

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE ELCTROTÉCNIA Y COMPUTACIÓN**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**REALIZAR AUDITORIA ENERGÉTICA INTEGRAL AL SISTEMA ELÉCTRICO**  
**DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN DE SITEL NICARAGUA. S.A.**

INTEGRANTES:

Br. Barraza Jiménez Samuel Benedicto      2015-0826U

Tutor:

Ing. Alejandro Hernández Solís

Managua, Nicaragua

## **DEDICATORIA**

Dedico este documento a mis padres (q.e.p.d) que son el motivo e inspiración para lograr todas las metas y seguir adelante.

Así mismo a mi familia por el apoyo que siempre me brindan para seguir adelante.

Agregando esta cita Bíblica:

“Porque para mí el vivir es en Cristo, y el morir es ganancia. (Filipenses 1:21)”

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por su voluntad perfecta. Así mismo a mi familia terrenal que han sido mí soporte.

Agradezco aquellas personas que me han acogido como un miembro mas de su familia. También a mis amigos cercanos, todas estas personas han sido un pie de amigo.

Agradezco a docentes y colegas profesionales que han compartido la experiencia y sus buenos consejos.

## **INDICE**

INTRODUCCION .....	7
ANTECEDENTES .....	9
JUSTIFICACION .....	11
OBJETIVOS .....	13
Objetivo General .....	13
Objetivos específicos .....	13
MARCO TEORICO.....	14
Auditorías Energéticas .....	14
Eficiencia Eléctrica .....	14
Tipos de Auditorías Energéticas .....	15
Sistema Eléctrico .....	15
Calidad De Energía Eléctrica .....	15
Actualmente.....	15
Normativa del Servicio Eléctrico.....	16
Calidad del Servicio Eléctrico.....	16
Tarifas Eléctricas Nacionales.....	17
<b>CODIGO</b> .....	17
<b>DESCRIPCION</b> .....	17
<b>ENERGIA (C\$/kWh)</b> .....	17
<b>POTENCIA (C\$/kW-Mes)</b> .....	17
Fallas Comunes en Sistemas de Distribución.....	20
Transitorios .....	20
Perdida en el Aislamiento .....	20
Desbalance.....	20

Sobrecarga .....	20
Potencia Instalada (kW).....	21
Potencia aparente instalada (kVA).....	21
TAP's .....	21
Curva de Demanda.....	22
Desbalance de Voltaje .....	22
Factor de Simultaneidad .....	22
Fluctuaciones de Tensión .....	22
Termografía .....	23
Flickers.....	24
Perdidas de Hierro o Vacío .....	24
Perdidas nominales del Cobre .....	25
Capacidad Instalada .....	25
Medición Primaria .....	25
Factor de Potencia.....	25
Medición de Tierra .....	25
Resistencia y Resistividad .....	26
INFORMACION DE LA EMPRESA.....	27
ANALISIS DE LOS RESULTADOS MEDIDOS .....	29
Medidor Primario.....	30
Tarifa.....	30
Capacidad instalada:.....	31
Medición líneas Primarias circuito KTP .....	31
Consumo Eléctrico .....	32
MEDICION ENERGÉTICA .....	32

Energía Activa (kWh) .....	33
Energía Activa Promedio Diario (kWh).....	33
Energía Reactiva (kVarh).....	34
Demanda Máxima .....	34
Voltaje Primario comparado con la NCS;.....	35
PERDIDAS DE ENERGÍA Y POTENCIA .....	37
Perdidas del Hierro o Vacío (W) .....	38
Perdidas nominales del Cobre o CC (W) .....	39
Perdidas bajo Carga en el Cobre (W) .....	39
Perdidas de Potencia Total (W) .....	40
Perdidas de Energía en el Hierro (kWh/Año) .....	40
Perdidas en el Cobre Bajo Carga (kWh/Año).....	41
Perdidas de Energía Total (kWh/Año).....	41
MEDICIONES EN BAJA TENSIÓN.....	42
Banco 500 kVA Embassy.....	42
Banco 3x167 kVA KTP.....	44
Banco 3 x 167 kVA Cricke .....	46
MEDICION SISTEMA PUESTA A TIERRA.....	47
TERMOGRAFIA.....	74
Primera termografía .....	75
Segunda termografía .....	77
CONCLUSIONES.....	110
RECOMENDACIONES .....	112
ANEXO.....	114

## **INTRODUCCION**

Los sistemas eléctricos estables representan una importancia alta para los usuarios tanto para consumidores particulares y grandes demandante de energía eléctrica, siendo el suministro eléctrico el principal elemento de un consumo convencional y único, por los cuales a la vez se deben mantener un control de los principales parámetros; voltaje, intensidad, frecuencia y potencia, ya que estos son parte de un sistema eléctrico que asegura mayor continuidad del suministro de energía eléctrica. La continuidad del servicio eléctrico está en función de un determinado proceso escalonado para llegar hasta el usuario, la cual se evalúa a través de muchos parámetros el cual el principal generalmente es la estabilidad ante disturbios eléctricos.

La estabilidad de un sistema eléctrico es la capacidad de operar en una condición inicial y recuperar su estado de equilibrio de funcionamiento después de que se presenta alguna anomalía en la red eléctrica, todo esto en función de los elementos variables del sistema delimitados que componen y complementan el sistema de distribución eléctrico, de modo que prácticamente el sistema recupere o inmovilice la falla y este mismo siga suministrando energía dentro de los parámetros adecuados. Un sistema eléctrico de Distribución es aquel el cual se compone por determinados elementos en la red eléctrica que hacen posibles el buen funcionamiento y eficiencia del sistema eléctrico. El sistema de Distribución es el que se encarga de suministrar energía a los usuarios que pueden ser: industrias, comercios, minas, maquilas, PYME y los de tipo residencial, en este documento se hablara del sistema de Distribución que rige en Nicaragua y del cual SITEL Nicaragua es uno de los muchos consumidores del sistema eléctrico del país. SITEL Nicaragua es una empresa de multi servicios de atención al cliente de la región hispana y con mayor influencia en el mercador norte-americano, presta sus servicios de atención al cliente bajo la metodología "Call Center" a empresas norteamericanas que tienen alta demanda y necesidad de atender a sus clientes por personas calificadas, SITEL tiene la capacidad y a su vez es necesaria una red de comunicación y estabilidad para ejercer esta tarea.

SITEL Nicaragua depende de equipos de comunicación electrónicos, que en pocas palabras se podría decir que son sus equipos más críticos y su carga mayoritaria dentro de sus instalaciones

La pérdida del equilibrio energético causada por cualquier fenómeno o falla eléctrica consecuentemente provocando un disturbio eléctrico genera una inestabilidad, esta inestabilidad puede prolongar se por un tiempo considerablemente largo o corto esto depende de la anomalía incidiendo en la red provocando una alteración o perturbación eléctrica. Estas oscilaciones de magnitud creciente en las variables provocan una gran pérdida de tiempo sin estar en producción sin mencionar los daños de equipos que pueden provocar dichas perturbaciones y los costos por tiempo perdido. No podemos dejar sin mencionar que SITEL Nicaragua por la naturaleza con los equipos que trabajan tienen una sensibilidad de disparo o de fallo a las oscilaciones de las magnitudes cuando salen del rango normado.

El estudio de eficiencia a través de una auditoria energética permite determinar y evaluar las fallas críticas que afectan a los parámetros eléctricos y también así mismo aquellos parámetros afectan las condiciones de trabajos del usuario. Partiendo dentro de los límites específicos de las terminales de suministros de las redes de Distribución agua abajo donde se encuentra el usuario, es aquí donde se iniciará la evaluación en la cual se basa este documento práctico refiriéndonos eléctricamente en los sistemas Baja Tensión y Media Tensión, a las normas correspondientes a la calidad y servicio Eléctrico y recomendaciones técnicas.

## **ANTECEDENTES**

Los estudios de Auditoría Energética son desarrollados con el fin de asegurar la calidad, eficiencia, operación (mantenimiento y control), equilibrio, etc., en los puntos de suministros de la Distribución hasta el punto final para usuarios residenciales o industriales (cualquier tipo de industria) para un consumo energético estable y operación continua de sus cargas, así mismo un menor impacto hacia la red eléctrica.

El seguimiento a los procesos de mejorar para obtener un flujo de energía limpio y un continuo abastecimiento ha sido de vital importancia en las industrias, comercios, urbanos, etc, ya que es un proceso recíproco que brinda una mayor continuidad y eficiencia y menos impactos a la red como pérdidas económicas.

Periódicamente se han venido estudiando los distintos casos particulares que afectan más que todos los sistemas vulnerables a través de las Auditorías Energéticas y a como se mencionó en el primer capítulo de este documento SITEL Nicaragua requiere y representa un sistema de red sensible a cualquier tipo de fallo, se podría decir que es un consumidor crítico por la naturaleza de sus cargas (cargas electrónicas). Solo para recordar los equipos electrónicos son más sensibles a los disturbios a diferencia de otras redes en otras industrias, sin estos análisis Energéticos que se han realizados anteriormente los distintos usuarios se mirarían perjudicados por un sistema deficiente el cual en cierta parte perjudicaba la economía, los componentes eléctricos y el desarrollo interno. Sin dejar por un lado los sistemas de Distribución que también presentan ciertos desequilibrios. Muchas empresas se dedican a brindar estos servicios como también algunas entidades gubernamentales con algún programa de Auditoría Energética, destaca dentro de estas la empresa sin fines de lucros CPML-N (Centro de Producción más Limpia de Nicaragua) la cual realiza distintas auditorías energéticas en el sector comercial, industrial, pyme, etc., un ejemplo de la práctica de esta metodología técnica es la ya realizada “Auditoría Eléctrica SERFOSA” la cual se enfocó en realizar una auditoría para encontrar la oportunidad de implementar un ahorro del consumo energético, por otro lado el *“Estudio de auditoría Eléctrica en la empresa Platinic*

*SA, para la buena Administración de la energía eléctrica”* tuvo como objetivo buscar los puntos más afectados en el sistema e implementar un plan de mejora para el ahorro energético.

No solo en Nicaragua se realizan las Auditorias, obviamente también en nuestros países vecinos, ya que a como se desarrollará en este documento las auditorias se rigen también bajo normas internacionales certificadas, así como la auditoria *“auditoría energética del sistema eléctrico para la empresa molinera de arroz valle dorado s.a.c en la ciudad de Jaén – Perú – 2020”* la cual se enfocó en realizar el estudio de AE para verificar el alto consumo que estaba presentando esta industria en Perú.

## **JUSTIFICACION**

Las Auditorías energéticas no son inmutables, con esto quiero decir que las cargas aumentan, los dispositivos migran a otro tipo de consumo, los hábitos de consumos u operación cambian, el usuario o industria expande su consumo, etc. Por lo que siempre se tiene que mantener un programa y seguimiento o realizar en su totalidad una Auditoria Energética que es en el mejor de los casos la solución más completa, SITEL Nicaragua a como hemos venido mencionando está ubicado en el Km 4 ctra. Sur en la capital de Nicaragua, Managua, y se dedica a la atención al cliente telefónica o "Call Center" debido a la naturaleza de este tipo de servicio SITEL posee cargas ligeramente más sensibles que otras cargas en otros tipos de industria, mayormente en SITEL gobiernan más los equipos electrónicos o equipos de telecomunicación.

Ya que ha venido aumentando el desarrollo de la tecnológica y el alto consumo de migración a nuevos dispositivos electrónicos, electrónica de potencia (carga lineal y no lineal), cargas de diferentes magnitudes adjudicadas en un mismo tramo de suministro de distribución y las presentes preocupación en el sector energético tanto económico y ambientales, la instalación de los sistemas eléctricos de los usuarios ha adquirido un creciendo bastante significativo.

Entre todos los fenómenos que causan distorsión e inestabilidad del sistema afectan a todas las cargas conectadas al mismo punto donde ocurre tal desequilibrio a pesar de la actuación de los elementos de protección y demás elementos mitigadores. Existen dispositivos o controladores los cuales se encargan de la compensación, mitigación y reconexión del sistema a casusa de los disturbios que generan fallas o interrupción en el sistema los cuales serán uno de los principales focos de este estudio.

Los distintos fenómenos que afectan la Calidad de la Energía Eléctrica que se estudiaran en este documento, han presentado una gran solución y siguen presentan una importancia vital para el mejoramiento de nuestros sistemas

eléctricos mediante un Estudio de Calidad de la Energía la cual constituye el principal objetivo de este trabajo.

## **OBJETIVOS**

### Objetivo General

Realizar auditoria energética integral al sistema eléctrico de media y baja tensión de SITEL Nicaragua. S.A.

### Objetivos específicos

1. Identificar las causas que influyen en los problemas del sistema eléctrico a través de un levantamiento de la red de media y baja tensión.
2. Evaluar los fenómenos que causan la ineficiencia en la red a través de mediciones eléctricas y termográficas.
3. Valorar a través de los cálculos eléctricos la instalación o sustitución de equipos eléctricos existentes.
4. Analizar el sistema de puesta a Tierra (SPAT) dentro de las instalaciones Llevar a cabo un análisis del sistema puesta a tierra (SPAT) con los diferentes métodos de mediciones.
5. Analizar las normativas de calidad y servicios eléctricos correspondientes a la problemática que se presenta.
6. Exponer las recomendaciones técnicas de mejoras y mantenimientos para las instalaciones eléctricas de media y baja tensión de SITEL.

## MARCO TEORICO

### Auditorías Energéticas

Una Auditoria Energética es una inspección, análisis y recomendaciones técnicas en un sistema eléctrico sin importar de donde provenga esa energía, con el objetivo de entender e interpretar el sistema como tal y corroborar la eficiencia de este. Una auditoria energética no se inhibe dentro de sus objetivos y pasos a seguir de ningún sistema energético ya sea tanto en un domicilio tanto en una edificación bajo la producción de energía renovable, siempre es posible realizar un levantamiento bajo los correctos pasos a seguir, según la norma UNE 216501:2009 Auditorías energéticas.

*“Teniendo en cuenta estas consideraciones las auditorías energéticas se erigen como una herramienta que permite a las organizaciones conocer su situación respecto a su uso de energía. Sin embargo, por el hecho de realizarse de forma distinta, según los sectores, las empresas y los países, requieren de una normalización que permita hacer comparables los resultados obtenidos.”*

### Eficiencia Eléctrica

La eficiencia eléctrica se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. Otra forma de definirla es la relación existente entre la cantidad de energía consumida, los productos y servicios finales. Por lo tanto, la eficiencia eléctrica hace referencia a la optimización del consumo energético, busca disminuir el uso de energía, pero produciendo los mismos resultados finales. La eficiencia es concepto que afecta a todos los seres humanos ya que todos necesitan energía para llevar adelante una actividad sea esta individual, colectiva, comercial e industrial, etc.

## Tipos de Auditorías Energéticas

- Auditoria Energética Básica
- Auditoria Energética Global
- Auditoria Energética Parcial
- Auditoria Energética de Mantenimiento
- Auditoria Energética de Seguimiento
- Auditoria Energética de Proyecto Nuevo o instalación Nueva
- Auditoria Energética del Ciclo de Vida
- Auditoria Energética por contratos

En este documento se realizará el análisis de una Auditoria Energética Parcial ya que se reduce la inspección de manera que se estima directamente las causas que afectan y los puntos que se pueden mejorar.

## Sistema Eléctrico

Un sistema eléctrico son elementos e instalaciones que al juntarse forman un circuito eléctrico que al presentarse una demanda de consumo recorre por estos elementos energía eléctrica.

## Calidad De Energía Eléctrica

Calidad energética es cuando todos los parámetros eléctricos suministrados en un sistema que se comprenda de Dispositivos y Equipos se encuentren bajo las características y condiciones adecuadas de tal manera que permita una continuidad del servicio sin afectar a medida la naturaleza de determinadas cargas con respecto a su desempeño y a sus componentes.

## Actualmente

Podemos decir que existe un problema de Calidad Energética Eléctrica cuando ocurre cualquier desequilibrio en la Tensión, Corriente o Frecuencia principalmente. A medida que los diferentes tipos de cargas se han vuelto más electrónicos ocurren

más fenómenos que ensucian la red ya sea en Baja Tensión afectando al propio consumidor o a la red de Distribución o Media Tensión.

#### Normativa del Servicio Eléctrico

Esta normativa vigente en el País se refiere a la Calidad del Servicio que debe cumplir la Compañía de Distribución de Energía, dentro de estos Servicio de Calidad esta la atención a las anomalías de la red y restablecimiento de esta, así mismo el mantenimiento y mantener la calidad y parámetros de la Red de Distribución. Es importante tener en cuenta esta normativa para que el consumidor sepa la calidad de servicio y derecho que le corresponde a la Compañía de Distribución asumir o suministrar.

#### Calidad del Servicio Eléctrico

Esta normativa vigente en el País hace referencia a los derechos y obligaciones tanto la compañía de Distribución y el consumidor, así mismo dicta los parámetros dentro el cual las compañías tienen que cumplir (Tensión, Frecuencia, Corriente), así mismo el consumidor está en la obligación de mantenerse al día con el servicio que se le suministra y exigir a la Compañía Distribuidora el servicio y calidad que este requiera. Es importante tener en cuenta esta normativa para que el consumidor sepa la calidad de servicio y derecho que le corresponde tanto a la Compañía de Distribución y el Consumidor. Estas normativas son similares a las internacionales, pero difieren en su procedencia, ya que las normas internacionales son más específicas.

Tarifas Eléctricas Nacionales

Según el Instituto Nicaragüense de Energía las Tarifas existentes en la Región de Nicaragua bajo el régimen tarifario de Disnorte y Dissur son las siguientes;

<b>BAJA TENSION (120, 240 Y 480 V)</b>				
<b>TARIFA</b>	<b>TARIFA</b>		<b>CARGO POR</b>	
	<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>ENERGIA (C\$/kWh)</b>	<b>POTENCIA (C\$/kW-Mes)</b>
RESIDENCIAL	T-0	Primeros 25 kWh	2.45	
		Siguientes 25 kWh	5.88	
		Siguientes 50 kWh	6.16	
		Siguientes 50 kWh	8.19	
		Siguientes 350 kWh	8.31	
		Siguientes 500 kWh	13.2	
		Siguientes 1000 kWh	15.04	
GENERAL MENOR	T-1	TARIFA MONOMIA (0-150 kWh)	5.5	
		> 150 kWh	8.6	
	T-1A	TAF. BIN. SIN MED	6.26	
GENERAL MAYOR	T-2	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL	6.47	
INDUSTRIAL MENOR	T-3	TARIFA MONOMIA	7.54	
	T-3A	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION	5.32	

		HORARIA ESTACIONAL		
INDUSTRIAL MEDIANA	T-4	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL	5.87	
INDUSTRIAL MAYOR	T-5	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL	6.06	
IRRIGACION	T-6	TARIFA MONOMIA	6.62	
	T-6A	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL	4.86	
	T-6B	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL	6.36	
			6.15	
			4.7	
4.6				

<b>MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)</b>				
<b>TARIFA</b>	<b>TARIFA</b>		<b>CARGO POR</b>	
	<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>ENERGIA (C\$/kWh)</b>	<b>POTENCIA (C\$/kW- Mes)</b>
GENERAL MAYOR	T-2D	TARIFA BINOMIA <b>SIN</b> MEDICION	6.33	

		HORARIA ESTACIONAL		
	T-2E	TARIFA BINOMIA <b>CON</b> MEDICION HORARIA ESTACIONAL	10.3	
			9.97	
			7.12	
			6.88	
INDUSTRIAL MEDIANA	T-4D	TARIFA BINOMIA <b>SIN</b> MEDICION HORARIA ESTACIONAL	5.23	
	T-4E	TARIFA BINOMIA <b>CON</b> MEDICION HORARIA ESTACIONAL	7.67	
			7.42	
		5.1		
		4.93		
INDUSTRIAL MAYOR	T-5D	TARIFA BINOMIA <b>SIN</b> MEDICION HORARIA ESTACIONAL	5.37	
	T-5E	TARIFA BINOMIA <b>CON</b> MEDICION HORARIA ESTACIONAL	7.94	
			7.68	
		5.24		
		5.07		
PEQUEÑAS CONCESIONARIAS	TPC	TARIFA MONOMIA	4.35	

## **Fallas Comunes en Sistemas de Distribución**

### Transitorios

Las fallas Transitorias son fallas de muy cortas duración, comparadas con las otras fallas o desequilibrios eléctricos pero que puede resultar de cierta manera un poco perjudicial para las cargas. Existen dos tipos de Transitorios, los Oscilatorios y los Impulsivos, los Impulsivos son los de más gravedad y se analizarán más a detalles.

### Perdida en el Aislamiento

Este tipo de falla se presenta cuando el material de aislamiento que presenta el elemento eléctrico conductivo va perdiendo o pierde en su totalidad este tipo de protección, es ahí donde se presentan las fugas de corriente, esta pérdida de Aislamiento se puede presentar por falta de mantenimiento y dependiendo en donde el elemento conductor se encuentre alojado (acometida), así mismo la pérdida de aislamiento se puede presentar por un error de cálculo lo que hace que el aislamiento no se seleccione de una manera adecuada al sistema instalado.

### Desbalance

El desbalance se presenta en los sistemas trifásicos, como lo dice el mismo nombre, el desbalance se presenta cuando una de las 3 líneas está más cargada que las otras 2, también existe el caso de que la carga no se encuentra balanceada consecuentemente esto existe un desbalance escalonado es decir cuando una de la tercera línea está más cargada que la segunda y la segunda está más cargada que la primera.

### Sobrecarga

Este tipo de fallo se podría decir que es uno de los más frecuentes, se puede presentar de igual manera por la mala elección o un error de cálculo de alimentación de la carga, pero, principalmente o mejor dicho la mayor parte del tiempo se presenta por una mala operación o falta de mantenimiento al equipo final (carga). Empezando con la primera cuando tenemos una mala operación o alguna obstrucción del elemento final para que opere este es forzado a consumir sobre su nominal lo cual produce una sobrecarga que daña a su vez todos los elementos aguas abajo. La segunda razón principal es cuando el elemento eléctrico o electromecánico, etc,

presenta un deterioro por falta de mantenimiento lo cual forzar al equipo a trabajar por encima de su nominal y provocar sobrecarga frecuentemente.

### Potencia Instalada (kW)

“La potencia instalada es la suma de las potencias nominales de todos los dispositivos eléctricos de la instalación. Esta no es en la práctica la potencia absorbida realmente” (Guía de diseño de instalaciones eléctricas IEC)

### Potencia aparente instalada (kVA)

“Normalmente se asume que la potencia aparente instalada es la suma aritmética de los kVA de las cargas individuales. Los kVA máximos estimados que se van a proporcionar sin embargo no son iguales a los kVA totales instalados” (Guía de diseño de instalaciones eléctricas IEC)

### TAP's

Los TAP es un alterador y reductor del voltaje de entrada o del primario en un elemento como Transformador, es normativa constructiva que los TAP van ubicados en la bobina del primario en 5 puntos de la bobina del primario, estos TAP's de 5 posiciones decrecen y aumentan 2.5% por posición esto quiere decir que la posición número 3 o de en medio es el voltaje nominal o ideal del transformador y por ende del sistema.

Hablando técnicamente para operar los TAP's primeramente el elemento Transformador tiene que estar desenergizado.

### Curva de Demanda

Es una representación gráfica de cómo se comporta la Demanda de energía en el transcurso del tiempo. Los parámetros de Demanda de energía nunca son iguales conforme tienden en el tiempo, tanto así que la demanda puede aumentar o reducirse.

### Desbalance de Voltaje

Según las normativas el desbalance de Voltaje es la simetría que debe de existir como suministro a un elemento con demanda de potencia, como bien se dijo en estos puntos deben de existir el mismo valor o cantidad de voltaje.

### Factor de Simultaneidad

“Es una práctica común que el funcionamiento simultaneo de todas las cargas instaladas de una instalación determinación nunca se produzca en la práctica. Es decir, siempre hay cierto grado de variabilidad y este hecho se tiene en cuenta a nivel de estimación mediante el uso del factor de Simultaneidad” (Guía de diseño de instalaciones eléctricas IEC)

### Fluctuaciones de Tensión

Las Fluctuaciones de Tensión pueden ser ocasionadas por muchos factores tanto interno como externos, así mismo pueden ser intencionales, por variación en el suministro eléctrico o por la conexión y desconexión de grandes cargas (este último no es aplicable a las Interrupciones), a continuación de dará un concepto para entender a que nos referimos con Fluctuaciones en la red:

“Las Fluctuaciones producidas por las cargas industriales pueden afectar a un gran número de consumidores alimentados por la misma fuente. La amplitud de la fluctuación depende de la razón entre la impedancia del aparato perturbador y la de la red de alimentación.” (Cuaderno Técnico N° 199, Schneider)

### 1. Interrupciones

- a. Cuando no hay tensión durante 1 segunda a 1 minuto se habla de una Interrupción de tensión, y entre 10 ms a 1 segundo es una interrupción muy breve y este se cataloga como 'Subtensión o Sag', cuando la duración de corte es menor a la de un Sag este defecto del sistema eléctrico entra en el rango de falla de un Transitorio.

### 2. Bajada de Tensión / Subtensión / Sag

- a. "La bajada de tensión se define generalmente como un descenso entre el 10% y hasta el 100% del valor nominal de la tensión durante un tiempo comprendido entre el 10 ms y algunos segundos." (Cuaderno Técnico N°141, Schneider)

### 3. Aumento de Tensión / Sobretensión / Swell

- a. Este fenómeno ocurre cuando la tensión se eleva más de lo nominal dentro de un sistema, esta falla puede percutir en el sistema recalentando ciertos dispositivos sensibles. "Una sobretensión es una onda o impulso de tensión que se superpone a la tensión nominal de la red" (Guía de diseño de instalaciones eléctricas según normas internacionales IEC)

## **Termografía**

La Termografía es la medición de temperatura de un elemento físico en donde se muestra en la imagen el delta temperatura.

"La termografía (la medición de temperatura con una cámara termográfica) es un método de medición pasivo, sin contacto. La imagen termográfica muestra la distribución de temperatura en la superficie de un objeto, por lo que una cámara termográfica no se debe usar para "mirar" en el interior o a través de los objetos. La termografía (la medición de temperatura con una cámara termográfica) es un método de medición pasivo, sin contacto. La imagen termográfica muestra la

distribución de temperatura en la superficie de un objeto, por lo que una cámara termográfica no se debe usar para “mirar” en el interior o a través de los objetos.”

### Emisividad

La emisividad ( $\epsilon$ ) es la medida de la capacidad de un material de emitir (propagar) radiación infrarroja.

### Reflexión

La reflexión ( $\rho$ ) es la medida de la capacidad de un objeto de reflejar la radiación infrarroja.

### Transmisión

La transmisión ( $\tau$ ) es la medida de la capacidad de un material de transmitir (permitir el paso) de la radiación infrarroja.

### Ley de radiación de Kirchhoff

La radiación infrarroja registrada por la cámara termográfica consiste en:

$$\epsilon + \rho + \tau = 1$$

Pero dado que en la practica la *Transmisión* juega un papel inapreciable, la variable  $\tau$  se omite de la formula;

$$\epsilon + \rho = 1$$

### Flickers

Los Flickers son parpadeos en los sistemas Eléctricos, dentro de un sistema eléctrico es el fallo que tiene un tiempo muy corto, por lo cual solo se puede identificar en los sistemas de iluminación, por eso se debe a su nombre de fallo “Flickers”, el Flicker es un bajón o subida repentina o súbita, este fallo da un indicio con respecto a la desestabilización energética.

### Perdidas de Hierro o Vacío

A. Perdidas por Histéresis;

B. Pérdidas por corrientes Parasitas/Foucault;

C. Pérdidas Adicionales;

### Pérdidas nominales del Cobre

También nombradas pérdidas de Carga, es el proporcional al cuadrado de la corriente de carga. Las pérdidas del Cobre o del devanado del Transformador con las pérdidas de aislamiento y resistencia del cobre o bobinado del elemento transformador.

### Capacidad Instalada

Es la capacidad nominal de cada elemento en un sistema eléctrico, que a su vez trabajan al mismo tiempo o mejor dicho a plena carga, por lo cual es la demanda que se contrata y el cual de distribuidor debe suplir en energía (aquí no estamos hablando del coseno de phi)

### Medición Primaria

Al igual que los medidores convencionales que conocemos en Baja Tensión las mediciones primarias hacen la misma función de medir la energía consumida con la diferencia de que las Mediciones Primarias miden kW, kVA, kVAr. Aguas arribas de las mediciones primaria se ubican transformadores para que a la entrada del medidor este pueda cuantificar el consumo eléctrico.

### Factor de Potencia

El Factor de Potencia es la relación de la potencia activa (P) entre la potencia aparente (S).

### Medición de Tierra

En cualquier instalación es importante tener una conexión de puesta a tierra (PAT) ya sea una instalación domiciliar o industrial, un sistema de puesta a tierra es una de las reglas básicas e importantes para garantizar la seguridad de la red eléctrica y aún más importantes de las personas.

En este caso nos referimos y nos enfocaremos a un sistema eléctrico como carga, no como generación ni transmisión.

## Resistencia y Resistividad

La *Resistencia* es una medida de la dificultad para hacer pasar la corriente a través de un cable o componente y este mismo depende de la resistividad que es, directamente proporcional a la resistividad y longitud e inversamente proporcional al área de la sección transversal, en cambio la *Resistividad* se mide en ohm por metros ( $\Omega \cdot m$ ) el cual cuantifica la cantidad de flujo de cargas que resiste un material.

## INFORMACION DE LA EMPRESA

**SITEL Nicaragua** se encuentra ubicado en el Km 4 ½ carretera Sur, donde fue la antigua embajada de Estados Unidos de Norteamérica, cuenta con un edificio central de una sola planta, un edificio pequeño de una sola planta y un área de buffet de una planta, así mismo un amplio parqueo para sus colaboradores.

El edificio principal cuenta con áreas de climatizadas, sobre todo con unidades centrales de climatización y otras oficinas con aire por evaporización y condensación. SITEL de Nicaragua cuenta con un sistema mayormente de cargas electrónicas, tanto UPS y datos, equipos de cómputo e impresoras, luminarias y elementos electrónicos como tarjetas de accesos y cámaras de vigilancia, etc.

Todas sus cargas principales están alimentadas por 3 bancos de transformadores principales, estos bancos de transformación son prácticamente los elementos principales y a la vez lo suministradores de energía luego de la medición primaria, los cuales se convierten en elementos críticos e importantes.

Banco 500 kVA (7.6/13.2 kV – 120/208 V)



Banco 3x167 kVA KTP (7.6/13.2 kV – 120/208 V)



Banco 3x167 kVA Embassy (7.6/13.2 kV – 120/208 V)



## **ANALISIS DE LOS RESULTADOS MEDIDOS**

La auditoría eléctrica son aplicaciones fundamentales en los sistemas eléctricos ya sea en cualquier tipo de aplicación: residencial, comercial, industrial, etc.

Estos tipos de aplicaciones de auditoría eléctrica permiten dar una mejora al sistema eléctrico y a su vez a las cargas conectadas a la red, que posteriormente estas cargas trabajaran con más eficiencia (si estas mismas no presentan ninguna anomalía, la cual es el propósito de esta metodología) viéndolo desde el punto de vista de las cargas, en un sistema de red o circuito ya eficiente, nuevo, o de última tecnología muchas veces la demanda de las cargas conectadas afecta a este sistema ya que los equipos conectados presentan un deterioro o son antiguos, por lo cual la auditoría eléctrica se encarga también de abarcar todo lo conectado a un sistema eléctrico y de cómo está compuesto el sistema como tal, es importante recalcar esto.

En el caso estudio de este documento las auditoría se pudiese decir que se convierten en un objeto de mantenimiento, ya que las auditorías no tienen como base un registro de valores, por lo cual al realizar una de estas se hace un estudio el cual al final las recomendaciones pueden ser económicas o de mantenibilidad, lo cual en este caso es de mantenimiento, diagnóstico y auditoría energética en las instalaciones de Media y Baja Tensión.

Las instalaciones de SITEL poseen los siguientes elementos primarios de los cuales se derivan todos los circuitos:

- Tres bancos de transformación ubicados internamente de las instalaciones
- Celdas de media Tensión luego de la medición primaria y antes de los bancos de transformación
- Respaldo de un generador combustión con salida 277/480 V
- Posee diagramas unifilares de MT – BT actualizados (importante para diagnósticos)
- AVR o Regulador de voltaje (dañado)
- Fusibles primarios monopolares 13.8 kV

Se realizaron las siguientes actividades:

- Diagnostico a los tres bancos de transformadores
- Mediciones termográficas de los transformadores
- Medición de la red de Tierra
- Medición de baja tensión en las cargas de todos los bancos de transformadores
- Medición de media tensión de la demanda y voltajes

Facturación:

1. Registro de consumo de energía y potencia junio, julio y agosto.
2. Mediciones de baja tensión.
3. Registro de facturación de noviembre 2021 – octubre 2022.

Medidor Primario

Las instalaciones de SITEL cuentan con una conexión directa a la red Distribución, dicho de mejor manera con una *Medición Primaria* en 13.8 kV Trifásico, el tramo de red del cual están conectado deriva de la Subestación Batahola dicha subestación como mencionamos tiene una salida de 7.6/13.8 kV, este tramo de red no es totalmente privado posee conexiones o derivaciones monofásicas a través de transformadores, entre otras.

Tarifa

La empresa SITEL al poseer una medición primaria ocupa una tarifa en la escala de voltaje de Media Tensión (7.6/13.8 kV), la tarifa de consumo contratada por SITEL es la T2D GENERAL MAYOR 'TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL'.

Capacidad instalada:

Potencia instalada: 1,505 kVA

Voltaje primario: 7.6/13.2 kV

Voltaje secundario: 120/208 V

Bancos de transformación:

- Sector KTP 3 x 176.5 kVA 120/208 V – 7.6/13.2 kV
- Sector Cricke 3 x 176.5 kVA 120/208 V – 7.6/13.2 kV
- Sector Embassy 500 kVA 120/208 V – 7.6/13.2 kV

Medición líneas Primarias circuito KTP

Línea – Línea, Línea – Neutro

<b>VOLTAJE L-L (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>	<b>VOLTAJE L-N (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>
Voltaje mínimo	12.00	13.2	Voltaje mínimo	6.87	7.62
Voltaje promedio	13.22	13.2	Voltaje promedio	7.64	7.62
Voltaje máximo	13.48	13.2	Voltaje máximo	7.79	7.62

Línea – Línea, Línea – Neutro (**Embassy**)

<b>VOLTAJE L-L (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>	<b>VOLTAJE L-N (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>
Voltaje mínimo	10.12	13.2	Voltaje mínimo	5.62	7.62
Voltaje promedio	13.35	13.2	Voltaje promedio	7.71	7.62
Voltaje máximo	13.76	13.2	Voltaje máximo	7.95	7.62

Línea – Línea, Línea – Neutro (**Cricke**)

<b>VOLTAJE L-L (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>	<b>VOLTAJE L-N (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>
Voltaje mínimo	12.63	13.2	Voltaje mínimo	7.32	7.62
Voltaje promedio	13.57	13.2	Voltaje promedio	7.84	7.62
Voltaje máximo	13.87	13.2	Voltaje máximo	8.02	7.62

## Consumo Eléctrico

Como sabemos el consumo eléctrico se mide por los kW/h, de igual manera los kVA/h y los kVAr/h, el costo del consumo eléctrico se mide por los \$/kWh y de la misma manera también la potencia aparente y reactiva. Mas adelante se hablará de la penalidad del consumo de factor de potencia, por el momento se obtuvieron los siguientes datos del consumo energético que presenta SITEL en 3 meses y un historial;

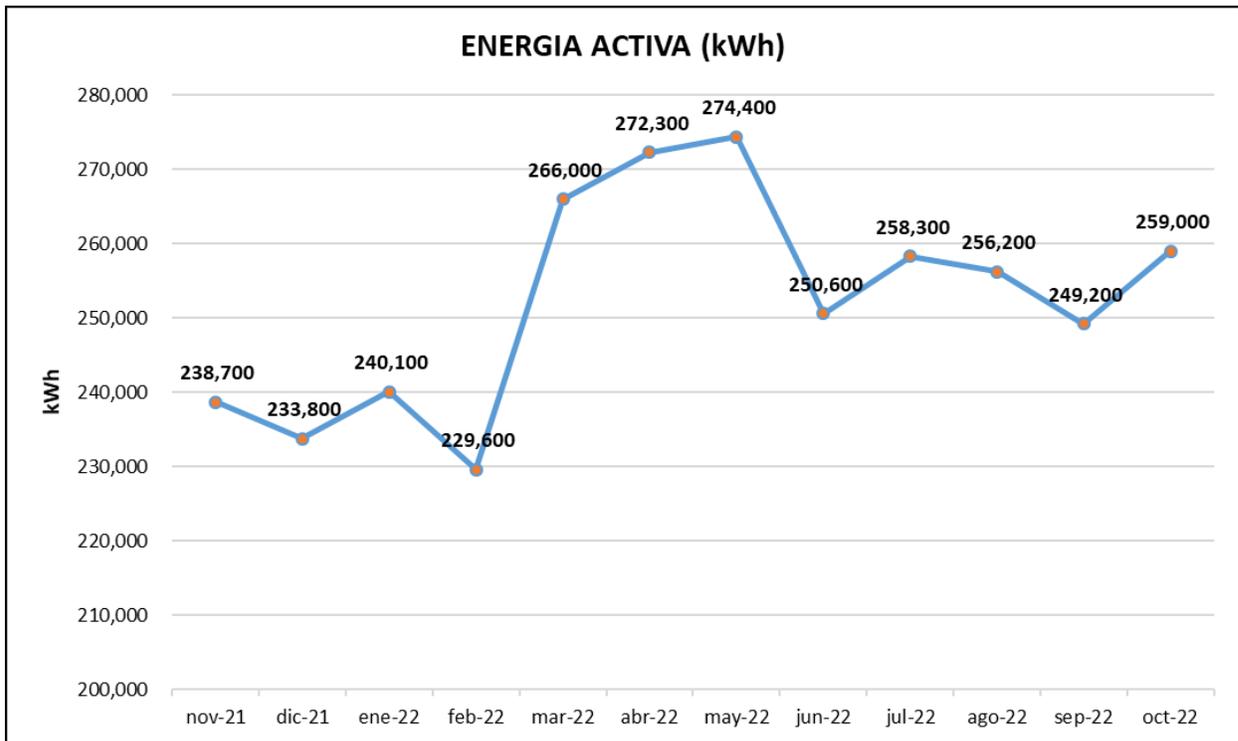
## **MEDICION ENERGÉTICA**

Antes de seguir con los siguientes datos, una aclaración con respecto a la teoría entre la demanda y el consumo, estos dos conceptos vienen siendo similares cuando nos referimos a energía.

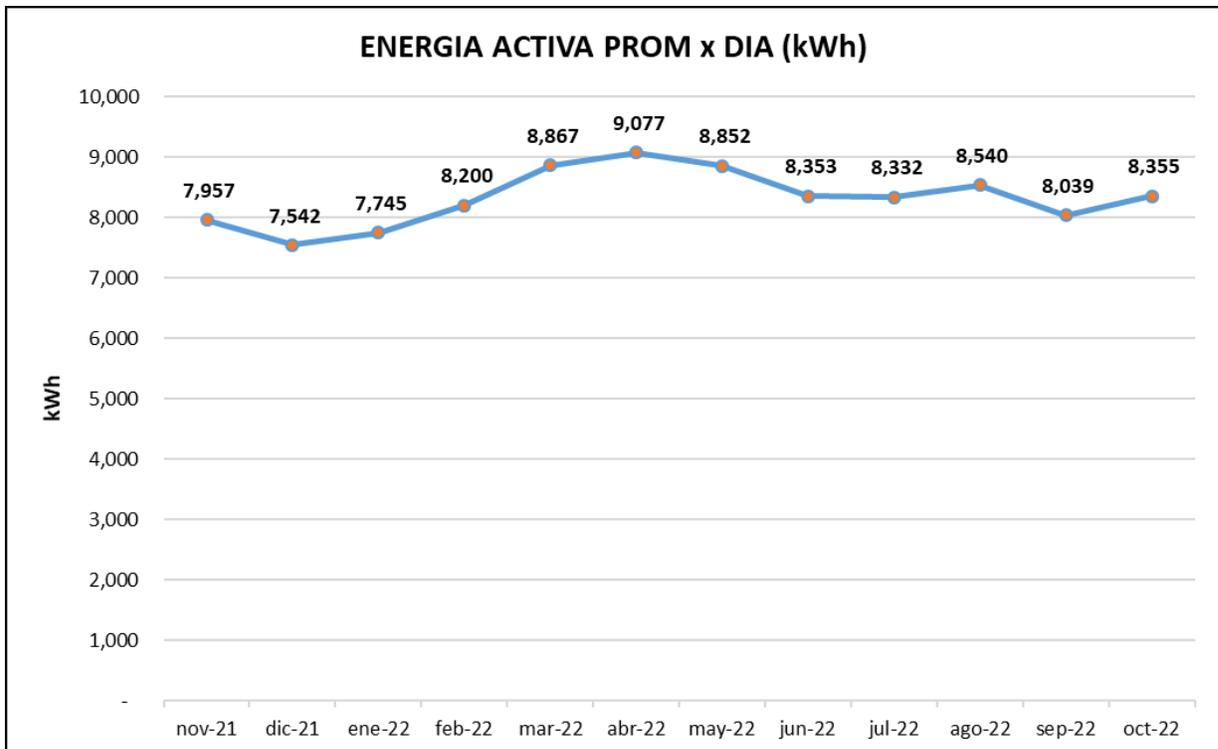
ENERGIA ACTIVA (kWh)	238,700	233,800	240,100	229,600	266,000	272,300	274,400	250,600	258,300	256,200	249,200	259,000
ENERGIA ACTIVA PROM DIARIO (kWh)	7,957	7,542	7,745	8,200	8,867	9,077	8,852	8,353	8,332	8,540	8,039	8,355
ENERGIA REACTIVA (kVAh)	74,200	60,900	56,000	56,700	71,400	77,700	78,400	71,400	71,400	72,100	70,700	74,200
DEMANDA MAXIMA (kW)	518	483	476	511	525	553	539	532	518	511	504	525
ENERGIA APARENTE (kVA)	249,967	241,601	246,544	236,497	275,416	283,169	285,380	260,573	267,987	266,152	259,035	269,419

Representación de las Curvas de Demanda y Energía Activa para el periodo mencionado;

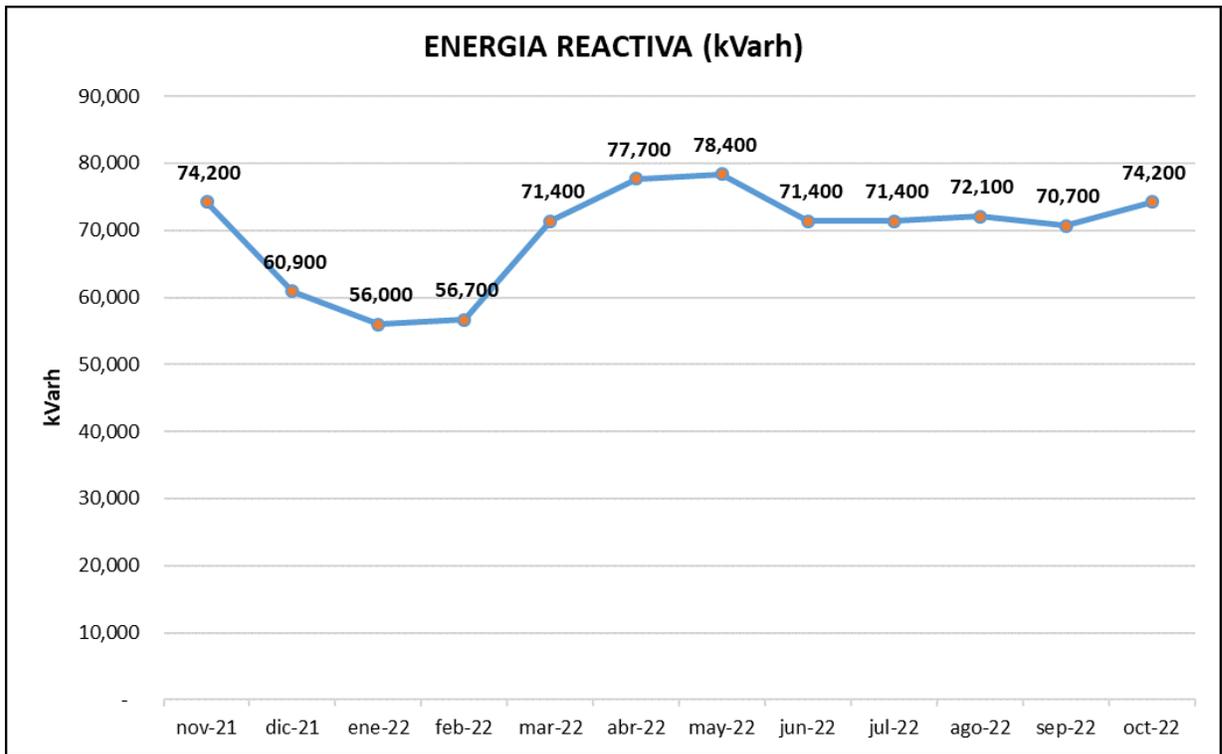
## Energía Activa (kWh)



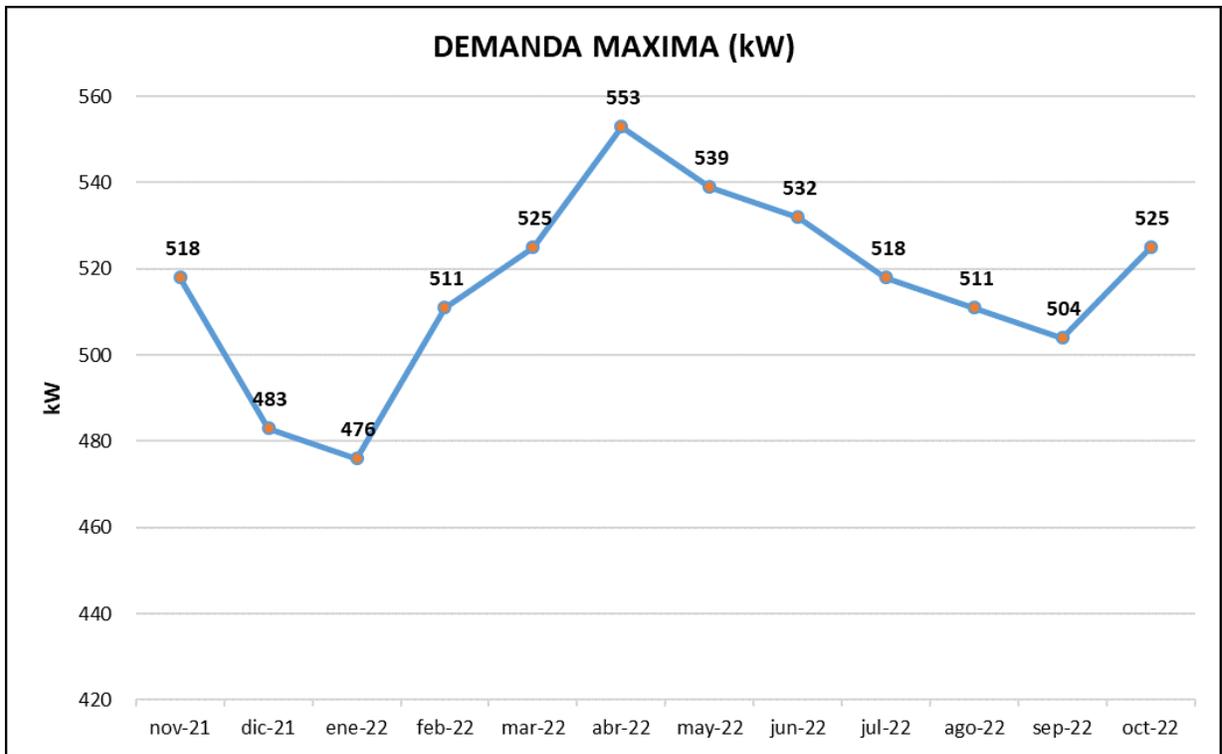
## Energía Activa Promedio Diario (kWh)



## Energía Reactiva (kVarh)



## Demanda Máxima



- La demanda máxima está muy por debajo de la capacidad instalada, esto provoca pérdidas por transformación y deficiencia en el uso de los transformadores.
- Podemos Los voltajes primarios están variables superando, en ocasiones, los límites permitidos en la Normativa de Calidad del Servicio (NCS) que establece  $\pm 6\%$  en los niveles medidos de consumo, como se ilustra en las tablas 5, 6 y 7 por banco de transformadores:

VOLTAJE PRIMARIO COMPARADO CON LA NCS:

**Banco 3x167 kVA KTP**

VOLTAJE L-L (kV)	Medido	Nominal	$\Delta V$ (KV)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (%) Normado
Voltaje mínimo	12.00	13.2	1.20	9%	$\pm 6\%$
Voltaje promedio	13.22	13.2	- 0.02	0%	$\pm 6\%$
Voltaje máximo	13.48	13.2	- 0.28	-2%	$\pm 6\%$

VOLTAJE L-N (kV)	Medido	Nominal	$\Delta V$ (KV)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (%) Normado
Voltaje mínimo	6.87	7.62	0.75	10%	$\pm 6\%$
Voltaje promedio	7.64	7.62	- 0.02	0%	$\pm 6\%$
Voltaje máximo	7.79	7.62	- 0.17	-2%	$\pm 6\%$

**Banco 500 kVA EMBASSY**

VOLTAJE L-N (kV)	Medido	Nominal	$\Delta V$ (KV)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (%) Normado
Voltaje mínimo	5.62	7.62	2.00	26%	$\pm 6\%$
Voltaje promedio	7.71	7.62	- 0.09	-1%	$\pm 6\%$
Voltaje máximo	7.95	7.62	- 0.33	-4%	$\pm 6\%$

<b>VOLTAJE L-L (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>	<b><math>\Delta V</math> (KV)</b>	<b><math>\Delta V</math> (%)</b>	<b><math>\Delta V</math> (%) Normado</b>
Voltaje mínimo	10.12	13.2	3.08	23%	±6%
Voltaje promedio	13.35	13.2	- 0.15	-1%	±6%
Voltaje máximo	13.76	13.2	- 0.56	-4%	±6%

### **Banco 3x167 kVA CRICKE**

<b>VOLTAJE L-L (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>	<b><math>\Delta V</math> (KV)</b>	<b><math>\Delta V</math> (%)</b>	<b><math>\Delta V</math> (%) Normado</b>
Voltaje mínimo	12.63	13.2	0.57	4%	±6%
Voltaje promedio	13.57	13.2	- 0.37	-3%	±6%
Voltaje máximo	13.87	13.2	- 0.67	-5%	±6%

<b>VOLTAJE L-N (kV)</b>	<b>Medido</b>	<b>Nominal</b>	<b><math>\Delta V</math> (KV)</b>	<b><math>\Delta V</math> (%)</b>	<b><math>\Delta V</math> (%) Normado</b>
Voltaje mínimo	7.32	7.62	0.30	4%	±6%
Voltaje promedio	7.84	7.62	- 0.22	-3%	±6%
Voltaje máximo	8.02	7.62	- 0.40	-5%	±6%

Observando este hecho por el lado del secundario en la instalación o aguas abajo, afecta al elemento de Transformación, al ser el transformador mucho mayor en potencia que la energía o potencia demandada ocurren pérdidas por transformación estas pérdidas son por efecto joule, al presenciar pérdidas por calor se tiende a marcar un porcentaje mínimo de consumo, sin embargo, el consumo de las instalaciones de SITEL sigue siendo por debajo de la mitad de la potencia instalada.

Los voltajes variables primarios no se pueden regular con los transformadores, ya que al cambiar de posición de voltaje (TAP) este se encuentra en la última posición 13.680 Volt por ser transformadores 14.4/24.9 kV, ya que el resto de posiciones del TAP no aplica por ser Tensiones mayores, la siguiente figura representa el porcentaje de cada TAP's.

Regulación del Taps.

1) 15,120

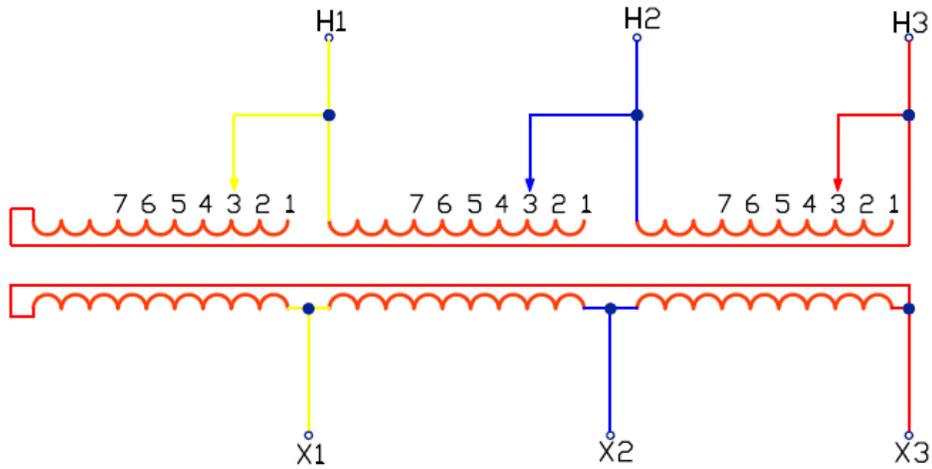
2) 14,760

3) 14,400

4) 14,040

5) 13,680

## TOMAS DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

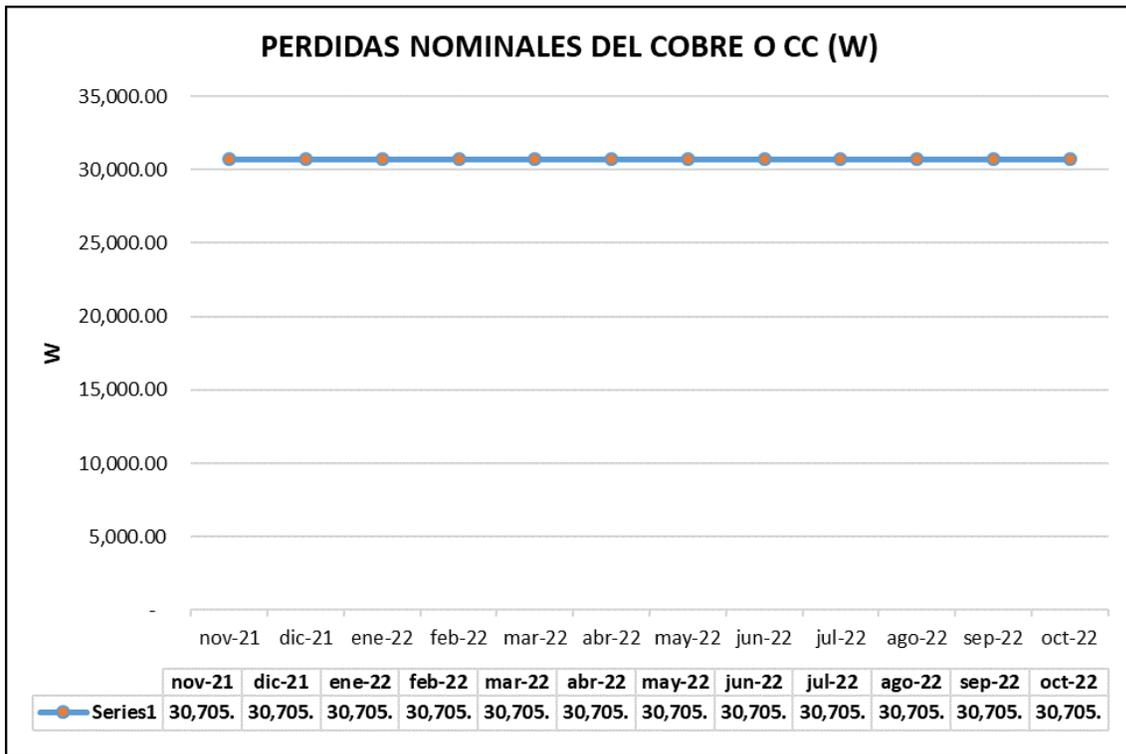


### PERDIDAS DE ENERGÍA Y POTENCIA

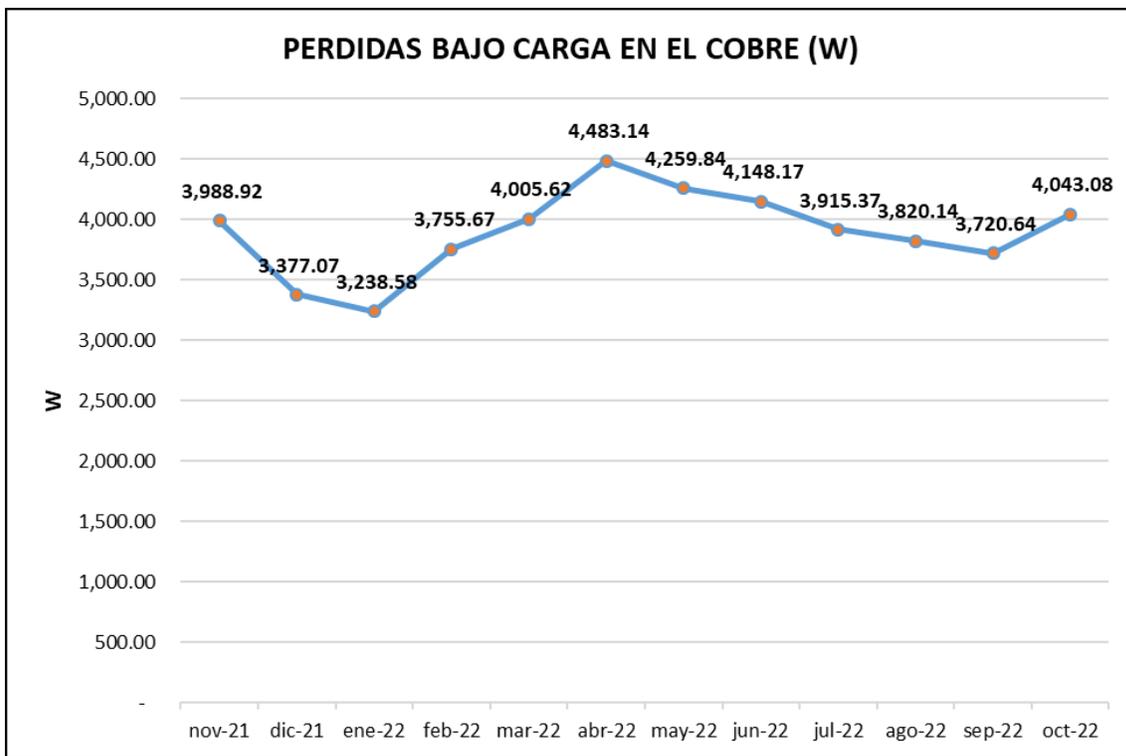
Se realiza el análisis de las pérdidas de energía y potencia, en el año que se ha venido estudiando (Nov 21 – Oct 2022)



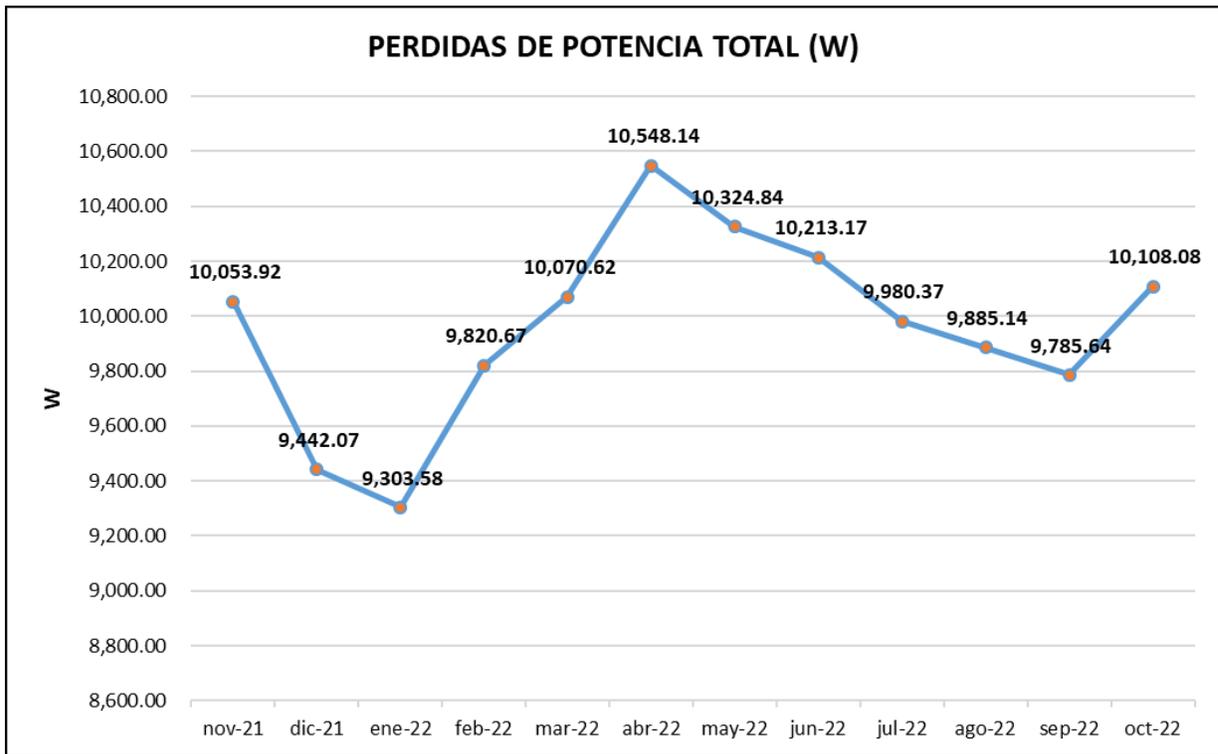
### Perdidas nominales del Cobre o CC (W)



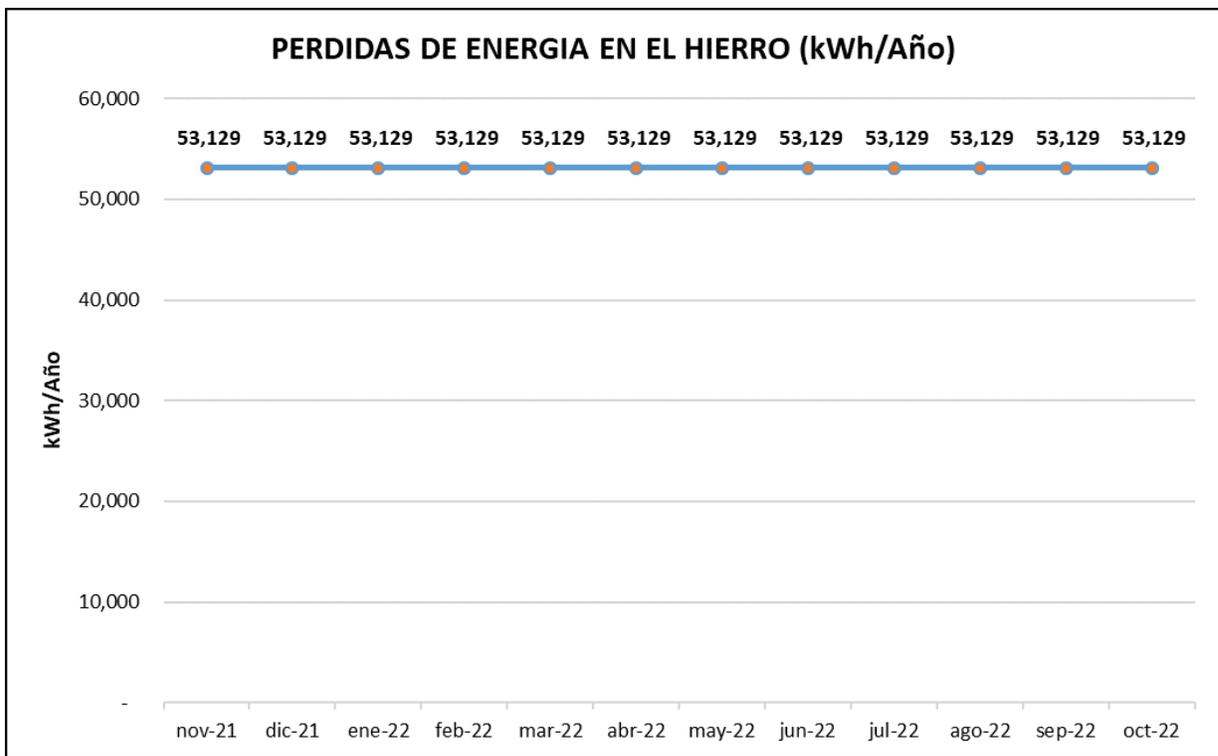
### Perdidas bajo Carga en el Cobre (W)



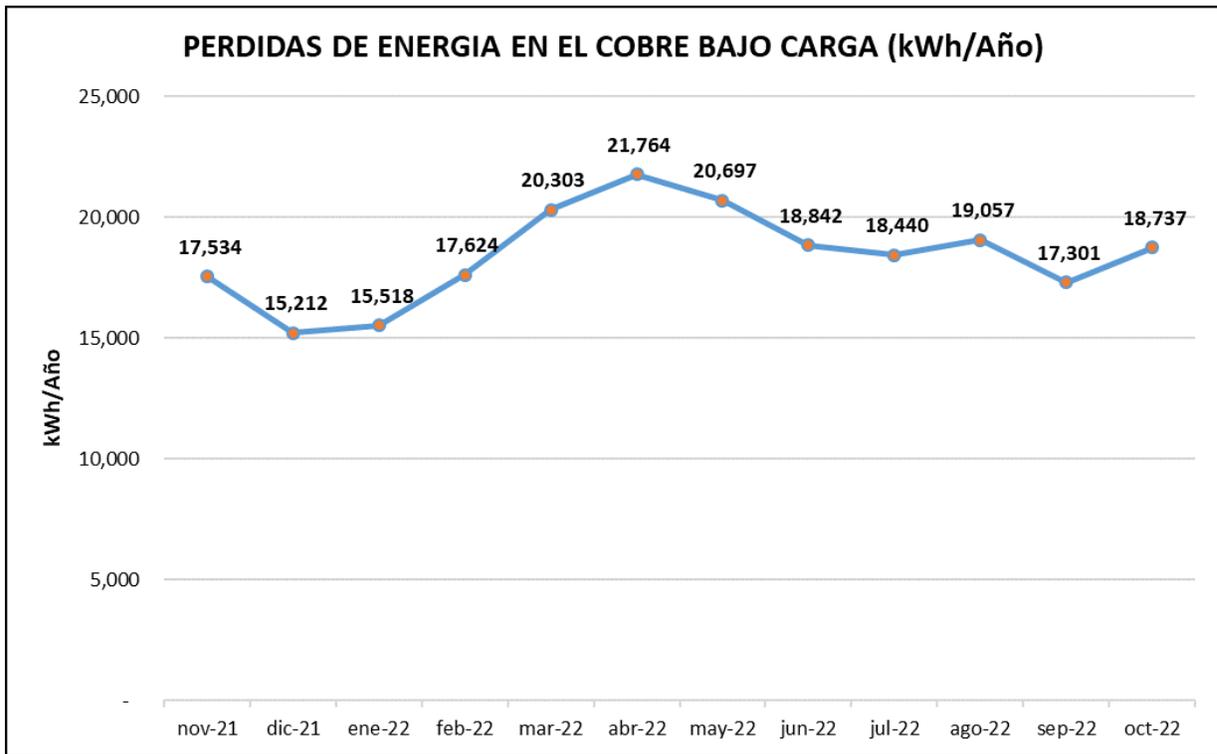
### Perdidas de Potencia Total (W)



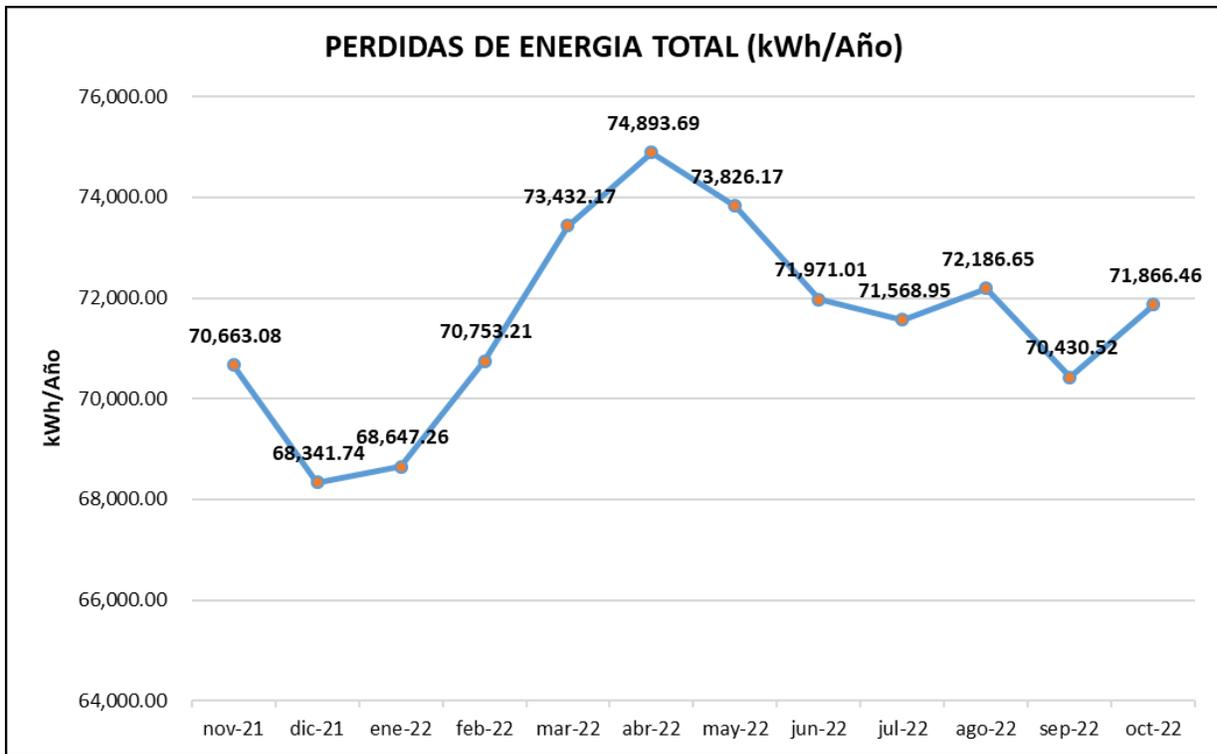
### Perdidas de Energía en el Hierro (kWh/Año)



### Perdidas en el Cobre Bajo Carga (kWh/Año)



### Perdidas de Energía Total (kWh/Año)



## MEDICIONES EN BAJA TENSIÓN

Se realizaron mediciones a los tres bancos de transformación aguas abajo con el medidor correspondiente, se analiza los valores medidos en voltajes de Línea – Neutro y Línea – Línea.

### Banco 500 kVA Embassy

VOLTAJE	A-B	B-C	C-A	A-N	B-N	C-N
Voltaje mínimo	124.43	177.69	176.47	82.60	84.02	98.93
Voltaje promedio	209.99	210.70	210.28	121.21	121.46	121.62
Voltaje máximo	215.42	217.11	217.87	124.99	124.56	125.99

### Grafico del voltaje mínimo por cada Línea;

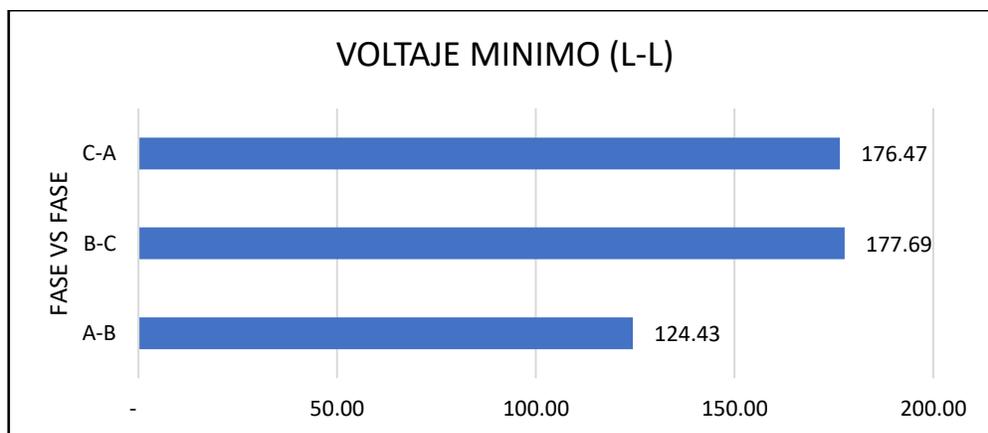


Gráfico de voltaje mínimo por cada Fase;

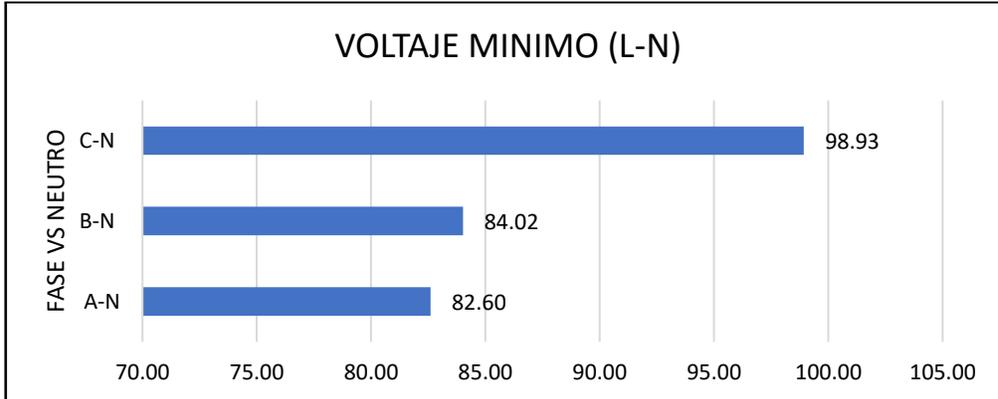


Gráfico de voltaje promedio por cada Línea;

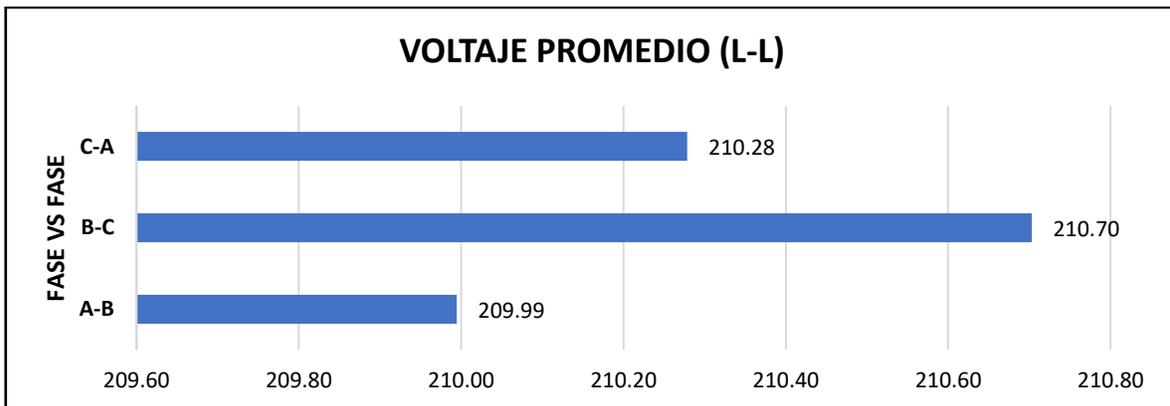


Gráfico de voltaje promedio por cada Fase;

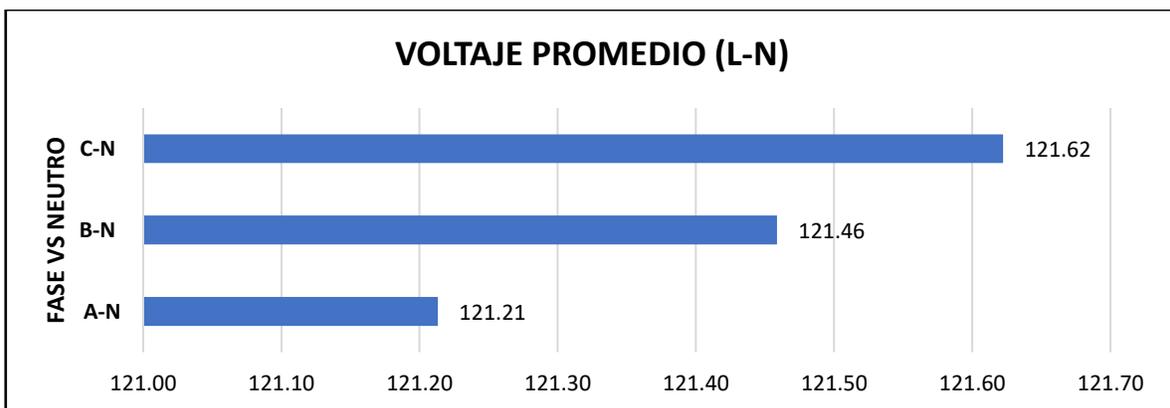


Gráfico de voltaje promedio por cada Línea;

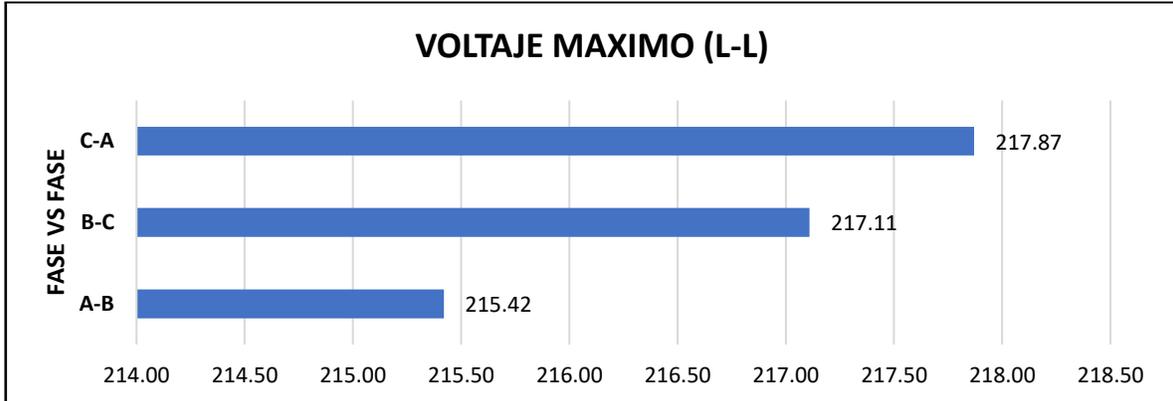
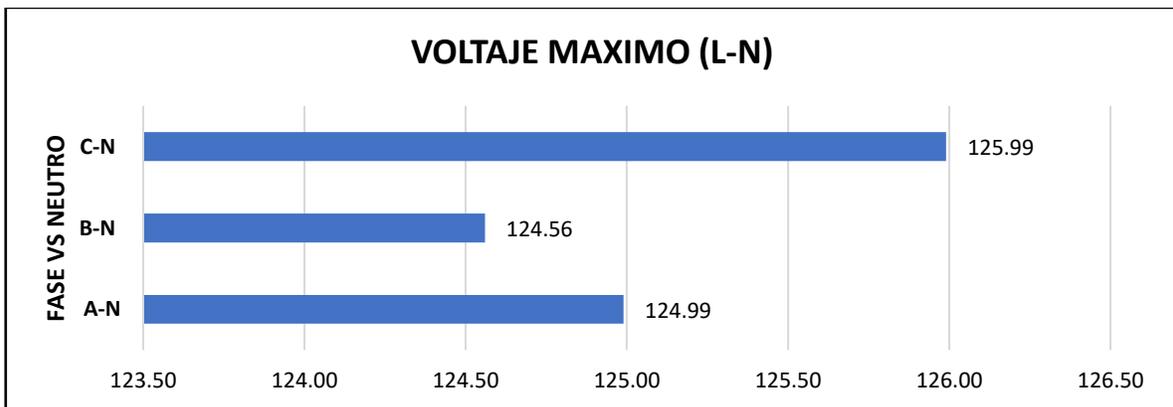


Gráfico de voltaje promedio por cada Fase;



Banco 3x167 kVA KTP

VOLTAJE	A-B	B-C	C-A	A-N	B-N	C-N
Voltaje mínimo	194.50	201.60	171.22	102.00	116.06	106.49
Voltaje promedio	208.69	208.11	207.99	120.25	120.54	120.14
Voltaje máximo	212.42	212.71	212.07	122.46	122.83	122.61

Gráfico de voltaje Mínimo;

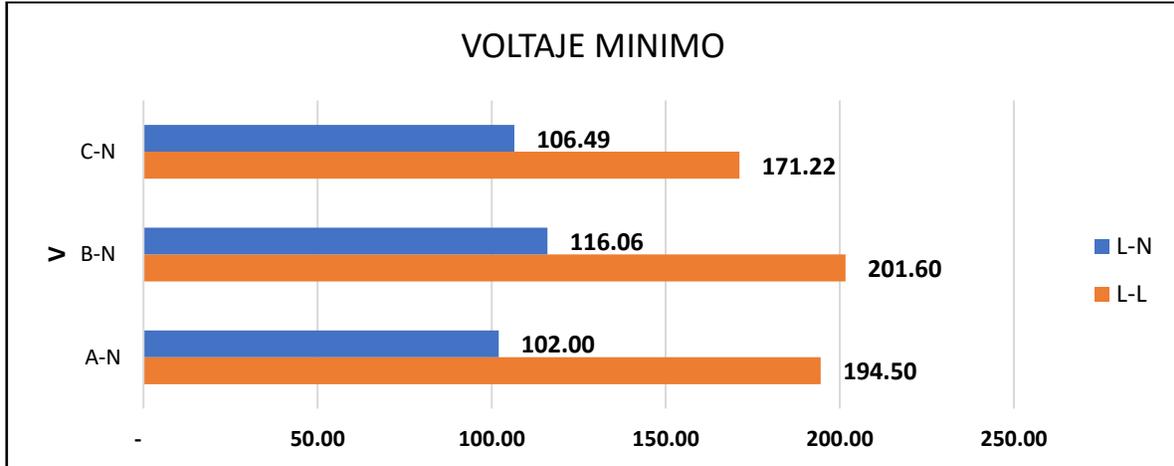


Gráfico de voltaje Promedio;

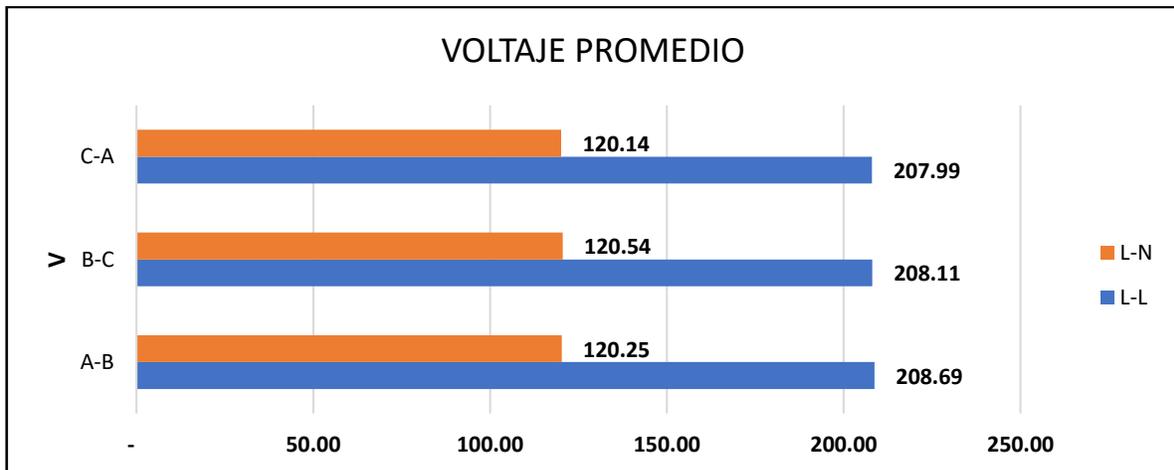
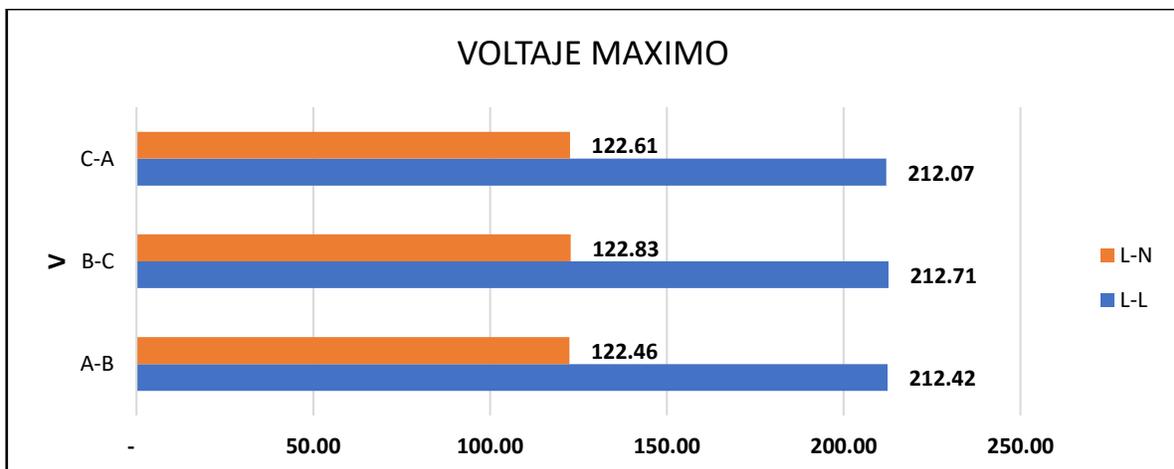


Gráfico de voltaje Máximo;



Banco 3 x 167 kVA Cricke

VOLTAJE	A-B	B-C	C-A	A-N	B-N	C-N
Voltaje mínimo	199.54	201.04	196.50	115.60	115.18	115.28
Voltaje promedio	213.76	213.93	213.85	123.42	123.46	123.51
Voltaje máximo	218.96	218.50	218.36	126.28	126.36	126.14

Gráfico voltaje Mínimo:

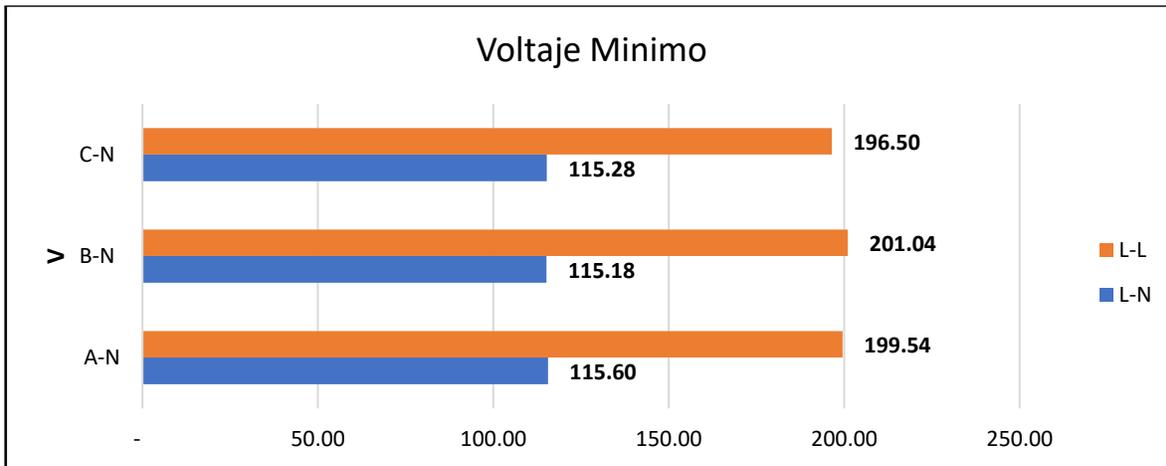
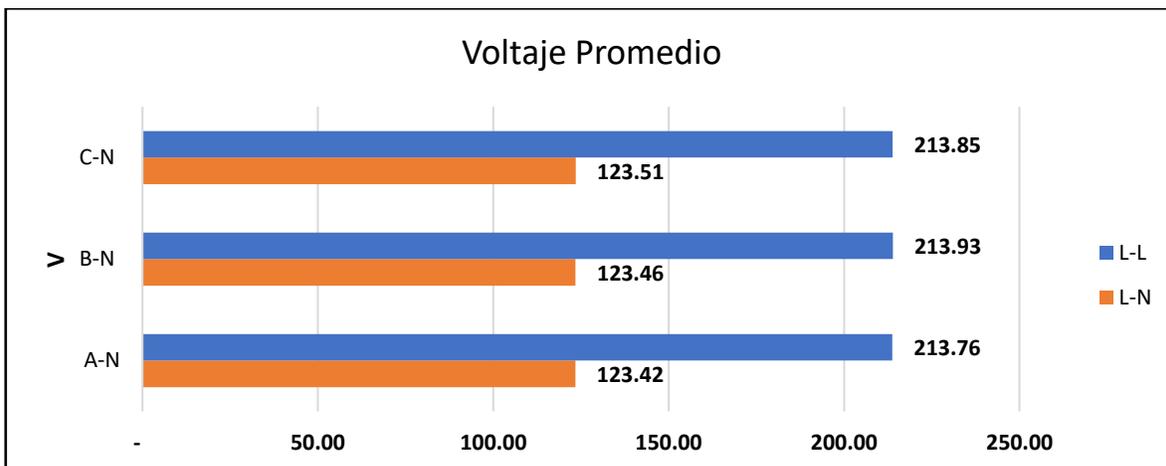
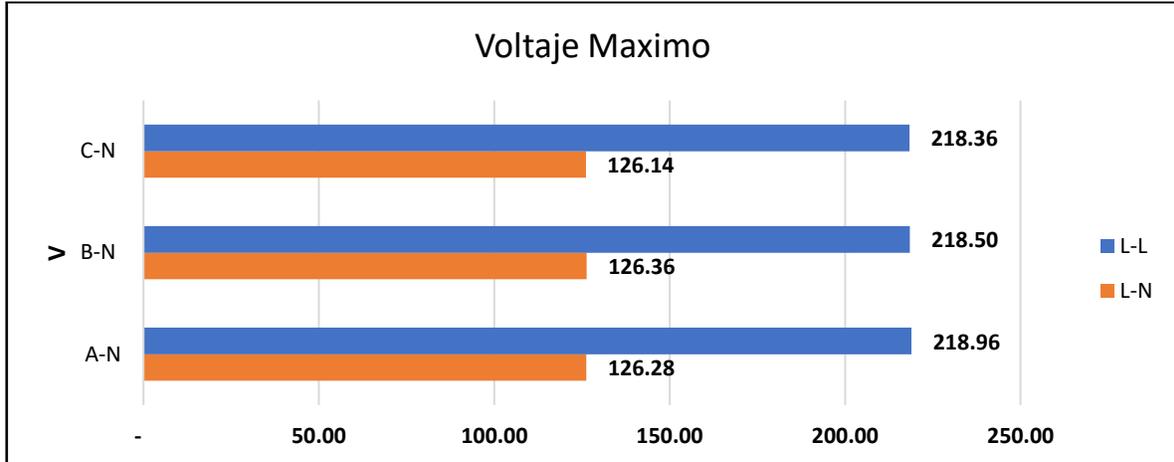


Gráfico voltaje Promedio:



### Gráfico voltaje Máximo:



### **MEDICION SISTEMA PUESTA A TIERRA**

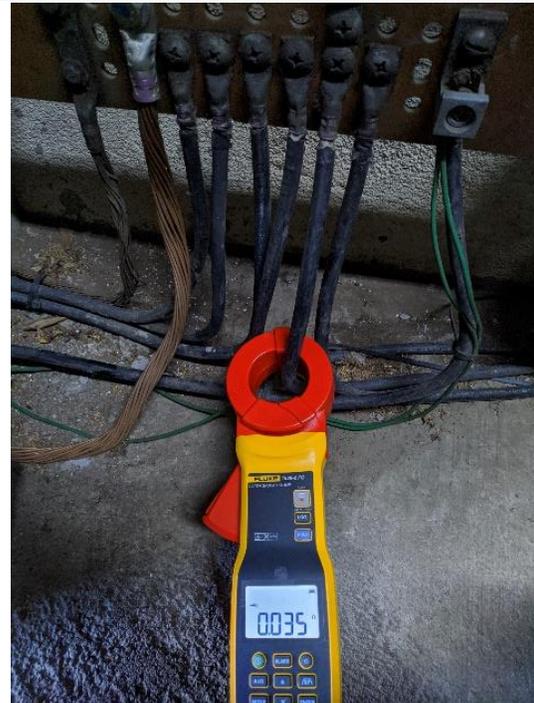
La puesta a tierra consiste en realizar una conexión eléctrica entre un punto de la red o del sistema eléctrico de una instalación o de un material hacia o con una toma de tierra. Esta toma de tierra es una parte conductora (a como mencionamos anteriormente debe de tener una Resistividad baja), que se puede incorporar según convenga las respectivas normas ya sea directamente encapsulada en el mismo suelo o dentro de un medio aislado posterior en contacto con la tierra. Todo este sistema se realiza o establece a través del respectivo conductor o material conductor con la resistividad adecuada

El SPAT es importante ya que, sin una puesta a tierra, la persona quedará sometida a una tensión eléctrica que, según su importancia, puede ocasionar la muerte.

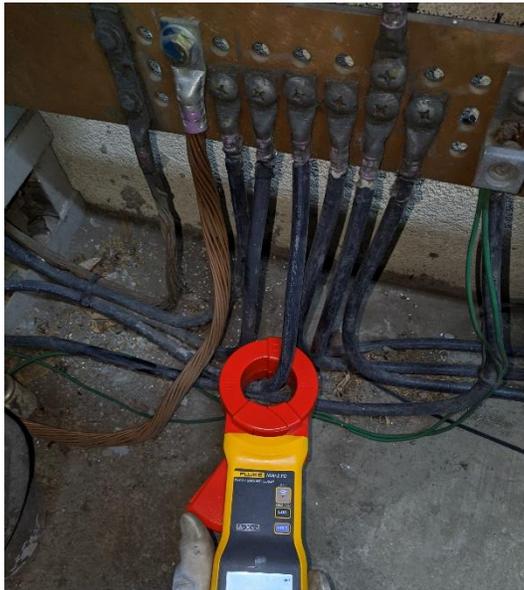
En este caso se realizó medición de resistividad del suelo y medición de resistencia de los conductores a las barras equipotenciales de tierra, así mismo se inspecciono y analizo bajo las normativas las condiciones y necesidades en que deben de implementarse en instalaciones las puestas a tierra.

Los puntos abordados fueron los bancos de transformadores aguas abajo, centro de UPS, centros de cargas y Generador Diesel.

## CUARTO DE GENERADOR TRAINING



Medición de los tres cables de aterrizamiento que viene desde el interruptor Principal



Cableado de tierra dirigido hacia UPS



Medición de corriente de Fuga y resistividad de Bucle



Medición de Resistividad y corriente de fuga en cableado de pozo de inspección



Aterrizamiento de Generador eléctrico

Aterrizamiento entre barra de puesta a



Aterrizamiento del Generador, Valores de Resistividad y corriente de fuga.



Interruptor Principal del secundario del B. transformadores.



Incorrecto aterrizamiento del gabinete, deberá ser un solo conductor, uniforme



Medición de resistividad y corriente de fuga (Aterrizamiento Carcasa Metálica ATS)



Se realizó medición en el pozo de inspección mediante el método caída de potencial con equipo FLUKE 1625



Valor de Medición (Caída de potencial), Resistencia de  $0.565\Omega$

### CUARTO UPS TRAINING



Aterrizamiento "Cable de Tierra", viene de Barra LPI ubicada en Cuarto Generador



Se midió el voltaje entre neutro y tierra existiendo **cero voltios**



Conexión indebida, tres cables calibre 1/0 entallados en un terminal 3/0.

Se comprobó el cableado de red de tierra que cumple con el aterrizamiento de los tableros de distribución.



Tablero Principal y Tableros protegidos por UPS Schneider Electric

Barra ubicada en cuarto eléctrico **02** equipos aterrizados y **02** mechas de

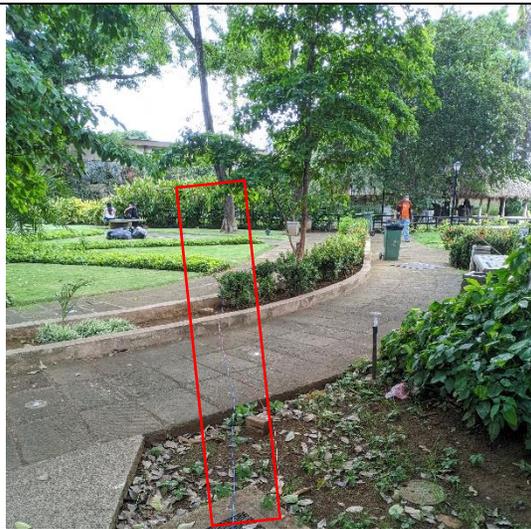


Hacia malla de tierra perimetral (Salen 02 mechas hacia la malla de tierra),  $R_E = 0.192\Omega$  y  $R_E = 0.342\Omega$ , respectivamente



Hacia PRL4,  $R_E = 0.345\Omega$  y  $132.5\text{mA}$

Hacia UPS,  $R_E = 0.198\Omega$  y  $0.705\text{mA}$





El cableado perimetral de red de tierra que rodea el costado sur del edificio Training se le hizo la prueba de resistividad a través del método caída de potencial arrojando el equipo un resultado satisfactorio.  $R_E = 0.302\Omega$

### CUARTO ELÉCTRICO EMBASSY 2



Tendido del cableado a 20 y 40 metros de distancia del electrodo de puesta a tierra



Conexión a la barra equipotencial (Método de 3 y 4 polos respectivamente)



Valor  $R_E = 0.377\Omega$ , método resistencia de



Valor  $R_E = 0.43\Omega$ , Método resistencia de



Barra de aterrizamiento ubicada en cuarto



Aterrizamiento de Chasis de generador



Aterrizamiento de Carcasa Generador



Cableado calibre 4/0, procede del pozo



Resistividad  $R_E = 0.365\Omega$  y Corriente de Fuga 1.031A (Aterrizamiento de Interruptor Principal HYUNDAI UCB 1000A)

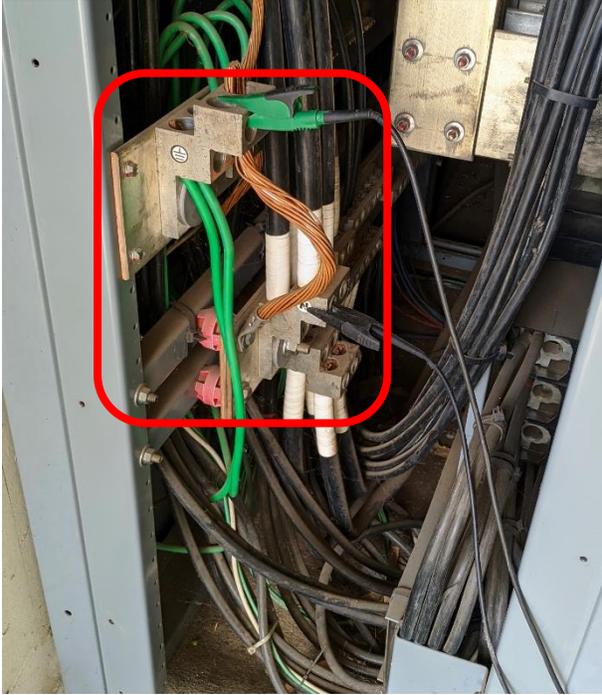


Cable del banco PADMOUNTED, Calibre 1/0, Resistividad de Puesta a tierra  $R_E = 0.82\Omega$ , Corriente de Fuga 1.499mA.



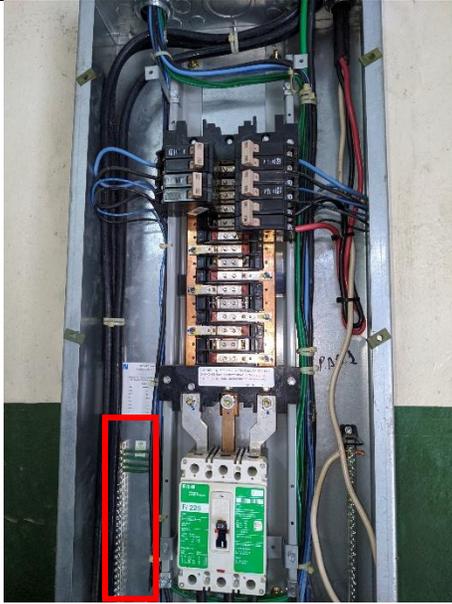
SwitchBoard Principal de 3P/1600A, Acá se ubica el puente de unión principal.

Transferencia Automática de Breaker Masterpack NW, aterrizamiento cable desnudo 1/0, Cobre.



Puente de unión Principal entre Neutro Y tierra está realizado con cable 4/0, sin embargo, lo ideal sería con barra de cobre.

Además del SwitchBoard sale todo el cableado de tierra para aterrizar las cargas de los tableros eléctricos.



Barra de tierra del tablero eléctrico de aterrizamiento, calibre N°2, forrado, color verde.



Medición de voltaje entre Neutro y Tierra, Existe **Cero Voltios**.

## AREA UPS 275kVA CAPITAL ONE



Mediciones de resistividad y corriente de fuga [ $R_E = 0.066\Omega$  y  $63.2mA$ ], Cableado se dirige a pozo de inspección. Cableado 1/0 desnudo canalizado en tubería EMT.



Valor de resistividad  $R_E = 0.050\Omega$  y **3.32A** de corriente de Fuga [Cableado de aterrizamiento del breaker Principal del Tablero **L-LINE**]



Corriente de fuga **3.67A** y Resistividad  $R_E = 0.071\Omega$ , [Cableado del tablero de UPS DP-2, Calibre 1/0]

Nota: Cuando se realizó la medición de resistividad el equipo activo una alarma sonora e indicaba NOISE, lo cual indica que estamos en presencia de ruido eléctrico.



Revisión del pozo de inspección



Colocación de las picas a 20 y 40 metros de separación del electrodo de masa.



Valor  $R_E = 0.211\Omega$ , Resistividad de Puesta a tierra

**CUARTO DE UPS 120kVA EMBASSY 2**



Interruptor seccionador de 600A, Marca Schneider

Cableado de aterrizamiento del seccionador.

Corriente de Fuga **0.575A**



Resistividad de Puesta a Tierra  $R_E = 0.131\Omega$



$R_E = 4.018\Omega$  de Resistividad [Cableado desde la malla hasta la barra de aterrizamiento], N°1/0



27.27mA de Corriente de Fuga



$I = 0.836A$  Corriente de fuga de cable de aterrizamiento de UPS #1



**$R_E = 0.084\Omega$** , Medición de resistividad de puesta a tierra (UPS #1), Cableado Calibre N°2 forrado Verde

### DATACENTER EMBASSY 2



Barra de aterrizamiento



**$R_E = 0.053\Omega$** , Resistividad de puesta a tierra (Aterrizamiento de tablero eléctrico PD-1) con cableado forrado verde.



**286.3mA**, Corriente de Fuga (Tablero PD-1)



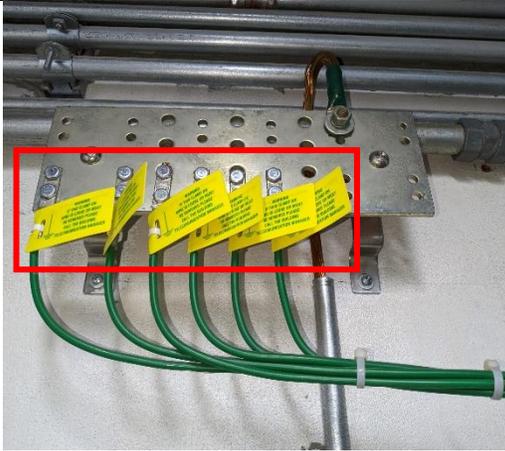
Cableado de interconexión entre barra de tierra general y Barra de aterrizamiento de estructuras de Rack y Escalerilla. ( $R_E = 0.128\Omega$ )



**397.5mA**, Corriente de Fuga



$R_E = 0.092\Omega$ , Entre barra de aterrizamiento general y barra del data center



Barra de aterrizamiento de escalerillas



Puntos de aterrizamiento de escalerilla



Conexión de aterrizamiento de Escalera portadora de cableado de datos

**CUARTO DE GENERADORES FASE 2**



Cableado de aterrizamiento de la ATS, Cobre desnudo N° 1/0



Medición de resistividad de puesta a tierra ( $R_E = 8.27\Omega$  y corriente de Fuga 4.85mA)



No se observó aterrizamiento del chasis de los generadores

**BUNKER FASE 1**



Cableado que procede de la red de tierra

( $R_E = 391.11\Omega$ ,  $R_E = 20.78\Omega$  y corriente de Fuga  $0.164\text{mA}$  y  $6.78\text{mA}$ ),  
Respectivamente

**TABLERO ELECTRICO PRL4 ALIMENTADO DESDE BREAKER DE 1200A, UBICADO EN FASE 2**



Barra de aterrizamiento



Medición de resistividad en cableado de tierra del panel Principal

## TERMOGRAFIA

En el presente reporte se muestran los resultados de inspección infrarroja realizada en bancos de transformadores mencionados anteriormente en el documento, de las oficinas SITEL, Nicaragua.

La termografía infrarroja es una parte integral de cualquier programa de mantenimiento predictivo y preventivo. Utilizando escaneo infrarrojo de manera periódica para sistemas eléctricos y mecánicos se puede mejorar la confiabilidad de dichos sistemas aumentando su rentabilidad.

### Criterios de severidad:

Para asignar los criterios de severidad, se toma en cuenta la tabla de fallas eléctricas según NETA (International Electric Testing Association), estos criterios se han reunido en la siguiente tabla:

Tabla de criterios de severidad:

Código	Condición	$\Delta T$	Acción general recomendada
A	Normal	$5^{\circ}\text{C} < \Delta T$	No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.
B	Leve	$5^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 15^{\circ}\text{C}$	Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente usando la metodología y el personal más adecuado.

C	Grave	$16^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 25^{\circ}\text{C}$	Actuar lo antes posible teniendo en cuenta la dinámica de la empresa y sus turnos de trabajo, se deberá aprovechar el paro más inmediato para corregir el problema.
D	Critico	$26^{\circ}\text{C} \leq \Delta T \leq 35^{\circ}\text{C}$	Estudiar la posibilidad de parar el proceso para corregir el problema.
E	Muy Critico	$\Delta T > 35^{\circ}\text{C}$	Interrumpir el proceso de inmediato para corregir el problema.

TABLA DE EQUIPOS INSPECCIONADOS Y SU CONDICIÓN ENCONTRADA:

Primera termografía

Item	Número de imagen térmica	Descripción del componente	Condición	# Pagina
1	IR_02777.IS2	Banco de transformadores oficina de entrenamiento capital one	A	4
2	IR_02779.IS2	Banco de transformadores oficina de entrenamiento capital one	A	6
3	IR_02781.IS2	Banco de transformadores oficina de entrenamiento capital one	A	8

4	IR_02783.IS2	Banco de transformadores oficina de entrenamiento capital one	A	10
5	IR_02787.IS2	Banco de transformadores oficina Fase 1 Cricket	A	12
6	IR_02791.IS2	Banco de transformadores oficina Fase 1 Cricket	A	14
7	IR_02795.IS2	Banco de transformadores oficina Fase 1 Cricket	A	16
8	IR_02800.IS2	Banco de transformadores Embajada 2	A	18
9	IR_02802.IS2	Banco de transformadores Embajada 2	A	20
10	IR_02805.IS2	Banco de transformadores Embajada 2	A	22

## Segunda termografía

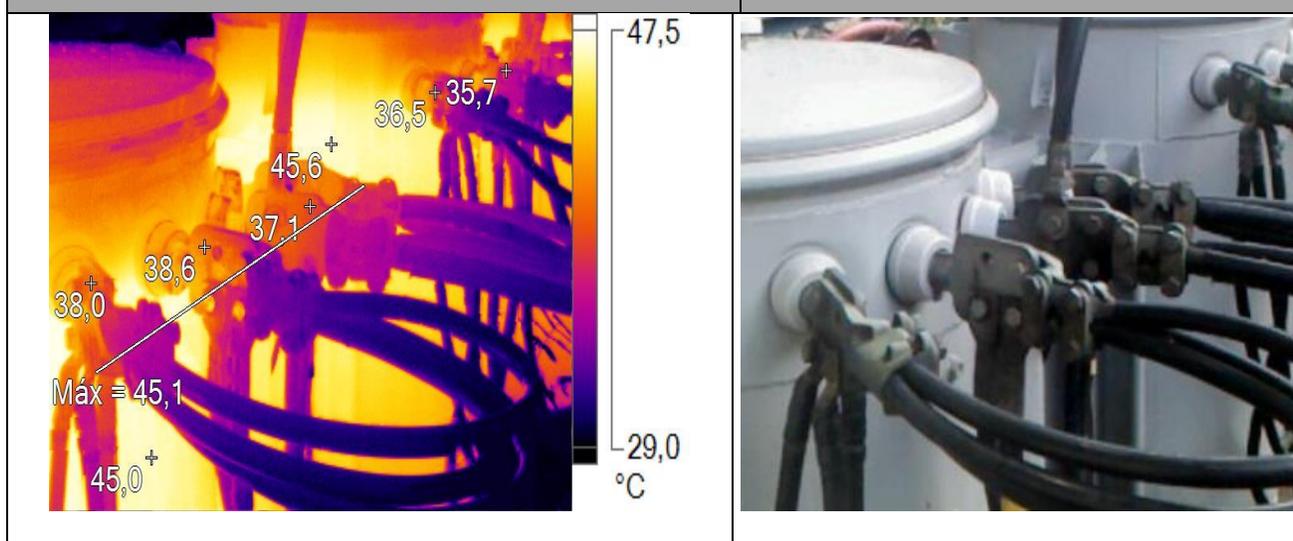
Item	Número de imagen térmica	Descripción del componente	Condición	Página #
1	IR_02809.IS2	Banco de transformadores oficina de entrenamiento capital one	A	5
2	IR_02811.IS2	Banco de transformadores oficina de entrenamiento capital one	A	9
3	IR_02812.IS2	Banco de transformadores oficina de entrenamiento capital one	A	7
4	IR_02814.IS2	Banco de transformadores oficina de entrenamiento capital one	A	11
5	IR_02822.IS2	Banco de transformadores oficina Fase 1 Cricket	A	13
6	IR_02825.IS2	Banco de transformadores oficina Fase 1 Cricket	A	15
7	IR_02830.IS2	Banco de transformadores oficina Fase 1 Cricket	A	17
8	IR_02835.IS2	Banco de transformadores Embajada 2	A	21
9	IR_02838.IS2	Banco de transformadores Embajada 2	A	23
10	IR_02841.IS2	Banco de transformadores Embajada 2	A	19

### Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	08/09/2021
Área:	Edificio de entrenamiento Capital One	Hora:	9:37:52
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Bujes de baja tensión

#### Imagen IR

#### Imagen Visual



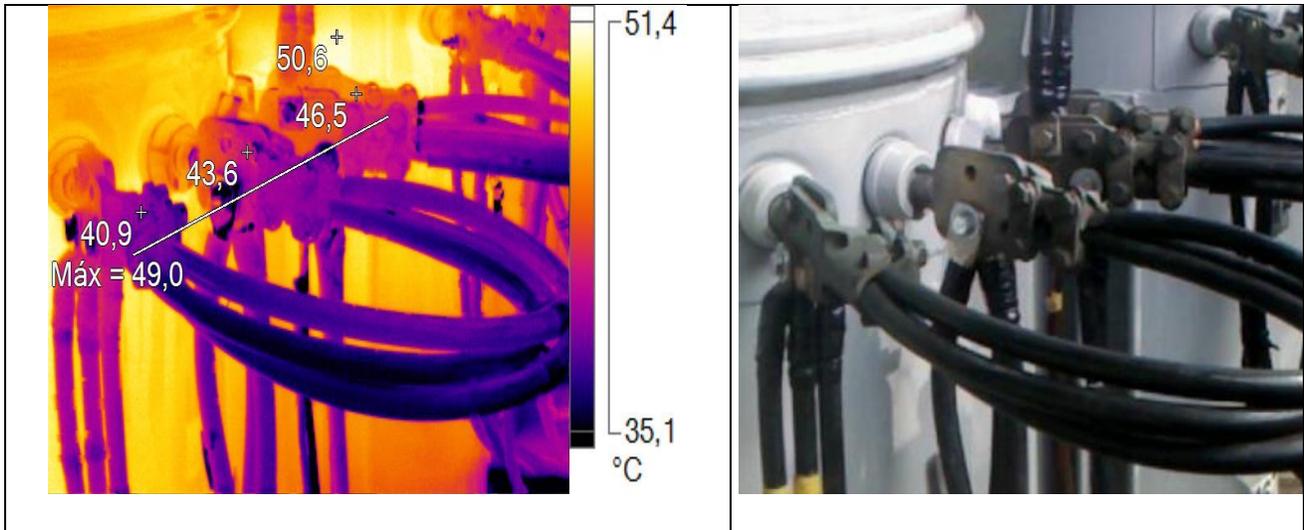
#### Datos Generales

N° de imagen IR	IR_02777	N° Imagen Visual:	IM_02777	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.69 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

#### Medición

Tem. Max.	38.6°C	Temp. Referencia:	37.1°C	$\Delta T =$	1.5°C
-----------	--------	-------------------	--------	--------------	-------

Emisividad:	0,95		
<b>Condición</b>			
No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 38.6 °C en el buje central del transformador 1 y como temperatura de referencia se está usando, la temperatura del componente similar del buje derecho del mismo transformador 1, la cual es de 37.1°C.	Sin problema	A	
	Seguimiento	B	
	Programar reparación	C	
	Detener y reparar	D	
<b>Recomendación</b>			
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año			
<b>Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica</b>			
Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	30/09/2021
Área:	Edificio de entrenamiento Capital One	Hora:	13:59:44
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Bujes de baja tensión
<b>Imagen IR</b>		<b>Imagen Visual</b>	



**Datos Generales**

N° de imagen IR	IR_02809	N° Imagen Visual:	IM_02809	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.62 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

**Medición**

Tem. Max.	46.5°C	Temp. Referencia:	43.6°C	<b>ΔT=</b>	2.9°C
Emisividad:	0,95				

**Condición**

No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 46.5 °C en el buje derecho del transformador 1 y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje central del mismo transformador	Sin problema	A
	Seguimiento	B
	Programar reparación	C

1, la cual es de 43.6°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horario en que se hizo, sin embargo, el  $\Delta T$  está dentro del rango de “Sin Problemas”

Detener y reparar

D

### Recomendación

Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año

### Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	08/09/2021
Área:	Edificio de entrenamiento Capital One	Hora:	9:39:08
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Bujes de baja tensión

#### Imagen IR

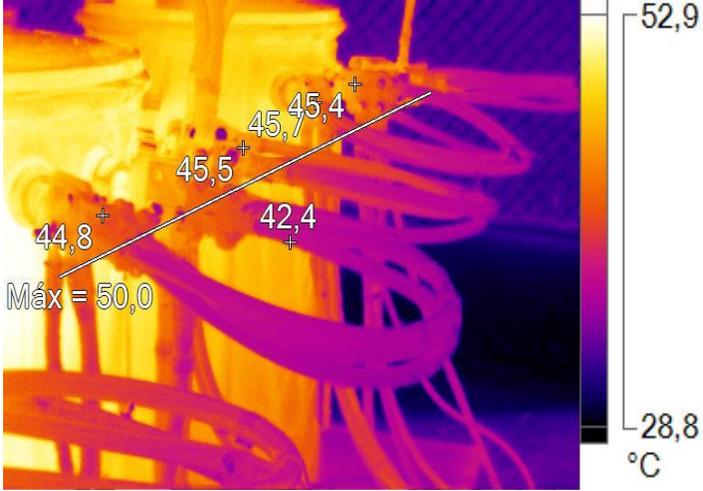


#### Imagen Visual



### Datos Generales

N° de imagen IR	IR_02779	N° Imagen Visual:	IM_02779	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.69 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	37.0°C	Temp. Referencia:	34.5°C	$\Delta T =$	2.5°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 37.0 °C en el buje central del transformador 2 y como temperatura de referencia se está usando, la temperatura del componente similar del buje izquierdo del transformador 3, la cual es de 34.5°C.				Sin problema	A
				Seguimiento	B
				Programar reparación	C
				Detener y reparar	D
<b>Recomendación</b>					
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año					
<b>Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica</b>					
Cliente/Planta:	SITEL		Fecha:	30/09/2021	
Área:	Edificio de entrenamiento Capital One		Hora:	14:01:39	

Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Bujes de baja tensión		
<b>Imagen IR</b>		<b>Imagen Visual</b>			
					
<b>Datos Generales</b>					
N° de imagen IR	IR_02812	N° Imagen Visual:	IM_02812	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.60 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	45.7°C	Temp. Referencia:	44.8°C	$\Delta T =$	0.9°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
				Sin problema	A

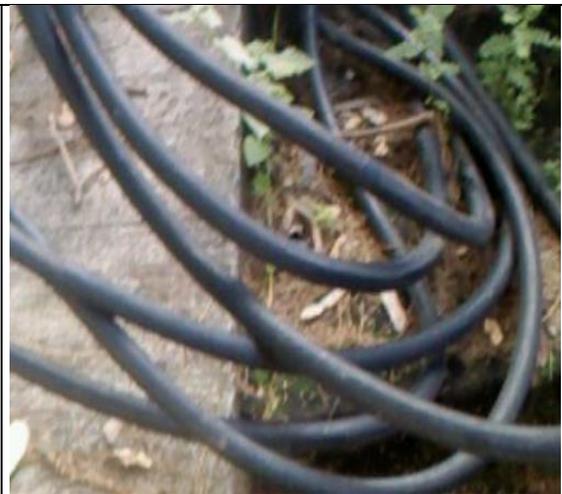
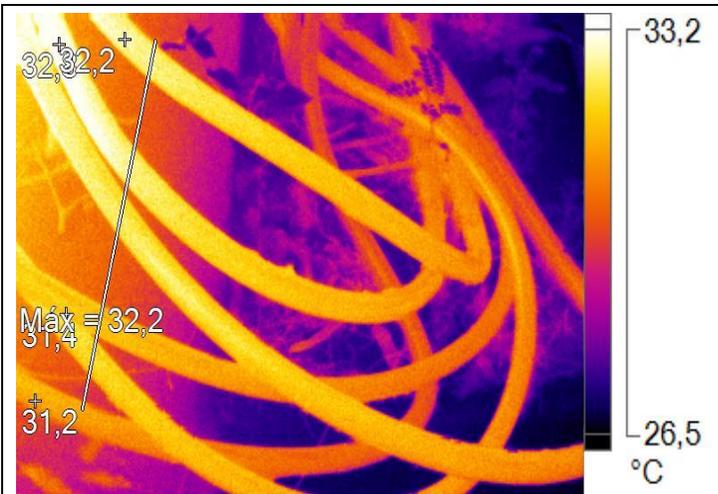
<p>No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 45.7 °C en el buje derecho del transformador 2 y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje izquierdo del mismo transformador 2, la cual es de 44.8°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horario en que se hizo, sin embargo, el <math>\Delta T</math> esta dentro del rango de "Sin Problemas"</p>	Seguimiento	B
	Programar reparación	C
	Detener y reparar	D

**Recomendación**

Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como minimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	08/09/2021
Área:	Edificio de entrenamiento Capital One	Hora:	9:40:45
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Cables de acometida
<b>Imagen IR</b>		<b>Imagen Visual</b>	



### Datos Generales

N° de imagen IR	IR_02781	N° Imagen Visual:	IM_02781	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.45 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

### Medición

Tem. Max.	32.3°C	Temp. Referencia:	31.2°C	$\Delta T =$	1.1°C
Emisividad:	0,95				

### Condición

No se detectó anomalía térmica en los cables de acometida secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 32.3 °C en uno de los cables y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente

Sin problema	A
Seguimiento	B
Programar reparación	C

similar o sea otro cable de acometida, la cual tiene una temperatura de 31.2°C.	Detener y reparar	D
---	-------------------	---

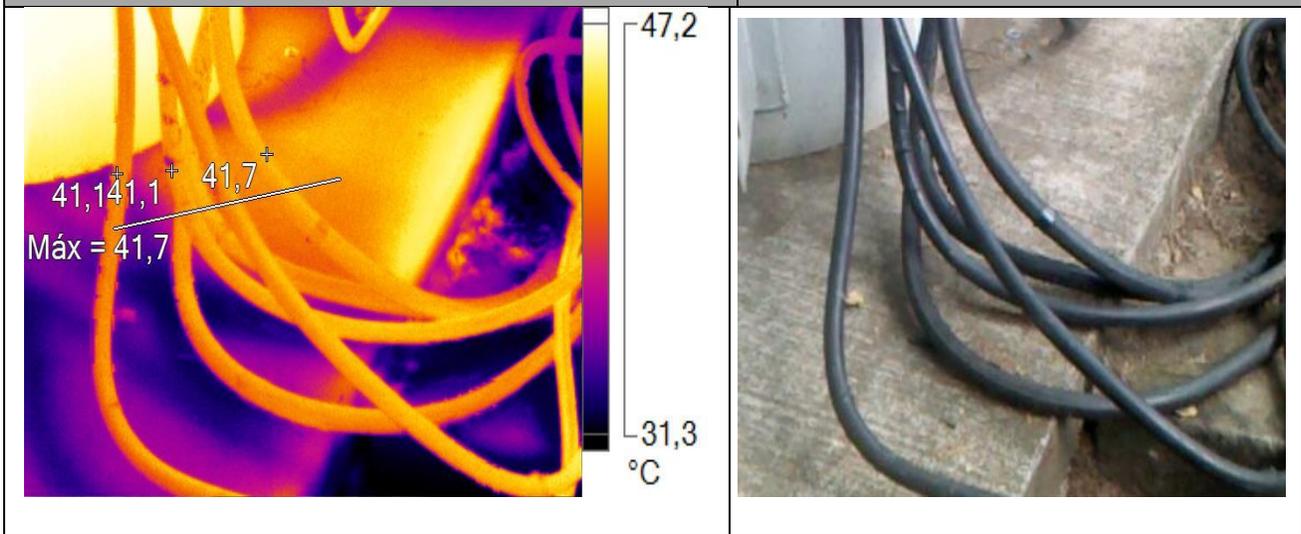
**Recomendación**

Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como minimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	30/09/2021
Área:	Edificio de entrenamiento Capital One	Hora:	14:00:57
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Cables de acometida

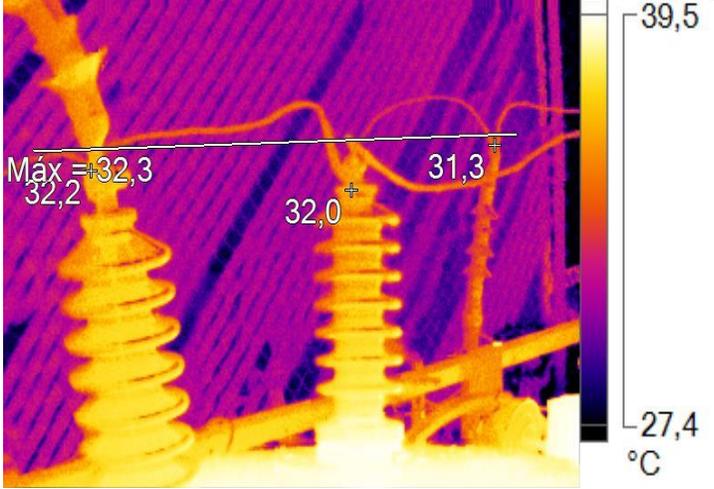
<b>Imagen IR</b>	<b>Imagen Visual</b>
------------------	----------------------



**Datos Generales**

N° de imagen IR	IR_02811	N° Imagen Visual:	IM_02811	Tamaño de sensor IR	320 x 240
-----------------	----------	-------------------	----------	---------------------	-----------

Distancia:	1.64 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	41.7°C	Temp. Referencia:	41.1°C	$\Delta T =$	0.6°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
No se detectó anomalía térmica en los cables de acometida secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 41.7°C en uno de los cables y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar o sea otro cable de acometida, la cual tiene una temperatura de 41.1°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horario en que se hizo, sin embargo, el $\Delta T$ esta dentro del rango de "Sin Problemas"				Sin problema	A
				Seguimiento	B
				Programar reparación	C
				Detener y reparar	D
<b>Recomendación</b>					
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como minimo una vez al año					
<b>Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica</b>					
Cliente/Planta:	SITEL		Fecha:	08/09/2021	
Área:	Edificio de entrenamiento Capital One		Hora:	9:42:32	

Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Bujes de media tensión		
<b>Imagen IR</b>		<b>Imagen Visual</b>			
					
<b>Datos Generales</b>					
N° de imagen IR	IR_02783	N° Imagen Visual:	IM_02783	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.11 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	32.3°C	Temp. Referencia:	32.0°C	<b>ΔT=</b>	0.3°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
				Sin problema	A

No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión primaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 32.3 °C en el buje izquierdo del transformador 1 y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje derecho del mismo transformador 1, la cual es de 32.0°C.	Seguimiento	B
	Programar reparación	C
	Detener y reparar	D

**Recomendación**

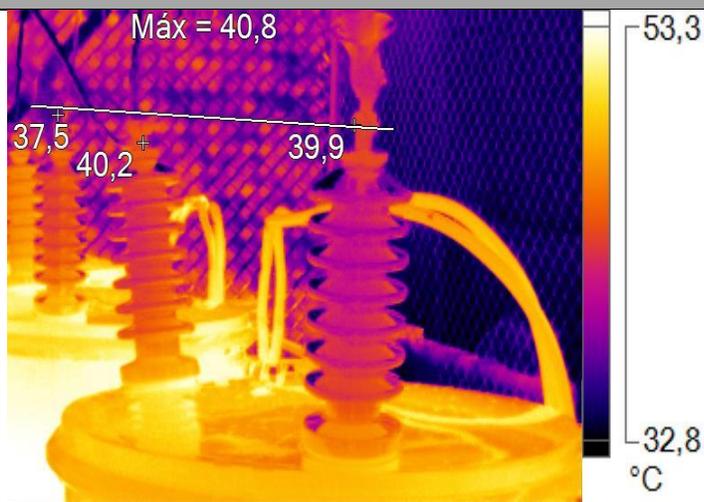
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	30/09/2021
Área:	Edificio de entrenamiento Capital One	Hora:	14:03:40
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Bujes de media tensión

**Imagen IR**

**Imagen Visual**

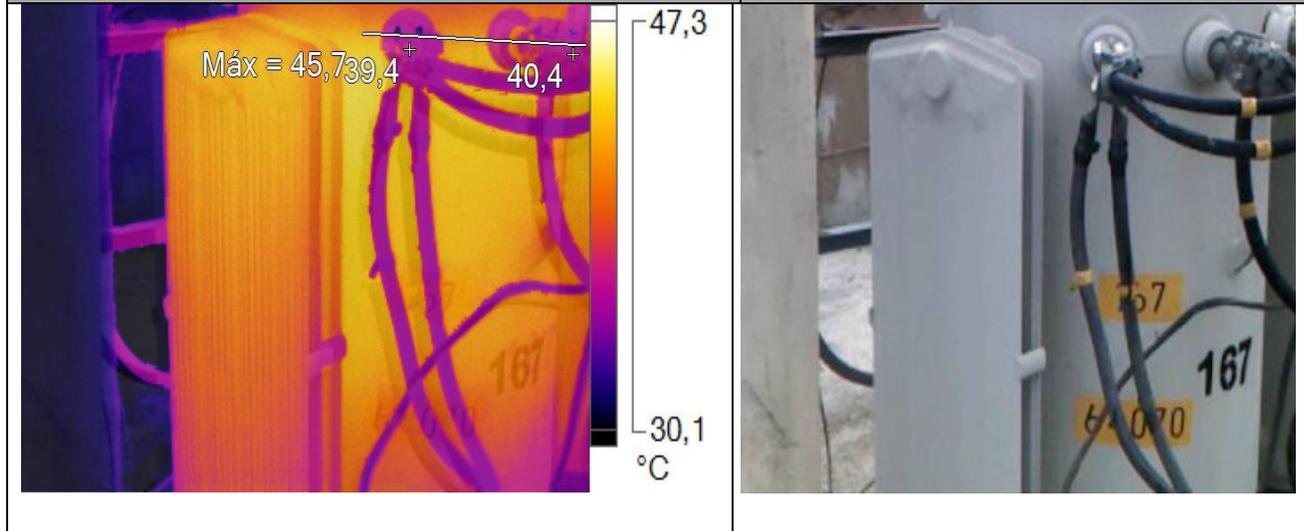


**Datos Generales**

N° de imagen IR	IR_02814	N° Imagen Visual:	IM_02814	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.46 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	40.2°C	Temp. Referencia:	37.5°C	$\Delta T =$	2.7°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión primaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 40.2°C en el buje izquierdo del transformador 1 y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje derecho del transformador 2, la cual es de 37.5°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horas en que se hizo, sin embargo, el $\Delta T$ está dentro del rango de "Sin Problemas"				Sin problema	A
				Seguimiento	B
				Programar reparación	C
				Detener y reparar	D
<b>Recomendación</b>					
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año					
<b>Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica</b>					
Cliente/Planta:	SITEL		Fecha:	08/09/2021	

Área:	Edificio de Fase 1 Cricket	Hora:	9:53:25
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Bujes de baja tensión

<b>Imagen IR</b>	<b>Imagen Visual</b>
------------------	----------------------



<b>Datos Generales</b>					
------------------------	--	--	--	--	--

N° de imagen IR	IR_02787	N° Imagen Visual:	IM_02787	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	2.14 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

<b>Medición</b>					
-----------------	--	--	--	--	--

Tem. Max.	40.4°C	Temp. Referencia:	39.4°C	<b>ΔT=</b>	1.0°C
Emisividad:	0,95				

<b>Condición</b>					
------------------	--	--	--	--	--

No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 40.4 °C en el buje central del transformador 1 y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje izquierdo del mismo transformador 1, la cual es de 39.4°C.	Sin problema	A
	Seguimiento	B
	Programar reparación	C
	Detener y reparar	D

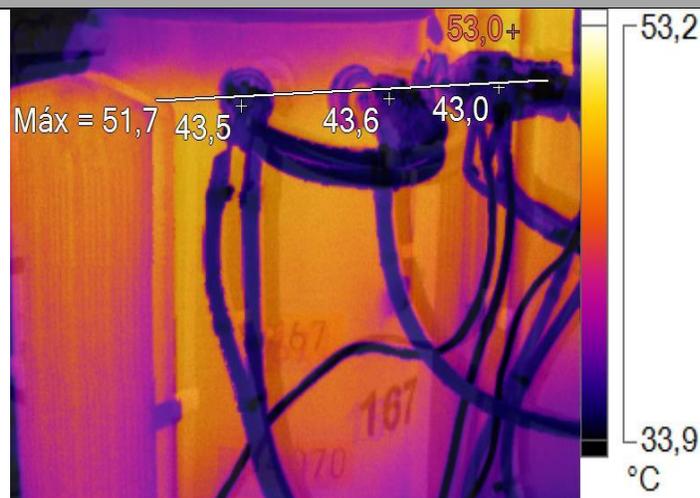
**Recomendación**

Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	30/09/2021
Área:	Edificio de Fase 1 Cricket	Hora:	14:16:10
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Cables de acometida

**Imagen IR**



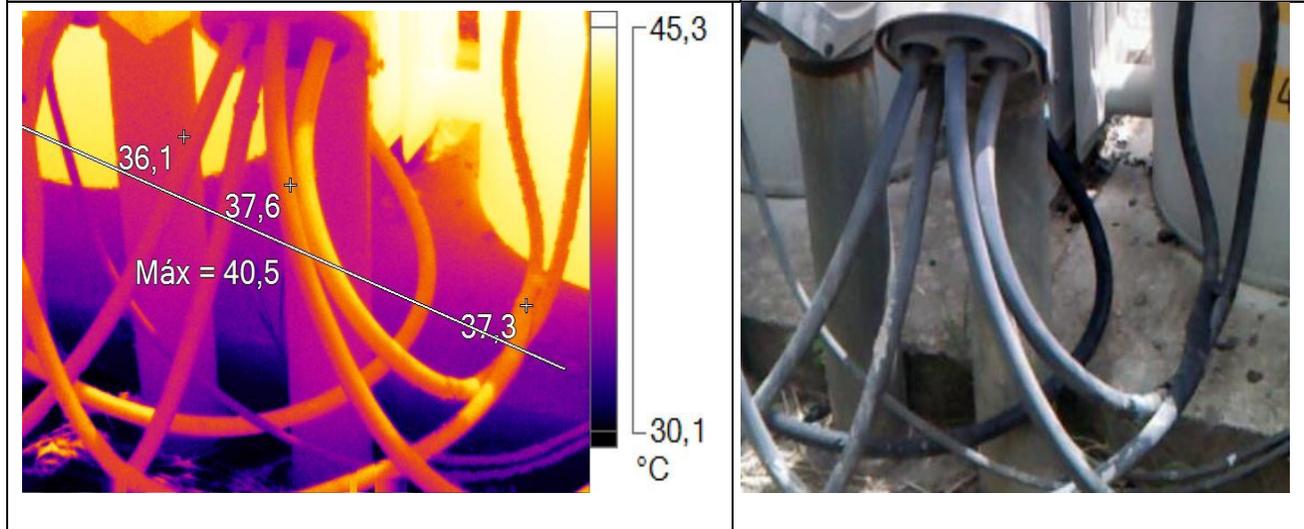
**Imagen Visual**



Datos Generales					
N° de imagen IR	IR_02822	N° Imagen Visual:	IM_02822	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	2.25 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
Medición					
Tem. Max.	43.5°C	Temp. Referencia:	43.0°C	$\Delta T =$	0.5°C
Emisividad:	0,95				
Condición					
No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 43.5 °C en el buje izquierdo del transformador 1 y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje derecho del mismo transformador 1, la cual es de 43.0°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horario en que se hizo, sin embargo, el $\Delta T$ esta dentro del rango de "Sin Problemas".				Sin problema	A
				Seguimiento	B
				Programar reparación	C
				Detener y reparar	D
Recomendación					
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como minimo una vez al año					
Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica					

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	08/09/2021
Área:	Edificio de Fase 1 Cricket	Hora:	9:55:31
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Cables de acometida

<b>Imagen IR</b>	<b>Imagen Visual</b>
------------------	----------------------



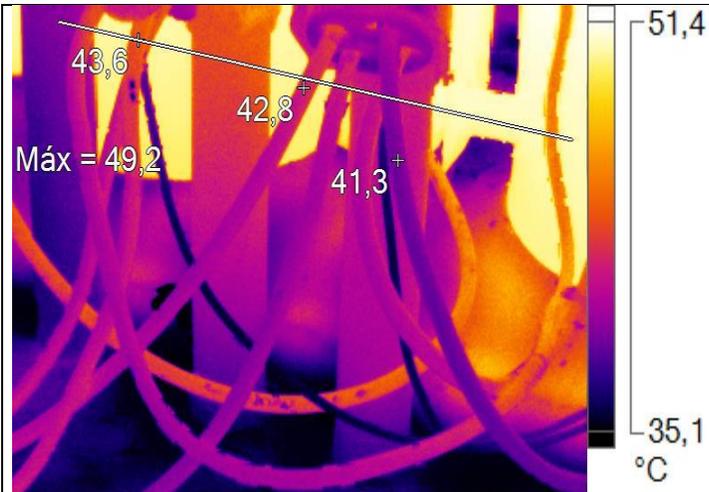
<b>Datos Generales</b>					
------------------------	--	--	--	--	--

N° de imagen IR	IR_02791	N° Imagen Visual:	IM_02791	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.66 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

<b>Medición</b>					
-----------------	--	--	--	--	--

Tem. Max.	37.6°C	Temp. Referencia:	36.1°C	<b>ΔT=</b>	1.5°C
Emisividad:	0,95				

<b>Condición</b>			
No se detectó anomalía térmica en los cables de acometida secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 37.6 °C en uno de los cables y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar o sea otro cable de acometida, la cual tiene una temperatura de 36.1°C.	Sin problema	A	
	Seguimiento	B	
	Programar reparación	C	
	Detener y reparar	D	
<b>Recomendación</b>			
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año			
<b>Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica</b>			
Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	30/09/2021
Área:	Edificio de Fase 1 Cricket	Hora:	14:17:35
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Cables de acometida
<b>Imagen IR</b>		<b>Imagen Visual</b>	



**Datos Generales**

N° de imagen IR	IR_02825	N° Imagen Visual:	IM_02825	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	2.41 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

**Medición**

Tem. Max.	43.6°C	Temp. Referencia:	41.3°C	$\Delta T =$	2.3°C
Emisividad:	0,95				

**Condición**

No se detectó anomalía térmica en los cables de acometida secundaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 43.6°C en uno de los cables y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar o sea otro cable de acometida, la cual tiene una	Sin problema	A
	Seguimiento	B
	Programar reparación	C

temperatura de 41.3°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horario en que se hizo, sin embargo, el $\Delta T$ esta dentro del rango de "Sin Problemas"	Detener y reparar	D
---	-------------------	---

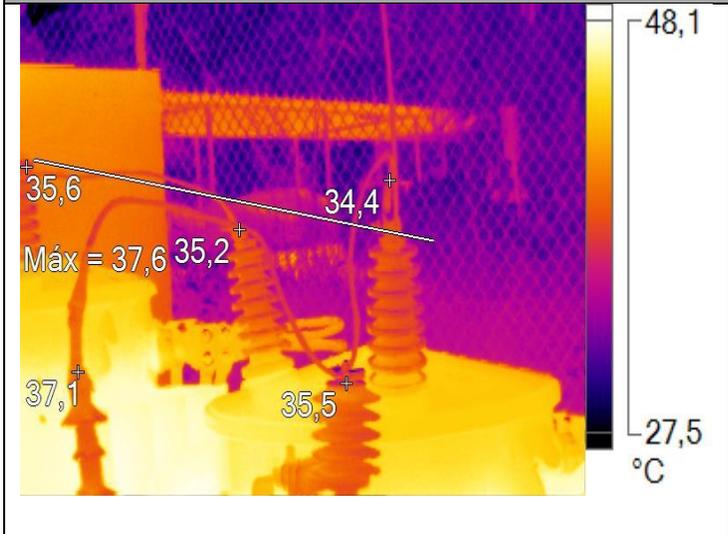
**Recomendación**

Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como minimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	08/09/2021
Área:	Edificio de Fase 1 Cricket	Hora:	9:58:24
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA	Componente :	Bujes de media tensión

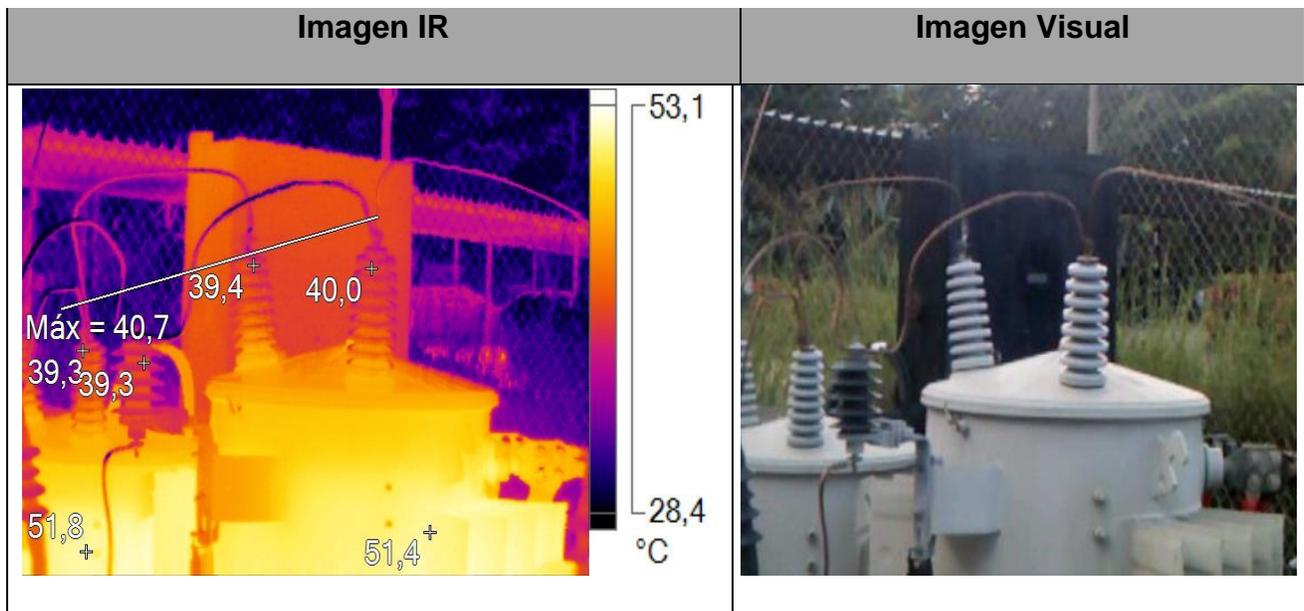
<b>Imagen IR</b>	<b>Imagen Visual</b>
------------------	----------------------



**Datos Generales**

N° de imagen IR	IR_02795	N° Imagen Visual:	IM_02795	Tamaño de sensor IR	320 x 240
-----------------	----------	-------------------	----------	---------------------	-----------

Distancia:	2.08 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	37.1°C	Temp. Referencia:	34.4°C	$\Delta T =$	2.7°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión primaria de los transformadores. La temperatura máxima detectada es de 37.1 °C en el terminal de conexión de la mufa y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje derecho de uno de los transformadores, la cual es de 34.4°C.				Sin problema	A
				Seguimiento	B
				Programar reparación	C
				Detener y reparar	D
<b>Recomendación</b>					
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año					
<b>Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica</b>					
Cliente/Planta:	SITEL		Fecha:	30/09/2021	
Área:	Edificio de Fase 1 Cricket		Hora:	14:19:53	
Equipo:	Banco de transformadores 3 x 167 KVA		Componente :	Bujes de media tensión	



### Datos Generales

N° de imagen IR	IR_02830	N° Imagen Visual:	IM_02830	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	2.62 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

### Medición

Tem. Max.	40.0°C	Temp. Referencia:	39.3°C	$\Delta T =$	0.7°C
Emisividad:	0,95				

### Condición

No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión primaria de los transformadores. La temperatura máxima	Sin problema	A
	Seguimiento	B

detectada es de 40.0°C en el buje derecho del transformador 1 y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje izquierdo del transformador 2, la cual es de 39.3°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horas en que se hizo, sin embargo, el $\Delta T$ esta dentro del rango de "Sin Problemas"	Programar reparación	C
	Detener y reparar	D

**Recomendación**

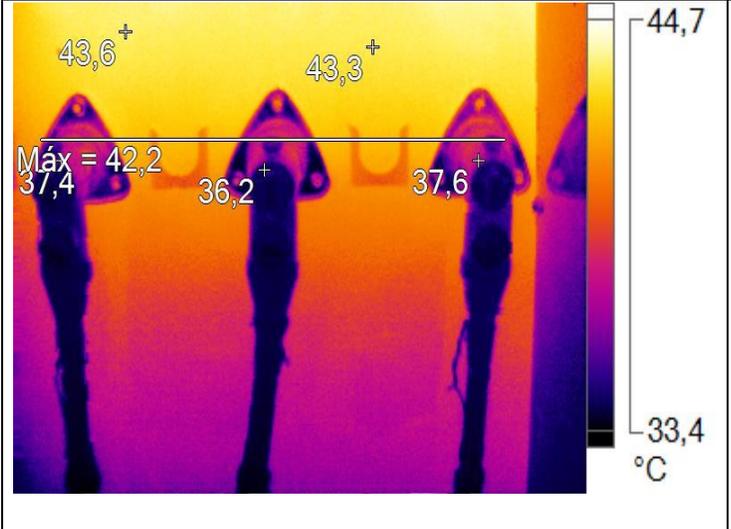
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como minimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	08/09/2021
Área:	Edificio Embajada 2	Hora:	10:11:30
Equipo:	Banco de transformadores tipo Padmount 500 KVA	Componente :	Bujes de media tensión

**Imagen IR**

**Imagen Visual**



**Datos Generales**

N° de imagen IR	IR_02800	N° Imagen Visual:	IM_02800	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.52 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	37.6°C	Temp. Referencia:	36.2°C	$\Delta T =$	0.4°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión primaria del transformador. La temperatura máxima detectada es de 37.6 °C en el buje derecho del transformador (fase L2) y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del buje central (fase L2) derecho del mismo transformador, la cual es de 32.0°C.				Sin problema	A
				Seguimiento	B
				Programar reparación	C
				Detener y reparar	D
<b>Recomendación</b>					
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año					
<b>Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica</b>					
Cliente/Planta:	SITEL		Fecha:	30/09/2021	
Área:	Edificio Embajada 2		Hora:	14:35:59	

Equipo:	Banco de transformadores tipo Padmount 500 KVA	Componente :	Bujes de media tensión		
<b>Imagen IR</b>		<b>Imagen Visual</b>			
<b>Datos Generales</b>					
N° de imagen IR	IR_02841	N° Imagen Visual:	IM_02841	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.5 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	41.5°C	Temp. Referencia:	39.6°C	$\Delta T =$	1.9°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
				Sin problema	A

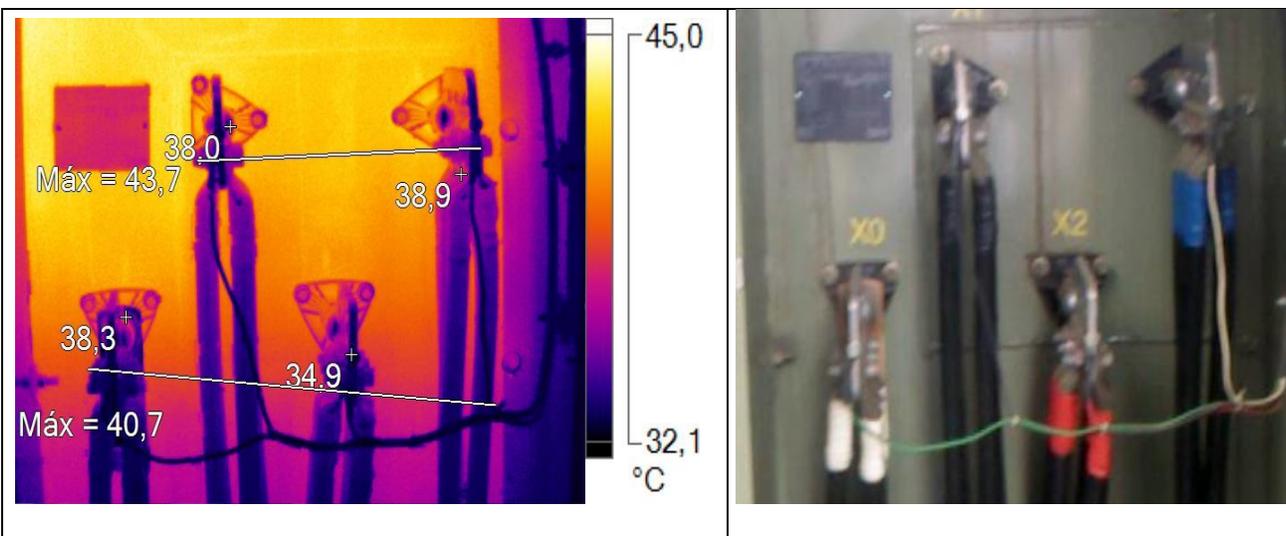
<p>No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión primaria del transformador. La temperatura máxima detectada es de 41.5°C en el terminal derecho del transformador y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del terminal izquierdo del mismo transformador, la cual es de 39.6°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horas en que se hizo, sin embargo, el <math>\Delta T</math> está dentro del rango de "Sin Problemas"</p>	Seguimiento	B
	Programar reparación	C
	Detener y reparar	D

**Recomendación**

Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	08/09/2021
Área:	Edificio Embajada 2	Hora:	10:12:53
Equipo:	Banco de transformadores tipo Padmount 500 KVA	Componente :	Bujes de baja tensión
<b>Imagen IR</b>		<b>Imagen Visual</b>	



### Datos Generales

N° de imagen IR	IR_02802	N° Imagen Visual:	IM_02802	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.60 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

### Medición

Tem. Max.	38.9°C	Temp. Referencia:	38.0°C	$\Delta T =$	0.9°C
Emisividad:	0,95				

### Condición

No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión secundaria del transformador. La temperatura máxima detectada es de 38.9 °C en el terminal X3 y como temperatura de referencia	Sin problema	A
	Seguimiento	B
	Programar reparación	C

se está usando la temperatura del componente similar del terminal X1, la cual es de 38.0°C.	Detener y reparar	D
---	-------------------	---

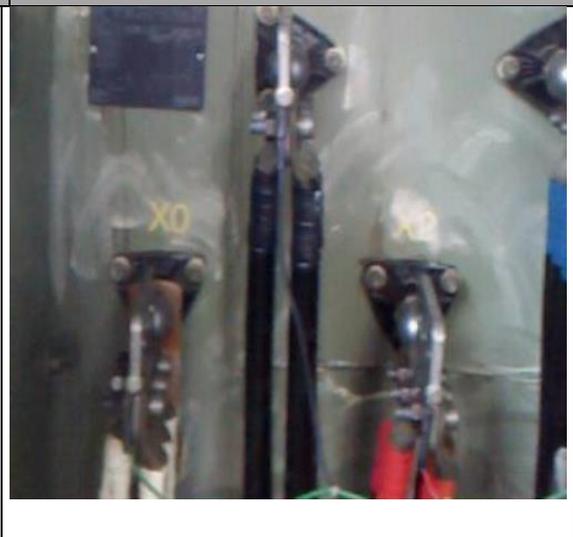
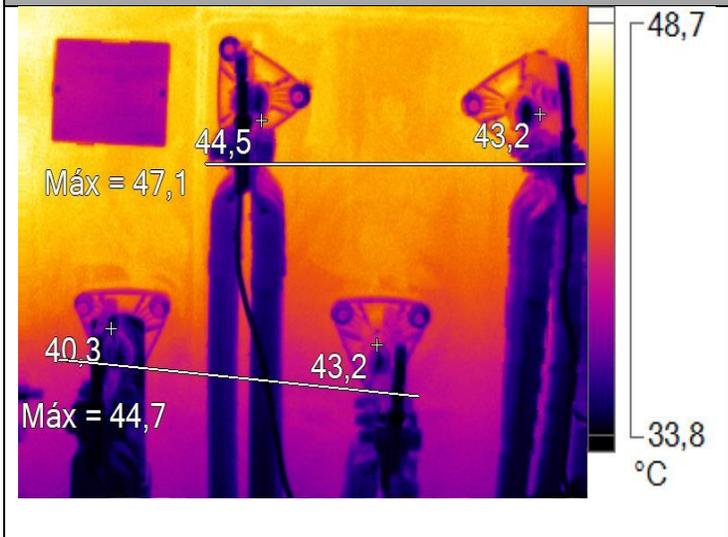
**Recomendación**

Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	30/09/2021
Área:	Edificio Embajada 2	Hora:	14:32:16
Equipo:	Banco de transformadores tipo Padmount 500 KVA	Componente :	Bujes de baja tensión

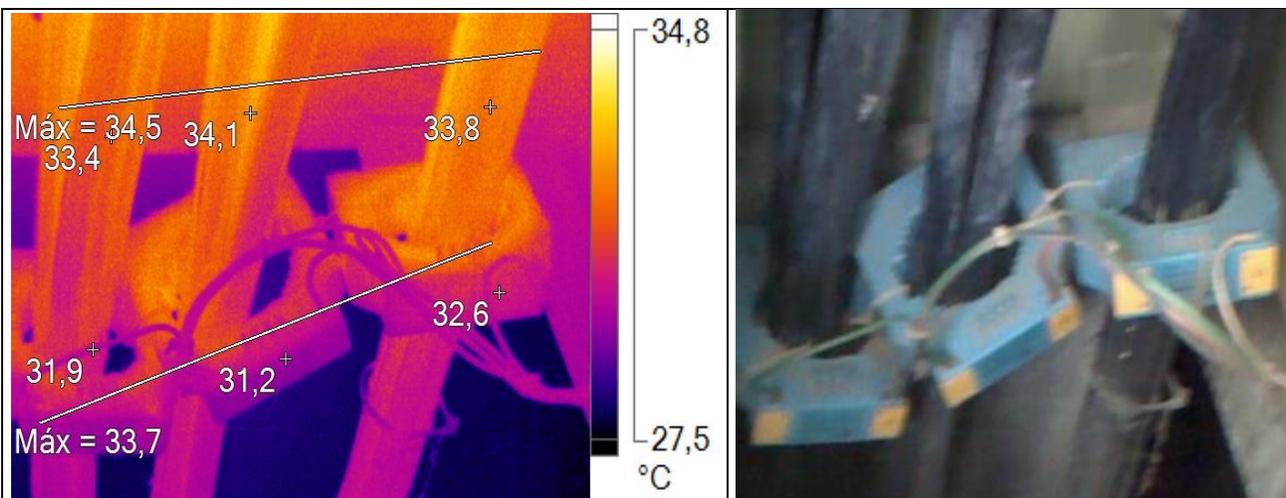
<b>Imagen IR</b>	<b>Imagen Visual</b>
------------------	----------------------



**Datos Generales**

N° de imagen IR	IR_02835	N° Imagen Visual:	IM_02835	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.31 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke

Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	44.5°C	Temp. Referencia:	40.3°C	$\Delta T =$	4.2°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
No se detectó anomalía térmica en los terminales de conexión secundaria del transformador. La temperatura máxima detectada es de 44.5 °C en el terminal X1 y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar del terminal X0, la cual es de 40.3°C. Se notan temperaturas un poco mayores que en la primera inspección, probablemente sea por la diferencia de horario en que se hizo, sin embargo, el $\Delta T$ esta dentro del rango de "Sin Problemas".				Sin problema	A
				Seguimiento	B
				Programar reparación	C
				Detener y reparar	D
<b>Recomendación</b>					
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como minimo una vez al año					
<b>Hoja de Diagnóstico de Primera Inspección Termográfica</b>					
Cliente/Planta:	SITEL		Fecha:	08/09/2021	
Área:	Edificio Embajada 2		Hora:	10:14:19	
Equipo:	Banco de transformadores tipo Padmount 500 KVA		Componente :	Cables de acometida	
<b>Imagen IR</b>			<b>Imagen Visual</b>		



### Datos Generales

N° de imagen IR	IR_02805	N° Imagen Visual:	IM_02805	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	0.99 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke
Temperatura ambiente:	27.0°C				

### Medición

Tem. Max.	34.1°C	Temp. Referencia:	33.4°C	$\Delta T =$	0.7°C
Emisividad:	0,95				

### Condición

No se detectó anomalía térmica en los cables de acometida secundaria del transformador. La temperatura máxima detectada es de 34.1 °C en uno de los cables y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar	Sin problema	A
	Seguimiento	B
	Programar reparación	C

o sea otro cable de acometida, la cual tiene una temperatura de 33.4°C.	Detener y reparar	D
---	-------------------	---

**Recomendación**

Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como minimo una vez al año

**Hoja de Diagnóstico de Segunda Inspección Termográfica**

Cliente/Planta:	SITEL	Fecha:	30/09/2021
Área:	Edificio Embajada 2	Hora:	14:33:34
Equipo:	Banco de transformadores tipo Padmount 500 KVA	Componente :	Cables de acometida

<b>Imagen IR</b>	<b>Imagen Visual</b>
------------------	----------------------

--	--

**Datos Generales**

N° de imagen IR	IR_02838	N° Imagen Visual:	IM_02838	Tamaño de sensor IR	320 x 240
Distancia:	1.10 metros	Modelo de cámara:	Ti450-16080199	Fabricante:	Fluke

Temperatura ambiente:	27.0°C				
<b>Medición</b>					
Tem. Max.	37.2°C	Temp. Referencia:	36.4°C	$\Delta T =$	0.8°C
Emisividad:	0,95				
<b>Condición</b>					
No se detectó anomalía térmica en los cables de acometida secundaria del transformador. La temperatura máxima detectada es de 37.2°C en uno de los cables y como temperatura de referencia se está usando la temperatura del componente similar o sea otro cable de acometida, la cual tiene una temperatura de 36.4°C.				Sin problema	A
				Seguimiento	B
				Programar reparación	C
				Detener y reparar	D
<b>Recomendación</b>					
Se recomienda mantener rutina de mantenimiento e inspección termográfica al menos 2 veces al año y como mínimo una vez al año					

## CONCLUSIONES

Se encuentra que en las mediciones realizadas de voltaje que, los voltajes primarios varían en ocasiones, superando así los límites recomendados por las normas, en una de sus fases, en este caso la Normativa de Calidad de Servicio (NCS) la cual establece un  $\pm 6\%$  recomendado. Esto nos indica la posibilidad de una afectación aguas arriba, como se mencionó en el documento el sistema eléctrico no es único a la salida de la Subestación lo cual podría estar afectado por cargas externas.

Así mismo en las mediciones del lado secundario se encuentran mediciones que salen de los límites normados, por lo tanto, se considera que es una anomalía importante a corregir.

Se logró observar que en las mediciones de energía el sistema eléctrico se encuentra muy por debajo de la capacidad instalada, esto instantáneamente no presenta ningún problema al estudio y mediciones, pero puede dar una lectura fantasma ya que las líneas no están a su capacidad nominal, de igual manera no presenta ningún problema al momento del análisis.

La utilización de los elementos de transformación se encuentra subutilizados, por lo tanto, puede existir un potencial de pérdidas de potencia y energía esto puede afectar la medición de energía. Como medida del mantenimiento se observó aisladores dañados en los primarios y secundarios de los transformadores, se concluye que esto puede causar recalentamiento y se debe someter a un análisis y sustitución.

En todas las mediciones se confirmó que el factor de potencia es muy bueno, está por encima de los 0.85 normados en el país, y el cual exige el tipo de tarifa correspondiente.

En las mediciones termográficas realizadas en todos los bornes primarios y secundarios de los Trafos no se encontraron anomalías, es decir que la simetría y los delta-Temperatura están dentro de los rangos adecuados, a pesar que se encontraron valores de 1 a 2% por encima de los valores simétricos, de igual manera se encuentran en los valores aceptables y mejores condiciones, esto nos dice que

los fenómenos involucrados que se pueden encontrar con la inspección termográfica no afectan de momento a los equipos medidos. Así mismo se obtuvo resultados de los paneles en los cuales solo el 97% están en las óptimas condiciones, el resto no presenta una intervención inmediata sino un seguimiento de parte del equipo de mantenimiento.

Se realizó inspección de conexiones con terminales en los cuales se determinó una incorrecta manipulación de los mismos.

Con respecto a las mediciones del sistema a tierra se observó que todos los equipos tanto UPS presentan su respectivo aterrizamiento, sin embargo, hay puntos que el suelo no presenta la resistividad adecuada según las normas correspondiente. De igual manera el equipo Generador Electrónico de emergencia no posee físicamente un aterrizamiento.

En la inspección visual realizada eléctrica se encontró elementos y centros de cargas un poco fuera de mantenimiento, en este caso no presentan un correctivo, pero si un potencial preventivo, algunos circuitos están y se observan un poco en deterioro lo cual puede afectar al sistema eléctrico.

## **RECOMENDACIONES**

En las mediciones primarias de voltaje se logró observar una variación en ocasiones de voltajes fuera del rango normado en una de sus fases, lo cual es recomendable regular esta anomalía con el equipo adecuado correspondiente (AVR) al voltaje primario. Junto con la regulación del voltaje es recomendable la instalación de un equipo que analice las fallas y los disparos como lo son los Recloser.

En los bancos de transformadores se recomienda realizar un montaje de anillo de sistema puesta a tierra nuevo, mejorando la resistividad del suelo, agregar esto al plano de puesta a tierra.

Referente a las mediciones de energía el sistema eléctrico bajo estudio se encuentra muy por debajo de la capacidad instalada, sutilmente se recomienda realizar un estudio de transformación por demanda de consumo baja por las pérdidas en el devanado de los transformadores para descartar cualquier recalentamiento. Por lo que se recomienda unificar cargas y tener un transformador de Back Up. En los equipos de transformación se recomienda una inspección técnica y mecánica para evitar cualquier anomalía o fuga de corriente, esto puede provocar recalentamiento a la vez. De igual manera la inspección eléctrica estaría casi obligatoria para ver qué elementos necesitan sustitución, esta practica es recomendable para mejorar la eficiencia del sistema.

Continuando con los transformadores es recomendable realizarles las siguientes pruebas para descartar cualquier posible ineficiencia o fallo a futuro;

1. Relación de Transformación
2. Resistencia de aislamiento a los devanados
3. Resistencia Óhmica
4. Rigidez Dieléctrica

Se recomienda la reubicación de los centros de cargas que superen los 50 mts de distancia hacia sus cargas, lo cual no tendría ningún problema ya que la demanda esta por debajo de la nominal.

En la realización de las mediciones Termográficas se recomienda dar un seguimiento preventivo y predictivo para realizar mediciones 2 veces al año. Ya que no se presentan equipos rotativos o NEMA no es necesario una rutina tan periódica.

Se recomienda realizar instalación de cableados y terminales conforme indica el fabricante y normativas para que no existan anomalías por vibraciones y causen fallos o puntos calientes en las instalaciones.

En las mediciones de tierra se recomienda realizar un mejoramiento de resistividad y resistencia del suelo donde se encuentran las barras equipotenciales y pozos de tierra, así mismo mejorar el jumper de la tierra con el calibre adecuado en los tableros correspondientes. Así mismo se recomienda realizar un aterrizamiento del equipo Generador Electrónico.

Infaltable no sugerir, la limpieza de los elementos eléctricos con más énfasis en los centros de cargas y transformadores, de igual manera se recomienda que el personal de mantenimiento de las instalaciones quede pendiente de realizar algunas mediciones periódicas puntuales, así como lo menciona la *IEC 60364-6*.

## ANEXO

Equipos de Mediciones:

### 435 Power Quality and Energy Analyzer FLUKE



Los equipos usados para las mediciones de resistividad, resistencia, fuga de corriente y termografía;

Cámara Termográfica FLUKE Ti450



Earth Ground Clamp FLUKE 1630



## 1625-2 Advanced Earth Ground Tester GEO



NETA (International Electric Testing Association)

NCS (Normativa Calidad de Servicio)

NFPA 70 NEC (National Electric Code)

Artículo 250 NEC

IEC (International Electrotechnical Commission)

IEC 60364-6: Requerimientos para la verificación inicial y periódica de una instalación eléctrica

## **CAPITULO 9 BIBLIOGRAFIA**

Clavas, R., 1999. Las Perturbaciones Eléctricas en BT. Francia: Schneider.

Ferracci, P., 2001. La Calidad de la Energía Eléctrica. Francia: Schneider.

Ferracci, P., (2000). La Ferrorresonancia. Francia: Schneider.

Gutiérrez, M., 2019. In: Auditoria Energética.

Es.cnrockwill.com. 2022. Regulador de voltaje escalonado para línea aérea y subestación. [online] Available at: <<https://es.cnrockwill.com/step-voltage-regulator/step-voltage-regulator-for-overhead-line-substation>> [Accessed 8 February 2022].

IEC (2000). Los Transformadores de Potencia (60076-1).

[https://www.academia.edu/33097885/Los\\_transformadores\\_de\\_potencia\\_Parte\\_1\\_Genera](https://www.academia.edu/33097885/Los_transformadores_de_potencia_Parte_1_Genera)

INE (1999). Normativa de Calidad del Servicio (016-INE-1999)

<http://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/05/11-resolucion-016-INE-1999-normativa-de-calidad-del-servicio.pdf>

INE (2001). Normativa de Servicio Eléctrico (18-2001).

<http://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/05/9-resolucion-006-2000-normativa-de-servicio-electrico.pdf>

Sautriau, F., 2000, Puesta a tierra del neutro en una red industrial de MT. Francia: Schneider.

Schneider Electric (2008). Guía de diseño de Instalaciones Eléctricas IEC. Comisión Electrotécnica Internacional.

UNE (2001). Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución (50160)

<https://www.donsion.org/calidad/documentacion/normativa/16-UNE-EN-50160.pdf>

UNE (2009). Requisitos de las Auditorías Energéticas (216501)  
<https://static.eoi.es/savia/documents/componente67238.pdf>

FLUKE Corporation (2006). 1625 Earth/Ground Tester. Manual de uso