

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**CARGABILIDAD DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA
(20 MVA) DE LA SUBESTACIÓN NUEVA JAÉN Y LOS
ALIMENTADORES DE 22,9 kV JAÉN - PERÚ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores : Bach. Jhan Abad Cubas Vera
Bach. Pablo Daniel Noé Ayala**

Asesor : Ing. Freddy Elvin Fuentes Acuña

JAÉN – PERÚ, SEPTIEMBRE, 2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 22 de Agosto del año 2019, siendo las 6:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:.

Presidente M. Sc. Ing. José Andrés Fernández Mera

Secretario: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Vocal: M. Sc. Ing. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado, para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"CARGABILIDAD DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA (20 MVA), DE LA SUBESTACIÓN NUEVA JAÉN Y LOS ALIMENTADORES DE 22.9 KV JAÉN - PERÚ"**, presentado por los Bachilleres **JHAN ABAD CUBAS VERA Y PABLO DANIEL NOÉ AYALA**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

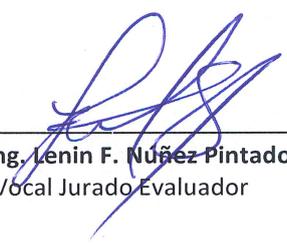
Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (15) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 7:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


M. Sc. Ing. José Andrés Fernández Mera
Presidente del Jurado Evaluador


Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez
Secretario Jurado Evaluador


M. Sc. Ing. Lenin F. Núñez Pintado
Vocal Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Esta tesis El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi abuela Tila, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, a mis padres, a mis tíos, a mis hermanos, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

Jhan Abad Cubas Vera

Dedico esta Tesis a mis padres Pablo Enrique Noé Hidalgo y Flor Ayala Malca, a mis hermanos y mi Tía Hilda Ayala Malca, que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para alcanzar mis metas.

Pablo Daniel Noé Ayala

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mi abuela Tila, a mi madre y al apoyo incondicional de Tomy y Mardi, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco mi Padre Celestial, a mis padres, hermanos, tía Hilda y a todas las personas que aportaron con la más pequeña información para poder desarrollar esta Tesis.

Agradecer a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, y además un agradecimiento especial a quienes nos apoyaron en nuestro proyecto de investigación, a los Ingenieros Walter Xavier, Néstor Sánchez, Falys Guevara, Jorge Banda y a nuestro Asesor Freddy Fuentes, y a todos los que conforman parte de la empresa de energía eléctrica Electro Oriente..

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS.....	4
2.1.	Objetivo General.....	4
2.2.	Objetivos específicos	4
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1.	Objeto de estudio	5
3.2.	Materiales.....	5
3.2.1.	Equipos	5
3.2.2.	Software.....	5
3.2.3.	Material de Campo	5
3.2.4.	Materiales de gabinete	5
3.3.	Metodología.....	6
3.3.1.	Recolección de información	8
3.3.2.	Identificación de las cargas instaladas en los alimentadores NJAE-201 y NJAE-202.....	11
3.3.3.	Determinación de la máxima demanda y temperatura	12
3.3.4.	Influencia de sobrecarga en los transformadores de potencia	20
3.3.5.	Factor de Utilización	21
3.3.6.	Aislamiento del transformador	21
3.3.7.	Analizar los parámetros como niveles de voltaje, potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva e intensidad de corriente eléctrica. Evaluar la influencia de sobrecarga en la vida útil del transformador de Potencia de la subestación de potencia Nueva Jaén.....	25
IV.	RESULTADOS	28
3.4.	Mediciones de temperaturas del transformador.....	28
3.5.	Comportamiento del transformador simulado en DigSILENT.....	31

3.6. Intensidad de corriente Eléctrica(Cargabilidad)	35
V. DISCUSIÓN.....	36
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
VIII. ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Potencia distribuida de la NJAE 201 y NJAE 202 en (kWh).....	12
Tabla 2 Maxima demanda(potencia activa) en el devanado 22.9 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	13
Tabla 3 Maxima demanda(potencia aparente) en el devanado 22.9 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	13
Tabla 4 Maxima demanda(potencia activa) en el devanado 60 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	14
Tabla 5 Maxima demanda(potencia aparente) en el devanado 60 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	14
Tabla 6 Máxima demanda (potencia activa) en el devanado 138 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	15
Tabla 7 Máxima demanda (potencia aparente) en el devanado 138 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	15
Tabla 8 Características de la Camara de Termografía.....	16
Tabla 9 Métodos de enfriamiento en transformadores de potencia.....	17
Tabla 10 Máxima temperatura del devanado 22.9 kV, del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	19
Tabla 11 Máxima temperatura del devanado 60 kV, del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	19
Tabla 12 Máxima temperatura del devanado 138 kV, del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	19
Tabla 13 Clasificación IEEE, para clase de aislamiento y temperatura limite °C	22
Tabla 14 Lista de gases.....	23
Tabla 15 Numero de Inyecciones Individuales	24
Tabla 16 Intensidad de corriente eléctrica (A) – 2019 del transformador 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA del devanado 22.9 kV.....	26
Tabla 17 Intensidad de corriente eléctrica (A) – 2019 del transformador 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA del devanado 60 kV.....	26
Tabla 18 Intensidad de corriente eléctrica (A) – 2019 del transformador 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA del devanado 138 kV.....	27
Tabla 19 Potencia reactiva (MVArh) en el devanado 22,9 kV del transformador 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA.....	27

Tabla 20 Maxima demanda(potencia activa) en el devanado 22.9kV.....	33
Tabla 21 Maxima demanda(potencia aparente) en el devanado 22.9kV.....	33
Tabla 22 Diferencia de cargabilidad.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases del de la investigación	7
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio.....	9
Figura 3. Instalaciones de la SEP Nueva Jaén.....	10
Figura 4. Diagrama unifilar de la subestación de potencia Nueva Jaén.....	11
Figura 5. Tablero de control	12
Figura 6. Camara de Termografía.....	16
Figura 7. Ventilador instalado en los radiadores del transformador de potencia 20 MVA. 18	
Figura 8. Toma de medición del transformador de potencia – hora 13:00 horas	28
Figura 9. Toma de medición del transformador de potencia – hora 20:00 horas	28
Figura 10. Grafico de temperatura – mes del devanado 22.9 kV	29
Figura 11. Grafico de temperatura – mes del devanado 60 kV	29
Figura 12. Grafico de temperatura – mes del devanado 138 kV	30
Figura 13. Programa Infrared Report Express V 1.9.9.0.....	30
Figura 14. Programa DigSILENT 15.1.7.	31
Figura 15. Placa del transformador de SEP Nueva Jaén	32
Figura 16. Configuración de las características del transformador	33
Figura 17. Diagrama de flujo con carga actualizada.	34
Figura 18. Intensidad de corriente eléctrica.....	35

RESUMEN

El presente trabajo de investigación desarrolló la evaluación de la cargabilidad del transformador 20 MVA y los alimentadores del devanado de 22.9 kV de la subestación de potencia Nueva Jaén, con el propósito de mejorar la continuidad del servicio eléctrico que brinda la empresa ELECTRO ORIENTE S.A., para lo cual inicialmente se realizó un diagnóstico de la demanda actual que abastece el transformador, para ello se utilizaron herramientas y programas como Digsilent 15.1.7., Infrare Report Express, toma de lecturas. Se realizó la medición de temperatura del transformador y sus devanados de 22,9 kV, 60 kV y 138 kV, con el equipo Cámara Termography de los cuales los valores se procesaron en el software Infrared Report Express. Dentro del análisis de las condiciones actuales de funcionamiento del transformador de potencia y los alimentadores, se realiza la modelación digital por medio del software digsilent para el estado actual, los parámetros eléctricos que se evaluaron son cargabilidad, niveles de voltaje, potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva y corriente. En conclusión, el devanado de 22,9 kV está en sobrecarga de 11.5397 ampere.

Palabras claves: Subestación de potencia, Transformador de potencia, Cargabilidad, Voltaje, Intensidad de corriente eléctrica, Potencia activa, reactiva y reactiva.

ABSTRACT

This research work developed the evaluation of the 20 MVA transformer and 22.9 kV winding feeders of the Nueva Jaén power substation, with the purpose of improving the continuity of the electrical service provided by the company ELECTRO ORIENTE SA, for which initially made a diagnosis of the current demand supplied by the transformer, for this, tools and programs such as Digsilent 15.1.7., Infrare Report Express, readings were used. The temperature measurement of the transformer and its windings of 22.9 kV, 60 kV and 138 kV was performed, with the Camera Termography equipment of which the values were processed in the Infrared Report Express software. Within the analysis of the current operating conditions of the power transformer and the feeders, digital modeling is performed by means of the digsilent software for the current state, the electrical parameters that were evaluated are chargeability, voltage levels, active power, apparent power, reactive power and current. In conclusion, the winding of 22.9 kV is in overload of 11.5397 ampere.

Keywords: Power substation, Power transformer, Charging, Voltage, Electric current intensity, Active, reactive and reactive power.

I. INTRODUCCIÓN

Los transformadores eléctricos de potencia son el eje principal para la distribución y transmisión de energía eléctrica. Por consiguiente, su condición es crucial para una operación confiable y sin problemas. Una falla puede tener serias consecuencias, por ejemplo; las sobrecargas resultantes en las secciones de la red pueden llevar a fallas de suministro y producción. por otro lado, si el transformador presentara fallas en su aislamiento, pueden producir gases que generarían arco eléctrico teniendo como consecuencia lesiones personales peligrosas e inmensos daños materiales y económicos.

La cargabilidad es un parámetro eléctrico. Portaelectricos (2019) define: “Límite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc.” (p.4).

En el presente proyecto de investigación se analizará y evaluará la cargabilidad transformador eléctrico de potencia de 20 MVA(mega volt ampere) y los alimentadores de 22,9 kV que se encuentra en la subestación Nueva Jaén para el desarrollo del proyecto primero brindaremos la fundamentación teórica básica en Subestación de potencia, transformador eléctrico de potencia y sus respectivos parámetros (voltaje, potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva, intensidad de corriente eléctrica, factor de potencia, etc.), seguidamente realizaremos un estudio de la subestación de potencia Nueva Jaén(NJA) ,los alimentadores NJA 201 , NJA 202 del devanado de 22,9 kV(kilo Volt).

Posteriormente efectuaremos el modelamiento digital en el software digsilent 15.1.7 el cual nos brindara información actual del sistema y los parámetros que se evaluarán en este programa es la cargabilidad, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, niveles de la fuerza electromotriz y la intensidad de corriente eléctrica.

Para finalizar con los resultados obtenidos evaluaremos la implementación de nuevas medidas preventivas, para prolongar la vida útil del transformador de potencia.

Según datos obtenidos por parte de la concesionaria eléctrica Electro Oriente S.A. En la actualidad la potencia activa que indica en los alimentadores NJA 201, NJA 202 suman un total de 3661,40 kW máxima durante el 01 de febrero del 2019, esto nos indica que el transformador de potencia de SEP Nueva Jaén existe un déficit en la ampliación de redes eléctricas para nuevos usuarios, lo que trae como consecuencia inconformidades en la población por no poder recibir el servicio.

Como antecedentes a esta investigación podemos hacer referencia a (Altamirano, 2013), quien desarrolló “Alternativas de Solución para el incremento de cargabilidad en líneas de transmisión del Sistema Eléctrico Nacional” tiene como objetivo principal realizar un estudio técnico comparativo de diferentes alternativas de solución para el problema de cargabilidad en líneas de transmisión, dentro de un enlace de la red eléctrica nacional. Se analizarán diferentes influencias que tienen cada una de las alternativas dentro del sistema eléctrico en estado estacionario, con el fin de determinar las mejoras que aportan cada una de las soluciones propuestas.

Champi y Marin (2016), elaboró un “Análisis y evaluación de cargabilidad del transformador de potencia de Chahuares y los alimentadores en 22.9 kV al año 2020”, la Convención – Cusco está enfocado a la necesidad de proponer, un análisis y una evaluación de cargabilidad del transformador de potencia y los alimentadores en media tensión de la subestación de potencia de Chahuares de la empresa ELSE S.A.A. El presente trabajo tiene como objetivo principal, mejorar el servicio de energía eléctrica y satisfacer las demandas futuras de energía en zonas rurales.

La investigación se justifica técnicamente dado que En el libro que ha publicado por Osinergmin (2016) indica que los sistemas eléctricos en el Perú han incrementado en los últimos 25 años por el aumento de demanda de energía eléctrica, lo que ha llevado a la necesidad de interconectarse a la red nacional ante esta problemática los sistemas de interconexión tienen que ser confiables para un buen servicio eléctrico a los distintos usuarios.

La cargabilidad es un parámetro que influye en el funcionamiento del transformador de potencia y también en las líneas de transmisión. Mesa (2010) indica que, la duración de la vida de un transformador se encuentra muy vinculada con la cargabilidad de ese transformador, partiendo de que la vida útil de un transformador se puede asimilar a la vida de su aislamiento sólido. Un transformador que funciona a regímenes de carga muy elevados verá reducida la vida de su aislamiento a un ritmo mucho más alto que un transformador que trabaja en regímenes de carga inferiores. Por lo descrito anteriormente en nuestra investigación realizaremos la cargabilidad en el transformador de potencia.

Los beneficios de nuestra investigación serán de gran ayuda para poder calcular la vida útil del transformador de potencia teniendo en cuenta la influencia de la cargabilidad y su vez nuestro estudio nos permitirá poder dar alternativas de solución las cuales permitirá brindar un mejor servicio eléctrico con mayor estabilidad.

II. OBJETIVOS

2.1.Objetivo General

Evaluar la cargabilidad del transformador de potencia (20 MVA) de la subestación Nueva Jaén y los alimentadores de 22,9 kV Jaén - Perú.

2.2.Objetivos específicos

- Identificar las cargas instaladas en los alimentadores NJAE 201 y NJAE 202 del devanado 22.9 kV.
- Determinar la máxima demanda y temperatura del devanado 22.9 kV
- Evaluar la influencia de sobrecarga en la vida útil del transformador de Potencia de la subestación de potencia Nueva Jaén.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Objeto de estudio

El presente trabajo tuvo como objeto de estudio a la Subestación de Potencia Nueva Jaén, administrada por ELECTRO ORIENTE S.A., una empresa que se dedica a la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, ubicada en el distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca cuya dirección fiscal es en la calle Mariscal Ureta 1750.

3.2. Materiales

Los materiales y equipos utilizados para la presente investigación son los siguientes:

3.2.1. Equipos

- Calculadora
- Laptop
- Casco
- Cámara fotográfica
- Cámara de Termografía
- GPS Garmin

3.2.2. Software

- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- Mendeley Desktop
- Software DigSILENT 15.1.7
- Infrared Report Express

3.2.3. Material de Campo

- Lapiceros
- Tabla de apuntes
- Libreta de apuntes

3.2.4. Materiales de gabinete

- Libros
- Útiles de escritorio

3.3. Metodología.

La investigación descriptiva. Namakforoosh (2005) define: “es una forma de estudio para saber quién, dónde, cuándo, cómo y porqué del sujeto del estudio. En otras palabras, la información obtenida en un estudio descriptivo, explica perfectamente a una organización del consumidor, objetos, conceptos y cuentas”. Esta investigación se hizo del tipo descriptiva, porque se buscó determinar la cargabilidad del transformador de 20 MVA, de la SE Nueva Jaén.

a. Población

SE Nueva Jaén

b. Tipo de investigación

Descriptiva

c. Diseño de la investigación

Campo y gabinete (No experimental)

Para el desarrollo metodológico de la presente investigación, se llevó a cabo una secuencia que comprende las siguientes fases:

- Identificación de las cargas instaladas en los alimentadores NJAE-201 y NJAE-202 del devanado 22.9 kV.
- Determinación de la máxima demanda y su temperatura del devanado 22.9 kV.
- Influencia de la sobrecarga en la vida útil del transformador de potencia.
- Evaluación de la cargabilidad del transformador 20 MVA de la SEP Nueva Jaén.

En la siguiente figura se observa las fases para la realización de esta investigación.

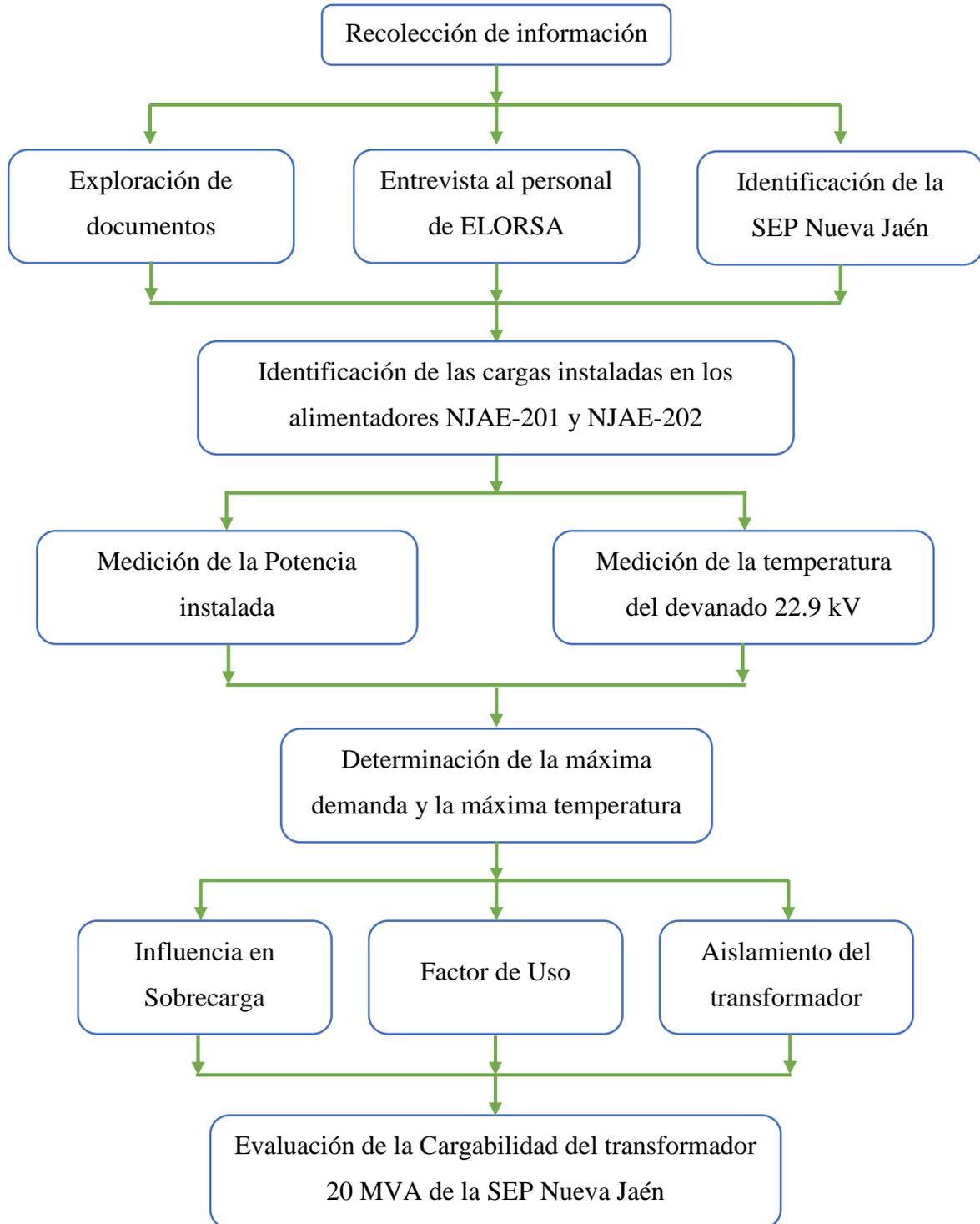


Figura 1. Fases del de la investigación

3.3.1. Recolección de información

3.3.1.1. Exploración de documentos

Se accedió a los expedientes digitales en referencia a la SEP Nueva Jaén, con la finalidad de encontrar informaciones relevantes que no sirva para nuestra investigación.

3.3.1.2. Entrevista al personal de ELORSA

Se realizó una entrevista con la Jefatura de Generación y Transmisión, Jefatura de Distribución y Jefatura de Proyectos y Obra, responsables de la comercialización y distribución de la energía eléctrica que abastece la SEP Nueva Jaén. El objetivo fue recolectar información y las experiencias acontecidas durante sus actividades dentro de ELORSA, y acerca de la situación actual del transformador de potencia 20 MVA.

3.3.1.3. Identificación del SE Nueva Jaén

Una Subestación eléctrica se puede definir como “interconexión de varios equipos eléctricos de alta y media tensión, que se pueden agrupar por tipos según la función que desempeña, como: elevadores, reductores o de enlaces, según eleven tensión, la reduzcan o simplemente interconecten partes de un sistema” (Enríquez Harper, 2005, pág. 273). Las subestaciones de eléctricas se pueden clasificar en SE pequeñas (10 MVA a 69 kV), SE medianos (20 MVA hasta 161 kV) y SE grandes (50-300 MVA, 230 kV y 400 kV).

El objeto de estudio, es una SE mediana de potencia 20 MVA y de tensión 138 kV.

La SEP se encuentra ubicado en el sector el Huito, del distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, como se muestra en la figura 2.

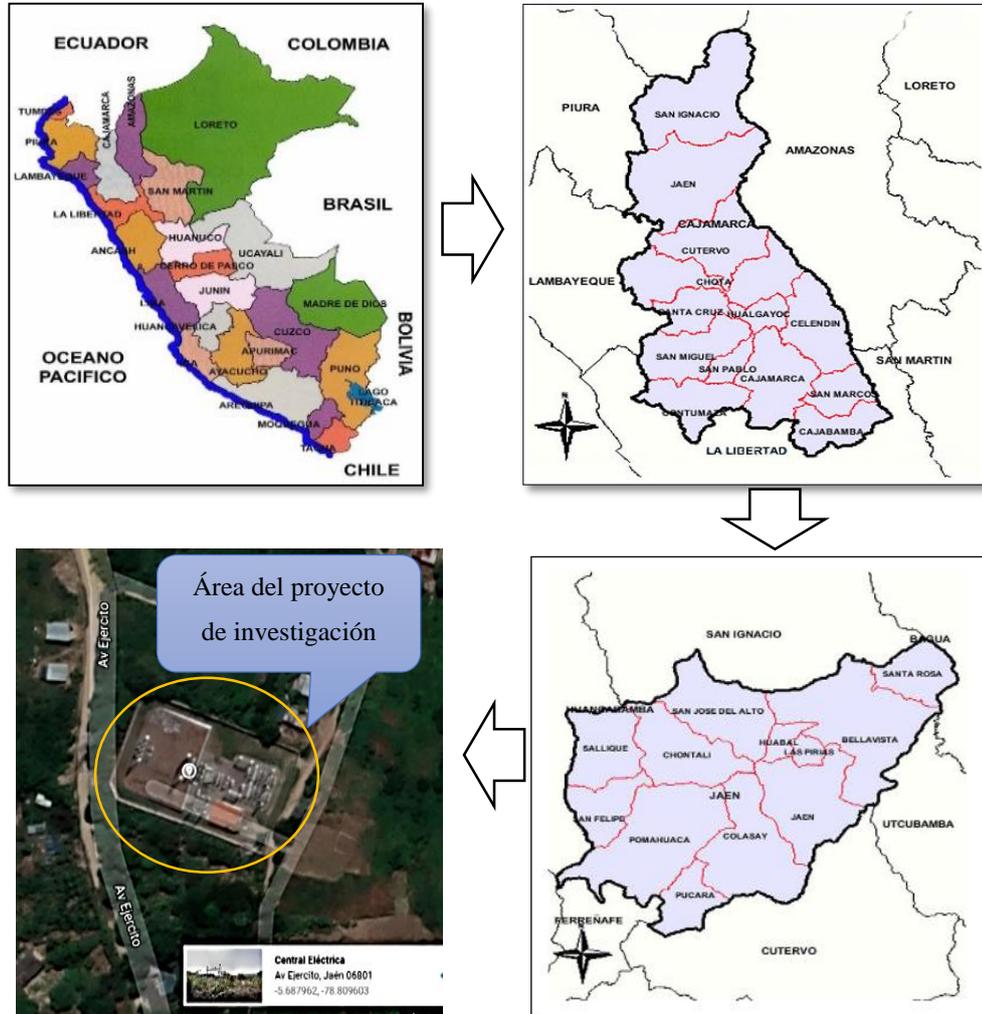


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio

Fuente: Google Maps

Se realizó primero la identificación de las instalaciones de la SEP Nueva Jaén, como el transformador de potencia 20 MVA, de acuerdo a la figura 3.

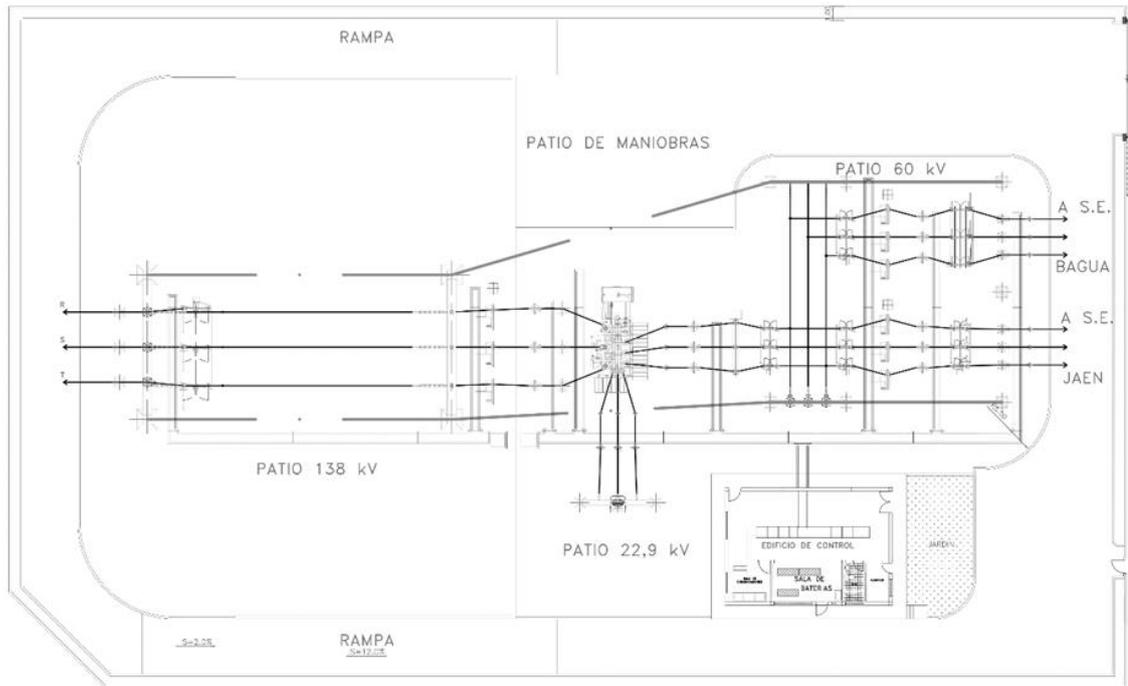


Figura 3. Instalaciones de la SEP Nueva Jaén

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

3.3.2. Identificación de las cargas instaladas en los alimentadores NJAE-201 y NJAE-202

Se realizó la identificación de los alimentadores del devanado 22.9 kV, las cuales son la NJAE 201 y la NJAE 202.

- La NJAE 201, alimenta al Centro Comercial Mega Plaza, Hospital General de Jaén, y algunos sectores (Urb. Las Flores, Urb. Los cocos, Urb. San Belisario) del distrito y provincia de Jaén.
- La NJAE 202, alimenta al Distrito de Bellavista, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca.

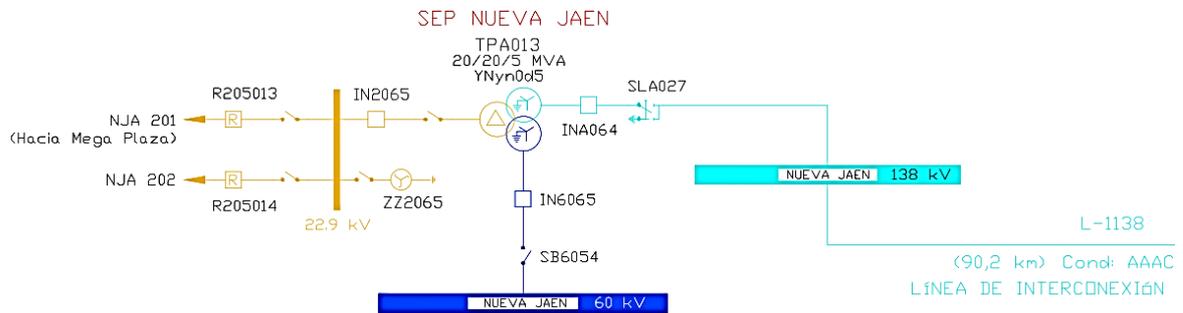


Figura 4. Diagrama unifilar de la subestación de potencia Nueva Jaén.

Fuente. Data Electro Oriente

En la figura 4, se muestra el diagrama unifilar, los ramales de entrada y salida del transformador 20 MVA, con su respectiva tensión de 138 kV, 60 kV y 22.9 kV. Asimismo, se muestra las cargas instaladas en los alimentadores NJAE-201 y NJAE-202, del devanado 22.9 kV.

Se determinó las cargas distribuidas en los alimentadores NJAE-201 y NJAE-202, como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1
Potencia distribuida de la NJAE 201 y NJAE 202 en (kWh)

	NJAE 201	NJAE 202
Enero	895698.7336	774786.578
Febrero	790103.7109	657666.193
Marzo	925864.2791	758107.545
Abril	930816.9245	690227.104
Mayo	957802.9091	677681.391
Junio	1024541.836	659162.526
Julio	1040143.606	737100.021

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

3.3.3. Determinación de la máxima demanda y temperatura

3.3.3.1. Determinación de la máxima demanda

Para determinar la máxima demanda, se obtuvieron las mediciones del medidor ION 760 del devanado 22.9 kV del transformador de potencia.

En la figura 5, se muestra los medidores de los devanados 22.9 kV, 60 kV y 138 kV, instalados en un tablero de control, la cual miden potencia aparente, activa, reactiva y amperaje.



Figura 5. Tablero de control

Las mediciones del medidor ION 7650, está programa para tomar lectura cada 15 minutos; se ha tomado lectura de los meses de enero hasta junio, posteriormente se ha determinado su máxima demanda (potencia activa y potencia aparente) de cada mes, como se muestra en la tabla 2 y en la tabla 3.

Tabla 2

Maxima demanda(potencia activa) en el devanado 22.9 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	MW
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	3.9
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	3.7
Marzo	19/03/2019 03:45:00.000 p.m.	3.7
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	3.8
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	3.8
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	4.99

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

Tabla 3

Maxima demanda(potencia aparente) en el devanado 22.9 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	MVA
Enero	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	5.4
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	4.0
Marzo	19/03/2019 12:00:00.000 p.m.	4.1
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	4.1
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	4.2
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	5.4

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

Para la confiabilidad del análisis se ha realizado las mediciones en los devanados de 60 kV de acuerdo a la tabla 4 y 5 y 138 kV de acuerdo a la tabla 6 y 7.

Tabla 4

Maxima demanda(potencia activa) en el devanado 60 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	MW
Enero	26/01/2019 08:00:00.000 p.m.	15.93
Febrero	18/02/2019 07:45:00.000 p.m.	15.73
Marzo	26/03/2019 07:45:00.000 p.m.	16.57
Abril	04/04/2019 07:15:00.000 p.m.	17.60
Mayo	11/05/2019 07:30:00.000 p.m.	17.73
Junio	22/06/2019 07:45:00.000 p.m.	18.44

Tabla 5

Maxima demanda(potencia aparente) en el devanado 60 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	MVA
Enero	09/01/2019 08:00:00.000 p.m.	19.09
Febrero	24/02/2019 07:45:00.000 p.m.	16.68
Marzo	17/03/2019 07:30:00.000 p.m.	17.25
Abril	04/04/2019 07:15:00.000 p.m.	18.20
Mayo	11/05/2019 07:30:00.000 p.m.	18.30
Junio	22/06/2019 07:30:00.000 p.m.	19.09

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

Tabla 6

Máxima demanda (potencia activa) en el devanado 138 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	MW
Enero	26/01/2019 08:00:00.000 p.m.	18.57
Febrero	18/02/2019 07:45:00.000 p.m.	17.87
Marzo	15/03/2019 07:45:00.000 p.m.	18.75
Abril	11/04/2019 07:30:00.000 p.m.	17.52
Mayo	29/05/2019 07:15:00.000 p.m.	18.62
Junio	30/06/2019 07:15:00.000 p.m.	18.45

Tabla 7

Máxima demanda (potencia aparente) en el devanado 138 kV del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	MVA
Enero	26/01/2019 08:00:00.000 p.m.	20.29
Febrero	24/02/2019 07:45:00.000 p.m.	20.05
Marzo	15/03/2019 07:45:00.000 p.m.	20.2
Abril	11/04/2019 07:30:00.000 p.m.	20.24
Mayo	29/05/2019 07:15:00.000 p.m.	20.04
Junio	30/06/2019 07:17:00.000 p.m.	20.03

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

3.3.3.2. Determinación de la máxima temperatura

Se realizó la medición de temperatura, mediante una cámara de termografía de la marca Guide, modelo D384M, como se muestra en la figura 5, en hora valle y hora punta, durante los meses de enero hasta junio.



Figura 6. Camara de Termografía

La cámara termografía Guide, a través de las emisiones infrarrojos del espectro electromagnético de los cuerpos detectados, forma imágenes luminosas visibles por el ojo humano.

Tabla 8

Características de la Camara de Termografía

Marca	Guide
Modelo	D384M
Uso	Industrial
Material	Medición Óptica
Estándar	Celsius/Fahrenheit
Visualización	Digital

Esta Cámara operan concretamente con longitudes de onda en la zona del infrarrojo térmico, la cual se consideran entre 33 μm y 14 μm . Permite ver la irradiación de un objeto o persona, la cual nuestra vista no puede ver.

3.3.3.3. Temperatura ambiente y su influencia en la carga

Cuando se diseña un transformador, es importante saber a qué temperatura ambiente va a operar, ya que esta se suma con las temperaturas que generan las cargas. Las capacidades del transformador se basan en un promedio de temperatura ambiente de 30 °C en un periodo de 24 horas.

Según las características del transformador estudiado, soporta temperatura promedio de 60 °C con enfriamiento ONAN.

3.3.3.4. Métodos de enfriamiento de los transformadores

En los transformadores de potencia, se debe considerar un método de enfriamiento empleado para disipar el calor que se genera durante su operación, debido a las pérdidas por efecto Joule (RI^2) y en el núcleo (Enríquez Harper, 2005, pág. 169).

Tabla 9
Métodos de enfriamiento en transformadores de potencia

Elemento refrigerante	Símbolo
Aceite mineral	O
Gas	G
Agua	W
Aire	A
Tipo de circulación	Símbolo
Natural	N
Forzada	F
Métodos de enfriamiento	Símbolo
Sumergido en aceite, con circulación natural e aire	OA
Sumergido en aceite con enfriamiento propio, con circulación de aire forzado	OA/FA
Sumergido en aceite con enfriamiento propio, con enfriamiento con aceite forzado-aire forzado	OA/FOA/FOA
Sumergidos en aceite, con enfriamiento por aceite forzado con enfriadores de aire forzado	FOA
Sumergidos en aceite, con enfriamiento de aceite forzado con enfriadores de agua forzada	FOW
Tipo seco con enfriamiento propio	AA
Tipo seco con enfriamiento por aire forzado	AFA
Tipo seco con enfriamiento propio y por aire forzado	AA/FA

Fuente: Enríquez Harper (2005)

El transformador estudiado, tiene enfriamiento ONAN, su medio de refrigeración (Aceite), tiene un punto de inflamación menor que o igual a 300 °C, con convección natural a través de equipos de refrigeración y arrollamiento enfriado por aire.

El transformador de potencia de la SEP Nueva Jaén, es de 20 MVA, la cual resulta difícil montar en el contorno de la cuba o tanque los suficientes radiadores para disipar de forma natural el calor producido por las pérdidas de energía. Por ello la empresa ELECTRO ORIENTE, está utilizando como apoyo, dos ventiladores que envían el aire refrigerante a través de los radiadores.



Figura 7. Ventilador instalado en los radiadores del transformador de potencia 20 MVA

Como se puede observar en la figura 6, el transformador de 20 MVA, de la SEP Nueva Jaén, tiene instalado un ventilador para apoyar a los radiadores, producto de que el nivel de temperatura es mucho mayor a la de su diseño.

Como se muestra en las tablas 10, 11 y 12, se ha tomado la máxima temperatura de los devanados 22.9 kV, 60 kV y 138 kV de cada mes, pero sin salir de nuestro objeto de estudio.

Tabla 10

Máxima temperatura del devanado 22.9 kV, del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	Temperatura (°C)
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	58.4
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	59.3
Marzo	19/03/2019 03:45:00.000 p.m.	58.6
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	56.2
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	59.8
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	60.4

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

Tabla 11

Máxima temperatura del devanado 60 kV, del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	Temperatura (°C)
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	57.04
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	58.4
Marzo	19/03/2019 03:45:00.000 p.m.	59.22
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	59.3
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	59.32
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	60.4

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

Tabla 12

Máxima temperatura del devanado 138 kV, del transformador de potencia 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	fecha / hora	Temperatura (°C)
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	60.24
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	59.45
Marzo	19/03/2019 03:45:00.000 p.m.	61.04
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	59.8
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	60.04
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	60.24

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

3.3.4. Influencia de sobrecarga en los transformadores de potencia

Nuestro estudio está basado en transformadores de potencia inmersos en aceite mineral y otros aceites de aislamiento de hasta máximo 100 MVA, señalado en la placa del transformador de identificación según la norma ANSI/IEEE C57.92.1981.

Las cargas que excedan el nivel de las especificaciones de placa, implica un grado de riesgo. A continuación, detallamos los riesgos en consideración cuando se carga el transformador de potencia por encima del nivel especificado en la placa.

- Producto de las elevadas temperaturas en el aislamiento el bobinado y de los conductores terminales, se crean gases la cual hacen peligrar a la integridad dieléctrica.
- Cuando se opera a elevadas temperaturas se reduce la resistencia mecánica de la estructura del transformador como la resistencia de aislamiento del conductor. Esto sucede durante los periodos de sobre corriente.
- Se produce expansión térmica de conductores, materiales aislantes, y deformación en partes estructurales que pueden producir fallas mecánicas o dieléctricas.
- Las corrientes que están sobre el nivel especificado en la placa del transformador, originan que la presión acumulada en los bushing, proceda a filtrar/goteo de empaquetaduras, pérdida de aceite, y posteriormente una falla dieléctrica.
- De acuerdo a la norma IEEE Std. C57.12.00-1993, cuando la temperatura en la parte superior del aceite excede los 105 °C, existe el riesgo de que la expansión del aceite sea mayor que la capacidad contenedora del tanque y pueda tener como resultado una presión que ocasione que entre en operación el dispositivo de desahogo de presión expulsando al aceite.

3.3.5. Factor de Utilización

El factor de utilización viene hacer la relación entre la máxima demanda de un sistema y la capacidad nominal del sistema.

En este caso el transformador de potencia, tiene como características 20/20/5 MVA, quiere decir 20 MVA en AT, 20 MVA en MT y 5 MVA en BT. Para determinar el factor de utilización, se realizó la siguiente ecuación 1.

$$fu = \frac{\text{máx demanda}}{\text{Capacidad nominal}} \quad (1)$$

Reemplazando los valores de la máxima demanda, 5.4 MVA y la capacidad nominal, 5 MVA, en la ecuación 1. Se obtuvo que el factor de utilización es 1.08, teniendo así que en el lado de 5 MVA en BT está sobre pasando un 0.08% su capacidad nominal.

3.3.6. Aislamiento del transformador

La vida útil del transformador de potencia depende principalmente del sistema de aislamiento, el cual está formado a su vez por diferentes materiales aislantes. Las características del aislamiento son afectadas por la geometría de los electrodos, composición de los materiales dieléctricos y los gradientes de temperatura, por lo tanto, para la selección de materiales aislante se requiere de una confirmación experimental; para que el sistema aislante diseñado dé como resultado factores de seguridad, que sean satisfactorios para garantizar la confiabilidad del equipo o máquina.

Los principales materiales utilizados como aislantes para un transformador son básicamente el aceite y papel aislante, de altas características rígidas dieléctricas; y en menores proporciones se utilizan las maderas, vidrios, la porcelana, el silicón y el hexafloururo de azufre.

En la siguiente tabla, se muestra la clasificación de los aislamientos y su límite de temperatura de acuerdo al IEEE.

Tabla 13

Clasificación IEEE, para clase de aislamiento y temperatura límite °C

Clase de aislamiento	Temperatura límite °C
O	90
A	105
B	130
F	155
H	180
C	220

Fuente: Enríquez Harper (2005)

Existen diferentes pruebas periódicas que se le puede realizar al aceite dieléctrico, entre ellos tenemos: Físico Químicas, Cromatográficas, Análisis de furanos, Detección de PCB. En nuestra investigación, se ha obtenido información acerca del análisis Cromatográficas, la cual puede ser realizado al aceite del transformado de potencia de 20 MVA.

3.3.6.1. Análisis Cromatográficas

Siendo el aceite dieléctrico el componente principal de aislamiento del transformador, el Análisis de Gases Disueltos (DGA), es la herramienta más potente para evaluar el estado de transformadores eléctricos en servicio. Tradicionalmente, este análisis se realiza mediante Cromatografía de Gases (GC), pero su utilización requiere varios pasos: calibración del cromatógrafo de gases, extracción de los gases disueltos y análisis del material extraído, cada uno de ellos con sus propios errores e incertidumbres según IEEE:

- Punto de Anilina
- Color
- Punto de inflamación
- Tensión interfacial
- Viscosidad
- Examen visual de color
- Rigidez dieléctrica

- Factor de pérdidas
- Contenido de gases
- Sulfuros corrosivos
- Número de neutralización
- Contenido de inhibidor
- Contenido de humedad
- Compuestos furánicos

Es importante, para el seguimiento del proceso de degradación del aceite el monitoreo de las siguientes variables fisicoquímicas como la tensión interracial, número de neutralización, contenido de partículas y tasa de decaimiento del inhibidor (si el aceite es inhibido) facilitan la detección de elementos contaminantes polares subproducto de la misma degradación del aceite o de contaminantes externos.

Lista de gases que podemos encontrar en este dentro del transformador son mostrados en los siguientes tres (03) grupos:

Tabla 14 *Lista de gases*

Familia de Gases	Nomenclatura	Fórmula
Hidrógeno e Hidrocarburos	Metano	CH₄
	Etano	C₂H₆
	Etileno	C₂H₄
	Acetileno	C₂H₂
	Hidrógeno	H₂
Óxidos de Carbono	Monóxido de Carbono	CO
	Dióxido de Carbono	CO₂
Gases no ocasionan fallas	Oxígeno	O₂
	Nitrógeno	N₂

Fuente: Recuay (2011)

Para obtener el reporte de un análisis Cromatográficas, se envían muestras anualmente a una entidad encargada del servicio de análisis y es en concordancia con mantenimiento predictivo.

Tomada una muestra del aceite del transformador, se separan los gases contenidos en la misma y luego son introducidos en un cromatógrafo que

permite separar e identificar los componentes de la muestra. En base a los tipos de gases obtenidos y a su proporción, se puede predecir el tipo de falla, su temperatura y tipo de material en descomposición.

Para la Valoración Cromatográficas de un aceite en estudio donde el valor es 100% para la sustancia pura, y no se especifica una desviación estándar relativa máxima, se calcula la %RSD (Requisitos para Desviación Estándar Relativa), con la ecuación 2.

$$\%RSD = \frac{kB\sqrt{n}}{t_{9096;n-1}} \quad (2)$$

donde se cuenta con una constante “k”, la cual es considerada k=0,349; la cual es unificada después de seis inyecciones para B = 1; B es el límite superior provisto de la definición de la cromatografía individual menos 100%; “n” es el número de inyecciones repetidas de la sustancia de referencia (3 ≤ n ≤ 6); y $t_{9096;n-1}$ es el valor t del nivel de probabilidad de contaminación; permitiéndonos así Requisitos para Desviación Estándar Relativa.

Tabla 15 *Numero de Inyecciones Individuales*

Número de Inyecciones Individuales				
	3	4	5	6
B (%)	RSD Máxima Permitida (Contaminantes)			
2,0	0,41	0,59	0,73	0,85
2,5	0,52	0,74	0,92	1,06
3,0	0,62	0,89	1,10	1,27

Fuente: Recuay (2011)

Resulta indispensable a lo largo de todo el procedimiento Cromatográficas cumplir con los criterios de adecuabilidad del sistema y resultados. Si se sobrepasa los valores permitidos, se tomará tal cual los valores indicando que el transformador ya no cuenta con garantías para seguir en servicio.

3.3.7. Analizar los parámetros como niveles de voltaje, potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva e intensidad de corriente eléctrica. Evaluar la influencia de sobrecarga en la vida útil del transformador de Potencia de la subestación de potencia Nueva Jaén.

3.3.7.1. Intensidad de corriente eléctrica en el transformador de potencia.

La intensidad de corriente eléctrica es una unidad de medida fundamental y su unidad es el Ampere(A) podemos definir a la corriente eléctrica como la circulación de cargas eléctricas en un circuito eléctrico en un periodo de tiempo.

Nuestra estimación de Intensidad de corriente eléctrica es, resuelta de la ecuación 3.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \phi} \quad (3)$$

Donde:

I : Intensidad de corriente eléctrica(A)

P : Potencia activa(W)

V : Voltaje(V)

cos ϕ : Factor de potencia

3.3.7.2. Potencia Activa

Es la que se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos. Su unidad de medida en el watt (W).

3.3.7.3. Potencia Aparente

Es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como la suma vectorial de las potencias activa y su unidad de medida es el volt ampere (VA).

3.3.7.4. Voltaje

Uno de los parámetros eléctricos principales, para poder estudiar la cargabilidad en un transformador de potencia, es el voltaje.

(Reyes, 2015) se refiere al voltaje como la fuerza (magnitud física) que impulsa a los electrones a través de un conductor en un circuito cerrado, esto para que los electrones sean capaces de llegar a un punto determinado.

Hemos aplicado la ecuación 1 y se ha obtenido las siguientes tablas.

Aplicando la ecuación 3, obtenemos los siguientes datos descritos en las tablas 16, 17 y 18.

Tabla 16

Intensidad de corriente eléctrica (A) – 2019 del transformador 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA del devanado 22.9 kV

Mes	Fecha/Hora	MW	MVA	A
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	3.9838	4.3786	110.3952
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	3.7746	4.0475	102.0479
Marzo	19/03/2019 03:45:00.000 p.m.	3.7863	4.0703	102.6238
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	3.8184	4.1362	104.2835
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	3.8495	4.2603	107.4138
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	4.9992	5.4592	137.6397

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

Tabla 17

Intensidad de corriente eléctrica (A) – 2019 del transformador 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA del devanado 60 kV

Mes	Fecha/Hora	MW	MVA	A
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	15.9367	16.6898	160.6020
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	15.7354	16.3579	157.4083
Marzo	19/03/2019 03:45:00.000 p.m.	16.5780	16.9737	163.3347
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	17.6099	18.2087	175.2189
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	17.7342	18.3038	176.1337
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	18.4478	19.0902	183.7010

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

Tabla 18

Intensidad de corriente eléctrica (A) – 2019 del transformador 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA del devanado 138 kV

Mes	Fecha/Hora	MW	MVA	A
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	18.57	20.2905	84.8920
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	17.87	19.2501	80.5388

Fuente:.. Data Electro Oriente S.A.

3.3.7.5. Potencia reactiva en el transformador de potencia.

Es la potencia que necesitan las bobinas y los condensadores para generar campos magnéticos o eléctricos, pero que no se transforma en trabajo efectivo, sino que fluctúa por la red entre el generador y los receptores.

Su unidad de medida es el volt ampere reactivo (VAr).

Tabla 19

Potencia reactiva (MVarh) en el devanado 22,9 kV del transformador 138/60/22.9 kV – 20/20/5 MVA

Mes	Fecha/Hora	MVarh
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	1.8169
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	1.4611
Marzo	19/03/2019 03:45:00.000 p.m.	4.0280
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	1.5900
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	1.8254
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	2.1934

Fuente. Data Electro Oriente S.A.

La energía reactiva deriva en un exceso de carga eléctrica de las líneas.

Dicha energía, además no deriva en un trabajo útil por lo que podemos afirmar que se convierte en una pérdida de gasto energético.

IV. RESULTADOS

Para determinar la cargabilidad del transformador, se siguió los siguientes pasos:

3.4. Mediciones de temperaturas del transformador

Se realizó las mediciones mediante la cámara de termografía, como se muestran en las imágenes. Las tomas se dieron durante los meses de enero hasta junio, con la finalidad de que nuestra investigación sea más confiable.



Figura 8. Toma de medición del transformador de potencia – hora 13:00 horas



Figura 9. Toma de medición del transformador de potencia – hora 20:00 horas

Como resultados de estas mediciones, de las tablas 10, 11 y 12, encontradas anteriormente, obtuvimos la siguiente información como se muestran en las tablas.

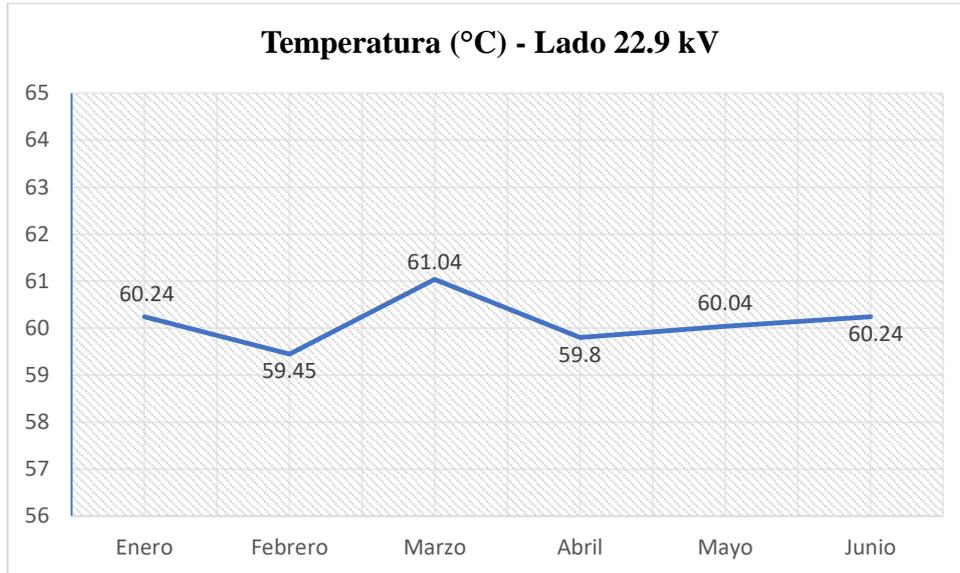


Figura 10. Grafico de temperatura – mes del devanado 22.9 kV

En la figura 9, se muestra la temperatura del devanado 22.9 kV, y en comparación del mes de enero y junio, la temperatura se ha elevado, unas de las causas pueden ser por las cargas instaladas que tiene que alimentar en el devanado. Cabe indicar que dicho transformador en estudio, tiene una temperatura promedio de 60 °C, y al ver la figura en el mes de junio, tiene una temperatura de 60.4 °C, por lo indicado, su temperatura es mas de como se muestra en la placa del transformador.

Así mismo se ha realizado para los otros dos devanados de 60 kV y de 138 kV, como se muestras en las siguientes figuras 11 y 12.

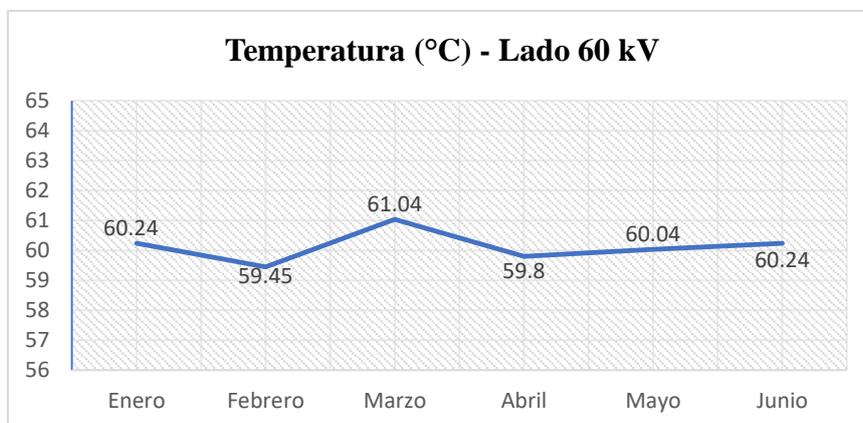


Figura 11. Grafico de temperatura – mes del devanado 60 kV

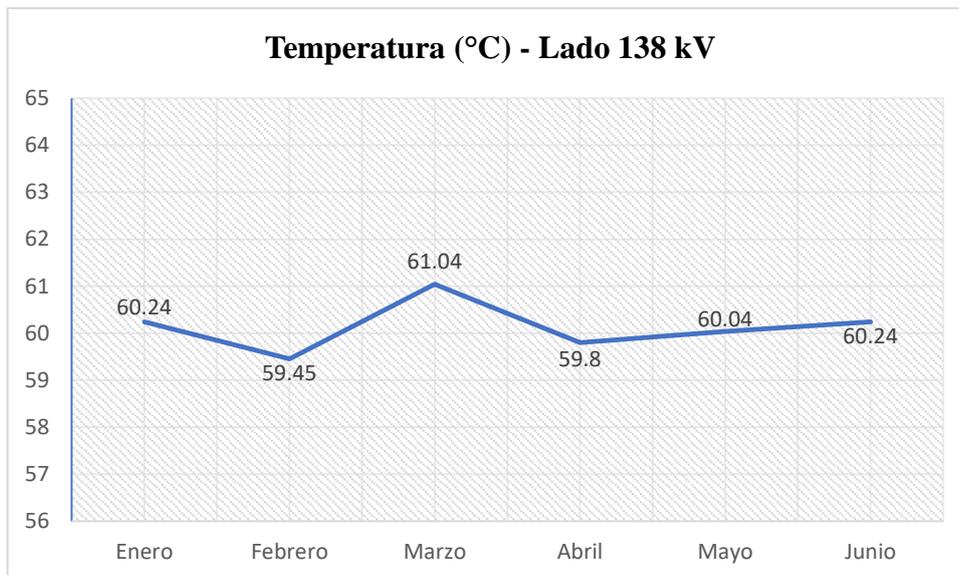


Figura 12. Grafico de temperatura – mes del devanado 138 kV

Posteriormente estas temperaturas eran comprobadas mediante el programa Infrared Report Express V 1.9.9.0. de la misma cámara de termografía, como se muestra en la figura 13.

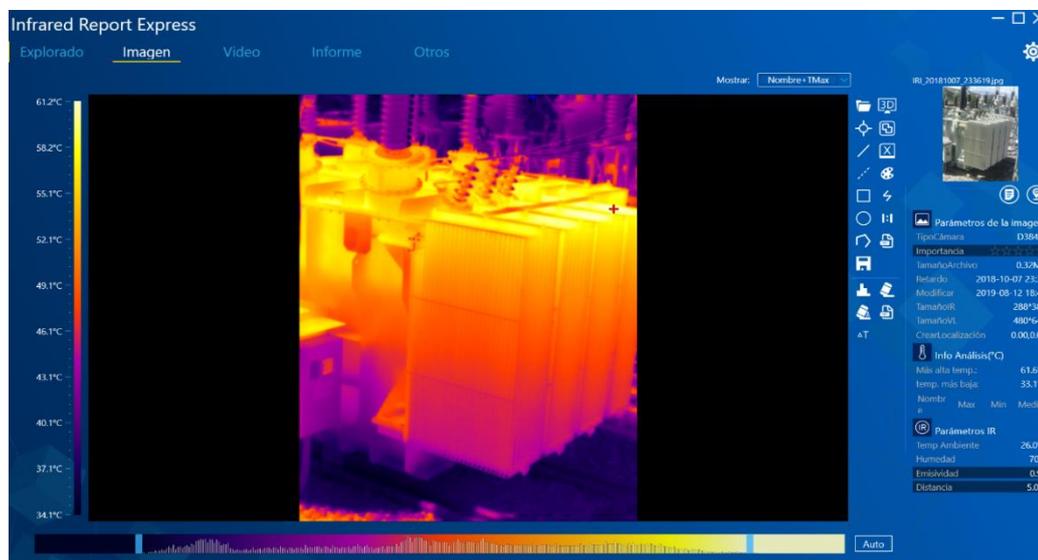


Figura 13. Programa Infrared Report Express V 1.9.9.0.

En la figura 13, nos muestra el comportamiento del programa, por lo general sirve para hallar la temperatura en cualquier punto de transformador. Según los colores, el color amarillo se tiene una máxima temperatura, de color amarillo con naranja, se tiene temperatura promedio y de color azul y morado son las pequeñas temperaturas.

3.5. Comportamiento del transformador simulado en DigSILENT.

Se realizó la modelación de la carga del devanado 22.9 kV del transformador de potencia, según su máxima demanda del mes de Julio, en el programa Digsilent 15.1.7. los procesos que se siguió son los siguientes:

Se abrió el Programa DigSILENT PowerFactory 15.1.7, posteriormente se creó un nuevo proyecto, como se muestra en la figura 14.

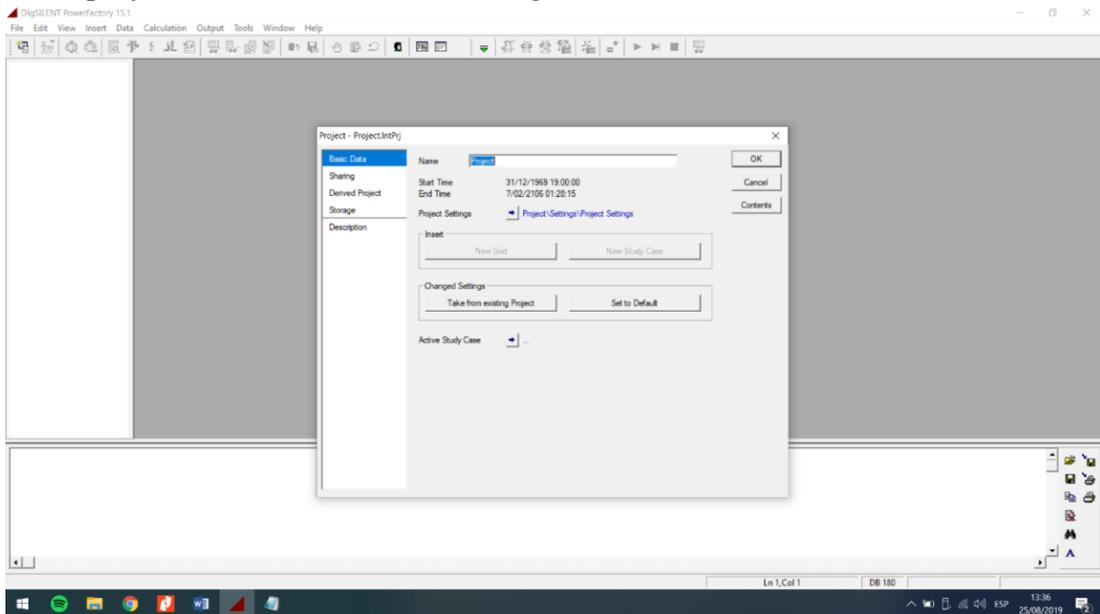


Figura 14. Programa DigSILENT 15.1.7.

En la parte derecha de la pantalla se seleccionó la simbología del transformador, después se introdujo las características de la placa del transformador de potencia de 20 MVA estudiado, como se muestra en la figura 15.

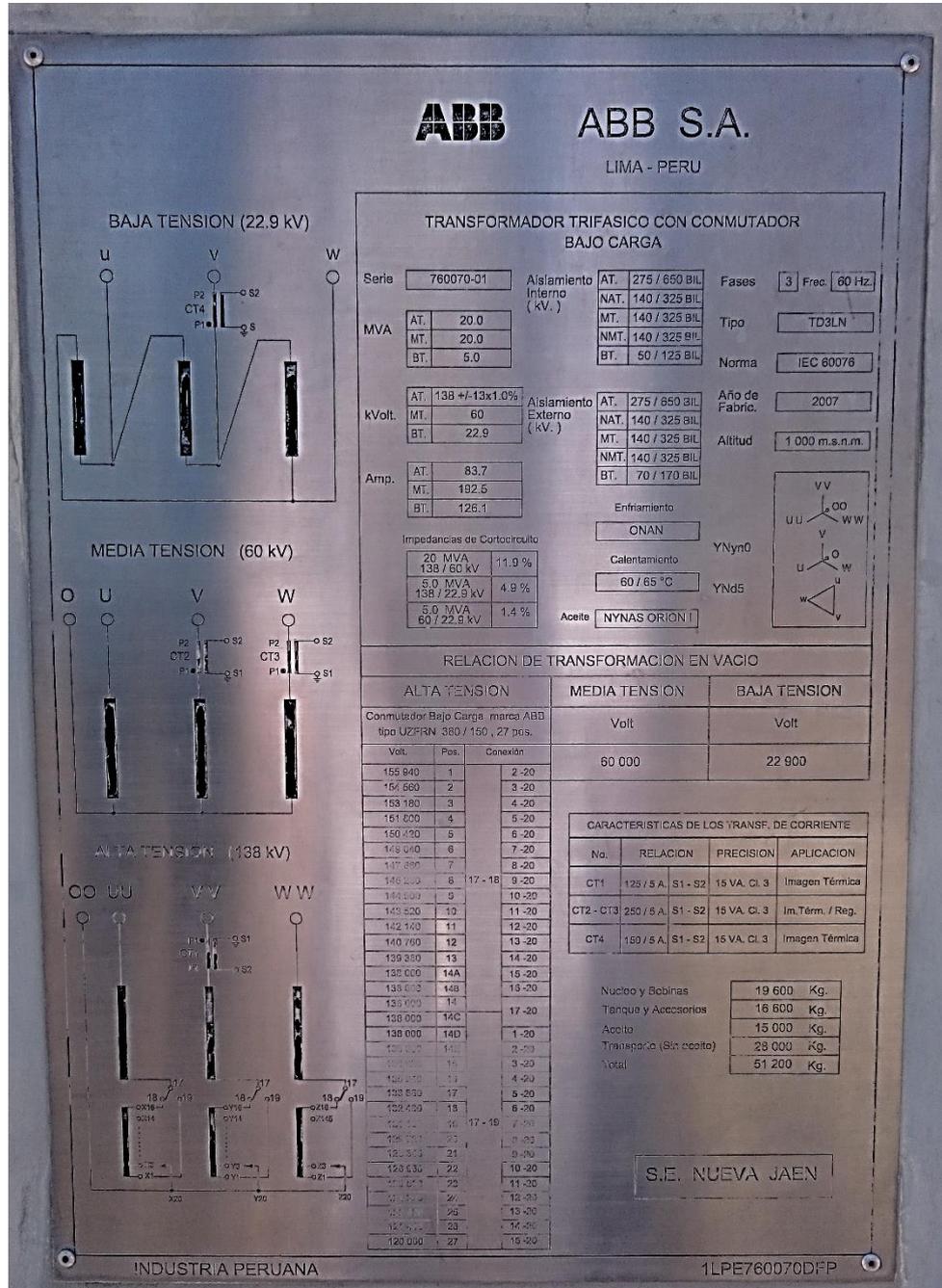


Figura 15. Placa del transformador de SEP Nueva Jaén

En figura 16 se muestra las características del transformador de 20 MVA.

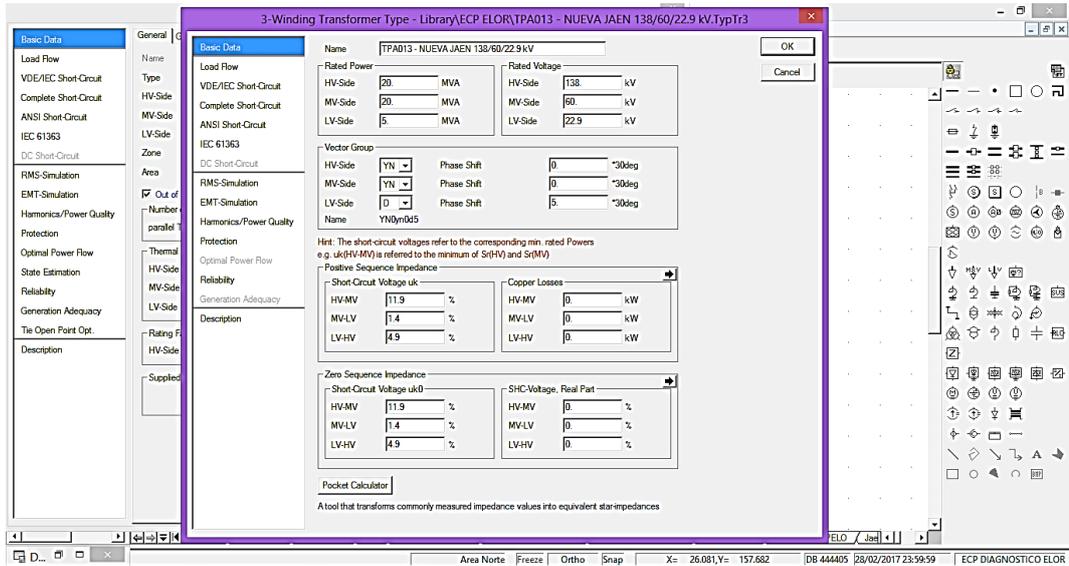


Figura 16. Configuración de las características del transformador

Luego agregamos las cargas instaladas de los devanados 138 kV, 60 kV, 22.9 kV, pero teniendo como objeto de estudio el devanado 22.9 kV, la cual en este agregó su máxima demanda del mes de junio, como se muestra en la tabla 20 y 21.

Tabla 20

Maxima demanda (potencia activa) en el devanado 22.9kV

Transformador : 138/60/22.9 kV - 20/20/5 MVA		
S.E. Nueva Jaén Lado 22.9 kV		
Mes	fecha / hora	MW
Enero	08/01/2019 11:30:00.000 a.m.	3.9
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	3.7
Marzo	19/03/2019 03:45:00.000 p.m.	3.7
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	3.8
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	3.8
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	4.9

Tabla 21

Maxima demanda (potencia aparente) en el devanado 22.9kV

Transformador : 138/60/22.9 kV - 20/20/5 MVA		
S.E. Nueva Jaén Lado 22.9 kV		
Mes	fecha / hora	MVA
Enero	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	5.4
Febrero	07/02/2019 04:00:00.000 p.m.	4.0
Marzo	19/03/2019 12:00:00.000 p.m.	4.1
Abril	22/04/2019 12:00:00.000 p.m.	4.1
Mayo	22/05/2019 11:00:00.000 a.m.	4.2
Junio	18/06/2019 03:30:00.000 p.m.	5.4

Se simulo con las cargas de la demanda máxima actuales del mes de junio, y se verifico que el transformador trabaja a un 136%, teniendo un exceso de 36% de sobre carga de su capacidad límite.

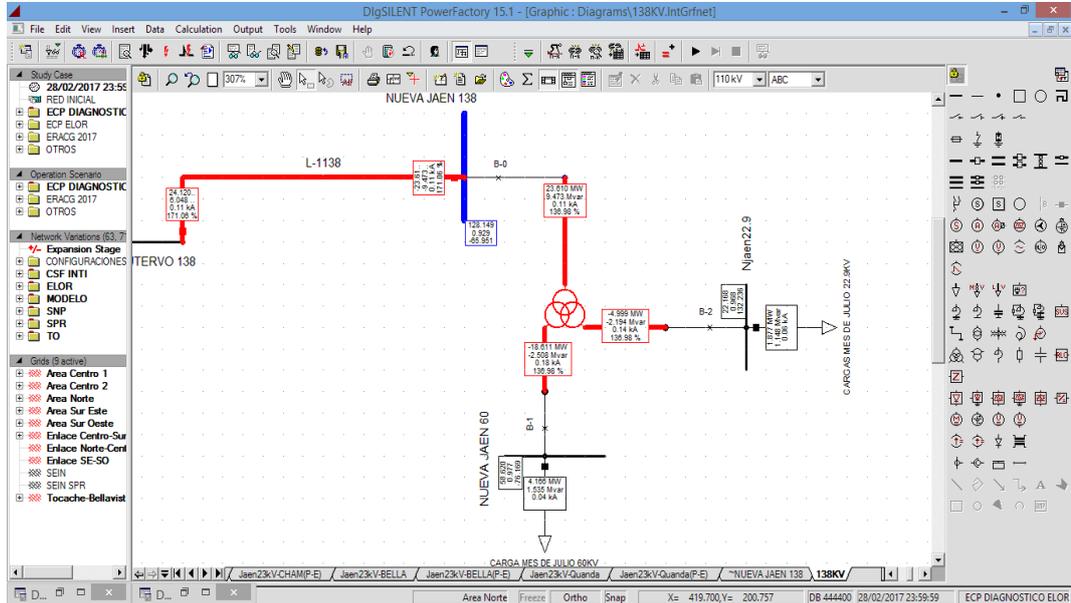


Figura 17. Diagrama de flujo con carga actualizada.

Como se observa en la figura 17, aparece las líneas de color Rojo, la cual se interpreta que el transformador está con sobrecarga, teniendo como consecuencia la reducción de su vida útil. Como resultado apreciamos que el transformador se encuentra trabajando al límite de sus valores de diseño.

Finalmente comparando la placa de diseño del transformador de 20 MVA de la SEP Nueva Jaén y con los resultados obtenidos durante nuestra investigación. Se determina que el devanado 22.9 kV del transformador estudiado, está trabajando a su carga límite, del mismo que su máxima demanda es de 4.2 MVA en el mes de junio, siendo su potencia de diseño 5 MVA según como se indica en su placa. Teniendo todo esto en consideración los efectos de estas cargas mencionadas anteriormente podrían dañar el transformador, siendo así que afectaría económicamente y socialmente.

3.6. Intensidad de corriente Eléctrica(Cargabilidad).

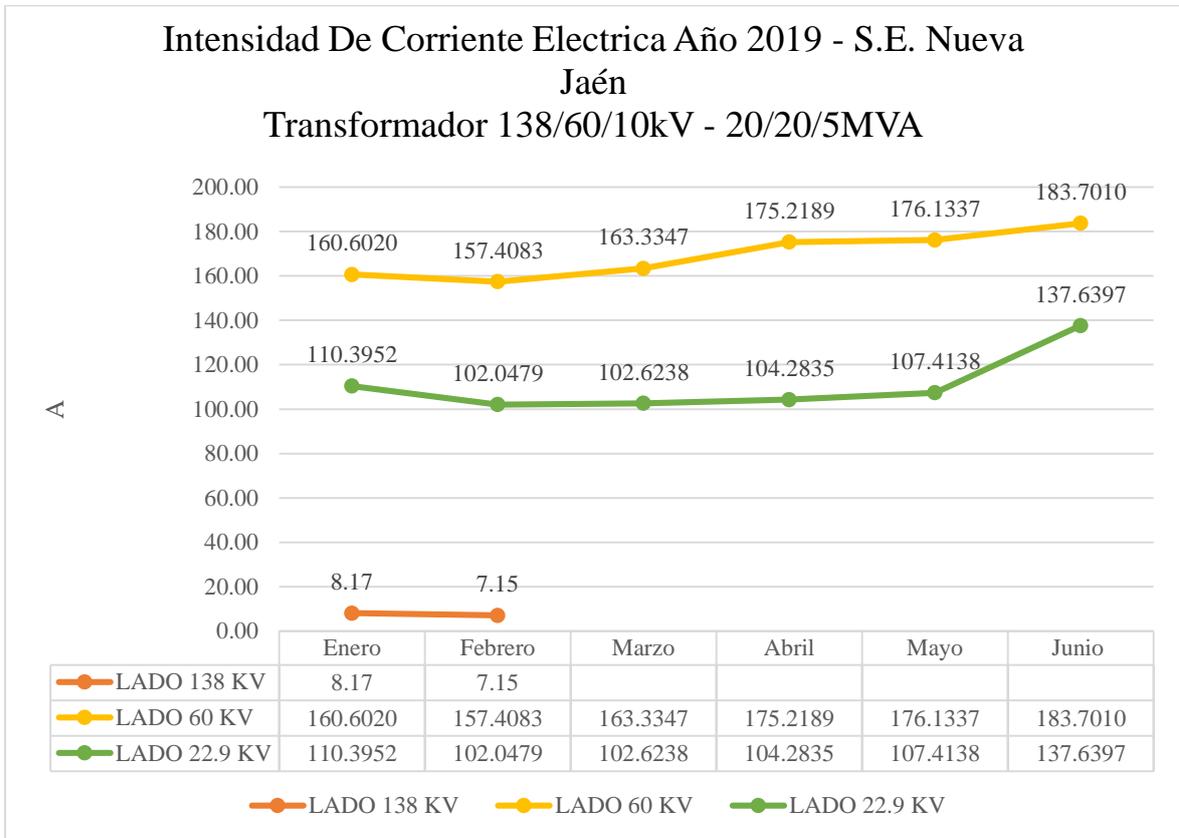


Figura 18. Intensidad de corriente eléctrica.

La potencia Aparente en el transformador se obtiene del medidor trifásico. En comparación con sus valores de diseño, los valores actuales están elevados.

Tabla 22
Diferencia de cargabilidad

	Actual A	Diseño A	Diferencia A
138 kV	8.17	83.7000	75.5299
60 kV	183.7010	192.5	8.7990
22.9 kV	137.6397	126.1	-11.5397

La cargabilidad en el lado de 22,9 kV esta sobre los valores de diseño del transformador de Potencia.

V. DISCUSIÓN

- Con los resultados de la cargabilidad se pudo determinar el estado actual del transformador de potencia 20 MVA, y las brechas existentes para lograr el nivel de calidad deseado y lograr la continuidad del servicio eléctrico. A partir de las lecturas del medidor trifásico ION 7560, se trazaron estrategias para reducir las sobrecargas y manifestar los efectos que causan estos. Según Recalde Rojas (2004), concluyeron que el factor de uso no indica el estado de carga de los transformadores, pues un factor de utilización alto, no implica que el elemento ese sobrecargado.
- Los reportes de la simulación en el programa DigSILENT PowerFactory 15.1.7. nos demostró que, en los perfiles de voltaje y corriente y potencia, nos dieron resultados con valores que sobrepasan de sus capacidades de diseño. Según Lucia (2014), obtuvieron sus reportes de la simulación con el programa Cymdist, la cual nos da otra alternativa para mejorar y dar mayor confiabilidad a nuestros resultados.
- La información brindada por la Empresa ELECTRO ORIENTE, y personal técnico capacitado, nos ayudó a tener una mejor perspectiva sobre la cargabilidad del transformador. Según Recalde Rojas (2004), indica que realizaron entrevistas y encuestas a los ingenieros de la EEASA, la cual les ayudo a tener una mejor perspectiva del objetivo principal.
- SEP Nueva Jaén cuenta solamente con un transformador de potencia, que presta el servicio eléctrico, de fallar éste, para subsanar la falla es casi incalculable el tiempo de demora para restablecer el servicio, teniendo bajo índice de fiabilidad y apoyo ante cualquier contingencia.

- La fiabilidad y apoyo de contingencia en una subestación con un solo transformador no será capaz de prestar servicio si el transformador falla. Por el contrario una subestación con cuatro transformadores similares puede proporcionar un servicio completo durante la pérdida de uno, al aumentar las cargas en los transformadores restantes a 133%, sobrecarga que puede soportar la mayoría de transformadores durante pocas horas antes del sobrecalentamiento; por supuesto, una subestación de cuatro transformadores tendrá aproximadamente cuatro veces más probabilidades de tener un solo transformador fuera de servicio, pero en general es mucho menos probable de experimentar un fracaso completo de servicio, debido a la pérdida de los transformadores. (Cajamarca y Sigua, 2010).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo estudiado, se puede concluir lo siguiente:

1. El Transformador de Potencia y el alimentador de 22,9 kV de la subestación de potencia Nueva Jaén, se encuentra trabajando sobre su capacidad máxima de diseño, mostrada en su placa del transformador.
2. La temperatura máxima calculada en su hora punta es de 61,6 °C para el devanado de 22,9 kV, la temperatura máxima calculada en su hora punta es de 61,2 °C para el devanado de 60 kV y la temperatura máxima calculada en su hora punta es de 58,4 °C para el devanado de 138 kV.
3. Un transformador llega al final de su vida cuando es incapaz de llevar a cabo su función: ser un enlace fiable entre las distintas partes de un sistema de potencia que están a diferentes niveles de tensión. Por lo general, un transformador de potencia es un dispositivo muy fiable que está diseñado para lograr una vida útil superior a los 30-40 años a temperaturas de funcionamiento comprendidas entre 65 °C y 95 °C. En conclusión, el transformador de potencia puede durar muchos años más de vida.
4. El modelamiento de la Sub estación de potencia Nueva Jaén y los alimentadores de 22,9 kV en el programa digsilent 15.1.7. se concluyó que el transformador de potencia está sobredimensionado.

RECOMENDACIONES

Es importante considerar las siguientes recomendaciones:

1. El estado de operación de los transformadores de potencia se la hizo basándose en su vida útil del transformador. Comparando los resultados obtenidos, se concluye que el factor no indica el estado de carga de los transformadores.
2. Realizar un estudio que determine la tasa anual de crecimiento real de la demanda que alimenta el transformador de potencia 20 MVA, pues esta influye significativamente en su sobredimensionamiento.
3. Considerando 10 años de funcionamiento, a partir de la fecha de instalación de los transformadores, para la determinación del estado de carga, se determinó que el transformador de potencia 20 MVA está sobrecargado.
4. Se recomienda trabajar con la tasa de crecimiento poblacional, proyectándose a 20 años, para tener resultados más confiable sobre la cargabilidad del Transformador de Potencia 20 MVA.
5. Recomendamos realizar pruebas del aceite del transformador, como el análisis cromatógrafo, la cual es el estudio de gases del aceite a consecuencia de las elevaciones de temperatura, dicho análisis evaluará el estado del transformador eléctrico en servicio mediante los pasos de calibración del cromatógrafo de gases, extracción de las bases disueltas y análisis del material extraídos.
6. Se recomienda realizar el diseño y simulación completo de toda la Sub estación de potencia Nueva Jaén en el software digsilent 15.1.7, para poder mejorar el sistema eléctrico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, P. F. C., y Garzón, J. G. M. (2013). *Análisis de la vida útil del transformador de potencia en régimen de explotación. Aplicación al sistema de transmisión ecuatoriano* (Escuela Politécnica Nacional). Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5924>
- Altamirano, M. del R. S. (2013). *Alternativas de solución para el incremento de cargabilidad en líneas de transmisión del sistema eléctrico nacional* (Universidad Nacional Autónoma de México). Retrieved from <http://www.remeri.org.mx/portal/REMERI.jsp?id=oai:tesis.dgbiblio.unam.mx:000698215>
- Champi, R., y Marin, F. (2016). *Análisis y evaluación de cargabilidad del transformador de potencia e Chahuares y los alimentadores en 22,9 kV al año 2020, La Convención Cusco*.
- EcuRed. (2013). Potencia eléctrica - EcuRed. Retrieved May 21, 2019, from https://www.ecured.cu/Potencia_eléctrica
- EcuRed. (2015). Arco eléctrico - EcuRed. Retrieved May 23, 2019, from https://www.ecured.cu/Arco_eléctrico
- Mesa, J. L. A. (2010). *Estudio de la capacidad de carga segura en transformadores de potencia*. Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior.
- Osinermin. (2016). *La Industria de la electricidad en el Perú* (Primera). Retrieved from http://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinermin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf
- Portaelectricos. (2019). Portaelectricos - RETIE Definiciones. Retrieved May 20, 2019, from <https://www.portaelectricos.com/retie/cap1art3.php>
- Reyes, L. A. de la C. (2015). ¿Que es Voltaje? Definición y Características - IngenieríaElectrónica. Retrieved May 21, 2019, from <https://ingenieriaelectronica.org/que-es-voltaje-definicion-y-caracteristicas/>
- Rodriguez, J., y Orejuela, V. (2013). *Modelo computacional para determinar el nivel óptimo de cargabilidad de los transformadores de potencia del sistema nacional interconectado. I*. Retrieved from

https://www.academia.edu/8308760/Modelo_computacional_para_el_cálculo_de_la_cargabilidad_de_transformadores

Viqueira, J. (2010). *Sistema Eléctrico de Potencia*. 1–18. Retrieved from <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/293/A4.pdf?sequence=4>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Sub estación Nueva Jaén



Anexo 2. Mediciones con la cámara de termografía



Anexo 3. Verificando los medidores trifásicos y solicitando información.



Anexo 4. Toma de cargas manuales realizada por los operarios.



OPERADOR: *S. Arcequi*

FECHA: *22/06/2019*

SUB ESTACION DE POTENCIA (RECEPCION Y DESPACHO DE CARGAS)

PARTE DIARIO DE OPERACION Y MEDICION DE PARAMETROS ELECTRICOS DE LA SUB ESTACION DE POTENCIA DE NUEVA JAEN

HORAS (TIEMPO MANANA)	PARAMETROS ELECTRICOS DE LA L.T. DE 18 KV						PARAMETROS ELECTRICOS DE LA L.T. DE 60 KV LADO TRANSMISORADOR						PARAMETROS ELECTRICOS DE LA L.T. DE 60 KV NUEVA JAEN						PARAMETROS ELECTRICOS DE LA L.T. DE 60 KV NUEVA JAEN						PARAMETROS ELECTRICOS DE LA L.T. DE 22.5 KV LAS PALMERAS																																
	SW	WVAR	POTENCIA ACTIVA	POTENCIA REACTIVA	POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	A	V	HZ	FRECUENCIA	SW	WVAR	POTENCIA ACTIVA	POTENCIA REACTIVA	POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	A	V	HZ	FRECUENCIA	SW	WVAR	POTENCIA ACTIVA	POTENCIA REACTIVA	POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	A	V	HZ	FRECUENCIA	SW	WVAR	POTENCIA ACTIVA	POTENCIA REACTIVA	POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	A	V	HZ	FRECUENCIA																	
00:00	10.4	-	10.1	-	-	-	60	60	60	60	8.7	1.8	86.3	60.1	60	5.1	1.9	6.6	59.4	60.2	60	2.9	0.7	2.9	28.4	60.2	60	4.2	0.6	1.6	49.5	22.9	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01:00	8.5	-	8.9	-	-	-	60	60	60	60	6.9	1.6	72	70.2	60.3	60	4.7	1.9	5.16	49.4	60.4	60	2.2	0.6	2.2	22.3	60.3	60	1.6	0.4	1.7	45.5	22.9	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
02:00	7.6	-	8.2	-	-	-	60	60	60	60	6.3	2.0	6.4	64.4	60.4	60	4.2	1.9	4.6	45.5	60.6	60	2.0	0.6	2.0	19.3	60.4	60	1.4	0.6	1.5	41.4	23.0	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
03:00	7.2	-	7.7	-	-	-	60	60	60	60	5.8	2.1	6.7	66.3	60.7	60	3.9	1.9	4.4	43.1	60.7	60	1.9	0.6	1.9	19.4	60.7	60	1.3	0.2	1.3	36.6	23.0	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
04:00	6.8	-	7.2	-	-	-	60	60	60	60	5.5	1.1	5.7	55.8	60.5	60	3.7	1.7	4.1	40.2	60.5	60	1.8	0.8	1.8	17.6	60.5	60	1.3	0.2	1.3	36.3	23.0	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
05:00	7.3	-	7.7	-	-	-	60	60	60	60	6.0	1.7	6.2	60.4	60.5	60	4.0	1.7	4.4	43.5	60.6	60	1.9	0.6	1.9	19.4	60.5	60	1.3	0.3	1.3	36.6	23.0	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
06:00	8.7	-	9.0	-	-	-	60	60	60	60	6.8	1.3	6.9	67.4	60.4	60	4.6	1.4	4.8	42.6	60.4	60	2.2	0.6	2.2	21.5	60.4	60	1.6	0.7	1.6	42.0	22.9	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
07:00	8.2	-	8.5	-	-	-	60	60	60	60	6.3	1.3	6.5	63.8	60.4	60	4.4	1.6	4.7	45.9	60.4	60	1.9	0.6	1.9	19.7	60.4	60	1.8	0.7	1.8	40.5	22.9	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

INSPECCION GENERAL DE EQUIPOS Y PARAMETROS DE TRANSMISION

Inspección de Parámetros de Generación
 Inspección de T° y nivel de Aceite del Trío
 Inspección de Equipos de Protección y Comunicación

NOTA:
 Revisado y en Condiciones Óptimas.
 Revisado y en Condiciones Deficientes.
 Revisado y en Condiciones Malas.

OBSERVACIONES:

HORA	LADO 18 KV (KW y C)		LADO 60 KV (KW y C)		LADO 22.5 KV (KW y C)	
	POT. MAX	T. MAX	POT. MAX	T. MAX	POT. MAX	T. MAX

OPERADOR: *[Signature]*

SUPERVISOR: _____

Anexo 5. Formatos de seguridad para ingresar a la Subestación Nueva Jaén.

		FORMA TO		ANÁLISIS DE RIESGOS (AR)		008658																																									
CODIGO VERSIÓN PAGES 13 PÁGS 13 FECHA 26-10-2018	ELABORADO POR: (X) SUPERVISOR (F) ESPECIALISTA (X) TÉCNICO (X) TRABAJADOR	REVISADO POR: (X) JEFE DE LA SECCIÓN DE CALIDAD Y RIESGO (X) RACI	APROBADO POR: (X) JEFE DE SECCIÓN	LUGAR: SEP NUEVA JAÉN	PERIODO DE TRABAJO N°: C559	FECHA: 26/10/18																																									
(X) TAREA A REALIZAR: Inspección Termográfica		(X) PERSONAL EJECUTANTE: ELOR () CONTRATISTA () NOMBRE:		DNI:		FIRMA:																																									
NOMBRES Y APELLIDOS		DNI		FIRMA		NOMBRES Y APELLIDOS																																									
1	Serge Luis Bando Navarro	4434042	[Firma]	8																																											
2	Sher Abel Albaro Vera	2903121	[Firma]	7																																											
3	Rafael Daniel Roca Ayala	2106234	[Firma]	8																																											
4				9																																											
5				10																																											
DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS	PELIGRO: ASPECTOS	RIESGO: IMPACTOS	VALORACIÓN		ACCIONES CORRECTIVAS (X) MEDIDAS DE CONTROL	VALORACIÓN																																									
			P	S		P	S																																								
Trabajo personal al pate de trabajo	Vehículo en movimiento	Derribo, Choque, Infracción normativa	4	2	manejo a la distancia, respetar las reglas de tránsito	1	1																																								
Inspección área de trabajo	PISO resbaloso	caídas, lesiones	2	2	mantener la precaución	2	2																																								
Inspección Termográfica	uso de equipo de protección personal	caídas, resaca	2	2	mantener la precaución e usar	2	2																																								
Observaciones/Comentarios de las Actividades a Realizar / LECCIONES APRENDIDAS																																															
LEYENDA: E (Evidencia), S (Severidad), ASL (Análisis de Seguridad Laboral), ARA (Análisis de Riesgo Ambiental)																																															
AUTORIZANTE		SOLICITANTE		EJECUTANTE		PROBABILIDAD																																									
Nombres y Apellidos: M. S. Sanchez Firma: [Firma]		Nombres y Apellidos: Serge Luis Bando Navarro Firma: [Firma]		Nombres y Apellidos: Sher Abel Albaro Vera Firma: [Firma]		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">PROBABILIDAD</th> <th colspan="2">SEVERIDAD</th> </tr> <tr> <td>BAJA (1)</td> <td>ALTA (2)</td> <td>BAJO (1)</td> <td>ALTO (2)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> </table>		PROBABILIDAD		SEVERIDAD		BAJA (1)	ALTA (2)	BAJO (1)	ALTO (2)	1	2	1	2	2	3	3	4	3	4	4	5	4	5	5	6	5	6	6	7	6	7	7	8	7	8	8	9	8	9	9	10
PROBABILIDAD		SEVERIDAD																																													
BAJA (1)	ALTA (2)	BAJO (1)	ALTO (2)																																												
1	2	1	2																																												
2	3	3	4																																												
3	4	4	5																																												
4	5	5	6																																												
5	6	6	7																																												
6	7	7	8																																												
7	8	8	9																																												
8	9	9	10																																												
SOLICITANTE																																															

