



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS EN EL CIRCUITO DE
ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2 DE CENS S.A. E.S.P.**

AUTOR.

ARMANDO ARÉVALO RAMÍREZ

DIRECTOR.

Ph.d. ANTONIO GAN ACOSTA

CODIRECTOR.

REINEL CACERES CAMARGO



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PAMPLONA

2022

**ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS EN EL CIRCUITO DE
ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2 DE CENS S.A. E.S.P.**

AUTOR.

ARMANDO ARÉVALO RAMÍREZ

DIRECTOR.

Ph.d. ANTONIO GAN ACOSTA

CODIRECTOR.

REINEL CACERES CAMARGO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PAMPLONA

2022

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a Dios por permitirme vivir esta gran experiencia, logrando algo que un día fue soñado. Gracias a mis padres por el apoyo incondicional.

RESUMEN

En el presente estudio se ofrece un método para estimar el funcionamiento de los dispositivos eléctricos como lo son los transformadores de distribución, cortacircuitos y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones). Por lo que se intenta determinar si están presentando su funcionalidad adecuada realizando análisis termográfico en el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2. Con este mantenimiento predictivo se busca llegar a la anticipación de las fallas logrando interpretar el calor interno de los dispositivos eléctricos, el cual aumenta debido a varias razones, como problemas de contacto, desequilibrio de cargas, grietas en el aislamiento, relés o bloques de terminales defectuosos, bornes en mal estado, etc. hasta una falla eventual que puede causar interrupciones no planificadas y posibles lesiones. Por lo tanto, es necesaria la prevención temprana de anomalías térmicas en los equipos eléctricos para evitar fallas. Hoy en día, un sistema de inspección termográfica por infrarrojos rápido, fiable, sin contacto y rentable se está utilizando ampliamente para detectar dónde y cómo se producen defectos internos y externos en los dispositivos. El sistema recopila datos para investigar la condición térmica a través del análisis de la imagen térmica de los dispositivos.

Las siguientes tomas fotográficas se capturaron con una cámara infrarroja HotShot HD-XT a una distancia promedio de 13 metros teniendo en cuenta que es una distancia apropiada para hacer dicho análisis, enfocando los dispositivos de forma vertical de perfil frontal, y de perfil lateral sin interrumpir el funcionamiento del sistema.

Los objetivos de este artículo es instruir como realizar un mantenimiento predictivo ejecutando un análisis termográfico en los dispositivos eléctricos del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2, dispositivos eléctricos como lo son transformadores de distribución, cortacircuitos y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones).

CONTENIDO

CAPÍTULO I - PLAN DE TRABAJO

1.1. descripción de la empresa.....	10
1.2. descripción del problema y justificación.....	12
1.3. objetivos.....	14
1.3.1. objetivo general.....	14
1.3.2. objetivos específicos.....	14
1.3.3. acotaciones.....	14
1.4. historia de la termografía.....	15

CAPÍTULO II – DESARROLLO

2.1. descripción de las actividades realizadas para lograr el cumplimiento de los objetivos.....	17
2.2. descripción de las herramientas conceptuales y metodológicas utilizadas en la practica empresarial.....	22

CAPÍTULO III – RESULTADOS

3.1. descripción de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados.....	27
3.2. análisis de impactos de la práctica empresarial realizada.....	41

CAPÍTULO IV – RECOMENDACIONES

4.1. para el programa.....	47
4.1.1. temáticas usadas en la práctica y que en su criterio faltaron en su formación como ingeniero eléctrico.....	47
4.1.2. temáticas usadas en la práctica y que efectivamente utilizó y aprendió en su formación como ingeniero eléctrico.....	47
4.2. para futuros practicantes.....	48

FIGURAS

Figura 1. Ensayo de newton.....	15
Figura 2. Análisis termográfico con cámara HOTSHOT HD-XT.....	19
Figura 3. Diagnóstico termográfico a imágenes térmicas.....	20
Figura 4. Cámara termográfica HotShot HD-XT.....	22
Figura 5. Cámara termográfica HotShot HD-XT parte inferior.....	23
Figura 6. Cámara termográfica HotShot HD-XT y baterías.....	23
Figura 7. Cámara termográfica HotShot HD-XT perfil frontal.....	24
Figura 8. Plano del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	26
Figura 9. Plano del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	27
Figura 10. Transformador 5T02442 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	28
Figura 11. Transformador 5T02476 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	29
Figura 12. Transformador 5T02474 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	30
Figura 13. Arranque ESW7058 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	31
Figura 14. Transformador 5T02716 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	32
Figura 15. Transformador 5T02717 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	33
Figura 16. Transformador 5T02718 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	34
Figura 17. Transformador 5T02721 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	35
Figura 18. Transformador 5T02725 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	36
Figura 19. Transformador 5T02726 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	37
Figura 20. Transformador 5T02481 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	38
Figura 21. Transformador 5T02432 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	39
Figura 22. Transformador 5T02835 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	40
Figura 23. Transformador del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	44
Figura 24. Transformador del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.....	45

TABLAS

Tabla 1. condiciones de temperatura termica.....	20
Tabla 2. Condiciones de anomalía termica.....	25
Tabla 3. Informacion del sistema a analizar.....	25
Tabla 4. Información del circuito analizado.....	41

Gráficos

Gráfico 1. Forma de onda.....	12
Gráfico 2. Representación de condiciones en porcentaje.....	42

CAPÍTULO I – PLAN DE TRABAJO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P. (CENS) es una empresa de servicios públicos mixta, fue constituida el 16 de octubre de 1952 mediante Escritura Pública 3552 de la Notaría Octava de Bogotá y quedó configurada como filial del Grupo Empresarial EPM a partir del 19 de mayo de 2009, esta empresa de servicios públicos colombiana que vende el servicio de energía eléctrica a más 350 000 clientes desarrollando las actividades de transmisión, distribución y comercialización en los departamentos de Norte de Santander, Cesar y Bolívar y la prestación de servicios y actividades de telecomunicaciones. (Grupo epm, 2013).

Misión: CENS es una empresa del Grupo Empresarial EPM que presta los servicios de Transmisión, Distribución y Comercialización de energía eléctrica, contribuyendo a la construcción de territorios competitivos y sostenibles en donde participa, mediante la prestación responsable e integral de soluciones de energía eléctrica.

Visión: En el año 2022, CENS será reconocida entre sus grupos de interés como una empresa socialmente responsable; referente en estándares de excelencia, con modelos de gestión, reputación y transparencia que impulsen la productividad de los negocios en que participa; ofreciendo un portafolio integral de soluciones competitivas de energía eléctrica que contribuya al cumplimiento de la MEGA y al posicionamiento multilatinamericano del Grupo Empresarial EPM.

Valores: La actuación basada en valores le permitirá a CENS alcanzar la meta proyectada, manteniendo siempre altos niveles de excelencia operativa, reputación y transparencia, mediante la aplicación de prácticas socialmente responsables.

OBJETIVO DE LA EMPRESA

OBJETIVO SOCIAL: La prestación del servicio domiciliario de energía eléctrica y sus actividades complementarias de transmisión y comercialización de energía eléctrica, prestar los servicios de calibración e inspección de medidores, transformadores e instrumentación eléctrica; todos los servicios de telecomunicaciones, así como la comercialización y prestación de servicios o actividades de telecomunicaciones y actividades complementarias, de acuerdo con el marco legal y regulatorio.

CADENA DE VALOR DEL SERVICIO

Compra de Energía: Realizamos procesos de compra de energía, proyectando la demanda de energía eléctrica de los mercados de CENS a corto y largo plazo, es necesario determinar la cantidad de energía a comprar en bolsa y en contratos a largo plazo para cubrir las necesidades de nuestros clientes. (Grupo epm, 2013).

Transmisión: Transporte de la energía eléctrica en los niveles iguales o superiores a 220 Kv.

Distribución: Expansión de redes de distribución. Traslado de la energía eléctrica desde las redes regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final. (Grupo epm, 2013).

Administración, operación y mantenimiento del Alumbrado Público. Mantenimiento de subestaciones, redes y líneas.

Comercialización: Venta de energía a usuarios del mercado regulado. Servicio de facturación conjunta.

PRESENCIA Y NEGOCIOS GRUPO EPM

Tenemos presencia en México, Guatemala, El Salvador, Panamá, Chile y Colombia a través de 48 sociedades y 18 empresas operativas en los negocios de:

Generación de Energía, Gas Natural, Transmisión de Energía, Distribución de Energía, Provisión de Aguas, Gestión de Aguas Residuales y Gestión de Residuos Sólidos. (Grupo epm, 2013).

ÁREA DE INFLUENCIA

Operamos en cinco (5) regiones: Cúcuta, Pamplona, Ocaña, Tibú y Aguachica, conformadas por 47 municipios, de los cuales 40 se encuentran ubicados en el Departamento Norte de Santander, 6 en el sur de Cesar y 1 en el sur de Bolívar. Para atender a estos municipios contamos con 51 oficinas de atención al cliente. (Grupo epm, 2013).

Municipios por región: Cúcuta AM 3 - Ocaña 11 - Aguachica 7 - Tibú 13 - Pamplona 13.

Población (Habitantes): Norte de Santander 1.346.806 - Sur de Cesar 181.572 - Sur de Bolívar 21.182.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La tensión final que llega al usuario al cual se le comercializa la energía no es la adecuada, ya que al presentarse este tipo de calentamientos los armónicos se verán afectados en su secuencia, la cual va a presentar una variación y puede afectar equipos eléctricos y electrónicos.

Los estudios de termografía infrarroja son ampliamente utilizados en la industria como una técnica de mantenimiento predictivo, ya que nos permiten detectar desviaciones antes de que se conviertan en fallas que impidan la operación de los equipos o el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

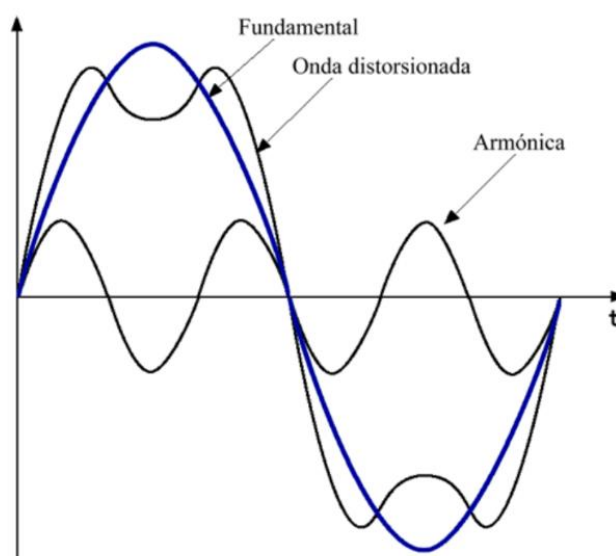


Gráfico 1. Forma de onda.

El siguiente diseño de mantenimiento predictivo se lleva a cabo debido a las fallas presentadas en el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2, la cual dichas fallas deja como resultado el problema con los usuarios que dependen de este servicio de suministro de energía eléctrica y problemas con la empresa porque al presentarse dichas fallas la empresa va a tener que intervenir ya sea reparando o cambiando los dispositivos eléctricos como lo son los transformadores de distribución, cortacircuitos, DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) los cuales hacen parte al circuito mencionado anteriormente.

Se opta por realizar dicho mantenimiento predictivo con base a la termografía infrarroja, la cual es una técnica muy útil que nos permite medir la radiación infrarroja que generan los objetos dependiendo de la temperatura a la que se encuentren. La medición se hace a distancia con los equipos energizados o en operación y no interrumpe su funcionamiento. Nos permite detectar puntos calientes que pueden ser indicativos de una falla. Los estudios de termografía infrarroja nos

permiten medir la temperatura de instalaciones eléctricas, equipos, subestaciones, motores, calderas, cortacircuitos, DPS, transformadores de distribución, entre otros dispositivos eléctricos, teniendo los equipos en operación o energizados y sin necesidad de establecer contacto con los mismos. Los estudios de termografía infrarroja miden la radiación infrarroja de los objetos, misma que está en estrecha relación con su temperatura.

En las instalaciones eléctricas los estudios de termografía infrarroja encuentran su principal aplicación, ya que nos permiten detectar puntos calientes en las instalaciones originados principalmente por desbalanceos, falsos contactos, sobrecargas y fallas en los equipos que serían imposibles de detectar simplemente mediante una inspección visual.

En el momento de realizar dicho análisis termográfico se justifica que hay problemas cuando se hace la comparación térmica del borne que está presentando calentamiento con los bornes que se encuentran a temperatura ambiente generado un delta que nos permite hacer dicha comparación entre estos. La temperatura ambiente de estos se tiene en cuenta que es la temperatura ambiente del sistema en funcionamiento.

Para evitar dichas fallas en dispositivos eléctricos como lo es el transformador de distribución, cortacircuitos y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) se debe proceder al mantenimiento predictivo, el cual es recomendado ejecutar una vez al año teniendo en cuenta que es el tiempo máximo para repetir dicho mantenimiento, pero lo ideal es hacerlo trimestralmente o mensualmente, además, la información, incluyendo las cargas de los transformadores, la temperatura ambiental, la humedad ambiental y las imágenes térmicas del cuerpo de los transformadores, fueron obtenidos y registrados utilizando el equipo pertinente.

Se adoptaron programas de mantenimiento preventivo y predictivo para el diagnóstico de defectos. En realidad, la frecuencia y la secuencia de la inspección termográfica dependen de varios factores que incluyen la condición térmica, el costo de una falla, el tipo de producción y la antigüedad del equipo, entre otros factores que afecten el sistema.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento predictivo para los dispositivos de circuitos eléctricos Transformadores de distribución, cortacircuitos y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) utilizando análisis termográfico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Medir con análisis termográfico los dispositivos del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

Diagnosticar con análisis termográfico los dispositivos del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

Diseñar un plan de mantenimiento predictivo para el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ACOTACIONES

Solo serán objeto de este trabajo: Transformadores de distribución, cortacircuitos y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) realizando medición y diagnósticos.

HISTORIA DE LA TERMOGRAFÍA

Antes de la primera década del Siglo XIX no se conocían ni el término infrarrojo ni la región infrarroja del espectro electromagnético. Fue Sir Friedrich Wilhelm Herschel, astrónomo real del rey Jorge III y músico alemán, quien se encargó de realizar este dicho e interesante descubrimiento en su incertidumbre en saber que tanto era el calor que recibían los filtros que utilizaba para observar la luz solar.

Newton mediante la realización de un ensayo, logro observar que los filtros utilizados para este análisis dejaban pasar diferente cantidad de calor en función de color, por medio de ese ensayo pudo concluir que los colores debían tener temperaturas distintas.

Newton con este ensayo consistía en reflejar la luz solar mediante un prisma la cual, al presentar la luz en una de las caras del prisma, esta se refracta dando como resultado colores diferentes, todo esto debido a que cada grado de separación iba variando en función de la longitud de onda de calor presentada en dicho análisis.

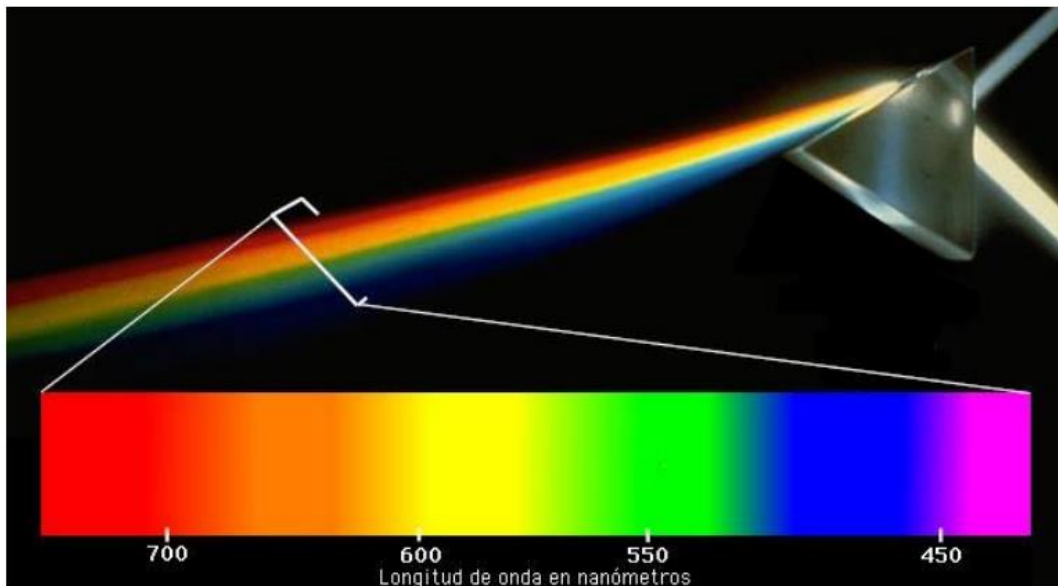


Figura 1. Ensayo de Newton.

Podríamos definir la termografía como aquella ciencia cuyo objetivo se basa en el hecho de adquirir información referente a la temperatura presentada en dispositivos, objetos, entre otros. Con la termografía logramos encontrar las diferencias de la temperatura en diversos objetos por medio de la radiación de onda emitida por el espectro infrarrojo, la cual consideramos como termografía infrarroja.

Ahora bien, se debe destacar al astrónomo Sir Frederick Wiliam Herschel quien descubrió en 1800 la radiación infrarroja, el desarrollo de dicho hallazgo pudo ser llevado a cabo por medio de un prisma de cristal, el cual dirigía la luz solar, logrando una división en los colores y sus haces, donde cada uno tenía diferentes temperaturas que iban en aumento según iba del violeta al rojo, al revelar Herschel su descubrimiento, nombró a esta porción del espectro electromagnético como ASPECTRO TERMOMÉTRICO, refiriéndose así a la radiación ya conocida como calor oscuro, el experimento realizado por el astrólogo fue de suma importancia ya que por primera vez una persona demostraba de manera empírica la existencia de tipos de luz no visibles al ojo humano.

Durante la Segunda Guerra Mundial que se desarrolló la primera aplicación, dando uso a la radiación infrarroja para la invención de misiles guiados. Fue después de dicha guerra que se presentó el avance eficaz de la tecnología, logrando así en el año de 1960, el lanzamiento al mercado y la comercialización de la primera cámara termográfica para civiles, aunque la tecnología empezaba a avanzar, estas cámaras eran poco manejables y con bastante peso, fue hasta el año de 1980 donde se empezaban a presentar cámaras cuyo manejo podría ser mucho más cómodo para los civiles, y hasta el año de 1990 cuando la evolución de estas cámaras termográficas fue mucho más grande, dejando como resultado la disminución del precio del productor, por lo cual fue más asequibles para todos los civiles.

Los estudios de termografía fueron evolucionando a medida que algunos científicos querían demostrar y saber que hay a través de las ondas emitidas por la radiación solar, logrando identificar y darle valor a cada color presentado en cada reflejo y experimento realizado en dicha investigación.

CAPÍTULO II – DESARROLLO

2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS PARA LOGRAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS, TENIENDO EN CUENTA LOS CRITERIOS DE INGENIERÍA APLICADOS

PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Para llevar a cabo la ejecución del mantenimiento es necesario diseñar un plan de mantenimiento predictivo adecuado a las necesidades de la empresa. Para lograr un proceso óptimo, es recomendable seguir los siguientes pasos en el proceso que se detalla a continuación.

1. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

Un análisis del sistema actual nos permitirá saber si existen averías recurrentes que supongan pérdidas económicas excesivas para la empresa.

En este caso se selecciona el circuito a analizar que sería el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2 y los dispositivos que hacen parte de este, como lo son transformadores de distribución, cortacircuitos y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones).

EJEMPLO: Un plan de mantenimiento predictivo basado en la técnica de análisis termográfico que busca reducir las pérdidas económicas y perdidas técnicas producidas por problemas como falsos contactos, desgastes de devanados, sobre cargas, etc. Ana Cecilia Aguirre. (2020).

2. DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA

Un buen plan de mantenimiento predictivo cuenta con diversas herramientas que nos permiten saber si los dispositivos eléctricos como lo son transformadores de distribución, cortacircuitos y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) entre otros, puede sufrir excesos que los degraden o si ya está parcialmente degradados. Ana Cecilia Aguirre. (2020).

Ejemplo: dos métodos que permitirán saber qué dispositivos eléctricos pueden necesitar ser intervenidos; el primero es el monitoreo remoto, mientras que el segundo serán las inspecciones in situ. (Actuación administrativa de control con desplazamiento permanente de los inspectores a las oficinas de la empresa inspeccionada).

3. PLANIFICACIÓN DEL TIEMPO

El mantenimiento predictivo es recomendado realizarlo una vez al año teniendo en cuenta que es el tiempo máximo para repetir dicho mantenimiento, pero lo ideal es hacerlo trimestralmente o mensualmente, ya sea en transformador de distribución, cortacircuitos, DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) entre otros dispositivos eléctricos y electrónicos.

Este tipo de mantenimiento, consiste en realizar un monitoreo del estado de los dispositivos eléctricos, a fin de prevenir diversas fallas que puedan presentarse en un futuro.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO AUXILIAR

Este mantenimiento es el encargado en realizar dichas pruebas para obtener como resultado las condiciones de funcionamiento de los dispositivos eléctricos analizados, la inspección más utilizada para este método de mantenimiento predictivo es la termografía infrarroja, como también las mediciones eléctricas, estudios de calidad de energía, etc. lo cual ayuda a determinar si el sistema eléctrico es ideal para la empresa o si se debe incrementar la carga del mismo.

Este tipo de mantenimiento es recomendado ejecutarlo en periodicidad de entre 6 meses a 1 año, ya que en este intervalo de tiempo pueden presentarse cierto tipo de desgaste en dichos dispositivos.

4. ESTUDIO DE VIABILIDAD

La termografía infrarroja es muy utilizada en el mantenimiento predictivo de conexiones eléctricas, en las que un aumento de la temperatura de las mismas es indicativo de avería. Sin embargo, existen pocos estudios publicados sobre el uso de esta técnica en el análisis de fallas de uniones roscadas de embarrados eléctricos, dispositivo muy utilizado en apartamento. En este contexto, el propósito de este estudio es analizar la viabilidad técnica del diagnóstico de conexiones de bornes de los transformadores de distribución y bornes de los DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones), conexiones de los terminales del corta circuito mediante termografía infrarroja. Ana Cecilia Aguirre. (2020).

MEDICIÓN CON ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

En la Figura 2. Se observa cómo se realizaron Las siguientes mediciones haciendo tomas fotográficas con una cámara infrarroja HotShot HD-XT a una distancia promedio de 13 metros, teniendo en cuenta que es una distancia apropiada para hacer dicho análisis, enfocando los dispositivos de forma vertical, de perfil frontal y de perfil lateral sin interrumpir el funcionamiento del sistema.



Figura 2. Medición termográfica con cámara HOTSHOT HD-XT.

DIAGNÓSTICO TERMOGRÁFICO

En la Figura 3. Se observa el calentamiento que presentan los dispositivos eléctricos en algunos bornes del transformador y en un terminal del cortacircuito que pertenecen a unos de los puntos de conexiones del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.



Figura 3. Diagnóstico termográfico a imágenes térmicas.

CALENTAMIENTO

Tabla 1. condiciones de temperatura térmica. Autoría propia

DISPOSITIVO	°C PUNTO CALIENTE	°C AMBIENTE DEL SISTEMA	VARIACIÓN °C
TRANSFORMADOR	45°C borne X	39°C borne Y, Z	6°C
CORTACIRCUITO	43°C	33°C	10°C
TRANSFORMADOR	47°C borne Y	40°C borne X, Z	7°C
TRANSFORMADOR	41°C borne X	35°C borne Y, Z	6°C

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2.

1. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

El primer paso para ejecutar el mantenimiento predictivo es analizar el sistema y seleccionar los equipos que lo conforman (los cuales se seleccionan los dispositivos más relevantes). En este caso se seleccionó el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2. El cual dicho circuito suministra energía a tres urbanizaciones de la ciudad de Aguachica, cesar (los cocos, nuevo amanecer y villa san Roque) los dispositivos seleccionados a realizarle dicho análisis (mantenimiento predictivo) fueron los transformadores de distribución, los cortacircuitos y los DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) los cuales dichos dispositivos son de gran importancia para la protección y distribución de energía de dicho circuito.

2. DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para la realización de este análisis se optó la metodología de monitoreo remoto, el cual se realizó con una cámara HotShot HD-XT midiendo el calor interno de dichos dispositivos punto a punto que conforman el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

3. PLANIFICACIÓN DEL TIEMPO

Este tipo de mantenimiento es recomendado ejecutarlo en periodicidad de entre 6 meses a 1 año, ya que en este intervalo de tiempo pueden presentarse cierto tipo de desgaste en dichos dispositivos.

En este caso se realizó dicho mantenimiento predictivo al circuito de alimentación primario Aguachica celda 2 por el hecho de que este había cumplido con una periodicidad de 1 año. Recolectando información de dichos dispositivos para interpretar el estado de los dispositivos y su funcionalidad.

4. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Al estar realizando dicho análisis termográfico se debe tener en cuenta que dispositivos están quemados (no están en su funcionalidad), tener en cuenta los dispositivos que pueden seguir con su funcionalidad pero que no están al 100% de esta y analizar el tema de podas para así brindar viabilidad a este sistema y buen suministro de energía eléctrica.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS UTILIZADAS EN LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

Para la realización de este Análisis como herramienta principal se utilizó una cámara termográfica electrofísica input: DC 9 V - 2.0 A. HotShot HD-XT es la cámara infrarroja de grado profesional sin el impacto de la etiqueta. **HotShot HD-XT se puede utilizar para medir la temperatura de objetos hasta 500 °C** y cuenta con mejoras de diseño que hacen que las inspecciones de infrarrojos sean más rápidas y los diagnósticos más precisos al tiempo que garantizan una mayor seguridad del operador. Impresionantes detalles infrarrojos de 640x480 combinados con una cámara visible integrada de megapíxeles de alta calidad que mejora en gran medida la interpretación de imágenes y la calidad de los informes de inspección de infrarrojos. Además, el HD-XT incluye un exclusivo sistema de resaltado láser que combina la imagen térmica, la fusión de imágenes, las capacidades de enrutamiento para mapear áreas que requieren escaneos y una pantalla táctil para facilitar la entrada de datos. HotShot HD-XT es simplemente el mejor valor en el mercado actual.



Figura 4. Cámara termográfica HotShot HD-XT.

DESCRIPCIÓN

- Adaptador de tarjeta PC HotShot HD-XT.
- Baterías de iones de litio (2).
- Entrada DC 9V - 2.0A.
- Fuente de alimentación de CA
- Tarjeta de memoria CF de 512 MB.
- Software RoutelR.
- Max power 3.5mW.
- Wavelength 635nm.
- Cable USB: conector mini B.



**Figura 5. Cámara termográfica HotShot HD-XT
Parte inferior.**



Figura 6. Cámara termográfica HotShot HD-XT y baterías.

ESPECIFICACIONES

- Resolución 640x480.
- Campo de visión mín. Foco 25°x18° / 0,4 m.
- 9 Hz – Modelo HD-XTE9.
- Frame Rate -30 Hz – Modelos HD-XT, HD-XTE.
- Sensibilidad 50 mK (0,05 °C).



Figura 7. Cámara termográfica HotShot HD-XT perfil frontal.

ESPECIFICACIONES

AMBIENTAL.

- Temperatura de funcionamiento. Rango -5 °C a 50 °C
- Rango de temperatura de almacenamiento -30 °C a 70 °C
- Humedad 10 % a 95 %, IEC 360
- Agua y polvo - IP-54

FÍSICO.

- Peso 2,7 libras.
- Dimensiones - (Ancho x Alto x Profundidad) 7.5" x 7.5" x 3"

HERRAMIENTAS CONCEPTUALES PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE ANÁLISIS

Tabla 2 Condiciones de anomalía térmica

TABLA DE CONDICIONES DE ANOMALÍA TÉRMICA		
DELTA DE TEMPERATURA.	CONSIDERACIONES.	CONDICIÓN.
5°C - 10°C 32°F - 50°F	MEDIDAS CORRECTIVAS DEBEN SER TOMADAS EN EL PROXIMO MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	INCIPIENTE
10°C - 20°C 50°F - 68°F	SE DEBEN TOMAR MEDIDAS CORRECTIVAS CUANDO EL PROCESO LO PERMITA.	MODERADA
20°C - 40°C 68°F - 104°F	MEDIDAS CORRECTIVAS SON REQUERIDAS TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE DEPENDIENDO DE LA CARGA DEL EQUIPO Y LA SEGURIDAD DEL DELTA DE TEMPERATURA EN ESTE RANGO.	ALTO
40°C o Superior 104°F o Superior	SE REQUIEREN MEDIDAS CORRECTIVAS INMEDIATAS.	CRÍTICA

Para realizar el análisis termográfico se tuvo en cuenta la tabla 2. Debido a que en cada toma nos permitía observar la condición en la que se encuentran los dispositivos eléctricos. Teniendo en cuenta las consideraciones y temperaturas presentadas en dichos dispositivos.

Tabla 3 Información del sistema a analizar. Autoría propia

CÓDIGO	DISPOSITIVOS	ALIMENTADOR	DIRECCIÓN	CONDICIÓN
SW6651	CORTACIRCUITOS	AGUC2	CALLE 15B-03	NORMAL
5T02440	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02439	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02438	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02442	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	INCIPIENTE
5T01944	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS 2	NORMAL

En la tabla 3. se observa la información a adquirir en el momento de realizar dicho análisis termográfico en el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

Recolectando dicha información en punto por punto que si iba analizando.

PLANO DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

En la **Figura 8**. Se logra observar el plano del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2, el cual fue un gran apoyo para identificar los puntos específicos a intervenir realizando el análisis termográfico. Se puede observar que esta celda beneficia del suministro de energía eléctrica a dos barrios (los cocos, nuevo amanecer) y una urbanización llamada villa san Roque.

Especificaciones de puntos a intervenir

Todos los puntos con nomenclatura o código que comiencen con 5T0 pertenecen a transformadores de distribución. Los transformadores varían su potencia dependiendo la carga a soportar.

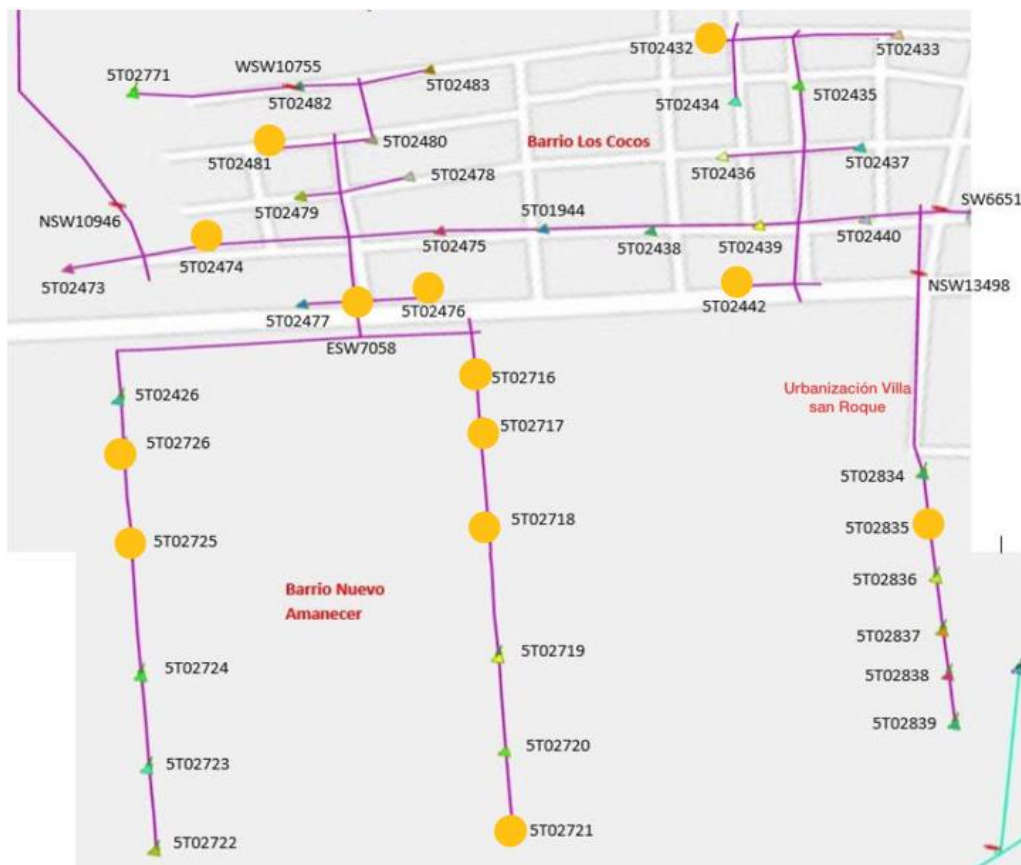
Todos los puntos con nomenclatura comenzada con NSW, ESW, SW, WSW pertenecen a arranques, los cuales son los dispositivos eléctricos cortacircuito.



Figura 8. Plano del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS, TENIENDO EN CUENTA LOS CRITERIOS DE INGENIERÍA APLICADOS

Los puntos a intervenir se encuentran señalados con color amarillo. Todos los puntos con nomenclatura comenzada con NSW, ESW, SW, WSW pertenecen a arranques los cuales son los dispositivos eléctricos cortacircuito y los puntos con nomenclatura comenzada en 5T0 pertenecen a transformadores de distribución.



27

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02442 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Calle 16 vía mosquito Barrio Los Cocos

En la Figura 10. Se observa transformador con punto caliente en el borne (U) de baja tensión (BT) con una temperatura de 42 °C y un delta de temperatura de 6°C con relación a los demás bornes.

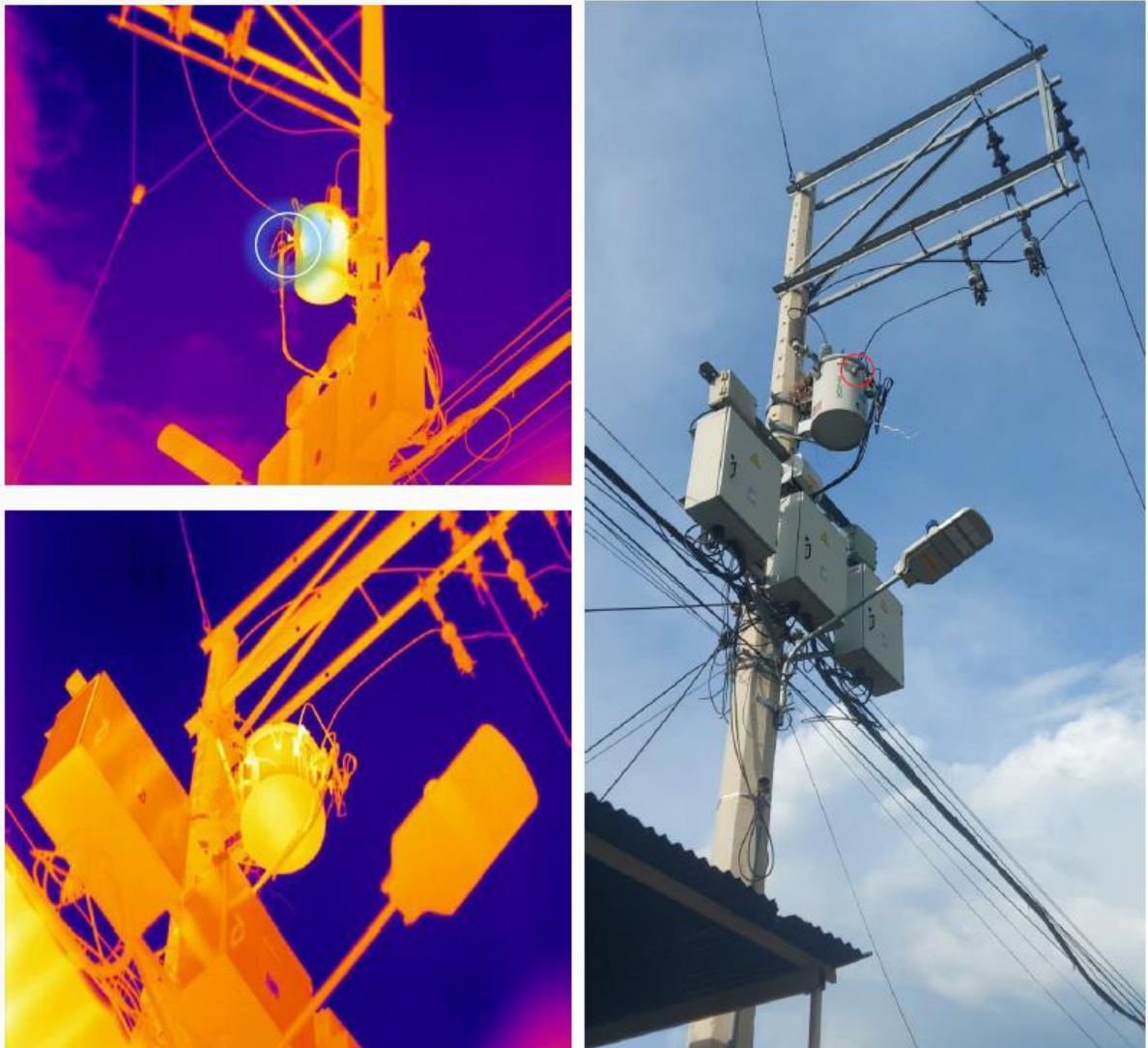


Figura 10. Transformador 5T02442 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02476 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Calle 16 vía mosquito Barrio Los Cocos

En la Figura 11. Se observa transformador con punto caliente en el borne (U) de BT con una temperatura de 62 °C y un delta de temperatura de 25°C con relación a los demás bornes. Se recomienda verificar la cargabilidad por fases. Posible desbalance entre fases.

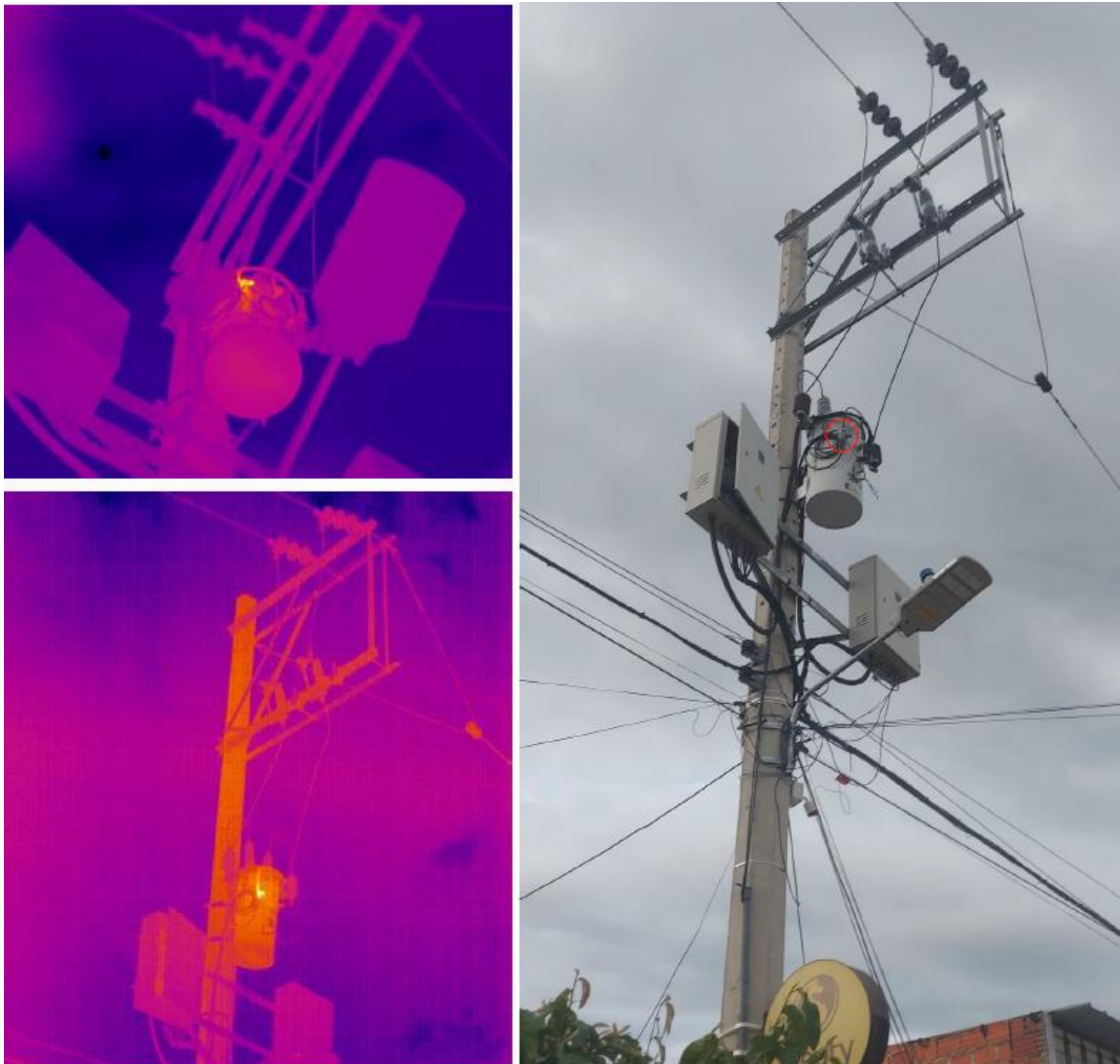


Figura 11. Transformador 5T02476 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02474 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Calle 16 vía mosquito Barrio Los Cocos

En la Figura 12. Se observa transformador con punto caliente en el borne (X) de BT con una temperatura de 38 °C y un delta de temperatura de 3°C con relación a los demás bornes.



Figura 12. Transformador 5T02474 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A ARRANQUE ESW7058 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio Nuevo Amanecer

En la Figura 13. Se observa punto caliente en el bajante por MT a la entrada del cortacircuito de la línea izquierda con una temperatura de 31 °C y un delta de temperatura de 2°C con relación a los demás bornes.



Figura 13. Arranque ESW7058 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02716 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio Nuevo Amanecer

En la Figura 14. Se observa transformador con punto caliente en los bornes (Z y Y) de BT con una temperatura de 36 °C y un delta de temperatura de 5°C con relación a los demás bornes.



Figura 14. Transformador 5T02716 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02717 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio Nuevo Amanecer

En la Figura 15. Se observa transformador con punto caliente en el borne (Z) de BT con una temperatura de 37 °C y un delta de temperatura de 6°C con relación a los demás bornes, además se observó conector de penetración con punto caliente con una temperatura de 40°C y un delta de temperatura de 10 °C en el bajante del neutro.



Figura 15. Transformador 5T02717 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRÁFICO A TRANSFORMADOR 5T02718 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio Nuevo Amanecer

En la Figura 16. Se observa punto caliente en el conector de penetración con una temperatura de 40°C y un delta de temperatura de 7 °C en el bajante de la fase Y.

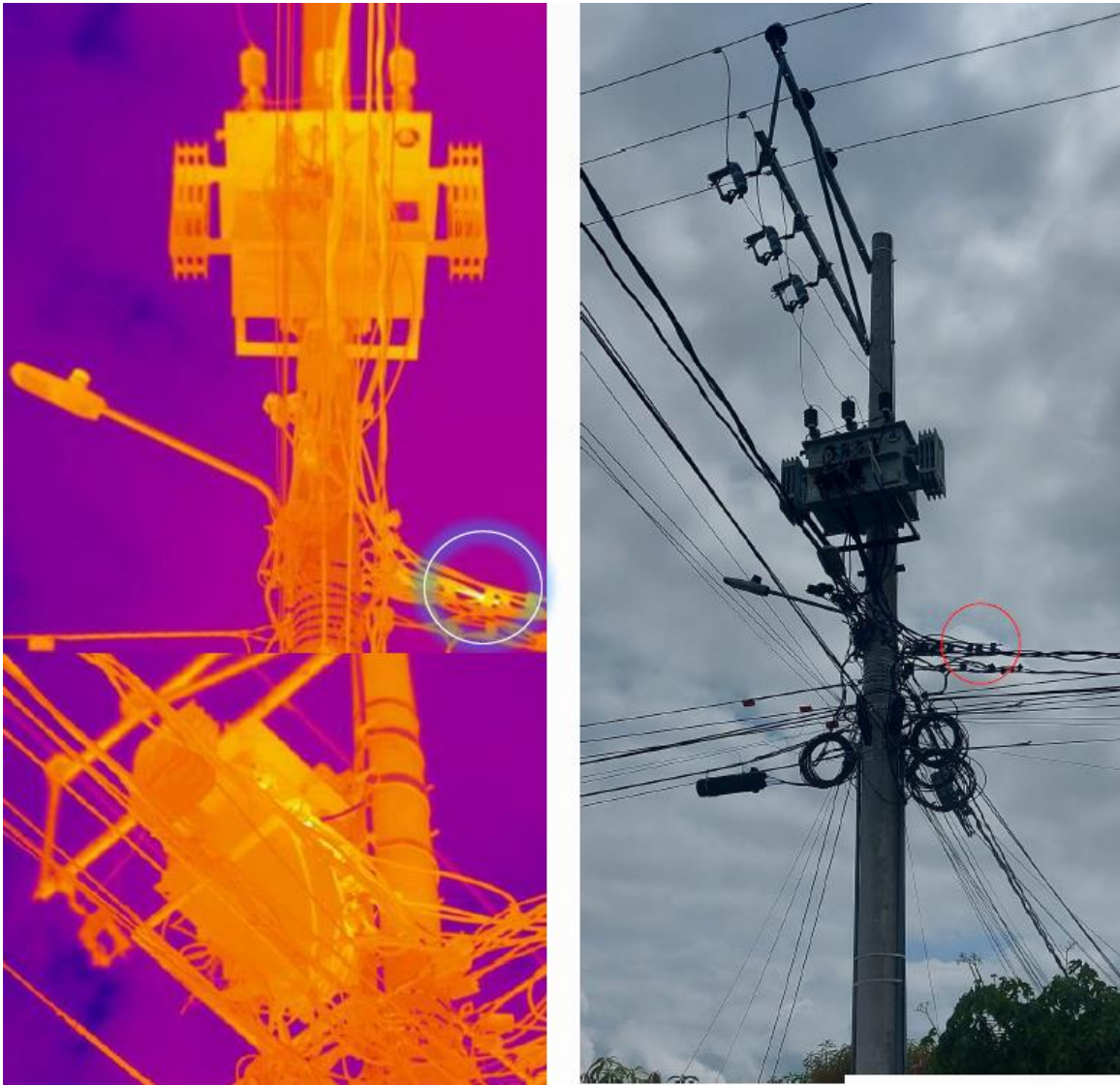


Figura 16. Transformador 5T02718 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRÁFICO A TRANSFORMADOR 5T02721 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio Nuevo Amanecer

En la Figura 17. Se observa punto caliente en el conector de penetración con una temperatura de 49°C y un delta de temperatura de 20 °C en el bajante de la fase X.



Figura 17. Transformador 5T02721 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02725 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio Nuevo Amanecer

En la Figura 18. Se observa punto caliente en el conector de penetración con una temperatura de 37°C y un delta de temperatura de 6 °C en el bajante de la fase Y.



Figura 18. Transformador 5T02725 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02726 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio Nuevo Amanecer

En la Figura 19. Se observa bajante del borne X con una temperatura de 35°C y un delta de temperatura de 6°C. se recomienda cambiar bajante y retirar nido.



Figura 19. Transformador 5T02726 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02481 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio Nuevo Amanecer

En la Figura 20. Se observa transformador con punto caliente en el borne (U) de BT con una temperatura de 40°C y un delta de temperatura de 5°C con relación a los demás bornes.

Se requiere retirar nido y ajustar tapa de la caja de medidores.



Figura 20. Transformador 5T02481 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02432 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Barrio los cocos

En la Figura 21. Se observa transformador en buen estado de funcionamiento, también se observa DPS Fallado (quemado), Se requiere cambio de los 2 DPS.

Se analizaron los DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones) los cuales no están presentando su funcionalidad adecuada.



Figura 21. Transformador 5T02432 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

ANÁLISIS TERMOGRAFICO A TRANSFORMADOR 5T02835 DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRIMARIO AGUACHICA CELDA 2

Urbanización villa san Roque.

En la Figura 22. Se observa transformador en buen estado de funcionamiento, también se observa Cortacircuitos en mal estado (quemados) al realizar dicho análisis termográfico se percibe que los cortacircuitos no están presentando su funcionalidad adecuada, Se requiere se programe cambio del mismo. Ya que en el momento que se presente una descarga atmosférica o cualquier otra eventualidad estos no van a realizar su función.



Figura 22. Transformador 5T02835 del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2.

3.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL REALIZADA

Con este análisis se logró saber la condición en la que se encuentran los dispositivos eléctricos del circuito alimentación primario Aguachica celda 2, recolectando información en cada punto que conforma este sistema, para tener exactitud en el impacto empresarial, comparando dicho análisis en periodos anteriores.

Tabla 4. Información del circuito analizado. Autoría propia

CÓDIGO	DISPOSITIVOS	ALIMENTADOR	DIRECCIÓN	CONDICIÓN
SW6651	CORTACIRCUITOS	AGUC2	CALLE 15B-03 LOS COCOS	NORMAL
5T02440	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02439	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02438	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02442	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	INCIPIENTE
5T01944	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS 2	NORMAL
5T02475	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS DOS	NORMAL
5T02474	TRANSFORMADOR	AGUC2	MZ B CASA 20 LOS COCOS 2	INCIPIENTE
5T02473	TRANSFORMADOR	AGUC2	MZ V CAS 1 LOS COCOS 2	NORMAL
NSW10946	CORTACIRCUITOS	AGUC2	CLL 15B 2-03 B. LOS COCOS	NORMAL
5T02477	TRANSFORMADOR	AGUC2	MNZ B - CASA 6 LOS COCOS II	NORMAL
5T02476	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS DOS	ALTO
5T02437	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02436	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	OTROS
5T02435	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02434	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02433	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	NORMAL
5T02432	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS LOS COCOS	OTROS
5T02479	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS DOS	NORMAL
5T02478	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS DOS	NORMAL
5T02480	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS DOS	NORMAL
5T02481	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS DOS	INCIPIENTE
5T02483	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS DOS	NORMAL
5T02482	TRANSFORMADOR	AGUC2	LOS COCOS DOS	OTROS
5T02771	TRANSFORMADOR	AGUC2	AHS BARRIO VILLA NUEVA	NORMAL
NSW13498	CORTACIRCUITOS	AGUC2	CRA 5 CLL 17A	NORMAL
5T02834	TRANSFORMADOR	AGUC2	CRA 5 CLL 17A	NORMAL
5T02835	TRANSFORMADOR	AGUC2	CRA 5 CLL 17A	OTROS

5T02836	TRANSFORMADOR	AGUC2	CRA 5 CLL 17A	NORMAL
5T02837	TRANSFORMADOR	AGUC2	CRA 5 CLL 17A	NORMAL
5T02838	TRANSFORMADOR	AGUC2	CRA 5 CLL 17A	NORMAL
5T02839	TRANSFORMADOR	AGUC2	CRA 5 CLL 17A	NORMAL
ESW7058	CORTACIRCUITOS	AGUC2	NUEVO AMANECER	INCIPIENTE
5T02716	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	INCIPIENTE
5T02717	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	MODERADA
5T02718	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	INCIPIENTE
5T02719	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	NORMAL
5T02720	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	NORMAL
5T02721	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	ALTO
5T02722	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	NORMAL
5T02723	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	NORMAL
5T02724	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	NORMAL
5T02725	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	NORMAL
5T02726	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	NORMAL
5T02426	TRANSFORMADOR	AGUC2	URB. NUEVO AMANECER	NORMAL

Con estos datos recolectados en el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2 se logró realizar el siguiente diagrama de torta observando la condición de los dispositivos en porcentaje.

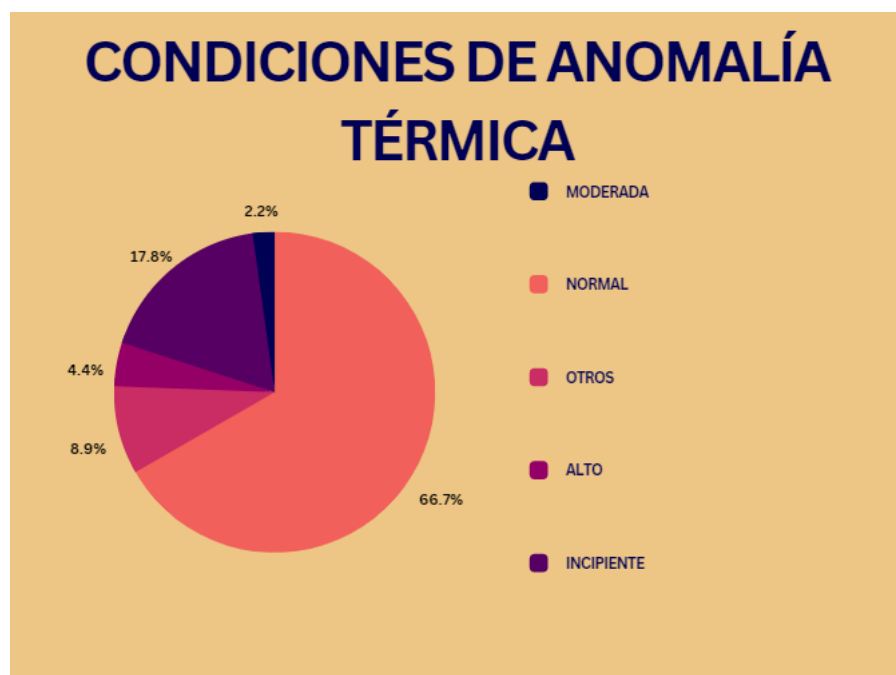


Gráfico 2. Representación de condiciones en porcentaje. Autoría propia

Con respecto a periodos anteriores en los que realizaron el mantenimiento predictivo por medio del análisis termográfico se puede ver el impacto en las diferentes condiciones (Análisis realizado por funcionarios de cens).

- Dispositivos en condición de estado normal, en el periodo anterior fue de un 30.2% se tiene un impacto al hacer la comparación con esta nueva revisión en el periodo actual generando un delta de 36.5%.
- Dispositivos en condición de estado “otros” los cuales son referentes a nidos en estructuras y otros tipos de condiciones, en el periodo anterior fue de un 10% se tiene un impacto al hacer la comparación con esta nueva revisión en el periodo actual generando un delta de 1.1%.
- Dispositivos en condición de estado Alto, en el periodo anterior fue de un 11% se tiene un impacto al hacer la comparación con esta nueva revisión en el periodo actual generando un delta de 6.6%.
- Dispositivos en condición de estado moderada, en el periodo anterior fue de un 23.2% se tiene un impacto al hacer la comparación con esta nueva revisión en el periodo actual generando un delta de 5.4%.
- Dispositivos en condición de estado incipiente, en el periodo anterior fue de un 6.4% se tiene un impacto al hacer la comparación con esta nueva revisión en el periodo actual generando un delta de 4.2%.

Al realizar este mantenimiento predictivo se logra observar por medio de fotografías los dispositivos que no están en la condición adecuada para brindar un eficiente suministro de energía eléctrica, este dicho análisis o mantenimiento predictivo se lleva a cabo para reducir perdidas, para tener un alto indicador del buen suministro de energía eléctrica, teniendo un alto indicador del buen suministro de energía eléctrica se va a ver reflejado el presupuesto económico tanto en la empresa como también en los usuarios ya que al presentarse una falla esta va a sacarnos del sistema de funcionamiento (todos los dispositivos que dependan del suministro de energía eléctrica por parte de CENS no estarán en funcionamiento y la empresa se ve afectada en el momento de reparar y cambiar los dispositivos que llegaron hasta el último momento de vida útil, y también afectada por no generar ingresos al no poder suministrar energía).

El impacto ambiental que se reflejara al momento de olvidar el mantenimiento predictivo va a ser en el derrame de aceite por medio de los transformadores ya que si se presentan calentamiento en los bornes y no se interviene su reparación estos empaques se revientan y va a empezar la fuga de aceite de este mismo, se han realizado estudios de este tipo de aceite que manejan algunos transformadores “la mayoría” y este tipo de aceite es cancerígeno, como se logra observar en las tomas fotográficas anteriores estos dispositivos “transformadores” están ubicados en la parte superior de los postes el cual dicho derrame va a afectar a todo ser vivo que se desplace por debajo de este. Realizando dicho análisis termográfico se puede evitar este tipo de afectaciones, ya que al detectar los calentamientos a normales en dichos bornes del transformador se debe intervenir a ajustar estos mismos para evitar cualquier tipo de eventualidad.

En la figura 23. Se observa un transformador de 75KVA el cual pertenecía al circuito de alimentación primario Aguachica celda 2, el cual fue retirado de dicho circuito por presencia de derrame de aceite por uno de sus bornes.



Figura 23. Transformador del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2. Autoría propia

Este mantenimiento predictivo se realizó con el fin de tener un impacto del buen suministro de energía eléctrica, brindándoles confiabilidad a los usuarios que dependen de este servicio porque en años anteriores no se presentaban tan constantemente estos mantenimientos y algunas fallas eran ocasionadas por sobrecargas que se presentaban en el circuito, al momento de incrementar la población se presentaban fallas.

El impacto del buen suministro de energía se ve reflejado desde el momento que se hace dicho análisis y se comparan los dispositivos, ya que este nos permitirá realizar mantenimientos preventivos con el fin de que la energía a suministrar sea la adecuada (una tensión en la que puedan operar correctamente nuestros dispositivos eléctricos y electrónicos).

En la figura 24. Se puede observar el impacto técnico al realizar dicho análisis y observar punto caliente debido a falsos contactos porque no se encuentra bien ajustado el borne del transformador con el conductor (presentado conexiones flojas).



Figura 24. Transformador del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2. Autoría propia

El impacto empresarial se observa por medio del SAIDI y el SAIFI el cual por medio de una regla de tres nos demuestra lo sucedido cuando ocurre una falla. (ausencia de energía eléctrica)

CREG 015

También es importante la normatividad vigente en el país en este caso la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional, teniéndose la Resolución CREG 015 del 2018 quien es la que (Ministerio de Minas y Energía, 2018) quien regula la remuneración y a su vez penaliza a los operadores de red (OR) por calidad de servicio mediante indicadores de desempeño propios para cada OR y con parámetros diseñados de igual forma para cada empresa distribuidora de energía eléctrica, en este caso el SAIDI y SAIFI. Carrillo Osorio A. (2020).

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Usuarios afectados} \times \text{tiempo}}{\text{Usuarios OR (CENS)}} \quad (1)$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Ususrios afectados}}{\text{Usuarios OR (CENS)}} \quad (2)$$

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{SAIDI}}{\text{SAIFI}} \quad (3)$$

CAPÍTULO IV – RECOMENDACIONES.

4.1. PARA EL PROGRAMA.

4.1.1 MENCIONAR TEMÁTICAS, SOFTWARE, HABILIDADES, ETC, QUE HAYA USADO EN LA PRÁCTICA Y QUE EN SU CRITERIO FALTARON EN SU FORMACIÓN COMO INGENIERO ELÉCTRICO.

La termografía es una temática muy importante, ya que va de la mano del mantenimiento predictivo y no es más que una cámara termográfica la cual nos va a demostrar el calentamiento interno de dichos dispositivos sin interrumpir el funcionamiento del sistema y nosotros como futuros ingenieros debemos estar enterados de estos mantenimientos tan importantes. Como se puede observar en dicho estudio se especifica como realizar un mantenimiento predictivo en dispositivos eléctricos, las herramientas y temáticas que se llevaron a cabo para la realización de este logrando demostrar el paso a paso que se llevó a cabo para obtener los resultados que se buscan en este estudio.

4.1.2 MENCIONAR TEMÁTICAS, SOFTWARE, HABILIDADES, ETC, QUE HAYA USADO EN LA PRÁCTICA Y QUE EFECTIVAMENTE UTILIZÓ Y APRENDIÓ EN SU FORMACIÓN COMO INGENIERO ELÉCTRICO.

En dicha práctica se utilizó una cámara termográfica la cual fue la herramienta principal para la realización de este estudio, ya que en el momento de hacer dicha medición, la cámara en su pantalla nos va mostrando los puntos que están presentando calentamiento, analizando cada uno de los dispositivos que conforman el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2, cabe resaltar que en el momento de realizar dicho análisis se aprende y se interpreta cuál es la función de cada uno de los dispositivos como los son los transformadores de distribución (los cuales son los dispositivos más críticos), cortacircuitos y DPS (dispositivos de protección contra sobretensiones).

Para obtener el plano del circuito de alimentación primario Aguachica celda 2, se ingresó a una plataforma de cens la cual permitió adquirir dicho plano del circuito. Esta plataforma llamada mibitacoracens.epm.com.co cuenta con diferentes aplicaciones la cual cada aplicación tiene su

propósito y su función, brindando cualquier tipo de información acerca de esta prestigiosa empresa como lo de centrales eléctricas del norte de Santander.

Otra temática que se tuvo en cuenta en momento de analizar las imágenes térmicas captadas en el circuito de alimentación primario Aguachica celda 2 fue la tabla de condiciones de anomalías térmicas, la cual dicha información la empresa la tiene dentro de sus parámetros para así poder realizar el análisis y saber la condición exacta en la que se encuentran estos dispositivos.

4.2. PARA FUTUROS PRACTICANTES

Espero y este trabajo sea de gran importancia para todos aquellos que de verdad quieran aprender a realizar un análisis termográfico (mantenimiento predictivo), en este documento hay contenido con el cual pueden ir a realizar trabajos de mantenimiento predictivo utilizando análisis termográfico, en cada capítulo queda claro el paso a seguir o el paso que se realiza para llevar a cabo dicho análisis a dispositivos eléctricos. logrando instruir el paso a paso que se realiza para hacer un mantenimiento predictivo de la mejor manera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Grupo epm. (2013). centro de excelencia técnica unidad de normalización y especificaciones.

Obtenido de <https://www.grupo-epm.com/site.pdf>

Roberto poyato. (2009). Termografía en sistemas de distribución eléctrica.

Obtenido de <https://www.interempresas.net/Electricidad/Articulos/34456-Termografia-en-sistemas-de-distribucionelectrica.html.pdf>

AS Nazmul Huda. (2013). Aplicación de termografía infrarroja para mantenimiento predictivo/preventivo de defecto térmico en equipos eléctricos.

Obtenido de <https://www.sciencedirect.com.pdf>

Ana Cecilia Aguirre. (2020). Planificación de mantenimiento predictivo en MEA.

Obtenido de <https://retaintechologies.com/en/predictive-maintenance-planning-in-mea>

Paba Mantilla C. (2016). Desarrollo de un plan de información y comunicación con los grupos internos y externos de cens- grupo epm mediante la radio intranet.

Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/672/1/28617.pdf>

Scott King, PMP. (2021). Termografía infrarroja para equipos eléctricos.pdf

Obtenido de <https://www.hallam-ics.com/blog/infrared-thermography-for-electrical-equipment>

Federal Sensors. (2020). Electrofísica HotShot HD-XT.

Obtenido de <http://www.federsensors.com/HotShot-HD-XT-p/hotshot-hd-xt.htm.pdf>

CENS, C. (2019). Portal de Servicios.

Obtenido de <https://www.cens.com.co/Portals/1/documentos/GrandesClientes/Portafolio.pdf>

Risk Logic. (2017). Imágenes térmicas de equipos eléctricos.

Obtenido de <https://risklogic.com/thermal-imaging-of-electrical-equipment.pdf>

Carrillo Osorio A. (2020). Impacto del desbalance de cargas en líneas de distribución de energía eléctrica.

Obtenido de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbnxnZXNtZWllcmllfGd4OjEyNDU0ZWMOj3MDcwOGY.pdf>

FpbnxnZXNtZWllcmllfGd4OjEyNDU0ZWMOj3MDcwOGY.pdf

Koval, D. Roczen, B. Coyle, T. Arno, R. Brumsickle, W. Schuerger, R. (2007) Desing of reliable industrial and comercial power systems. IEEE

Obtenido de IEEE <https://ieeexplore.ieee.org/document/4264700>

CENS, (2021) Informe de sostenibilidad [Archivo PDF]

<https://drive.google.com/file/d/1clT5ANASp67ZMiF6fBxgIlgZbxR9s-kY/view>

Mora Gutiérrez, A (2009). Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Alfaomega s.a

Obtenido de <https://elvisjgblog.files.wordpress.com/2019/11/mantenimiento-planeac3b3nejecucic3b3n-y-control-alberto-mora-gutic3a9rrez.pdf>

Anexos

Anexo 1. Video “Hagamos Mantenimiento Predictivo a través de la Termografía”

