, que caracterizan la tensión y la corriente durante un determinado tiempo, en un lugar específico del sistema de potencia (IEEE Std 1159, 2019).
- Las características de la electricidad en un punto determinado del sistema eléctrico, evaluado frente a una serie de parámetros técnicos de referencia (International Electrotechnical Commission, 2021) .
- La buena calidad de la energía significa tener la confiabilidad de 99.98% en un sistema eléctrico de potencia (Jafari Aghbolaghi et al., 2017).

- El conjunto de características de la fuente de potencia que permite que los equipos eléctricos trabajen apropiadamente.
- Cualquier problema de potencia manifestado en la desviación de tensión, la corriente o la frecuencia, que resulta en una falla o mal funcionamiento de los equipos del cliente (Jafari Aghbolaghi et al., 2017).
- Precisión de los atributos eléctricos para el funcionamiento óptimo del sistema de potencia (Plata, 2006).

De las definiciones anteriores se puede concluir que la calidad de la energía es un conjunto de parámetros eléctricos que deben estar dentro de unos límites establecidos por la normatividad, para garantizar el funcionamiento normal de los equipos.

El concepto de carga no lineal juega un papel importante en los sistemas eléctricos ya que son este tipo de cargas las que causan las perturbaciones. La carga no lineal es aquella cuya corriente no tiene la misma forma de onda que la tensión que la alimenta, además su impedancia cambia al aplicarle esta tensión (Crespo, 2018) (MAYRA, 2013).

Antecedentes de estudios de calidad de la energía

Los problemas de calidad de la energía afectan a todos los sectores económicos, principalmente al sector industrial. Por esta razón, los sistemas eléctricos de las industrias han sido objetos de varios estudios de calidad de la energía con el fin de diagnosticar y solucionar los problemas que los afectan. Basado en esta premisa, en este epígrafe se realiza un análisis sobre los estudios más relevantes sobre la calidad de la energía en el sector industrial publicado en las principales bases de datos como Scopus, IEEE Xplore, Science direct y Google Scholar.

En un estudio desarrollado en una industria del sector aeronáutico en España, se evalúa la calidad de la energía del suministro eléctrico (Monzón, 2013). Esta investigación estuvo

motivada por los daños de las piezas, pérdidas de información y desconfiguración de los sistemas de accionamiento y control de los motores, máquinas de soldar y mesas de corte que afectaban a esta industria. Este estudio se enfocó solamente en el análisis de los huecos de tensión, por lo tanto, no se tuvieron en cuenta otros fenómenos electromagnéticos que caracterizan a la calidad de la energía. Tampoco se emplea un procedimiento general que pueda replicarse en otros escenarios, y las mediciones se realizaron en un solo punto lo que impide realizar un análisis integral del sistema eléctrico.

En México se reporta un estudio de calidad de la energía en una planta de fabricación de piezas de vehículos motorizados (SECOVI, 2006). En este trabajo se analizaron varios fenómenos que causaron disturbios electromagnéticos como: niveles y fluctuaciones en la tensión, armónicos de corriente y tensión, cargabilidad y factor de potencia. Este estudio, si bien permitió identificar algunos problemas que estaban afectando el funcionamiento adecuado de las cargas, tuvo algunas limitaciones como el monitoreo durante tres días, en vez de siete días como lo recomienda la norma IEEE 1159 (IEEE Std 1159, 2019) e IEEE 519 (IEEE, 2014) y la evaluación de los armónicos de corriente usando el parámetro de distorsión armónica total (THD), en lugar de la distorsión total de demanda de corriente (TDD). Adicionalmente, no se tuvieron en cuenta otros aspectos importantes como la puesta a tierra del sistema, el estado térmico del cableado y las cargas, así como las pérdidas a causa de armónicos. Además, no se evidencia la descripción de un procedimiento que pueda utilizarse en otros estudios.

En un estudio de la calidad de la energía realizado en una fábrica de hormigón ubicada en Guayaquil, Ecuador (Torres, Ibarra 2004), se identifican problemas de armónicos, parpadeo y factor de potencia a partir de la evaluación de la tensión, corriente y factor de potencia. El estudio se origina a partir de la quema de conductores de puesta a tierra y parpadeos en las

luminarias de las oficinas. El estudio demostró que el nivel de parpadeo sobrepasa el límite establecido por las normas (IEEE Std 1159, 2019). En este artículo tampoco se presenta un procedimiento que sea aplicable en escenarios similares, ni se realiza un análisis riguroso de puesta a tierra, de termografía y de estimación de pérdidas en el sistema por armónicos. Además, no se realiza el análisis en todo el sistema, sino en un solo punto de medición.

La calidad de la energía y el factor de potencia fue objeto de estudio en la hidroeléctrica de caldas, Colombia (Jiménez, 2015). En esta investigación se presenta una guía metodológica que permite evaluar los huecos de tensión que afectan el suministro eléctrico en la subestación comercial e industrial. Con el estudio se concluye que la regulación colombiana debe de proponer una guía a los diferentes sectores que le permitan evaluar este tipo de problema de calidad de la energía. Aunque los resultados de la investigación son relevantes en el contexto de la evaluación de la calidad de la energía, solo se enfoca al problema del hundimiento de tensión, excluyendo los otros fenómenos electromagnéticos, el análisis de la puesta a tierra del sistema y el estado térmico del cableado en puntos críticos.

La literatura científica también reporta estudios de calidad de la energía y de factor potencia en instalaciones de educación superior como el realizado en una universidad de Barranquilla, Colombia (Churio Silvera et al., 2018). En esta investigación inicialmente se lleva a cabo un diagnóstico de las instalaciones eléctricas y posteriormente se midieron los parámetros de tensión, corriente, factor de potencia, armónicos, cargabilidad del transformador, el factor de potencia, interrupciones de tensión, desequilibrio de tensión y el sistema de puesta a tierra. Como resultado se pudo identificar algunos problemas de calidad de la energía, sin embargo, no se evidencia el uso de un procedimiento que permita realizar un análisis integral de la calidad de la energía, ni se incluye la evaluación térmica del sistema eléctrico.

En una industria azucarera, se realiza un estudio de calidad de la energía, enfocado en el análisis de los armónicos que generan los variadores de frecuencia (Ingale et al., 2018). Este tipo de industria se caracteriza por cogenerar la energía a partir del bagazo y entregar la energía excedente a la red eléctrica, por lo tanto, en este caso es importante mantener los parámetros de calidad de la energía bajo control, para no afectar al suministro eléctrico de la red. En el estudio se midieron ocho transformadores durante 2 horas y se identificaron que, en dos transformadores, los valores de THD_v y THD_i eran superiores a los límites establecidos por la norma (IEEE, 2014). En esta evaluación solo se enfocaron en los armónicos y no consideraron otros fenómenos electromagnéticos, tampoco presenta un procedimiento que puede replicarse en otros estudios de similar alcance. Otra limitación es que no se usan los datos suficientes para realizar un estudio de calidad de la energía riguroso, no se evalúa el sistema de puesta a tierra, ni el estado térmico del cableado.

En una planta textil, de la India, se realiza un estudio del SEI (Bhagavathy et al., 2018) a partir de la medición de los principales parámetros eléctricos del transformador principal durante 14 horas. Este estudio se enfoca fundamentalmente en el factor de potencia y no incluye el estudio de otros parámetros de calidad de la energía que pueden incidir en el factor de potencia como armónicos, desequilibrio de tensión, huecos de tensión, parpadeo, el sistema de puesta a tierra, y el estado termográfico del cableado. Otra limitante es que el tiempo de medición es muy corto y no se evidencia un procedimiento que sea replicable en escenarios similares.

En un estudio de calidad de la energía realizado en la industria Quala, ubicada en Bogotá, Colombia (Céspedes Molano & Saad Gómez, 2007), se evaluó el desequilibrio de tensión, el “flicker” o parpadeo y los armónicos de tensión y corriente. Como resultado del estudio se detectó la circulación de corriente por los conductores de tierra generaban otros problemas

asociados como la variación de tensión. Aunque este estudio tuvo en cuenta parámetros que no fueron analizados en otras evaluaciones de calidad de la energía, no se consideran algunos elementos fundamentales como el análisis termográfico de conductores, ni se presenta un procedimiento que pueda aplicarse en otros estudios de calidad de la energía.

En el estudio conducido por (Polo et al., 2017) se analiza la influencia de los sistemas de puesta a tierra en la calidad de la energía de sistemas de transmisión y distribución de la energía eléctrica en Venezuela. En este estudio se evidencia que el sistema de puesta a tierra debe de estar debidamente dimensionado y conectado para evitar que los fenómenos transitorios producidos por las descargas atmosféricas afecten el funcionamiento de los equipos eléctricos. En este análisis no se evaluaron los armónicos de corriente y tensión, las cargas no lineales ni las pérdidas producidas por armónicos. Tampoco se emplea un procedimiento para la evaluación de calidad de la energía.

En una planta de producción de barriles de crudo de petróleo se realizó un estudio de calidad de la energía enfocado en los variadores de velocidad, los motores y la iluminación del sistema (Patricio, 2010). En el estudio se analizó el sistema de puesta a tierra y se realizaron toma de termografías en puntos críticos. Como resultado, se identificaron varios problemas, las pérdidas que ocasionan, y se propusieron soluciones que fueron evaluadas desde el punto de vista técnico y económico. En este estudio no se siguió un procedimiento para la evaluación de calidad de la energía en sistemas industriales con cargas eléctricas variables no lineales.

En una fábrica de baterías en Barranquilla, Colombia (Noriega et al., 2019), se realizó un estudio para mejorar el rendimiento energético basado en la norma ISO 50001 (ISO, 2011). En esta investigación, se intervinieron los principales consumidores de energía y se incluyó un análisis de calidad de la energía con mediciones de parámetros eléctricos y de termografía. En el

estudio no se consideraron los armónicos individuales, ni el TDD; tampoco se evalúa el sistema de puesta a tierra, ni se evidencia el uso de un procedimiento específico para el estudio de calidad de la energía.

En Guayaquil, Ecuador, se realizó un estudio de calidad de la energía en una industria de asfalto (Amaguaya, Adriano; Alcibar, 2014). En esta investigación se analizaron los parámetros de tensión, corriente, frecuencia, factor de potencia, así como los armónicos de corriente y tensión. Los parámetros analizados fueron registrados con analizadores de redes en los tableros principales de la industria. Como resultado del estudio se pudo concluir que los parámetros analizados estaban dentro de los límites establecidos por las normas (IEEE, 2014; IEEE Std 1159, 2019), sin embargo, se pudo identificar que los problemas que motivaron la investigación fueron originados por la falta de un plan de mantenimiento en los equipos. En esta investigación, no se tuvieron en cuenta las pérdidas por armónicos, el estado del sistema de puesta a tierra y de las condiciones termográficas de los conductores. Tampoco se describe un procedimiento para el análisis de calidad de la energía aplicable en escenarios similares.

En una planta industrial de Quito, Ecuador, dedicada a la impresión, se realizó un estudio de calidad de la energía (Guachamin Cheza & Naranjo Andrade, 2011). El proceso tecnológico de esta industria se caracteriza por presentar equipos compuestos por elementos no lineales como las impresoras, computadoras y “plotters” que generan armónicos y a su vez son sensibles a la distorsión de la forma de onda. En esta investigación se evalúan los parámetros de desequilibrio de tensión, armónicos de corriente y tensión, parpadeo y factor de potencia. Como resultado del estudio se identifican algunos parámetros de armónicos y tensión por fuera de los límites establecidos por las normas (ICONTEC, 2013; IEEE, 2014; IEEE Std 1159, 2019) y se proponen posibles soluciones para resolver estos problemas. En ese estudio no se evidencia el

uso de un procedimiento para el análisis de calidad de la energía en el contexto de cargas eléctricas variables no lineales, tampoco se tuvo en cuenta la evaluación del sistema de puesta a tierra, ni la evaluación termográfica.

En la empresa “Bebidas Mundiales Arca Continental”, ubicada en la ciudad de Juárez, México, se desarrolló un estudio de calidad de la energía (Peinado, Jose Luis;Hernández, 2012). Se analizaron los parámetros de tensión y corriente y se realizó un estudio termográfico de puntos críticos. Como conclusiones se identifican problemas de operación de motores de baja eficiencia con el ciclo de vida útil cumplimentado. En esta investigación, no se evaluaron las pérdidas por armónicos, ni se evalúa el sistema de puesta a tierra, tampoco se evidencia una metodología para el estudio de calidad de la energía que sea aplicable en industrias.

En el departamento del Atlántico, Colombia, se realizó un estudio de calidad de la energía en una industria dedicada al mantenimiento de equipos para la industria minera (Guzman, Juan; Ortega, 2020). El estudio estuvo motivado por problemas que afectaban a los equipos y al proceso productivo. Para el desarrollo del estudio se tuvieron en cuenta los parámetros de tensión, corrientes armónicas, factor de potencia y parpadeo. En esta investigación, se describen unos pasos secuenciales empleados, sin embargo, no puede considerarse como un procedimiento que permita realizar un estudio integral desde la selección de los parámetros y puntos de análisis, hasta la implementación de las medidas. Tampoco incluye el estudio del sistema de puesta a tierra, el análisis termográfico de los conductores, ni las pérdidas por armónicos en el sistema.

En resumen, las normas nacionales e internacionales, y los estudios referidos, no proponen un procedimiento que establezcan la forma de realizar un análisis de calidad de la energía en SEIs y que consideren los siguientes aspectos simultáneamente:

- Análisis desde la identificación inicial de los parámetros de calidad de la energía y de los puntos de medición de interés, hasta la implementación de las propuestas de solución.
- Estudio de todos los fenómenos electromagnéticos (transitorios y estacionarios).
- Las complejidades de la alta variabilidad en el tiempo de las cargas no lineales.
- Uso de los términos y criterios adecuados en el análisis de los fenómenos electromagnéticos (p. eje, demanda de distorsión total (TDD) en vez de distorsión armónica total (THDi) y los límites de los armónicos individuales de corriente).
- Cuantificar las pérdidas que producen los fenómenos que causan disturbios electromagnéticos (p. ej. los armónicos de corriente).
- Estudio del sistema de puesta a tierra y el estado térmico del cableado y de los puntos de conexión.

A partir de la anterior justificación y teniendo en cuenta la importancia creciente que tiene el análisis de los problemas de calidad de la energía en el SEI, se propone la presente investigación que tiene como objetivo establecer un procedimiento para la evaluación de la calidad de la energía en una industria en donde predominan cargas eléctricas variables no lineales. El procedimiento abarca el diagnóstico inicial de la problemática del sistema eléctrico de la industria caso de estudio, el reconocimiento del sistema eléctrico, la identificación de los puntos de medición, la ejecución de las mediciones, el procesamiento de datos, la interpretación de los resultados e identificación de problemas, las propuestas y selección de las mejores soluciones.

En el procedimiento se contempla el análisis de cargas no lineales con alta variación en el tiempo y del sistema de puesta a tierra, así como, el estudio termográfico del cableado y puntos de conexión.

El procedimiento fue validado en un circuito eléctrico industrial de ingeniería metalmecánica que presentaba problemas de calidad de la energía que provocaban daños en las tarjetas electrónicas, fallas en la coordinación de protecciones, reducción de la vida útil de equipos eléctricos, presencia de corrientes parásitas en conductores de tierra, calentamiento en conductores eléctricos, entre otros.

El análisis se realizó en 13 transformadores mediante mediciones simultáneas durante 10 días. De los 13 transformadores, uno es el del punto de conexión común y doce transformadores son de distribución de la planta.

Perturbaciones de calidad de la energía

Las perturbaciones de calidad de la energía son alteraciones en las formas de onda de las variables eléctricas producida por diversos factores como cortes de energía, conmutaciones en el sistema eléctrico, presencia de cargas no lineales, entre otros.

La Norma Técnica Colombiana (NTC) 5001 (ICONTEC, 2008b), establece las perturbaciones mostradas en la Tabla 0.1, que pueden afectar la calidad de la potencia eléctrica.

Tabla 0.1

Clasificación de perturbaciones de calidad de potencia según su duración

Perturbaciones	Tipo
Larga duración o permanentes	Variaciones de tensión de estado estable Desequilibrio de tensión Parpadeo “Flicker” Interrupciones de larga duración (duración ≥ 1 min) Armónicos de tensión Armónicos de corriente Muecas de tensión Variaciones de tensión de larga duración (subtensiones y sobretensiones)
Lentas	Interrupciones de corta duración (duración < 1 min) Hundimientos (“Sags”)

Rápidas	Elevaciones (“Swells”) Variaciones de frecuencia Sobretensiones transitorias
---------	--

Nota. Elaboración propia a partir de (ICONTEC, 2008b)

A partir de la Tabla 0.1, se pueden observar las diferentes perturbaciones de calidad de la energía según su duración.

Para la evaluación de calidad de la energía, se describen las principales perturbaciones de calidad de la energía y límites establecidos por la norma:

Análisis de tensión

El comportamiento de la tensión se analiza de acuerdo con sus variaciones con respecto a la tensión nominal y al desequilibrio que se presente entre las tensiones de cada fase.

Variaciones de tensión

Las variaciones de tensión pueden evaluarse tanto para sistemas generales como para sistemas que alimenten diferentes cargas. Se debe tener en cuenta que si se requiere pueden evaluarse ambos límites a la vez en el mismo punto de registro.

Sistemas generales

Los perfiles de tensión en el sistema son analizados de acuerdo con las recomendaciones de la norma NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), en la cual se establecen los valores de referencia para las variaciones de tensión de estado estable, tal como se indica en la Tabla 0.2

Tabla 0.2

Límites de variación de tensión para sistemas generales

Tipo de sistema	Tolerancia de variación de tensión
General	+10%, -10%

Nota. Elaboración propia a partir de (ICONTEC, 2008b)

De la Tabla 0.2 se observan que el valor de la variación de tensión debe estar dentro del rango establecido según la norma.

Sistemas que alimenten equipos electrónicos

La variación de tensión en el sistema, calculado como relación entre la tensión medida sobre la tensión nominal (ICONTEC, 2008b), son analizadas de acuerdo con las recomendaciones de la norma NTC 1340 (ICONTEC, 2013), en la cual se establecen límites para variaciones de tensión, tal como se indica en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 0.3

Clasificación, denominación y valores de tensión nominal.

Clasificación	Máxima (% de la nominal)	Mínima (% de la nominal)
Baja Tensión Vn < 1 kV	+5	Clientes Urbanos: -8 Clientes Rurales: -10

Nota. Elaboración propia a partir de (ICONTEC, 2013)

De la Tabla 0.3 se observan que el valor de la variación de tensión en la alimentación para equipos electrónicos debe estar dentro del rango establecido según la norma.

Desequilibrio de tensión

El desequilibrio de tensión se calcula como el porcentaje de la máxima desviación de tensión en relación a la tensión promedio, sobre la tensión promedio (American National Standard Motors and Generator, 2011). De acuerdo con la norma NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), para circuitos urbanos, el 99% de los valores de desequilibrio de tensión evaluados deben estar dentro de los valores de referencia; y para circuitos rurales, el 95%, tal como se indica en la Tabla 0.4.

Tabla 0.4

Porcentaje máximo de desequilibrio de tensión

Rango de tensión	Valor de referencia (%)
Tensión nominal < 69 kV	2.0
Tensión nominal \geq 69 kV	1.5

Nota. Elaboración propia a partir de (ICONTEC, 2008b)

En la Tabla 0.4 se observan los límites de desequilibrio de tensión según el nivel de tensión.

Análisis de contenidos armónicos

Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales con frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental del sistema y que son originadas por cargas no lineales (D. Committee et al., 2014). Las cargas no lineales están compuestas por dispositivos electrónicos como diodos, tiristores y transistores. En estos dispositivos, la corriente no tiene la misma forma de onda que la tensión que la alimenta, y la impedancia cambia con la tensión (Crespo, 2018), (MAYRA, 2013).

Los armónicos son analizados con base en la norma IEEE Std 519 (D. Committee et al., 2014), mediante el cálculo de los índices de distorsión de las variables eléctricas.

Índices para armónicos de tensión

En condiciones normales de operación, se deben calcular los percentiles al 95% de los valores de distorsión armónica individual y la distorsión armónica total de tensión, en porcentaje de la tensión a frecuencia fundamental. En la Tabla 0.5; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se establecen estos límites.

Tabla 0.5

Límites de distorsión armónica de tensión

Rango de tensión (kV)	Distorsión armónica individual de tensión Dv (%)	Distorsión armónica total de tensión THDV (%)
Vn<1	5.0	8.0
1<Vn<=69	3.0	5.0
69<Vn<=161	1.5	2.5
Vn>161	1.0	1.5

Nota. Elaboración propia a partir de (D. Committee et al., 2014)

En la Tabla 0.5 se aprecian los valores de distorsión armónica individual y total según el nivel de tensión del sistema.

Índices para armónicos de corriente

La norma IEEE Std 519 (D. Committee et al., 2014), establece los límites admisibles para la distorsión armónica de corriente según la tolerancia del sistema a la deformación de la onda de tensión provocada por la alimentación de corrientes a diferentes frecuencias en el punto de conexión común; esta característica es medida por medio del parámetro “Isc/IL”, donde:

Isc, es la mínima corriente de corto circuito trifásica que se tenga disponible para hacer la evaluación en el punto de conexión común.

IL, es la corriente de demanda máxima en el punto de conexión común.

En la Tabla 0.6 se muestran los límites para el contenido de armónicos de corriente en sistemas con tensiones entre 120V y 69kV.

Tabla 0.6

Límites de distorsión de demanda de corriente para sistemas con tensiones de 120 V hasta 69 kV

Isc/IL	Armónicos individuales (%)				TDD (%)
	3≤h<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	5
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	8
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	12

100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	15
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	20

Nota. Elaboración propia a partir de (D. Committee et al., 2014)

En la Tabla 0.6 se observan los valores permitidos para los armónicos de corrientes y la distorsión de demanda de corriente según la relación I_{sc}/I_L .

Análisis de carga

Para la evaluación de cargabilidad de los transformadores de potencia se evalúa el porcentaje máximo de carga admisible de acuerdo a la presencia de armónicos como lo recomienda la norma IEEE C57.110 (T. Committee & Society, 1986).

Análisis del factor de potencia

El factor de potencia es evaluado en el punto de conexión común con respecto a la posibilidad de generar un costo adicional para la empresa caso de estudio según los parámetros establecidos en el capítulo 12 resolución 015-2018 (CREG, 2018), la cual establece que se realizará el cobro del costo de transporte de energía reactiva según las siguientes condiciones:

- Un usuario final registra en su frontera comercial un consumo de energía reactiva inductiva superior al cincuenta por ciento de la energía activa (kWh) que le es entregada en cada periodo horario.
- Cuando se registre en una frontera comercial el transporte de energía reactiva capacitiva, independientemente del valor de energía activa, se cobrará sobre la totalidad de energía reactiva registrada.

Análisis de frecuencia

Este análisis se realiza orientado a detectar la variación de frecuencia que se presenta en la red que alimenta las cargas. En la norma NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), establece los límites

tolerables de variación de frecuencia para los tipos de redes contemplados, tal como se indica en la Tabla 0.7.

Tabla 0.7

Valores de referencia de variaciones de frecuencia

Tipo de red	Frecuencia aceptable durante el 95% de los datos tomados de una semana	Frecuencia aceptable durante el 100% de los datos tomados de una semana
Redes acopladas por enlaces síncronos a un sistema interconectado	Todos mayores a 59.8 Hz y todos menores a 60.2 Hz	Todos mayores a 57.5 Hz y todos menores a 63 Hz
Redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (redes de distribución en regiones no interconectadas e islas)	Todos mayores a 59.8 Hz y todos menores a 60.2 Hz	Todos mayores a 51 Hz y todos menores a 69 Hz

Nota. Elaboración propia a partir de (ICONTEC, 2008b)

En la Tabla 0.7, se observan los límites en los cuales debe estar el valor de la frecuencia según donde esté conectado el sistema eléctrico. Los valores de frecuencia no permiten un margen de error, como si lo estipulan otros parámetros de calidad de la energía.

Flickers o parpadeo

Los “flickers” se derivan de las variaciones de tensión y es percibido por la visión humana por una emisión cambiante de la iluminación. El nivel de severidad de los “flickers” se analiza de acuerdo con la duración del “flicker”, clasificados como: de larga duración (Plt) y son evaluados únicamente en el punto de conexión común. En la Tabla 0.8 se presentan los límites de referencia de la Norma Técnica Colombiana NTC 5001.

Tabla 0.8

Valores de referencia de parpadeo

Tensión nominal (kV)	Límite de referencia Plt95% (p.u)
V _n < 69 kV	1.0 p.u
V _n > 69 kV	0.8 p.u

Nota. Elaboración propia a partir de (ICONTEC, 2008b)

En la Tabla 0.8, se observa el límite permitido Plt según el nivel de tensión.

Indicación de eventos

Los eventos registrados en los puntos de instalación de los equipos son analizados con base en la norma NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), a fin de establecer la clasificación de la perturbación de calidad de potencia según su duración.

Análisis de sistema de puesta a tierra

Estudios realizados muestran que entre el 80% y 90% de las fallas que se presentan en equipos electrónicos sensibles (equipos basados en microprocesadores) se deben a falencias en el cableado y puestas a tierra deficiente (Plata, 2006). En muchos casos cuando se tratan estos problemas y se corrigen, mejora notablemente la calidad de la energía de la instalación (Plata, 2006).

La tierra es una conexión conductora entre un circuito eléctrico o equipo y la fuente de potencia. Un buen sistema de puesta a tierra va a drenar la corriente de falla y protegerá a los equipos conectados a ella. Además, el sistema de puesta a tierra permitirá que todos los equipos operen al mismo nivel de potencial eléctrico, lo que evita que se generen diferencias de potencial entre componentes individuales de equipos sensibles (Patricio, 2010; Plata, 2006)

Una conexión de neutros y tierra, también puede ocasionar problemas de calidad de la energía. Esto se debe a la tierra puede transportar corrientes que vienen del neutro, causando anomalías en las cargas eléctricas. La tierra se conecta con el neutro antes del totalizador

principal de la instalación. Si existen varias puestas a tierra dentro de la instalación, estas deben estar equipotenciales, por lo tanto, no pueden existir puestas a tierra aisladas (Plata, 2006). La forma de conexión entre la puesta a tierra y el sistema eléctrico, puede tener un efecto en la magnitud de las tensiones de línea a tierra que deben mantenerse en condiciones normales (Patricio, 2010).

Un sistema de puesta a tierra debe tolerar las corrientes de cortocircuito durante el tiempo transcurrido entre la producción de la falla y la actuación de las protecciones e interruptores que la eliminan, sin deteriorar sus propiedades mecánicas ni eléctricas (Polo et al., 2017).

Adicionalmente deben estar en la capacidad de drenar corrientes a tierra, provenientes de transitorios, tales como, descargas atmosféricas o por actuación de los pararrayos sin producir diferencias de potencial significativas que puedan ocasionar el deterioro prematuro de equipos importantes en la subestación, plantas industriales, edificaciones o líneas de transporte (Polo et al., 2017).

En general un óptimo sistema de puesta a tierra una instalación eléctrica contribuye a:

- Mantener una diferencia de tensión baja entre las diferentes estructuras metálicas con lo que se busca proteger al personal de un choque eléctrico.
- Contribuir a un mejor desempeño de los sistemas de protección.
- Evitar incendios provocados por materiales volátiles o combustión de gases, ya que proporciona un camino seguro para fallas eléctricas.
- Buen desempeño de los equipos al tenerlos todos al mismo nivel de potencial.
- Los problemas en el cableado y una deficiente puesta a tierra pueden causar:
- Choque eléctrico al personal.
- Costosos daños a equipos eléctricos.

- Mal funcionamiento de equipos de cómputo y automatización.
- El sistema eléctrico no tiene un punto de referencia.

Para lograr una buena puesta a tierra se debe de considerar los aspectos siguientes:

- Se realiza un estudio de resistividad del terreno según el estándar internacional IEEE Std 81-1983 y ASTM G 5795 a.
- Posterior al estudio se realiza un diseño de puesta a tierra a través de un software certificado.
- Según el diseño y el terreno se usan los siguientes elementos: Varilla de cobre, cableado de cobre desnudo, barrajes de cobre y soldadura exotérmica
- La conexión entre las varillas y el cableado desnudo se realiza mediante soldadura exotérmica (es una técnica con pólvora y un molde la cual consiste en un aumento de la temperatura elevado que logre soldar la varilla con el cableado desnudo).
- Conectar del sistema de puesta a tierra en los tableros eléctricos del sistema eléctrico de la edificación.
- Conectar a las carcassas metálicas de los equipos y gabinetes eléctricos a tierra.
- Finalmente realizar una medida de resistencia de puesta a tierra (continuidad) mediante los siguientes elementos: Puente de unión al conductor de tierra, mediante conexiones roscadas en tubería rígida y eléctrica, así como conexiones no roscadas que se usan como accesorios de la tubería rígida y eléctrica.

Mediciones de continuidad.

Las mediciones de continuidad se realizan para verificar la equipotencialidad entre los sistemas de puesta a tierra que tiene un sistema eléctrico con el fin de verificar que estén

conectadas entre sí (IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1992). La medición puede ser efectuada con un Telurómetro o una pinza voltiamperimétrica

Se realiza la verificación de equipotencialidad (unión directa) entre los diferentes sistemas de puesta a tierra de los cuartos eléctricos y gabinetes principales, siguiendo el método suma de resistencia suma y resistencia de contacto, haciendo conexión entre las barras de tierra de tableros y gabinetes eléctricos y estructuras metálicas con el sistema de puesta a tierra principal de sus respectivas fuentes eléctricas.

Mediciones de corriente en el sistema de puesta a tierra

En condiciones normales de operación no debe presentarse circulación de corriente eléctrica en los conductores de puesta a tierra de equipos o circuitos y solo se presentarían antes situaciones de fallas de aislamiento o cortocircuitos, con lo cual se posibilita la actuación inmediata de los dispositivos de protección. No obstante, en las instalaciones eléctricas podría presentarse la circulación de corrientes en los conductores de puesta a tierra en condiciones de funcionamiento anormal o debido las deficiencias en las instalaciones por malas prácticas de conexión y distribución de estos conductores, problemas asociados a inducciones o utilización de conductores de tierra como conductores de neutro. Esta verificación puede realizarse con un equipo de medición de corrientes espurias.

Mediciones de resistencia de puesta a tierra

Para las mediciones de resistencia puesta a tierra se utiliza el método de la caída de potencial, ubicando el electrodo de corriente a 280 m de la malla, dependiendo la distancia de separación de esta y variando la distancia del electrodo de potencial cada 10 y 5 m a fin de construir la curva de resistencia versus distancia. Estas mediciones de resistencia de puesta a

tierra se deben comparar con los valores establecidos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) de acuerdo con los requisitos mostrados en la Tabla 0.9.

Tabla 0.9

Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

Aplicación	Valores máximos de resistencia de puesta a tierra
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Nota. Elaboración propia. Tomada de (RETIE, 2013a)

En la Tabla 0.9, se aprecian los valores de resistencia de puesta a tierra según el sistema que se desea evaluar. Este valor es la referencia que se debe comparar con las mediciones tomadas, las cuales deben tener un valor menor o igual al indicado.

Inspección visual a tableros eléctricos

La inspección visual a los tableros eléctricos se realiza verificando los aspectos siguientes exigidos por el RETIE referente al sistema de puesta a tierra.

- Los conductores de tierra no deben estar empalmados.
- Se debe aterrizar las carcasas de equipos metálicos.
- Se deben equipotencializar todas las puestas a tierra.
- El conductor de tierra debe estar identificado con su respectivo color verde.
- No debe haber tornillería oxidada para realizar un buen contacto del conductor de tierra.
- El conductor de puesta a tierra debe ir conectado al barraje con un conector certificado.

Análisis de cableado y conexiones

Cuando se presentan daños en los equipos, es importante analizar el cableado eléctrico que lo alimenta. Este análisis se realiza inicialmente visual, luego con mediciones de corriente, aislamiento y finalmente con una termografía para evaluar si existe sobrecalentamiento (Plata, 2006).

Para equipos críticos se recomienda usar circuitos independientes en los cuales solo se alimente la carga crítica. Estos circuitos independientes o dedicados reducen las caídas de tensión y las interferencias electromagnéticas (Plata, 2006).

Termografía por infrarrojos

El análisis termográfico es de gran importancia para un diagnóstico de calidad de la energía, debido a que permite identificar diferentes anomalías como aumentos de temperatura y falsos contactos en conexiones, conductores y equipos, las cuales afectan la normal operación de las cargas conectadas a un sistema eléctrico. Gran parte de las averías eléctricas SEIs, están precedidas por cambios de temperatura, los cuales pueden ser detectados mediante una inspección termográfica (AZNARÁN BALCÁZAR & REYES ARANDA, 2015).

La termografía por infrarrojos es una técnica que permite detectar, sin contacto físico con el elemento bajo análisis, cualquier falla que se manifieste en un cambio de la temperatura (Group, Snell; Corporation, 2009). La termografía se realiza con una cámara, la cual tiene unos sensores que permiten detectar y medir la radiación según la temperatura del objeto de estudio (Noriega, 2018). El principio de las termografías por infrarrojos es la radiación, la cual es la transferencia de calor que se produce en ondas electromagnéticas sin que exista un medio directo de transferencia.

Fundamentos de la termografía

Para el uso de la termografía es importante conocer los principios básicos de transferencia de calor. Las cámaras termográficas hacen lecturas basándose en la primera y segunda ley de la termodinámica.

La primera ley de la termodinámica establece que cuando el trabajo mecánico se transforma en calor o cuando el calor se transforma en trabajo, la cantidad de trabajo y de calor son siempre iguales.

La segunda ley de la termodinámica establece que cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos, la energía térmica se transfiere de las zonas más calientes (mayor energía) a las zonas más frías (menor energía) hasta alcanzar el equilibrio térmico. Una transferencia de calor tiene como resultado o bien una transferencia de electrones o bien un aumento de la vibración atómica o molecular. Esto es importante porque estos efectos son los que se miden cuando se mide la temperatura.

Métodos de transferencia de calor

- 1) **Conducción:** es la transferencia de energía térmica desde un objeto a otro mediante el contacto directo. La transferencia de calor por conducción se produce principalmente en sólidos, y hasta cierto punto en fluidos, ya que las moléculas más calientes transfieren su energía directamente a las moléculas adyacentes más frías. El coeficiente con el que se produce la transferencia de calor depende de la conductividad de los materiales y de la diferencia de temperatura entre los objetos (delta de temperatura).

Conductor: es un material que transfiere calor con facilidad.

- 1.1 Aislante:** es un material que no es eficiente en la transferencia de calor.
- 2) Convección:** es la transferencia de calor que se produce cuando las moléculas se mueven y/o las corrientes de aire, gases o fluidos circulan entre las regiones calientes y frías. La convección se produce tanto en líquidos como en gases e implica el movimiento en masa de moléculas a diferentes temperaturas. La velocidad del fluido, la dirección del flujo y el estado de la superficie del objeto son factores que afectan a la transferencia de calor por convección.
- 3) Radiación:** es el movimiento de calor que se manifiesta cuando la energía radiante se mueve sin que exista un medio directo de transferencia, por lo tanto, se puede dar incluso en el vacío.

La energía electromagnética es radiación en forma de ondas con propiedades eléctricas y magnéticas. La energía electromagnética puede presentarse de varias formas, como luz visible, como ondas de radio y radiación infrarroja. La diferencia principal entre estas formas es su longitud de onda. Mientras que el ojo humano puede detectar longitudes de onda conocidas como luz visible, las cámaras termográficas detectan longitudes de onda conocidas como calor irradiado (o radiación infrarroja). Cada longitud de onda se sitúa en una zona diferente del espectro electromagnético.

La termografía se basa en radiación que emiten los cuerpos en función de su temperatura.

La cantidad de calor irradiado está determinada por la eficiencia con la que la superficie emite energía. Gran parte de los materiales no metálicos emiten energía eficientemente, mientras que los metales, en general, son menos eficientes en emitir la energía de manera irradiada.

La emisividad es un valor que varía entre 0,0 y 1,0. Un valor cercano a 0 emite poca energía, en cambio un valor cercano a 1 emite mayor energía. La emisividad varía con el estado de la superficie, la temperatura y la longitud de onda.

A continuación, en la Tabla 0.10 , se listan algunas emisividades de los elementos más comunes:

Tabla 0.10

Valores de emisividad de algunos materiales

Material	Emisividad
Ladrillo, común	0.8
Ladrillo, refractario, basto	0.9
Hormigón	0.6
Cobre, negro oxidado	0.9
Cinta aislante, plástico negro	0.9
Vidrio	0.9
Barniz, bakelite	0.9
Pintura, sintética normal	0.9
Papel, negro, mate	0.9
Porcelana, vidriada	0.9
Acero, galvanizado	0.3
Acero muy oxidado	0.9
Agua	0.9

Nota. Elaboración propia. Tomada de (Group, Snell; Corporation, 2009)

En la Tabla 0.10, se observan los valores de emisividad más comunes, este valor se configura en la cámara termográfica antes de realizar la termografía. La emisividad del material puede ser modificada con el fin de corregir el valor por temperatura. Cabe destacar que la presencia de reflejos no se puede quitar aun con la emisividad correctamente seleccionada.

En general, una falla electromecánica antes de producirse se manifiesta generando e intercambiando calor. Este calor se traduce habitualmente en una elevación de temperatura que puede ser súbita, pero, por lo general y dependiendo del objeto, la temperatura comienza a manifestar pequeñas variaciones.

Si es posible detectar, comparar y determinar dicha variación, entonces se pueden detectar fallas que comienzan a gestarse y que pueden producir en el futuro cercano o a mediano plazo una parada de planta y/o un siniestro afectando personas e instalaciones. Esto permite la reducción de los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de salidas de servicio imprevistas, no programadas, gracias a su aporte en cuanto a la planificación de las reparaciones y del mantenimiento. Los beneficios de reducción de costos incluyen ahorros de energía, protección de los equipos, velocidad de inspección y diagnóstico, verificación rápida y sencilla de la reparación, etc.

Criterios para el análisis termográfico

La criticidad de la falla es obtenida mediante el delta de temperatura. Comparando la temperatura del equipo que presenta la anomalía con una referencia, y esta diferencia es clasificada según las recomendaciones del “Infraspection Institute” para equipos eléctricos de alto y baja tensión. Es de vital importancia que el profesional que realice el análisis termográfico este certificado como termógrafo mínimo nivel I.

En la Tabla 0.11 se presenta una guía en la cual se encuentran rangos de diferencias de temperaturas, y que se recomienda hacer en cada caso.

Tabla 0.11

Criterios para el análisis de imágenes termográficas

Nivel	Exceso de temperatura (ΔT entre componentes con carga similar)	Observaciones
1	0 a 10° C	Incipiente: Los correctivos deben ser efectuados en el próximo programa.
2	10 a 20 °C	Pronunciada: El equipo debe colocarse en observación y los correctivos deben ser efectuados cuando el programa lo requiera.

3	20 a 40 °C	Severa: Los correctivos deben ser efectuados tan pronto como sea posible.
4	Mayor de 40 °C	Critica: Los correctivos deben ser efectuados inmediatamente.

Nota. Elaboración propia. Tomada de ANSI/ NETA ATS-2013 (Peterson et al., 1995)

En la Tabla 0.11, se puede observar la clasificación de la falla dependiente del delta de temperatura encontrado en la toma termográfica.

Capítulo 2: Procedimiento para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs con cargas eléctricas variables no lineales.

En este capítulo se describen los pasos del procedimiento para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs con cargas eléctricas variables no lineales. El procedimiento tiene un carácter secuencial y se basa en las normas NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), NTC 1340 (ICONTEC, 2013) e IEEE Std 519 (D. Committee et al., 2014). El procedimiento podrá ser implementado por especialistas en temas de calidad de la energía. También son necesarios equipos de medición específicos como analizador de redes, cámara termográfica y telurómetro. En la Figura 0.1 se muestra el diagrama de pasos del procedimiento.

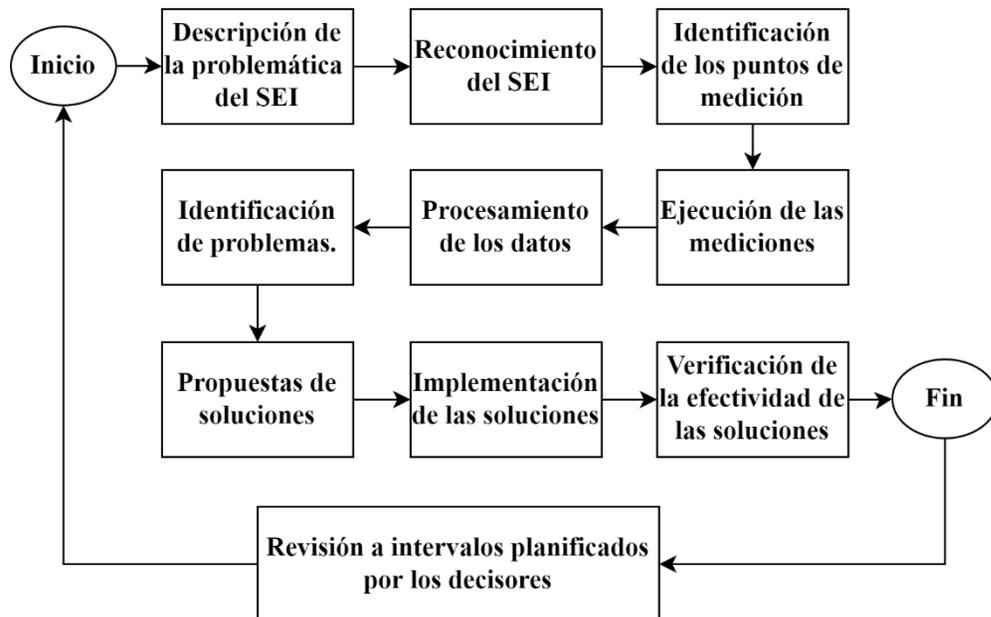


Figura 0.1 Procedimiento para el análisis en calidad de la energía en SEIs donde predominan cargas eléctricas variables no lineales. Elaboración propia.

En la Figura 0.1, se presenta el procedimiento propuesto para la evaluación de calidad de la energía en SEIs donde predominan cargas eléctricas variables no lineales. Cabe resaltar que este procedimiento debe ser lo más general con el fin de poder ser aplicado en cualquier industria que cumple con las características anteriormente descritas. El procedimiento contempla la posibilidad de mejora continua mediante la revisión a intervalos planificados por parte de decisores de la empresa, para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.

A continuación, se describen los pasos del procedimiento mostrado en la Figura 2.1.

Descripción de la problemática del SEI

Se inicia como primer paso del procedimiento, con el reconocimiento de la problemática del SEI, para la cual se requiere recolectar información preliminar sobre los problemas que están afectando a la empresa. Este proceso se puede realizar mediante entrevistas con el personal administrativo y operativo de la industria, los cuales pueden aportar información sobre los equipos que están presentando problemas en su operación, su ubicación en el SEI y el período de tiempo en que las afectaciones están ocurriendo.

Para el correcto desarrollo de la entrevista, se recomienda que seleccione el personal idóneo que permita aportar toda la información necesaria como personal de gerencia, jefe de mantenimiento, supervisor encargado de áreas críticas, y técnicos relacionados con el proceso productivo.

En la Tabla 0.1 se propone un instrumento que permite obtener la información necesaria para describir de forma preliminar la problemática del SEI.

Tabla 0.1

Instrumento para la descripción de la problemática del SEI

Información requerida	Fundamentación
Características generales del proceso productivo de la industria y las funciones del personal técnico que interactúa con el SEI.	Esta información permite conocer el régimen de operación de la industria, y el nivel de competencia del personal especializado en relación con los problemas de calidad de la energía.
Características generales de la subestación.	Con esta información se obtienen los datos de los transformadores y la corriente de cortocircuito.
Indagar sobre la instalación de banco de condensadores y el sistema de puesta a tierra.	Se pueden prever posibles problemas de resonancia por la interacción de los armónicos con el banco de condensadores y de posibles problemas de calidad por fallas a tierra.
Ubicación de la empresa en el sistema eléctrico de potencia.	De acuerdo con la ubicación de la empresa en relación el sistema eléctrico de potencia, se pueden establecer los límites que plantean las normas para evaluar los diferentes problemas de la calidad de la energía. Además, ofrece información acerca de la confiabilidad del punto de conexión común (Si la empresa se encuentra ubicada en zona rural los circuitos tienen una confiabilidad más baja que los circuitos ubicados en áreas urbanas).
Horario de los procesos productivos.	Esta información permite identificar el régimen de operación de las cargas conectadas al SEI y facilita el análisis e interpretación de las mediciones.
Áreas críticas del proceso de producción.	Se refiere a las áreas que mayor carga presentan y aquellas que no deben quedar fuera de servicio pues se pudiera atrasar o detener el proceso productivo. Con esta pregunta se puede identificar las áreas que se les debe prestar mayor atención en el análisis y que deben incluirse como punto de medición.
Descripción de los problemas que ha presenta el SEI relacionados con la calidad de la energía.	Esta información permite identificar conocer los equipos dañados, la afectación en el servicio eléctrico y los costos asociados.
Criterio sobre la relación entre los problemas presenten en el SEI y los problemas de calidad de la energía.	Con esta información se puede conocer la percepción que tienen los entrevistados sobre la relación entre los eventos no deseados ocurridos en la industria y los problemas de calidad de la energía. En ocasiones, algunos de los eventos no

deseados que ocurren en los equipos de una empresa se deben a problemas de mantenimiento y no por la calidad de la energía.

Características de las cargas eléctricas que operan dentro de la industria.

Esta información permite prever algunos de los problemas de calidad de la energía. Por ejemplo, si la operación de las cargas se encuentra automatizadas o tienen elementos electrónicos, entonces se espera la generación de armónicos causado por los componentes no lineales. Los motores de arranque directo pueden provocar problemas de variación de tensión, y la presencia significativa de cargas monofásicas puede generar desequilibrio de tensión y corriente.

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 0.1, se presenta una guía de puntos que ayudaran a obtener información relevante de la industria. Para la obtención de información se elaboraran al personal operativo de la industria con el fin de conocer de primera mano la información referente a los problemas que ocurren en la industria a analizar. Al final de la aplicación del procedimiento, se sugiere dar una capacitación de calidad de la energía con los hallazgos encontrados y las soluciones sugeridas con el fin de mantener informado al personal que ellos mismos contribuyan a la mejora continua del procedimiento.

Reconocimiento del SEI

Luego de haber identificado la problemática del SEI, se procede a realizar el reconocimiento del SEI, para la cual se propone:

- Revisar los diagramas unifilares del SEI, planos del sistema de puesta a tierra, apantallamiento, y cuadro de cargas críticas.
- Realizar un recorrido por la planta para verificar la información de los diagramas y planos eléctricos prestando especial atención a las cargas críticas.
- Identificación y revisión del punto de conexión común (PCC), las subestaciones y los tableros eléctricos principales.

- Revisar la documentación de las cargas eléctricas no lineales de la industria, y revisar in situ su sistema de accionamiento y régimen de operación.
- Recopilar información acerca del plan de mantenimiento de la industria y verificar su cumplimiento.

Identificación de los puntos de medición

A partir de la información recopilada con el instrumento de descripción de la problemática del SEI y el reconocimiento in situ del SEI, se procede a establecer las prioridades dentro del estudio de la calidad de la energía. Una vez establecidas estas prioridades, se planifican las mediciones y se establecen los puntos de medición.

Según el alcance del procedimiento propuesto, se definirán puntos para la medición de los parámetros electromagnéticos relacionados con la calidad de la energía eléctrica, para la medición de la puesta a tierra y para el registro termográfico de diferentes puntos de conexión eléctrica.

Los puntos para la medición de los parámetros electromagnéticos relacionados con la calidad de la energía eléctrica se deben de seleccionar siguiendo el orden de prioridad siguiente:

1. Transformadores ubicados en el PCC y en las subestaciones del SEI.
2. Tableros eléctricos que distribuyen la energía eléctrica en circuitos de interés.
3. Cargas de interés debido a la afectación recurrente en su operación o por presentar características que generen problemas de calidad de la energía (cargas no lineales, motores con arranque directo, etc.).

Para la selección de puntos de medición de la puesta a tierra se sugiere considerar los siguientes criterios:

1. Revisión de los planos del sistema de puesta a tierra (SPT) del SEI.

2. Selección de los puntos en los cuales se van a ejecutar las mediciones con base en los planos teniendo en cuenta: la malla a tierra general, el sistema de apantallamiento y las subestaciones.
3. Realizar mediciones de resistencia de puesta a tierra.
4. Verificar continuidad entre las mallas existentes.
5. Verificar que los equipos críticos y las estructuras metálicas estén conectadas a tierra.

Los puntos para el estudio termográfico pueden coincidir con los puntos donde se realiza la medición de los parámetros electromagnéticos. También pueden incluirse puntos de conexión eléctrica donde se evidencie afectaciones a simple vista por efecto térmico (desfiguración de materiales, color característico de quemaduras, etc.).

Ejecución de las mediciones

Teniendo en cuenta la identificación de los puntos en los cuales se instalarán los equipos para realizar las mediciones, se procede a la instalación de estos en los puntos definidos previamente.

En esta etapa se realizan las mediciones de los parámetros eléctricos y de calidad de la energía en los transformadores, de los parámetros de puesta a tierra y de termografía en los principales puntos de conexión del sistema eléctrico.

Las mediciones se deben realizar según las recomendaciones de las normas, estándares y reglamentos (IEEE Std 1159, 2019), (IEEE, 2014), (ICONTEC, 2008b), (ICONTEC, 2013) y (RETIE, 2013b). En estas normas y reglamentos, se establecen los requerimientos que deben de cumplir los instrumentos de medición, el período recomendado para realizar las mediciones, el

intervalo entre los registros y consideraciones de corrección por temperatura, altura y otros aspectos.

Medición de los parámetros electromagnéticos para el análisis de calidad de la energía

Para medir los parámetros electromagnéticos que permite realizar el análisis de calidad de la energía se sugiere usar equipos de medición que cumplan con la norma IEC 61000-4-30 (IEC, 2015). Estos equipos deben ser capaces de medir la mayor cantidad de parámetros, estar clasificados como de tipo A o B según el alcance del estudio y presentar la calibración vigente. Entre los equipos de medición más utilizados con este fin, se encuentra el analizador de redes, pues permite medir y registrar gran variedad de parámetros eléctricos durante los periodos de tiempo requerido por el usuario.

La norma NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), establece dos tipos de medidas para los analizadores de redes:

- Medidores de clase A: deben emplearse medidores clase A, cuando se requiere de medidas precisas para efectos de aplicaciones contractuales, verificación del cumplimiento de los valores de referencia estipulados en esta norma o en el caso de resolver reclamaciones o disputas entre un operador de red y un cliente.
- Medidores de clase B: medidores clase B podrán emplearse para investigaciones estadísticas, estudios de diagnóstico en instalaciones y otras aplicaciones donde no se requiere una alta precisión o baja incertidumbre.

Entre los parámetros que registran actualmente los analizadores de redes se encuentran:

- Tensión: TRMS, pico, factor de cresta (4 canales).

- Corriente: TRMS, pico, factor de cresta (4 canales).
- Potencia (activa, reactiva, aparente).
- Mediciones de potencia según IEEE 1459 (activa, no activa, fundamental, armónicos, desequilibrio de cargas).
- VFD (variadores de frecuencia, 5 Hz – 110 Hz), 400 Hz.
- Desequilibrio, medición de parpadeo.
- Análisis de armónicos e inter armónicos hasta el armónico 50, medición de THD.
- Captura y registro de eventos en el suministro eléctrico (desconexiones, interrupciones, subidas, caídas).
- Monitorización y registro de corrientes de arranque.
- Registro de sobretensiones transitorias.
- Análisis de la calidad de la energía según la norma EN 50160, IEEE 519.
- Factor de potencia.

Durante el inicio de las mediciones de los parámetros electromagnéticos, debe de examinarse la configuración del instrumento de monitoreo y confirmar que coincide con las características del SEI y del punto de conexión. Los ajustes dependerán de que el circuito sea monofásico o trifásico, si es línea a neutro o línea a línea, estrella o delta y los umbrales de operación, por ejemplo; tensión nominal y límites transitorios.

Otro aspecto para tener en cuenta durante las mediciones de parámetros electromagnéticos, es que de acuerdo con (IEEE Std 1159, 2019), el tiempo de medición debe de cumplir al menos un período completo de la potencia, lo cual puede ocurrir en minutos si la potencia es constante, en un día típico, en una semana o en mayor tiempo. Sin embargo en la

norma (ICONTEC, 2008b) se establece que el período de medida de los diferentes parámetros de calidad de energía debe de ser de al menos una semana de manera ininterrumpida.

Se recomienda, siempre que sea posible, realizar las mediciones en los puntos seleccionados de forma simultánea con el fin de poder evaluar la correlación entre parámetros electromagnéticos y facilitar el análisis de causa y efecto.

Medición de puesta a tierra

Para realizar las mediciones de resistencia de puesta a tierra se deben emplear los métodos recomendados en la norma ANSI/IEEE Std 81 (IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1992).

Método de la suma de resistencias

Con este método se determina si un SPT está interconectado con otras puestas a tierra. Se registra la suma de la resistencia total de las dos puestas a tierra interconectadas:

$$R_{12} = R_1 + R_2 \quad (1)$$

Donde,

R₁₂: Resistencia total en ohmios (Ω).

R₁: Resistencia a medir en ohmios (Ω).

R₂: Resistencia auxiliar en ohmios (Ω).

Con la aplicación de este método no es necesario desconectar los conductores de puesta a tierra en caso de existir conexión entre los SPT. Se considera que dos sistemas están equipotencializados si el valor obtenido al aplicar este método es inferior a 1,0 Ω . En la Figura 2.2, se ilustra el principio de aplicación del método.

En la figura 2.2, se observa un esquema del principio de la aplicación del método de suma de resistencias.

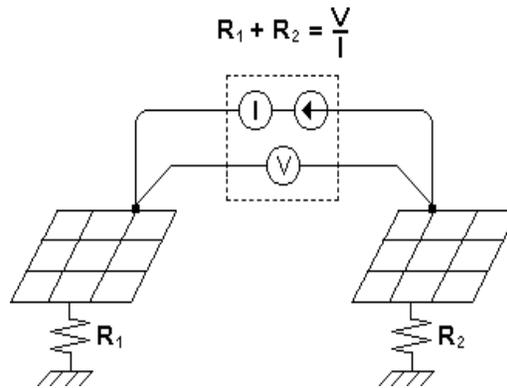


Figura 2.2. Método de la suma de resistencias. Tomada de (IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1992).

Resistencia de continuidad

Para la medición de resistencia de continuidad, se inyecta una corriente que circula por el “bucle” de prueba y el equipo mide la caída de tensión para calcular la resistencia de continuidad.

En el “bucle” de prueba la corriente puede atravesar conexiones en mal estado, normalmente oxidadas, las cuales pueden actuar como elementos galvánicos, cuya resistencia depende de la polaridad (como un diodo). Los equipos utilizados realizan automáticamente la medición en ambas polaridades, calculando la resistencia según la relación **dada por la ecuación**

(2)

$$\frac{U}{I} = R (+) \text{ y } \frac{U}{I} = R (-) \tag{2}$$

U: caída de tensión medida por el voltímetro en la resistencia a medir R expresada en Voltios (V).

I: Corriente inyectada medida por el amperímetro expresada en amperios (A).

Una resistencia demasiado elevada en los conductores de protección (tierra) puede ser consecuencia de que éstos sean demasiado largos, secciones (área transversal del cable) demasiado pequeñas, contactos defectuosos, conexiones erróneas, etc. Se considera que existe una adecuada continuidad eléctrica si el valor obtenido al aplicar este método es inferior a $1,0 \Omega$.

En la Figura 2.3, se presenta un diagrama de cómo se realiza la medición de resistencia de continuidad.

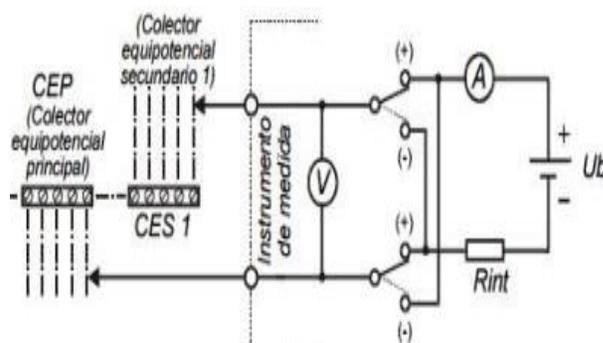


Figura 2.3. Método de resistencia de continuidad. Tomada de (IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1992).

En la Figura 2.3, se observa un esquema del método de suma de resistencia de continuidad. En esta figura se observa para verificar continuidad de un cableado o circuito se coloca cada una de las terminales del equipo de medición en los extremos del circuito o cableado. La medición de continuidad es fundamental para el estudio de puesta a tierra ya que indica si el cableado de tierra se encuentra fracturado en su trayectoria y para verificar que cuando existen varias mallas de puesta a tierra, estas estén conectadas entre sí como lo estipula la normatividad (RETIE, 2013b).

Método de la caída de potencial

En este método se inyecta una corriente al SPT a medir (E) cerrando el circuito por medio de un electrodo remoto (C2) y se registra la diferencia de potencial entre el sistema de puesta a tierra y el electrodo de potencial auxiliar (P2) ubicado en línea recta entre la puesta a tierra y el electrodo de corriente, tal como se muestra en la Figura 2.4. Método de la caída de potencial.

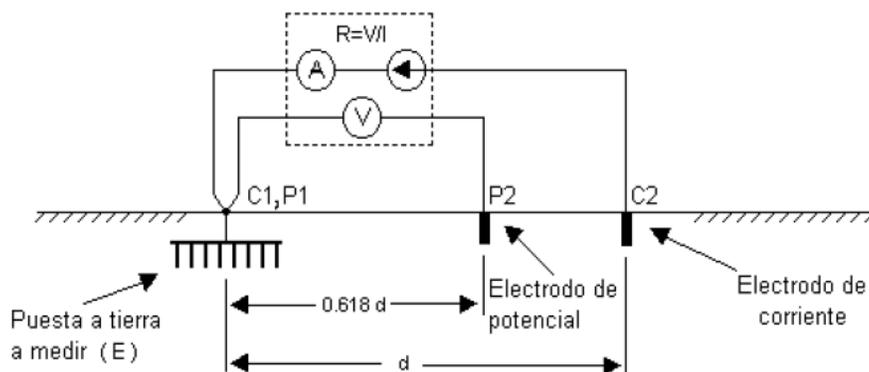


Figura 2.4. Método de la caída de potencial. Tomada de (IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1992).

En la figura 2.4, se observa un esquema del método de la caída de potencial. Si la distancia entre la malla y el electrodo de corriente es apreciable en relación con las dimensiones de la malla, el valor de resistencia de puesta a tierra se obtiene para una separación del electrodo de potencial a la malla de tierra, igual al 61,8% de la distancia entre ésta y el electrodo de corriente.

Para la medición de resistencia puesta a tierra, resistencia del terreno y continuidad en conductores, se utiliza un medidor de aislamiento de tierra más comúnmente conocido como Telurómetro y que cumplan con las normas EN61010-1, EN50081-1, EN50082-1. Estas mediciones deben de realizarse con base en la norma IEC 61557.

Los telurómetros en la actualidad permiten la medición de los parámetros siguientes:

- Resistencia de tierra (cuatro cables).

- Resistencia parcial de tierra (cuatro cables más pinza).
- Resistencia de tierra con dos pinzas.
- Resistividad de tierra.
- Continuidad de conductores de protección.
- Continuidad Rx.
- Resistencia de aislación.
- Tensión.
- Varistor.

Evaluación de sistema de puesta a tierra respecto a la norma:

Esta revisión consiste en realizar una inspección de la puesta a tierra de tableros eléctricos, mallas y estructuras metálicas según la normatividad nacional e

internacional. A continuación, se listan los criterios principales para la inspección:

- Cables sin empalmes.
- Estructuras metálicas aterrizadas a tierra.
- Cables de tierra conectados correctamente a los barrajes (con conectores certificados).
- Tornillería en buenas condiciones (sin oxido o sulfatadas).
- Existencia de Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (DPS) donde se requiera.
- Tableros eléctricos con señalización de peligro.
- Cumplimiento de código de colores para conductores eléctricos.

Análisis termográfico

Para realizar las termografías en los tableros eléctricos se pueden utilizar cámaras termográficas. Estos equipos tienen como funciones: medir la emisión natural de radiación

infrarroja de un objeto, determinar su temperatura y generar una imagen térmica, realizando un procesamiento digital de las señales censadas. La cámara termográfica debe de cumplir con las normas IEC 60068-2-6 (Gabriel, 2003) y NETA (Peterson et al., 1995).

Para la toma de termografías, se usan tres métodos:

- Termografía comparativa.
- Termografía inicial.
- Método de tendencia.

El método elegido depende del tipo de equipo que se inspeccione y del tipo de datos que se necesiten. Se pueden obtener buenos resultados con los tres métodos.

Termografía comparativa: Es un proceso utilizado por los termógrafos para comparar componentes similares en condiciones similares para evaluar el estado del equipo que se está inspeccionando. Gran parte de la termografía se basa en el trabajo comparativo. Mediante la comparación del objeto de interés con otros similares, suele ser fácil detectar un problema. La formación y la experiencia son fundamentales para el proceso, puesto que puede haber muchas otras variables que deben tenerse en cuenta.

Termografía inicial: Una inspección inicial se usa para establecer un punto de referencia del equipo cuando funciona en condiciones normales y sin problemas. Es muy importante determinar el estado del equipo normal o deseado y utilizarlo como firma térmica inicial con la que comparar imágenes posteriores.

Tendencia térmica: es un proceso utilizado por el termógrafo para comparar la distribución de la temperatura en el mismo componente en función del tiempo. La tendencia térmica se utiliza

sobre todo en la inspección de equipos mecánicos en los que las firmas térmicas habituales pueden resultar complejas. También es útil cuando las firmas térmicas con las que se detectan las averías se suelen desarrollar con lentitud.

La cámara termográfica por sí misma no puede interpretar una imagen. Gracias a una combinación de habilidad y experiencia por parte del termógrafo en el uso del sistema, con frecuencia unido al uso de otros datos, se puede lograr una correcta interpretación de la imagen. Es importante que el termógrafo entienda todas las variables presentes en un equipo bajo inspección. Los termógrafos deben entender los principios operativos de distintos sistemas y desarrollar sus conocimientos en relación con la resolución de problemas. Por supuesto, el mal diagnóstico de una excepción puede resultar en el daño o la pérdida de un equipo de alto valor.

Procesamiento de los datos

Consiguiente a la ejecución de las mediciones realizadas en el paso anterior, se procede a realizar el procesamiento de los datos.

En esta etapa se realiza la organización, validación, análisis estadístico de los datos, así como el cálculo de algunos parámetros eléctricos a partir de los datos medidos. En esta etapa se sugiere aplicar los pasos siguientes:

1. Descargar los datos desde los instrumentos de medición mediante los softwares correspondientes.
2. Organizar los datos en una base de datos independientes (por ejemplo, Excel), usando la nomenclatura de los parámetros de acuerdo con las normas.

En el caso de la termografía debe de tenerse en cuenta la coincidencia entre el código y hora de registro con el objeto de análisis. Los datos de las mediciones de puesta

a tierra, por su parte, son obtenidas del telurómetro y se registran en una tabla de elaboración propia.

3. Validar los datos mediante una verificación de que los mismos se encuentren dentro de rangos aceptados según las características de los circuitos y de los puntos de medición en general.
4. Eliminar datos innecesarios registrados durante períodos de fallas eléctricas o durante procesos transitorios como arrancadas y paradas. En el caso de la termografía se eliminan las imágenes con baja calidad o las que no muestren puntos calientes.
5. Realizar el análisis estadístico de los datos.

Este paso es fundamental para el procesamiento de los parámetros electromagnéticos debido a la naturaleza variable de la carga y de los armónicos. Para realizar este paso se determina para cada parámetro los valores mínimo, máximo y promedio, posibilitando construir una imagen apropiada de la distribución relativa del grupo de datos. Además, se obtienen la función de distribución de probabilidad para identificar el porcentaje de los datos que sobrepasan los límites establecidos (Sousa et al., 2017).

6. Calcular parámetros eléctricos a partir de los datos de medición.

Entre los parámetros que deben calcularse se encuentran el desequilibrio de tensión y corriente y la variación de tensión aplicando las ecuaciones vistas en el capítulo

I. Se puede calcular, además, las pérdidas por armónicos mediante la ecuación (3).

$$P_{p\acute{e}rdidas} = P_{Total} - P_{fundamental} \quad (3)$$

Donde:

$P_{pèrdidas}$:Potencia de pérdidas a causa de armónicos expresada en Watts (W).

$P_{fundamental}$:Es la potencia activa demanda por el sistema expresa en Watts (W).

P_{Total} : Es la suma de la potencia fundamental y la potencia de pérdidas expresada en Watts (W).

Es importante señalar que algunos analizadores de redes tienen incorporado estos cálculos (anализador Fluke y Dranetz), por lo tanto, en ese caso no sería necesario realizarlos nuevamente.

Identificación de problemas

Una vez realizado el procesamiento de los datos, se procede a la identificación de problemas en el SEI.

La identificación de problemas se realiza empleando métodos gráficos y estadísticos comparando los datos procesados, con los límites de las normas. Los parámetros electromagnéticos se comparan con los límites de las normas NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), NTC 1340 (ICONTEC, 2013) e IEEE Std 519 (D. Committee et al., 2014). Los datos de las mediciones de puesta a tierra se comparan con los límites establecidos por las normas y reglamentos (2050, 1998), (RETIE, 2013a) e IEEE 1100,(IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1992) mientras que los datos termográficos se comparan con los límites de la norma NETA (Peterson et al., 1995).

La representación gráfica conjunta de los datos registrados y de los límites establecidos por las normas, permite identificar a simple vista si existen valores que sobrepasan los límites, lo que indica posibles problemas de calidad de la energía, de puesta a tierra o de sobrecalentamiento. Esto también se puede verificar mediante la comparación entre el máximo

valor de los parámetros y los límites de las normas. Estos resultados sin embargo no son conclusivos, pues se debe de corroborar, además, que el porcentaje de datos que se encuentran fuera de los límites, superen el umbral establecido por las normas mencionadas (ver epígrafes del 1.3.1, al 1.3.7). Para esto se emplean herramientas estadísticas como la función de distribución de probabilidad.

Propuesta de soluciones

Una vez que se identifican los problemas, se procede a estudiar las propuestas de solución. En este paso, es importante que los especialistas realicen la evaluación de factibilidad técnica y económica de diferentes opciones de solución.

A continuación, se describen las principales soluciones técnicas que se han desarrollado para mitigar problemas de calidad de la energía.

Transformadores con factor K superior a 1

Los transformadores están diseñados para funcionar con cargas lineales, sin embargo, con el incremento de cargas no lineales han aumentado la temperatura de operación, las pérdidas en los devanados por el efecto pelicular y las corrientes de Eddy, Foucoid o parásitas (Plata, 2006).

El factor k, que puede tener valores normalizados de 1, 3, 9, 13, 20, 13, 30, 40 y 50, es un índice que relaciona la capacidad que tiene un transformador de resistir incrementos de temperatura debido a la presencia de componentes armónicas en el sistema sin llegar a dañarse (Plata, 2006). En la actualidad este es uno de los criterios que se consideran en la fabricación de los transformadores y constituye una solución en circuitos con altos niveles de armónicos.

Filtros pasivos:

Son efectivos para mitigar el problema de contaminación armónica en una instalación eléctrica o equipo. Estos son diseñados para proveer un camino de evacuación a los armónicos

que más afectan el sistema eléctrico (Plata, 2006). Los filtros pasivos son circuitos resonantes que usan combinaciones de elementos R-L-C para obtener una respuesta a la frecuencia deseada (Plata, 2006).

Los filtros más usados en aplicaciones para sistemas de potencia son:

- Filtro pasa banda (frecuencia simple).
- Filtro pasa altos (atenúa los componentes de baja frecuencia).
- Filtro pasa bajos (atenúa las frecuencias altas)

Un filtro puede actuar de una de las formas siguientes:

- Introducir una alta impedancia en serie para bloquear el paso de las corrientes armónicas.
- Derivar a tierra las corrientes armónicas a través de caminos de baja impedancia.
- Inyectar armónicos de fase contraria a los presentes en la red para cancelarlos.

Los filtros pasivos más comunes son:

- Filtro serie: Se caracterizan por producir una resonancia paralela y bloquear los armónicos pues tiene una alta impedancia a la frecuencia de sintonía.
- Filtro paralelo: Se caracteriza por presentar una resonancia serie que permite absorber las corrientes armónicas debido el bajo camino de impedancia que provoca. Un circuito LC es uno de los diseños más comunes en sistemas de potencia.

Es importante tener en cuenta que cuando se instalan bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia en ambientes contaminados con armónicos, puede ocurrir resonancia a una de las frecuencias armónicas. Para evitar este problema, se puede adicionar un pequeño reactor al condensador conformando un filtro de frecuencia simple que permite filtrar los armónicos más cercanos a la frecuencia de sintonía.

Filtro activo de potencia:

Un filtro activo de potencia es un circuito electrónico de potencia que se conecta en paralelo con la carga actuando como una fuente de corriente controlada, o en serie actuando como fuente de tensión. El objetivo principal de un filtro activo de potencia es la eliminación de armónicos y mejorar el factor de potencia de una red eléctrica (Villatoro, 2009).

La solución al problema consiste en instalar filtros que se adapten a las condiciones variables de la red y la carga.

Los filtros activos permiten realizar las funciones siguientes (Villatoro, 2009):

- Reducción de los armónicos de corriente que circulen por la red.
- Reducción de la corriente por el neutro.
- Reducción de los armónicos de tensión en los puntos de conexión de las cargas.
- Corrección del factor de potencia.
- Equilibrado de la corriente que circula por las distintas fases.
- Equilibrado de la tensión entre fases y con el neutro.
- Regulación de la tensión y reducción del “Flicker”.

Cambios en la operación de equipos

Una de las formas de mitigar problemas asociados a la variación de tensión es variar las condiciones de operación de equipos que provoquen este problema y/o se afecten por los mismos. Un ejemplo puede ser evitar que grandes cargas se conecten o desconecten al mismo tiempo. Otro ejemplo sería desplazar los horarios de operación de grandes cargas evitando la conexión en períodos de tiempo donde la variación de tensión sea significativa, mientras se resuelve la problemática (Plata, 2006).

En los transformadores también se pueden realizar dos modificaciones de tipo operativo. Una modificación puede ser el cambio del TAP para mitigar problemas de variación de tensión y otra modificación puede ser la distribución equitativa de cargas monofásicas por fase, en caso de presentarse problemas de desequilibrio de tensión.

Acondicionadores de potencia

Un acondicionador de potencia es un dispositivo que tiene como propósito entregar un nivel de tensión que garantice la operación adecuada de los equipos. A continuación se describen los acondicionadores de potencia más usados en la industria (Plata, 2006):

Supresores de transitorios

Son dispositivos de bajo costo similares a las extensiones con multitomas que garantizan buena regulación de tensión en los microcomputadores. Estos equipos están compuestos en su mayoría por varistores de óxido metálico (MOV) conectados entre las líneas o entre línea y tierra. Estos supresores son capaces de absorber la energía de los transitorios (picos) que exceden su umbral (100% por encima de la tensión pico normal).

Filtros de ruido

Los filtros de ruido son usados para reducir las interferencias electromagnéticas (EMI) o las interferencias de radiofrecuencia (RFI) a niveles aceptables. Generalmente son pequeños, de bajo costo y generalmente se instalan dentro del equipo.

La forma más simple de filtros de ruido es el filtro pasabajos, diseñado para que puedan pasar las tensiones de 60Hz y se bloqueen las tensiones a frecuencias superiores o los transitorios de frente de onda escurpado. Estos filtros no son efectivos para frecuencias cercanas a 60MHz, tales como los armónicos de bajo orden, pero sí llegan a ser eficientes en el rango de 1kHz. Los filtros pueden ser conectados línea-línea o línea-neutro para rechazar el ruido de modo normal.

Transformadores de aislamiento

Los transformadores de aislamiento, con frecuencia están equipados con una pantalla electrostática o de Faraday entre los devanados primario y secundario. Ésta es una lámina conductora de material no magnético conectada a tierra para reducir el efecto del acoplamiento capacitivo entre devanados primario y secundario, el cual forma una trayectoria para el ruido de modo común y es convertido a ruido de modo normal en el devanado secundario (Plata, 2006). Los transformadores de aislamiento son los acondicionadores de potencia más costosos y proporcionan dos funciones.

Motogeneradores

Los motogeneradores consisten en un motor eléctrico que mueve un generador AC de tal manera que la carga es eléctricamente aislada de la línea de potencia. Los motogeneradores son usados ampliamente como fuente de potencia de 400Hz para grandes procesadores centrales de cómputo que requieren esta frecuencia. Puesto que la tolerancia de frecuencia de los computadores es amplia, un motor de inducción sencillo puede ser usado para mover un alternador (generador síncrono sin escobillas), la velocidad cambia con la carga, y las variaciones de tensión de entrada sostienen la frecuencia de salida (la cual es proporcional a la velocidad) bien dentro de la tolerancia, y la tensión constante es mantenida por reguladores que controlan la excitación del campo de los generadores.

Para el caso de 60Hz, la tolerancia de frecuencia para computadores es generalmente de $\pm 0.5\text{Hz}$, por lo tanto, se requiere de motores impulsadores de inducción o de motores síncronos más complejos y costosos.

Los motogeneradores pueden brindar la carga de impulsos y de “sags” de tensión. Para cambios de tensión de línea de +20% o más, la tensión en la carga es mantenida en la normal.

La eficiencia del motogenerador es relativamente baja pues el costo de la energía consumida durante su vida útil puede ser sustancial. La disipación de calor, el peso, el volumen, y el ruido son factores que deben ser considerados en su instalación. El comportamiento debe ser inspeccionado y periódicamente reemplazado y lubricado en muchos casos, particularmente cuando se usan volantes de inercia. La confiabilidad, sin embargo, es muy alta.

Fuentes de potencia ininterrumpida (UPS)

Las UPS constituye una de las mejores soluciones para garantizar la operación continua de computadores y otros sistemas sensibles cuando las interrupciones de la tensión de línea duran aproximadamente 0.5 segundos o más (evento común durante despeje de fallas de los alimentadores de distribución).

Una UPS diseñada adecuadamente, puede proporcionar calidad de la energía a los computadores bajo todas las condiciones normales y anormales del circuito de distribución, incluyendo interrupciones mayores de 15 minutos.

Los sistemas UPS son típicamente de estado sólido, aunque algunos emplean máquinas rotatorias en combinación con conversión de estado sólido incluyendo banco de baterías. El sistema de línea preferida incluye un cargador rectificador, un inversor estático y un interruptor de transferencia automática. El flujo normal de potencia va directo desde la línea a la carga a través del interruptor de transferencia, de tal forma que el acondicionamiento continuo de la línea no es proporcionado. En el evento de pérdida de potencia de entrada, el interruptor estático transfiere la carga de los computadores al inversor estático de fase sincronizado que opera desde el banco de baterías flotante.

Evaluación de factibilidad técnica-económica de las propuestas de solución

Después de identificadas las posibles soluciones a los problemas, se realiza una evaluación de factibilidad técnica-económica. Para esto se pueden emplear alguna de los métodos de evaluación financiera siguiente:

Un método puede ser el del período de recuperación de la inversión como se aprecia en la ecuación (4).

$$PRI = \frac{I_c}{B_s} \quad (4)$$

Dónde: PRI es el período de recuperación de la inversión, I_c es el costo de inversión (\$), y B_s son los beneficios que trae consigo la instalación de los equipos (\$/año)

El otro método puede ser el del valor actual neto como se aprecia en la ecuación (5).

$$VAN = -K_0 + \sum_{i=1}^N \frac{FC_i}{(1+D)^i} \quad (5)$$

$$FC_i = (I_i - G_i - Dep) \cdot \left(1 - \frac{t}{100}\right) + Dep \quad (6)$$

$$Dep = \frac{k_0}{n} \quad (7)$$

Dónde: VAN: Valor actual neto en COP, k_0 : inversión o capital inicial del equipo en COP, FC_i : Flujo de caja en el año i en COP, D : Tasa de descuento real en % (es una aproximación financiera que define el valor presente de una suma futura, este valor lo define el Banco de la república de cada país), I_i : Ingresos en el año i en COP

G : Gastos en el año i en COP, t : tasa de interés en % y n : vida útil en años.

El Costo del Ciclo de Vida (CCV) constituye otro método que permite evaluar opciones de conservación de la energía a lo largo de la vida de un equipo o sistema, desde la adquisición,

instalación, operación y mantenimiento hasta el desmontaje y disposición final del mismo. A continuación se aprecia la ecuación (8) que describe el método.

$$LCC = K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C}{(1+D)^i} \quad (8)$$

Donde C son los costos asociados al proyecto de inversión. Entre los costos que se pueden contemplar se encuentran: los costos de instalación, de energía, de operación, de mantenimiento, de paradas (pérdidas de producción), los medioambientales, y los costos de retiro del sistema y restauración del medio.

En la evaluación también debe tener en cuenta los aspectos siguientes:

- La ubicación en la cual se instalará la solución.

Se debe de revisar la disponibilidad del espacio para la instalación de la solución a escoger. Si no se cuenta con un espacio, se deben incluir los costos asociados para la creación de dicho espacio.

- La complejidad para llevar a cabo la implementación de la solución.

Se considera si la implementación de la solución se requiere hacer por etapas debido a su alto costo, o si es una solución muy sencilla.

Teniendo en cuenta la evaluación técnico-económica, se selecciona la(s) solución(es) para mitigar los problemas de calidad de la energía identificados en la industria analizada.

Implementación de las soluciones

Cuando se selecciona la(s) solución(es) para mitigar los problemas de calidad de la energía, se procede a la adquisición y puesta en marcha de los servicios y equipos de mayor factibilidad. En esta etapa se debe de realizar los pasos siguientes:

- Contratar un diseño con ingeniería de detalle de la(s) solución(es) a implementar.

La ingeniera de detalle deberá contener fichas técnicas de los equipos, cálculos para la elección de los filtros con la frecuencia de sintonización, los componentes necesarios para la conexión de los equipos a adquirir (cableado eléctrico, breaker, tableros eléctricos adicionales, obra civil, entre otros) y su presupuesto.

- Abrir la licitación para seleccionar al proveedor que ejecutará la solución.
- Verificar que el proveedor seleccionado ejecute correctamente las acciones aprobadas.
- Realizar la puesta en marcha de las soluciones.

Verificación de la efectividad de las soluciones.

Después de la implementación de la(s) solución(es), se deberá evaluar su impacto en los parámetros de calidad de la energía mediante actividades de medición y seguimiento.

Este seguimiento se hace a través de la conexión de equipos para las mediciones de calidad de la energía, puesta a tierra y un análisis termográfico, con el fin de corroborar que las acciones implementadas solucionan los problemas hallados en sistema eléctrico de la industria analizada. En caso de identificar nuevamente no conformidades, se debe realizar las acciones correctivas y preventivas necesarias.

Se debe realizar un seguimiento siempre que el sistema eléctrico de la compañía tenga cambios significativos en su composición como, por ejemplo, la conexión de cargas significativas y la implementación de sistema de autogeneración. Adicionalmente se requiere realizar un mantenimiento según lo estipula el fabricante de las soluciones implementadas con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.

Capítulo 3: Resultados de la caracterización de la calidad de la energía en el caso de estudio.

En este capítulo se presentan los resultados de la aplicación del procedimiento propuesto a un caso de estudio. El procedimiento fue aplicado en una industria de servicios de soluciones de ingeniería metalmecánica, encargada de las reparaciones estructurales de equipos mineros. Esta industria fue seleccionada debido al predominio de problemas de calidad de la energía causados por la influencia de cargas no lineales con comportamiento variable en cortos periodos de tiempo. A continuación, se presentan los resultados de la implementación de cada paso del procedimiento propuesto:

Descripción de la problemática del sistema eléctrico de la industria caso de estudio

Para conocer la problemática del sistema eléctrico de la industria caso de estudio se realizó una entrevista a distintos trabajadores.

Para la selección de los entrevistados se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Persona que aporte la visión económica de la industria.
- Jefes de las áreas afectadas de la industria.
- Personal de mantenimiento que tenga el conocimiento detallado de los problemas que ocurren en el SEI.
- Personal operativo que brinde información de primera mano de lo que ocurre con las máquinas que operan.

A continuación, en la Tabla 0.1 se describen los cargos del personal entrevistado:

Tabla 0.1

Listado de personal entrevistado

Cargo del entrevistado	Cantidad
Vicepresidente financiero y administrativo	1
Gerente de Soluciones de Ingeniería	1
Jefe de producción	1
Jefe de servicios y equipos	1
Jefe de logística	1
Jefe de mantenimiento	1
Jefe de Infraestructura eléctrica	1
Ingeniero de Infraestructura	1
Ingeniero de mantenimiento	1
Supervisor de línea	6
Técnico de bahía de trabajo	10

Nota. Elaboración propia, 2022.

Como se observa en la Tabla 0.1 En total fueron 25 personas entrevistadas, cada una cumple un rol diferente en la industria, lo que permite obtener diferentes puntos de vista de los problemas que están ocurriendo en el SEI.

A continuación, en la Tabla 0.2, se muestra un resumen de las respuestas dadas por los entrevistados:

Tabla 0.2

Respuestas del personal entrevistado para conocer los problemas del SEI.

Información requerida	Fundamentación
Características generales del proceso productivo de la industria y las funciones del personal técnico que interactúa con el SEI.	El proceso predominante es la soldadura para lograr la reparación de las piezas metalmecánicas. La gran mayoría de las cargas son máquinas de soldar. El personal técnico que labora en la industria debe realizar trabajo en caliente (soldadura) y manipulación de equipos eléctricos como puentes grúa y máquinas de corte.
Características generales de la subestación. Indagar sobre la instalación de banco de condensadores y el sistema de puesta a tierra.	La industria está compuesta por cinco subestaciones. En la subestación principal se tiene un transformador de 3 MVA que alimenta la industria. Se identifica que el banco de condensadores no está funcionando correctamente. El sistema de puesta a tierra aparentemente se encuentra en óptimas

	condiciones, sin embargo, no se tiene registro de mediciones de rutina.
Ubicación de la empresa en el sistema eléctrico de potencia.	La industria se encuentra ubicada en el municipio de Galapa en zona rural del departamento del atlántico. El personal entrevistado manifiesta que en repetidas ocasiones el suministro por parte del operador de red falla y esta zona donde se ubica la industria tiene la tendencia de tener cortes de energía eléctrica constantes.
Horario de los procesos productivos.	La industria tiene turnos 24 horas los siete días de la semana. La producción en horas de la madrugada trabaja a un 60%. Los domingos la producción baja a un 30% aproximadamente.
Áreas críticas del proceso de producción.	Las áreas críticas identificadas para la compañía son: área de corte (mesas de corte y dobladoras industriales), las bahías de soldadura, compresores, puentes grúa e iluminación.
Descripción de los problemas que ha presentado el SEI relacionados con la calidad de la energía.	En el SEI se ha presentado quema de tarjetas electrónicas, quema de cableado, disparos repentinos de protecciones eléctricas, descargas parciales a los operarios, desconfiguración de equipos, constantes suspensiones del suministro eléctrico en la industria.
Criterio sobre la relación entre los problemas presenten en el SEI y los problemas de calidad de la energía.	El personal de gerencia y operativo considera que la mayoría de los problemas que paran el proceso productivo tiene una alta relación con la mala calidad de la energía existente en la industria.
Características de las cargas eléctricas que operan dentro de la industria.	La mayoría de las cargas de la industria analizada son trifásicas a 460/220V como las máquinas de soldar, cortadoras del plasma, dobladoras industriales, iluminación, compresores y motores. Estas cargas al utilizar soldadura de arco en DC, el plasma y la conmutación tienen las características de ser variables y no lineales debido a la electrónica de potencia que permiten su funcionamiento. El SEI también alimenta cargas monofásicas como los taladros, pulidoras y “motortools”, los cuales poseen un comportamiento no lineal y variable debido al modo de operación normal de estas y a su electrónica de potencia.

Nota. Elaboración propia, 2022.

A partir de la información obtenida en la Tabla 0.2 , se identificaron los siguientes problemas presentes en el SEI:

- Quema de tarjetas de equipos eléctricos como UPS, máquinas de corte, máquinas de soldar, luminarias y otros equipos.
- Disparos repentinos en las protecciones eléctricas que hacen parte del sistema eléctrico.
- Quema de cableado de puesta a tierra.
- Descargas parciales en operarios.
- Desconfiguración de máquinas de corte CNC
- Daño en banco de condensadores.
- Mayores pérdidas económicas en el SEI.
- Reducción de vida útil de equipos.
- Penalización por reactivos.

Reconocimiento del sistema eléctrico

Para realizar el reconocimiento del sistema eléctrico de la industria analizada, se solicitaron inicialmente los diagramas unifilares; posteriormente se realizó un recorrido por la planta identificando equipos y cargas críticas. Se solicitó y revisó el plan de mantenimiento de los equipos que conforman el sistema eléctrico. Finalmente se solicitó y se examinaron los manuales de los equipos críticos para la operación.

A continuación, en la Figura 0.1 se encuentra el diagrama unifilar del SEI:

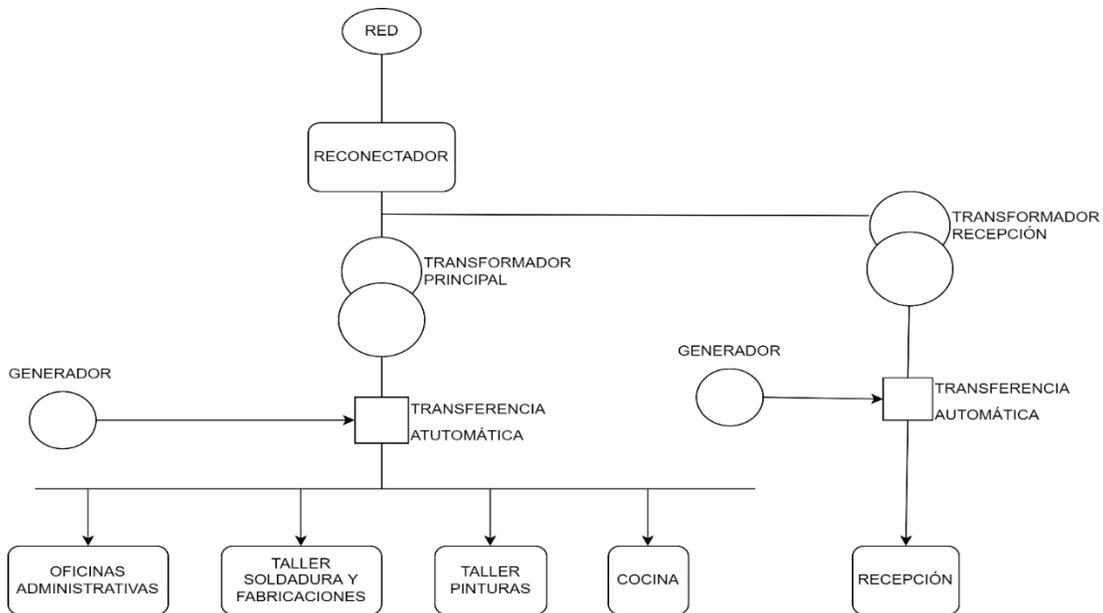


Figura 0.1 Diagrama unifilar de la industria. Elaboración propia usando el software Diagrams (JGraph Ltd, 2005).

A partir de la Figura 0.1 Se realizó un esquema que contiene los equipos principales que componen el SEI, de esta manera se puede observar de una manera resumida y clara como está compuesto el sistema eléctrico. En el diagrama unifilar, se observa que se tiene un transformador principal, cuya potencia es de 3MVA, un generador eléctrico principal de 2 MVA, un generador auxiliar para la recepción y las cargas eléctricas principales. La tensión nominal del sistema es 460V. Con el apoyo del recorrido por la industria, se identifica que el SEI está compuesto por 12 transformadores baja-baja los cuales se verán en la identificación de puntos de medición.

Se solicitaron los planos del sistema de puesta a tierra en los cuales se identifica que se tienen seis mallas para cada edificio equipotenciadas entre sí.

A continuación, en la Figura 0.2 se presenta el siguiente esquema:

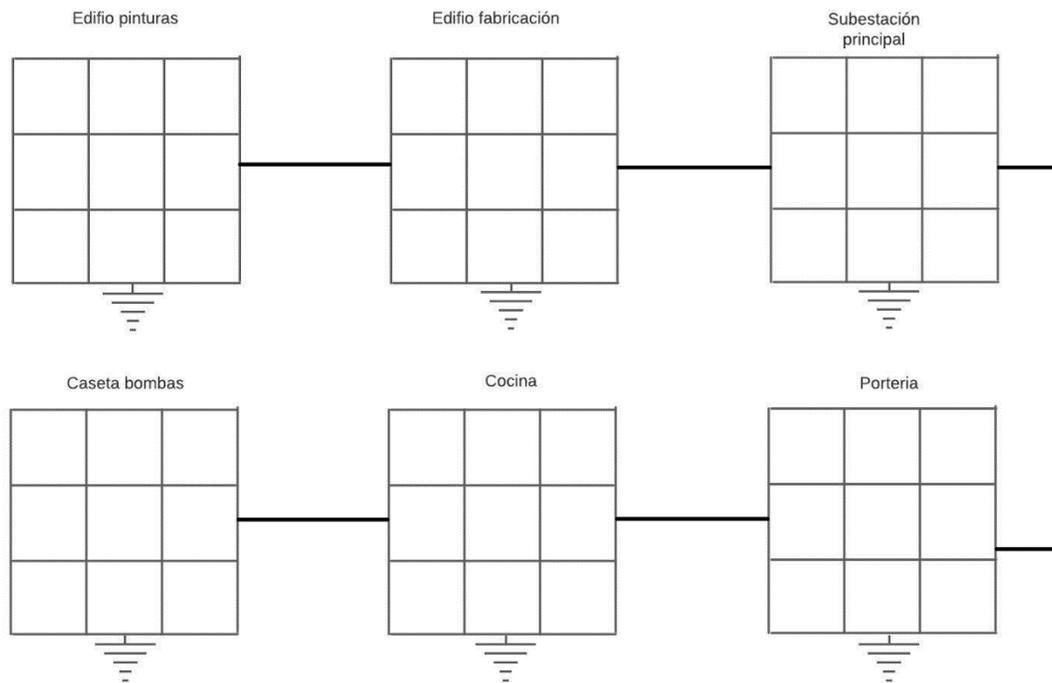


Figura 0.2 Diagrama de sistema de puesta a tierra de la industria. Elaboración propia usando el software Diagrams (JGraph Ltd, 2005).

A partir de la Figura 0.2 se observa que la industria cuenta con un sistema interconectado de 6 mallas a tierra.

Adicionalmente, se solicitó el plan de mantenimiento para estudiar los equipos críticos y validar las actividades y periodicidad que son intervenidos. A continuación, en la Tabla 0.3 se aprecian los equipos críticos con las actividades que ejecuta la industria para mantenerlos en óptimas condiciones de funcionamiento:

Tabla 0.3

Plan de mantenimiento de la industria

Activo	Actividades para ejecutar
Celda MT	Inspección general, limpieza general, pruebas mecánicas de operación, revisión de nivel de presión de gas SF6, inspección termográfica previa y posterior a mantenimiento, ajustes de conexiones, limpieza de barrajes, ajuste

	de borneras, limpieza de seccionadores con fusibles, lubricación de mecanismos.
Grupo Electrógeno	Prueba On-Off, inspección general, verificación de niveles de combustible, verificación de nivel de aceite del motor, verificación de nivel de refrigerante, limpieza general de la carcasa del motor/generador, limpieza de tableros eléctricos, termografía e inspección/medición de baterías y cargador, verificación de funcionamiento de calentador de agua y resistencia de calefacción, pruebas de resistencia de aislamiento y resistencia óhmica del generador.
Iluminación	Inspección visual/Verificación de funcionamiento. Limpieza general de las luminarias, medición de iluminación con luxómetro, verificación y ajuste mecánico de soporte.
SPT	Inspección visual, limpieza de registros, medición de resistencia de suma con telurómetro, medición de resistencia de continuidad (equipotencialidad) con telurómetro, medición de corrientes espurias en conductores de tierra y medición de resistencia de puesta a tierra con telurómetro.
Subestación	Limpieza general de: pisos, paredes, puertas, cárcamos, parte exterior de celdas y tableros. Aplicación de pintura a paredes y pisos. Inspección locativa, termografía.
Tablero	Limpieza general de tablero, pintura, retorqueo de terminales, revisión de estado y mantenimiento de: “circuit breakers”, mcb, contactores, condensadores, terminales, conectores, barrajes, DPS, bloques de conexión, interruptores, cables, analizadores, tc’s, tp’s, aisladores, borneras, peines, fusibles, transformadores de control, relés, configuración de relés automáticos de banco de condensadores, programadores, pulsadores, transferencias automáticas, selectores e indicadores. Termografía antes y después de mantenimiento.
Transformador	Inspección, termografía, pruebas y diligenciamiento de formatos. Limpieza externa.
Ups	Limpieza general (Interna/Externa), verificación de baterías y medición de variables eléctricas.
Cables MT	Termografía, inspección cables de media tensión y sus componentes (terminales, premoldeados, conectores).
Blindobarra	Inspección visual, limpieza general, cambio de tornillería y termografías.
Inversor	Inspección, termografía, limpieza general, reajuste de conexiones, lectura de datos (alarma/fallas) archivados y mantenimiento electromecánico.

Panel Fotovoltaico	Inspección, limpieza general y mantenimiento electromecánico.
Reconector	Limpieza y pruebas de disparo
SIPRA	Inspección, limpieza y medición de resistividad.

Nota. Elaboración propia, 2022.

Con base en la información de la Tabla 0.3, se evidencia que estos son los activos que componen el SEI a los cuales se les realiza una rutina de mantenimiento con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.

Del plan de mantenimiento y el recorrido realizado por el SEI se identificaron las cargas críticas para la operación descritas a continuación en la Tabla 0.4:

Tabla 0.4

Cargas críticas de la industria

Cargas críticas	Descripción	Criticidad
Mesas de corte (Cortes en plasma y oxicorte)	Son máquinas usadas para el corte de láminas metálicas a través del oxicorte o el plasma	Todas estas cargas son críticas ya que trabajan mediante electrónica de potencia la cual es muy sensible a las variaciones que se presentan en el SEI
Dobladoras industriales (Adiras)	Son máquinas usada para doblar láminas metálicas de gran tamaño	
Máquinas de soldadura con arco en DC	Son usadas para soldadura mediante arco en DC	
Puentes grúa	Son equipos de izaje de carga indispensables para mover las cargas dentro de los talleres	
Compresores de aire	Son máquinas que garantizan el aire en cada bahía para poder realizar el proceso de soldadura	
Iluminación LED	Es la carga que brinda la iluminación en los sitios de trabajo	

Nota. Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con la Tabla 0.4, se observan los equipos críticos para la operación de la industria.

Del recorrido realizado a la industria para conocer el proceso productivo, se identificó que la operación es 24/7 (24 horas los 7 días de la semana). El proceso productivo se compone mayormente de soldadura, proceso de "sandblasting", pintura y armado de los componentes de equipos mineros. La industria tiene en su mayoría máquinas de soldadura (300 kVA). Las cargas que mayor consumen son las mesas de corte (80 kVA), dobladoras industriales (250 kVA), compresores (50 kVA) y puentes grúa (100 kVA). Adicionalmente la iluminación LED (30 kVA) representa una carga importante ya que toda la iluminación de la industria es de esta tecnología no lineal. Se concluye del recorrido que el proceso de la industria se basa en el uso de cargas no lineales como máquinas CNC, soldadura, pulidoras entre otras.

Manuales de equipos críticos:

Se solicitaron los manuales de las mesas de corte, las dobladoras industriales, las máquinas de soldar, los puentes grúa y los compresores. Del estudio de estos manuales se evidencia que los equipos tienen unas tolerancias del rango del 5% para las fluctuaciones de tensión. Adicionalmente se evidencia que las mesas de corte deben tener un sistema de puesta a tierra independiente y muy específico el cual se verá en la sección 3.8. Los compresores por recomendación del fabricante requieren filtros para evitar ruido eléctrico.

Identificación de puntos de medición

Con base en el análisis de los equipos que fallaban con mayor frecuencia, los diagramas unifilares, los planos eléctricos y el recorrido realizado por la planta se seleccionaron los puntos de medición para el análisis de puesta a tierra, calidad de la energía y termografías a tableros críticos.

Calidad de la energía

Se escogieron 13 puntos para realizar el análisis de calidad de la energía (se instalaron cinco equipos marca Dranetz y ocho metrel). El registro de las variables eléctricas se realizó por un periodo de aproximadamente de 7 días con un tiempo de muestro de 1 minuto. A continuación, se muestra en la Tabla 0.5, la descripción detallada de cada punto de medición indicando el nombre del punto, la marca con la serie del analizador, la hora de inicio y la hora de finalización del registro de las mediciones:

Tabla 0.5

Listado de puntos donde fueron instalados los analizadores de redes.

Punto de registro	Equipo de Medición	Fecha y hora inicio	Fecha y hora final
Celda de medida frontera comercial	HDPVAKA086	23/04/2019 – 10:53	03/05/2019 – 11:41
Tablero principal S/E (TGDF-01)	HDPVALA105	23/04/2019 – 12:03	03/05/2019 – 12:42
Tablero central de monitoreo (recepción)	MI 2892 15340068	24/04/2019 – 10:28	04/05/2019 – 16:25
Tablero de servicios (T1NG1)	PVUSIA091	25/04/2019 – 09:52	04/05/2019 – 10:38
Tablero transformador 10 kVA (TENSF-01)	MI 2892 14470435	23/04/2019 – 12:49	03/05/2019 – 08:42
Tablero transformador 75 kVA (TRFC-01)	MI 2892 14470481	23/04/2019 – 13:57	03/05/2019 – 09:34
Tablero transformador 75 kVA (TENF-02)	MI 2892 14160393	23/04/2019 – 16:17	03/05/2019 – 10:54
Tablero transformador 75 kVA dobladora #1	MI 2892 13420493	25/04/2019 – 13:51	06/05/2019 – 09:09
Tablero transformador 75 kVA #1 dobladora #2 (PB01A)	MI 2892 13420496	25/04/2019 – 10:47	04/05/2019 – 09:40
Tablero transformador 75 kVA #2 dobladora #2	MI 2892 18370219	27/04/2019 – 09:27	04/05/2019 – 11:03
Tablero transformador 112,5 kVA oficinas administración	PVUSIA055	24/04/2019 – 14:24	04/05/2019 – 11:32
Tablero transformador 250 kVA (TENF-01)	HDPVAKA059	24/04/2019 – 15:19	04/05/2019 – 09:44

Tablero transformador 60 kVA (TNCB-01)	MI 2892 14160466	24/04/2019 – 11:49	03/05/2019 – 10:43
--	------------------	--------------------	--------------------

Nota. Elaboración propia.2022.

De la Tabla 0.5 se observa que son 12 analizadores instalados en transformadores y uno en el punto de conexión común. (PCC).

A continuación, en la Figura 0.3 se muestra en un esquema los puntos en los cuales se instalaron los analizadores de redes:

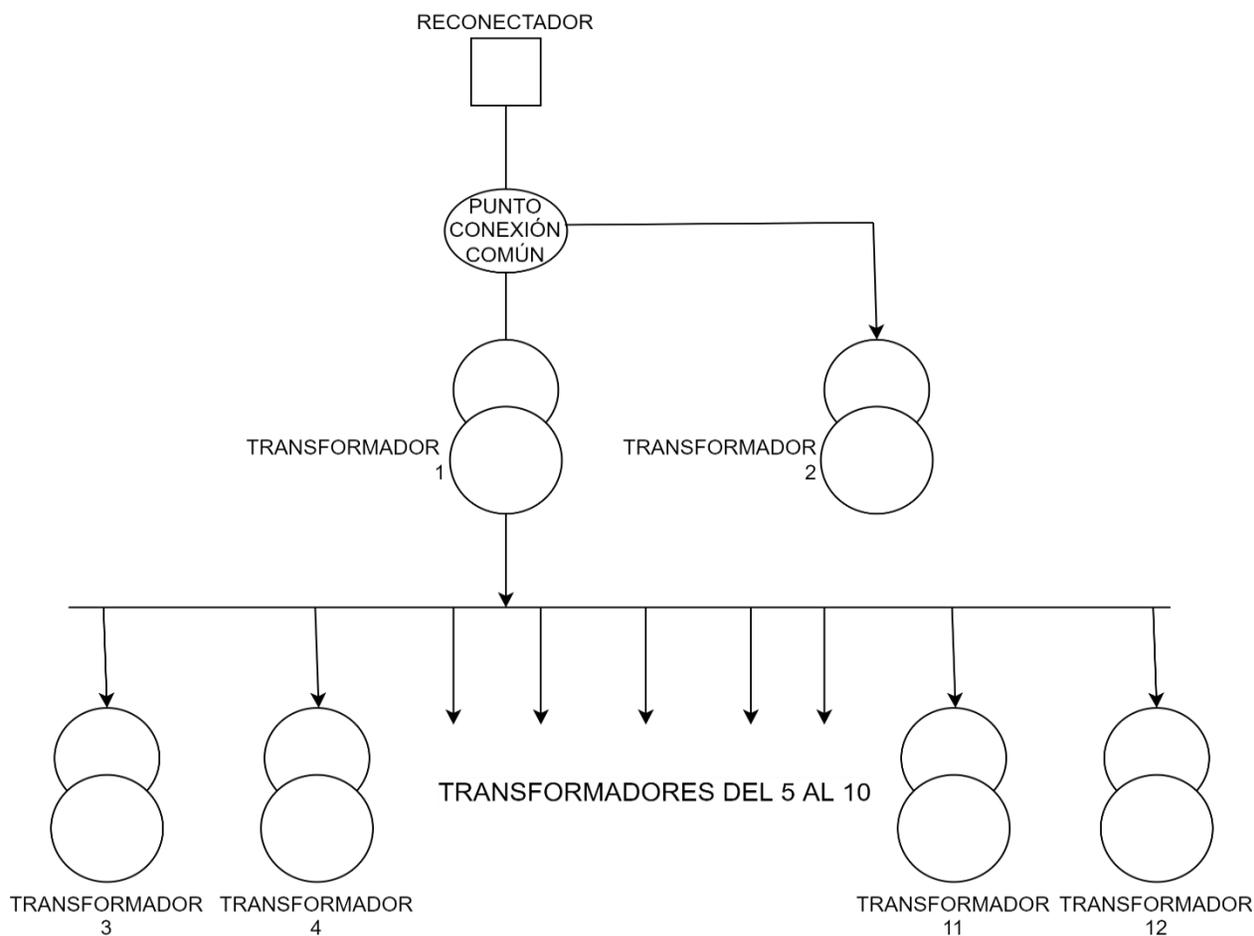


Figura 0.3 Puntos de medición para calidad de la energía. Elaboración propia usando el software. Diagrams (JGraph Ltd, 2005).

A partir de la Figura 0.3, se observan los puntos donde fueron instalados los analizadores de redes. Estos puntos, se caracterizan por ser la alimentación de las cargas críticas de la compañía. Los analizadores fueron instalados en cada uno de los doce transformadores y un

analizador fue instalado en el punto de conexión común (medidor del operador de red) para un total de trece puntos.

La Figura 0.3, fue construida con base en la Figura 0.1, relacionándose de la siguiente manera:

Transformador 1: es el transformador principal, el cual alimenta la totalidad de las cargas de la industria (transformadores del 3 al 12), a excepción de la recepción.

Transformador 2: es el transformador que alimenta la recepción. Cabe resaltar que la recepción se encuentra ubicada a 1 km del lugar donde se encuentran instalados los demás transformadores.

Transformadores del 3 al 12: son los transformadores que alimentan las oficinas administrativas, el taller de soldadura y fabricaciones, el taller de pinturas, y la cocina.

Puesta a tierra

En la Figura 0.4 se presenta un esquema de cómo se midieron las puestas a tierra:

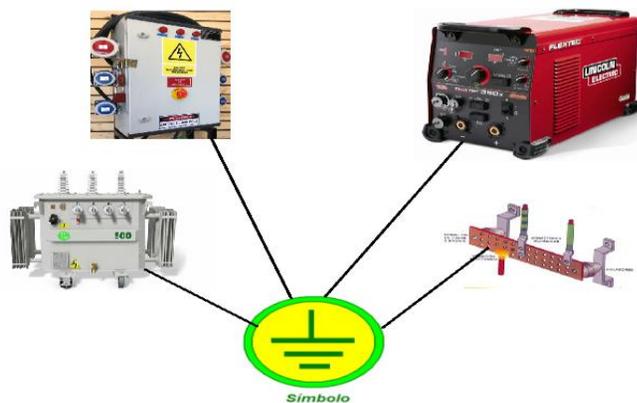


Figura 0.4. Esquema de equipos que se miden con respecto a tierra. Elaboración propia. Tomada de (IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1992).

De acuerdo con la Figura 0.4 se observa que las medidas se realizan de acuerdo con un punto (equipo, barraje) respecto a otro punto que es una tierra. Para la elección de las mediciones de puesta a tierra se tuvo en cuenta:

- 1) Barrajes y estructuras metálicas cercanas a los equipos críticos descritos en la tabla 3.4 (tableros eléctricos, bandejas portacables estructuras metálicas) respecto a tierra.
- 2) Barrajes de las subestaciones existentes (subestación 1, 2, 3, 4 y 5) respecto a tableros y estructuras metálicas.
- 3) Tableros eléctricos ubicados en bahías donde se presentaron eventos de descargas parciales respecto a tierra.

Evaluación termográfica

En la Tabla 0.6, se aprecia que la selección de los puntos en los cuales se realizó la evaluación termográfica:

Tabla 0.6

Listado de tableros eléctricos para toma de termografía.

Tableros analizados		
1	TNCB-01	Cuarto técnico
2	TENF – 02	Cuarto técnico
3	TGDF – 01	Subestación principal
4	TENSF – 01	Subestación principal
5	TGDC – 01	Subestación principal
6	+K1 Celda de medida	Subestación principal
7	TENF – 01	Bahía 29
	Tablero de servicio 220 V	
8	Transformador 25kVA	Primeras operaciones
9	TENF – 03	Subestación 4
10	Tablero de control	Adira 2
11	Tablero de fuerza	Adira 2
12	Tablero de fuerza y control	Adira 1
13	TNPH – 01	Central de monitoreo

Nota. Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con la Tabla 0.6, se analizaron un total de 13 tableros, los cuales alimentan eléctricamente a las cargas críticas. La termografía se realizó con los tableros eléctricos funcionando a plena carga.

Ejecución de las mediciones

Con los puntos de medición definidos se procedió inicialmente a la instalación de los analizadores de redes. Mientras estos se encontraban midiendo se realizaron la medición puesta a tierra y finalmente se llevó a cabo el estudio termográfico.

Análisis de calidad de la energía:

Para instalar los analizadores de redes se procedió a configurarlos para tomar muestras cada minuto durante siete días. Se configuraron para medir los parámetros de tensión, corriente, potencia aparente, activa, reactiva, factor de potencia, energía, armónicos de tensión y corriente, fluctuaciones de tensión. Los equipos fueron instalados en los puntos seleccionados con los tableros y transformadores energizados, ya que la operación de la industria es constante durante la semana. Para la instalación se usó equipo de protección especial contra arco eléctrico de 2 cal/cm² y guantes aislantes para baja tensión clase 0.

Análisis de puesta a tierra

Se realizaron 126 medidas de continuidad. Para esta medición se usó el método de suma de resistencia y continuidad explicado en el epígrafe 2.4. Se tomaron las mediciones considerando un punto 1 respecto a un punto 2 como se observó en la figura 3.4. Los resultados evaluados se encuentran en unidad de resistencia ohmios. Posteriormente se realizaron mediciones de corriente en los conductores de tierra en veinticuatro (24) tableros eléctricos de baja tensión ubicados en las cargas críticas.

Se realizaron 12 mediciones de tensión entre el neutro y el barraje de tierra en tableros eléctricos que alimentan cargas críticas. Para las mediciones de resistencia puesta a tierra se utilizó el método de la caída de potencial, ubicando el electrodo de corriente a 280 m de la malla, dependiendo la distancia de separación de la misma y variando la distancia del electrodo de potencial cada 10 y 5 m a fin de construir la curva de resistencia versus distancia. Se tomaron catorce (14) mediciones.

Para finalizar la evaluación de la puesta a tierra se realizaron setenta y tres (73) inspecciones a los tableros críticos (subestaciones, talleres, celdas y estructuras metálicas). Las inspecciones consistieron en revisar cada punto escogido y evaluar los siguientes criterios respecto al RETIE:

- Cables sin empalmes.
- Estructuras metálicas aterrizadas a tierra.
- Cables de tierra conectados correctamente a los barrajes (con conectores certificados).
- Tornillería en buenas condiciones (sin óxido o sulfatadas).
- Existencia de DPS donde se requiera.
- Tableros eléctricos con señalización de peligro.
- Cumplimiento de código de colores para conductores eléctricos.

Análisis termográfico

Para el análisis termográfico se validó que los puntos a evaluar tuvieran carga, para lograr evidenciar la temperatura real. Se configuró la cámara termográfica con la emisividad según la tabla 1.11. Posteriormente se hizo uso de un traje de arco eléctrico y se procedió con la apertura de cada tablero eléctrico y se apuntó la cámara termográfica a los puntos de conexión (borneras, interruptores y cableado) buscando puntos calientes (altas temperaturas comparando las fases)

usando el método de la termografía comparativa visto anteriormente. Cuando se toma la termografía se apunta el consecutivo para poder identificar a que tablero corresponde la imagen cuando estas sean descargadas.

Procesamiento de datos

Calidad de la energía

En primera instancia, se realizó la descarga de las mediciones tomadas con los analizadores de redes; para esto se conectó cada equipo a un PC. Luego usando el software Powerview (para el equipo marca metrel) y Dran-view (para el equipo marca Dranez), se descargan los datos. Esta información ya descargada se encuentra en el formato de cada software, por lo tanto, para un análisis más detallado se exporta la información a formato Excel. La información descargada contiene datos de las siguientes variables:

- Tensión (Tensión de línea, fase, desequilibrio, armónicos entre otros)
- Corriente (Corriente de fase, línea, armónicos, distorsión total, demanda, arranque, entre otras).
- Potencia (potencia aparente, potencia activa fundamental y no fundamental, reactiva fundamental y no fundamental, energía total, factor de potencia, entre otras).

Se identificó de la totalidad de las variables medidas, un grupo de variables específicas que aportaron para el estudio de calidad de la energía según las diferentes normas.

A continuación, en la Tabla 0.7 se relaciona el grupo de las variables escogidas:

Tabla 0.7

Variables escogidas para análisis de calidad de la energía.

Variables
V fase
V Línea
I demandada
P activa
Q reactiva
S potencia aparente
FP factor de potencia
F frecuencia
THDv
TDDi
Armónicos de tensión
Armónicos de corriente
Parpadeo

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 0.7, con los datos escogidos se analizaron cada uno de los fenómenos de calidad de la energía. Los datos son tratados y llevados a la forma que sugiere la norma para lograr poder compararlos con los límites establecidos y lograr identificar desviaciones. Se graficaron los resultados para lograr visualizar de mejor manera las desviaciones encontradas.

A continuación, en la Tabla 0.8 se presenta un ejemplo con la tensión nominal obtenida de la conexión del analizador en el tablero principal de 460V:

Tabla 0.8

Mediciones de tensión en un periodo de tiempo.

Hora	Vn A(V)	Vn B(V)	Vn C(V)	Lim sup (V)	Lim inf (V)
12:03:00	269.9	269.5	272.3	278.3	238.5
12:04:00	269.9	269.6	272.3	278.3	238.5
12:05:00	269.7	269.3	271.1	278.3	238.5
12:06:00	269.1	268.6	271.4	278.3	238.5

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según la Tabla 0.8, estas mediciones son las obtenidas en Excel después de exportar los datos del software del analizador (para el ejemplo solo se tomaron 4 mediciones). Inicialmente se identifica la tensión nominal del tablero en la placa de éste, en este caso es 265V, posteriormente se calcularon los límites inferior 238.5V (10% del valor nominal) y superior 278.25V (5% del valor nominal) teniendo en cuenta los valores establecidos por la norma.

Luego se tomaron los valores máximos, mínimos y el promedio de cada una de las fases obteniendo la Tabla 0.9:

Tabla 0.9

Tensión promedio, máxima y mínima en un periodo de tiempo.

Vn (V)		Vn A(V)	Vn B(V)	Vn C(V)
265	Máx.	293.9	290.2	293.0
	Mín.	0.0	0.0	0.0
	Prom.	255.2	253.1	254.2

Nota. Elaboración propia, 2022.

Con base en la Tabla 0.9, se observan los valores máximos, mínimos y promedio de las tensiones en uno de los puntos medidos.

Finalmente se construyó la Figura 0.5 en el cual se aprecian los valores de las tensiones de cada fase con el límite inferior y superior calculado.

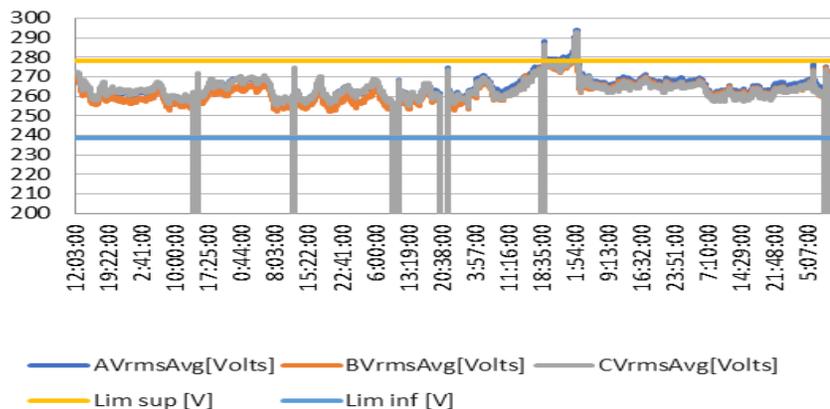


Figura 0.5 Grafica de tensiones respecto a los límites establecidos por la norma. Elaboración propia, 2022.

De la Figura 0.5, se observa que existen valores por fuera de los límites tanto superior e inferior. Se tuvieron cinco suspensiones por parte del operador de red con una duración mayor de 1 minuto. Con las demás variables a analizar se realizó el proceso de manera similar. Se lleva la variable a como la norma la establece, se calculan los límites superior e inferior y se grafican los valores. En el epígrafe siguiente se verán los resultados de cada variable en cada punto de medición.

Para las mediciones de puesta a tierra los datos fueron registrados en tablas, las cuales se verán en el epígrafe de interpretación de resultados. Para la toma de termografías se descargaron las imágenes a través del software “FLIR Tools”. Posteriormente se abrieron las imágenes para evaluarlas y se guardan según corresponden con cada tablero.

Identificación de problemas

A continuación, se detallan las tablas realizadas de las mediciones ejecutadas el análisis de calidad de la energía, la puesta a tierra y el estudio termográfico:

Calidad de la energía

Resultados en el punto de conexión común.

En la Tabla 0.10 se presenta el resumen de los registros en este punto de medición. La conexión del equipo fue realizada en el bloque de pruebas de la celda del medidor de energía.

Tabla 0.10

Resumen de los resultados registrados en punto de conexión común

Parámetros	
Mediciones de corriente	
Corriente de demanda máxima (A)	29.57
Mediciones de tensión	
Tensión máxima (V)	15.864,00
Variación superior de tensión con respecto a 13.800 V (%)	14.9
Variación inferior de tensión con respecto a 13.800 V (%)	-0.7

Desequilibrio de tensión máximo (%)	1.25
Mediciones de Potencia	
Potencia activa máxima (kW)	628.2
Potencia reactiva inductiva máxima (kVAR)	346.8
Potencia reactiva capacitiva máxima (kVAR)	-317.3
Potencia aparente máxima (kVA)	829.3
Mediciones de Armónicos	
Distorsión armónica total de tensión máxima (%)	4.86
Distorsión total de demanda de corriente máxima (%)	13.28

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según la Tabla 0.10 se observan las mediciones de los parámetros principales de calidad de la energía. A continuación, se describen los resultados de cada parámetro.

Análisis de tensión

Análisis de variación de tensión

En la Tabla 0.11 se comparan los registros de variación con los límites establecidos por la norma

Tabla 0.11

Valores registrados de variación de tensión

Parámetro	Variación (%)	Cumplimiento	Límite admisible (%)
Variación superior	14.9	No cumple	+10
Variación inferior	-0.7	Cumple	-10

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según la Tabla 0.11, con base en una tensión de referencia de 13.800 V, la variación superior de tensión se encuentra por fuera del límite admisible establecido en la norma NTC5001 (ICONTEC, 2008b).

Análisis de desequilibrio de tensión

En la Tabla 0.12 se compara el registro de desequilibrio con el límite establecido por la norma

Tabla 0.12

Valor registrado desequilibrio de tensión.

Parámetro	Desequilibrio (%) (Percentil 95%)	Cumplimiento	Límite admisible (%)
Desequilibrio	1.25	Cumple	2

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según la Tabla 0.12, el desequilibrio de tensión se encuentra por debajo del límite establecido en la norma NTC5001 (ICONTEC, 2008b).

Análisis de contenidos armónicos

Análisis de armónicos de tensión

En la Tabla 0.13 se muestra el resultado de la distorsión armónica registrada.

Tabla 0.13

Resultado del análisis de índices de armónicos de tensión.

Parámetro	Distorsión armónica de tensión (%) (Percentil 95%)	Cumplimiento	Límite admisible (%)
Distorsión armónica total de tensión	2.18	Cumple	5
Distorsión individual armónico 3	0.28	Cumple	3
Distorsión individual armónico 5	1.63	Cumple	3
Distorsión individual armónico 7	2.02	Cumple	3
Distorsión individual armónico 9	0.15	Cumple	3
Distorsión individual armónico 11	0.40	Cumple	3
Distorsión individual armónico 13	0.24	Cumple	3
Distorsión individual armónico 15	0.08	Cumple	3
Distorsión individual armónico 17	0.13	Cumple	3
Distorsión individual armónico 19	0.10	Cumple	3
Distorsión individual armónico 21	0.06	Cumple	3

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según la Tabla 0.13, los índices de distorsión armónica total e individual de tensión, se encuentran dentro de los límites admisibles según lo recomendado por la norma IEEE 519 (D. Committee et al., 2014).

Análisis de armónicos de corriente

En la Tabla 0.14 se muestran los límites de las distorsiones armónicas total e individual.

Tabla 0.14

Límites de armónicos de corriente en punto de conexión común.

Punto de Registro	IL(A)	Isc(kA)	Isc/IL	Límite Aplicable (%)			TDD
				3≤h<11	11≤h<17	17≤h<23	
Punto de conexión común	27.9	2.53	90.6	10	4.5	4.0	12.0

Nota. Elaboración propia, 2022.

Con base en la Tabla 0.14, estos límites fueron obtenidos con base en el valor máximo de corriente de demanda correspondiente a 27,9 A y al valor de corriente de corto circuito 2.53 kA.

El TDD para el punto de conexión común fue de 13.8%, valor que se encuentra por fuera del límite establecido por la norma NTC 5001(ICONTEC, 2008a).

En la Tabla 0.15 se muestra el resultado del análisis de distorsión armónica de corriente durante el periodo de registro:

Tabla 0.15

Resultado del análisis de armónicos de corriente.

Parámetro	Distorsión armónica de corriente (%) (Percentil 95 %)	Cumplimiento	Límite admisible (%)
Distorsión total demanda de corriente	6.4	Cumple	12.0
Distorsión de corriente armónico 3	1.1	Cumple	10.0
Distorsión de corriente armónico 5	4.4	Cumple	10.0
Distorsión de corriente armónico 7	5.1	Cumple	10.0
Distorsión de corriente armónico 9	0.7	Cumple	10.0
Distorsión de corriente armónico 11	1.5	Cumple	4.5
Distorsión de corriente armónico 13	1.1	Cumple	4.5
Distorsión de corriente armónico 15	0.4	Cumple	4.5
Distorsión de corriente armónico 17	1.1	Cumple	4.0
Distorsión de corriente armónico 19	0.8	Cumple	4.0
Distorsión de corriente armónico 21	0.3	Cumple	4.0

Nota. Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a la Tabla 0.15, los índices de distorsión armónica total e individual de corriente, se encuentran dentro de los límites admisibles según lo recomendado por la norma IEEE 519 (D. Committee et al., 2014).

Pérdidas por armónicos

Para conocer el valor de las pérdidas económicas a causa de los armónicos presentes en el sistema eléctrico de la industria analizada se realiza el cálculo con el precio del kWh que el operador de red cobra, el cual es de \$414 COP.

Tabla 0.16

Resultado del análisis de pérdidas por armónicos.

PerdE2 (kWh/10 días)	PerdE2 (kWh/30 días)	PerdArm (COP/mes)	PerdArm (COP/año)
49.9	149.6	\$ 61,650	\$ 739,810

Nota. Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con la Tabla 0.16, en total la industria está pagando \$739,810 pesos anuales a causa de las pérdidas por armónicos.

Análisis del factor de potencia

Análisis de Registros

El perfil de factor de potencia se observa en la Figura 0.6

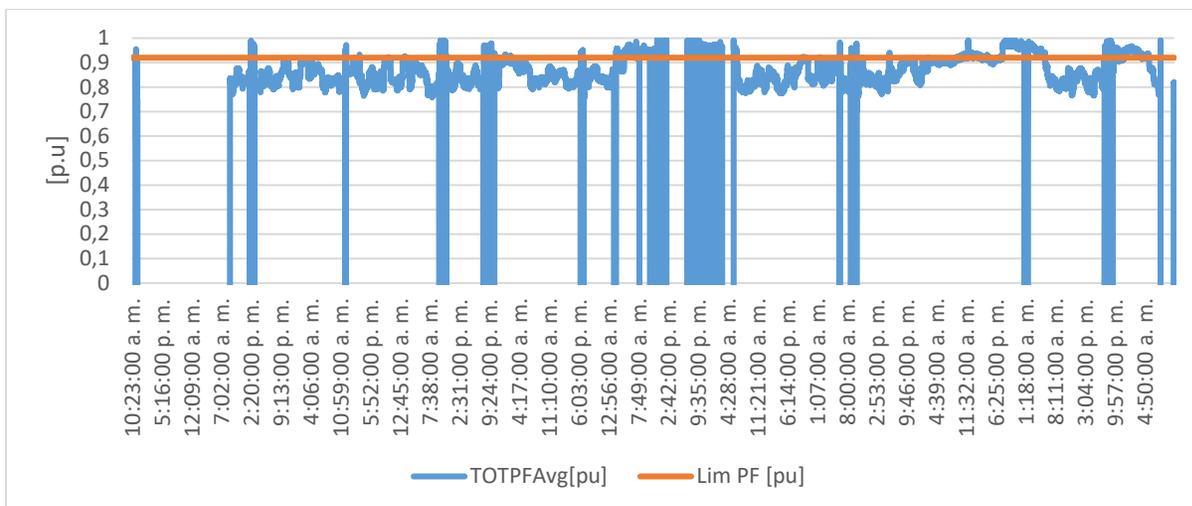


Figura 0.6 Perfil factor de potencia frontera comercial. Elaboración propia, 2022.

Según los datos registrados en la Figura 0.6 se obtuvo que el factor de potencia se mantiene por fuera del rango recomendado por resolución CREG 015-2018 (CREG, 2018) durante el 69% del tiempo de registro, lo cual ocasiona penalizaciones por consumo de energía reactiva en exceso.

Cabe resaltar que, del tiempo obtenido fuera del rango recomendado, 9% corresponde a factor de potencia capacitivo (el cual genera penalización en su totalidad) y 91% a factor de potencia inductivo (el cual genera penalización únicamente cuando dentro de un periodo de una hora, el consumo de energía reactiva es mayor al 50% del consumo de energía activa).

Parpadeo o “Flickers”

En la Tabla 0.17 se muestran los resultados del análisis de los parpadeos causados por fluctuaciones en la tensión suministrada durante el periodo de registro.

Tabla 0.17

Resultado del análisis de fenómeno de parpadeo.

“Flickers”	Fase A	Fase B	Cumplimiento	Límite admisible
Valor Plt95%	0.9	0.9	Cumple	1,0

Nota. Elaboración propia, 2022.

De la Tabla 0.17, se puede observar que los resultados no superan los límites admisibles recomendados por la norma.

Análisis de frecuencia

En la Tabla 0.18 se comparan los valores del registro de frecuencia con los límites establecidos.

Tabla 0.18

Resultado análisis frecuencia.

Porcentaje mínimo de registros requeridos el rango (%)	Porcentaje de registros obtenidos en el rango (%)	Cumplimiento	Límite de frecuencia (Hz)
100	70	No Cumple	57.5 - 63
95	70	No Cumple	59.8 – 60.2

Nota. Elaboración propia, 2022.

Los valores obtenidos durante el periodo de registro No se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma NTC 5001 (ICONTEC, 2008b), esto se debe a las interrupciones y fluctuaciones de tensión que se presentan en el punto de conexión común por parte del operador de red. En futuras investigaciones no se tendrán en cuenta las interrupciones para realizar el análisis de frecuencia.

Resultados en los transformadores de distribución.

En la Tabla 0.19 se presenta el resumen de los registros en este punto de medición. Se observan las diferentes variables analizadas, la cantidad de datos medidos, valores máximos,

mínimos, límites según norma, porcentaje de datos por fuera de la norma y cargabilidad de los transformadores.

Tabla 0.19

Resumen de los resultados registrados en transformador de 3000 kVA.

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	14434	506.4	0.0	440.2	414.0	483.0	105	0.7	5.0	Cumple
Variación de tensión (p.u)	14434	1.10	0.0	0.9	0.90	1.05	105	0.7	5.0	Cumple
Desequilibrio de tensión (%)	14434	91.7	0.1	2.1	NA	2.0	503	3.5	1.0	No cumple
Frecuencia (Hz)	14434	60.1	0.0	59.2	57.5	63.0	4354	30.2	0.0	No cumple
Factor de carga (%)	14434	21.1	0.0	10.5	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia THD (%)	14434	0.9	-0.9	0.8	0.9	1.0	2474	17.1	0.0	No cumple
Potencia aparente (kVA)	14434	343.2	0.9	6.4	NA	8.0	410	2.9	5.0	Cumple
	14434	634.2	0	315.3	0.0	3450.0	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

De la Tabla 0.19, se realizan las siguientes observaciones:

- La tensión promedio, variación de tensión, el factor de carga, los armónicos en tensión y la potencia aparente, se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma, a pesar de tener valores fuera de los límites, ya que cada perturbación tiene un porcentaje de permisividad de datos fuera de norma.
- El TDD y el parpadeo no se tuvieron en cuenta debido a que según la NTC 5001, este solo es evaluado en el PCC.

- El desequilibrio de tensión, la frecuencia y el factor de potencia se encuentran por fuera de los límites establecidos por la norma NTC5001(ICONTEC, 2008a).

A continuación, en la Tabla 0.20 se presenta en resumen de los datos obtenidos del transformador de 250 kVA.

Tabla 0.20

Resumen de los resultados registrados en transformador de 250 kVA.

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del limite	% Datos fuera del limite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	12540	244.8	193.3	231.5	205.2	239.4	10	0.0	5.0	Cumple
Variación de tensión (p.u)	12540	1.0	0.8	1.0	0.9	1.05	10	0.0	5.0	Cumple
Desequilibrio de tensión (%)	12540	9.4	0.2	1.1	NA	2.0	254	2.0	1.0	No cumple
Frecuencia (Hz)	12540	60.1	53.5	60.0	57.5	63.0	2459	19.6	0.0	No cumple
Factor de carga (%)	12540	47.3	5.1	39.2	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	12540	0.9	-0.9	0.9	0.9	1.0	505	4.0	0.0	No cumple
THD (%)	12540	4.6	1.4	2.9	NA	8.0	0	0.0	5.0	Cumple
Potencia aparente (kVA)	12540	118.3	12.8	98.1	0.0	287.5	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

De la Tabla 0.20, se observan que los parámetros de tensión promedio, variación de tensión, factor de carga, los armónicos en tensión y potencia aparente se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma, a pesar de tener valores fuera de los límites, ya que cada perturbación tiene un porcentaje de permisividad de datos fuera de norma. El desequilibrio de tensión, la

frecuencia y el factor de potencia se encuentran por fuera de los límites establecidos por la norma NTC 5001 (ICONTEC, 2008a).

El resumen de los datos medidos de los demás puntos evaluados se encuentra en la sección de Anexos.

A continuación, se presenta en la Tabla 0.21 un resumen de los parámetros medidos de cada uno de los puntos analizados:

Tabla 0.21

Resultado de parámetros medidos en cada uno de los transformadores

Parámetro	Potencia aparente máxima (kVA)	Tensión nominal (V)	Variación superior de tensión (%)	Variación inferior de tensión (%)	Desequilibrio de tensión máximo (%)	Distorsión armónica total tensión máxima (%)	Distorsión total demanda corriente máxima (%)	Parpadeo
Punto de conexión común 13,8 kV	829.3	13800	14.9	-0.7	1.2	4.9	13.3	0.9
TRF principal	634.2	460	11.1	-4.9	1.2	2.5	N/A	N/A
TRF 250 kVA	118.3	228	11.0	-23.2	1.0	4.9	N/A	N/A
TRF de Servicios	6.5	225	17.3	-4.5	1.3	2.6	N/A	N/A
TRF Central	15.7	226	10	-13.3	1.8	2.6	N/A	N/A
Monitoreo TRF 75 kVA	39.3	225	16.9	-9.7	1.2	2.9	N/A	N/A
técnico TRF 10 kVA	6.49	225	17.2	-9.4	1.4	3.9	N/A	N/A
TRF 75 kVA	54.0	225	16.7	-9.9	1.2	2.4	N/A	N/A
Cocina TRF 112,5 kVA	31.2	225	16.1	-3.2	1.2	3.4	N/A	N/A

TRF 75 kVA Dobladora #1	32.3	225	17.8	-9.8	1.2	2.6	N/A	N/A
TRF 75 kVA #1 dobladora #2	49.3	225	17.8	-10.8	1.1	2.6	N/A	N/A
TRF 75 kVA #2 dobladora #2	43.9	224	17.6	-9.8	0.7	2.6	N/A	N/A
TRF 60 kVA técnico	11.7	225	17	-9.9	1.16	2.5	N/A	N/A

Nota. Elaboración propia, 2022.

A partir de la Tabla 0.21 se observan los valores de potencia, tensión, variación y desequilibrio de tensión, distorsión armónica y parpadeo de los puntos donde fueron conectados los analizadores de redes. En el siguiente epígrafe en la Tabla 3.22 se aprecia un resumen del cumplimiento o no de las perturbaciones de calidad de la energía analizadas.

Identificación de indicadores fuera de los límites.

En la Tabla 0.22 se presenta un resumen de los resultados de los fenómenos de calidad de la energía evaluados en los 13 puntos donde fueron instalados los analizadores de redes:

Tabla 0.22

Resumen del análisis de variables de calidad.

Parámetro	Tensión promedio (V)	Variación de tensión (p.u)	Desequilibrio de tensión (%)	Frecuencia (Hz)	Factor de potencia	THD (%)	TDDI (%)	Parpadeo
Punto de conexión	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	Cumple

común 13,8 kV									
TRF principal	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	No aplica	No aplica	No aplica
TRF 250 kVA	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	No aplica	No aplica	No aplica
TRF 45 kVA	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No aplica	No aplica	No aplica
Servicios									
TRF 30 kVA Central	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple	No aplica	No aplica	No aplica
Monitoreo									
TRF 75 kVA técnico	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No aplica	No aplica	No aplica
TRF 10 kVA	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	No aplica	No aplica	No aplica
TRF 75 kVA Cocina	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No aplica	No aplica	No aplica
TRF 112,5 kVA	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple	Cumple	No aplica	No aplica	No aplica
TRF 75 kVA Dobladora #1	No cumple	Cumple	No aplica	No aplica	No aplica				
TRF 75 kVA #1 dobladora #2	No cumple	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No aplica	No aplica	No aplica
TRF 75 kVA #2 dobladora #2	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No aplica	No aplica	No aplica
TRF 60 kVA técnico	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No aplica	No aplica	No aplica

Nota. Elaboración propia, 2022.

En la Tabla 0.22 se tienen las siguientes observaciones:

- La tensión promedio del PCC se encuentra en algunos periodos de tiempo por encima de los 15000 V, por lo tanto, se encuentra fuera de los límites establecidos por la norma. Esta es la tensión que entrega el operador de RED cuando se presentan desconexión de grandes cargas conectadas en su circuito.
- La variación de tensión se encuentra por fuera de los límites, esto se debe al desbalance de cargas del SEI.
- La frecuencia en el PCC se encuentra por fuera de los límites, esto se debe a las constantes interrupciones que se presentan en el circuito que alimenta a la industria analizada.
- El índice THDv y TDD se encuentra fuera de los límites permitidos por la norma, debido a la cantidad de cargas no lineales conectadas al SEI.
- El factor de potencia se encuentra en la mayoría del tiempo analizado por fuera de los límites permitidos, incluso exportando en algunos periodos potencia reactiva, esto se debe a que el bando de condensadores no se encuentra habilitado de manera automática.
- En los demás puntos analizados se presentan mayormente el no cumplimiento del factor de potencia, frecuencia y variación de tensión debido a que estos puntos son alimentados por el punto de conexión común.

En la Tabla 0.23 se presentan las interrupciones medidas por los equipos y su clasificación:

Tabla 0.23

Resumen del análisis de interrupciones en los puntos de medición.

# De Eventos	Caída Temporal	Interrupción Temporal	Interrupción Sostenida	Caída Instantánea	Caída Momentánea	Sobretensión	Aumento temporal
--------------	----------------	-----------------------	------------------------	-------------------	------------------	--------------	------------------

Punto de conexión común 13,8 kV TRF principal	3	NA	8	2	8	1	1
TRF 250 kVA	2	NA	7	3	1	NA	NA
TRF de Servicios	NA	5	3	2	NA	NA	NA
TRF Central	NA	10	1	2	NA	2	1
Monitoreo TRF 75 kVA técnico	NA	10	1	2	1	3	NA
TRF 10 kVA	NA	10	NA	2	NA	2	NA
TRF 75 kVA Cocina	NA	5	NA	2	1	2	NA
TRF 112,5 kVA	NA	13	NA	2	1	2	NA
TRF 75 kVA Dobladora #1	NA	9	1	1	1	4	NA
TRF 75 kVA #1 dobladora #2	NA	2	NA	NA	NA	1	NA
TRF 75 kVA #2 dobladora #2	NA	13	1	1	NA	NA	NA
TRF 60 kVA técnico	NA	8	1	NA	NA	2	NA
	NA	13	NA	2	1	NA	NA

Nota. Elaboración propia, 2022.

De la Tabla 0.23 se observan que durante el periodo de medición se presentaron interrupciones del suministro eléctrico, esto se debe a que el circuito al cual se encuentra conectada la industria analizada tiene un alto nivel de suspensiones del fluido eléctrico.

Resultados de mediciones del sistema de puesta a tierra

Mediciones de continuidad

Se realizaron medidas de resistencia suma y resistencia de contacto o continuidad en diferentes puntos de las instalaciones, adicionalmente, una descripción de los equipos a los cuales se les efectuó las mediciones, con fin de facilitar su posterior identificación e interpretación.

Se efectuó la verificación de equipotencialidad (unión directa) entre los diferentes sistemas de puesta a tierra de los cuartos eléctricos y gabinetes principales, siguiendo el método suma de resistencia suma y resistencia de contacto, haciendo conexión entre las barras de tierra de tableros y gabinetes eléctricos y estructuras metálicas con el sistema de puesta a tierra principal de sus respectivas fuentes eléctricas.

Se realizaron 126 puntos de medición entre barrajes, carcasas de equipos y estructuras metálicas.

A continuación, en la Tabla 0.24 se listan las medidas que resultaron con desviaciones (el total de las mediciones se encuentra en el capítulo de anexos):

Tabla 0.24

Medidas de continuidad

Punto de medida 1 (R1)	Punto de medida 2 (R2)	Resistencia suma (Ω) (REARTH)	Resistencia contacto (Ω) (R+/- 200ma)
	Estructura metálica, Bandeja transformador 3MVA	Abierto	Abierto
Barra de Puesta a Tierra de Subestación Principal	Estructura metálica, Tablero TGDC-01	Abierto	Abierto
	Barra de neutro, Tablero TENSF-01	Abierto	>17V

Barra de tierra Celda 460V	Estructura metálica, Tablero GT-03 (puerta)	Abierto	Abierto
Barra de tierra, Tablero GT-02	Mesa de Cortadora 2 (mini)	2.7	4.6
Barra de tierra, Tablero TD-BH23-TW	Mesa de máquinas de soldar	Abierto	Abierto
Barra de Tierra de Tablero servicios 220V	Riel máquina de laminas	2.16	1.65
Barra de tierra, Tablero TD-BH21-TW	Máquina de soldar U1080205428 (DC-600) (Entrenamiento Maquina 1A)	Abierto	Abierto
Barra de Puesta a Tierra de Subestación Principal	Bandeja, Tablero TENF-03	Abierto	Abierto
	Bandeja, Transformador 75kVA Cuarto técnico	Abierto	Abierto

Nota. Elaboración propia, 2022.

Con base en los resultados obtenidos en la Tabla 0.24, se tienen las siguientes observaciones:

- Valores superiores a 1 Ω y hasta 1.5 Ω , en medición de resistencia de contacto, indica una deficiencia en la conexión de la puesta a tierra existente debido posiblemente al aflojamiento de elementos, presencia de óxido o sulfatación u otros aspectos que puedan disminuir la eficiencia en la conexión.
- Valores comprendidos entre 1.5 Ω a 2.0 Ω , en la medición de resistencia de contacto, indican una posible unión indirecta entre los sistemas de puesta a tierra. El punto de referencia tomado como R2 podría no tener una conexión efectiva con el sistema de puesta a tierra.
- Valores superiores a 2.0 Ω , tanto en la medición de suma de resistencia como de resistencia de contacto, indica que los dos puntos del sistema de puesta a tierra medidos no se encuentran unidos o cuentan con sistemas de puesta a tierra independientes.

Mediciones de corriente en el sistema de puesta a tierra

En condiciones normales de operación no debe presentarse circulación de corriente eléctrica en los conductores de puesta a tierra de equipos o circuitos y solo se presentarían antes situaciones de fallas de aislamiento, cortocircuitos, deficiencias en las instalaciones por malas prácticas de conexión y distribución de estos conductores, problemas asociados a inducciones o utilización de conductores de tierra como conductores de neutro.

Se realizaron mediciones de corriente por los conductores de tierra en los tableros de distribución de baja tensión, que se relacionan a continuación, con el fin de determinar la presencia de corrientes no deseables en forma permanente, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 0.25.

Tabla 0.25

Medidas de corrientes en conductores de puesta a tierra de tableros eléctricos y CCM hallados en la industria

Nombre del conductor	Corriente (A)
Conductor de tierra, Transformador 3MVA	10.1
Conductor de tierra, Tablero TGDC-01	0.3
Conductor de tierra, Tablero TENSF-01	1.1
Conductor de tierra (aislado), Tablero GT01	0.5
Conductor de tierra (desnudo), Tablero GT01	2.5
Conductor de tierra (aislado), Tablero GT02	2.1
Conductor de tierra (desnudo), Tablero GT02	1.7
Conductor de tierra (aislado), Tablero GT03	1.7
Conductor de tierra (desnudo), Tablero GT03	4.3
Conductor de tierra (aislado), Tablero GT04	0.4
Conductor de tierra (desnudo), Tablero GT04	1.1
Conductor de tierra, Tablero TD-BH27-TW	0.6
Conductor de tierra, Tablero TD-BH23-TW	0.4
Conductor de tierra, Tablero TD-BH21-TW	0.0
Conductor de tierra, Tablero TD-BH15.1-TW	0.5
Conductor de tierra, Tablero TD-BH15-TW	0.1
Conductor de tierra, Transformador 75kVA (puente neutro-tierra)	2.3
Conductor de tierra, Bandeja Transformador 75kVA	2.3
Conductor de tierra, Acometida 460 V Transformador 75kVA	0.5
Puente neutro carcasa	1.1

Conductor de tierra (desnudo), Transformador 75kVA (Adira)	0.6
Conductor de tierra, Tablero TNPH	1.7
Conductor de tierra, Tablero TENF-02	0.5
Conductor de tierra, Tablero TNCB-01	1.3

Nota. Elaboración propia, 2022.

A partir de la Tabla 0.25, se observa que en general las corrientes por los conductores de tierra de los tableros de distribución y celdas no presentan valores significativos. Sin embargo, se observa que, en algunos de los conductores de tierra de los tableros resaltados en negrilla presencia de corrientes con magnitudes considerables, lo cual es indicio de contaminación del sistema de puesta a tierra.

Mediciones de tensión entre barrajes de tierra, neutro y estructuras metálicas

Se realizaron mediciones de tensión entre los conductores de neutro y tierra. En la Tabla 0.26, se relacionan los tableros donde los niveles de tensión se consideran anormales para un sistema eléctrico con una buena práctica aplicada de instalación y conexionado.

Tabla 0.26

Mediciones de tensión en los conductores de neutro y tierra.

Tablero	Barrajes	Tensión (V)
	B. Neutro – B. Tierra	17
Tablero TENSF-01	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero TD-BH15.1-TW	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero TD-BH15-TW	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero TNPH	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero TENF-02	B. Neutro – B. Tierra	0.0
TNCB-01	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero GT03	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero TD-BH21-TW	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero GT01	B. Neutro – B. Tierra	0.0

Tablero TD-BH23-TW	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero TD-BH27-TW	B. Neutro – B. Tierra	0.0
Tablero GT02	B. Neutro – B. Tierra	0.0

Nota. Elaboración propia, 2022.

De la Tabla 0.26, se observa que existe una diferencia de tensión y ésta se puede estar presentando por contacto de la estructura metálica con el cableado de las fases localizado en el tablero.

Mediciones de resistencia de la malla de puesta a tierra de la subestación principal planta Galapa

Para las mediciones de resistencia puesta a tierra se utilizó el método de la caída de potencial, ubicando el electrodo de corriente a 280 m de la malla, dependiendo la distancia de separación de esta y variando la distancia del electrodo de potencial cada 10 y 5 m a fin de construir la curva de resistencia versus distancia.

En la Tabla 0.27 se presentan los resultados de las mediciones en la subestación principal:

Tabla 0.27

Resistencia de puesta a tierra de la subestación principal

Resistencia de la malla		
	Distancia electrodo potencial (m)	Resistencia (Ω)
	180	0.6
	190	0.5
	200	0.5
	210	0.5
Distancia electrodo de corriente (m)	220	0.5
	230	0.5
	240	0.5
	245	0.5
	250	0.5
	255	0.6
	260	0.6

265	0.6
270	0.9
275	1.4

Nota. Elaboración propia, 2022.

A partir de la Tabla 0.27, se realizó la medición de resistencia de puesta a tierra de la malla usando el método de la caída de potencial, el cual arrojó que el valor obtenido para la malla de la subestación fue de 0,53 Ω el cual no supera el valor referenciado por el RETIE para subestaciones de media tensión.

Observaciones de las condiciones de montaje del sistema de puesta a tierra

En la inspección visual de los tableros eléctricos analizados se encontraron los aspectos que se muestran en la Tabla 0.28:

Tabla 0.28

Observaciones en tableros eléctricos de la industria analizada

Observaciones halladas en la inspección	Referencia normativa	Cantidad de desviaciones
Los conductores de puesta a tierra se empalman o unen en un punto contra la estructura y no van conectados a la barra de tierra	RETIE Artículo 20.23.1.2 (e) RETIE Artículo	14
Tornillería oxidada en la barra de tierra	20.23.1.2 (b) NTC2050 Sección 110-12 (c)	3
Conductores de puesta a tierra sin borna terminal de compresión o entorchados alrededor del tornillo	RETIE Artículo 20.23.1.3 (a) Artículo 20.23.4 (j)	3
La barra de tierra no cuenta con suficientes terminales para la derivación de conductores	RETIE Artículo 20.23.1.3 (c) Artículo 20.23.1.3 (e)	3

	RETIE	
	Artículo 20.23.1.2 (e)	
	Artículo 20.23.4 (o)	13
Las puertas del tablero no poseen el conductor de equipotencialización directa con la estructura y a su vez con la barra de tierra	NTC2050 Sección 384-11 Sección 384-20	
	RETIE	17
No presenta DPS Tipo II	Artículo 20.14	
Al DPS existente le falta interruptor de protección, para evitar que ante una falla en el DPS este pueda quedar en corto circuito y podría sacar de servicio todo el tablero, adicionalmente estos DPS no son los adecuados para este tipo de instalación		2
	RETIE	
El tablero de distribución NO cuenta con señalización de riesgo eléctrico según se indica en el RETIE, adicionalmente no cuenta con la señalización que prohíba la manipulación del personal no competente	Artículo 20.14	1
	RETIE	
No se cumple el código de colores especificado por el RETIE para la identificación de conductores según el nivel de tensión	Artículo 20.23.1.4 (f) Artículo 6.2	11
	RETIE	
En los equipos eléctricos (tableros) el envolvente o encerramiento garantizan que las partes no portadoras de corriente y personas no estén expuestas a un contacto directo con las partes energizadas	Artículo 20.23.1.3 (f) RETIE Artículo 2.41.1	5
	RETIE	
Todas las estructuras metálicas no portadoras de corriente como puertas de acceso, mallas de cerramiento, escaleras, estructuras de refuerzo, bandejas portables, etc. se encuentran sólidamente puestas a tierra	Artículo 20.23.1.1 (d) RETIE - Artículo 23.1 (e) NTC 2050 - Artículo 250 Resolución 1348 - Artículo 14 (c)	1

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según la Tabla 0.28, la inspección visual realizada de las conexiones y montaje del sistema de puesta a tierra de los tableros y estructuras metálicas más relevantes de la planta, se tienen los siguientes resultados:

- Los conductores de puesta a tierra se empalman, se unen sin terminales a la estructura y no van conectados a la barra de tierra.
- Se evidencia tornillería de barras de tierra oxidadas.
- Se instalan varios conductores de tierra encima de un solo punto.
- Estructuras metálicas como estantes, puertas de tableros y subestaciones sin aterrizar.
- Algunos tableros que requieren DPS no lo tienen, y los tableros que cuentan con DPS, estos no son los apropiados.
- Se encontraron tableros sin identificación de riesgo eléctrico.
- Se hallaron tableros en los cuales no se cumple con el código de colores estipulado por el RETIE.

Análisis termográfico

Se realiza la termografía a cada uno de los tableros eléctricos seleccionados. A continuación, en la Tabla 0.29, se presentan los tableros principales analizados (en los anexos se encuentran las termografías de cada tablero).

Tabla 0.29

Tableros eléctricos a los cuales se les tomaron termografía.

Tableros analizados		
1	TNCB-01	Cuarto técnico
2	TENF – 02	Cuarto técnico
3	TGDF – 01	Subestación principal
4	TENSF – 01	Subestación principal

5	TGDC – 01	Subestación principal
6	+K1 Celda de medida	Subestación principal
7	TENF – 01	Bahía 29
	Tablero de servicio 220 V	
8	Transformador 25kVA	Primeras operaciones
9	TENF – 03	Subestación 4
10	Tablero de control	Adira 2
11	Tablero de fuerza	Adira 2
12	Tablero de fuerza y control	Adira 1
13	TNPH – 01	Central de monitoreo

Nota. Elaboración propia, 2022.

De la Tabla 0.29, se aprecia los tableros a los cuales les fue realizada la toma termográfica.

En la Figura 0.7, se presenta el análisis termográfico realizado al tablero eléctrico TGDC-01 ubicado en la subestación principal.

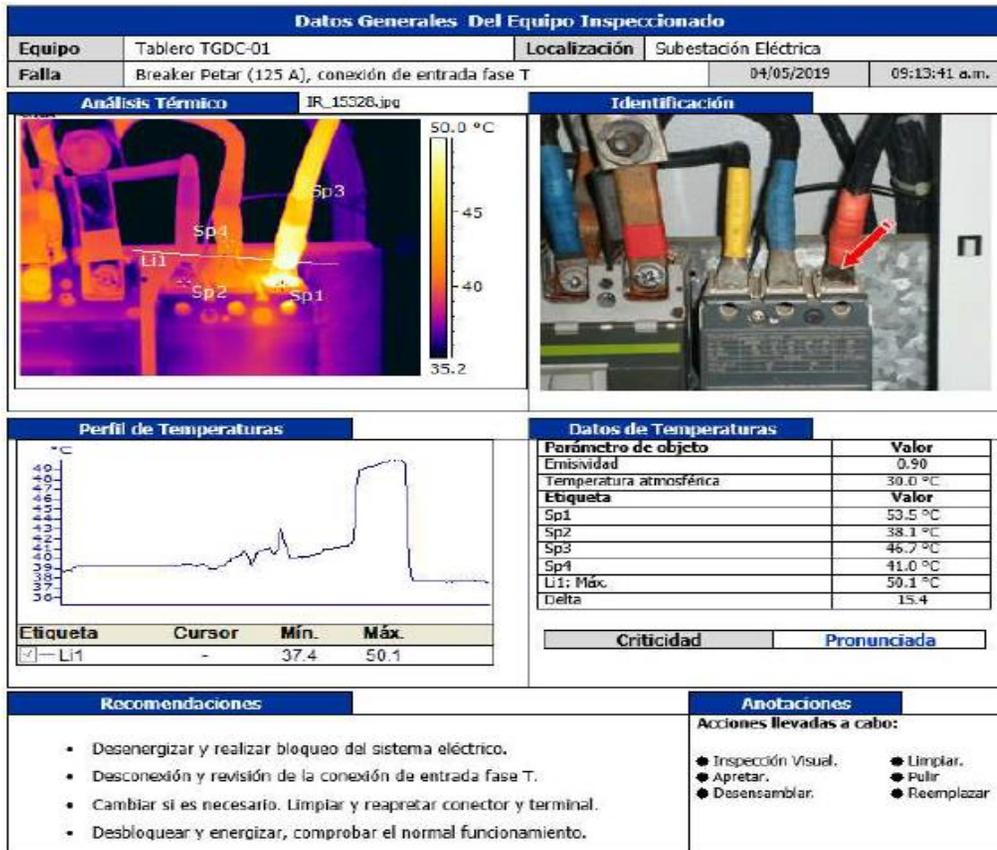


Figura 0.7. Análisis termográfico de tablero eléctrico TGDC-01 ubicado en la subestación principal. Elaboración propia usando el software FLIR TOOL (FLIR, 2003).

A partir de la Figura 0.7, se puede observar un incremento de temperatura (sobrecarga) en una de las fases que alimenta el interruptor, por lo tanto, se requiere realizar una intervención del área para evitar la falla.

En los anexos se encuentran las evaluaciones de las imágenes termográficas de los tableros seleccionados.

En la Tabla 0.30 se muestra el número de fallas encontradas en los tableros y su nivel de criticidad.

Tabla 0.30

Cantidad de fallas halladas y su criticidad.

Criticidad de la falla	Número de fallas
Nivel 1 - Incipiente	2
Nivel 2 - Pronunciada	1
Nivel 3 - Severa	0
Nivel 4 - Crítica	0
Total de fallas	3

Nota. Elaboración propia. 2022.

A partir de la Tabla 0.30 se tienen las siguientes observaciones:

- 1) Los tableros y equipos con nivel de criticidad 1 – incipiente son los siguientes:
 - En el tablero TGDC – 01, se evidencia la presencia de exceso calor en el interruptor que alimenta el tablero eléctrico de la Cocina de 250 A, conexión de entrada en la fase S, se recomienda desenergizar y realizar revisión y mantenimiento de las conexiones como apretar, limpiar o reemplazar si es necesario.
 - En el tablero TGDC – 01, se evidencia la presencia de exceso calor en los interruptores de 250 A y 125 A, en la conexión de salida de ambos, se recomienda desenergizar y realizar revisión y mantenimiento de las conexiones como apretar, limpiar o reemplazar si es necesario.
- c) El tablero con nivel de criticidad 2 – Pronunciada es el siguiente:
 - En el tablero TGDC – 01, se evidencia la presencia de exceso calor en el interruptor que alimenta el tablero eléctrico de la Petar de 125 A, conexión de entrada fase T, se recomienda desenergizar y realizar revisión y mantenimiento de las conexiones como apretar, limpiar o reemplazar si es necesario.

Propuesta de soluciones

Antes de realizar las propuestas de soluciones la compañía debe analizar la factibilidad de las soluciones a proponer. Para el análisis la gerencia tiene en cuenta los siguientes criterios:

- Una hora de un técnico tiene un costo de \$138.000 pesos.
- La industria está conformada por 50 bahías, en la cuales trabajan mínimo 2 técnicos.
- La industria trabaja 24/7.
- Los repuestos de las máquinas que fallan con mayor frecuencia son las tarjetas electrónicas de las máquinas de soldar y las mesas de corte. Una tarjeta electrónica tiene un costo de \$22.000.000 pesos.
- Los repuestos son importados, por lo tanto, el tiempo que debe durar la bahía parada es de 2 a 3 meses aproximadamente.
- La parada de una bahía por un mes tiene un costo de pérdidas aproximadamente de \$250.000.000 pesos.

A partir del análisis de los resultados obtenidos, la revisión de las propuestas de solución y los criterios técnico-económicos se propone las siguientes soluciones:

- Revisión y corrección de las anomalías encontradas en el sistema de puesta a tierra de la industria.
- Instalación de UPS en las dos máquinas cortadoras de plasma.
- Instalación de un filtro activo dinámico para mejorar el factor de potencia y el nivel de armónicos.

Implementación de las soluciones propuestas:

De acuerdo con los estudios, análisis y resultados obtenidos de los diagnósticos realizados de la calidad de la energía en la industria analizada, la empresa inició un plan para atender las recomendaciones obtenidas en los informes de diagnóstico del sistema eléctrico.

Evaluación de factibilidad

Para el caso de estudio, debido a que las fallas presentadas en el SEI habían ocasionados pérdidas económicas desde años atrás, la gerencia solicitó resolver a la mayor brevedad los problemas de calidad de la energía, por lo tanto, no se realizó una evaluación de factibilidad.

Revisión de sistema de puesta a tierra

El taller de Fabricaciones tiene en su gran mayoría cargas eléctricas no lineales variables, las cuales se alimentan por un sistema de blindobarras a una tensión de 460V. Estas blindobarras inician desde la subestación 3 recorriendo a lo largo el taller para alimentar las cargas.

A partir de las recomendaciones referentes al sistema de puesta a tierra la industria inició con una revisión del sistema eléctrico.

En la Figura 0.8, se observa los tableros de las blindobarras de la subestación 3:



Figura 0.8 Subestación 3. Elaboración propia. 2022.

A continuación, se describen las acciones realizadas:

- 1) Se identificó gracias a la revisión del sistema de puesta a tierra de la compañía que la malla existente en el taller de fabricaciones no estaba conectada al sistema eléctrico taller. Esta falta de tierra en el taller ocasionaba un alto nivel de riesgo para el personal que labora en las instalaciones, ya que, en diversas ocasiones, operarios tuvieron descargas parciales, además los equipos electrónicos se quemaban y no había un punto de referencia para el sistema eléctrico.

A continuación, en la Figura 0.9, se puede observar un tramo de blindobarra:



Figura 0.9 Tramo de blindobarra. Elaboración propia. 2022.

Para resolver este hallazgo se procedió a destapar los tableros eléctricos de las blindobarras, se identificó que la barra que debería estar conectada a la malla de puesta a tierra, estaba conectada a un cable de neutro, el cual no se utiliza en el taller de fabricaciones.

Luego del hallazgo se procedió a colocar un puente entre la tierra de la malla y la platina de tierra de blindobarra (ver *Figura 0.10*).

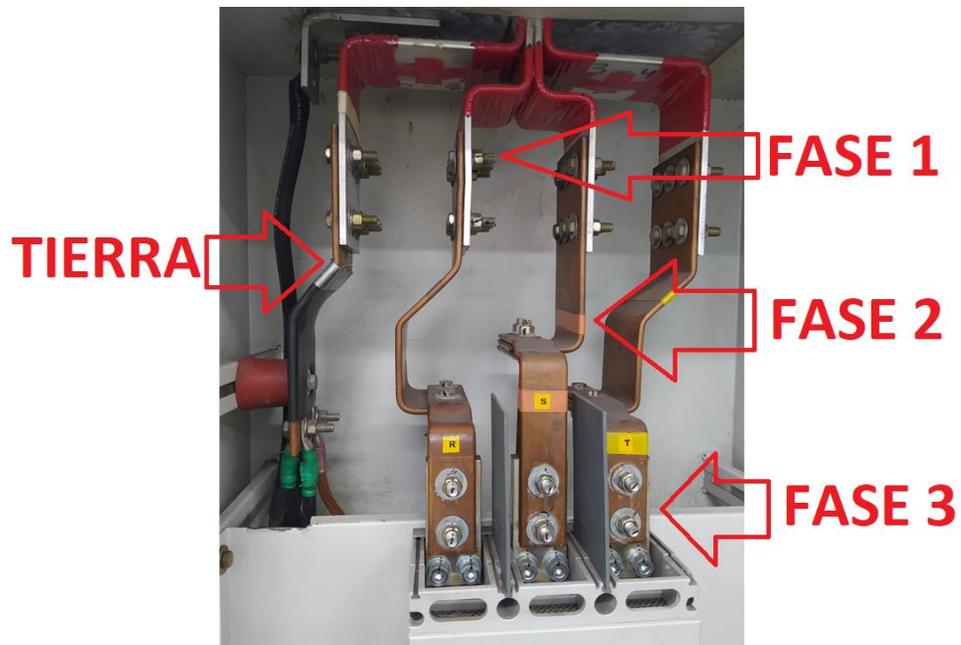
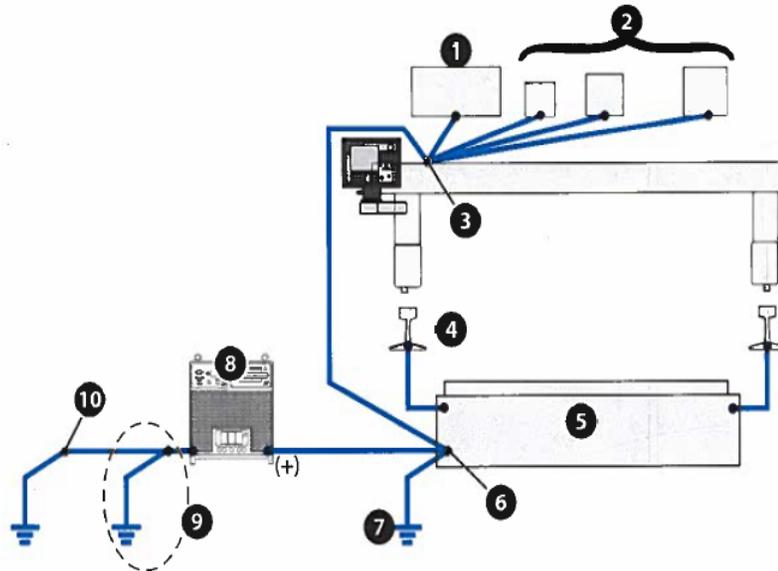


Figura 0.10 Conexión de tierra a blindobarras. Elaboración propia, 2022.

- 2) A raíz del estudio de puesta a tierra se revisó el manual de los equipos críticos para la operación, identificando que las mesas de corte de plasma requerían una tierra adicional independiente. Esta tierra independiente evita los problemas de interferencia electromagnética y corrientes parásitas en la mesa de corte.

A continuación, en la Figura 3.11, se observa un esquema de cómo debe ser la conexión de tierra del equipo.



- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ❶ Caja eléctrica de control principal ❷ Cajas eléctricas de componentes ❸ Conexión a tierra de estrella de la máquina ❹ Rieles ❺ Tabla de corte ❻ Conexión a tierra de estrella del sistema (en la mesa) ❼ Barra de conexión a tierra ❽ Fuente de alimentación del plasma ❾ Conexión a tierra de la fuente de alimentación del plasma (requerido según las normas de EE.UU.) ❿ Conexión a tierra del sistema eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • Todas las cajas eléctricas se atornillan al bastidor de la máquina. • Bastidor de la máquina conectado a tierra en el punto de estrella de la mesa de corte. • Rieles conectados a tierra en la mesa de corte • Conexión a tierra del plasma conectado a un punto de estrella en la mesa de corte • Barra de conexión a tierra conectada a un punto de estrella en la mesa de corte • Se requiere una barra de tierra para la fuente de alimentación del plasma según algunas regulaciones y directivas. Verifique las regulaciones locales para determinar si esta barra de tierra adicional es obligatoria. |
|---|--|

Figura 0.11 Conexiones de tierra que requiere el equipo para su correcto funcionamiento. Manual del equipo (ESAB, 2011). Elaboración propia, 2022.

A partir de la Figura 0.11, se observa que las mesas de corte requieren un sistema de puesta a tierra robusto, por lo cual se realizó la instalación según el manual del fabricante.



Figura 0.12 Instalación de tierras mesas de corte 1/2. Elaboración propia, 2022.

En la Figura 0.12 se aprecia el tendido de cableado de tierra para las mesas de corte.

A continuación, en la Figura 0.13, se observa la conexión de los equipos a tierra.



Figura 0.13 Instalación de tierras mesas de corte 2/2. Elaboración propia, 2022.

De la Figura 0.13, se observa que se aterrizan las estructuras metálicas que no estaban conectadas. Ya con las conexiones terminadas se garantiza que los equipos estén protegidos ante corrientes espurias o parasitas y se le garantiza un punto de referencia al sistema.

Mesas de corte

La mesa de corte de plasma presentaba problemas de desconfiguración del programa de cortes seleccionado por el operario. Este inconveniente se presentaba cada que vez ocurrían interrupciones de energía eléctrica por parte del operador de red. Luego de una revisión de la literatura y un análisis del sistema de la mesa de corte, se implementó la instalación de una UPS para el sistema de control (Monzón, 2013). Con esta solución se logró alimentar el control de la mesa de corte y de esta manera no perder la configuración cada vez que se percibía un corte de energía.

Filtro activo

Debido a que la mayoría de las cargas existentes en la planta de Galapa son cargas variables no lineales, se hace necesaria la implementación de un filtro activo, el cual permite al sistema mitigar las corrientes armónicas, corrección del factor de potencia y equilibrio de cargas y un filtro activo de línea que protege al sistema frente a eventos transitorios, ruido eléctrico, picos. Esta solución actualmente se encuentra en proceso de implementación. Cabe resaltar que previamente a la elección del filtro la industria contrato un diseño de detalle para escoger el filtro que solucione los problemas encontrados.

De las recomendaciones del estudio termográfico se realiza un mantenimiento a los tableros eléctricos en los cuales se encontraron puntos calientes.

Verificación de la efectividad de las soluciones

La verificación de la efectividad de las soluciones implementadas se realizará cuando la industria realice la implementación de la totalidad de las soluciones propuestas y los correctivos surgidos a partir de los análisis previamente realizados.

Conclusiones

En la literatura científica revisada no se evidencia la existencia de un procedimiento que permita la evaluación de problemas de calidad de la energía en industrias donde predominen cargas eléctricas variables no lineales. Estos estudios en la actualidad se realizan basado en las normas NTC 5001, NTC 1340 e IEEE Std. 519, sin embargo, no se analizan todas las variables eléctricas, ni se consideran aspectos asociados a la calidad de la energía como la puesta a tierra y el análisis termográfico.

El estudio para la obtención del procedimiento se desarrolló en tres etapas siguiendo la metodología de la investigación. Primeramente, se identificaron los requerimientos para la evaluación de la calidad de la energía en SEIs. Posteriormente, se describió el procedimiento y finalmente, se validó en una industria.

Se establecieron los requerimientos principales para la evaluación de problemas de calidad de la energía en SEIs donde predominan cargas eléctricas variables no lineales. Estos requerimientos constan de una descripción de la problemática del SEI, reconocimiento del SEI, identificación de los puntos de medición, ejecución de las mediciones, procesamiento de los datos e identificación de problemas, propuestas de soluciones, su implementación y verificación de su efectividad.

En el procedimiento se tuvo en cuenta la inclusión del análisis del sistema de puesta a tierra y el análisis termográfico ya que permiten identificar problemas que están afectando el correcto funcionamiento del sistema eléctrico de la industria. Además, se consideró el análisis de las pérdidas en el sistema eléctrico a causa de los armónicos, pues afecta negativamente el costo por el consumo de energía en la industria.

El procedimiento propuesto se aplicó en un caso de estudio en una industria caracterizada por el predominio de cargas eléctricas variables no lineales como máquinas de soldar, máquinas CNC, iluminación LED y dobladoras de metales que presentaba daños en tarjetas electrónicas, desconfiguración de procesos, disparos inesperados de protecciones eléctricas, quema de cables de tierra y bajo factor de potencia. Se monitorearon 13 puntos de conexión y el sistema de puesta a tierra del SEI. Como resultado, se identificó que las causas de las afectaciones eran las variaciones en la tensión y la frecuencia, así como altos niveles de armónicos de tensión y corriente en todos los puntos de conexión, con 149.6 kWh/mes de pérdidas por armónicos. Se identificaron, además, empalmes defectuosos en las barras de puesta a tierra, oxidación en los tornillos de conexión y estructuras sin aterrizar. Como soluciones, se propuso la instalación de UPS, la revisión del sistema de puesta a tierra y la instalación de filtros activos.

En el estudio se comprueba que el procedimiento propuesto es aplicable a cualquier industria donde predominen cargas eléctricas variables no lineales para la evaluación de problemas de calidad de la energía.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta las ventajas del procedimiento propuesto, se sugiere su aplicación en industrias con características similares a la estudiada o en otras donde exista un cambio significativo dentro del SEI como la adición de nuevas cargas o la aparición de nuevas afectaciones en el sistema.

Se recomienda que en las industrias donde se aplique el procedimiento, se establezca como una práctica estandarizada dentro del sistema de mantenimiento bajo el precepto de la mejora continua.

A partir de los resultados del estudio se proponen la instalación de filtros activos dinámicos para el SEI, con el fin de mitigar los armónicos, mejorar el nivel de tensión y el factor de potencia. Adicionalmente se sugiere validar con el operador de red la causa de las constantes suspensiones que se presentan en el circuito al cual la industria se encuentra conectada.

Referencias

- 2050, N. (1998). Código Eléctrico Colombiano: NTC 2050. *Código Eléctrico Colombiano*.
- Amaguaya, Adriano; Alcibar, W. (2014). *Universidad católica de santiago de guayaquil*. 1–125.
- American National Standard Motors and Generator. (2011). *ANSI/NEMA MG1-2011*.
- Aznarán Balcázar, I. T., & Reyes Aranda, G. J. (2015). “Aplicación De La Termografía Infrarroja En Tableros Electricos De Distribución Para Mejorar La Seguridad Y La Calidad De La Energía Electrica.” *Formulacion y Caracterizacion de una Bebida Rehidratante a Partir de Zumo de Aguaymanto (Physallis Peruviana) Elaborado para Agroindustria La Morina*”, 1–162.
- http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_9e83451a15986e5413cb8a85c9d138b7
- Bhagavathy, P., Latha, R., & Elango, S. (2018). A Case Study on the Impact of Power Quality Analysis in Textile Industry. *2018 13th International Conference on Industrial and Information Systems, ICIIS 2018 - Proceedings*, 978, 453–456.
- <https://doi.org/10.1109/ICIINFS.2018.8721407>
- Carrera, E., & Ordoñez, F. (2011). *Análisis De Calidad De Energía En Tagsa*.
- Céspedes Molano, L. E., & Saad Gómez, J. A. (2007). *Evaluación técnica y diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la planta QUALA S.A.*
- Churio Silvera, O., Vanegas Chamorro, M., & Valencia Ochoa, G. (2018). Estudio y diagnóstico de la calidad de la energía de un campus universitario en la costa norte de Colombia. *AVANCES: Investigación En Ingeniería*, 15(1), 271–285. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.4739>

- Committee, D., Power, I., & Society, E. (2014). *IEEE Std 519 - IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems IEEE Power and Energy Society Sponsored by the Transmission and Distribution Committee I. 2014.*
<https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2014.6826459>
- Committee, T., & Society, I. P. E. (1986). An American National Standard IEEE Recommended Practice for Establishing Transformer Capability When Supplying Nonsinusoidal Load Currents. *ANSI/IEEE Std C57.110-1986, December, 0_1.*
<https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1988.81682>
- CREG. (2018). Metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. In *Resolución 015* (p. 239).
- Crespo, N. (2018). *Sistema para la mitigación de las perturbaciones que afectan la calidad de la energía.* <https://rc.upr.edu.cu/jspui/handle/DICT/3188>
- Elvatron. (2020). *Calidad de la energía eléctrica.* www.elvatron.com
- Enríquez Harper, G. (2013). EL ABC de la calidad de la ENERGIA ELECTRICA. In *Profesor titular de la ESIME-IPN* (Vol. 0). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gabriel, J. (2003). International Standard International Standard. *61010-1* © *Iec:2001*, 6(5), 13.
- Group, Snell; Corporation, F. (2009). *Introducción a los principios de la termografía.*
- Guachamin Cheza, V. P., & Naranjo Andrade, E. G. (2011). *Análisis y Estudio de la Calidad de Energía Eléctrica en la Planta Industrial de Quito Imprenta Mariscal.* 1–7.
- Guzman, Juan; Ortega, R. (2020). *CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL CON CARGAS ELÉCTRICAS VARIABLES*

NO LINEALES.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Pilar-Baptista, L. (2006). Metodología de la investigación. In *Edición McGraw-Hill* (Cuarta). McGraw Hill.

ICONTEC. (2008a). *Norma Técnica Colombiana NTC 5001- Calidad de la Potencia Eléctrica.pdf*.

ICONTEC. (2008b). *NTC 5001: Calidad de la potencia eléctrica. Límites y metodología de evaluación en punto de conexión común* (Issue 571).

ICONTEC. (2013). *NTC 1340: Electrotecnia. Tensiones y frecuencia nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público* (Issue 571).

IEC. (2015). *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods*.

IEEE. (2014). IEEE Std 519TM-2014: IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control. In *ANSI/IEEE Std. 519* (Vol. 2014, pp. 5–9).
<https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2014.6826459>

IEEE 1100Std Coordinating Committee, 1100. (1992). *IEEE Std 1100-1992, Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment*.

IEEE Std 1159. (2019). IEEE Std 1159TM-2019: IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. In *IEEE Standard 1159-2019 (Revision of IEEE Std 1159-2009)* (Vol. 2019, pp. 1–98).

Ingale, V. P., Jadhav, A. D., Takawale, N. K., & Mangate, S. D. (2018). Power Quality Analysis for Sugar Industry with Cogeneration. *Proceedings of the International Conference on*

Inventive Communication and Computational Technologies, ICICCT 2018, Iccict, 776–781.

<https://doi.org/10.1109/ICICCT.2018.8472949>

International Electrotechnical Commission. (2021). *IEC 61000-4-30: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods.*

ISO. (2011). ISO 50001 - Energy Management. In *International Organization for Standardization.*

Jafari Aghbolaghi, A., Mahdavi Tabatabaei, N., Boushehri, N. S., & Hojjati Parast, F. (2017). Reactive Power Control in AC Power Systems. In *Power Systems* (pp. 345–409).

<https://doi.org/10.1007/978-3-319-51118-4>

Jasinski, M., Sikorski, T., & Borkowski, K. (2018). Clusteringa tool to support the assessment of power quality in electrical power networks with distributed generation in the mining industry. *Electric Power Systems Research.*

<https://doi.org/https://doi.org/10.101/j.epr.2018.09.020>

JGraph Ltd. (2005). *Diagramas.net*. <https://www.diagrams.net>

Jiménez, A. F. S. (2015). *Guía metodológica para el análisis de hundimientos de tensión en el sistema de distribución de la CHEC.*

Kalair, A., Abas, N., Kalair, A. R., Saleem, Z., & Khan, N. (2017). Review of harmonic analysis, modeling and mitigation techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,*

78(March 2016), 1152–1187. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.121>

MAYRA, G. (2013). Solución de problemas de motor y variador. *Journal of Chemical*

Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.

Metrel, 2017. (2017). *Calidad de la energía Análisis de potencia , armónicos y perturbaciones de red en sistemas trifásicos de distribución* (5 edición, Issue 20). <https://doi.org/20750958>

Miguel Torres, Guianella Ibarra, E. B. (2004). *ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.*

Monzón, M. (2013). *Calidad De Suministro Eléctrico: Huecos De Tensión. Mitigación De Sus Efectos En Las Plantas Industriales.* 18–51.

Noriega, E. (2018). *PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE FORMACIÓN EN UNA FÁBRICA DE BATERÍAS.*

Noriega, E., Cabello, J. J., Hernández, H., Sousa, V., Balbis, M., Silva, J. I., & Sagastume, A. (2019). Energy planning and management during battery manufacturing. *Gestao e Producao*, 26(4), 1–14. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3928-19>

Núñez, J. R., Pérez, Y., Benítez, I., & Noriega, E. (2021). Demilitarized network to secure the data stored in industrial networks. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(1), 611–619. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i1.pp611-619>

Patricio, R. Q. (2010). *Escuela politécnica nacional.*

Peinado, Jose Luis;Hernández, J. (2012). *EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN PLANTA BEBIDAS MUNDIALES S.A DE C.V.*

Peterson, A. D., Bedford, W. L., Blizard, C. K., Gentle, G., Gradin, L. P., Green, D., Hageman, R. L., Haines, D. W., Hettchen, R., Hoke, G., Johnson, D., Mcdaniel, R., & Peterson, A. (1995). Especificaciones de Pruebas Aceptadas para Sistemas y Equipos de Distribución de

- Potencia eléctrica. *International Electrical Testing Asociating (NETA)*.
- Plata, S. R. C. C. (2006). Calidad del servicio de energía eléctrica. In *Calidad del servicio de energía eléctrica* (Vol. 2, Issue 1).
- Polo, V. M., Pe, B., & Resumen, A. (2017). Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. *Ciencia e Ingeniería*, 38(2), 167–176.
- Raja, R., Yash, S., Shubham, S., Indragandhi, V., Vijayakmar, V., Saravanan, P., & Subramaniaswamy, V. (2020). *IoT embedded cloud-based intelligent power quality monitoring system for industrial drive application*.
- Rajarajan, R., & Prakash, R. (2020). A reformed adaptive frequency passivness control for unified power quality compensator with model parameter ability to improve power quality. *Micropocessors and Microsystems*.
- RETIE. (2013a). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas resolución 90708 de agosto 30 de 2013. In *Resolucion 90708* (p. 127).
- RETIE. (2013b). RETIE - Reglamento Tecnico de Instalaciones Electricas. In *Resolucion 90708*.
- Rodriguez, H., Sanchez, P., & Jurado, F. (2019). *Mejoramiento de la calidad de energía mediante un dispositivo de energía regulable*. 2334–2501, 10.
- Roger Dugan, Mark McGranaghan, Surya Santoso, H. W. B. (2012). *Electrical Power Systems Quality* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Rönnerberg, S., & Bollen, M. (2016). Power quality issues in the electric power system of the future. In *Electricity Journal* (Vol. 29, Issue 10). <https://doi.org/10.1016/j.tej.2016.11.006>
- SECOVI. (2006). *Estudio de Calidad de Energía* ® SECOVI.

Sousa, V., Herrera, H. H., Quispe, E. C., Viego, P. R., & Gómez, J. R. (2017). Harmonic distortion evaluation generated by PWM motor drives in electrical industrial systems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6), 3207–3216.
<https://doi.org/10.11591/ijece.v7i6.pp3207-3216>

Villatoro, B. J. (2009). *Teorías de Diseño de Filtros Activos para Mitigación de Armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia*. 1–226.

Anexos

Anexo 1 Resumen de resultados TRF 45 kVA Servicios

Par.	Cantid ad datos	Má x.	Mí n.	Pro m.	Límit e inferior	Límite superior	Cantid ad datos fuera del limite	% Dato s fuera de del limite	% Permisib le datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	13007	256.9	0.0	223.5	202.5	236.2	1134	8.7	5.0	No cumple
Variación de tensión (p.u)	13007	1.1	0.0	0.9	0.9	1.0	1134	8.7	5.0	No cumple
Desequilib rio de tensión (%)	13007	9.4	0.2	1.1	NA	2.00	490	3.8	5.0	Cumple
Frecuencia (Hz)	13007	64.9	58.2	60.2	57.5	63.0	3417	26.3	0.0	No cumple
Factor de carga (%)	13007	14.2	0.0	1.0	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	13007	1.0	-1.0	0.2	0.9	1.0	8058	61.9	0.0	No cumple
THD (%)	13007	379.4	1.0	15.4	NA	8.0	830	6.4	5.0	No cumple
Potencia aparente (kVA)	13007	6.4	0.0	0.5	0.0	51.8	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia

Anexo 2 Resumen de resultados TRF 30 kVA Recepción-Central de monitoreo

Par.	Cantid ad datos	Má x.	Mín .	Pro m.	Límit e inferi or	Límite superi or	Cantid ad datos fuera del limite	% Dato s fuer a del limit e	% Permisib le datos fuera de norma	Cumpl e/ No cumple
Tensión promedio (V)	14758	240. 2	188. 4	216.3	214.7	237.3	36	0.2	5.0	Cumpl e
Variación de tensión (p.u)	14758	1.0	0.8	0.9	0.9	1.05	36	0.2	5.0	Cumpl e
Desequilib rio de tensión (%)	14758	2.5	0.0	0.5	NA	2.0	22	0.1	5.0	Cumpl e
Frecuencia (Hz)	14758	61.4	59.9	60.0	57.5	63.0	0	0.0	0.0	Cumpl e
Factor de carga (%)	14758	52.4	0.3	27.9	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumpl e
Factor de potencia	14758	0.9	0.0	0.8	0.9	1.0	9643	65.3	0.0	No cumple
THD (%)	14758	212. 3	0.8	1.7	NA	8.0	1886	12.8	5.0	No cumple
Potencia aparente (kVA)	14758	15.7	0.0	8.4	0.0	34.5	0	0.0	0.0	Cumpl e

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 3 Resumen de resultados Transformador 75kVA Técnico

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	14078	256.2	0.	231.5	202.5	236.2	1135	8.0	5.0	No cumple
Variación de tensión (p.u)	14078	1.1	0.0	1.0	0.9	1.05	1135	8.0	5.0	No cumple
Desequilibrio de tensión (%)	14078	28.6	0.0	0.5	NA	2.0	9	0.0	5.0	Cumple
Frecuencia (Hz)	14078	60.2	59.7	60.0	57.5	63.0	3997	28.4	0.0	No cumple
Factor de carga (%)	14078	52.4	0.0	32.9	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	14078	0.9	0.0	0.9	0.9	1.0	1456	10.3	0.0	No cumple
THD (%)	14078	54.1	0.9	1.8	NA	8.0	1219	8.7	5.0	No cumple
Potencia aparente (kVA)	14078	39.3	0.0	24.7	0.0	86.2	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 4 TRF 10kVA

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	14142	256.2	198.2	231.9	202.5	236.2	1105	7.8	5.0	No cumple
Variación de tensión (p.u)	14142	1.1	0.9	1.0	0.9	1.05	1105	7.8	5.0	No cumple
Desequilibrio de tensión (%)	14142	1.4	0.0	0.6	NA	2.0	0	0.0	5.0	Cumple
Frecuencia (Hz)	14142	60.1	59.8	60.0	57.5	63.0	0	0.0	0.0	No cumple
Factor de carga (%)	14142	64.9	6.1	32.1	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	14142	0.9	0.4	0.7	0.9	1.0	13438	95.0	0.0	No cumple
THD (%)	14142	152.8	1.2	2.4	NA	8.0	15	0.1	5.0	Cumple
Potencia aparente (kVA)	14142	6.5	0.6	3.2	0.0	11.5	0	0.00	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 5 TRF 75kVA COCINA

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	14137	255.6	197.5	231.3	202.5	236.25	825	5.8	5.0	No cumple
Variación de tensión (p.u)	14137	1.1	0.9	1.0	0.9	1.05	825	5.8	5.0	No cumple
Desequilibrio de tensión (%)	14137	1.3	0.0	0.5	NA	2.0	0	0.0	5.0	Cumple
Frecuencia (Hz)	14137	60.1	59.7	60.0	57.5	63.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de carga (%)	14137	72.0	16.2	41.3	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	14137	0.9	0.6	0.8	0.9	1.0	14137	100.0	0.0	No cumple
THD (%)	14137	161.5	0.8	1.8	NA	8.0	21	0.1	5.0	Cumple
Potencia aparente (kVA)	14137	54.0	12.1	31.0	0.0	86.2	0	0.00	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 6 TRF 112,5 kVA

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	10453	255.1	172.9	231.0	202.5	236.2	706	6.7	5.0	No cumple
Variación de tensión (p.u)	10453	1.1	0.8	1.0	0.9	1.05	706	6.7	5.0	No cumple
Desequilibrio de tensión (%)	10453	1.4	0.0	0.6	NA	2.0	0	0.0	5.0	Cumple
Frecuencia (Hz)	10453	60.1	57.9	60.0	57.5	63.0	353	3.4	0.0	No cumple
Factor de carga (%)	10453	27.7	7.9	19.4	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	10453	0.9	-0.9	0.9	0.9	1.0	10125	96.9	0.0	No cumple
THD (%)	10453	3.9	1.7	2.6	NA	8.0	0	0.0	5.0	Cumple
Potencia aparente (kVA)	10453	31.2	8.9	21.9	0.0	129.4	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 7 Transformador 75kVA Dob #1

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	15556	258.1	0.1	225.2	202.5	236.2	2500	16.1	5.0	No cumple
Variación de tensión (p.u)	15556	1.1	0.0	1.0	0.9	1.05	2500	16.1	5.0	No cumple
Desequilibrio de tensión (%)	15556	54.5	0.0	2.2	NA	2.0	489	3.1	5.0	No cumple
Frecuencia (Hz)	15556	0.8	0.2	0.5	57.5	63.0	4354	27.9	0.0	No cumple
Factor de carga (%)	15556	56.9	0.0	38.7	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	15556	0.9	-0.9	0.9	0.9	1.0	15556	100.0	0.0	No cumple
THD (%)	15556	353.	0.9	12.3	NA	8.0	507	3.3	5.0	Cumple
Potencia aparente (kVA)	15556	42.6	0.0	29.0	0.0	86.2	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 8 TFR-1 75kVA Dob #2

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	12895	258.1	0.1	225.2	202.5	236.2	2356	18.3	5.0	No cumple
Variación de tensión (p.u)	12895	1.1	0.0	1.0	0.9	1.05	2356	18.3	5.0	No cumple
Desequilibrio de tensión (%)	12895	38.5	0.0	1.6	NA	2.0	490	3.8	5.0	No cumple
Frecuencia (Hz)	12895	60.2	59.8	60.0	57.5	63.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de carga (%)	12895	65.8	0.0	6.8	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	12895	0.8	0.0	0.4	0.9	1.0	12895	100.0	0.0	No cumple
THD (%)	12895	100.9	0.9	1.6	NA	8.0	517	4.0	5.0	Cumple
TDDI (%)	12895	13.7	0.3	0.9	NA	8.0	37	0.3	5.0	Cumple
Potencia aparente (kVA)	12895	49.3	0.0	5.1	0.0	86.2	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 9 TRF-2 75kVA Dob# 2

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	9479	257.9	73.7	233.2	202.5	236.2	1653	17.4	5.0	No cumple
Variación de tensión (p.u)	9479	1.1	0.3	1.0	0.9	1.05	1653	17.4	5.0	No cumple
Desequilibrio de tensión (%)	9479	0.8	0.0	0.4	NA	2.0	0	0.0	5.0	Cumple
Frecuencia (Hz)	9479	60.1	59.4	60.0	57.5	63.0	699	7.4	0.0	No cumple
Factor de carga (%)	9479	58.6	0.0	12.3	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	9479	0.8	0.1	0.5	0.9	1.0	9479	100.0	0.0	No cumple
THD (%)	9479	111.2	1.0	2.1	NA	8.0	716	7.5	5.0	No cumple
Potencia aparente (kVA)	9479	43.9	0.0	9.2	0.0	86.2	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 10 TRF 60kVA CUARTO TÉCNICO

Par.	Cantidad datos	Máx.	Mín.	Prom.	Límite inferior	Límite superior	Cantidad datos fuera del límite	% Datos fuera del límite	% Permisible datos fuera de norma	Cumple/ No cumple
Tensión promedio (V)	12896	246.7	75.0	229.9	202.5	236.2	430	3.3	5.0	Cumple
Variación de tensión (p.u)	12896	1.1	0.3	1.0	0.9	1.05	430	3.3	5.0	Cumple
Desequilibrio de tensión (%)	12896	99.9	0.0	1.4	NA	2.0	1050	8.1	5.0	No cumple
Frecuencia (Hz)	12896	60.1	59.8	60.0	57.5	63.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de carga (%)	12896	19.5	0.0	3.9	NA	115.0	0	0.0	0.0	Cumple
Factor de potencia	12896	0.8	0.0	0.5	0.9	1.0	12896	100.0	0.0	No cumple
THD (%)	12896	74.5	0.7	1.7	NA	8.0	34	0.3	5.0	Cumple
Potencia aparente (kVA)	12896	11.7	0.0	2.3	0.0	69.0	0	0.0	0.0	Cumple

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 11 Mediciones de continuidad

Medidas de Continuidad				
Ítem	Punto de medida 1 (R1)	Punto de medida 2 (R2)	Resistencia suma (Ω) (REARTH)	Resistencia contacto (Ω) (R+/- 200ma)
1		Conductor de tierra, Transformador 3MVA	0.0	0.1
2		Conductor de tierra, Bandeja Transformador 3MVA	0.0	0.0
3		Conductor de tierra, Cuba de Transformador 3MVA	0.0	0.1
4		Estructura metálica, Bandeja portacables	0.0	0.1
5	Barra de Puesta a Tierra de Subestación Principal	Estructura metálica, Puerta de acceso (1)	0.2	0.2
6		Estructura metálica, Puerta de acceso (2)	0.0	0.1
7		Estructura metálica, Bandeja transformador 3MVA	Abierto	Abierto
8		Conductor de tierra, subestación, Celda 460V	0.0	0.1
9		Barra de tierra, Celda 460V	0.0	0.1
10		Barra de Neutro, Celda 460V	0.0	0.0
11		Estructura metálica, Celda 460V	0.0	0.1

12		Estructura metálica, Celda 13.2 kV	0.1	0.1
13		Estructura metálica, Celda 13.2 kV	0.0	0.1
14		Conductor de tierra, Cuba de Transformador TRFC01 Cocina	0.0	0.1
15		Barra de tierra, Tablero TGDC-01	0.0	0.3
16		Barra de neutro, Tablero TGDC-01	0.4	0.8
17		Estructura metálica, Tablero TGDC-01	Abierto	Abierto
18		Conductor de tierra, Transformador TRFF-07	0.0	0.0
19		Estructura metálica, cubierta del Transformador TRFF-07	0.0	0.0
20		Barra de tierra, Tablero TENSF-01	0.0	0.0
21		Barra de neutro, Tablero TENSF-01	Abierto	>17V *****
22		Estructura metálica, Tablero TENSF-01	0.0	0.1
23		Estructura metálica, Generador	0.0	0.7
24		Estructura metálica, Generador	0.0	0.0
25		Estructura metálica, Puerta de acceso cuarto del generador	0.0	0.1
26	Barra de tierra Celda 460V	Barra de tierra, Tablero GT-01	0.0	0.3

27		Estructura metálica, Tablero GT-01	0.0	0.4
28		Barra de tierra, Tablero GT-02	0.0	0.4
29		Estructura metálica, Tablero GT-02	0.0	0.2
30		Barra de tierra, Tablero GT-03	0.0	0.3
31		Estructura metálica, Tablero GT-03	0.0	0.2
32		Barra de tierra, Tablero GT-03	0.0	0.2
33		Estructura metálica, Tablero GT-03 (puerta)	Abierto	Abierto
34		Estructura metálica, Tablero GT-03 (estructura)	0.0	0.3
35		Barra de tierra, Caja multitomas equipos de soldadura	0.0	0.9
36		Estructura metálica, Caja multitomas equipos de soldadura	0.0	0.7
37	Barra de tierra, Tablero GT-01	Barra de tierra, Tablero TD-BH23-TW	0.0	0.0
38		Estructura metálica, Tablero TD-BH23-TW	0.0	0.1
39		Barra de tierra, Tablero TD-BH21-TW	0.0	0.0
40		Estructura metálica, Tablero TD-BH21-TW	0.0	0.1

41	Barra de tierra, Tablero TD- BH15.1-TW	0.0	0.0
42	Estructura metálica, Tablero TD-BH15.1-TW	0.0	0.0
43	Barra de tierra, Tablero TD-BH15- TW	0.0	0.2
44	Estructura metálica, Tablero TD-BH15-TW	0.0	0.0
45	Neutro, Transformador 75 kVA(adira)	0.0	0.0
46	Estructura metálica, Transformador 75 kVA(adira)	0.0	0.3
47	Neutro, Transformador 75 kVA(adira)	0.0	0.0
48	Estructura metálica, Transformador 75 kVA(adira)	0.0	0.0
49	Estructura metálica, Dobladora 1 (adira)	0.0	0.1
50	Estructura metálica, Dobladora 1 (adira)	0.0	0.1
51	Barra de tierra, Dobladora 1 (adira)	0.0	0.1
52	Barra de tierra, alimentación Cortadora 1 (taller)	0.0	0.2
53	Estructura metálica, Tablero	0.0	0.2

		alimentación Cortadora 1		
54		Estructura metálica, Cortadora 1	0.3	0.1
55		Riel de la Cortadora 1	0.0	0.2
56		Transformador 45kVA de servicios	0.1	0.0
57		Barra de tierra, Tablero principal de Cortadora 2	0.0	0.1
58		Estructura metálica, Tablero principal de Cortadora 2	0.0	0.2
59		Riel de la Cortadora 2	0.0	0.2
60		Estructura metálica, Cortadora 2	0.0	0.2
61	Barra de tierra, Tablero GT-02	Estructura metálica, Caja de distribución Cortadora 2 (mini)	0.0	0.2
62		Estructura metálica, Cortadora 2 (mini)	0.1	0.1
63		Mesa de Cortadora 2 (mini)	2.68	4.64
64		Transformador 75kVA Dobladora 2	0.0	0.2
65		Conductor desnudo de tierra, Transformador 75kVA Dobladora 2(1)	0.0	0.2

		Conductor desnudo de tierra.		
66		Transformador 75kVA Dobladora 2(2)	0.0	0.2
67		Barra de tierra. Dobladora 2	0.0	0.2
68		Estructura metálica. Dobladora 2	0.1	0.2
69		Estructura metálica. Dobladora 2	0.1	0.2
70		Barra de tierra. Tablero TN-BH11-TW (1)	0.1	0.16
71		Barra de tierra. Tablero TN-BH11-TW (2)	0.1	0.2
72	Barra de tierra. Tablero	Estructura metálica. Torno	0.3	0.1
73		Borne de tierra Transformador 112.5 kVA	0.1	0.0
74	Barra de tierra Celda 460V	Barra de tierra. Gabinete TENF 03	0.0	0.0
75		Estructura metálica. Gabinete TENF 03	0.0	0.0
76	Barra de tierra. Tablero TD-	Máquina de soldar. M7201215	0.0	0.0
77	BH27-TW	Máquina de soldar. M7201217	0.1	0.1
78		Máquina de soldar. 720107M	0.0	0.0
79	Barra de tierra. TableroTD-	Máquina de soldar. 7201063	0.0	0.0
80	BH23-TW	Máquina de soldar. 7201064	0.0	0.1
81		Mesa de máquinas de soldar	Abierto	Abierto

82	Barra de tierra. Tablero TD- BH21-TW	Máquina de soldar. 7201442	0.0	0.1
83		Máquina de soldar. 7201057	0.0	0.1
84	Barra de tierra. Tablero TD- BH15.1-TW	Máquina de soldar. 7201208	0.1	0.0
85		Máquina de soldar. 7200176	0.0	0.1
86	Barra de tierra. Tablero TN- BH11-TW	Caja de protección taladro (1)	0.2	0.2
87		Caja de protección taladro (2)	0.2	0.2
88	Tablero de Cortadora No 1	Estructura metálica. Cortadora No 1	0.1	0.1
89	Borne de Transformador de servicio 220V	Barra de tierra. Tablero servicios 220V	0.0	0.1
90		Estructura metálica. Tablero servicios 220V	0.01	0.1
91	Barra de Tierra de Tablero	Riel máquina de laminas	2.2	1.7
92	servicios 220V	Máquina de laminas	0.2	0.19
93	Barra de Tierra Tablero de Cortadora No 2	Cortadora No 2	0.1	0.1
94	Barra de tierra. Tablero TD- BH15-TW	Máquina de soldar. 7201618 (DC-600)	1.0	1.0
95	Barra de tierra. Tablero TD- BH21-TW	Máquina de soldar U1080205428 (DC-600)	Abierto	Abierto

		(Entrenamiento Maquina 1A)		
96		Borne de baja. Transformador 30kVA Recepción	0.0	0.0
97		Borne del Generador	0.0	0.0
98	Conductor de tierra. Transformador 30kVA Portería	Barra de tierra. Tablero TNPH-01	0.0	0.1
99		Estructura metálica. Tablero TNPH-02	0.0	0.0
100		Barra de tierra. Tablero de transferencia	0.1	0.0
101		Estructura metálica. Tablero de transferencia	0.0	0.0
102		Cola de tierra para platina. Taller “Welding”	0	0.9
103		Barra de tierra. Gabinete TENF-01	0.0	0.8
104		Barra de neutro. Gabinete TENF-01	0.0	0.8
105	Barra de Puesta a Tierra de Subestación Principal	Borna de tierra. Transformador 250kVA “Welding”	0.0	0.9
106		Conductor de tierra. Tablero GT- 04 Blindobarras	0.0	0.6
107		Conductor de tierra. Tablero GT- 03 Blindobarras	0.0	0.4
108	Cola de tierra para platina.	Barra de tierra. Gabinete TGDF-03	0.0	0.1
109	Taller Welding	Conductor de tierra. Cuarto técnico	0.0	0.3

110		Barra de tierra. Gabinete TGDF-03	0.0	0.1
111		Conductor de tierra. Cuarto técnico	0.0	0.1
112		Barra de tierra. Tablero TENF-02	0.0	0.1
113		Barra de neutro. Tablero TENF-02	0.0	0.1
114		Estructura metálica. Tablero TENF-02	0.0	0.1
115		Bandeja. Tablero TENF-03	Abierto	Abierto
116		Borna de tierra. Transformador 75kVA Cuarto técnico	0.0	0.1
117	Barra de Puesta a Tierra de Subestación Principal	Estructura metálica. Transformador 75kVA Cuarto técnico	0.0	0.3
118		Borna de tierra. Transformador 60kVA Cuarto técnico	0.0	0.1
119		Estructura metálica. Transformador 60kVA Cuarto técnico	0.0	0.2
120		Barra de tierra. Tablero TNCB-01	0.0	0.1
121		Barra de neutro. Tablero TNCB-01	0.0	0.2
122		Estructura metálica. Tablero TNCB-01	0.1	0.1
123		Bandeja. Tablero TNCB-01	0.1	0.1

124	Bandeja. Transformador 60kVA Cuarto técnico	0.1	0.0
125	Bandeja. Transformador 75kVA Cuarto técnico	Abierto	Abierto
126	Conductor de tierra. Transformador 30kVA Portería	0.1	0.2

Nota. Elaboración propia

Anexo 12 Termografía a tablero TNCB-01

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero TNCB-01	Localización	Cuarto Técnico
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	08:37:06 a.m.

Análisis Térmico	IR_15315.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Max.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Li1</td> <td>-</td> <td>24.5</td> <td>25.8</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Max.	Li1	-	24.5	25.8	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>24.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>25.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>25.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3*</td> <td>26.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4*</td> <td>25.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>25.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.2 °C</td> </tr> </tbody> </table>	Parametro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	24.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	25.7 °C	Sp2	25.5 °C	Sp3*	26.9 °C	Sp4*	25.8 °C	Li1: Máx.	25.8 °C	Delta	0.2 °C
Etiqueta	Cursor	Min.	Max.																										
Li1	-	24.5	25.8																										
Parametro de objeto	Valor																												
Emissividad	0.90																												
Temperatura atmosférica	24.0 °C																												
Etiqueta	Valor																												
Sp1	25.7 °C																												
Sp2	25.5 °C																												
Sp3*	26.9 °C																												
Sp4*	25.8 °C																												
Li1: Máx.	25.8 °C																												
Delta	0.2 °C																												

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Apretar. ● Desensamblar. ◆ Limpiar. ◆ Pulir. ◆ Reemplazar.

Anexo 13 Termografía a tablero TENF-02 (1)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero TENF-02	Localización	Cuarto Técnico
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	06:38:37 a.m.

Análisis Térmico	IR_15316.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>24.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>27.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>26.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>26.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>25.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>28.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	Parametro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	24.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	27.8 °C	Sp2	26.8 °C	Sp3	26.8 °C	Sp4	25.8 °C	Li1: Máx.	28.5 °C	Delta	1.0
Parametro de objeto	Valor																				
Emissividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	24.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	27.8 °C																				
Sp2	26.8 °C																				
Sp3	26.8 °C																				
Sp4	25.8 °C																				
Li1: Máx.	28.5 °C																				
Delta	1.0																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Li1</td> <td>-</td> <td>23.7</td> <td>28.5</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	Li1	-	23.7	28.5													
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
Li1	-	23.7	28.5																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspección Visual. ◆ Limpiar. ◆ Apretar. ◆ Pulir. ◆ Desensamblar. ◆ Reemplazar.

Anexo 14 Termografía a tablero TENF-02 (2)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero TENF-02	Localización	Quarto Técnico
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	08:38:45 a.m.

Análisis Térmico	IR_15317.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>24.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>25.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>24.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>24.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>24.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Lit: Máx.</td> <td>25.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	24.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	25.3 °C	Sp2	24.9 °C	Sp3	24.4 °C	Sp4	24.7 °C	Lit: Máx.	25.4 °C	Delta	0.4
Parámetro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	24.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	25.3 °C																				
Sp2	24.9 °C																				
Sp3	24.4 °C																				
Sp4	24.7 °C																				
Lit: Máx.	25.4 °C																				
Delta	0.4																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Lit</td> <td>-</td> <td>23.2</td> <td>25.4</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Lit	-	23.2	25.4													
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Lit	-	23.2	25.4																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir ● Desensamblar. ● Remolazar

Anexo 15 Termografía a tablero TENF-02 (3)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero TENF-02	Localización	Cuarto Técnico
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	08:39:38 a.m.

Análisis Térmico	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>24.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>23.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>23.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>23.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>23.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>25.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table>	Parametro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	24.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	23.4 °C	Sp2	23.2 °C	Sp3	23.3 °C	Sp4	23.4 °C	Li1: Máx.	25.4 °C	Delta	0.2
Parametro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	24.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	23.4 °C																				
Sp2	23.2 °C																				
Sp3	23.3 °C																				
Sp4	23.4 °C																				
Li1: Máx.	25.4 °C																				
Delta	0.2																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>23.2</td> <td>25.4</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	23.2	25.4													
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	23.2	25.4																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir ● Desensamblar. ● Reemplazar

Anexo 16 Termografía a tablero TGDF-01 (1)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete Principal TGDF-01	Localización	Subestación Eléctrica
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	09:03:27 a.m.

Análisis Térmico	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI1</td> <td>-</td> <td>32.6</td> <td>36.3</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	LI1	-	32.6	36.3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>36.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>35.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>36.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>35.1 °C</td> </tr> <tr> <td>LI1: Máx.</td> <td>36.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table>	Parametro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	36.2 °C	Sp2	35.8 °C	Sp3	36.3 °C	Sp4	35.1 °C	LI1: Máx.	36.3 °C	Delta	0.4
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																										
LI1	-	32.6	36.3																										
Parametro de objeto	Valor																												
Emisividad	0.90																												
Temperatura atmosférica	30.0 °C																												
Etiqueta	Valor																												
Sp1	36.2 °C																												
Sp2	35.8 °C																												
Sp3	36.3 °C																												
Sp4	35.1 °C																												
LI1: Máx.	36.3 °C																												
Delta	0.4																												

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspección Visual. ◆ Apretar. ◆ Desensamblar. ◆ Limpiar. ◆ Pulir ◆ Reemplazar

Anexo 17 Termografía a tablero TGDF-01 (2)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete Principal TGDF-01	Localización	Subestación Eléctrica
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	09:04:19 a.m.

Análisis Térmico	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>35.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>35.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>35.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>35.1 °C</td> </tr> <tr> <td>L11: Máx.</td> <td>36.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	35.7 °C	Sp2	35.3 °C	Sp3	35.5 °C	Sp4	35.1 °C	L11: Máx.	36.9 °C	Delta	0.4
Parámetro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	30.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	35.7 °C																				
Sp2	35.3 °C																				
Sp3	35.5 °C																				
Sp4	35.1 °C																				
L11: Máx.	36.9 °C																				
Delta	0.4																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>✓ L11</td> <td>-</td> <td>33.0</td> <td>36.9</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	✓ L11	-	33.0	36.9													
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
✓ L11	-	33.0	36.9																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspección Visual. ◆ Limpiar. ◆ Apretar. ◆ Pulir. ◆ Desensamblar. ◆ Reemplazar.

Anexo 18 Termografía a tablero TGDF-01 (3)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete Principal TGDF-01	Localización	Subestación Eléctrica
Area	TGDF 01 A TG 04 / Conexiones (Referencia)	04/05/2019	09:05:14 a.m.

Analisis Térmico	IR_15322.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>34.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>34.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>34.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>33.1 °C</td> </tr> <tr> <td>LI1: Máx.</td> <td>34.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	34.3 °C	Sp2	34.1 °C	Sp3	34.6 °C	Sp4	33.1 °C	LI1: Máx.	34.5 °C	Delta	0.2
Parámetro de objeto	Valor																				
Emissividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	30.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	34.3 °C																				
Sp2	34.1 °C																				
Sp3	34.6 °C																				
Sp4	33.1 °C																				
LI1: Máx.	34.5 °C																				
Delta	0.2																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI1</td> <td>-</td> <td>32.7</td> <td>34.5</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	LI1	-	32.7	34.5													
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																		
LI1	-	32.7	34.5																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 19 Termografía a tablero TENF-01 (3)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																															
Equipo	Tablero TENSF-01	Localización	Subestación Eléctrica																												
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	09:07:24 a.m.																												
Análisis Térmico		IR_15323.jpg																													
<p>Perfil de Temperaturas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> -L1</td> <td>-</td> <td>33.1</td> <td>34.6</td> </tr> </tbody> </table>		Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> -L1	-	33.1	34.6	<p>Datos de Temperaturas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>35.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>33.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>33.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>33.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Tif: Max.</td> <td>34.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	35.3 °C	Sp2	33.3 °C	Sp3	33.8 °C	Sp4	33.3 °C	Tif: Max.	34.6 °C	Delta	0.1
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																												
<input checked="" type="checkbox"/> -L1	-	33.1	34.6																												
Parámetro de objeto	Valor																														
Emissividad	0.90																														
Temperatura atmosférica	30.0 °C																														
Etiqueta	Valor																														
Sp1	35.3 °C																														
Sp2	33.3 °C																														
Sp3	33.8 °C																														
Sp4	33.3 °C																														
Tif: Max.	34.6 °C																														
Delta	0.1																														
<p>Observaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		<p>Anotaciones</p> <p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reensamblar. 																													

Anexo 20 Termografía a tablero TGDC-01 (1)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Tablero TGDC-01	Localización	Subestación Eléctrica																				
Falla	Breaker Cocina (250 A), conexión de entrada fase S	04/05/2019	09:12:59 a.m.																				
Análisis Térmico		IR_15327.jpg																					
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.96</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>43.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>38.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>37.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>39.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>43.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>5.6</td> </tr> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.96	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	43.8 °C	Sp2	38.2 °C	Sp3	37.2 °C	Sp4	39.5 °C	Li1: Máx.	43.7 °C	Delta	5.6
Parámetro de objeto	Valor																						
Emisividad	0.96																						
Temperatura atmosférica	30.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	43.8 °C																						
Sp2	38.2 °C																						
Sp3	37.2 °C																						
Sp4	39.5 °C																						
Li1: Máx.	43.7 °C																						
Delta	5.6																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>34.9</td> <td>43.7</td> </tr> </tbody> </table>		Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	34.9	43.7	<table border="1"> <tr> <td>Criticidad</td> <td>Incipiente</td> </tr> </table>		Criticidad	Incipiente										
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																				
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	34.9	43.7																				
Criticidad	Incipiente																						
Recomendaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> Desenergizar y realizar bloqueo del sistema eléctrico. Desconexión y revisión de la conexión de entrada fase S. Cambiar si es necesario. Limpiar y reapretar conector y terminal. Desbloquear y energizar, comprobar el normal funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> Inspección Visual. Apretar. Desensamblar. Limpiar. Pulir. Reemplazar. 																					

Anexo 21 Termografía a tablero TGDC-01 (2)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero TGDC-01	Localización	Subestación Eléctrica
Falla	Breaker 250 A y 125 A, conexión de salida (Señalada)	04/05/2019	09:10:55 a.m.

Análisis Térmico	IR_15326.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emitividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>41.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>37.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>40.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>37.0 °C</td> </tr> <tr> <td>L1: Mdx.</td> <td>40.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>3.8</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emitividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	41.3 °C	Sp2	37.4 °C	Sp3	40.8 °C	Sp4	37.0 °C	L1: Mdx.	40.8 °C	Delta	3.8
Parámetro de objeto	Valor																				
Emitividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	30.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	41.3 °C																				
Sp2	37.4 °C																				
Sp3	40.8 °C																				
Sp4	37.0 °C																				
L1: Mdx.	40.8 °C																				
Delta	3.8																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>-</td> <td>34.8</td> <td>40.8</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	L1	-	34.8	40.8	<table border="1"> <tr> <td>Criticidad</td> <td>Incipiente</td> </tr> </table>	Criticidad	Incipiente										
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
L1	-	34.8	40.8																		
Criticidad	Incipiente																				

Recomendaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> Desenergizar y realizar bloqueo del sistema eléctrico. Desconexión y revisión de las conexiones de salida (Señaladas). Limpiar y reapretar conectores y terminales. Desbloquear y energizar, comprobar el normal funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 22 Termografía a celda de medida +K01

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	+K01 Celda de Medida	Localización	Subestación Eléctrica
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	09:16:09 a.m.

Análisis Térmico	IR_15329.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>34.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>34.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>35.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>35.7 °C</td> </tr> <tr> <td>LI1: Máx.</td> <td>39.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	34.3 °C	Sp2	34.5 °C	Sp3	35.1 °C	Sp4	35.7 °C	LI1: Máx.	39.7 °C	Delta	0.0
Parámetro de objeto	Valor																				
Emissividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	30.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	34.3 °C																				
Sp2	34.5 °C																				
Sp3	35.1 °C																				
Sp4	35.7 °C																				
LI1: Máx.	39.7 °C																				
Delta	0.0																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> LI1</td> <td>-</td> <td>33.2</td> <td>39.7</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> LI1	-	33.2	39.7													
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> LI1	-	33.2	39.7																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reensamblar.

Anexo 23 Termografía a tablero TENF-01 (1)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete TENF-01	Localización	Bahía 29 / Evaluación
Area	Breaker 800 A / Conexiones (Referencia)	04/05/2019	10:12:43 a.m.

Análisis Térmico	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>50.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>45.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>49.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>42.1 °C</td> </tr> <tr> <td>LI: Máx.</td> <td>49.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>4.5</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	50.3 °C	Sp2	45.8 °C	Sp3	49.8 °C	Sp4	42.1 °C	LI: Máx.	49.8 °C	Delta	4.5
Parámetro de objeto	Valor																				
Emissividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	30.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	50.3 °C																				
Sp2	45.8 °C																				
Sp3	49.8 °C																				
Sp4	42.1 °C																				
LI: Máx.	49.8 °C																				
Delta	4.5																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI</td> <td>-</td> <td>35.2</td> <td>49.8</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	LI	-	35.2	49.8													
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																		
LI	-	35.2	49.8																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 24 Termografía a tablero TENF-01 (2)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Gabinete TENF-01	Localización	Bahía 29 / Evaluación																				
Area	Breaker 225 A / Conexiones (Referencia)	04/05/2019	10:13:35 a.m.																				
Análisis Térmico IR_15331.jpg		Identificación																					
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>46.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>44.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>46.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>47.3 °C</td> </tr> <tr> <td>LI1: Máx.</td> <td>46.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	46.5 °C	Sp2	44.5 °C	Sp3	46.5 °C	Sp4	47.3 °C	LI1: Máx.	46.5 °C	Delta	2.0
Parámetro de objeto	Valor																						
Emissividad	0.90																						
Temperatura atmosférica	30.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	46.5 °C																						
Sp2	44.5 °C																						
Sp3	46.5 °C																						
Sp4	47.3 °C																						
LI1: Máx.	46.5 °C																						
Delta	2.0																						
Observaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar 																					

Anexo 25 Termografía a tablero TENF-01 (3)

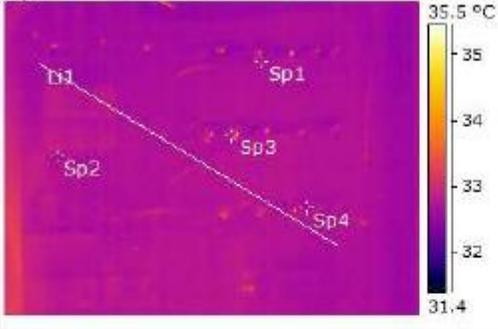
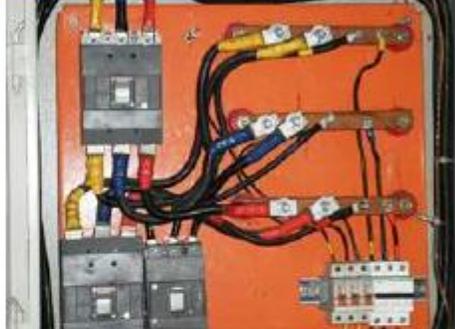
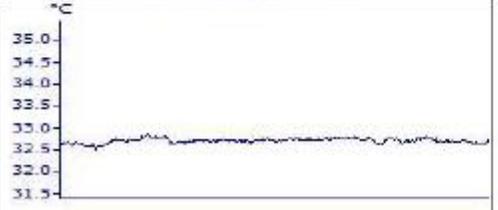
Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete TENF-01	Localización	Bahía 29 / Evaluación
Area	Barra Neutro / Conexiones (Referencia)		04/05/2019 10:14:56 a.m.

Análisis Térmico	IR_15332.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>34.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>34.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>34.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>34.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>35.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table>	Parametro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	34.9 °C	Sp2	34.8 °C	Sp3	34.3 °C	Sp4	34.3 °C	Li1: Máx.	35.0 °C	Delta	0.1
Parametro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	30.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	34.9 °C																				
Sp2	34.8 °C																				
Sp3	34.3 °C																				
Sp4	34.3 °C																				
Li1: Máx.	35.0 °C																				
Delta	0.1																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>34.3</td> <td>35.0</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	34.3	35.0													
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	34.3	35.0																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspección Visual. ◆ Limpiar. ◆ Apretar. ◆ Pulir. ◆ Desensamblar. ◆ Reemplazar.

Anexo 26 Termografía a tablero de servicio 220 V transformador 45 kVA

		Reporte de Inspección Termográfica RELIANZ CAT (Galapa)																					
Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Tablero de Servicio 220 V Trafo 45 KVA	Localización	Primeras Operaciones																				
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	10:38:44 a.m.																				
Análisis Térmico IR_15333.jpg		Identificación																					
																							
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emitividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>30.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>32.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>32.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>32.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>32.7 °C</td> </tr> <tr> <td>LI1: Máx.</td> <td>32.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emitividad	0.90	Temperatura atmosférica	30.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	32.7 °C	Sp2	32.7 °C	Sp3	32.8 °C	Sp4	32.7 °C	LI1: Máx.	32.8 °C	Delta	0.0
Parámetro de objeto	Valor																						
Emitividad	0.90																						
Temperatura atmosférica	30.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	32.7 °C																						
Sp2	32.7 °C																						
Sp3	32.8 °C																						
Sp4	32.7 °C																						
LI1: Máx.	32.8 °C																						
Delta	0.0																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> LI1</td> <td>-</td> <td>32.5</td> <td>32.8</td> </tr> </tbody> </table>		Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> LI1	-	32.5	32.8														
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																				
<input checked="" type="checkbox"/> LI1	-	32.5	32.8																				
Observaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar. 																					

Anexo 27 Termografía a tablero TENF-03 (1)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete TENF-03	Localización	Cuarto Eléctrico Oficinas Adm. Lado Sur
Area	Breaker 350 A / Conexiones (Referencia)	04/05/2019	11:32:43 a.m.

Análisis Térmico	IR_15334.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>29.1</td> <td>30.9</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	29.1	30.9	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>30.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>30.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>30.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>30.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>30.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	30.8 °C	Sp2	30.3 °C	Sp3	30.7 °C	Sp4	30.5 °C	Li1: Máx.	30.9 °C	Delta	0.5
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																										
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	29.1	30.9																										
Parámetro de objeto	Valor																												
Emissividad	0.90																												
Temperatura atmosférica	26.0 °C																												
Etiqueta	Valor																												
Sp1	30.8 °C																												
Sp2	30.3 °C																												
Sp3	30.7 °C																												
Sp4	30.5 °C																												
Li1: Máx.	30.9 °C																												
Delta	0.5																												

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar

Anexo 28 Termografía a tablero TENF-03 (2)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete TENF-03	Localización	Cuarto Eléctrico Oficinas Adm. Lado Sur
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	11:33:41 a.m.

Análisis Térmico	IR_15335.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>31.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>30.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>30.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>30.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>31.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	31.6 °C	Sp2	30.6 °C	Sp3	30.4 °C	Sp4	30.7 °C	Li1: Máx.	31.4 °C	Delta	1.0
Parámetro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	26.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	31.6 °C																				
Sp2	30.6 °C																				
Sp3	30.4 °C																				
Sp4	30.7 °C																				
Li1: Máx.	31.4 °C																				
Delta	1.0																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>29.6</td> <td>31.4</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	29.6	31.4													
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	29.6	31.4																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Inspección Visual. ◆ Limpiar. ◆ Apretar. ◆ Pulir. ◆ Desensamblar. ◆ Reemplazar.

Anexo 29 Termografía a tablero TENF-03 (3)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Gabinete TENF-03	Localización	Cuarto Eléctrico Oficinas Adm. Lado Sur																				
Area	Conexiones (Referencia)	04/03/2019	11:34:14 a.m.																				
Análisis Térmico IR_15336.jpg		Identificación																					
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>31.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>29.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>30.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>30.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>32.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>1.9</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	31.8 °C	Sp2	29.9 °C	Sp3	30.3 °C	Sp4	30.2 °C	Li1: Máx.	32.4 °C	Delta	1.9
Parámetro de objeto	Valor																						
Emissividad	0.90																						
Temperatura atmosférica	26.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	31.8 °C																						
Sp2	29.9 °C																						
Sp3	30.3 °C																						
Sp4	30.2 °C																						
Li1: Máx.	32.4 °C																						
Delta	1.9																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>28.9</td> <td>32.4</td> </tr> </tbody> </table>		Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	28.9	32.4														
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																				
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	28.9	32.4																				
Observaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar. 																					

Anexo 30 Termografía a tablero de control plegadora Adira 2 (1)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Plegadora Adira No. 2 / Tablero de Control	Localización	Area de Plegado y Doblado 2																				
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:04:34 p.m.																				
Análisis Térmico TR_15337.jpg		Identificación																					
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>43.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>38.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>41.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>42.3 °C</td> </tr> <tr> <td>L1: Máx.</td> <td>45.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>5.0</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	43.1 °C	Sp2	38.1 °C	Sp3	41.3 °C	Sp4	42.3 °C	L1: Máx.	45.5 °C	Delta	5.0
Parámetro de objeto	Valor																						
Emisividad	0.90																						
Temperatura atmosférica	26.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	43.1 °C																						
Sp2	38.1 °C																						
Sp3	41.3 °C																						
Sp4	42.3 °C																						
L1: Máx.	45.5 °C																						
Delta	5.0																						
Observaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar. 																					

Anexo 31 Termografía a tablero de control plegadora Adira 2 (2)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Plegadora Adira No. 2 / Tablero de Control	Localización	Area de Plegado y Doblado 2
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:09:42 p.m.

Análisis Térmico	IR_15338.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> LI1</td> <td>-</td> <td>35.0</td> <td>40.6</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> LI1	-	35.0	40.6	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>40.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>39.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>37.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>41.7 °C</td> </tr> <tr> <td>LI1: Máx.</td> <td>40.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>1.6</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	40.9 °C	Sp2	39.3 °C	Sp3	37.8 °C	Sp4	41.7 °C	LI1: Máx.	40.6 °C	Delta	1.6
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																										
<input checked="" type="checkbox"/> LI1	-	35.0	40.6																										
Parámetro de objeto	Valor																												
Emisividad	0.90																												
Temperatura atmosférica	26.0 °C																												
Etiqueta	Valor																												
Sp1	40.9 °C																												
Sp2	39.3 °C																												
Sp3	37.8 °C																												
Sp4	41.7 °C																												
LI1: Máx.	40.6 °C																												
Delta	1.6																												

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir ● Desensamblar. ● Reemplazar

Anexo 32 Termografía a tablero de control plegadora Adira 2 (3)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Plegadora Adira No. 2 / Tablero de Control	Localización	Area de Plegado y Doblado 2																				
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:04:57 p.m.																				
Análisis Térmico IR_15339.jpg		Identificación																					
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>39.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>36.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>36.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>37.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>39.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>3.1</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	39.6 °C	Sp2	36.5 °C	Sp3	36.4 °C	Sp4	37.0 °C	Li1: Máx.	39.6 °C	Delta	3.1
Parámetro de objeto	Valor																						
Emisividad	0.90																						
Temperatura atmosférica	26.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	39.6 °C																						
Sp2	36.5 °C																						
Sp3	36.4 °C																						
Sp4	37.0 °C																						
Li1: Máx.	39.6 °C																						
Delta	3.1																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> - Li1</td> <td>-</td> <td>34.8</td> <td>39.6</td> </tr> </tbody> </table>		Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> - Li1	-	34.8	39.6														
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																				
<input checked="" type="checkbox"/> - Li1	-	34.8	39.6																				
Observaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Apretar. ● Desensamblar. ● Limpiar. ● Pulir ● Reemplazar 																					

Anexo 33 Termografía a tablero de control plegadora Adira 2 (4)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Plegadora Adira No. 2 / Tablero de Fuerza	Localización	Area de Plegado y Doblado 2
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:07:26 p.m.

Análisis Térmico	IR_15340.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>34.1</td> <td>38.4</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	34.1	38.4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>37.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>37.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>38.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>37.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>38.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.6</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	37.7 °C	Sp2	37.1 °C	Sp3	38.7 °C	Sp4	37.0 °C	Li1: Máx.	38.4 °C	Delta	0.6
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																										
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	34.1	38.4																										
Parámetro de objeto	Valor																												
Emisividad	0.90																												
Temperatura atmosférica	26.0 °C																												
Etiqueta	Valor																												
Sp1	37.7 °C																												
Sp2	37.1 °C																												
Sp3	38.7 °C																												
Sp4	37.0 °C																												
Li1: Máx.	38.4 °C																												
Delta	0.6																												

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 34 Termografía a tablero de control plegadora Adira 2 (5)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Plegadora Adira No. 2 / Tablero de Fuerza	Localización	Area de Plegado y Doblado 2
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:07:44 p.m.

Análisis Térmico	IR_15341.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>35.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>35.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>41.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>37.0 °C</td> </tr> <tr> <td>LI1: Máx.</td> <td>36.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	35.8 °C	Sp2	35.7 °C	Sp3	41.0 °C	Sp4	37.0 °C	LI1: Máx.	36.1 °C	Delta	0.0
Parámetro de objeto	Valor																				
Emissividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	26.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	35.8 °C																				
Sp2	35.7 °C																				
Sp3	41.0 °C																				
Sp4	37.0 °C																				
LI1: Máx.	36.1 °C																				
Delta	0.0																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>33.4</td> <td>36.1</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.4	36.1													
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.4	36.1																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 35 Termografía a tablero de control plegadora Adira 2 (6)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Flegadora Adira No. 2 / Tablero de Fuerza	Localización	Area de Plegado y Doblado 2
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:08:24 p.m.

Análisis Térmico	IR_15342.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>35.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>34.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>34.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>34.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>35.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>1.1</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	35.3 °C	Sp2	34.2 °C	Sp3	34.4 °C	Sp4	34.9 °C	Li1: Máx.	35.2 °C	Delta	1.1
Parámetro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	26.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	35.3 °C																				
Sp2	34.2 °C																				
Sp3	34.4 °C																				
Sp4	34.9 °C																				
Li1: Máx.	35.2 °C																				
Delta	1.1																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>33.2</td> <td>35.2</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.2	35.2													
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.2	35.2																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 36 Termografía a tablero de control plegadora Adira 1 (1)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero de Fuerza y Control	Localización	Area de Plegado y Doblado 1
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:29:35 p.m.

Análisis Térmico	IR_15349.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>33.7</td> <td>37.9</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.7	37.9	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>38.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>37.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>37.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>37.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>37.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.3</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	38.0 °C	Sp2	37.7 °C	Sp3	37.0 °C	Sp4	37.3 °C	Li1: Máx.	37.9 °C	Delta	0.3
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																										
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.7	37.9																										
Parámetro de objeto	Valor																												
Emisividad	0.90																												
Temperatura atmosférica	26.0 °C																												
Etiqueta	Valor																												
Sp1	38.0 °C																												
Sp2	37.7 °C																												
Sp3	37.0 °C																												
Sp4	37.3 °C																												
Li1: Máx.	37.9 °C																												
Delta	0.3																												

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	<p>Acciones llevadas a cabo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 37 Termografía a tablero de control plegadora Adira 1 (2)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Tablero de Fuerza y Control	Localización	Area de Plegado y Doblado 1																				
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:29:43 p.m.																				
Análisis Térmico		Identificación																					
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>36.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>37.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>38.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>39.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>38.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	36.1 °C	Sp2	37.9 °C	Sp3	38.5 °C	Sp4	39.0 °C	Li1: Máx.	38.3 °C	Delta	0.2
Parámetro de objeto	Valor																						
Emisividad	0.90																						
Temperatura atmosférica	26.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	36.1 °C																						
Sp2	37.9 °C																						
Sp3	38.5 °C																						
Sp4	39.0 °C																						
Li1: Máx.	38.3 °C																						
Delta	0.2																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>33.9</td> <td>38.3</td> </tr> </tbody> </table>		Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.9	38.3														
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																				
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.9	38.3																				
Observaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar. 																					

Anexo 38 Termografía a tablero de control plegadora Adira 1 (3)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero de Fuerza y Control	Localización	Área de Plegado y Doblado 1
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:29:52 p.m.

Análisis Térmico	IR_15351.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>33.7</td> <td>37.1</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.7	37.1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>36.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>36.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>36.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>36.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>37.1 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	36.8 °C	Sp2	36.0 °C	Sp3	36.6 °C	Sp4	36.2 °C	Li1: Máx.	37.1 °C	Delta	0.8
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																										
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	33.7	37.1																										
Parámetro de objeto	Valor																												
Emissividad	0.90																												
Temperatura atmosférica	26.0 °C																												
Etiqueta	Valor																												
Sp1	36.8 °C																												
Sp2	36.0 °C																												
Sp3	36.6 °C																												
Sp4	36.2 °C																												
Li1: Máx.	37.1 °C																												
Delta	0.8																												

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 39 Termografía a tablero de control plegadora Adira 1 (4)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero de Fuerza y Control	Localización	Area de Plegado y Doblado 1
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:30:52 p.m.

Análisis Térmico	IR_15352.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>47.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>44.5 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>44.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>40.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>49.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>2.8</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	47.2 °C	Sp2	44.5 °C	Sp3	44.9 °C	Sp4	40.9 °C	Li1: Máx.	49.4 °C	Delta	2.8
Parámetro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	26.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	47.2 °C																				
Sp2	44.5 °C																				
Sp3	44.9 °C																				
Sp4	40.9 °C																				
Li1: Máx.	49.4 °C																				
Delta	2.8																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>36.6</td> <td>49.4</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	36.6	49.4													
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	36.6	49.4																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 40 Termografía a tablero de control plegadora Adira 1 (5)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero de Fuerza y Control	Localización	Área de Plegado y Doblado 1
Área	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:31:12 p.m.

Análisis Térmico	IR_15353.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>44.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>39.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>39.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>39.4 °C</td> </tr> <tr> <td>LI1: Máx.</td> <td>48.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>5.4</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	44.9 °C	Sp2	39.4 °C	Sp3	39.8 °C	Sp4	39.4 °C	LI1: Máx.	48.0 °C	Delta	5.4
Parámetro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	26.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	44.9 °C																				
Sp2	39.4 °C																				
Sp3	39.8 °C																				
Sp4	39.4 °C																				
LI1: Máx.	48.0 °C																				
Delta	5.4																				

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir ● Desensamblar. ● Reemplazar

Anexo 41 Termografía a tablero de control plegadora Adira 1 (6)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Tablero de Fuerza y Control	Localización	Area de Plegado y Doblado 1
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:31:28 p.m.

Análisis Térmico	IR_15354.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>45.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>41.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>37.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>37.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>43.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>3.9</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	45.6 °C	Sp2	41.7 °C	Sp3	37.0 °C	Sp4	37.6 °C	Li1: Máx.	43.8 °C	Delta	3.9
Parámetro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	26.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	45.6 °C																				
Sp2	41.7 °C																				
Sp3	37.0 °C																				
Sp4	37.6 °C																				
Li1: Máx.	43.8 °C																				
Delta	3.9																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>34.9</td> <td>43.8</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	34.9	43.8													
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	34.9	43.8																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir ● Desensamblar. ● Reemplazar

Anexo 42 Termografía a tablero de control plegadora Adira 1 (7)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Tablero de Fuerza y Control	Localización	Área de Plegado y Doblado 1																				
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	03:32:00 p.m.																				
Análisis Térmico IR_15355.jpg		Identificación																					
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>26.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>48.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>39.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>39.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>43.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>50.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>9.5</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	26.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	48.8 °C	Sp2	39.3 °C	Sp3	39.6 °C	Sp4	43.9 °C	Li1: Máx.	50.7 °C	Delta	9.5
Parámetro de objeto	Valor																						
Emisividad	0.90																						
Temperatura atmosférica	26.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	48.8 °C																						
Sp2	39.3 °C																						
Sp3	39.6 °C																						
Sp4	43.9 °C																						
Li1: Máx.	50.7 °C																						
Delta	9.5																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Min.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>38.1</td> <td>50.7</td> </tr> </tbody> </table>		Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	38.1	50.7														
Etiqueta	Cursor	Min.	Máx.																				
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	38.1	50.7																				
Observaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar 																					

Anexo 43 Termografía a tablero TNPH-01 central monitoreo-Recepción (1)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete TNPH-01	Localización	Cuarto Central de Monitoreo
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	04:28:51 p.m.

Análisis Térmico	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>22.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>34.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>33.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>32.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>31.6 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Mdx.</td> <td>33.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emisividad	0.90	Temperatura atmosférica	22.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	34.0 °C	Sp2	33.8 °C	Sp3	32.7 °C	Sp4	31.6 °C	Li1: Mdx.	33.2 °C	Delta	0.1
Parámetro de objeto	Valor																				
Emisividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	22.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	34.0 °C																				
Sp2	33.8 °C																				
Sp3	32.7 °C																				
Sp4	31.6 °C																				
Li1: Mdx.	33.2 °C																				
Delta	0.1																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Li1</td> <td>-</td> <td>29.7</td> <td>33.2</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	29.7	33.2													
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> Li1	-	29.7	33.2																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir. ● Desensamblar. ● Reemplazar.

Anexo 44 Termografía a tablero TNPH-01 central monitoreo-Recepción (2)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado																							
Equipo	Gabinete TNPH-01	Localización	Cuarto Central de Monitoreo																				
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	04:29:23 p.m.																				
Análisis Térmico IR_15357.jpg		Identificación																					
Perfil de Temperaturas		Datos de Temperaturas																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>22.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Etiqueta</td> <td>Valor</td> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>36.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>33.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>30.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>31.2 °C</td> </tr> <tr> <td>Li1: Máx.</td> <td>33.3 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>2.7</td> </tr> </tbody> </table>		Parametro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	22.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	36.0 °C	Sp2	33.3 °C	Sp3	30.4 °C	Sp4	31.2 °C	Li1: Máx.	33.3 °C	Delta	2.7
Parametro de objeto	Valor																						
Emissividad	0.90																						
Temperatura atmosférica	22.0 °C																						
Etiqueta	Valor																						
Sp1	36.0 °C																						
Sp2	33.3 °C																						
Sp3	30.4 °C																						
Sp4	31.2 °C																						
Li1: Máx.	33.3 °C																						
Delta	2.7																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> LI1</td> <td>-</td> <td>30.8</td> <td>33.3</td> </tr> </tbody> </table>		Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> LI1	-	30.8	33.3														
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																				
<input checked="" type="checkbox"/> LI1	-	30.8	33.3																				
Observaciones		Anotaciones																					
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 		Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir ● Desensamblar. ● Reemplazar 																					

Anexo 45 Termografía a tablero TNPH-01 central monitoreo-Recepción (3)

Datos Generales Del Equipo Inspeccionado			
Equipo	Gabinete TNPH-01	Localización	Cuarto Central de Monitoreo
Area	Conexiones (Referencia)	04/05/2019	04:29:40 p.m.

Análisis Térmico	IR_15358.jpg	Identificación

Perfil de Temperaturas	Datos de Temperaturas																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro de objeto</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Emissividad</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>22.0 °C</td> </tr> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Valor</th> </tr> <tr> <td>Sp1</td> <td>34.0 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp2</td> <td>30.8 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp3</td> <td>29.4 °C</td> </tr> <tr> <td>Sp4</td> <td>30.2 °C</td> </tr> <tr> <td>L1: Máx.</td> <td>33.7 °C</td> </tr> <tr> <td>Delta</td> <td>3.3</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro de objeto	Valor	Emissividad	0.90	Temperatura atmosférica	22.0 °C	Etiqueta	Valor	Sp1	34.0 °C	Sp2	30.8 °C	Sp3	29.4 °C	Sp4	30.2 °C	L1: Máx.	33.7 °C	Delta	3.3
Parámetro de objeto	Valor																				
Emissividad	0.90																				
Temperatura atmosférica	22.0 °C																				
Etiqueta	Valor																				
Sp1	34.0 °C																				
Sp2	30.8 °C																				
Sp3	29.4 °C																				
Sp4	30.2 °C																				
L1: Máx.	33.7 °C																				
Delta	3.3																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etiqueta</th> <th>Cursor</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> L1</td> <td>-</td> <td>28.5</td> <td>33.7</td> </tr> </tbody> </table>	Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.	<input checked="" type="checkbox"/> L1	-	28.5	33.7													
Etiqueta	Cursor	Mín.	Máx.																		
<input checked="" type="checkbox"/> L1	-	28.5	33.7																		

Observaciones	Anotaciones
<ul style="list-style-type: none"> El Equipo presenta temperaturas normales de funcionamiento. 	Acciones llevadas a cabo: <ul style="list-style-type: none"> ● Inspección Visual. ● Limpiar. ● Apretar. ● Pulir ● Desensamblar. ● Reemplazar