

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas  
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA EQUIPOS  
PRIMARIOS DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS PERTENECIENTES A LA  
CONCESIÓN DE EMELNORTE S.A.**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Mantenimiento Eléctrico

AUTOR:

Adrián Darío Masabanda Santana

TUTOR:

Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas, MSc.

Ibarra – Ecuador

2023

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo de la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1716636038		
APELLIDOS Y NOMBRES:	MASABANDA SANTANA ADRIÁN DARÍO		
DIRECCIÓN:	AV 13 DE ABRIL Y PICHINCHA, CONJUNTO "LAFORET" CASA 41		
EMAIL:	<a href="mailto:admasabandas@utn.edu.ec">admasabandas@utn.edu.ec</a>		
TELÉFONO FIJO:	06-2515344	TELÉFONO MÓVIL:	0996875184

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de un plan de mantenimiento programado para equipos primarios de las subestaciones eléctricas pertenecientes a la concesión de EMELNORTE S.A.
AUTOR:	MASABANDA SANATANA ADRIÁN DARÍO
FECHA: AAMMDD	14 / 03 / 2023
<b>SOLO PARA TRABAJO DE GRADO</b>	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
ASESOR / DIRECTOR	Ing. OLGHER GILBERTO ARELLANO BASTIDAS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y está desarrollada sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 03 días del mes de abril de 2023

EL AUTOR:

(Firma)

Nombre: Adrián Darío Masabanda Santana

CC: 171663603-8



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**


**ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas, MSc.

**CERTIFICA**

Que una vez culminado y revisado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante Masabanda Santana Adrián Darío, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA EQUIPOS PRIMARIOS DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS PERTENECIENTES A LA CONCESIÓN DE EMELNORTE S.A."** para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Ibarra, a los 03 días del mes de abril de 2023

  
Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas, MSc.  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**DEDICATORIA**

A quienes con su infinito cariño, paciencia, respeto y unidad me demostraron que cualquier obstáculo se puede vencer, este trabajo es de y para ellos, mi amada familia.

Para Héctor y Zonnia, mis más fuertes pilares; para Alex, Carlos y Arianita, por su apoyo compañía y aliento; por último, pero no menos importante, para Antonella Barba y Victoria Masabanda, mis dos grandes amores.

**Adrián Masabanda**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer muy especialmente a mis padres, Héctor Rubén Amores Leime y Zonia Emperatriz Santana Barrionuevo, por los consejos y todo el apoyo incondicional que me demostraron durante este proceso.

A mis dos hermosas compañeras de vida, Marcela Antonella Barba y Victoria Masabanda, por impulsarme a seguir adelante y darme las fuerzas para no desfallecer.

A mis hermanos Alex y Carlos Masabanda Santana, por alentarme y no dejar que demita a medio camino; por compartir conocimientos y experiencias que ayudaron a la culminación de esta obra.

A mi bella Sobrina Arianita Masabanda, por contagiarme con su energía, alegría, esperanza y buenas vibras.

A mi querido suegro, Magíster Marcelo Barba, por compartir su experticia, ayuda y acompañamiento durante las etapas claves de la elaboración de este documento.

A mi estimado profesor y amigo, Ing. Olger Arellano, MSc., quién fue el tutor de este trabajo de investigación, por su guía durante todo el desarrollo de este trabajo.

A la Empresa Eléctrica Regional del Norte, EMELNORTE S.A., y a su representante en esta investigación, Ing. Marco Montesdeoca, jefe del área de Subestaciones, a donde fue dirigida esta tesis, por la apertura y predisposición brindada para poder finalizar este cometido.

A la distinguida Universidad Técnica del Norte, por haberme abierto las puertas y permitirme ser parte de este selecto grupo de estudiantes; a todo el cuerpo docente de esta prestigiosa universidad, quienes siempre estuvieron a la altura de su misión, educando y guiando a los estudiantes a su cargo.

Y a mis grandes amigos, Diana Lizeth Rodríguez y Bryan Paúl Huertas, por demostrar con acciones su apoyo y lealtad, logrando crear lazos de amistad muy fuertes partiendo de la confianza ganada después de la conformación de un grupo sólido de trabajo.

A todos los que formaron parte, de una u otra forma en este camino culebrero, ¡gracias infinitas!

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	XIII
<b>ABSTRACT</b>	XIV
1. Contextualización	XV
2. Planteamiento del problema	XVI
3. Objetivo general	XVII
4. Objetivos específicos	XVII
5. Justificación	XVII
6. Alcance	XVIII
<b>CAPÍTULO I</b>	1
<b>MARCO TEÓRICO</b>	1
1.1. Mantenimiento	1
1.2. Mantenimiento correctivo	1
1.3. Mantenimiento preventivo	1
1.4. Mantenimiento predictivo	2
1.5. Mantenimiento cero horas u overhaul	2
1.6. Generalidades de una subestación eléctrica	3
1.6.1. Tipos de subestaciones eléctricas	3
<b>1.6.1.1. Según su función dentro del sistema</b>	3
• Subestación elevadora	3
• Subestación reductora	3
• Subestación de maniobra	4
<b>1.6.1.2. Según el nivel de voltaje</b>	4
<b>1.6.1.3. Según su emplazamiento</b>	4
• Subestaciones exteriores	4
• Subestaciones interiores	5
• Subestaciones blindadas	5
• Subestaciones híbridas	5
<b>1.6.1.4. Según su tipo de dependencia</b>	5
• Subestaciones públicas	5
• Subestaciones Privadas	6
1.6.2. Configuraciones de una subestación eléctrica	6

<b>1.6.2.1.</b>	<b>Configuraciones de conexión de barras – tendencia europea</b>	6
<b>1.6.2.2.</b>	<b>Configuraciones de conexión de interruptores – tendencia americana</b>	11
1.6.3.	Requerimientos de una subestación eléctrica	14
1.7.	Componentes de una subestación eléctrica	15
1.7.1.	Transformador de potencia	15
1.7.2.	Interruptores de potencia (disyuntores)	15
1.7.3.	Seccionadores	18
1.7.3.1.	Clasificación de los seccionadores	18
1.7.4.	Transformadores de instrumentos	22
<b>1.7.4.1.</b>	<b>Transformadores de corriente (TC)</b>	22
<b>1.7.4.2.</b>	<b>Transformadores de potencial (TP)</b>	24
1.7.5.	Reactores de potencia	25
1.7.6.	Apartarrayos	25
1.7.7.	Banco de condensadores	25
<b>CAPÍTULO II</b>		27
2.1.	Descripción del lugar de estudio	27
2.2.	Metodología	30
2.2.1.	Proceso inicial	31
2.2.2.	Coordinación de trabajos	31
2.3.	Procesamiento de la información	34
2.2.3.	Datos de equipo en la subestación La Esperanza	34
2.2.4.	Datos de equipo en la subestación Cayambe	37
2.2.5.	Datos de equipo en la subestación Ajaví	37
2.2.6.	Datos de equipo en la subestación Alpachaca	38
2.2.7.	Datos de equipo en la subestación Atuntaqui	39
2.2.8.	Datos de equipo en la subestación Otavalo	40
2.2.9.	Datos de equipo en la subestación El Chota	41
2.2.10.	Datos de equipo en la subestación El Rosal	42
2.2.11.	Datos de equipo en la subestación La Carolina	43
2.2.12.	Datos de equipo en la subestación Cotacachi	44
2.2.13.	Datos de equipo en la subestación San Vicente	45
2.2.14.	Datos de equipo en la subestación El Retorno	46
2.2.15.	Datos de equipo en la subestación San Agustín	47
2.2.16.	Datos de equipo en la subestación El Ángel	47
2.2.17.	Datos de equipo en la subestación San Gabriel	48



2.2.18.	Datos de equipo en la subestación Tulcán	49
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>51</b>
3.1.	Fuentes de información	51
3.1.1.	Fuente principal de información	51
3.1.2.	Fuentes secundarias de información	51
3.2.	Plan de mantenimiento para subestaciones	51
3.2.1.	Transformadores	51
3.2.1.1.	Plan de mantenimiento predictivo en transformadores	52
3.2.1.2.	Plan de mantenimiento preventivo de los transformadores	58
3.2.2.	Interruptores de potencia	59
3.2.2.1.	Plan de mantenimiento predictivo de interruptores de potencia	60
3.2.2.2.	Maniobras de desconexión de los interruptores	61
3.2.2.3.	Plan de mantenimiento preventivo para Interruptores de potencia.	62
3.2.3.	Seccionadores	62
3.2.4.	Pararrayos	64
3.2.5.	Suministro de energía DC	64
3.2.6.	Sistema de aire comprimido	65
3.2.7.	Celdas de control	66
3.2.8.	Banco de condensadores	67
3.3.	Órdenes de trabajo	67
	Conclusiones	70
	Recomendaciones	71
<b>Referencias</b>		<b>72</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>77</b>
A.	Órdenes de requisición de material para trabajos de mantenimiento.	77
B.	Órdenes de compra de material para trabajos de mantenimiento.	78
C.	Órdenes de trabajo mantenimiento preventivo transformadores de potencia	79
D.	Órdenes de trabajo mantenimiento predictivo transformadores de potencia	82
E.	Órdenes de trabajo mantenimiento preventivo interruptores de potencia	86
F.	Órdenes de trabajo mantenimiento predictivo interruptores de potencia	88
G.	Orden de trabajo de mantenimiento preventivo en seccionadores.	90
H.	Orden de trabajo de mantenimiento predictivo en seccionadores.	91
I.	Orden de trabajo de mantenimiento preventivo en pararrayos.	92
J.	Orden de trabajo de mantenimiento predictivo en pararrayos.	93
K.	Orden de trabajo mantenimiento preventivo/predictivo banco de baterías.	94
L.	Orden de trabajo de mantenimiento preventivo/predictivo compresor.	95

M.	Orden de trabajo de mantenimiento preventivo/predictivo celdas de medio voltaje.	96
N.	Orden de trabajo de mantenimiento preventivo banco de condensadores.	97
O.	Orden de trabajo de mantenimiento predictivo banco de condensadores.	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Ubicación geográfica de las subestaciones eléctricas de EMELNORTE S.A. ....	28
Tabla 2.2. Datos de pruebas de los transformadores en las subestaciones. ....	29
Tabla 2.3. Datos del Transformador de potencia.....	34
Tabla 2.4. Características del seccionador Puesta a Tierra.....	34
Tabla 2.5. Características del Seccionador .....	35
Tabla 2.6. Características del Interruptor .....	35
Tabla 2.7. Características del Capacitor 1 .....	35
Tabla 2.8. Características del Capacitor 2 .....	36
Tabla 2.9. Características del Capacitor 3 .....	36
Tabla 2.10. Características del Transformador de corriente 1.....	36
Tabla 2.11. Características del Pararrayos.....	36
Tabla 2.12. Características del Interruptor.....	37
Tabla 2.13. Características del Interruptor 2 .....	37
Tabla 2.14. Características del Interruptor.....	38
Tabla 2.15. Características del Transformador .....	38
Tabla 2.16. Características del Transformador 1 .....	39
Tabla 2.17. Características del Interruptor.....	39
Tabla 2.18. Características del Interruptor 1 .....	40
Tabla 2.19. Características del Interruptor 2 .....	40
Tabla 2.20. Características del Generador .....	41
Tabla 2.21. Características del Transformador de Potencial .....	41
Tabla 2.22. Características del Generador .....	42
Tabla 2.23. Características del Interruptor.....	42
Tabla 2.24. Características del Generador .....	43
Tabla 2.25. Características del Transformador .....	43
Tabla 2.26. Características del Transformador .....	44
Tabla 2.27. Características del Seccionador 2.....	44
Tabla 2.28. Características del Seccionador 3.....	45
Tabla 2.29. Características del Seccionador .....	45
Tabla 2.30. Características del Transformador de corriente 2.....	46
Tabla 2.31. Características del Interruptor 3 .....	46
Tabla 2.32. Características del Transformador 2.....	46
Tabla 2.33. Características del Interruptor 3 .....	47
Tabla 2.34. Características del Interruptor 4 .....	47
Tabla 2.35. Características del Generador .....	48
Tabla 2.36. Características del Transformador de Potencial .....	48
Tabla 2.37. Características del Transformador .....	49
Tabla 2.38. Características del Seccionador 1.....	49
Tabla 2.39. Características del Transformador de corriente .....	50
Tabla 2.40. Características del Seccionador 2.....	50
Tabla 3.1. Programa de mantenimiento para transformadores. ....	57
Tabla 3.2. Programa de mantenimiento para disyuntores.....	60
Tabla 3.3. Programa de mantenimiento para seccionadores. ....	63
Tabla 3.4. Programa de mantenimiento para pararrayos. ....	64
Tabla 3.5. Programa de mantenimiento para suministros de energía DC. ....	65
Tabla 3.6. Programa de mantenimiento para equipos de sistema de aire comprimido. ....	66
Tabla 3.7. Programa de mantenimiento para celdas de control. ....	66
Tabla 3.8. Programa de mantenimiento para bancos de condensadores. ....	67

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1. Configuración de barra simple. ....	7
Ilustración 1.2. Configuración barra principal y barra de transferencia. ....	8
Ilustración 1.3. Configuración de Barra doble. ....	9
Ilustración 1.4. Configuración de Barra doble más seccionador de bypass. ....	10
Ilustración 1.5. Configuración de barra doble más seccionador de transferencia. ....	11
Ilustración 1.6. Configuración de barras tipo anillo. ....	12
Ilustración 1.7. Configuración de interruptor y medio. ....	13
Ilustración 1.8. Configuración de Barra doble con doble interruptor. ....	14
Ilustración 1.9. Esquema de un interruptor de gran volumen de aceite. ....	16
Ilustración 1.10. Diagramas de soplado de un interruptor termomagnético. ....	17
Ilustración 1.11. Seccionador de apertura central. ....	20
Ilustración 1.12. Seccionador de rotación central. ....	20
Ilustración 1.13. Seccionador de apertura vertical. ....	21
Ilustración 1.14. Seccionador pantógrafo. ....	22
Ilustración 1.15. Transformador de corriente. ....	23
Ilustración 2.1. Diagrama de flujo de la metodología aplicada. ....	30
Ilustración 2.2. Levantamiento subestación Alpachaca. ....	32
Ilustración 2.3. Levantamiento subestación El Retorno. ....	32
Ilustración 2.4. Datos de placa de transformador de potencia, subestación Ajaví. ....	33
Ilustración 3.1. Tableros de operación de los disyuntores. ....	61
Ilustración 3.2. Formato general de orden de trabajo. ....	83

## RESUMEN

La energía eléctrica es primordial para el progreso de un país, por esta razón, los sistemas eléctricos de potencia deben mantenerse en un estado óptimo de funcionamiento; las subestaciones eléctricas requieren certificar la prestación de un servicio continuo y confiable, para lo cual, es fundamental realizar mantenimientos periódicos tanto de equipos como de instalaciones. En las empresas eléctricas de distribución del país se ejecutaron un total de 861 mantenimientos en el 2019, de los cuales, la empresa eléctrica del Norte S.A. ha realizado 8, lo que equivale a un 0.93% encontrándose en el sexto puesto en relación con las otras empresas distribuidoras del Ecuador, por lo que, en el presente trabajo se propone diseñar un plan de mantenimiento programado para los equipos primarios de las subestaciones pertenecientes al área de concesión de EMELNORTE S.A., que ayude a mejorar la operación del sistema, garantizando la continuidad del servicio eléctrico. Esto se logrará determinando los tipos de mantenimiento requeridos para estos mecanismos; elaborando una base de datos relacionada a los mencionados equipos; y, desarrollando para todas las subestaciones un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, acorde con las necesidades, tomando como referencia las acciones que realiza la Empresa Eléctrica Regional del Norte S.A. al momento de practicar el mantenimiento de los diferentes equipos y, proponiendo mejoras que ayuden a los procedimientos establecidos. Este trabajo dio como resultado final un listado de equipos lógicamente ordenado, con acceso a la información de cada elemento de forma digital elaborado en un software de fácil acceso como es Microsoft Excel y elaborando tablas de mantenimiento de carácter preventivo como predictivo, para cada uno de los mecanismos que ayude a mejorar los índices de los mantenimientos anuales mencionados.

**Palabras clave:** Subestaciones eléctricas, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, equipos primarios, continuidad del servicio eléctrico.

## ABSTRACT

Electric power is essential for the progress of a country, for this reason, electrical power systems must be kept in an optimal state of operation; Electrical substations must ensure that they provide a continuous and reliable service, for which periodic maintenance of both equipment and facilities must be carried out. In the electrical distribution companies of the country, a total of 861 maintenance were carried out throughout 2019, of which the Empresa Eléctrica Regional del Norte S.A. has made 8, that is equivalent to 0,93%, being in sixth place in relation to the other distribution companies in Ecuador, therefore, in the present work, it is proposed to design a scheduled maintenance plan for the primary equipment of the substations belonging to the concession area of EMELNORTE S.A., which helps to improve the operation of the electric system, guaranteeing the continuity of the electrical service; This Will be achieved by determining the types of maintenance required for these mechanisms; Preparing a database related to the aforementioned equipment; and, developing in general for all substations, a preventive and predictive maintenance plan, according to the needs, taking as a reference the actions that are currently carried out in the Empresa Eléctrica Regional del Norte S.A. when carrying out the maintenance of the different equipment and, proposing improvements that help the established procedures. The result of this work was a logically ordered list of equipment, whit access to the information of each element digitally prepared in an easily accessible software such as Microsoft Excel and preparing maintenance tables, both preventive and predictive, for each one of them mechanisms, which help to improve the indexes of the annual maintenance.

**Keywords:** Electrical substations, predictive maintenance, preventive maintenance, primary equipment, continuity of electrical service.

# INTRODUCCIÓN

## 1. Contextualización

Durante el último siglo, el término “mantenimiento”, ha tomado fuerza, debido a la creciente demanda de equipos, maquinaria, herramientas y procesos en el ámbito laboral e industrial. En un inicio, las tareas o actividades de mantenimiento, solo se limitaba a corregir fallas y a cambiar las piezas deterioradas o dañadas de los equipos importantes. Estas actividades las realizaban los mismos operarios o trabajadores a cargo de las máquinas, quienes no contaban con un conocimiento especializado de las mismas y solo se basaban en su experiencia, a esto se le llamó “mantenimiento correctivo” (Alvarado, 2016).

El mantenimiento, como sistema tiene una función clave en el logro de las metas y objetivos. Contribuye a minimizar el tiempo muerto de los equipos y contar con equipo confiable que sea seguro y se mantenga operativo. Además, un sistema de mantenimiento juega un papel importante en minimizar el costo del ciclo de vida de los equipos. Hasta no hace mucho se había dado muy poca atención a los modelos integrales de los sistemas de mantenimiento, entorno a las necesidades de los sistemas eléctricos de potencia y mucho menos a las de las subestaciones eléctricas (Calderón, 2015).

Un plan ayuda a cumplir las actividades de mantenimiento de una forma más segura y eficiente para el personal de campo que, en el caso de fallas, serviría de guía para el diagnóstico y solución de estos inconvenientes. Por otro lado, gracias a la base de datos se hace más fácil la búsqueda de información relevante de cualquier equipo de una subestación dada, siendo esta complementada con los datos de ubicación y características eléctricas de la subestación (Merchán, 2017).

El mantenimiento se fundamenta en todas las acciones que se desarrollan con la finalidad de lograr que un equipo cualquiera alcance a funcionar en óptimas condiciones durante un tiempo igual o superior a la vida útil para lo cual fue creado. Sin embargo, aunque es simple la forma de expresar la idea general de este término, su aplicabilidad resulta compleja y requiere de un ingenio considerable, pues la permanencia de la funcionalidad de cualquier instrumento, aparato, equipo o herramienta dependerá del entendimiento de su operatividad, de las causas que producen el problema de la función y de las consecuencias de este (Jaramillo, 2018).

Mantenimiento son las acciones que se realizan para preservar o mantener las condiciones que son necesarias para que un equipo funcione como fue diseñado originalmente; mantenimiento predictivo es la práctica de realizar pruebas de diagnóstico e inspecciones durante las operaciones normales del equipo para detectar debilidades incipientes o fallas inminentes; mantenimiento preventivo es el que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios preestablecidos, con el objetivo de reducir la probabilidad de fallo o la pérdida de funciones de un elemento; mantenimiento correctivo es el que se da a un equipo o instalación averiada para recuperar su disponibilidad (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2019).

En el estudio de la metodología de mantenimiento amerita establecer la distinción entre cada uno de los equipos. Esta diferencia se debe a la necesidad de establecer relaciones entre los niveles de productividad o eficiencia y los costos de mantenimiento, lo cual tendrá una influencia en la selección del tipo de mantenimiento a realizar (Jaramillo, 2018).

## **2. Planteamiento del problema**

En EMELNORTE S.A., existe un tipo de trabajo preventivo que se utiliza para subestaciones que se mantienen a bajo costo en todo con referencia a otras empresas, es por ello que en la industria existe un plan de mantenimiento de equipos primarios para todo el proceso de implementación de la propuesta.

Como experto en la profesión de electricista se tiene experiencia en el campo de la producción, mantenimiento, control y automatización de energía, dado que se verifica la programación del trabajo, donde se ve un déficit al no existir un plan de diseño de equipos importantes para el uso de cada subestación eléctrica.

La energía eléctrica es una necesidad primordial para el desarrollo de una región, por esta razón, los sistemas eléctricos de potencia deben mantenerse en un estado óptimo de funcionamiento; siendo las subestaciones eléctricas nodos conexión de estos sistemas, cada uno de los equipos que conforman estas subestaciones deben conservarse activos, por lo que, deben constar con un plan de mantenimiento adecuado para cada uno de estos elementos.



Las subestaciones eléctricas deben asegurar prestación de un servicio continuo y confiable, para lo cual es necesario efectuar mantenimientos periódicos de equipos e instalaciones; en las empresas eléctricas de distribución se ejecutaron un total de 861 mantenimientos a lo largo del 2019, de los cuales, EMELNORTE S.A. ha realizado 8, lo que equivale a un 0.93% encontrándose en el sexto puesto en relación con las otras empresas distribuidoras del Ecuador; la energía no suministrada por causa de fallas en el sistema nacional fue de 7559 MWh. que corresponde al 50.7% del total (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2019).

### **3. Objetivo general**

Diseñar un plan de mantenimiento programado para los equipos primarios de las subestaciones pertenecientes al área de concesión de EMELNORTE S.A., que ayude a controlar su correcta operación, mediante la planificación de sus diferentes tipos de mantenimientos.

### **4. Objetivos específicos**

- Determinar los tipos de mantenimiento requeridos para equipos primarios de una subestación eléctrica.
- Elaborar una base de datos relacionada a los equipos primarios que conforman las subestaciones eléctricas pertenecientes al área de concesión de EMELNORTE S.A.
- Desarrollar un plan de mantenimiento programado de los equipos primarios.

### **5. Justificación**

Las subestaciones eléctricas son parte fundamental de un sistema eléctrico de potencia, debido a que son las encargadas de transmitir la potencia eléctrica del sistema variando sus diferentes parámetros como corriente y voltaje, debido a esto, una falla presentada en uno de los equipos que conforman una subestación puede ponerla fuera de servicio, interrumpiendo el flujo de energía; por lo expuesto, la propuesta de un plan de mantenimiento sistemático, podrá conservar los equipos de las citadas subestaciones en las mejores condiciones de funcionamiento posibles, en otros términos, alargando su tiempo de vida útil. La propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos primarios de las

subestaciones del área de concesión de la “Empresa Eléctrica Regional Norte S.A., EMELNORTE S.A.” brinda a los encargados de la Jefatura de Subestaciones el soporte técnico adicional, facilitando las acciones correctivas que se deban realizar frente a un evento propio de operación, evento fortuito o también programando actividades de control rutinarias para un correcto funcionamiento de estos.

## **6. Alcance**

Se elaborará un estudio por medio del cual se podrá determinar las formas de mantenimiento requeridas para los equipos primarios de las subestaciones de EMELNORTE S.A.; para este fin, se realizará un levantamiento de los equipos pertenecientes a las 16 subestaciones reductoras y, con la información obtenida, se hará un análisis de los equipos que requieran con más frecuencia practicar el mantenimiento, basados en las diferentes situaciones como: mantenimiento basados en la falla (FBM), mantenimiento basado en la vida del equipo (LBM), mantenimiento basado en la inspección (IBM), mantenimiento basado en la condición del equipo (CBM), mantenimiento basado en el riesgo (RBI) (Ordoñez Sanclemente, 2010), con lo cual se establecerá si determinado equipo requiere un mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo. Se construirá una base de datos, que ayude a tener un mejor control y organización de los equipos primarios pertenecientes a las 16 subestaciones eléctricas dentro del área de concesión de la “Empresa Eléctrica Regional Norte S.A.”; la base de datos será elaborada en Microsoft Excel y se incluirán todos los parámetros que sean solicitados por los técnicos responsables de llevar los registros de los equipos previa reunión.

Finalmente, con el soporte de la base de datos, se obtendrá un plan completo de los diferentes tipos de mantenimiento que eviten los problemas, fallas o averías que puedan ocurrir con los equipos dentro de una subestación eléctrica.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Mantenimiento**

El mantenimiento según (Newburgh, 1998) es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas; puede ser correctivo si las actividades son necesarias debido a que dicha calidad del servicio ya se perdió y preventivo si las actividades se ejecutan para evitar que disminuya la calidad de servicio (Gómez, 2018).

### **1.2. Mantenimiento correctivo**

Comprende actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo (Br. Calderón De A., 2015); este tipo de mantenimiento tiene lugar justo después de ocurrir una falla o avería, solamente cuando se presenta un error en el sistema. En el caso de no producir ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar a que se presente el desperfecto para poder tomar medidas de corrección de errores (Merchán, 2017).

### **1.3. Mantenimiento preventivo**

Tiene la finalidad de evitar que el equipo falle durante el periodo de su vida útil y la técnica de su aplicación se apoya en experiencias de operación que determinan que el equipo, después de pasar el periodo de puesta en servicio, reduzca sus propiedades de fallas. (Grupo EPM., 2018); se realiza retirando el equipo del servicio operativo para realizar inspecciones y sustituir (o no) componentes de acuerdo con una programación planificada y organizada con antelación. Este tipo de mantenimiento es muy ventajoso. El servicio de mantenimiento preventivo es aplicable a cualquier subestación eléctrica de 15, 25 y 34.5 kV (Franco, 2016).

El mantenimiento preventivo se fundamenta para las actividades planificadas llevadas a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos

de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones optimizando la eficiencia en los procesos.

Sirve para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos). (Rondón, 2021)

#### **1.4. Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en inspecciones. Generalmente, no es intrusivo. Puede utilizar simplemente los sentidos del inspector o basarse en mediciones (Ramírez J. J., 2016); utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de fallas (Calderón, 2015).

un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo-máquina o una instalación. (Rondón, 2021)

#### **1.5. Mantenimiento cero horas u overhaul**

Para (Tamaris M., 2014), el mantenimiento a cero horas es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva (Cajas, 2016).

En general, el mantenimiento es la forma que existe para preservar y alargar la vida útil de un dispositivo, o elemento, independientemente de la función que este realice. En el caso de los equipos eléctricos de potencia utilizados en las subestaciones, son de suma importancia, debido a que una falla en uno de estos puede ocasionar pérdidas cuantiosas al país o la zona donde suceda, debido al corte del fluido eléctrico. Al ser equipos que transmiten energía eléctrica, es fundamental tener en cuenta al momento de dar mantenimiento las consideraciones de seguridad involucradas con cada uno de los equipos.

## 1.6. Generalidades de una subestación eléctrica

Una subestación eléctrica es una infraestructura concebida para transmitir la energía presente dentro de un sistema eléctrico de potencia (SEP).

Son considerados nodos eléctricos de un SEP y desempeñan funciones de dirección y distribución de bloques de energía eléctrica, mediante dispositivos automáticos de corte, control y protección, garantizando flexibilidad, confiabilidad, seguridad, y modularidad al sistema (CELEC EP. TRANSELECTRIC, 2016).

### 1.6.1. Tipos de subestaciones eléctricas

Se clasifican según:

- Su función dentro del sistema
- El nivel de voltaje
- Su emplazamiento
- Su esquema de barraje
- Su tipo de aislamiento

#### 1.6.1.1. Según su función dentro del sistema

- **Subestación elevadora**

Este tipo de subestaciones se encuentran, por lo general, cerca de las plantas de generación de energía y, su función es modificar los principales parámetros eléctricos de generación, elevando el voltaje y reduciendo la corriente, para poder trasladar grandes cantidades de energía por las líneas de transmisión reduciendo las pérdidas, esto ayuda a trasladar la energía distancias considerablemente grandes (Bazúa, 2017).

- **Subestación reductora**

Este tipo de subestaciones tiene un banco de transformación que disminuye el nivel de voltaje de la fuente de alimentación para pasarlos de nivel de transmisión a

subtransmisión o distribución, para poder transmitir la energía eléctrica distancias más cortas y poder alimentar las redes de distribución. Este tipo de subestaciones se encuentran en mayor número en un sistema eléctrico (Universidad Distrital Francisco José de Caldas Grupo de Investigación XUE Semillero de Investigación Barión, 2018).

- **Subestación de maniobra**

Estas subestaciones son las encargadas de conectar dos o más circuitos para realizar sus maniobras (CELEC EP. TRANSELECTRIC, 2016); en este tipo de subestación tanto las líneas de entrada como de salida deben estar al mismo nivel de voltaje, esto permite crear una red mallada mediante la formación de nodos que permite aumentar la fiabilidad de la red (Sigüencia García, 2020).

Las subestaciones eléctricas tienen como principal función aumentar o reducir el voltaje con el objetivo de disminuir las pérdidas al mínimo al momento de transmitir energía eléctrica, aquí radica la importancia de estas en un sistema eléctrico de potencia.

#### **1.6.1.2. Según el nivel de voltaje**

Los niveles de voltaje en Ecuador llegan hasta los 500 kV, son los más utilizados para transmisión 230 kV; en base a esto, según el nivel de voltaje las subestaciones presentan esta clasificación:

- Muy alto voltaje (500 y 230 kV)
- Alto voltaje (132, 69 y 46 kV)
- Medio voltaje (13,8 kV) (Sigüencia García, 2020)

#### **1.6.1.3. Según su emplazamiento**

- **Subestaciones exteriores**

Estas se encuentran construidas a la intemperie, es decir al aire libre (Pérez, 2011); para estas subestaciones se requieren elementos y equipos capaces de

soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas. Son utilizadas por lo general para sistemas de alto voltaje (Analuisa, 2012).

- **Subestaciones interiores**

Este tipo de subestaciones son construidas y montadas en cuartos diseñados para este tipo de instalaciones. Son comúnmente utilizadas en las zonas industriales (Pérez, 2011).

- **Subestaciones blindadas**

Estas subestaciones están montadas de forma compacta, encapsuladas y usualmente su método de aislamiento es por medio de  $SF_6$ . Se la utiliza cuando su lugar de implantación tiene un alto grado de contaminación o el área es sumamente pequeña (Pérez, 2011).

- **Subestaciones híbridas**

En este tipo de subestaciones se junta el encapsulamiento de las subestaciones blindadas y se las diseña para trabajar a la intemperie (Bazúa, 2017); estas subestaciones son de tipo modular donde se aíslan los barrajes en aire, pero la apareamiento viene integrada en un único compartimento aislado con gas, con lo que se hace posible compactar una fase de una subestación de intemperie aislada en aire en un elemento sencillo y de menor tamaño. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas Grupo de Investigación XUE Semillero de Investigación Barión, 2018).

#### 1.6.1.4. Según su tipo de dependencia

- **Subestaciones públicas**

Las subestaciones de tipo público pertenecen a las empresas encargadas de generar, transmitir o distribuir la energía eléctrica y son pertenecientes al estado o bien pueden ser mixtas (participación privada) siempre y cuando el estado sea el accionista mayoritario (Castillo, 2018).

- **Subestaciones Privadas**

Las subestaciones de tipo privada por lo general son de tipo terminal, debido a que la línea de medio voltaje termina en el punto de la instalación de la subestación; estas suelen pertenecer a los usuarios y sirven para alimentar al sector industrial. Suelen encontrarse, en su mayoría, en el interior de la fábrica o dependencia que alimentan (Pérez, 2011).

## **1.6.2. Configuraciones de una subestación eléctrica**

### **1.6.2.1. Configuraciones de conexión de barras – tendencia europea**

Por configuración de conexión de barras se entiende aquellas en las cuales cada circuito tiene un interruptor, con la posibilidad de conectarse a una o más barras por medio de seccionadores (Ramírez, 2017).

Entre las principales configuraciones de esta tendencia tenemos:

- **Barra simple**

Este esquema utiliza un solo juego de barras formando un diagrama sencillo. En condiciones normales de operación, todas las líneas del transformador están conectadas a un solo juego de barras con este arreglo en caso de existir una falla en las barras se desconecta todos los interruptores quedando la subestación completamente desenergizada.

Ventajas:

- a) Fácil operación e instalación simple
- b) Costo reducido
- c) Requiere poco espacio para su construcción.

Desventajas:

- a) No existe flexibilidad en las operaciones (el mantenimiento de un disyuntor exige la salida completa del tramo involucrado).
- b) Una falla en barras interrumpe el servicio totalmente.



- c) La ampliación de barras exige la salida de la subestación en su totalidad (Sigüencia, 2020).

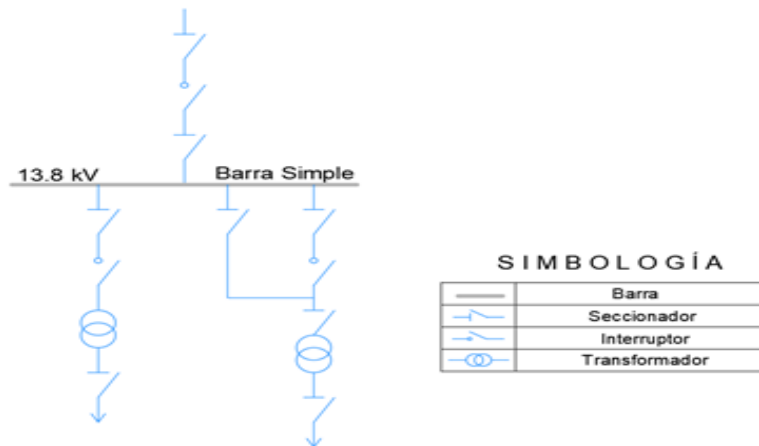


Ilustración 1.1. Configuración de barra simple.

Fuente: Sigüencia García (2020). Modificado por el autor

La Ilustración 1.1., muestra el esquema más sencillo de configuración de barras que puede tener una subestación, en donde se puede observar que todos los circuitos se encuentran conectados a un único barraje. Una opción alterna de esta configuración es la de barra simple con seccionamiento que se suele usar para diferenciar las cargas esenciales de las no esenciales.

- **Barra principal y barra de transferencia**

Cuenta con dos barrajes, el principal y el de transferencia, esto brinda mayor confiabilidad a la subestación dado que los circuitos tienen acceso a cada barra mediante un seccionador, puesto que permite alimentar fácilmente a cualquiera de los circuitos por medio de la transferencia en caso de falla o si se tiene programada una labor de mantenimiento. La falta de seguridad en esta configuración se da en el caso de presentarse una falla en el barraje o en uno de los interruptores ya que se deshabilita toda la subestación o en su defecto el circuito al cual pertenece el interruptor hasta que la falla pueda ser aislada (Grupo epn, 2018).

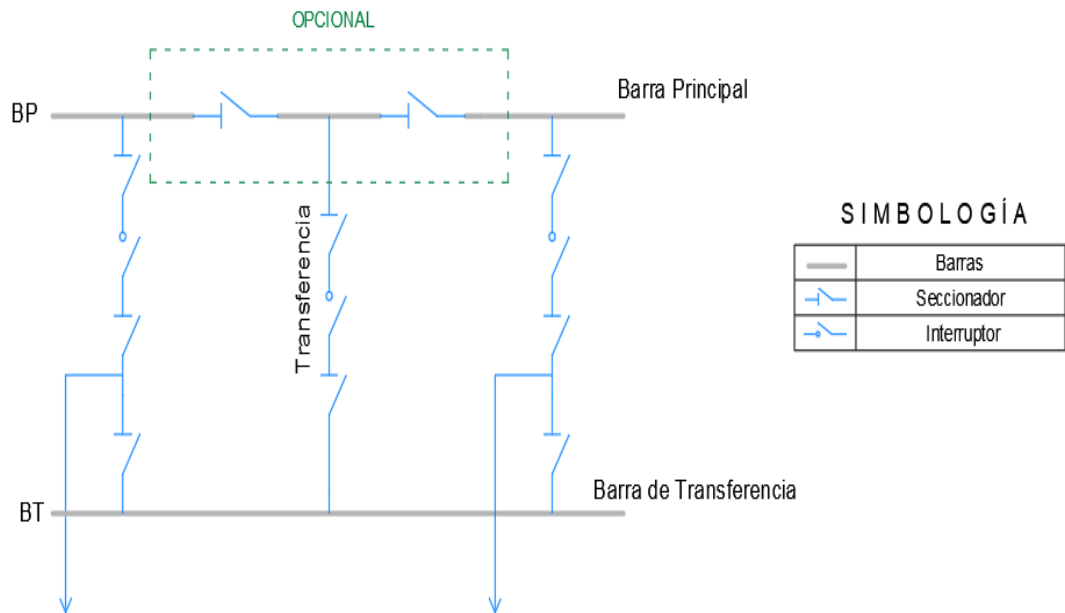


Ilustración 1.2. Configuración barra principal y barra de transferencia.

Fuente: Grupo EPM. (2018). Modificado por el autor

En la Ilustración 1.2. se aprecia una configuración de barras un poco más compleja que la anterior, dado que los elementos se encuentran interconectados a dos barras, la una conocida como barra principal y la otra como barra de transferencia; la idea es que, cuando se necesite efectuar algún trabajo de mantenimiento o desconectar una de las barras por cualquier razón, la carga se transfiere a la otra barra.

- **Barra Doble**

Es una configuración flexible porque permite dividir sistemas separando los circuitos en cada una de las barras; además, esta configuración es confiable, pero no es segura en caso de que se presente falla en las barras o en los interruptores; se puede hacer mantenimiento en las barras sin necesidad de deshabilitar el servicio o separar y conectar circuitos a las barras en cualquier momento. Este diseño suele ser utilizado en áreas con un alto nivel de contaminación ambiental.

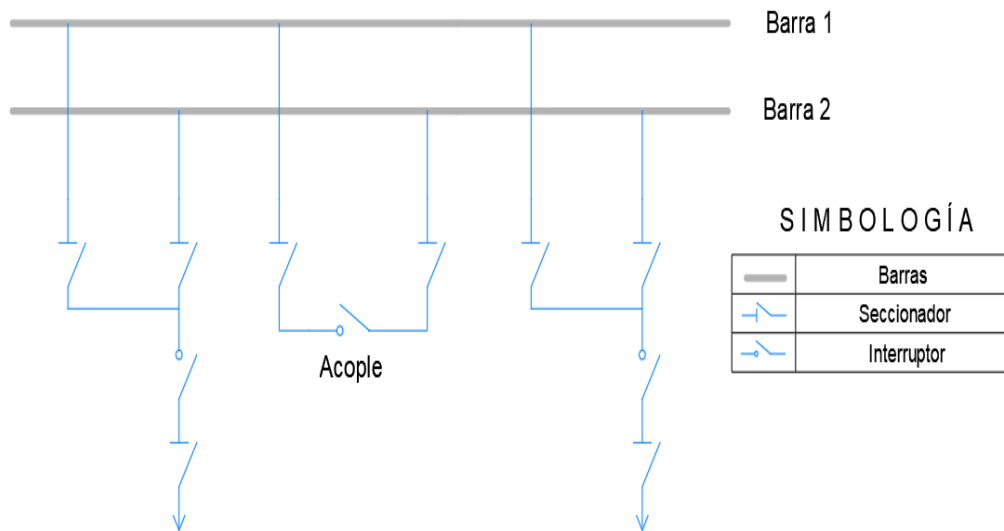


Ilustración 1.3. Configuración de Barra doble.

Fuente: Universidad Distrital Francisco José de Caldas Grupo de Investigación XUE Semillero de Investigación Barión (2018). Modificado por el autor

La Ilustración 1.3. presenta un esquema de barra doble. Los circuitos se encuentran conectados a las dos barras mediante un seccionador y se enlazan mediante un acople, que consta de dos seccionadores y un interruptor de acople.

- **Barra doble más seccionador de bypass o paso directo**

Tiene las características de barra principal y de transferencia, y la de doble barra, sin que estas sean simultáneas debido a que se conecta un seccionador de bypass al interruptor de cada salida y se adiciona otro adyacente al interruptor para poder aislarlo. Gracias a estos seccionadores adicionales se puede operar la subestación, complementariamente a la operación normal de doble barra, con una barra siendo la principal y la otra la de transferencia, utilizando el interruptor de acoplamiento como de transferencia para cualquiera de los interruptores de línea que se encuentre en mantenimiento.

Esta configuración es la que requiere un mayor número de equipos por campo, presentándose una más elevada posibilidad de operación incorrecta durante las maniobras. Por lo general a esta configuración no se le explota su flexibilidad, pues se usa una de las barras como simple barra de reserva y/o transferencia, no compensándose así la alta inversión que ella implica. (Ramírez C. A., 2017)

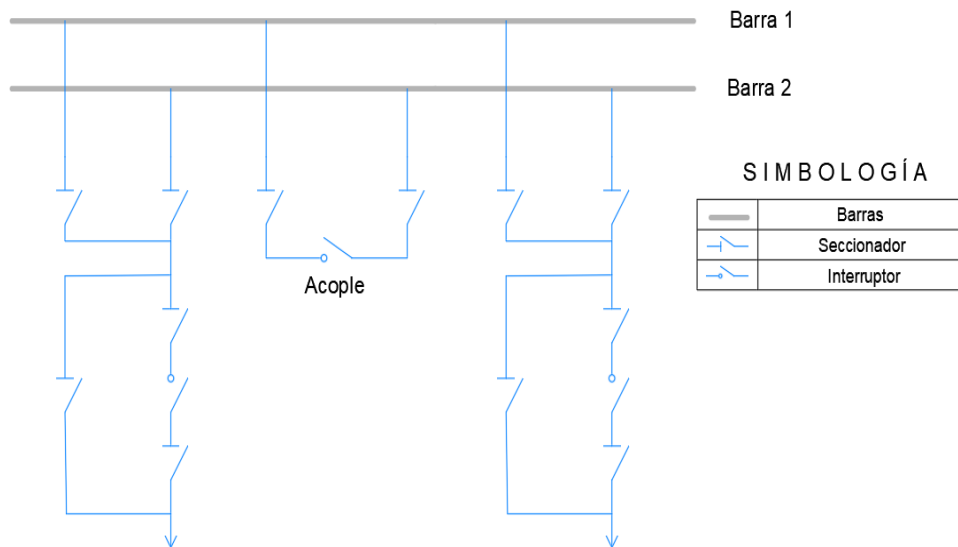


Ilustración 1.4. Configuración de Barra doble más seccionador de bypass.

Fuente: Ramírez C. A. (2017). Modificado por el autor.

En la Ilustración 1.4. se observa una configuración muy similar a la anterior, con la diferencia de que se emplea un seccionador para hacer un bypass al interruptor de salida de los circuitos con el objetivo de que por cualquier motivo que se necesite desconectar estos interruptores, se cierra el seccionador de bypass y se abren los seccionadores del circuito principal para hacer el mantenimiento o cambio del interruptor.

- **Barra doble más seccionador de transferencia**

Esta configuración es una variante de la anterior, pero utilizando un seccionador menos. Para esto se requiere la utilización de seccionadores de tipo pantógrafo o semi pantógrafo o seccionadores instalados en los pórticos de la subestación en por lo menos una de las conexiones a las barras. Tiene las mismas características generales de la doble barra con seccionador de bypass.

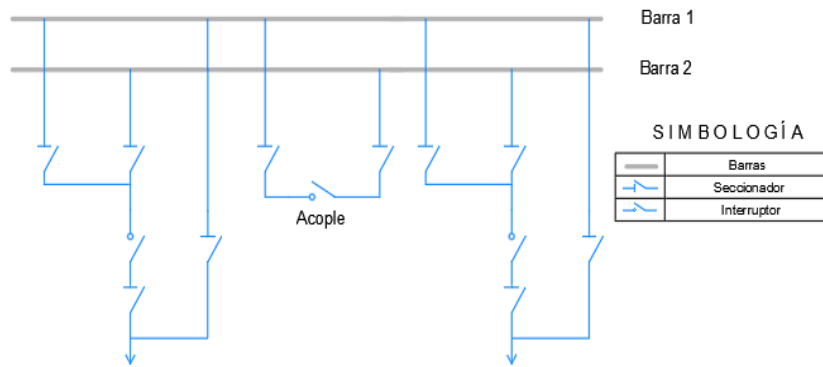


Ilustración 1.5. Configuración de barra doble más seccionador de transferencia.

Fuente: Ramírez C. A. (2017). Modificado por el autor.

En la Ilustración 1.5. se observa una configuración de barras parecida a la anterior, con la diferencia de que en esta se usa un seccionador menos, por tanto es una configuración más económica y con características similares que la de doble barra más seccionador de transferencia.

#### 1.6.2.2. Configuraciones de conexión de interruptores – tendencia americana

Por configuraciones de conexión de interruptor se entienden aquellas en las cuales los circuitos se conectan a las barras o entre ellas por medio de interruptores (Ramírez, 2017).

- **Barraje tipo anillo**

Esta configuración tiene varios acoples con interruptores y se cierra sobre sí misma. Permite mucha flexibilidad de traspaso de cargas entre barras obteniendo un respaldo Inter derivaciones y pudiendo equilibrar las cargas. Esta configuración brinda seguridad debido a las múltiples alternativas para desviar la electricidad alrededor del anillo, aunque ante una falla la respuesta es parecida a la que se obtiene en uno de barra simple, con la diferencia de que esta falla puede ser aislada, operando la subestación convenientemente, pudiendo así, restablecer el suministro de energía a un gran número de alimentadores. Esta configuración no suele ser muy común en subestaciones con voltajes elevados debido al gran espacio que ocupa en relación con una de barra sencilla; para más de cinco alimentadores, este esquema suele convertirse en uno de interruptor y medio (Meza, 2008).

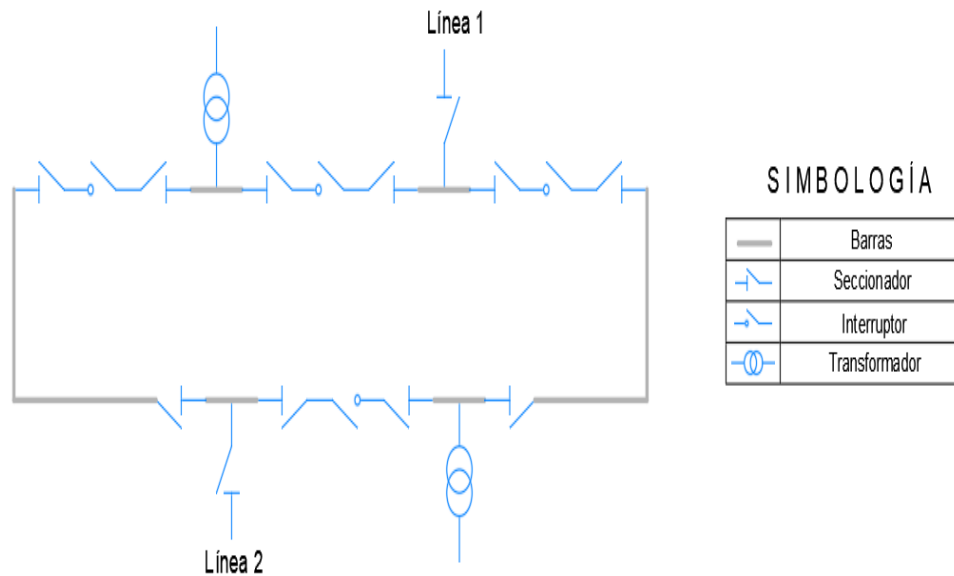


Ilustración 1.6. Configuración de barras tipo anillo.

Fuente: Meza (2008). Modificado por el autor.

La configuración de barra de la Ilustración 1.6. representa un tipo anillo, la cual es cerrada y está separada por varios interruptores, este tipo de configuraciones son muy confiables y seguras al momento que se encuentran en operación todos los interruptores; pero al momento que uno de estos interruptores quede fuera de funcionamiento, es probable que el anillo quede dividido y no haya energía en una o más partes.

- **Interruptor y medio**

Este esquema permite una gran flexibilidad a la vez que garantizan continuidad en el suministro, para esto, todos los interruptores se encuentran cerrados y protegen dos líneas con una protección diferencial para cada juego de barras; en caso de falla en cualquiera de las barras se desconecta los interruptores que llevan energía a la barra afectada. En este esquema existe una perfecta continuidad del servicio de entrega de energía eléctrica, pero comparando con el de doble barra más barra auxiliar, requiere una cantidad mayor de interruptores.



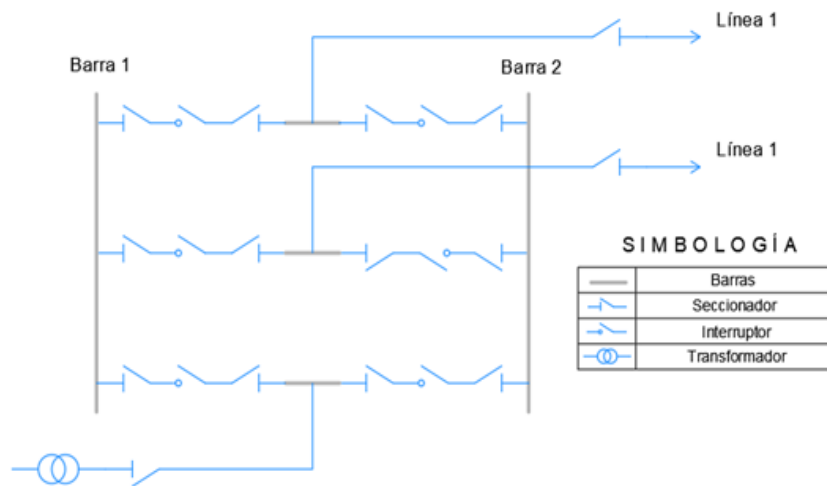


Ilustración 1.8. Configuración de Barra doble con doble interruptor.

Fuente: Meza (2008). Modificado por el autor.

En el esquema presentado en la ilustración 1.8., se notan 3 circuitos, cada uno conectado a ambas barras por medio de dos interruptores, uno a cada lado. Esta configuración es la más costosa, por lo que su implementación requiere un análisis técnico cuidadoso.

### 1.6.3. Requerimientos de una subestación eléctrica

Una subestación eléctrica desempeña la función de direccionar y distribuir bloques de energía, además de servir de punto de interconexión para facilitar la transmisión y distribución de energía eléctrica garantizando la flexibilidad, confiabilidad, seguridad y modularidad al Sistema Nacional de Transmisión (SNT)., (CELEC EP. TRANSELECTRIC, 2016).

- a) Confiabilidad: esta propiedad requiere una subestación eléctrica para que pueda mantener el suministro de energía bajo condiciones en las que uno o varios de sus componentes puedan repararse o mantenerse durante la operación normal.
- b) Flexibilidad: es la propiedad de la instalación para acomodarse a distintas condiciones que se puedan presentar debido a fallas, mantenimiento o modificaciones en el sistema.



- c) Modularidad: permite que la subestación se adapte o cambie su configuración si así el sistema lo requiere.
- d) Seguridad: es la propiedad en la que una instalación opera de forma adecuada en condiciones tanto normales como anormales evitando el riesgo tanto para las personas como para los equipos (CELEC EP. TRANSELECTRIC, 2016).

## **1.7. Componentes de una subestación eléctrica**

Los equipos eléctricos primarios constituyen los elementos más importantes de una subestación, ya que su operación en conjunto y localización estratégica permite satisfacer los requerimientos de funcionalidad y operatividad de la instalación.

Los equipos primarios incluyen transformadores de potencia, interruptores de potencia, seccionadores, transformadores de instrumento, reactores de potencia, apartarrayos, bancos de condensadores. (Ramírez, 2014).

### **1.7.1. Transformador de potencia**

El transformador de potencia es una máquina eléctrica estática utilizada para cambiar los niveles de voltaje y corriente, debido al principio de inducción electromagnética, de uno o más circuitos eléctricos a una misma frecuencia, los cuales están acoplados a un núcleo ferromagnético (Calderón, 2015).

El transformador de potencia es un elemento vital para el funcionamiento de una subestación eléctrica, este es el encargado de elevar o reducir la corriente, dependiendo del tipo de subestación, transmitiendo la energía eléctrica y manteniendo la potencia.

### **1.7.2. Interruptores de potencia (disyuntores)**

Los interruptores automáticos son dispositivos mecánicos de interrupción capaces de conducir, interrumpir y establecer corrientes en condiciones normales, así como de conducir durante un tiempo específico, interrumpir y establecer corrientes en condiciones anormales. Su función básica es conectar o desconectar un sistema o

circuito energizado. Su importancia se debe al rol de protección que lleva a cabo (Grupo EPM., 2018).

Dependiendo de la apertura del arco y las cámaras de extinción se pueden clasificar en:

- **Interruptores en pequeño volumen de aceite**

Este tipo de interruptores son utilizados hasta voltajes de 230 kV y de 2500 MVA de capacidad interruptora. La potencia de apertura es limitada sólo por la presión de los gases desarrollados por el arco, presión que debe ser soportada por la resistencia mecánica de la cámara de arqueo. Para potencias interruptoras altas, el soplo de los gases sobre el arco se hace perpendicularmente al eje de los contactos, mientras que, para potencias bajas, el soplo de los gases se inyecta en forma axial (Silvestre, 2008).

Cabe destacar que este tipo de interruptores no suelen ser usados para potencias muy altas.

- **Interruptores en gran volumen de aceite**

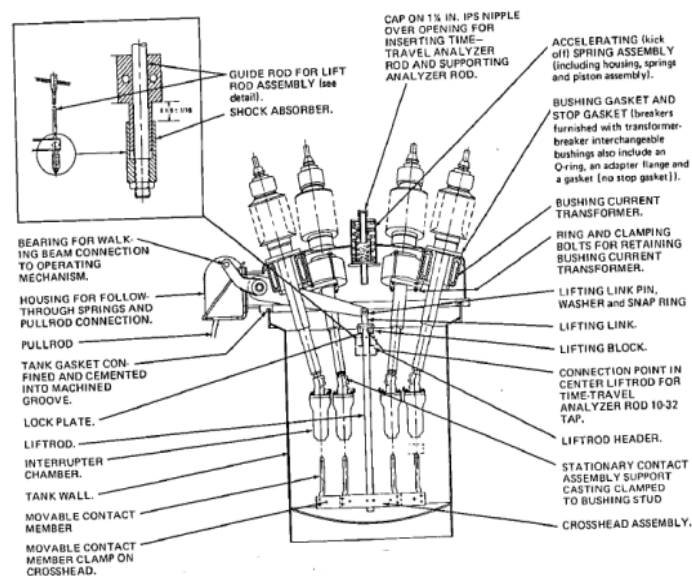


Ilustración 1.9. Esquema de un interruptor de gran volumen de aceite.

Fuente: McGraw Edison Company (1981).

Este tipo de interruptores, como el expuesto en la Ilustración 1.9., son conocidos como GVA, con muchas similitudes a los que tienen poco volumen de aceite, debido a que presentan los contactos sumergidos en el fluido y, al momento de realizar la apertura del interruptor, el aceite enfría el arco eléctrico producido por esta acción extinguiéndolo con gran fuerza.

- **Interruptores neumáticos**

Todos los interruptores neumáticos siguen el principio de separar sus contactos en una corriente de aire que se establece al abrir una válvula de soplado (Silvestre C. E., 2008).

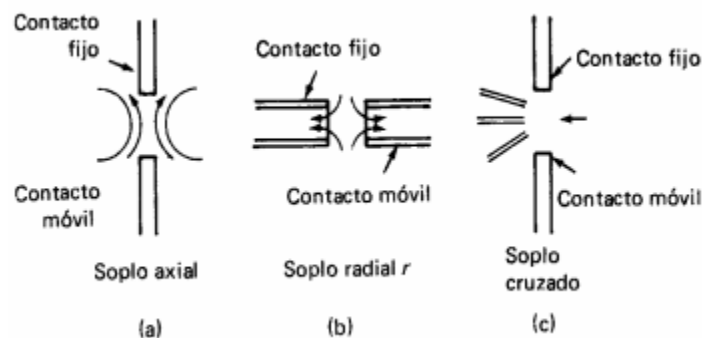


Ilustración 1.10. Diagramas de soplo de un interruptor termomagnético.

Fuente: Chander (1980).

Como se puede ver en la Ilustración 1.10., hay tres tipos diferentes de soplo de arco. Las opciones a y b, correspondientes a los tipos de soplo axial y radial, se usan con frecuencia en voltajes altos, mientras que los de soplo cruzado se usan para voltajes menores y corrientes de hasta 100 k A.

Es conocido que una de las ventajas de los interruptores de soplo axial, por encima de los de soplo cruzado, es su fácil adaptabilidad al aislamiento para voltajes altos, en particular si estas son a la intemperie, debido a que las cámaras de interrupción pueden encerrarse completamente en tubos de porcelana (Silvestre, 2008).

- **Interruptores en vacío**

Cuando se abre un circuito de C.A. por la separación de los contactos en vacío, la interrupción se efectúa en el primer valor cero de la corriente, acumulándose la resistencia dieléctrica entre los contactos a una velocidad miles de veces mayor que la obtenida en los interruptores convencionales (Silvestre, 2008).

- **Interruptores en hexafluoruro de azufre**

Para este tipo de interruptores se utilizan las propiedades dieléctricas del SF<sub>6</sub>, las cuales son:

- a) Es 5 veces más pesado que el aire.
- b) Es químicamente muy estable e inodoro.
- c) Es inerte.
- d) Es no inflamable y no tóxico.

Estas características ayudan a que sea muy fácil su utilización para la extinción del arco eléctrico, razón por la que se usa en las cámaras de extinción de los seccionadores. Una desventaja es que la producción de este gas es costosa y al producirse el arqueo, los productos resultantes de la descomposición del SF<sub>6</sub>, no son amigables con el medioambiente favoreciendo el efecto invernadero. (Molina, 2015)

### **1.7.3. Seccionadores**

El seccionador es un elemento mecánico de apertura que desconecta equipos como interruptores, transformadores, generadores o líneas para su respectivo mantenimiento. En caso de falla en un equipo o línea, el seccionador es utilizado para realizar un bypass que permita la prestación continua del servicio. Aterrizar líneas de transmisión, barrajes, bancos de transformadores o bancos de condensadores en el momento de su mantenimiento. Aterrizar los equipos energizados de una subestación en caso de fallas que no son fácilmente maniobrables (Saavedra, 2018).

#### **1.7.3.1. Clasificación de los seccionadores**

Existen muchas formas de clasificar los seccionadores y esto va a depender de los requerimientos técnicos, las necesidades de las subestaciones, la cantidad de espacio

disponible, el avance de la tecnología. Considerando estas características, se dividen en dos grupos principales:

- **Por su función**

- **Seccionadores de maniobra**

- La fusión primordial de este tipo de seccionadores es hacer un paso directo entre líneas o (bypass), con el objetivo de ayudar a las necesidades operativas del sistema aislando los elementos que se encuentren entre estos dispositivos. Estos equipos solamente se pueden maniobrar cuando entre sus terminales hay una variación mínima de voltaje, interrupción de corrientes mínimas y restablecimiento de equipos en el sistema. (Molina, 2015)

- **Seccionadores de puesta a tierra**

- Poner a tierra componentes del sistema en mantenimiento como líneas de transmisión, barraje, bancos de transformadores, bancos de condensadores, con la finalidad de asegurarse de que el momento a realizar el mantenimiento de los equipos estos se encuentren sin tensiones peligrosas que puedan producir un accidente. (Molina, 2015)

- **Por su construcción**

- **Seccionadores de apertura central:** se tiene espaciamiento entre fases, las cuales se mantienen separadas en caso de apertura del seccionador y los brazos del contacto se encuentran en los extremos que giran hacia dentro para cerrar el seccionador. (Molina, 2015)



Ilustración 1.11. Seccionador de apertura central.

Fuente: (Molina, 2015)

En la Ilustración 1.11., se registra un seccionador de apertura central, con el que se puede aislar equipos o tramos de líneas en subestaciones. Una ventaja notable de este tipo de seccionador es que, cuando se encuentra en posición abierta, se puede confirmar visualmente el tramo de una línea o el equipo que se encuentra sin voltaje.

**Seccionador de rotación central:** este tipo de seccionadores tienen 3 columnas, por un lado, se tiene que, al girar la parte central, se ayudan con un resorte para su cierre; y, por otro lado, se tiene que en los extremos del seccionador existen 2 cuchillas que al girar se arrastran simultáneamente para abrir este equipo y cortar la circulación de energía. (Molina, 2015).



Ilustración 1.12. Seccionador de rotación central.

Fuente: (Molina, 2015)

En la Ilustración 1.12., se observa un seccionador de apertura central. Como se mencionó, aparecen las 3 columnas y los ganchos en los extremos para que al momento de girar se conecte o desconecte mediante las cuchillas de los extremos.

**Seccionador de apertura vertical:** este tipo de seccionadores se utiliza generalmente en voltajes mayores a los 300 kV. Usan un resorte para compensar el peso de la hoja y con esto se ayuda a cerrar la cuchilla y, en uno de los extremos se tiene el componente para que la hoja suba para la apertura y baje para el cierre. (Molina, 2015).



Ilustración 1.13. Seccionador de apertura vertical.

Fuente: (Molina, 2015)

Lo que se observa en la Ilustración 1.13., es un seccionador de apertura vertical como el descrito, se nota como la hoja descansa en el extremo adyacente al momento de estar cerrado.

**Seccionador pantógrafo:** una gran ventaja de este tipo de seccionadores es su facilidad de colocación debido a que no ocupan un gran espacio físico, además que no se necesita que los polos se encuentren alienados. Está formado por un sistema mecánico de barras conductoras que tienen forma de pantógrafo donde la parte fija se conecta a un cable mientras que la parte móvil, al momento de elevarse, se conecta con la mordaza fija del circuito. (Molina, 2015)



Ilustración 1.14. Seccionador pantógrafo.

Fuente: (Molina, 2015)

La Ilustración 1.14., muestra un seccionador pantógrafo, en el que se puede visualizar el sistema mecánico formado por barras conductoras; además se advierte la razón por la que se indica que no es necesario que los polos se encuentren alineados, como sí es necesario en los seccionadores de columna giratorias.

#### **1.7.4. Transformadores de instrumentos**

Su función principal es la de reducir a valores normales los parámetros de voltaje y corriente de un sistema eléctrico, siendo esto fundamental para una correcta medición de los instrumentos; por consiguiente, una correcta operación de los sistemas de protección en caso de presentarse una falla transforman los voltajes y corrientes de un valor alto a un valor manejable para los equipos de medición y protección, aíslan el circuito del sistema de alto voltaje donde se conecta el primario y ofrecen la posibilidad de estandarizar los instrumentos relevadores (Rivera, 2014).

##### **1.7.4.1. Transformadores de corriente (TC)**

Son dispositivos diseñados para suministrar la corriente adecuada a los aparatos de medición y/o protección, el primario se encuentra conectado en serie con el circuito que se desea controlar, en tanto que el secundario está conectado a los circuitos de corriente de uno o varios aparatos de medición, relevadores o aparatos análogos, conectados en serie (Rivera, 2014).



Este equipo se utiliza en las subestaciones para obtener una medida de la corriente del circuito primario en el que se encuentra instalado, la cual va a ser proporcional a la corriente en alto voltaje. Este se debe instalar en serie al equipo que se desea medir y proteger y el valor de su medida proporcional que se obtiene en el secundario del transformador de corriente puede ser 1 o 5 amperios. (Molina, 2015)



Ilustración 1.15. Transformador de corriente.

Fuente: (Molina, 2015)

El equipo aparece en la Ilustración 1.15., es un transformador de corriente, ayuda a medir la corriente que se encuentra circulando por el circuito y que va a llegar al equipo a proteger.

- Clasificación

De acuerdo con su construcción se clasifican en:

- a) Tipo devanado primario
- b) Tipo barra
- c) Tipo boquilla (Bushin)
- d) Tipo ventana

De conformidad con el tipo de instalación se clasifican en:

- a) Instalación en exterior (intemperie)

b) Instalación interior

Según el tipo de aislamiento se clasifican en:

- a) Material para bajo voltaje
- b) Material de medio voltaje
- c) Materiales para alto voltaje (Rivera, 2014).

#### **1.7.4.2. Transformadores de potencial (TP)**

En estos elementos en donde el voltaje secundario, dentro de las condiciones normales de operación es prácticamente proporcional al voltaje primario con un pequeño desfase, el primario se conecta en paralelo con el circuito a medir y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de voltaje de los diferentes aparatos de medición y protección que requiera la señal de voltaje. (Molina, 2015)

- Clasificación

Se suele clasificar en 2 grupos a este tipo de equipos utilizados en subestaciones:

- a) Por su construcción: Se puede tener transformadores de potencial inductivos o capacitivos.
- b) Por su aplicación: Las aplicaciones principales son para medición y para protección. (Molina, 2015)

- Características de los transformadores de potencial

- a) Voltaje primario: Se debe seleccionar el valor normalizado inmediato superior al valor calculado de la instalación.
- b) Voltaje secundario: Los valores normalizados, según la normativa ANSI son de 120 V para equipos hasta 25 kV, de 115 V para tensiones superiores a 35 kV y 230 V para circuitos secundarios largos.

- c) Error de voltaje: Es el error que un transformador introduce en la medida de un valor de voltaje. (Molina, 2015)

#### **1.7.5. Reactores de potencia**

Se emplea principalmente para absorber potencia reactiva y compensar la generación capacitiva en líneas de alto voltaje de transmisión larga o en sistemas de cables de gran longitud que produce un sobrevoltaje al final de estas, debido a la capacitancia distribuida en la línea, cuando está desconectada de la carga o bien con una carga muy pequeña.

Cuando se conectan en serie limitan la corriente de corto circuito para poder disminuir la capacidad interruptora de interruptores y en paralelo o derivación para absorber potencia reactiva. En subestaciones, los reactores se colocan en el neutro de los bancos de transformadores para limitar la corriente de falla de fase a tierra (Ramírez, 2014).

#### **1.7.6. Apartarrayos**

Dispositivo para la protección del sistema de potencia y sus componentes contra los sobrevoltajes, ya sea producidas por descargas atmosféricas o por maniobras en el sistema durante fallas; lleva los sobrevoltajes producidas por descargas atmosféricas o de otro origen a tierra, interceptando los rayos antes de que impacten directamente en la instalación eléctrica. Están compuestos por un elemento metálico resistente la corrosión en su núcleo y va forrado con un material aislante, que puede ser vidrio, cerámico, porcelana o polimérico.

#### **1.7.7. Banco de condensadores**

Es un dispositivo eléctrico que proporciona potencia reactiva capacitiva al ser conectado en serie o en paralelo con el sistema, su principal función es mejorar el factor de potencia en líneas de transmisión, disminuyendo las pérdidas por reactivos y aumentando la capacidad de transmisión de energía, así como regular el voltaje del suministro.

Se pueden conectar en serie si se requiere aumentar la capacidad de transmitir energía manteniendo la estabilidad del sistema o en paralelo si se requiere regular el nivel de voltaje en un nodo (Bazua, n.d.).

## CAPÍTULO II

### DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

A partir de este capítulo se presenta los resultados que se obtuvo una vez realizado el proceso de levantamiento, procesamiento y estudio de los datos recopilados.

#### 2.1. Descripción del lugar de estudio

El área de cobertura de la Empresa Regional del Norte, EMELNORTE S.A. se encuentra ubicada en 4 provincias del norte del país, Carchi, Imbabura, una parte de Pichincha y una parte de Sucumbíos; las subestaciones eléctricas dentro del área de concesión se encuentran ubicadas de tal manera que estas abarcan al 97% de la población, atendiendo una demanda total de 455.74 GWh, que corresponde al 3% de la prestación del servicio eléctrico total del país.

Nombre de la subestación	Voltaje (kV)		Capacidad (MVA)		Localización Geográfica			
	1	2	OA	FA	Ubicación	Parroquia	Cantón	Provincia
<b>Subestaciones de Distribución</b>								
La Esperanza	69	13.8	10	12.5	Barrio El Rosario sector La Esperanza	La Esperanza	Pedro Moncayo	Pichincha
Cayambe	69	13.8	20	25	Calle Santa Marianita de Jesús	Ayora	Cayambe	Pichincha
Otavaló	69	13.8	10	12.5	Calle 31 de octubre	San Luis	Otavaló	Imbabura
San Vicente	69	13.8	10	12.5	Ciudadela Jacinto Collahuazo Segunda Etapa	Jordán	Otavaló	Imbabura
Cotacachi	69	13.8	5	6.25	Calle Alfredo Albuja	Sagrario	Cotacachi	Imbabura
Atuntaqui	69	13.8	20	25	Barrio La Merced, calle Santa Bernardita	San Roque	Antonio Ante	Imbabura
Ajaví	69	13.8	10	12.5	Calle 13 de abril 18-74 y Víctor Manuel Guzmán	Sagrario	Ibarra	Imbabura
El Retorno	69	13.8	10	12.5	Avenida Atahualpa y vía a Chugchupungo	Caranqui	Ibarra	Imbabura
San Agustín	69	13.8	10	12.5	Calle Eugenio Espejo	San Francisco	Ibarra	Imbabura
Alpachaca	69	13.8	20	25	Barrio 15 de diciembre, Calle Del Canario y Cuenca	Guayaquil de Alpachaca	Ibarra	Imbabura

El Chota	69	13.8	10	11.25	Panamericana, Sector San Alfonso	Ambuquí	Ibarra	Imbabura
La Carolina	69	13.8	5	6.25	Panamericana, El Limonal	Carolina	Ibarra	Imbabura
El Ángel	69	13.8	2.5	-	Panamericana Norte, vía Bolívar	El Ángel	Espejo	Carchi
San Gabriel	69	13.8	10	12.5	Av. José Julián Andrade	San José	Montúfar	Carchi
Tulcán	69	13.8	10	12.5	Ciudadela Nicolas Dávalos, calle Espejo y Av. Cacique Tulcanaza	Tulcán	Tulcán	Carchi
El Rosal	34.5	13.8	2	2.5	Panamericana Norte, vía a Rumichaca.	Gonzáles Suárez	Tulcán	Carchi

Tabla 2.1.: Ubicación geográfica de las subestaciones eléctricas de EMELNORTE S.A.

Fuente: EMELNORTE.

En la Tabla 2.1., refleja cada una de las subestaciones perteneciente al área de concesión de EMELNORTE S.A., el nivel de voltaje de entrada y salida del transformador, la potencia según su forma de trabajo y el tipo de enfriamiento, con circulación de aceite o con aire forzado y la ubicación geográfica, donde se indica la provincia, el cantón, la parroquia y el sector donde se ubica.

Nombre de la subestación	Marca	Potencia (MVA)		Voltaje (kV)		Tipo de Conexión				Prueba de Análisis Físico - Químico y Cromatografía de gases	Prueba de Contenido de Furanos e Inhibidor
		OA	FA	(P)	(S)	(P)	(S)	(N)	GRUPO		
<b>SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN</b>											
La Esperanza	Mitsubishi	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
Cayambe	Mitsubishi	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
Cayambe	Shaanxi Hanzhong	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
Otavalo	Mitsubishi	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
San Vicente	Shaanxi Hanzhong	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	-
Cotacachi	Mitsubishi	5	6.25	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
Atuntaqui	ABB	20	25	69	13.8	D	Y	N	1	SI	-
Alpachaca	ABB	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	-
Alpachaca	ABB	20	25	69	13.8	D	Y	N	1	SI	-
Alpachaca	ABB	10	12.5	34.5	69	D	Y	N	1	SI	SI
Ajaví	Crompton Greaves	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	-
El Retorno	Mitsubishi	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
San Agustín	ABB	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
El Chota	Mitsubishi	10	11.25	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
El Chota	Quingdao Quingbo	10	11.25	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
La Carolina	Shaanxi Hanzhong	5	6.25	69	13.8	D	Y	N	1	SI	-
El Angel	Mitsubishi	2.5	-	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
San Gabriel	Mitsubishi	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
Tulcán	Mitsubishi	10	12.5	69	13.8	D	Y	N	1	SI	SI
El Rosal	Crompton Greaves	20	25	69	13.8	D	Y	N	1	SI	-
El Rosal	Foster (Ecuatran)	2	2.5	34.5	13.8	Y	Y	N	0	SI	-

Tabla 2.2.: Datos de pruebas de los transformadores en las subestaciones.

Fuente: EMELNORTE

La Tabla 2.2., contiene los datos de los transformadores para cada una de las subestaciones que se encuentran en el área de concesión de EMELNORTE S.A. Entre ellos se registra la marca, la potencia según su forma de trabajo y el tipo de enfriamiento, nivel de voltaje primario y secundario, el tipo de conexión en el primario, en el secundario, el grupo de conexión y las pruebas realizadas a los transformadores, con relación al análisis físico – químico, cromatografía de gases y la prueba de contenido de furanos e inhibidor.

## 2.2. Metodología

Como parte del diseño del plan de mantenimiento programado, se detallará el procedimiento que se siguió para la recopilación de datos, el procesamiento de la información obtenida y la elaboración de los productos finales indicados en los objetivos específicos de este trabajo.

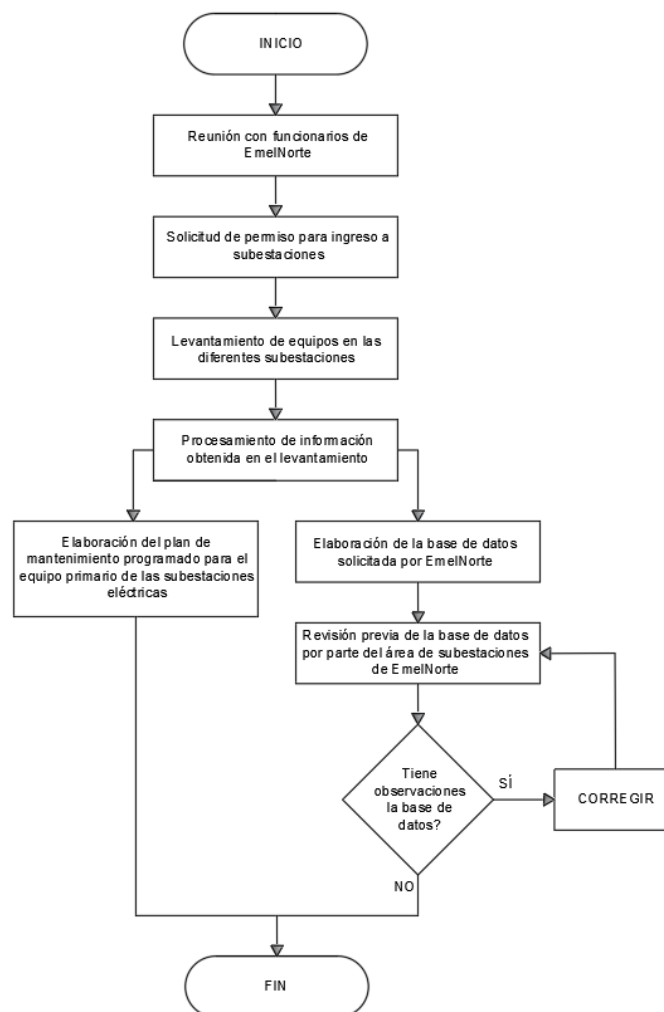


Ilustración 2.16. Diagrama de flujo de la metodología aplicada.

Fuente: El autor



En la Ilustración 2.1., se encuentra la representación gráfica de la metodología aplicada para la elaboración del presente trabajo, empezando por la reunión con el jefe del área de subestaciones de EMELNORTE S.A., Ingeniero Marco Montesdeoca, seguido por el levantamiento de la información y el desarrollo de la base de datos solicitada para luego, en base a esta, elaborar el plan de mantenimiento para los equipos primarios de las subestaciones.

### **2.2.1. Proceso inicial**

Se inició con una reunión en las oficinas del área de Subestaciones de la Empresa Eléctrica Regional del Norte EMELNORTE S.A., para conocer las necesidades que tienen con respecto al desarrollo de la base de datos, a partir de esta referencia se trabajó para cumplir con lo requerimiento de la Empresa; se solicitó los permisos respectivos para el ingreso a las subestaciones con la finalidad de realizar el levantamiento de información de los equipos primarios que se encuentren en su interior.

### **2.2.2. Coordinación de trabajos**

Una vez obtenidos los permisos se coordinó para iniciar con el levantamiento. En primera instancia, con la ayuda de un técnico del área, con quien acudí a la subestación de Alpachaca que es la más grande dentro de toda el área de concesión de la Empresa y donde se procedió a tomar los diferentes datos de placa de los equipos, tales como: transformador de potencia, disyuntores, transformador de servicios auxiliares, transformador de potencial y transformador de corriente; estos son los equipos de los cuales se pudo disponer los datos ya que a que sus placas se encontraban a una distancia accesible.



Ilustración 2.17. Levantamiento subestación Alpachaca.

Fuente: El autor

La Ilustración 2.2., capta el momento en que se estaba realizando el levantamiento de información de la subestación de Alpachaca.

Al igual que se realizó con la subestación de Alpachaca, se acudió a la inspección y levantamiento de información del resto de subestaciones eléctricas, con la finalidad de obtener todos los datos necesarios y constatar cuáles son los elementos físicos que se encuentran en cada sitio para elaborar tanto la base de datos como el plan de mantenimiento programado.



Ilustración 2.18. Levantamiento subestación El Retorno.

Fuente: El autor

La Ilustración 2.3., muestra el levantamiento realizado en la subestación El Retorno, esta subestación cuenta con un sistema GIS (Gas Insulated Switchgear) por sus siglas en inglés.

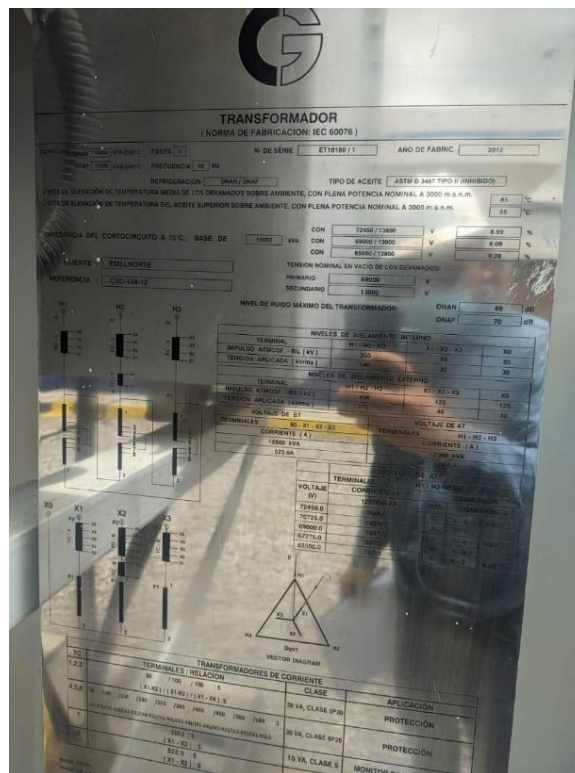


Ilustración 2.19 Datos de placa de transformador de potencia, subestación Ajaví.

Fuente: El autor

En la Ilustración 2.4., exhibe la placa del transformador de potencia que se tomó el momento de realizar el levantamiento de la subestación Ajaví, el reflejo de la placa dificultaba mucho el que todos los datos se puedan observar correctamente, por lo que, algunos de los datos, se captó a mano.

Una vez recopilada la información de los equipos primarios de las subestaciones, se procedió a la elaboración de la base de datos; se debe tomar en cuenta que, al momento de realizar el levantamiento, nos percatamos que había información a la que no pude acceder debido a que estaba fuera de alcance porque el trabajo se realizó con las subestaciones energizadas; estos datos no pudieron ser tomados y se complementó con información recopilada con anterioridad por el equipo técnico de EMELNORTE S.A.

Después de la construcción de la base de datos, tuve como resultado el ordenamiento de la información recopilada de la forma que se muestra en el siguiente apartado.

## 2.3. Procesamiento de la información

### 2.2.3. Datos de equipo en la subestación La Esperanza

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación La Esperanza se presentan desde la Tabla 2.3 hasta la Tabla 2.15, en los recuadros se muestran los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Transformador: Mitsubishi	
Serie	9812280103
Tipo	Acorazado/3F
Fecha	Mayo - 1998
Tipo de enfriamiento	ONAN/ONAF
Potencia	10000 - 12500 k VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Primario	69 k V
Voltaje Secundario	13.8 k V

Tabla 2.3. Datos del Transformador de potencia

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Seccionador Puesta a Tierra: Mitsubishi	
Serie	G001465
Fecha	1998
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	600 A
Tensión de impulso	350 k V
Corriente de corta duración	20 k A

Tabla 2.4. Características del seccionador Puesta a Tierra

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Seccionador: Mitsubishi	
Serie	G001499
Fecha	1998
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	600 A
Tensión de impulso	350 k V
Corriente de corta duración	20 K A

Tabla 2.5. Características del Seccionador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Interruptor: Mitsubishi	
Serie	CO18533
Fecha	1998
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	600 A
Corriente de interrupción nominal	20 k A

Tabla 2.6. Características del Interruptor

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Capacitor 1: Leyden S.A.	
Serie	84509
Fecha	2012
Potencia Reactiva	400 k VAR
Voltaje nominal	2960 V
Fases	1
Capacitancia	16.75 u F

Tabla 2.7. Características del Capacitor 1

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Capacitor 2: Leyden S.A.	
Serie	84501
Fecha	2012
Potencia Reactiva	200 k VAR
Voltaje nominal	7960 V
Fases	1
Capacitancia	8.37 u F

Tabla 2.8. Características del Capacitor 2

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Capacitor 3: Leyden S.A.	
Serie	84502
Fecha	2012
Potencia Reactiva	200 k VAR
Voltaje nominal	7960 V
Fases	1
Capacitancia	8.37 u F

Tabla 2.9. Características del Capacitor 3

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Transformador de corriente 1 (TC1): Tati	
Serie	M 96280
Fecha	2012
Voltaje nominal	17.5 k V
Clase	0.5

Tabla 2.10. Características del Transformador de corriente 1

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Pararrayos: Mitsubishi	
Tipo	AI-J
Fecha	1987

Tabla 2.11. Características del Pararrayos

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

#### 2.2.4. Datos de equipo en la subestación Cayambe

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación Cayambe se presentan en las tablas 2.12 y 2.13, por motivos de extensión del capítulo a partir de este punto, se presentarán solamente dos tablas por subestación. En los recuadros se muestran los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Interruptor: SIEMENS	
Serie	CO18533
Fecha	2009
Tensión nominal	145 k V
Corriente nominal	2500 A
Corriente de interrupción nominal	40 k A

Tabla 2.12. Características del Interruptor

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Interruptor 2: BAUEN EFACEC	
Serie	S18051351
Fecha	2009
Tensión nominal	24 k V
Corriente nominal	1250 A
Corriente de interrupción nominal	25 k A

Tabla 2.13. Características del Interruptor 2

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

#### 2.2.5. Datos de equipo en la subestación Ajaví

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación Ajaví se presentan en las Tablas 2.14 y Tabla 2.15, en los recuadros se muestran los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Interrupción: SIEMENS	
Serie	136291-010-A
Fecha	10/2012
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	1200 A
Corriente de interrupción nominal	20 k A

Tabla 2.14. Características del Interruptor

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Transformador: CROMTON GREAVES	
Serie	ET10180/1
Tipo	3F
Fecha	2012
Tipo de enfriamiento	ONAN/ONAF
Potencia	10000/12500 k VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Primario	69 k V
Voltaje Secundario	13.8 k V

Tabla 2.15. Características del Transformador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.6. Datos de equipo en la subestación Alpachaca

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación Alpachaca se presentan en las Tablas 2.16 y 2.17, en los recuadros se muestran los valores con unidades de cada tipo de descripción.



Transformador 1: ABB	
Serie	200888
Tipo	Inmerso en aceite/3F
Fecha	03/2011
Tipo de enfriamiento	ONAN/ONAF
Potencia	10000/12500 k VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Primario	69 k V
Voltaje Secundario	13.8 k V

Tabla 2.16. Características del Transformador 1

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Interruptor: AREVA	
Serie	15784E-DT-09
Fecha	01/2011
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	1200 A
Corriente de interrupción nominal	20 k A

Tabla 2.17: Características del Interruptor

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.7. Datos de equipo en la subestación Atuntaqui

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación Atuntaqui se presentan en las Tablas 2.18 y 2.19, en los cuadros se muestran los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Interruptor 1: ALSTOM	
Serie	180064-010-A
Fecha	02/2015
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	1200 A
Corriente de interrupción nominal	40 k A

Tabla 2.18. Características del Interruptor 1

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Interruptor 2: ALSTOM	
Serie	180064-010-B
Fecha	02/2015
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	1200 A
Corriente de interrupción nominal	40 k A

Tabla 2.19. Características del Interruptor 2

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.8. Datos de equipo en la subestación Otavalo

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación Otavalo se presentan en las Tablas 2.20 y 2.21, en los recuadros constan los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Generador: STAMFORD	
Serie	N20K455104
Modelo	UCI274C1
Fecha	03/2011
FASES	3
Potencia	115 k VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220 V
Corriente	2.3 A

Tabla 2.20. Características del Generador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Transformador de Potencial (TP): BALTEAU	
Serie	196407 - 08
Tipo	TPI - 72
Fecha	2020
Instalación	Exterior
V máx.	72.5 k V

Tabla 2.21. Características del Transformador de Potencial

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.9. Datos de equipo en la subestación El Chota

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación El Chota se presentan en las Tablas 2.22 y 2.23, en los cuadros se registran los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Generador: STAMFORD	
Serie	N20K455104
Modelo	UCI274C1
Fecha	03/2011
FASES	3
Potencia	115 k VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220 V
Corriente	2.3 A

Tabla 2.22. Características del Generador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Interruptor: General Electric	
Serie	2721080010002
Fecha	2019
Tensión nominal	140 k V
Corriente nominal	1250
Corriente de interrupción nominal	25 k A

Tabla 2.23. Características del Interruptor

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.10. Datos de equipo en la subestación El Rosal

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación “El Rosal” se presentan en las Tablas 2.24 y 2.25, en los recuadros se publican los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Generador: STAMFORD	
Serie	19020343
Modelo	DG274F14
Fecha	-
FASES	3
Potencia	188 k VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220 V
Corriente	4.92 A

Tabla 2.24. Características del Generador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Transformador: CG POWER	
Serie	4501309138
Tipo	Acorazado / 3F
Fecha	2018
Tipo de enfriamiento	ONAN/ONAF
Potencia	20 / 25 M VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Primario	69 k V
Voltaje Secundario	13.8 k V

Tabla 2.25. Características del Transformador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.11. Datos de equipo en la subestación La Carolina

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación La Carolina se presentan en la Tabla 2.26, en el recuadro se exponen los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Transformador: RITZ	
Serie	08/10665284
Tipo	VEF 72 -13 / 1F
Fecha	2018
Tipo de enfriamiento	ONAN/ONAF
Potencia	20 / 25 MVA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Primario	69 k V
Voltaje Secundario	13.8 k V

Tabla 2.26. Características del Transformador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.12. Datos de equipo en la subestación Cotacachi

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación “Cotacachi” se presentan en las Tablas 2.27 y 2.28, en el recuadro se revelan los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Seccionador 2: Mitsubishi	
Serie	CO25006
Fecha	1987
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	600 A
Tensión de impulso	350 k V
Corriente de corta duración	20 k A

Tabla 2.27. Características del Seccionador 2

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Seccionador 3: Mitsubishi	
Serie	CO25006
Fecha	1987
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	600 A
Tensión de impulso	350 k V
Corriente de corta duración	20 k A

Tabla 2.28. Características del Seccionador 3

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.13. Datos de equipo en la subestación San Vicente

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación San Vicente se presentan en las Tablas 2.29 y 2.30, en el recuadro se reflejan los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Seccionador: ESEYBE	
Serie	1082
Fecha	
Tensión nominal	17.5 k V
Corriente nominal	200 A
Tensión de impulso	
Corriente de corta duración	

Tabla 2.29. Características del Seccionador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Transformador de corriente 2 (TC2): Tati	
Serie	M 96281
Fecha	2012
Voltaje nominal	17.5 k V
Clase	0.5

Tabla 2.30. Características del Transformador de corriente 2

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

#### 2.2.14. Datos de equipo en la subestación El Retorno

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación El Retorno se presentan en las Tablas 2.31 y 2.32, en el recuadro se evidencian los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Interruptor 3: BAUEN EFACEC	
Serie	S18051351
Fecha	2009
Tensión nominal	24 k V
Corriente nominal	1250 A
Corriente de interrupción nominal	25 k A

Tabla 2.31. Características del Interruptor 3

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Transformador 2: ABB	
Serie	
Tipo	Tridevanado/3F
Fecha	
Tipo de enfriamiento	ONAN/ONAF
Potencia	10000/12500 k VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Primario	69 k V
Voltaje Secundario	13.8 k V

Tabla 2.32. Características del Transformador 2

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.



### 2.2.15. Datos de equipo en la subestación San Agustín

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación San Agustín se presentan en las Tablas 2.33 y 2.34, en el recuadro se visualizan los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Interrupción 3: ALSTOM	
Serie	180064-010-C
Fecha	02/2015
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	1200 A
Corriente de interrupción nominal	40 k A

Tabla 2.33. Características del Interrupción 3

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Interrupción 4: ALSTOM	
Serie	180064-030-A
Fecha	02/2015
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	1200 A
Corriente de interrupción nominal	40 k A

Tabla 2.34. Características del Interrupción 4

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.16. Datos de equipo en la subestación El Ángel

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación El Ángel se presentan en las Tablas 2.35 y 2.36, en el recuadro se plasman los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Generador: STAMFORD	
Serie	N20K455104
Modelo	UCI274C1
Fecha	03/2011
FASES	3
Potencia	115 k VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220 V
Corriente	2.3 A

Tabla 2.35. Características del Generador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Transformador de Potencial (TP): BALTEAU	
Serie	196407 – 08
Tipo	TPI – 72
Fecha	2020
Instalación	Exterior
V máx.	72.5 k V

Tabla 2.36. Características del Transformador de Potencial

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.17. Datos de equipo en la subestación San Gabriel

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación San Gabriel se presentan en las Tablas 2.37 y 2.38, en el recuadro se exponen los valores con unidades de cada tipo de descripción.

Transformador: SANMEN	
Serie	9812280103
Tipo	Acorazado/3F
Fecha	10/2020
Tipo de enfriamiento	ONAN/ONAF
Potencia	20/25 M VA
Frecuencia	60 Hz
Voltaje Primario	140 k V
Voltaje Secundario	30 k V

Tabla 2.37. Características del Transformador

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Seccionador 1: General Electric	
Serie	2721080010002
Fecha	2019
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	1250 A
Tensión de impulso	160 k V
Corriente de corta duración	25 k A

Tabla 2.38. Características del Seccionador 1

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

### 2.2.18. Datos de equipo en la subestación Tulcán

Las especificaciones de datos para todos los equipos de la subestación Tulcán se presentan en las Tablas 2.39 y 2.40, en el recuadro aparecen los valores con unidades de cada tipo de descripción.

**Transformador de corriente (TC): General Electric**

Serie	2721080010002
Fecha	2019
Voltaje nominal	72.5 k V
Clase	-

Tabla 2.39.: Características del Transformador de corriente

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

**Seccionador 2: General Electric**

Serie	2721080010002
Fecha	2019
Tensión nominal	72.5 k V
Corriente nominal	
Tensión de impulso	140 k V
Corriente de corta duración	25 k A

Tabla 2.40. Características del Seccionador 2

Nota: La tabla muestra los datos con los valores de cada tipo en la descripción y unidades.

Las tablas son solamente un ejemplo de la información total recopilada; la inclusión de la referencia completa de los equipos primarios de cada subestación de EMELNORTE S.A. alargaría mucho este capítulo.

# **CAPÍTULO III**

## **PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO**

### **3.1. Fuentes de información**

#### **3.1.1. Fuente principal de información**

Se tomó directamente de las subestaciones pertenecientes al área de concesión de EMELNORTE S.A. Las principales herramientas para recopilar información fueron las observaciones y la elaboración de un listado de verificación.

#### **3.1.2. Fuentes secundarias de información**

Las herramientas de recopilación de información de fuentes secundarias contaron con el apoyo de libros, monografías, Internet, informes de investigación, revistas, documentos, folletos, presentaciones y otros materiales informativos.

### **3.2. Plan de mantenimiento para subestaciones**

#### **3.2.1. Transformadores**

El transformador enfrenta una serie de eventos que afectan el normal funcionamiento del equipo, de ello podemos destacar las siguientes fallas o desgastes:

- Físicos, debido a la humedad del ambiente, desgaste de los equipos por el envejecimiento y a la corrosión.
- Térmicos, debido a las sobrecargas y a las sobreexcitaciones, aumenta la temperatura y comienza a variar las geometrías de los componentes debido a la dilatación.
- Mecánico, debido a las vibraciones que genera todo el equipo.

- Eléctricos: Sobrevoltajes, descargas eléctricas internas. (Mendoza & Velásquez, 2011)

### **3.2.1.1. Plan de mantenimiento predictivo en transformadores**

Para el diagnóstico de las pruebas de los transformadores se requiere un mantenimiento predictivo; por medio de mediciones se puede tener una visión más amplia sobre el estado de la máquina y así prevenir futuras fallas. Los objetivos del mantenimiento predictivo son:

- Identificar el estado de deterioro del equipo.
- Comprobar que mantiene el mismo rendimiento y predecir su estado de vida.
- Programar el mantenimiento del equipo en caso sea necesario o también realizar el preventivo según la condición en la cual se encuentre.

Se deben considerar dos aspectos importantes:

- a) Pruebas: Con las diferentes pruebas que se puedan realizar se obtienen datos o resultados que nos dan a conocer mejor el estado de la máquina.
- b) Diagnóstico: Con los resultados obtenidos se puede identificar el problema y con ello realizar las actividades respectivas para el correcto funcionamiento (Mendoza & Velásquez, 2011).

- **Pruebas no eléctricas**

#### **Análisis de Furano**

Según Mendoza & Velásquez (2011), los furanos son éteres orgánicos que surgen únicamente a través de la descomposición térmica de la celulosa (p.39).

## **Grado de polimerización**

Se tiene en cuenta porque cuando se rompen las cadenas poliméricas disminuye la resistencia de atracción y el grado de polimerización, y si este cae por debajo del promedio (250), el transformador no puede soportar el esfuerzo de cortocircuito (Mendoza & Velásquez, 2011).

- **Pruebas eléctricas**

En el transformador se realizan pruebas eléctricas tanto en CA y CC con el objetivo de practicar un mantenimiento preventivo de este componente eléctrico.

### **Corriente continua**

- a) Pruebas de resistencia de aislamiento
- b) Medición de resistencia de bobinados

### **Corriente alterna**

- a) Pruebas de tangente Delta y capacitancias
- b) Corriente de excitación
- c) Pruebas de relación de transformación
- d) Análisis de la respuesta en frecuencia

### **Aislamiento**

El aislamiento es para evitar que la corriente fluya entre dos puntos con diferente potencial eléctrico. (Mendoza y Velásquez, 2011).

## **Dieléctrico**

Materiales que presentan una muy alta resistencia al paso de la corriente eléctrica. (Mendoza y Velásquez, 2011).

## **Corriente capacitiva**

Es la corriente que aparece como consecuencia de la carga de la capacitancia geométrica del aislamiento que separa las partes energizadas. (Mendoza y Velásquez, 2011).

## **Corrientes de absorción (polarización)**

Corriente producto del proceso de polarización del material aislante, este fenómeno disminuye en el tiempo en transformadores, y pueden durar desde varios segundos hasta minutos. (Mendoza y Velásquez, 2011).

## **Pruebas de aislamiento dieléctrico**

Sirve para verificar que el transformador puede soportar niveles específicos de voltajes, asociados con el nivel de aislamiento especificado, y que soportará las condiciones de trabajo durante su operación (Mendoza y Velásquez, 2011).

- a) Voltaje aplicado
- b) Voltaje inducido
- c) Voltaje de impulso

El aislamiento es la base fundamental de la vida del equipo, es por ello que es necesario realizar las siguientes pruebas:



- a) Identificar el grado de envejecimiento.
- b) Identificar envejecimiento mayor al esperado en alguna condición normal.
- c) Efectuar acciones adecuadas para corregir condiciones anormales o tendencias.

Para verificar el estado de aislamiento, es esencial ejecutar estas pruebas:

- a) Pruebas de resistencia de aislamiento
- b) Prueba de resistencia de devanados
- c) Corriente de excitación
- d) Pruebas de tangente Delta
- e) Análisis de respuesta en frecuencia
- f) Descargas parciales
- g) Emisiones sonoras

### **Resistencia de aislamiento**

Esta prueba es realizada para determinar la resistencia del aislamiento entre los devanados o de estos con respecto a tierra. El voltaje DC aplicado para medir resistencia a tierra no debe superar el valor RMS de baja frecuencia permitido para voltaje aplicado (Mendoza & Velásquez, 2011).

### **Corriente de excitación**

La corriente de excitación (o corriente sin carga) es utilizada para excitar el transformador, cuando todos los otros devanados están en circuito abierto. Es útil para detectar problemas en la estructura del núcleo magnético,

movimiento de los devanados, fallas en el aislamiento entre espiras o problemas en el cambiador de TAP's (Mendoza & Velásquez, 2011).

### **Relación de transformación**

Esta prueba permite confirmar la relación de transformación de placa y de diseño, la diferencia de los valores no debe ser mayor del 5% entre el valor teórico y el medido, además, permite detectar cortocircuito entre espiras y es un complemento de la prueba de corriente de excitación (Mendoza & Velásquez, 2011).

### **Tangente Delta**

Este parámetro muestra la pérdida de potencia por causa de la disminución de la rigidez dieléctrica, el valor admisible del factor de pérdidas para el aceite aislante precisa del Voltaje nominal y del tipo de construcción del transformador. Esta prueba ofrece valores que son conservados como referencia para determinar la humedad y/o el envejecimiento de los aislamientos con el transcurso del tiempo (Mendoza y Velásquez, 2011).

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Equipo/sistema</b>	<b>Frecuencias</b>
Factor de potencia de devanado y aisladores	CPC-100 Omicron	Anual
<b>Medidas eléctricas</b>		
Prueba corriente excitación	CPC-100 Omicron	
Relación de transformación	TTR Megger	
Resistencia de devanado	RMO-040T DVD Powers	Desenergizado
Reactancia de dispersión	CPC-100 Omicron	Anual
Factor de potencia	CPC-100 Omicron	
Resistencia de aislamiento en CC	Megger	
Voltaje papel aceite	CPC-100 Omicron	

---

## Pruebas de rigidez dieléctrica de aceite

Físico-químico		Energizado
Gases disueltos	Chispa metro (Megger)	Anual
Concentración derivados		
Cambio de sílica gel	N/A	6 meses
Análisis por Termografía de las partes activas	Cámara Flyr	3 años
Mantenimiento general del transformador	Contrato/terceros	5 años
Pruebas de Relé Buchholz	Tester	Anual
Revisar medidor temperatura devanado/aceite	Amerek	Anual
Pruebas de pararrayos	CPC-100	Anual
Análisis vibracional y sonoro	Ultrasonido	Anual
Limpieza de Business (aisladores)		Anual
Limpieza de revisión de válvulas		Anual
Limpieza del sistema de refrigeración (externo)		Anual
Limpieza de cubículos de protección y control		Anual

---

Tabla 41. Programa de mantenimiento para transformadores.

En la Tabla 3.1., se presentan las acciones que se deberían desarrollar el momento de realizar el mantenimiento predictivo en los transformadores.

A continuación, se proporciona una descripción de los equipos que son empleados para el mantenimiento de transformadores.

- **CPC-100 Omicron**

Este equipo sirve para realizar una medición precisa de la impedancia de la tierra, voltaje de paso y contacto, en sistemas de medio y alto voltaje. Además, gracias a este equipo es posible medir más de 50 pruebas distintas, en la cual muchas de las mediciones son de tipo eléctrico (OMICRON, 2022)

- **TTR Megger**

El TTR Megger, es un equipo que mide la relación de vueltas, corriente de excitación, resistencia de CC, además, mide la polaridad de los transformadores, ya sea monofásico o trifásico, transformadores de voltaje y transformadores de corriente. (Megger, 2021)

- **Chispómetro**

El Chispómetro es un equipo que mide la rigidez dieléctrica, semiautomático y no muy pesado. Además, permite realizar pruebas en aceite de distintas instalaciones eléctricas, incluidos disyuntores y transformadores (Megger, 2021).

- **Tester**

El Tester además identificado como multímetro, sirve para medir parámetros eléctricos, tales como amperaje, voltaje en CC y AC, entre otros.

- **Cámara Flyr**

Las Cámara Flyr o también llamadas cámaras termográficas Flyr, sirven para realizar un mantenimiento predictivo, además, ayudan a la medición de manera precisa de temperatura a una distancia segura, de los equipos electrónicos, con ello se puede identificar problemas o fallas que pudieran ocasionar daños a personas o malgastar energía (FLIR, 2020).

### **3.2.1.2. Plan de mantenimiento preventivo de los transformadores**

Para el mantenimiento preventivo, según García & Gaspar (2010), se llevan a cabo actividades en distintos periodos, tales como (p.31):

- **Inspecciones Diarias:** Dentro de las inspecciones diarias en un transformador, se realizan actividades como tomar lectura de temperaturas (aceite y devanados), verificar el correcto funcionamiento de los ventiladores y las luces del tablero de control.
- **Inspecciones Semanales:** Las actividades que pueden llevarse a cabo en las inspecciones semanales son, verificar la fuga de aceite, vibraciones de los ventiladores.
- **Inspecciones Mensuales:** Las actividades que se deben llevar a cabo son revisar el estado de las alarmas de protección y revisar el estado del respirador.
- **Inspecciones Semestrales:** Se pueden realizar actividades tales como, hacer una prueba de la rigidez dieléctrica, cambiar la silicona gel y revisar el sistema de conexión a tierra.
- **Inspecciones anuales:** Las actividades que se pueden realizar al año son las siguientes, revisar y realizar un mantenimiento a las válvulas de sobrepresión, realizar un mantenimiento a los ventiladores, mantenimiento del control eléctrico, realizar pruebas eléctricas, tales como resistencia de los devanados y resistencia de aislamiento.

### 3.2.2. Interruptores de potencia

Las principales partes que requieren mantenimiento de un interruptor automático son: medio aislante o extinción de arco, contactos y aislador. Sin embargo, cuando han estado en servicio durante mucho tiempo, es necesario realizar una inspección detallada de todas las partes del interruptor, como los mecanismos de operación, los circuitos de control, el cableado y otros elementos que componen todo el sistema del interruptor.

Es importante que los interruptores no desconecten al conductor de puesta a tierra de un circuito, a menos que todos los conductores del circuito estén desconectados simultáneamente. A continuación, en la tabla 3.2 se presentan recomendaciones para el mantenimiento predictivo de interruptores de potencia, para interruptores en aceite, SF6 y en vacío.

### 3.2.2.1. Plan de mantenimiento predictivo de interruptores de potencia

Tarea de mantenimiento	Equipo/sistema	Frecuencias
Resistencia circuito principal y conexiones	Omicron	Anual
Resistencia dinámica	Omicron	Anual
Resistencia de aislamiento en CC	Omicron	Anual
Tiempos de maniobras y sincronismo entre contactos	Omicron	Anual
Recorrido de contactos	Omicron	Anual
Velocidad de apertura y cierre		
Consumo de corriente de bobinas		
<b>Sistemas de acumulación de energía</b>		
Tiempo de reposición carga		
Corriente de consumo del motor de carga		Anual
Consumo de maniobras		
Control medio de extinción de falla		
Rigidez dieléctrica		3 años
Presión, consumo, humedad (aire)		Sin energía
Humedad, acidez, calidad del gas (SF6)		
Comprobar fugas del gas (SF6)		3 años
Limpieza de porcelanas		3 años
Limpieza, ajuste del cableado de cubículo de control		3 años
Engrase y/o lubricación del sistema de accionamiento		3 años
Revisión del varillaje del sistema de accionamiento		3 años

Tabla 42. Programa de mantenimiento para disyuntores.

### 3.2.2.2. Maniobras de desconexión de los interruptores

Dentro del plan de mantenimiento, los interruptores de potencia son elementos muy importantes y se debe tener precaución con las maniobras de estos equipos. Se tiene un grupo de operaciones indicadas por EMELNORTE S.A. para la apertura y cierre de circuitos por pedido de los señores Ingenieros o jefes de grupo en la Subestación San Agustín.

“Ejemplo de comunicación vía radio en la frecuencia autorizada para EMELNORTE S.A entre el vehículo 53 y la Subestación San Agustín:

53 – Atención Subestación San Agustín para 53. Cambio.

S/E San Agustín – (saludo) Adelante 53, San Agustín escucha. Cambio.

53 - Necesitamos que desconecte el circuito 2 para realizar el cambio de una porta fusible quemado en la Av. 17 de julio. Cambio.

S/E San Agustín – Atención 53, confirme ¿necesita que abra el circuito 2 para cambiar un porta fusible quemado? Cambio

53 – Correcto, correcto vamos a cambiar una porta fusible en Av. 17 de julio cambio.

S/E San Agustín – Comprendido 53, abro el circuito 2 y le comunico Una vez confirmado, vía radio, qué circuito se necesita abrir, dirigirse a los tableros de control, ubicarse en la puerta con el número respectivo del circuito a abrir; registrar la hora de desconexión del circuito como la carga que se desconecta, tomar la manija con el número del circuito a abrir y girarla despacio hacia la IZQUIERDA; no se requiere aplicar fuerza

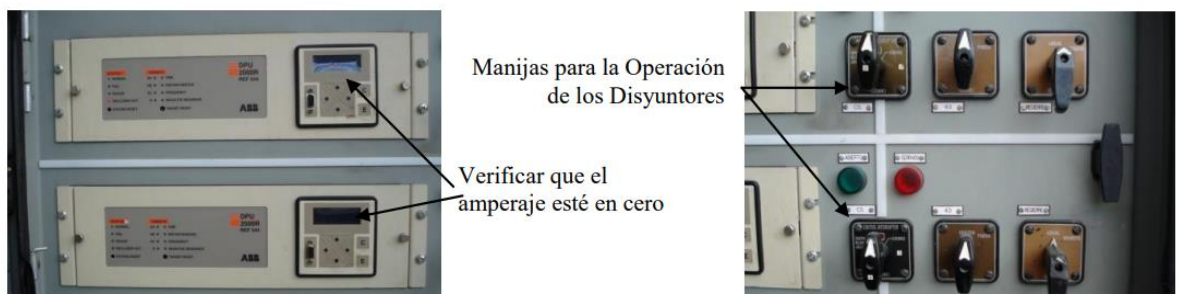


Ilustración 3.1. Tableros de operación de los disyuntores.

Fuente: (EMELNORTESA, 2020)

Se escuchará un ruido fuerte por la desconexión y, en las pantallas del medidor y del DPU se podrá observar que la información correspondiente a intensidades y potencias está en cero (0). A continuación, ayudándonos con la manivela correspondiente colocamos el disyuntor en la posición de prueba y comunicamos vía radio a quien solicitó la desconexión de las maniobras realizadas. Preguntar el tiempo aproximado que va a durar la desconexión para, en caso de recibir llamadas telefónicas de los usuarios, dar respuestas satisfactorias y claras.” (EMELNORTESA, 2020).

### **3.2.2.3. Plan de mantenimiento preventivo para Interruptores de potencia.**

Para realizar un mantenimiento preventivo en Interruptores, según ABB, se deben realizar las siguientes actividades:

- Componentes mecánicos, cámaras en arco: Se deben reemplazar los componentes en estado de deterioro cada 3 días.
- Componentes mecánicos, contactos principales y contactos de arco: Se debe realizar un mantenimiento a los componentes que están deteriorándose, cada 3 días
- Componentes mecánicos, mecanismos de extracción: Se debe realizar una inspección todos los días.
- Conexión de potencia, terminales: Se realizan inspecciones todos los días.
- Accesorios eléctricos y mecánicos, motor de carga de muelles, bobina de apertura, dispositivo de cierre, dispositivo de enclavamiento mecánico entre interruptores: Se realizan inspecciones todos los días.
- Pruebas opcionales, termografía: Es posible realizar un mantenimiento mediante la termografía, cada 3 días.

### **3.2.3. Seccionadores**

El mantenimiento de estos dispositivos se basa en revisiones termográficas para descartar puntos calientes, limpiar sus aisladores y realización de pruebas de resistencia de contacto cuando el elemento lo requiera.



Algunos fabricantes producen un conjunto de interruptores seccionadores, que siempre cumplen con los estándares relevantes, son extremadamente convenientes y pueden reemplazar a los seccionadores tradicionales (Mendoza & Velásquez, 2011).

Los interruptores seccionadores también deben ser capaces de mantener aislada la instalación eléctrica de acuerdo con ciertas especificaciones, además son muy útiles para la verificación de las cuatro reglas de oro ya que tiene la opción de abrir para el corte visible. Para su correcto funcionamiento y conservación las actividades se realizan las actividades de mantenimientos establecidas en la tabla 3.3 (Mendoza & Velásquez, 2011).

<b>Tarea de mantenimiento</b>	<b>Equipo/sistema</b>	<b>Frecuencias</b>
Revisión de la resistencia del circuito principal y conexiones	Multímetro	Anual/Desenergizado
Tiempos de maniobras	Omicron	Anual/Desenergizado
Consumo de energía por maniobras (motores)	Omicron	Anual/Desenergizado
Limpieza del cubículo de control		Semestral
Ajuste del cableado del cubículo de control		Anual/Desenergizado

Tabla 43. Programa de mantenimiento para seccionadores.

En la tabla 3.3, se visualiza la programación o plan de mantenimiento predictivo y preventivo para seccionadores. Los equipos que se están usando son el multímetro y el Omicron. La descripción de dichos equipos se puede observar en el plan de mantenimiento para la subestación Transformador.

### 3.2.4. Pararrayos

Tarea de mantenimiento	Equipo/sistema	Frecuencias
Factor de potencia		Anual
Pruebas de corrientes de fugas		3 años
Pruebas de descargas parciales		3 años
Limpieza de porcelana		Semestral

Tabla 44. Programa de mantenimiento para pararrayos.

En la Tabla 3.4., se puede establecen las actividades de mantenimiento requeridas por un pararrayos.

### 3.2.5. Suministro de energía DC

La fuente de alimentación DC consiste en un banco de baterías conectado en serie con un cargador, cuyo tamaño depende del nivel de voltaje suministrado al elemento de control y relé de protección (Mendoza & Velásquez, 2011).

Para el mantenimiento predictivo del banco de baterías, podemos empezar haciendo un análisis de manera visual, se comprueba el estado de los contactos, se mide la temperatura, se limpia por el exterior y se revisa el nivel de líquido.

Para el mantenimiento preventivo se necesita que el equipo esté desconectado; una vez hecho esto, se comprueba el estado del líquido, se engrasa el accionamiento, se comprueba resistencias y se mide aislamientos. (Jiménez & Vanegas, 2003)

Tarea de mantenimiento	Equipo/sistema	Frecuencias
Voltaje de carga de voltaje constante	Multímetro	Mensual
Voltaje de los bornes	Multímetro	Trimestral

Nivel de electrolito	Densímetro	Cada 3 meses
Aspecto de la carcasa y de la tapa	Visual	Trimestral
Carga de compensación		Semestral

Tabla 45. Programa de mantenimiento para suministros de energía DC.

Las actividades para el mantenimiento predictivo y preventivo del suministro de energía en DC o banco de baterías se mencionan en la Tabla 3.5.

El equipo Densímetro de la tabla 3.5, tiene como objetivo comparar el nivel de densidad de 2 líquidos.

### 3.2.6. Sistema de aire comprimido

El sistema de suministro de aire comprimido incluye compresor, motor, válvula de retención, interruptor de presión, válvula de alivio de presión, válvula de drenaje, separador de agua y aceite, válvula de seguridad magnética, ventilador, panel de control (Mendoza & Velásquez, 2011).

Este dispositivo, también llamado compresor, tiene la función de mantener la presión de aire de funcionamiento en los interruptores SF6. A presiones entre 14.5 y 15.5 psi, tienen una válvula de presión para activar el compresor cuando el nivel de aire operativo cae por debajo del nivel operativo del interruptor (Mendoza & Velásquez, 2011).

Tarea de mantenimiento	Equipo/sistema	Frecuencias
Válvula de aspiración y descarga		Anual
Filtro de admisión		Anual
Correa en V		Anual
Separador agua-aceite		Anual
Válvula automática drenaje		Anual
Válvula magnética de seguridad		Anual
Válvula de retención		Anual

Revisar tubería	Cada 3 años
Interruptor de trabajo	Anual
Manómetro	Anual
Válvula de reducción	Anual
Tablero de control	Anual

Tabla 46. Programa de mantenimiento para equipos de sistema de aire comprimido.

En la tabla 3.6 se mencionan las actividades de mantenimiento que se realizan a los equipos de este sistema.

### 3.2.7. Celdas de control

Para mantener en buen estado de funcionamiento los interruptores, contactores y en general todos los elementos que componen un tablero, se realiza el servicio de mantenimiento preventivo, que incluye inspección física, limpieza general, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas y eléctricas (resistencia de aislamiento y resistencia de contacto). Lo anterior, se realiza utilizando los equipos y herramientas de seguridad adecuados, así como los correspondientes equipos de medición (Mendoza & Velásquez, 2011).

Tarea de mantenimiento	Equipo/sistema	Frecuencias
Medición de los voltajes de control	Multímetro	Anual
Ajustes de los puntos de conexión	Herramientas manuales	Anual
Pruebas de continuidad del cableado	Multímetro	Anual

Tabla 47. Programa de mantenimiento para celdas de control.

Estas actividades se pueden observar en la Tabla 3.7. Además, durante la ejecución del servicio se debe observar el cumplimiento de las condiciones de seguridad establecidas en la norma.

### 3.2.8. Banco de condensadores

Conjunto de dos o más capacitores interconectados entre sí e integrados en un solo gabinete, utilizados para la compensación del factor de potencia en redes eléctricas o como filtro de armónicos en combinación con reactores. (Mendoza & Velásquez, 2011).

Tarea de mantenimiento	Equipo/sistema	Frecuencias
Ruidos anormales	Ultrasonido	Semanal
Deformación		Semanal
Deformación		Semanal
Aumento de temperatura		Semanal
Verificación de voltajes y corrientes	Inspección visual	Semanal
Grietas en pasamuros		Semanal
Fugas de aceite		Semanal
Medición de la capacidad electrostática	Ómicron	Cada 2 años

Tabla 48. Programa de mantenimiento para bancos de condensadores.

Para este tipo de equipos, las tareas de inspección y mantenimiento que realiza el operador (Tabla 3.8) se limitan a encontrar fugas de aceite de la carcasa o descascarillado de pintura.

### 3.3. Órdenes de trabajo

El programar un mantenimiento conlleva realizar varias actividades inherentes a este tema, las cuales deben estar organizadas mediante una orden de trabajo.

En este documento se debe indicar los lineamientos que conforman las labores a efectuar al ejecutar cualquier tipo de mantenimiento adjuntando la información necesaria para la tarea mencionada.

Cada orden de trabajo es distinta pero relacionada con otras, estas indican la naturaleza propia del trabajo y el nivel de responsabilidad de los diferentes grupos, de ser el caso, para cada tarea descrita en el documento.



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

<b>ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA</b>			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:		Nombre S/E:	
Estado OT:		Responsable del trabajo:	
Tipo de mantenimiento:		Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:		No. De serie:	
Intervalo mantenimiento:		Marca:	
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>			

Ilustración 3.20. Formato general de orden de trabajo

Fuente: El autor

En la Ilustración 3.2. se indica un formato de orden de trabajo el cual se puede usar para el mantenimiento de los equipos primarios de las subestaciones pertenecientes al área de concesión de EMELNORTE S.A.

## Conclusiones

- En cumplimiento con el primer objetivo se realizó una investigación sobre las subestaciones eléctricas, los equipos primarios que las conforman y sus tipos, clasificaciones y usos; se pudo verificar cuáles de los equipos de la investigación son más usados.
- En cumplimiento con el segundo objetivo, se hizo un levantamiento de los equipos primarios de las subestaciones en el área de concesión de la “Empresa Eléctrica Regional Norte S.A., EMELNORTE S.A.”, este ayudó a ordenar la información en una base de datos y facilitó el diseño de un plan de mantenimiento, que brinda a los encargados de la Jefatura de Subestaciones el soporte técnico adicional, dinamizando las acciones preventivas que se deban realizar programando actividades de control rutinarias para un correcto funcionamiento de estos dispositivos de potencia.
- Este plan ayuda a realizar las actividades de mantenimiento de una manera más segura y eficiente para el personal de campo, que ante la presencia de problemas servirá como guía para su diagnóstico o solución. La continuidad y eficiencia de estos procesos son necesarios para mantener en buen estado de funcionamiento todos los elementos que componen las subestaciones eléctricas.



## Recomendaciones

- En un estudio posterior se puede optar por elaborar un análisis más profundo en cada una de las subestaciones pertenecientes al área de concesión de EMELNORTE S.A., elaborando un plan de mantenimiento propio e individual tomando en cuenta el funcionamiento dependiente de la altura, clima y situación geográfica a la que se exponen.
- Para una posible mejora de la base de datos presentada, se recomienda usar un software más amigable al usuario y con menos limitantes en la parte de programación; que sea diseñado exclusivamente para crear y administrar bases de datos y ayude a obtener un mejor resultado.

## Referencias

Abaunza Prieto, G. (1995). MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRANSFORMADORES, INTERRUPTORES Y SECCIONADORES DE POTENCIA PARA SUBESTACIONES CONVENCIONALES DE 115 KV Y 230 KV.

ABB. Service Note: Mantenimiento preventivo para interruptores de baja tensión. Colombia

Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (octubre de 2019). Proyecto de regulación: disposiciones para la planificación, coordinación, ejecución y control del plan de mantenimiento de los bienes afectos al servicio público de energía eléctrica. Quito, Pichincha, Ecuador.

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. (2019). *Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano 2019*.

Aguirre Saiz, B. (2014). MANUAL DE MANTENIMIENTO Y SUPERVISIÓN GENERAL DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.

Alvarado, D. F. (2016). *Plan de Mantenimiento de Subestaciones*. Boyacá, Colombia: Asistencia Técnica Industrial.

Álvarez, R. E., & Pozo, M. D. D. (2007). MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA. IN *XII ENCUENTRO REGIONAL IBEROAMERICANO DE CIGRE (Foz de Iguazú, Brasil, 2007)*.

Analuisa, V. D. (2012). *INTEGRACIÓN DEL PATIO DE 138 kV DE LA SUBESTACIÓN SELVA ALEGRE AL SISTEMA SCADA DE LA EEQ.SA*. Quito: Tesis.

Bazua, L. P. A. (n.d.). Estructuras y equipos de subestaciones eléctricas. *Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Los Mochis, México, 26*.

Bazua, L. P. A. (n.d.). Estructuras y equipos de subestaciones eléctricas. *Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Los Mochis, México, 26*.

Bermúdez F. & Núñez Forestieri J. (2004). *GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA*. Chile: Tesis

Br. Calderón De A., J. D. (2015). *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS COMPACTAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. CASO DE ESTUDIO. EDIFICIO PROFESIONAL "TORRE STRATOS"*. Valencia: Tesis.

- Cajas, A. P. (2016). *DETERMINACIÓN DEL GRADO DE AMORTIGUACIÓN QUE CUMPLE UN BLOCK DE FUNDICIÓN DE UN MOTOR EN FUNCIONAMIENTO*. Quito: Tesis.
- Calderón, J. (febrero de 2015). *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS COMPACTAS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. CASO DE ESTUDIO. EDIFICIO PROFESIONAL "TORRE STRATOS"*. Valencia, Carabobo, Venezuela: Tesis.
- Castillo, J. E. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL PARA CUATRO BAHÍAS DE 69 kV DE LA SUBESTACIÓN DE VELA CRUZ*. Cuenca: Tesis.
- CELEC EP. TRANSELECTRIC. (2016). *POLÍTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES*. Quito.
- Colque Ajpe, M. S., & Soto Alanes, F. *MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA* (Doctoral dissertation).
- Echavarría Ramírez, J. L. (2019). *DISEÑO DE GABINETE DE SEÑALIZACIÓN Y MANIOBRAS PARA INTERRUPTORES CON MECANISMO DE OPERACIÓN DE TIPO HIDRÁULICO Y NEUMÁTICO CON TENSIONES NOMINALES DE 500KV Y 230KV PARA EL TALLER DE MANTENIMIENTO DE INTERRUPTORES DE ISA INTERCOLOMBIA SAS*.
- Empresa Distribuidora del Pacífico S.A. E.S.P. (2015). *MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS*. Chocó: dispac.
- FLIR. *Cámara Termográfica FLIR para mantenimiento predictivo*.  
[http://flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/7038/7038\\_ES.pdf](http://flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/7038/7038_ES.pdf)
- Franco, M. d. (2016). *MANTENIMIENTO DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y AGUAS DE PEREIRA*. Pereira: Tesis.
- García Vélez E. & Gaspar España C. (2010). *Diagnóstico y Mantenimiento de transformadores de Gran potencia en aceite (Aplicado a un transformador de 160MVA, 13,8kV/138kV de la Central Térmica Trinitaria)* [Tesis de Bachillerato, Universidad Politécnica Salesiana]
- Gómez, M. L. (2018). *PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA QUE PERMITA OPTIMIZAR EL USO DE LOS RECURSOS ASOCIADOS AL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA*

*SUBESTACIÓN LA ÍNSULA DE LA EMPRESA CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER.* San José de Cúcuta: Tesis.

Gondres Torné, I., Lajes Choy, S., & del Castillo Serpa, A. (2018). GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO A INTERRUPTORES DE POTENCIA. ESTADO DEL ARTE. *INGENIARE. REVISTA CHILENA DE INGENIERÍA*, 26(2), 192-202. doi:10.4067/S0718-33052018000200192

Grupo EPM. (2018). *MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - PREDICTIVO - CORRECTIVO - PARA TRABAJOS CON TENSIÓN EN SUBESTACIONES Y LÍNEAS CHEC.* CBEC.

Hernández Juárez, L. Y. (2018). ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DE APARTARRAYOS TIPO ALEA, CLASE 1 EN LINEAS DE SUBTRANSMISION 115KV.

Israel Gondres Torné, S. L. (2018). GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO A INTERRUPTORES DE POTENCIA. ESTADO DEL ARTE. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 192-202.

Jaramillo, L. (2018). Manual de verificación y mantenimiento Subestación Eléctrica CC Santo Domingo. Cuenca, Azuay, Ecuador: Tesis.

Jiménez Manugo B. & Vanegas Puello R. (2003). *MANTENIMIENTO CORRECTIVO, PREVENTIVO, Y PREDICTIVO DE LOS BANCOS DE MOTORES DE INDUCCIÓN Y SÍNCRONOS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA C.U.T.B.* [Bachelor's thesis]. Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Megger. *OTS60SX/2 PROBADOR DE ACEITE SEMIAUTOMÁTICO.*

<https://csa.megger.com/semi-automatic-oil-test-set-ots60sx/2-3#overview>

Megger. *TTR 100: TTR Portatil.*

[https://portalvhds963slh4m3fqg2.blob.core.windows.net/megger-products/TTR100\\_DS\\_es\\_V17.pdf](https://portalvhds963slh4m3fqg2.blob.core.windows.net/megger-products/TTR100_DS_es_V17.pdf)

Mendoza Duran H. Velásquez Marín M. (2011). *DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DEL SECTOR MINERO DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA* [Trabajo Final Integrador, Universidad Tecnológica de Bolívar]. Cartagena de Indias: Trabajo Final

Meraz Contreras, C. A. (2017). MODELADO DE TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS PARA PROTECCIÓN Y MEDICIÓN.

- Merchán, D. F. (2017). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LAS PRINCIPALES SUBESTACIONES DE LA EMPRESA DE ENERGÍA BOYACÁ S.A. E.S.P. APLICADO POR LA EMPRESA ASISTENCIA TÉCNICA INDUSTRIAL LTDA.* Duitama: Tesis.
- Meza, R. A. (2008). *SIMULACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN DE 230 kV A DOBLE BARRA.* Quito: Tesis.
- Moreira Posligua, D. S. (2021). *MANTENIMIENTO PREDICTIVO, CORRECTIVO Y DEDUCTIVO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN EL LABORATORIO DE CNEL EP LOS RÍOS* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021).
- OMICRON. *CPC 100 La magia de la ciencia eléctrica.*  
<https://www.omicronenergy.com/es/cpc100-electrical-science/>
- Ordoñez Sanclemente, J. P., & N. A. L. G. (2010). *Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución (Bachelor's thesis).* Universidad politécnica salesiana.
- Pedrozo Carrillo, J. (2022). *PRUEBAS A EQUIPOS SECCIONADORES EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.*
- Pérez Moreno, R. F. (2018). *AUTOMATIZACIÓN DE BANCOS CAPACITIVOS.* INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COLIMA.
- Pérez, J. L. (2011). *DISEÑO DEL NUEVO LABORATORIO DE PRUEBAS PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DE UNA ALIMENTACIÓN INDEPENDIENTE PARA EL LABORATORIO DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.* Quito: Tesis.
- Ramírez, C. A. (2017). *MANUAL PARA LA OPERACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS CON NIVELES DE TENSIÓN 115 kV, 33 kV y 13,2 kV.* Pereira: Tesis.
- Ramírez, J. J. (2016). *IMPLEMENTACIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PARA DESTILERIA RIOPAILA Y RIOPAILA ENERGÍA.* Pereira: Tesis.
- Ramírez, R. T. (2014). *CONSIDERACIONES GENERALES PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE SUBESTACIONES DE TRANSMISIÓN.* México D.F.: Tesis.
- Rivera, W. O. (2014). *SELECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y POTENCIAL EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES.* México D.F.: Tesis.

- Rojas Castillo, J. E., & Vargas Jaramillo, P. E. (2018). *Diseño e implementación de los circuitos de control para cuatro habías de 69kV de la subestación de Veracruz* (Bachelor's thesis). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31321>
- Saavedra, E. A. (2018). *DISEÑO DE SUBESTACIONES DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA CONVENCIONAL MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL EN MICROSOFT EXCEL*. Chiclayo: Tesis.
- Saiz, B. A. (2014). *MANUAL DE MANTENIMIENTO Y SUPERVISIÓN GENERAL DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA*. Cantabria: Tesis.
- Saraceno, M. Utilteactón del Torio en Reactores de Potencia.
- Sigüencia García, J. F. (2020). *MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LA SUBESTACIÓN DE 5MVA DE 69-13.8 KV DE LA EMPRESA TECNOVA*. Guayaquil: Tesis.
- Toalombo Montes, M. B., & Toapanta, O. S. (2021). *REPOTENCIACIÓN Y MONITOREO REMOTO DE UN BANCO DE CAPACITORES AUTOMÁTICO PARA MEJORAR EL BAJO FACTOR DE POTENCIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.).
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas Grupo de Investigación Xué Semillero de Investigación Barión. (2018). *CARACTERIZACIÓN DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN QUE HAGAN PARTE DEL SIN, DEL STR O DEL SDL DENTRO DE LA REGIÓN CENTRAL (CUNDINAMARCA, BOYACÁ, TOLIMA, META Y BOGOTÁ DC)*. Boyacá: RAPE.







C. Órdenes de trabajo mantenimiento preventivo transformadores de potencia

Mantenimiento preventivo diario



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0001	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del equipo en mantenimiento:</b>			
Equipo relacionado:	TRANSFORMADOR	No. De serie:	9812280103
Intervalo mantenimiento:	DIARIO	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Esfero			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Lectura de corrientes y voltajes de carga 2. Lectura de la temperatura de aceite y devanados 3. Lectura de temperatura de aceite entrante y saliente (OF) 4. Escuchar sonidos inusuales 5. Observar las bombas de circulación			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing. Marco Montesdeoca	

Mantenimiento preventivo semanal

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0002	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	TRANSFORMADOR	No. De serie:	9812280103
Intervalo mantenimiento:	SEMANAL	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Esfero			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Observar en busca de fugas 2. Observar el nivel de aceite en el tanque y en los pasatapas 3. Revisar los tubos de ventilación y notar cambio de temperatura			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing.Marco Montesdeoca	

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0003	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del equipo en mantenimiento:</b>			
Equipo relacionado:	TRANSFORMADOR	No. De serie:	9812280103
Intervalo mantenimiento:	MENSUAL	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad	Un supervisor, un ayudante
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Esfero Manual de fabricante	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
1. Inspeccionar los medidores del transformador en alto y bajo voltaje. 2. Revisar fuga de aceite tanto en el tanque como en uniones y tuberías 3. Realizar una inspección general del transformador tomando nota del número de operaciones del cambiador de tap bajo carga 4. Revisar las alarmas de protección 5. Revisar el medidor de presión / vacío, comparar	lecturas con las del fabricante 6. Revisar si el respirador deshidratante está saturado de humedad
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b> Ing. Marco Montesdeoca	

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0004	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	TRANSFORMADOR	No. De serie:	9812280103
Intervalo mantenimiento:	TRIMESTRAL	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad	Un supervisor, un ayudante
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Esfero	
Manual de fabricante	
Equipo de pruebas dieléctricas en aceite	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar cromatografía de gases</li> <li>2. Realizar análisis fisico químico</li> <li>3. Realizar análisis de PBC</li> <li>4. Realizar cromatografía de furanos</li> <li>5. revisar el estado del sílicagel</li> <li>6. Tomar lecturas de la temperatura promedio del aceite</li> <li>7. Revisar si la válvula de sobrepresión ha operado</li> <li>8. Reviar fugas de aceite o agua</li> </ol>	
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b>	Ing.Marco Montesdeoca

D. Órdenes de trabajo mantenimiento predictivo transformadores de potencia

Mantenimiento predictivo semestral



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0005	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	TRANSFORMADOR	No. De serie:	9812280103
Intervalo mantenimiento:	SEMESTRAL	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad	Un supervisor, un ayudante
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Esfero	
Manual de fabricante	
Equipo de pruebas dieléctricas en aceite	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar cromatografía de gases</li> <li>2. Realizar análisis físico químico</li> <li>3. Realizar análisis de PBC</li> <li>4. Realizar cromatografía de furanos</li> <li>5. revisar el estado del sílicagel y cambiar</li> <li>6. Tomar lecturas de la temperatura promedio del aceite</li> <li>7. Realizar inspección visual de los pasatapas / aisladores y pararrayos en busca de rajaduras,</li> </ol>	grado de limpieza, degrado del material
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b> Ing.Marco Montesdeoca	

Mantenimiento predictivo anual

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0006	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	TRANSFORMADOR	No. De serie:	9812280103
Intervalo mantenimiento:	ANUAL	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, dos ayudantes	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>		Tester	TTR Megger
Chispómetro		Amerek	RMO-040T DVD Powers
Manual de fabricante		CPC-100	
Equipo de pruebas dieléctricas en aceite		Ultrasonido	
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite 2. Pruebas de relé de Buchholz 3. Revisar medidor de temperatura (devanado/aceite) 4. Pruebas de pararrayos 5. Análisi vibracional y sonoro 6. Limpieza de aisladores 7. Limpieza y revisión de válvulas 8. Limpieza del sistema de refrigeración externo 9. Prueba de correinte de excitación		10. Prueba de relación de transformación 11. Prueba de resistencia de devanado 12. Prueba de reactancia de dispersión 13. Prueba de factor de potencia 14. Prueba de resistencia de aislamiento en CC 15. Prueba de voltaje tanto en el papel como en el aceite	
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing. Marco Montesdeoca	

## ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0006	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	TRANSFORMADOR	No. De serie:	9812280103
Intervalo mantenimiento:	TRIANUAL	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad, guantes	Un supervisor, dos ayudantes
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Cámara Flyr	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
1. Análisis termográfico de las partes activas	
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b>	Ing.Marco Montesdeoca

E. Órdenes de trabajo mantenimiento preventivo interruptores de potencia

Mantenimiento preventivo anual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0007	Nombre S/E:	AJAVÍ
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	INTERRUPTOR	No. De serie:	136291-010-A
Intervalo mantenimiento:	ANUAL	Marca:	SIEMENS
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad, guantes	Un supervisor, un ayudante
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Juego de herramientas	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
1. Inspección de los componetes mecánicos: cámaras de arco, contactos principales y contactos de arco, mando principal, mecanismo de extracción ( si es el caso), contacto de seccionamiento pinzas 2. Inspección de los terminales de conexión 3. Inspección del circuito auxiliar 4. Inspección de los accesorios eléctricos y mecánicos: motor de cargamuellas, bobina de mínima tensión bobinas de apertura y cierre, bloqueo a llave del	interruptor en posición abierto, contactos auxiliares del interruptor, dispositivos de bloqueo. 5. Mantenimiento condicionado al estado de deterioro de la resistencia de aislameinto 6. Análisis de la termografía 7. Inspección del relé de protección
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b>	Ing.Marco Montesdeoca





Fecha y hora de los datos:  
Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0008	Nombre S/E:	AJAVÍ
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	INTERRUPTOR	No. De serie:	136291-010-A
Intervalo mantenimiento:	TRIANNUAL	Marca:	SIEMENS
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad, guantes	Un supervisor, un ayudante
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Juego de herramientas	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
1. Revisión de los componetes mecánicos y reemplazo en casod e ser necesario: cámaras de arco, contactos principales y contactos de arco, mando principal, mecanismo de extracción ( si es el caso), contacto de seccionamiento pinzas 2. Inspección de los terminales de conexión 3. Mantenimiento del circuito auxiliar 4. Inspección de los accesorios eléctricos y mecánicos: motor de cargamueller, bobina de mínima tensión	bobinas de apertura y cierre, bloqueo a llave del interruptor en posición abierto, contactos auxiliares del interruptor, dispositivos de bloqueo. 5. Mantenimiento condicionado al estado de deterioro de la resistencia de 6. Análisis de la termografía 7. Revisión yantenimiento del relé del protección
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b> Ing.Marco Montesdeoca	

F. Órdenes de trabajo mantenimiento predictivo interruptores de potencia

Mantenimiento predictivo anual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0009	Nombre S/E:	AJAVÍ
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	INTERRUPTOR	No. De serie:	136291-010-A
Intervalo mantenimiento:	ANUAL	Marca:	SIEMENS
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad, guantes	Un supervisor, un ayudante
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Juego de herramientas CPC-100 OMICRON	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
1. Revisión de la resistencia circuito principal y conexiones 2. Revisión de la resistencia dinámica, resistencia de aislamiento en CC, tiempo de maniobras y sincronismo entre contactos 3. Revisión del estado de los contactos y la velocidad de apertura y cierre 4. Verificación del consumo de corriente en las bobinas	5. Revisión del tiempo de reposición de carga 6. verificar la corriente de consumo del motor en carga 7. Consumo de maniobras, control medio de extinción de falla 8. Verificar fugas de SF6
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b> Ing.Marco Montesdeoca	

Mantenimiento predictivo trianual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0009	Nombre S/E:	AJAVÍ
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	INTERRUPTOR	No. De serie:	136291-010-A
Intervalo mantenimiento:	TRIANUAL	Marca:	SIEMENS
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad, guantes	Un supervisor, un ayudante
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Juego de herramientas CPC-100 OMICRON Chispómetro	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. control del medio de extinción de falla</li> <li>3. Verificación de la rigidez dieléctrica</li> <li>4. Verificar la humedad, acidez, calidad del gas SF6</li> <li>5. Comprobar fugas de SF6</li> <li>6. limpieza y ajuste de cableadod el cubículo de control</li> <li>7. Engrase y lubricación del sistema de accionamiento</li> <li>8. Revisión del varillaje del sistema de accionamiento</li> </ol>	
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b> Ing.Marco Montesdeoca	

G. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo en seccionadores.

Mantenimiento preventivo anual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0010	Nombre S/E:	SAN VICENTE
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del equipo en mantenimiento:</b>			
Equipo relacionado:	SECCIONADOR	No. De serie:	1082
Intervalo mantenimiento:	ANUAL	Marca:	ESEYBE
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Juego de herramientas		hidrolavadora	
Elementos de limpieza			
Pérgola			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspección del estado físico</li> <li>2. limpieza de los puntos de unión, conexión y aisladores</li> <li>3. Desacople del mando y enclavamiento</li> <li>4. Ajuste de tornillos en los brazos del seccionador, mecanismos de maniobra y uniones de conectores</li> <li>5. Engrase de contactos</li> <li>6. Calibración de los brazos del seccioandor</li> <li>7. Verificación de enclavamientos</li> </ol>			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing. Marco Montesdeoca	

H. Orden de trabajo de mantenimiento predictivo en seccionadores.

Mantenimiento predictivo anual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0011	Nombre S/E:	SAN VICENTE
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	SECCIONADOR	No. De serie:	1082
Intervalo mantenimiento:	ANUAL	Marca:	ESEYBE
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Juego de herramientas		Elementos de limpieza	
Multímetro			
CPC-100			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Revisión de la resistencia del circuito principal y conexiones. 2. Verificar los tiempos de maniobra 3. Verificar el consumo de energía por maniobra en los motores 4. Limpieza del cubículo de control 5. limpieza y ajuste del cableado del cubículo de control			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing. Marco Montesdeoca	

I. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo en pararrayos.

Mantenimiento preventivo anual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

<b>ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA</b>			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0012	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	PARARRAYOS	No. De serie:	
Intervalo mantenimiento:	ANUAL	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Juego de herramientas			
Elementos de limpieza			
Hidrolavadora			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Inspección del estado del material 2. Limpieza de los puntos de unión y el aislameinto 3. Verificar el apriete de la tornillería			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing.Marco Montesdeoca	

J. Orden de trabajo de mantenimiento predictivo en pararrayos.

Mantenimiento predictivo trianual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0013	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	PARARRAYOS	No. De serie:	
Intervalo mantenimiento:	TRIANUAL	Marca:	MITSUBISHI
<b>Observaciones:</b>			

<b>Indicaciones de seguridad:</b>	
<b>Equipo de protección personal:</b>	<b>Personal requerido:</b>
Casco, botas, traje de seguridad, guantes	Un supervisor, un ayudante
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>	
Juego de herramientas	
Elementos de limpieza	
Multímetro	
<b>Descripción del trabajo:</b>	
1. Prueba de factor de potencia 2. Pruebas de corrientes de fuga 3. Pruebas de descargas parciales	
<b>Observaciones:</b>	
<b>Autorizado por:</b>	Ing. Marco Montesdeoca

K. Orden de trabajo mantenimiento preventivo/predictivo banco de baterías.

Mantenimiento preventivo/predictivo trimestral



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

<b>ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA</b>			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0014	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO/PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	BANCO DE BATERÍAS	No. De serie:	
Intervalo mantenimiento:	TRIMESTRAL	Marca:	
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Juego de herramientas		Densímetro	
Elementos de limpieza			
Multímetro			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Prueba de carga de voltaje constante 2. Voltaje en los bornes 3. Revisar el nivel de electrolito 4. Aspecto de la carcasa 5. Revisar la carga de compensación			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing. Marco Montesdeoca	



L. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo/predictivo compresor.

Mantenimiento preventivo/predictivo anual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0015	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO/PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	COMPRESOR	No. De serie:	
Intervalo mantenimiento:	ANUAL	Marca:	
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Juego de herramientas Elementos de limpieza			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Revisar la válvula de aspiración y descarga 2. Revisión del filtro de admisión 3. Revisar la correa en V 4. Inspeccionar el separador de agua-aceite 5. Revisar la válvula autpmática de drenaje 6. Revisar la válvula magnética de seguridad 7. Revisar la váñvula de retención 8. Revisar tubería 9. Inspección del manómetro y valvula de reducción		10. Revisión del tablero de control	
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing.Marco Montesdeoca	

M. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo/predictivo celdas de medio voltaje.

Mantenimiento preventivo/predictivo anual



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0016	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO/PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	CELDAS DE MEDIO VOLTAJE	No. De serie:	
Intervalo mantenimiento:	ANUAL	Marca:	
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Juego de herramientas Multímetro			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Medición de los voltajes de control 2. Ajustes de los puntos de conexión 3. Pruebas de continuidad de cableado			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing. Marco Montesdeoca	

N. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo banco de condensadores.

Mantenimiento preventivo semanal.



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0017	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREVENTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del equipo en mantenimiento:</b>			
Equipo relacionado:	CONDENSADORES	No. De serie:	84509
Intervalo mantenimiento:	SEMANAL	Marca:	LEYDEN S.A.
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Juego de herramientas Ultrasonido Multímetro			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Verificación de ruidos anormales 2. Inspección por deformación 3. Verificar el aumento de la temperatura 4. Verificación de voltajes y corrientes 5. Inspección de grietas en pasamuros 6. Inspección de fugas de aceite			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing. Marco Montesdeoca	

O. Orden de trabajo de mantenimiento predictivo banco de condensadores.

Mantenimiento predictivo bianual.



Fecha y hora de los datos:

Fecha y hora de impresión:

ORDEN DE TRABAJO PROGRAMADA			
<b>Información de la orden de trabajo:</b>			
Orden de trabajo No.:	0018	Nombre S/E:	LA ESPERANZA
Estado OT:	PENDIENTE	Responsable del trabajo:	Ing. XXXXXXXX XXXXXX
Tipo de mantenimiento:	PREDICTIVO	Fecha y hora fin planificado:	
Fecha y hora de inicio planificado:			
<b>Información del quipo en mantenimineto:</b>			
Equipo relacionado:	CONDENSADORES	No. De serie:	84509
Intervalo mantenimiento:	BIANUAL	Marca:	LEYDEN S.A.
<b>Observaciones:</b>			
<b>Indicaciones de seguridad:</b>			
<b>Equipo de protección personal:</b>		<b>Personal requerido:</b>	
Casco, botas, traje de seguridad, guantes		Un supervisor, un ayudante	
<b>Insumos y herramientas necesarias:</b>			
Juego de herramientas CPC - 100 Multímetro			
<b>Descripción del trabajo:</b>			
1. Medición de la capacidad electrostática			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Autorizado por:</b>		Ing. Marco Montesdeoca	