



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTÉCNIA Y COMPUTACIÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Trabajo Monografía para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Tema:

**"Procedimiento para Mantenimientos a Equipos de Altas Tensión de las
Subestaciones Eléctrica de Altas Tensión en Nicaragua"**

Autores:

Br. Jackson José Moreno Ríos Carnet: 2015-0060S.

Br. Marlon Ignacio Barbosa López Carnet: 2015-0044S.

Tutor:

Ing. Nelson David López Rivera.

Managua

Septiembre 2023

Dedicatoria

A mi madre Silvia del Socorro Ríos Dávila y tíos Luisa Amanda Téllez y Roberto José Ríos, siendo unas personas muy inteligentes y trabajadoras que con amor y sacrificio supieron darme consejos durante toda la vida para formarme correctamente como hijo, sobrino y profesionalmente.

A mi prima Yahaira Antonia Ríos y Hermanos, por su apoyo incondicional y palabras de aliento para impulsarme al mundo del profesionalismo.

Jackson José Moreno Ríos

Dedicatoria

Dedico este gran esfuerzo a mi esposa y Jessie quienes han sido una pieza fundamental en esta etapa de mi vida porque me han impulsado a terminar este gran proyecto que tanto anhelaba y por depositar en mí su cariño, admiración, y apoyo incondicional, siendo esto para mí una fuente de inspiración en el desarrollo de mis metas, y en la obtención del Título de Ingeniero.

Marlon Ignacio Barbosa López

Agradecimiento

Queremos expresar nuestra gratitud primeramente a Dios, quien con su bendición llena siempre nuestras vidas y a toda nuestra familia por estar siempre presente.

Agradecemos de manera muy especial al Ing. Nelson David López Rivera, nuestro tutor, quien nos ha guiado en el desarrollo de este proyecto de investigación. Su dedicación y experiencia han sido fundamentales en la realización de esta monografía.

También agradecemos a compañeros de trabajo por su apoyo; y al personal docente y administrativo que conforman la facultad de electrotecnia y computación quienes nos ayudaron en inquietudes y problemas durante la etapa universitaria desde el inicio hasta la finalización de nuestra carrera.

Jackson José Moreno Ríos
Marlon Ignacio Barbosa López

Resumen

El presente trabajo de investigación está centrado en explicar la realización de procedimientos para mantenimientos a los equipos de subestaciones eléctricas de media y alta tensión en Nicaragua. Éste servirá de apoyo al personal técnico e ingenieros, en especial a los electricistas y electromecánicos, pues será guía para la ejecución y planeamiento de órdenes de trabajo de tipo mantenimiento a equipos electromecánicos como interruptores, transformadores de corriente y potenciales, seccionadores, apartarrayos, aisladores, entre otros, de media y alta tensión.

También describe los mantenimientos como herramienta primordial para buscar una mejor eficiencia en el sistema eléctrico de Nicaragua y así disminuir el tiempo que se pierde al realizar reparaciones no previstas, produciendo el menor costo posible y teniendo como referencia las normas de seguridad en todo momento.

Así mismo, muestra la gran importancia de las disposiciones técnicas y de seguridad que exige el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), en cuanto a subestaciones eléctricas tipo interior o tipo patio incluyendo las sugerencias y mejoras para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico en general.

Adicionalmente se define la finalidad de operación de los equipos electromecánicos, se estudian las fallas más comunes que se presentan, se detalla un cronograma de ejecución de los tipos de mantenimiento a realizarse semestralmente, y se realiza un cálculo de inversión necesario para gastos de materiales.

Estos procedimientos de mantenimiento tienen como objetivo aseguraren todo momento el funcionamiento y lograr prolongar la vida útil de los equipos con los niveles más eficientes; tomando en cuenta las respectivas normas de higiene y seguridad para mitigar los riesgos laborales que pueden ocurrir.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ANTECEDENTES.....	2
3.	JUSTIFICACIÓN.....	3
4.	OBJETIVOS.....	4
	4.1. Objetivo General	4
	4.2. Objetivos Específicos.....	4
5.	MARCO TEÓRICO.....	5
	5.1. Definiciones y Abreviaturas.....	5
	5.2. Generalidades de las Subestaciones Eléctricas.....	11
	5.3. Clasificación de las Subestaciones Eléctricas.....	12
	5.4. Principales Equipos de una Subestación Eléctrica.....	16
	Transformador de Potencia.....	17
	Interruptor de Potencial.....	19
	Transformador de corriente (TC).....	20
	Transformador de Potencial (TP).....	21
	Seccionador.....	22
	Pararrayos.....	23
	Aisladores de Soporte	23
	Sistema de Puesta a Tierra.....	24
	Equipos de Taleros.....	23
	Servicios Auxiliares.....	23
	Barraje.....	23
	Hilo de Guarda en Subestaciones.....	23
	Transformador de Servicios Auxiliares.....	29
	5.5. Principales Funciones de las Subestaciones.....	29
	5.6. Clasificación de los Mantenimientos.....	33
	Mantenimiento Predictivo:.....	33
	Mantenimiento Preventivo:.....	33

Presenta las Siguietes Características:	34
➤ Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.....	34
➤ Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios a la mano.....	34
➤ Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.....	34
➤ Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.....	34
➤ Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.....	34
Mantenimiento Correctivo:	34
5.7. Normas de Seguridad en Subestaciones Eléctrica.....	36
5.8. Procedimiento General de Mantenimiento a Subestaciones Eléctricas.....	44
Aplicaciones:	44
Barraje y Servicios Auxiliares	66
5.9. Pruebas que se le hacen a Equipos de Subestaciones Eléctrica.....	70
5.10. Flujograma de Mantenimiento de Subestaciones Eléctrica	
Proceso de Mantenimiento de Interruptores de Potencia	71
5.11. Informes del Mantenimiento de las Subestaciones Eléctricas.....	79
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
6.1. Conclusiones.....	80
6.2. Recomendaciones.....	81
7. BIBLIOGRAFÍA.....	82
7.1. Referencias Bibliográficas.....	82
7.2. Referencias Webgráficas.....	83
8. ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.1 Subestación mateare, Managua.....	11
Figura No.2 Equipos de Patio, Matagalpa.Fuente: ENATREL.....	17
Figura No.3 Transformador de Potencial 138kV – 13.8kV.Fuente: ENATREL	17
Figura No.4 Autotransformador 230kV.Fuente: ENATREL.	18
Figura No.5 Interruptor de Potencia, Acople 230kV.Fuente:ENATREL.....	19
Figura No.6 Transformadores de Corriente TC 230Kv.Fuente: Subestación Mateares (Planta MAN).....	20
Figura No.7 Transformador de Potencia TP 230kV.Fuente: Subestación Mateare (Planta MAN).....	21
Figura No.8 Seccionador 230kV. Fuente: Subestación Mateare (Planta MAN)	22
Figura No.9. Pararrayos Polimérico 230kV. Fuente: Subestación Mateare (Planta MAN).	23
Figura No 10. Aislador de Soporte 138kV. Fuente: ENATREL.....	24
Figura No.11 Equipos de protección personal (EPP).Fuente: Fuente: Crespo M. & Herguedas, A. (2004) Ingeniería de Mantenimiento....	25
Figura No.12 Celdas o gabinetes. Fuente: Subestación Termopaipa (Colombia).....	26
Figura No.13 1.Celdas de distribución de CD–AC y Cargador de baterías. 2. Grupo eléctrico o Planta de emergencia.3. Inversor. 4. Transformador de auxiliares. 5. Seccionador de auxiliares. 6. Banco de baterías. Fuente: Subestación Termopaipa (Colombia).....	27
Figura No.14 Barraje de 13,8 kV. Fuente: Subestación Termopaipa (Colombia).....	28
Figura No.15 Hilo de Guarda. Fuente: Subestación Termopaipa (Colombia).....	28
Figura No 16. Señalizaciones de Seguridad en Área de trabajo. Fuente: Crespo M. & Herguedas, A. (2004) Ingeniería de Mantenimiento.....	42
Figura No.17 Equipos de protección personal (EPP). Fuente: Crespo M. & Herguedas,A. (2004) Ingeniería de Mantenimiento.....	43

ÍNDICE DETABLAS

Tabla No.1 Kilómetros de Líneas de Transmisión de Alta Tensión. Fuente: ENATREL.....	15
Tabla No. 2 Total de Subestaciones Eléctrica de Alta Tensión. Fuente: ENATREL.....	16
Tabla No. 3 Distancia de espacio de Trabajo del personal y la Tensiones. Fuente: ENATREL.....	43
Tabla No 4. Simbología Eléctrica De Subestaciones Eléctrica. Fuente: ENATREL.....	69
Tabla No. 5 Edificación de Equipos en la Subestación Eléctrica. Fuente: ENATREL.....	70
Tabla No. 6 Hoja de Despeje Para Trabajar en la Subestación Eléctrica. Fuente: ENATREL.....	71
Tabla No. 7 Código de Colores de Conductores. Fuente: Puga, L. (2002). Procedimientos de Mantenimiento del Equipo eléctrico de la Central El Ambi. Proyecto de Fin de Grado. Escuela Politécnica Nacional, Quito.....	75

ÍNDICE DE DIAGRAMA UNIFILAR

Diagrama Unifilar No.1 Subestación Eléctrica Planta Centro América.	
Fuente: ENATREL.....	87
Diagrama Unifilar No.2 Subestación Eléctrica los Brasiles (Ciudad Sandino).	
Fuente: ENATREL.....	88
Diagrama Unifilar No.3 Subestación Eléctrica el Periodista (Managua).	
Fuente: ENATREL.....	89

1. INTRODUCCIÓN

Las Subestaciones Eléctricas son uno de los subsistemas que conforman los Sistemas Eléctricos de Potencia. Su función es modificar los parámetros de la energía para hacer posible su transmisión y distribución. Las Subestaciones Eléctricas intervienen en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

La estandarización de procedimientos permite la homologación de los criterios de mantenimiento de las Subestaciones Eléctricas en los trabajos de inspección, supervisión, mantenimiento, toma de decisiones preventivas y correctivas, así como normar la programación, control e informe técnicos de las actividades del mantenimiento.

Al relacionar el término con una Subestación Eléctrica, resulta indispensable mencionar que todo mantenimiento se fundamenta en tres aspectos, como son: la planificación de las acciones de mantenimiento, los costos y el cumplimiento cabal de lo planificado. Se destaca el hecho que, de una buena gerencia en el mantenimiento de una Subestación Eléctrica, se garantiza la continuidad del servicio eléctrico.

El mantenimiento es un concepto simple, pues se fundamenta en todas las acciones que se desarrollan con la finalidad de lograr que un equipo, alcance a funcionar en óptimas condiciones durante un tiempo igual o superior a la vida útil para lo cual fue creado.

El mantenimiento juega un papel fundamental en la seguridad, no solo para el equipo, también para quienes lo operan y para quienes, por diversos factores o circunstancias, están cercanos a los equipos.

Algunos dispositivos que conforman las Subestaciones Eléctricas son: Interruptores de potencia, transformadores de instrumento (transformadores de corriente y transformadores de potencial) apartarrayos seccionadores, transformadores de potencia, aisladores y capacitores o condensadores.

2. ANTECEDENTES

La electricidad es de vital importancia, ya que con ella viene el desarrollo de la persona, en la medida de que son esenciales los servicios que se derivan de su uso, tales como: iluminación, refrigeración de alimentos y el uso de algunos equipos que facilitan el diario vivir. Las primeras instalaciones eléctricas eran locales. Los lugares de generación y consumo estaban separados solo a unos pocos kilómetros de distancia. Los pequeños generadores hidroeléctricos y a vapor ya no eran suficientes y se tuvieron que crear centrales eléctricas más grandes lejos de las ciudades. Los niveles de tensión tuvieron que ser aumentados para mantener las corrientes nominales en las líneas de media tensión y de esta forma reducir las pérdidas y la caída de tensión. Esto fue el momento del nacimiento de un nuevo componente en el sistema eléctrico: el transformador de potencia.

Paralelo al crecimiento y desarrollo acelerado de la sociedad actual, se observa una progresiva demanda del servicio eléctrico lo cual con lleva a una dependencia de energía eléctrica competente y calificada. Para lograr la calidad, la trasmisión, la distribución adecuada fue necesario el diseño de subestaciones eléctricas.

En Nicaragua la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL) es la encargada de los diseños, montaje y mantenimiento de las Subestaciones Eléctricas. ENATREL es la encargada de la electrificación a nivel nacional y en conjunto con la Empresa Nacional Eléctrica (ENEL) y Disnorte - Dissur empresa encargada de la distribución de la energía eléctrica han venido evolucionando la energía eléctrica a nivel nacional. Desde el año 2006 al año 2022 se ha logrado la electrificación a nivel nacional en un 99.191%, representando un incremento del 45.191 %. La capacidad actual de generación es de 4656.9GW. En la parte de transmisión el Sistema Nacional consta de 3,352km de líneas transmisión eléctrica en todo el territorio para los niveles de tensión 69kV, 138kV y 230kV y un total de 103 Subestaciones Eléctricas con una capacidad de transformación de 5,321MVA.

3. JUSTIFICACIÓN

Se realizó este trabajo monográfico, para asegurar la continuidad y confiabilidad del fluido eléctrico a la sociedad nicaragüense, es muy importante establecer un mantenimiento óptimo a cada uno de los componentes y equipos para que las subestaciones estén en óptimas condiciones de operación, facilitando el flujo de energía entre los diferentes centros de generación, líneas de transmisión grandes consumidores y consumidores finales.

Las Subestaciones Eléctricas siguen en paralelo al desarrollo del país, su operación y mantenimiento representa una prioridad cada vez más compleja. Las Subestaciones Eléctricas forman parte importante del Sistema Nacional de Transmisión, su operación confiable depende de una gran parte de una impresión adecuada, así como sus mantenimientos predictivo, preventivo y correctivo.

Las empresas mantienen un Plan de Manteniendo que está basado en la frecuencia, esto tiene considerables beneficios: disminuye los costos de reparación y los costos de paros imprevisto, la disponibilidad de los equipos aumenta, la inversión en hora hombre es menor, los riesgos de accidente bajan, las interrupciones en el servicio son menores, la mejora en la confiabilidad del servicio eléctrico. Es necesario establecer planes de mantenimientos adecuados y efectivos, para el desarrollo de dichas actividades en las empresas. La forma de hacer los mantenimientos, está cambiando y estos cambios son debido a un aumento de la mecanización, mayor complejidad de los equipos, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de la responsabilidad del mismo.

El planteamiento de esta propuesta, es la de aplicar un mantenimiento asertivo sistémico en cada fase del funcionamiento de una subestación eléctrica. Se torna útil porque permite prevenir y disminuir el riesgo de accidentabilidad, peligrosidad y daños en los diferentes elementos en estas instalaciones. Este planteamiento es pertinente porque se trata de cumplir con las disposiciones legales en cuanto al manejo de energías y conservar en buen estado cada uno de las partes de una subestación eléctrica.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Realizar un Procedimiento para Mantenimiento a Equipos en Alta Tensiones de las subestaciones Eléctrica de Alta tensión en Nicaragua, para optimizar, garantizar el buen funcionamiento, la calidad y continuidad del fluido eléctrico.

4.2. Objetivos Específicos

- Estudiar las Generalidades y Elementos que conforman las Subestaciones Eléctricas, para conocer su función e importancia.
- Conocer la Clasificación y el Procedimiento de los Mantenimientos Eléctricos, para realizar una aplicación correcta a cada uno de los elementos y equipos.
- Diseñar Formatos para Mantenimiento, que sirvan como referencia y aplicación al momento de hacer un Procedimiento de Mantenimiento.
- Elaborar un Procedimiento de Mantenimiento a los diferentes Equipos de las Subestaciones Eléctricas, para obtener un documento de referencia y apoyo a los profesionales del sector eléctrico.
- Enumerar los pasos para elaborar un Informe, que permita organizar toda la información de mantenimiento para disposición de la misma en el momento requerido.

5. MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

5.1. Definiciones y Abreviaturas.

5.1.1. Definiciones.

Calidad de la Energía. Se puede considerar como la combinación de la disponibilidad con la calidad de la tensión y la corriente suministradas.

Diferencia de Potencial (Tensión o Voltaje). El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de Energía Eléctrica o Fuerza Electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

Potencia. Velocidad a la que se consume la Energía. Si la Energía fuese un líquido, la potencia sería los litros por segundo que vierte el depósito que lo contiene. La potencia se mide en joule por segundo (J/seg) y se representa con la letra "P".

Corriente. Es la circulación de cargas o electrones a través de un Circuito Eléctrico cerrado, que se mueven siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de Fuerza Electromotriz (FEM).

Factor de Potencia. El Factor de Potencia de un circuito de corriente alterna, se define, como la relación entre la potencia activa, P, y la potencia aparente, que da lugar a una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa.

Energía. Se considera como la forma de Energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos. Cuando estos dos puntos se los pone en contacto mediante un conductor Eléctrico obtenemos una Corriente Eléctrica.

Aisladores: Principalmente se encuentran en material de porcelana, aunque se están cambiando por un material polimérico que cuenta con mejores propiedades mecánicas, La función eléctrica de los aisladores es proveer el aislamiento para líneas y equipos; así mismo, la retención mecánica de los conductores, cables o barrajes rígidos de la subestación. Estos equipos están sometidos a condiciones de viento, contaminación, esfuerzos de corto circuito y sismos que generan tensiones sobre ellos.

Arco Eléctrico: Haz luminoso producido por el flujo de corriente eléctrica a través de un medio aislante, que produce radiación y gases calientes.

Bahía: Conjunto de equipos y accesorios que hacen parte de un circuito en una subestación, se encuentran en el patio de maniobras o en el caso de las subestaciones capsuladas, en las celdas. Se encargan de las protecciones, control, maniobras y el adecuado funcionamiento del circuito. También llamada módulo o campo.

Barra (Barraje): También se le llama barraje o bus (en inglés bus bar), es el conjunto de conductores, uno para cada fase, a través de los cuales circula la corriente de la subestación, ubicado a lo largo de toda la instalación de potencia, y a donde se conectan los circuitos de entrada y las bahías o celdas de salida.

Banco de Batería: Conjunto de varias baterías que conectadas en serie alimentan los servicios auxiliares de la subestación. Estas se ubican en un cuarto especial para mayor seguridad y suministran corriente continua principalmente a los sistemas de control y protección de la subestación.

Celda: Es una estructura metálica que contiene elementos de media tensión como lo son: Interruptores de potencia, transformadores, seccionadores, relés de control y protección, panel de alarmas y equipos de medida. Se encuentran principalmente en subestaciones capsuladas de 13.8 kV y 24.9 kV. Esta debe cumplir con condiciones mecánicas y de seguridad.

Diagrama Unifilar: Diagrama con el cual se esquematiza un sistema eléctrico mediante hilos y símbolos normalizados, con el fin de facilitar su análisis e interpretación.^{1, 2}

Equipos de Alta Tensión: Son equipos que funcionan con un nivel de tensión entre 69kV, 138kV y 230 kV. Generalmente los encontramos en subestaciones de transmisión y de transformación de energía eléctrica, algunos de estos equipos son:

- Transformadores de potencial
- Transformadores de corriente
- Transformadores de medida
- Interruptores
- Seccionadores
- Descargadores de sobretensiones.
- Aisladores
- Accesorios de conexión (cables, terminales, conectores, barrajes etc.).

Equipos de Media Tensión: Son equipos que funcionan con un nivel de tensión entre 1 kV y 24.9 kV. Generalmente los encontramos en subestaciones capsuladas de distribución de energía eléctrica, algunos de estos equipos son:

- Transformadores de potencial
- Transformadores de corriente
- Transformadores de medida
- Interruptores
- Seccionadores
- Descargadores de sobretensiones. (DPS).
- Celdas.
- Interruptores automáticos.
- Seccionadores de puesta a tierra.
- Descargadores para el sistema.
- Aisladores de soporte para el sistema.
- Accesorios de conexión (cables, terminales, conectores, barrajes etc.)

¹Harper Gilberto Enríquez (1985) Elemento de Diseño de subestaciones Eléctricas. México. Editorial Limusa.

²Harper Gilberto Enríquez (s.f.) Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Media y Alta Tensión. México. Editorial Segunda Edición.

Instalación Eléctrica: Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: Generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica.

IHM: Interfaz de operación o interfaz humano-máquina que contiene los elementos necesarios para la visualización parcial o total de la subestación con el fin de tomar decisiones para su comando.

Malla a Tierra: Es una red de conductores desnudos que se interconectan a un sistema de electrodos dispuestos a cierta profundidad de un terreno para crear un punto de referencia de menor resistencia para que en caso de alguna descarga eléctrica la instalación eléctrica no resulte afectada.

Medidor de Energía Eléctrica: Se define como el equipo de medida que cuenta la energía generada, consumida y transmitida que llega o sale de la subestación.

Medidor de Energía Activa: Es el contador que registrarla energía activa cuya unidad es en Kwh.

Medidor de Energía Reactiva: Es el contador que registra la energía reactiva cuya unidad es en kVARh.

Nivel de Operación: Es el lugar desde donde se pueden operar los equipos. Existen 4 niveles, estos niveles son 1.SCADA, 2.IHM, 3.Sala de Equipos y 4. Local.

SCADA: Supervisor y Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un software que facilita la retroalimentación en tiempo real de toda la información generada en una subestación para controlar y supervisar los procesos.

SF6 (HEXA FLUORURO DE AZUFRE): Gas químicamente inerte, utilizado como aislante y como medio de extinción del arco en interruptores, gracias a su alta capacidad dieléctrica.

Sobretensión: Se define como el aumento súbito de tensión por encima del valor nominal de servicio.

Sobretensiones por Descargas Atmosféricas: Son las sobretensiones que ocurren al existir una descarga atmosférica sobre cualquier línea de transmisión o distribución. Estas descargas inyectan altas corrientes que elevan las tensiones en las líneas y equipos.

Corriente Alterna: Es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos.

Corriente Directa: Es una corriente eléctrica continua que fluye en una dirección solamente sin variación sustancial en la magnitud.

Subestaciones Eléctricas: Son instalaciones encargadas de realizar transformaciones de tensión, frecuencia, número de fases o conexiones de dos o más circuitos. Se ubican cerca de las centrales generadoras, en la periferia de las zonas de consumo o en el exterior e interior de los edificios.

Subestación de Barra Principal y Barra de Transferencia: Esta configuración se implementa en una subestación para que brinde confiabilidad y continuidad en la prestación del servicio de energía eléctrica. En caso de un mantenimiento o intervención a los equipos, la tensión se pasa al barraje de transferencia para no interrumpir el servicio de energía.

Subestación de Barra Sencilla: Es una configuración básica que se implementa cuando los circuitos no son tan importantes o comparten alguna suplencia con otra subestación, es decir, que para intervenir los equipos es necesario suspender el servicio en dicha línea.

Potencia Activa: Es la potencia real que consume la carga. Es decir, podríamos considerarla como la potencia útil. La potencia activa es el producto del voltaje, la corriente y el coseno del ángulo entre ellos.

Potencia Aparente: Es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como la suma vectorial de las potencias activa y reactiva y representa la ocupación total de las instalaciones debidas a la conexión del receptor.

Potencia Reactiva: Es un tipo de potencia eléctrica, que absorben de la red algunos equipos eléctricos pero que luego la devuelven, por lo que no supone un consumo, aunque sí hay que generarla y transportarla hasta los equipos.

Mantenimiento: Son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico los equipos de producción, herramientas y demás propiedades físicas de las diferentes instalaciones de una empresa.

5.1.2. Abreviaturas

- **ENATREL:** Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica.
- **SIN:** Sistema Interconectado Nacional.
- **SNT:** Sistema Nacional de Transmisión.
- **CNDC:** Centro Nacional de Despacho de Carga.
- **MEM:** Ministerio de Energía y Mina.
- **ENEL:** Empresa Nicaragüense de Electricidad.
- **MT:** Media Tensión.
- **AT:** Alta Tensión.
- **TP:** Transformador de Potencial.
- **TC:** Transformador de Corriente.
- **SEP:** Sistema Eléctrico de Potencia.

5.2. Generalidades de las Subestaciones Eléctricas.³

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etcétera).

Con el fin de facilitar la distribución y el transporte de la energía eléctrica, se utilizan las subestaciones eléctricas, ya que su principal labor es la de modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, en donde su equipo principal o el alma de estos equipos es el transformador.

La Subestación Eléctrica, que por lo general es la más grande e importante y se le denomina elevadora que está situada en las inmediaciones de las centrales generadoras de energía eléctrica, y su función es elevar el nivel de tensión, de 69kV, 138kV y 230kV en Nicaragua, antes de entregar la energía a la red de transporte.



Figura No.1 Subestación
Mateare, Managua.
Fuente: Planta MAN

Las Subestaciones Eléctricas reductoras, reducen el nivel de tensión hasta valores que oscilan, habitualmente entre 13.2kV y 24.9kV y entregan la energía a la Red de Distribución Primaria, luego los centros de transformación reducen los niveles de tensión hasta valores comerciales (baja tensión) aptos para el consumo doméstico e industrial, típicamente 120V, 208V, 240V y 480V.

³<https://www.enatrel.gob.ni/>

5.3. Clasificación de las Subestaciones Eléctricas.⁴

Las Subestaciones Eléctrica se Pueden Clasificar Según:

- Su función.
- Su ubicación en el sistema eléctrico.
- Su forma de instalación / montaje.
- Su Equipamiento.

5.3.1. Clasificación de Subestaciones Eléctricas según su Función.

a) Subestación de Transformación:

Está equipada con transformadores y elementos de control y protección tanto en el lado primario como en el secundario para la transformación de una tensión nominal a otra, esto quiere decir que la tensión de salida difiere a la tensión de entrada. Este tipo de subestación es la que permite elevar o reducir los niveles de tensión desde los puntos de generación.

b) Subestación de Transformación Elevadora:

La función de elevar la tensión generada de media a alta para ser transportada. Se encuentra al aire libre y están situadas al lado de las centrales generadoras de electricidad. La tensión primaria de los transformadores en Nicaragua suele estar entre 4.16kV, 10.5kV, 13.8kV y 34kV, mientras que la tensión secundaria está condicionada por la tensión de la línea de transporte, puede ser 69kV, 138kV o 230kV.

c) Subestación de Transformación Reductora:

Como su nombre lo indica, tienen la función de reducir la tensión de alta a tensión media tensión. La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte, 69kV, 138kV o 230kV, mientras que la tensión secundaria está condicionada por la tensión de las líneas de distribución primaria, 13.2kV y 24.9kV.

⁴Harper Gilberto Enríquez (1985) Elemento de Diseño de subestaciones Eléctricas. México. Editorial Limusa

d) Subestación de Seccionamiento o Maniobra:

Está equipada con dispositivos de protección, maniobra y eventualmente de control para conexión y desconexión de circuitos. Su función consiste en unir algunas líneas de transporte con líneas de distribución, con el objetivo de proveer mayor confiabilidad y continuidad al servicio.

Se trabaja con un solo nivel de tensión, por lo que no necesita un transformador de potencia que eleve o reduzca el voltaje.

5.3.2. Clasificación de Subestaciones según su ubicación en el Sistema Eléctrico.

a) Subestación de Generación:

Son las Subestaciones de Unidad, la energía generada en las plantas o centrales eléctricas. Su objetivo radica en transformar el voltaje a niveles altos, para obtener una economía con la reducción de la corriente.

b) Subestación de Transmisión:

Su función consiste en interconectar las diferentes líneas de transmisión de 69kV, 138kV y 230kV.

c) Subestación de Sub-transmisión:

Su función consiste en alimentar o interconectar líneas de nivel intermedio de tensión; 69kV, para distribución a distancias moderadas y descargas no muy altas.

d) Subestación de Distribución:

La función radica en reducir la tensión a niveles de distribución 13.2kV y 24.9kV para distribuirla hacia los centros de consumo de carácter industrial o residencial en donde los transformadores de distribución instalados a lo largo de los circuitos se encargan de reducir los niveles a baja tensión 120V, 208V, 240V y 480V.

5.3.3. Clasificación de Subestaciones según su forma de Instalación o Montaje.⁵

a) Subestación Interior:

Este tipo de Subestación, sus elementos constitutivos se instalan en el interior de edificaciones.

b) Subestación Exterior o a la Intemperie:

Subestación en la que sus elementos constitutivos se instalan en las condiciones ambientales. Generalmente se usan para sistemas de alta tensión.

5.3.4. Clasificación de Subestaciones según su Equipamiento.

a) Subestación Convencional:

Subestación cuyo equipamiento es del tipo interior, pero su instalación es exterior.

b) Subestación Encapsulada:

Subestación cuyas partes y equipos que soportan tensión se encuentran contenidos dentro de envolventes metálicos.

c) Subestación Aérea:

Subestación cuyo equipamiento se encuentra a la intemperie e instalado sobre el nivel del suelo en uno o dos soportes.

d) Subestación Compacta:

Subestación cuyo equipamiento se encuentra a la intemperie y posee un transformador trifásico no convencional denominado transformador compacto porque sus dispositivos de protección y maniobra se encuentran incorporados dentro del tanque de aceite dieléctrico.

⁵Harper Gilberto Enríquez (1985) Elemento de Diseño de subestaciones Eléctricas. México. Editorial Limusa

5.3.5. Instalaciones en la actualidad que Tenemos en Nicaragua.

En el SNT existen 2,984.98 kilómetros de líneas de transmisión, de los cuales 2,404.87 km son propiedad del Estado y 580.11 km kilómetros son de las empresas generadoras privadas, a como se muestra en la siguiente tabla:

TENSIÓN (kV)	ENATREL	PRIVADAS	TOTAL (km)
230	530.68	502.33	1,033.01
138	1,263.07	42.00	1,305.07
69	611.12	35.78	646.9
TOTAL (km)	2,404.87	580.11	2,984.98

Tabla No.1 Kilómetros de Líneas de Transmisión de Alta Tensión.
Fuente: ENATREL.

Así mismo se tienen incorporadas 91 subestaciones eléctricas, 73 Estatales y 18 Privadas.

SUBESTACIONES (kV)	ENATREL	PRIVADAS	TOTAL (kV)
230	9	4	13
138	44	5	49
69	20	7	27
34.5	0	1	1
13.8	0	1	1
TOTAL	73	18	91

Tabla No. 2 Total de Subestaciones Electrica de Alta Tension.
Fuente: ENATREL.

5.4. Principales Equipos de una Subestación Eléctrica.

Una subestación cuenta con un vasto número de componentes y equipos que ayudan a controlar y mejorar el servicio de energía eléctrica, unos con más importancia que otros, pero todos con el mismo fin. Para facilitar la clasificación de los principales elementos de la subestación es necesario enunciar tres categorías, de las cuales abordaremos solamente equipos de patio para los fines del presente trabajo.

- Equipos de Patio.
- Equipos de Tablero.
- Servicios Auxiliares.

5.4.1. Equipos de Patio.

Son aquellos elementos que se encuentran instalados generalmente a la intemperie y sobre estructuras ya sean metálicas o de concreto, que constituyen el sistema de potencia se denominan “equipos de patio “algunos de los equipos que se pueden encontrar en patio.

Cabe destacar los siguientes:

1. Transformador de Potencia.
2. Autotransformador.
3. Transformador de Corriente (TC).
4. Transformador de Potencial (TP).
5. Interruptor (I).
6. Seccionador (S)
7. Pararrayos (DSP)⁶

⁶<https://www.enatrel.gob.ni/>



Figura No.2 Equipos de Patio, Matagalpa.
Fuente: ENATREL

Transformador de Potencia.

Los transformadores: se utilizan para cambiar el voltaje de un nivel a otro, para regular el nivel de tensión.



Figura No.3 Transformador de Potencia 138kV - 13.8kV.
Fuente: ENATREL.

Autotransformador.

El autotransformador puede ser considerado simultáneamente como un caso particular del transformador o del bobinado con núcleo de hierro. Tiene un solo bobinado arrollado sobre el núcleo, pero dispone de cuatro bornes, dos para cada circuito, y por ello presenta puntos en común con el transformador. “Las corrientes primaria y secundaria están en oposición y la corriente total que circula por las espiras en común es igual a la diferencia de la corriente del devanado de baja tensión y el devanado de alta tensión. Para que un autotransformador funcione adecuadamente, los dos devanados deben tener el mismo sentido de bobinado.

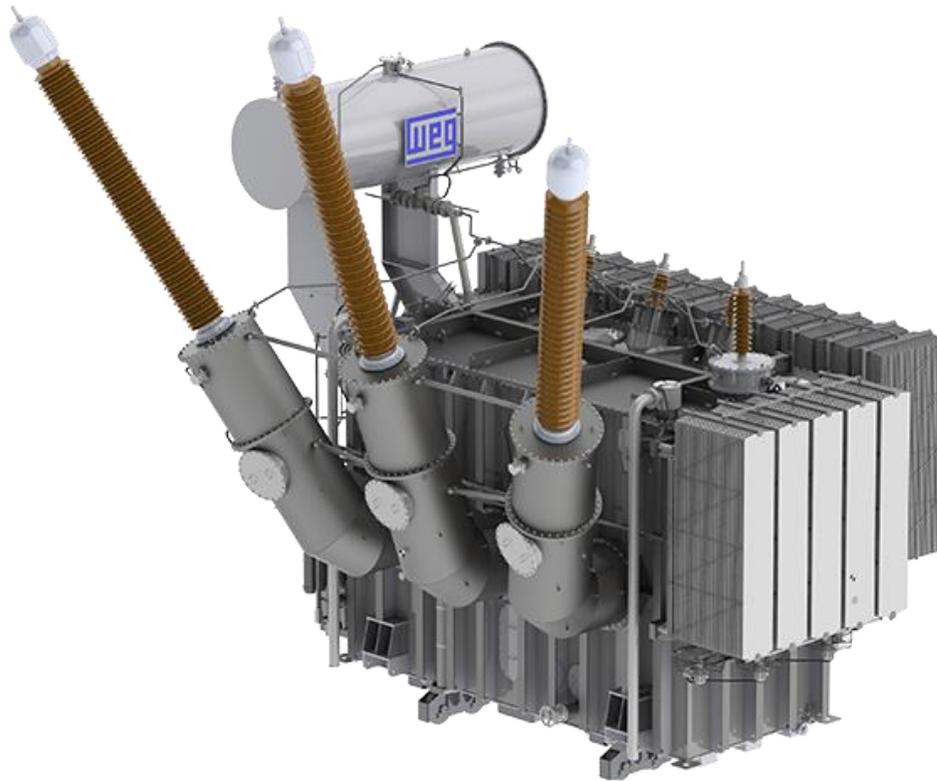


Figura No.4 Autotransformador 230kV.
Fuente: ENATREL.

Interruptor de Potencial.

Es un elemento de corte, cuya maniobra se puede hacer de forma local o remota, para condiciones de carga o de sobre intensidad, siendo este el único elemento capaz de actuar en estas condiciones. Para que se dé una apertura o cierre cuenta con dos bobinas o resortes que se cargan, ya sea por accionamiento de un motor eléctrico o por un sistema neumático o hidráulico, y luego transmiten esta energía al elemento móvil de corte.

Para poder operar con carga, necesita de una cámara de extinción del arco que se forma mientras sus terminales móviles se separan. La extinción básicamente se hace de dos formas con aceite que permite disipar la energía liberada o gas de hexafluoruro de Azufre (SF6). En algunos casos los interruptores con capacidad de ruptura de corrientes altas, tienen varias cámaras para debilitar en diferentes puntos y lograr su rápida extinción.



Figura No.5 Interruptor de Potencial, Acople 230kV.
Fuente: ENATREL.

Transformador de corriente (TC).

Los transformadores de corriente se utilizan principalmente para protección del sistema, estos cuentan con varios núcleos para llevar las diferentes señales a los relés y a los medidores, por lo general se encuentran conectados tres devanados, de medida, de protección y de protección de respaldo.

El devanado primario de un transformador de corriente está conectado en serie con el conductor de alta tensión. La magnitud de amperios que fluyen en el circuito de alta tensión se reduce proporcionalmente por la relación de los devanados del transformador. El devanado secundario del transformador de corriente está aislado de la alta tensión para permitir que sea conectado a los circuitos de medición de baja tensión. Los transformadores de corriente y de potencial suministran señales para la medición de los flujos de potencia y las entradas eléctricas para el funcionamiento de los relés de protección asociados con los circuitos de transmisión y distribución.



Figura No.6 Transformadores de Corriente TC 230kV.
Fuente: Subestación Mateares (Planta MAN)

Transformador de Potencial (TP).

Altas tensiones se miden mediante la reducción proporcional de la tensión con un transformador de potencial que tiene su devanado de alta tensión conectado al circuito de transmisión o de distribución y su devanado de baja tensión conectado a un medidor o un relé o ambos. Al igual que los transformadores de corriente, estos cuentan no solo con uno sino con varios núcleos.



Figura No.7 Transformador de Potencial TP 230kV.
Fuente: Subestación Mateare (Planta MAN)

Seccionador.

Es un equipo utilizado para aislar o efectuar corte visible entre los diferentes elementos que componen la instalación eléctrica. Una de las características más importantes que diferencian el interruptor del seccionador, es que los últimos deben maniobrarse sin carga y que su apertura es de una forma plenamente visible, por lo tanto, no se requiere que su velocidad de operación sea alta.

Los seccionadores generalmente se montan sobre aisladores de porcelana y deben estar aislados para el nivel de tensión de trabajo. Sus contactos se cubren con un baño de plata para mejorar la resistencia a la corrosión ambiental y al desgaste producido por los pequeños arcos eléctricos que aparecen en el momento de la operación.



Figura No.8 Seccionador 230kV.
Fuente: Subestación Mateare (Planta MAN)

Pararrayos.

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



Figura No.9 Pararrayos Polimérico 230kV.
Fuente: Subestación Mateare (Planta MAN)

Aisladores de soporte.

Se emplean como elementos de montaje y sujeción de barras y conductores, esto son de dos tipos: de soporte y de suspensión.



Figura No.10 Aislador de Soporte 138kV.
Fuente: ENATREL

Sistema de Puestas a Tierra.

Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica.

Funciones de los sistemas de puestas a Tierra:

La importancia del Sistema de puesta a tierra radica en canalizar la derivación al terreno de las corrientes de cualquier naturaleza que se puedan originar por:

- a) Corrientes de frecuencia industrial.
- b) Descargas eléctricas atmosféricas.

Entre las funciones esta proteger la integridad de las personas, protección de las instalaciones, despejar fallas, conducir y disipar corrientes de fallas.



Figura No.11 Sistema de Puesta Tierra.
Fuente: ENATREL

Equipos de Tablero.

Dentro de la mayoría de subestaciones hay una sala de control en donde se encuentran celdas o gabinetes, en las cuales se pueden observar diferentes elementos que sirven para medir, controlar, monitorear y proteger los circuitos eléctricos, que en caso de falla se manifiestan como alarmas sonoras o indicadores luminosos.

Los más importantes se instalan de forma visible en el tablero de control de cada celda con el fin de facilitar lectura de datos, maniobras y supervisión de la subestación, por parte del personal encargado.



Figura No.12 Celdas o gabinetes.
Fuente: Subestación Termopaipa (Colombia).

Servicios Auxiliares

Los servicios auxiliares se dividen en dos grupos, de corriente alterna y de corriente continua, el primero se compone principalmente de un transformador de auxiliares que pasa la energía eléctrica de media a baja tensión, acompañado de un seccionador.

Esta tensión llega a un barraje instalado en una celda de distribución de corriente alterna. Es importante mencionar que el grupo electrógeno o también comúnmente llamado planta de emergencia también alimenta esta celda en caso de una falla. Los principales circuitos de corriente alternan son en su mayoría para iluminación y tomacorrientes.

Los servicios auxiliares de corriente continua son alimentados desde la celda de alterna, de la cual se lleva la señal de tensión a un equipo encargado de convertirla a continua llamado rectificador.

Este está conectado a un cargador de baterías que a su vez se conecta en paralelo al banco de baterías. Este sistema interconectado llega a una celda de distribución de corriente continua para alimentar principalmente los circuitos de control y protección de la subestación.



Figura No.13 1.Celdas de distribución de CD-AC y Cargador de baterías. 2. Grupo electrógeno o Planta de emergencia.3. Inversor. 4. Transformador de auxiliares. 5. Seccionador de auxiliares. 6. Banco de baterías.
Fuente: Subestación Termopaipa (Colombia).

Barraje.

Para hacer la limpieza al barraje se debe hacer maniobras para abrir los circuitos asociados en los pódicos y bloquearlos para que de ninguna forma sea posible energizarlo.

Como medida adicional de seguridad se aterrizan las celdas y se ponen los interruptores en modo de prueba, es decir, que se desconectan del barraje. Además de hacer la respectiva limpieza del barraje, se debe apretar cada una de las uniones, cerciorándose que ninguno este fisurado ni en mal estado.



Figura No.14 Barraje de 13,8 kV.
Fuente: Subestación Termopaipa (Colombia).

Hilo de Guarda en Subestaciones.

Una parte del sistema eléctrico de potencia son las subestaciones, las mismas que están protegidas y son inmunes a las descargas atmosféricas directas, lo que quiere decir es que están protegidas contra ondas viajeras de sobretensión. Estas protecciones se realizan en subestaciones de tipo exterior, su blindaje consta de un hilo de guarda que está conectado al sistema de puesta a tierra de toda la subestación.



Figura No.15 Hilo de Guarda.
Fuente: Subestación Termopaipa (Colombia)

5.5. Principales Funciones de las Subestaciones.

Las subestaciones eléctricas son parte integral de un sistema potencia y forma parte importantes entre las centrales de generación, los sistemas de transmisión, los sistemas de distribución y las cargas o usuarios, sus funciones principales son las siguientes:

1. Alimentar o proporcionar la potencia eléctrica requerida por los consumidores en forma continua e ininterrumpida.
2. Cubrir geográficamente lo máximo que requiere el suministro de la red.
3. Dar la máxima seguridad del suministro.
4. Acortar lo más posible la duración de las fallas.
5. Contribuir a la máxima eficiencia de las plantas y de la red.
6. Alimentar la potencia eléctrica dentro de los límites especificados de voltaje.

También se pueden incluir como funciones de las subestaciones las Siguietes:

- a) Aislar un elemento en falla del resto del sistema.
- b) Permitir que un elemento se pueda desconectar del resto del sistema, para mantenimiento o reparación
- c) Cambiar o transformar los niveles de voltaje de una parte a otra de un sistema o instalación.
- d) Controlar el flujo de potencia en el sistema metiendo o sacando elementos del mismo, mediante acciones de switcheo.
- e) Proporcionar datos concernientes a los parámetros (voltaje, flujo de corriente, flujo de potencia) para su uso en la operación del sistema.

5.5.1. Sistema Eléctrico de Potencia.

El objetivo de un SEP es el de suministrar la potencia eléctrica a las cargas con buena calidad y al menor costo posible.

Un sistema eléctrico está compuesto, en términos generales, por los siguientes subsistemas:

- Generación de energía.
- Transmisión.
- Subestaciones.
- Distribución.
- Consumo.⁷

Generación de Energía:

La energía eléctrica se genera en las centrales eléctricas. Una central eléctrica es una instalación que utiliza una fuente de energía primaria para hacer girar una turbina que, a su vez, hace girar un alternador, que produce energía en corriente alterna sinusoidal a voltajes intermedios, entre 5.000 Voltios y 25,000 Voltios.

- Centrales hidroeléctricas.
- Centrales termoeléctricas.
- Centrales de gas.
- Centrales eólicas.

Transmisión:

Comprende todos los elementos que se necesitan para transmitir la potencia, desde los puntos de generación hasta los centros de carga; a una tensión superior o igual (138kV y 230kV.). En el caso de Nicaragua comprende las subestaciones, líneas de transmisión, transformadores, entre otros. Se debe de tener presente el involucramiento de los diferentes sistemas de interconexión.

Sub transmisión:

Es la transmisión que se realiza a una tensión de sesenta y nueve mil voltios (69 kV.). Involucra subestaciones, líneas de transmisión, transformadores, etc.

⁷Mena Pachado (1987) Confiabilidad de Sistema de Potencia. Colombia

Distribución:

Las redes de distribución de energía se encuentran en áreas urbanas y rurales, pueden ser aéreas, o subterráneas. La red de distribución está formada por la red en M.T (suele estar comprendida entre 13,800 Voltios a 24.900 Voltios) y en BT (120V, 230V, 480 V).

Consumo:

En los centros de consumo de la energía eléctrica, este se puede realizar en baja o media tensión.

5.5.2. Características de Operación de una Subestación

Las subestaciones deben de ofrecer las siguientes características:

Flexibilidad: es la propiedad de la instalación para acomodarse a diferentes condiciones que se puede presentar, bien sea por:

1. Mantenimiento.
2. Cambios en el sistema.
3. Fallas.

Confiabilidad: propiedad de suministrar energía durante un periodo de tiempo dado, bajo la condición que al menos un componente de la subestación pueda repararse durante la operación.

Seguridad: propiedad de la instalación para continuidad del servicio sin interrupción alguna durante fallas de los equipos de potencia, especialmente interruptores. La seguridad implica confiabilidad.

5.5.3. Tensiones Normalizadas para Sistemas Eléctricos de Baja, Media y Alta Tensión.

La norma mexicana NMX-J-98 establece los valores de tensiones eléctricas de servicio, nominales de sistema y nominales de utilización, en sistemas eléctricos de potencia, así como las tolerancias de operación para dichos valores, con objeto de:

- a) Establecer tensiones eléctricas nominales normalizadas y sus tolerancias para la operación de sistemas eléctricos.
- b) Establecer una clasificación de tensiones eléctricas normalizadas para equipos y sus tolerancias.
- c) Establecer una nomenclatura uniforme referente a la terminología utilizada para las tensiones eléctricas.
- d) Lograr un mejor conocimiento de las tensiones eléctricas asociadas sistemas eléctricos, a fin de lograr una operación y diseño económicos.
- e) Coordinar las tensiones eléctricas del sistema con las de servicio y utilización, así como sus tolerancias.
- f) Establecer las bases para el desarrollo y diseño de equipo, a fin de lograr una mejor armonización conforme a las necesidades de los usuarios.
- g) Proveer una guía, para la selección de tensiones eléctricas de nuevos sistemas eléctricos y para cambios en los existentes.

Clasificación de Tensiones Normalizadas en Nicaragua.

- Baja tensión, desde 110V hasta 1000V.
- Media tensión, mayor de 1000V hasta 24,9kV.
- Alta tensión, mayor de 24,9kV hasta 230kV.

5.6. Clasificación de los Mantenimientos

5.6.1. Objetivos del Mantenimiento.

- Reducir al mínimo los costos de mantenimiento.
- Mejorar la efectividad de los equipos y del sistema.
- Mantener los equipos en constante operación en un período de tiempo óptimo.
- Preservar las instalaciones y equipos en buenas y eficientes condiciones operativas.

5.6.2. Tipos de Mantenimiento:

Mantenimiento Predictivo:

Cuando se quiere tener una idea de la probabilidad de falla de un equipo a futuro se utilizan técnicas predictivas que consisten básicamente en llevar un análisis cuidadoso de las inspecciones y los datos de las pruebas a cada equipo en particular. Los datos obtenidos se analizan estadísticamente según la periodicidad del mantenimiento para lograr predecir una falla. Las técnicas que se utilizan en el campo de subestaciones eléctricas son las termografías y de ultrasonido.

Mantenimiento Preventivo:

Este mantenimiento también es denominado mantenimiento planificado, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza con base a la experiencia y pericia del personal a cargo, el cual es el encargado de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.⁸

⁸Villa Nueva Douce (1995) La Productividad en el Mantenimiento Industrial CECSA. México. Editorial Limusa.

Presenta las Sigüientes Características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios a la mano.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.⁹

Mantenimiento Correctivo:

Este mantenimiento también es denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores.

Este Mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

1. Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
2. Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

⁹NORMA Oficial Mexicana NOM-029-STPS-2005, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad

3. Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

5.6.3. Grupo de Mantenimiento y sus Responsabilidades.

El grupo de mantenimiento aumenta su responsabilidad de acuerdo con la complejidad o la modernidad de los equipos, máquinas o elementos que se encuentren a su control. El grupo de mantenimiento debe programar sus actividades para no interferir con la producción y no permitir el paro de máquinas o elementos importantes dentro de una instalación.¹⁰

Dentro de las funciones del grupo de mantenimiento están las siguientes:

- Planificación y programación del mantenimiento.
- Ejecución de trabajos de mantenimiento en los equipos de una instalación.
- Participación en la puesta en servicio de nuevos equipos o máquinas.
- Almacenamiento de productos, repuestos, materiales, herramientas adecuadas y equipos necesario para la realización trabajos.
- Conocimiento integral de los equipos requieren mantenimiento.

El personal de mantenimiento encabezado por el Jefe de Trabajo para la ejecución de los trabajos debe verificar el cumplimiento de los siguientes puntos:

- Solicitar la confirmación de la consignación del equipo al que se va a realizar el mantenimiento.
- Realizar las actividades de mantenimiento, dentro del procedimiento de trabajo para cada equipo.
- Finalizar trabajos de mantenimiento dentro de los plazos de tiempo establecidos.

¹⁰Puga, L. (2002). Procedimientos de Mantenimiento del Equipo eléctrico de la Central El Ambi. Proyecto de Fin de Grado. Escuela Politécnica Nacional, Quito

- Utilizar adecuadamente herramientas, equipos, materiales e insumos.
- Reportar novedades dentro de la ejecución del mantenimiento.
- Registrar y reportar acerca de la ejecución del trabajo.
- Realizar informes de terminación del trabajo y estado del equipo en el que se intervino.
- Cumplir con las normas de seguridad industrial.
- Actualizar la hoja de vida de los equipos.

5.7. Normas de Seguridad en Subestaciones Eléctrica.

5.7.1. Condiciones de Seguridad en Instalaciones Eléctricas Permanentes o Provisionales.

Según aplique, se deben adoptar las medidas de seguridad para realizar el mantenimiento a las instalaciones eléctricas, al equipo y a las subestaciones, incluyendo las instalaciones eléctricas ¹¹provisionales:

En el Equipo Eléctrico:

- a) Los interruptores deben estar contenidos en envoltentes que imposibiliten, en cualquier caso, el contacto accidental de personas y objetos. En la medida de lo posible deben estar protegidos de la lluvia, sol y tolvaneras. Para la correcta operación de los dispositivos de conexión y desconexión, deben consultarse previamente los diagramas unifilares.
- b) La apertura y cierre de cuchillas, seccionadores, cuchillas fusibles y otros dispositivos similares, debe hacerse bajo la supervisión de personal autorizado, utilizando equipos de protección y de seguridad de acuerdo al nivel de tensión eléctrica en que se esté trabajando.

¹¹Serrano D. (2011) Análisis y Gestión de Riesgos en el Mantenimiento de un Sistema Eléctrico. México.

Ejemplo del equipo de protección y de seguridad son las pértigas aisladas, guantes de cuero (carnaza) y dieléctricos (según la clase y de acuerdo a la tensión eléctrica), protección ocular, casco de seguridad, ropa de trabajo y botas dieléctricas.

- c) Cuando el equipo se conecte a líneas o a un circuito energizado por medio de algún cable o dispositivo de conexión, éste se conectará primero a la parte des energizada. Inversamente, cuando se desconecta.

En las Instalaciones Eléctricas:

- a) En los lugares en que el contacto con equipos eléctricos o la proximidad de éstos pueda entrañar peligro para los trabajadores, deben colocarse avisos de seguridad de conformidad con lo que establece la NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- b) Todos los equipos destinados al uso y distribución de la energía eléctrica deben contar con información que identifique sus características eléctricas y la distancia de seguridad para los voltajes presentes, ya sea en una placa, en etiquetas adheridas o marcada sobre el equipo.
- c) Se debe contar con una protección para poner los elementos energizados fuera del alcance de los trabajadores, utilizando alguno de los siguientes medios:
 - Barreras protectoras.
 - Resguardos.
 - Aislamiento.
 - Control de acceso y reducción a una tensión de seguridad.
- d) Los conductores energizados deben manipularse con guantes dieléctricos y de cuero (Carnaza) o con equipos aislados concebidos para la tensión eléctrica de que se trate.

- e) Queda prohibido almacenar materiales de cualquier tipo, sobre todo de aquellos que sean incompatibles con las instalaciones eléctricas, es decir, que impidan su operación segura.

En la Subestación:

- a) Mantener controlado el acceso a la subestación a personas no autorizadas mediante el uso de cerraduras o candados, envolturas, enrejados y limitando el acceso únicamente con la autorización de orden de trabajo que corresponda.
- b) Sólo personal autorizado debe realizar las actividades de operación y mantenimiento de los equipos que integran la subestación eléctrica y tableros.
- c) La persona que realice actividades dentro de la subestación jamás debe hacerlo solo (Regla del segundo hombre).
- d) Considerar que todo el equipo que se localice en la subestación está energizado hasta que no se compruebe lo contrario.
- e) Verificar con equipo de medición la ausencia de energía en los equipos antes de iniciar el mantenimiento.
- g) Todos los equipos de medición y prueba, de tipo portátil, para su operación deben contar con puesta a tierra.
- h) Todos los equipos de calibración y prueba deben contar con certificado vigente de calibración.¹²

¹²BARRANTES PINELA, Lucía Saray Diseño del Sistema de Protección y Control de Subestaciones Eléctricas. Leganés, 2011. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Eléctrica

En el Mantenimiento:

- a) Sólo personal autorizado y que cuente con la licencia o permiso correspondiente debe realizar esa actividad en las instalaciones eléctricas de lugares peligrosos.
- b) Se debe considerar que todos los conductores y equipos están energizados mientras no se demuestre lo contrario.
- c) En la medida de lo posible, debe evitarse el trabajo en conductores o equipos energizados.
- d) Se debe, invariablemente, colocar candados o etiquetas de seguridad al equipo o dispositivos de control eléctrico donde se hará esa actividad.
- e) Se debe aplicar el procedimiento de libranza a conductores o equipo energizado antes de efectuar cualquier operación con objeto de:
 - Interrumpir el flujo de la corriente eléctrica.
 - Aplicar otras medidas preventivas que también son necesarias, como la colocación de candados o avisos, para impedir que se conecte de nuevo la corriente eléctrica.
 - Poder verificar con equipo de medición que no circula corriente eléctrica por los conductores o equipo.
 - Conectar a tierra y en cortocircuito los conductores y equipo.¹³

¹³CHAVES SERRANO. Adrián. La Gestión de Mantenimiento: Un Enfoque Completo de Calidad. {En línea}. {12 de septiembre 2015}. Disponible en: <http://www.mantenimientomundal.com/sites/mm/notas/PonenciaChaves.pdf>

5.7.2. Equipo de protección que se debe utilizar, según aplique, para realizar con seguridad el Mantenimiento en las Subestaciones Eléctrica de menos de 600V.

- Guantes aislantes de acuerdo a la tensión que se maneje.
- Tarimas o alfombras aislantes.
- Vainas y caperuzas aislantes.
- Comprobadores o discriminadores de tensión eléctrica.
- Herramientas aisladas.
- Material de señalización (discos, barreras, banderines, etc.).
- Lámparas portátiles.¹⁴

5.7.3. Requisitos de los Procedimientos de Seguridad.

Los procedimientos de seguridad deben contemplar las siguientes previsiones:

- a) La indicación para que toda instalación eléctrica se considere que se encuentra energizada, mientras no se compruebe lo contrario con aparatos, equipos o instrumentos de medición destinados a tal efecto.
- b) Utilizar el equipo de medición que se requiera para evaluar la presencia o ausencia de la energía eléctrica en equipos o instalaciones eléctricas a revisar.
- c) Según aplique, colocar señalización, candados o cualquier otro dispositivo para garantizar que el circuito permanezca des energizado cuando se le realizan actividades de mantenimiento.
- d) Antes de realizar actividades de mantenimiento, seguir las instrucciones para verificar que la puesta a tierra esté en condiciones de funcionamiento o bien colocar las tierras temporales.

¹⁴Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. ESSA. Manual de Mantenimiento de Subestaciones. Santander. 2010. ESSA

- e) Después de haber realizado los trabajos de mantenimiento, seguir las instrucciones para realizar una inspección en todo el circuito o red en el que se efectuaron los mantenimientos, con objeto de asegurarse que ha quedado libre de materiales, herramientas y personal. Al término de dicha inspección, ya se podrán retirar los candados, señales o cualquier otro dispositivo utilizado.

5.7.4. Para el desarrollo de las actividades de Mantenimiento a las Subestaciones¹⁵ Eléctricas contar con:

- a) El diagrama unifilar y al menos el cuadro general de cargas correspondientes a la zona donde se realizará el mantenimiento.
- b) Las indicaciones para conseguir las autorizaciones por escrito que correspondan, donde se describa al menos la actividad a realizar, la hora de inicio, una estimación de la hora de conclusión, la persona que autorizó la entrada y la salida, el estado de la reparación (temporal o permanente) y la precisión de si se realizará el mantenimiento con la instalación eléctrica energizada o con las medidas de seguridad para desenergizarla.
- c) Las instrucciones concretas sobre el trabajo a realizar.
- d) Las indicaciones para identificar las instalaciones eléctricas que representen mayor peligro para los trabajadores encargados de brindar el mantenimiento.
- e) Los procedimientos de seguridad que incluyan medidas de seguridad necesarias para impedir daños al personal expuesto y las acciones que se deben aplicar antes, durante y después en los equipos o áreas donde se realizarán las actividades de mantenimiento.

¹⁵MEJÍA VILLEGAS S.A. Ingenieros Consultores – HVM Ingenieros, Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión. Segunda Edición. Bogotá, 2003

- f) Las indicaciones para la colocación de señales, avisos, candados, etiquetas de seguridad en las instalaciones eléctricas que estén en mantenimiento.
- g) Las distancias de seguridad que deben observarse cuando los dispositivos de protección abran con carga.

5.7.5. Señalización de Seguridad.

El objetivo de las señales de seguridad es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial. Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro, pero dan advertencias o directrices que permitan aplicar las medidas adecuadas para prevención de accidentes.



Figura No 16. Señalizaciones de Seguridad en Área de trabajo.
Fuente: Crespo M. & Herguedas, A. (2004) Ingeniería de Mantenimiento.



Figura No.17 Equipos de protección personal (EPP).
 Fuente: Fuente: Crespo M. & Herguedas, A. (2004) Ingeniería de Mantenimiento.

Distancia mínima del Espacio de Trabajo en una Instalación Eléctrica.

Niveles de Tensión	Distancias mínimas
De 0 a 50 Volt	Ninguna
Más de 50 V hasta 1 kV	0.80 m
Más de 1 kV hasta 33 kV	0.80 m (1)
Más de 33 kV hasta 66 kV	0.80 m (2)
Más de 66 kV hasta 132 kV	0.80 m (3)
Más de 132 kV hasta 150 kV	0.80 m (4)
Más de 150 kV hasta 220 kV	0.80 m (5)
Más de 220 kV hasta 330 kV	0.80 m (6)
Más de 330 kV hasta 500 kV	0.80 m (7)

Tabla No. 3 Distancia de espacio de Trabajo del personal y la Tensiones.
 Fuente: ENATREL

5.8. Procedimiento General de Mantenimiento a Subestaciones Eléctricas.

Una subestación eléctrica, se realiza el servicio de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo el cual consiste en la revisión de ultra sonido o pruebas termográficas, física, limpieza, lubricación, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas, cambio de piezas eléctricas como mecánicas y hasta el cambio del equipo por otro nuevo.^{16, 17}

Aplicaciones:

El servicio de mantenimiento predictivos, preventivo y correctivos es aplicable a cualquier subestación eléctrica de 69kV, 138kV y 230kV en alta tensión y 13.8kV y 24.9kV en media tensión.

¹⁶RODRÍGUEZ LIZCANO Marlon Dennis. Modelo de gestión del mantenimiento preventivo y predictivo para las subestaciones de la empresa de energía de Cundinamarca. Bogotá, 2009. Monografía. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

¹⁷<https://www.enatrel.gob.ni/>

Procedimientos de Mantenimientos de Equipos de Subestaciones Eléctrica en Nicaragua.

5.8.1. Procedimientos a Mantenimientos Preventivos de Interruptores de Potencia.

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento preventivo de los interruptores de potencia.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento SE y Coordinador de la SE		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.

Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.
12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
13	Efectuar maniobras de cierre y aperturas al interruptor para liberar la energía del mecanismo.	Manual o Remoto
14	<p>Revisión del control mecánico: Revisión del mecanismo de accionamiento. Lubricación de articulaciones y rodamiento. Limpieza de engrase del resorte. Verificación del funcionamiento de electroválvulas. Verificación de funcionamiento de contador de operaciones. Revisión de estado de cadena y varillas de transmisión. Verificar ruidos anormales en las operaciones.</p>	Herramientas, hilaza, lubricantes, probadores, calibradores, etc.
15	<p>Verificación de polos o recamaras de interrupción: Verificación de estanquidad de vacío. Verificación de fugas del medio extintor (SF6, aceite dieléctrico). Reposición del medio extintor (SF6, aceite dieléctrico).</p>	Detector de fuga, equipos de prueba, equipo de reposición de medio extintor.
16	<p>Verificación del control eléctrico: Verificación alimentación de bobinas de cierre y apertura. Verificar fin de carrera del motor de tensado de resorte. Revisión de calefacción.</p>	Multitester, calibradores.
17	<p>Actividades generales: Limpieza de porcelana, vidrio, fibra. Pintado de bastidores, estructura soporte, caja de mando. Rotulación. Verificar los torques de los pernos a nivel estructura, polos y equipos. Limpieza de área de trabajo.</p>	Hilaza, pintura, compresores, taquímetro.

18	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
19	Retirar cinta de seguridad y puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
20	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
21	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales del interruptor después del Mant.	Acceso a la bitácora de la subestación.
22	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.2. Procedimientos a Mantenimientos Correctivo de Interruptores de Potencia.

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en la sustitución de elemento en el mantenimiento correctivo.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento SE y Coordinador de la SE		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.
Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.

12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
13	Efectuar maniobras de cierre y aperturas al interruptor para liberar la energía del mecanismo.	Manual o Remoto
Grupo de Mantenimiento		
14	Controles mecánicos: Sustitución de rodamiento, cadenas, levas y muelles. Sustitución de amortiguadores, manivelas y bielas. Sustitución de empaquetadura, retenedores. Sustitución de mecanismo completo. Sustitución de contadores de operación.	Herramientas, hilaza, probadores, calibradores, repuesto, accesorios, etc.
15	Polos o recamaras del interruptor: Sustitución de contacto móvil y fijos. Sustitución de polos completo.	Herramientas, repuesto calibradores.
16	Control eléctrico: Sustitución de bobinas de cierre y aperturas. Cambio de motor. Cambio de fines de recorrido.	Herramientas, repuesto, calibradores, accesorio, lubricantes.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
17	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
18	Retirar cinta de seguridad y puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
19	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
20	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales del interruptor después del Mant.	Acceso a la bitácora de la subestación.
21	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.3. Procedimientos a Mantenimientos Preventivos de Seccionadores.

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento preventivo de los seccionadores.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento SE y Coordinador de la SE		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.
Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.

12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
Grupo de Mantenimiento		
13	<p>Verificación de control eléctrico: Verificación de tensión de alimentación del motor y de la calefacción.</p> <p>Verificar el fin de carrera o corte del motor de cierre y apertura.</p> <p>Revisión del motor (carbones, rotor, busching, estator, carcasa.)</p>	Herramientas, probadores, calibradores, etc.
14	<p>Actividades generales: Pintado de bastidores, estructura, soporte, caja de mando.</p> <p>Verificar la toma de puesta tierra en estructura y cajas.</p> <p>Verificar de ruidos anormales en la operación.</p> <p>Verificar los torques de los pernos a nivel de estructura, polos y contacto.</p> <p>Limpieza del área de trabajo.</p>	Hilaza, pintura, compresores, torquímetro.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
15	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
16	Retirar cinta de seguridad y puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
17	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
18	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales del interruptor después del Mant.	Acceso a la bitácora de la subestación.
19	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.4. Procedimientos a Mantenimientos Correctivo de Seccionadores.

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento correctivo de los seccionadores.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento SE y Coordinador de la SE		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.
Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.

12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
Grupo de Mantenimiento		
13	<p>Controles mecánicos:</p> <p>Sustitución de rodamiento, cadenas, levas.</p> <p>Sustitución de varillas de accionamiento.</p> <p>Sustitución de cilindros de accionamiento neumáticos o electromecánicos.</p> <p>Sustitución de válvulas.</p> <p>Cambio de contacto.</p> <p>Sustitución de aislador de soporte.</p> <p>Cambio de seccionador.</p>	Herramientas, calibradores, accesorio, lubricantes, repuesto.
14	<p>Controles eléctricos:</p> <p>Sustitución de motor, fin de carrera de recorrido.</p>	Herramientas, calibradores, accesorio, repuesto.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
15	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
16	Retirar cinta de seguridad y puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
17	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
18	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales del interruptor después del Mant.	Acceso a la bitácora de la subestación.
19	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.5. Procedimientos a Mantenimientos Preventivos de Transformadores de Corriente y Potencial (Tensión).

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento preventivos de los transformadores de corriente y potencial.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento SE y Coordinador de la SE		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisita, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.
Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.

12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
Grupo de Mantenimiento		
13	Sistema de potencia: Limpieza de porcelana. Limpieza de contacto. Chequeo y sello de medio extintor (SF6, aceite dieléctrico).	Herramientas, hilaza, lubricantes, probadores, calibradores.
14	Actividades generales: Revisión del estado del empaque de las cajas reconexión. Limpieza y lubricación de punto de conexión a tierra. Pintado de estructura de soporte. Limpieza de la zona de trabajo.	Herramientas, hilaza, pintura, compresores, torquímetro.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
15	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
16	Retirar cinta de seguridad y puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
17	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
18	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales del interruptor después del Mant.	Acceso a la bitácora de la subestación.
19	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.6. Procedimientos a Mantenimientos Correctivos de Transformadores de Corriente y Potencial (Tensión).

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento correctivos de los transformadores de corriente y potencial.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento SE y Coordinador de la SE		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.
Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.

12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
Grupo de Mantenimiento		
13	Sistema de potencia: Sustitución relleno de medio aislante (SF6, aceite dieléctrico). Sustitución del equipo completo.	Herramientas, hilaza, lubricantes, probadores, calibradores.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
14	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
15	Retirar cinta de seguridad y puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
16	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
17	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales del interruptor después del Mant.	Acceso a la bitácora de la subestación.
18	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.7. Procedimientos a Mantenimientos Preventivos de Apartarrayos.

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento preventivos de apartarrayos.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento SE y Coordinador de la SE		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.
Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.

12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
Grupo de Mantenimiento		
13	Sistema de potencia: Limpieza y engrase de contactos del apartarrayos. Limpieza y lubricación de punto de tierra.	Herramientas, hilaza, lubricantes, etc.
14	Actividades generales: Pintado de estructura soporte. Revisión de contadores de operación.	Hilaza, pintura, compresores, probadores, repuesto, accesorio, calibradores.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
15	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
16	Retirar cinta de seguridad y puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
17	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
18	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales del interruptor después del Mant.	Acceso a la bitácora de la subestación.
19	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.8. Procedimientos a Mantenimientos Correctivos de Apartarrayos.

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento correctivos de apartarrayos.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento SE y Coordinador de la SE		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.
Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.

12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
Grupo de Mantenimiento		
13	Sustitución del elemento completo	Herramientas, repuesto, accesorio, lubricantes.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
14	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
15	Retirar cinta de seguridad y puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
16	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
17	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales del interruptor después del Mant.	Acceso a la bitácora de la subestación.
18	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.9. Procedimientos a Mantenimiento Preventivo a Bancos de Capacitores.

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento preventivos a bancos de capacitores.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento y Coordinador de Subestaciones Eléctricas		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.

Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.
12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
13	Sistema de potencia: Limpieza y engrase de contactos de boquillas, de los capacitores. Limpieza y lubricación de punto de tierra. Limpieza de porcelana. Revisión de fusibles.	Visual
14	Actividades generales: Pintado de estructura soporte.	Hilaza, pintura, compresores, probadores, repuesto, accesorio, calibradores.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
15	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
16	Retirar cinta de seguridad, puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos.	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
17	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
18	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales.	Acceso a la bitácora de la subestación.
19	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

5.8.10. Procedimientos a Mantenimientos Correctivo a Bancos de Capacitores.

Objetivo:

Aplicar correctamente los procedimientos de trabajo en el mantenimiento correctivo a bancos de capacitores.

No	ACTIVIDAD	MEDIOS
Jefe del Departamento y Coordinador de Subestaciones Eléctricas		
1	Elaborar solicitud de despeje.	Formatos
Coordinador de Subestación Eléctrica		
2	Enviar solicitud de despeje para revisión y aprobación al centro de control	Correo, Fax
3	Enviar la solicitud de despeje a los agentes del mercado que serán afectados	Correo, Fax
Jefe de Grupo		
4	Buscar los medios y recursos para el cumplimiento del trabajo.	Requisa, viático, vale, memos
5	Solicitar el acceso a la subestación y despeje a los agentes del mercado.	Radio, teléfono
6	Verificar el cumplimiento de las operaciones de acuerdo a la solicitud de despeje.	Visual
7	Verificar la apertura de la fuente de tensión.	Detector de tensión acústico
Jefe de Grupo, Técnicos		
8	Bloquear los equipos anexos al área de trabajo.	Selector, candado, llaves, pasadores.
9	Colocar puesta a tierra temporales en ambos extremos del área de trabajo.	Cables de tierra temporales, pértigas
10	Delimitar el área de trabajo.	Cintas preventivas.

Jefe de Grupo		
11	Cumplir con las normas de protección personal de acuerdo a la actividad a realizar	Guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, casco, etc.
12	Cortar la alimentación de tensión al mecanismo.	Desconectar cuchillas, breakers, fusibles.
Grupo de Mantenimiento		
13	Sistema de potencia: Sustitución de fusible. Sustitución de aisladores. Sustitución de condensadores. Sustitución de reactores.	Herramientas, repuesto, calibradores, accesorio, lubricantes.
Responsable de Laboratorio, Jefe de Grupo		
14	Restablecer la alimentación de tensión al mecanismo y realizar pruebas funcionales y diagnóstico.	Reconectar cuchillas, breakers, megger medidores de resistencia de contacto.
Jefe de Grupo		
15	Retirar cinta de seguridad, puesta tierra temporales y restablecer los bloqueos en cada uno de los equipos.	Pértigas, selectores, llaves, candado, pasadores.
16	Informar al operador que puede solicitar la normalización a los agentes involucrados.	Radio, teléfono.
17	Anotar en bitácora los trabajos realizados como las condiciones iniciales y finales.	Acceso a la bitácora de la subestación.
18	Elaborar un control de tiempo, informes, etc. de las actividades realizadas.	Memorándum

BARRAJE Y SERVICIOS AUXILIARES (MANTENIMIENTO PREVENTIVO).

Transformador de Servicios Auxiliares.

La programación del mantenimiento debe prever los siguientes:

- Se debe limpiar los bushings de residuos de suciedad, de polvo, de grasa y de sustancias varias, reajustar los terminales de los circuitos de control y de fuerza además revisar la tensión de los circuitos.
- Eliminar puntos de óxido y repintar las partes que lo necesiten, verificar si existe un excesivo recalentamiento de alguna parte del transformador.
- Realizar pruebas de medición de resistencia de aislamiento y pruebas dieléctricas del aceite.
- Limpieza y reajuste de la puesta a tierra. En general se debe realizar el mismo procedimiento de inspección y mantenimiento que para los transformadores y autotransformadores de potencia, debido a la importancia de la carga a la que se encuentra conectado.

BANCO DE BATERÍAS (mantenimiento preventivo).

- Se debe primeramente realizar una inspección del banco de baterías, rectificadores y de las celdas.
- Eliminar la humedad del panel de control, puntos sulfatados y pernos sulfatados.
- Se debe realizar la limpieza de los bornes, cubiertas y placas de conexiones.
- Se debe verificar el nivel del electrolito en las celdas de las baterías y de ser necesario deberá de ser igualado con agua destilada o desmineralizada.

- Controlar las lecturas de la tensión y comprobar que la tensión por cada celda se mantenga dentro de los rangos establecidos en las pruebas dadas por el fabricante. Se debe también realizar pruebas de carga y descarga de las baterías.

Mantenimiento Correctivo.

- Restablecer el nivel del electrolito, llenando con agua destilada las celdas hasta el nivel indicado.
- Limpiar y verificar el buen contacto de los bornes y las superficies de contacto en las baterías.
- Reajuste del conexionado del panel de control y de la puesta a tierra.
- Limpiar las salas de baterías, con productos adecuados y usando los procedimientos de seguridad industrial.

TABLERO DUPLEX, DE COMUNICACIÓN Y SERVICIOS AUXILIARES (Mantenimiento preventivo).

Se debe realizar una limpieza del polvo ya que impide trabajar a los equipos correctamente, este puede contener materiales conductores que pueden causar cortocircuitos. La presencia de polvo en los contactores auxiliares puede impedir el cierre de un circuito.

La grasa, el aceite y la suciedad pegajosa se puede remover fácilmente mediante un solvente, para limpiar partes pequeñas se utiliza un pequeño pincel mojado con solvente y apto para llegar a los rincones y ranuras.

Chequear los fusibles y porta fusibles, aunque algunos tipos tienen partes metálicas cadmiadas para soportar la corrosión, pero es recomendable limpiar a menudo las superficies de contacto.

Limpiar los contactos de los contactores de cobre y de plata ya que los contactos se oxidan rápidamente con elevadas temperaturas y lentamente a temperatura normal.

Por lo que debe chequear la resistencia de calefacción dentro de los paneles. Se debe limpiar y reajustar las conexiones de los circuitos.

Chequear los breakers, limpiar los aparatos de medida y revisar las lámparas indicadoras y los accesorios eléctricos.

Mantenimiento Correctivo.

- Limpieza adecuada del exterior de los paneles.
- Reajuste del conexionado del panel de control y de la puesta a tierra.
- Cambiar los cables, terminales, regletas y marquillas que se encuentren rotas o en mal estado.
- Limpieza o cambio de fusibles, bocinas, alarmas, contactores.

BARRAJE Y ESTRUCTURAS (mantenimiento preventivo)

- Se debe empezar realizando una inspección general de las estructuras, puestas a tierra y barras.
- Limpiar todas las estructuras hasta donde no corra riesgo para el personal de mantenimiento.
- Revisar minuciosamente las conexiones de puestas a tierra, corregir las fallas de pintura en las estructuras, eliminar puntos de óxido y cambiar pernos si es necesario.
- Realizar pruebas de medición de resistencia de puesta a tierra. Además, realizar pruebas de termografía en las conexiones eléctricas y barras.

Mantenimiento Correctivo.

- Reajuste del conexionado de la puesta a tierra de estructuras, cerramientos, puertas y otras.
- Limpieza exterior de los aisladores, teniendo en cuenta criterios de seguridad industria.

MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PUESTA TIERRA (SPT)¹⁸.

- 1)** Periódicamente se deben medir las puestas a tierra, para revisar si se mantienen las condiciones de diseño. Se recomienda una medición anual y, de no practicarse, no sobrepasar un período mayor a los tres años.
- 2)** Adicionalmente a las mediciones, se deberán efectuar revisiones en las cámaras de inspección, realizando excavaciones para determinar el estado físico de los conductores de la malla en distintos puntos. Estas deben realizarse al menos cada cinco años.
- 3)** Mantener siempre un plano actualizado de los sistemas de puesta a tierra.
- 4)** Si se dan las condiciones, realizar mediciones de tensión de contacto y de paso que se presenten sobre la superficie de las puestas a tierra.

¹⁸ MONOGRAFÍA DE GRADO “PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA SUBESTACIÓN SANTA ROSA”. Latacunga, Mayo del 2003.

5.9.¹⁹ Pruebas que se le hacen a Equipos de Subestaciones Eléctrica.

Las pruebas al equipo por individual es parte del mantenimiento que se lleva acabo de acuerdo con el plan de pruebas en sitio que esta con todo el equipo asociado, auxiliares, subsistemas, etc. Las pruebas en sitio son menos severas, pero más elaboradas que las pruebas de fábrica. El propósito de las pruebas en sitio es para confirmar el ensamble apropiado en sitio, que no exista daños durante el transporte, así como el funcionamiento apropiado; que todas las conexiones del equipo principal y los auxiliares se hayan realizado correctamente y el sistema opere en forma confiable.

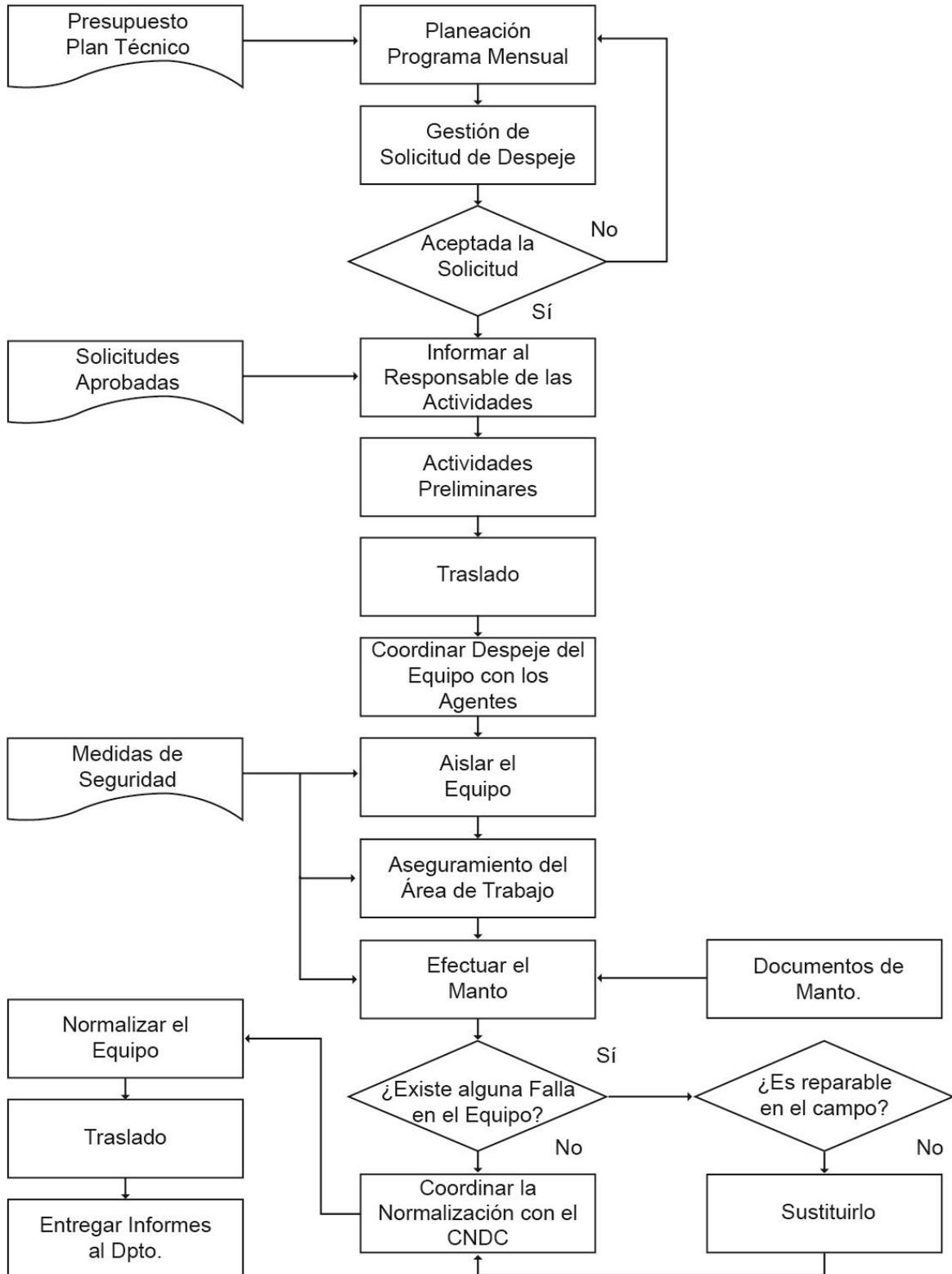
Las pruebas correspondientes a cada equipo son:

1. Mediciones de resistencia de aislamiento.
2. Medición de resistencia.
3. Pruebas de secuencia de fases.
4. Prueba de polaridad.
5. Pruebas de relación de transformación.
6. Pruebas de tiempo de operación.
7. Pruebas de continuidad.
8. Pruebas de resistencia de aislamiento del equipo auxiliar.
9. Pruebas de operación mecánica.
10. Pruebas de operación secuencial.
11. Pruebas de voltaje aplicado.
12. Pruebas de inyección primaria.
13. Pruebas de inyección secundaria.
14. Pruebas de operación funcional.
15. Pruebas de características funcionales.

¹⁹www.megger.com

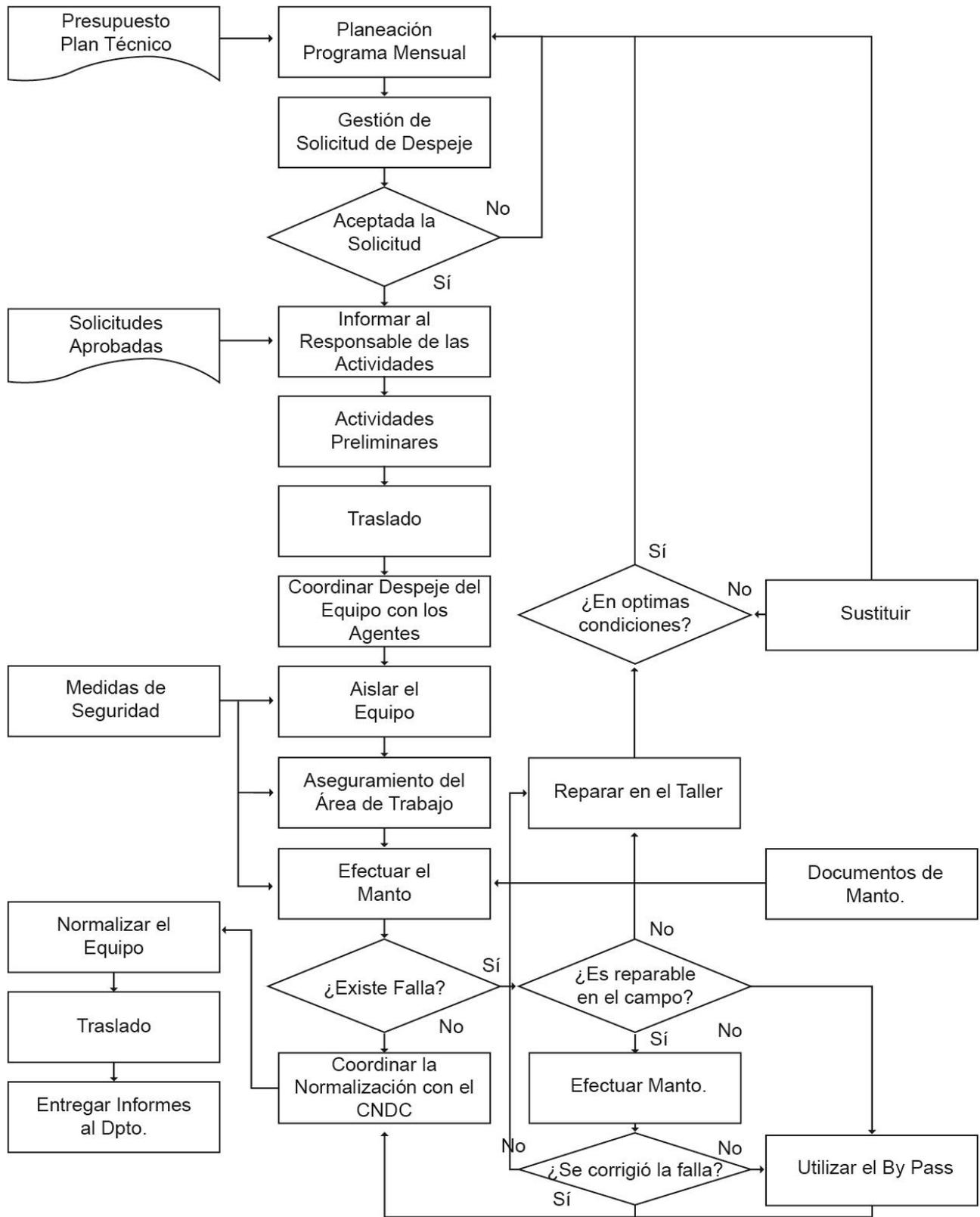
5.10. Flujoograma de Mantenimiento de Subestaciones Eléctrica.

Proceso de Mantenimiento de Apartarrayos²⁰

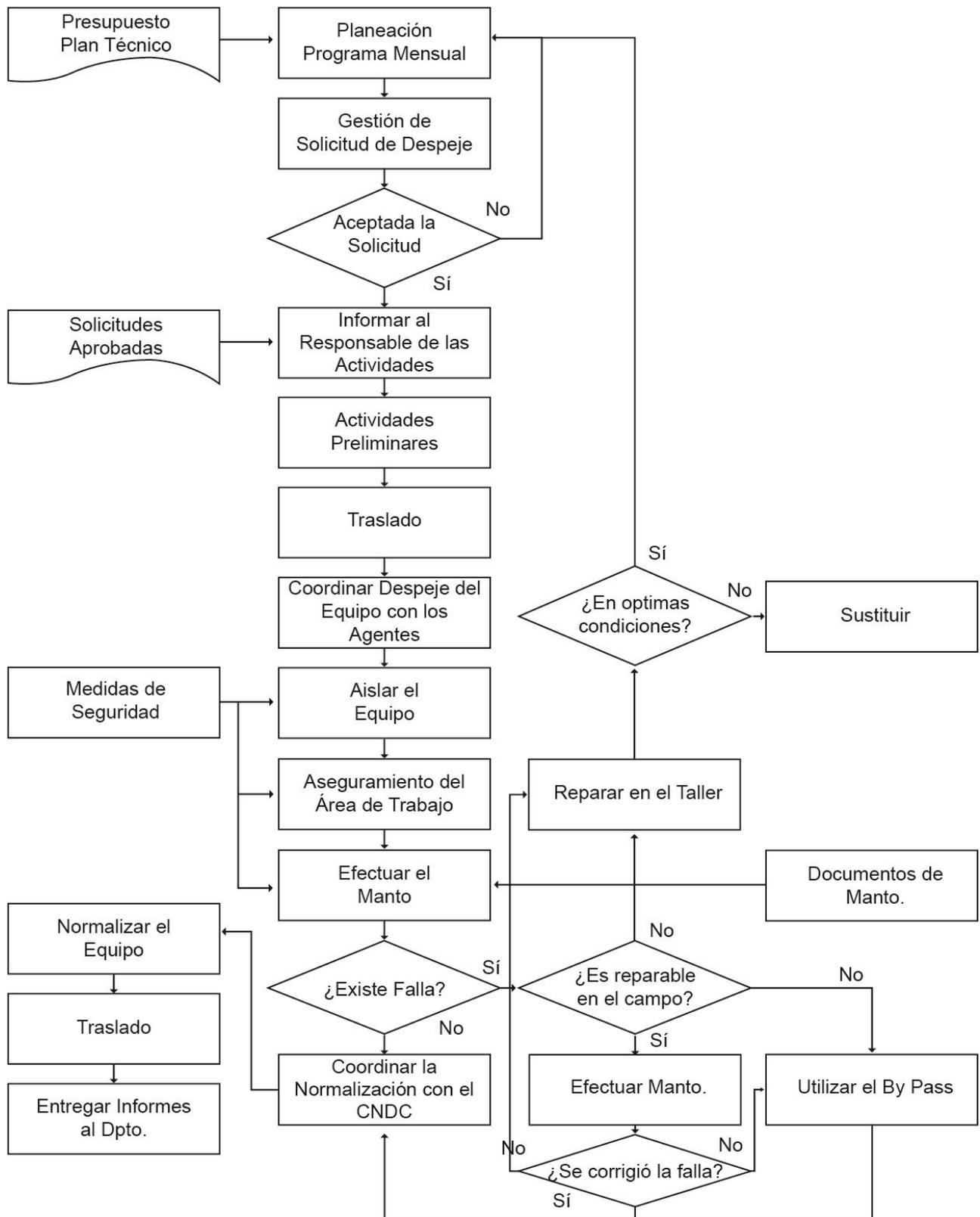


²⁰<https://www.enatrel.gob.ni/>

Proceso de Mantenimiento de Interruptores de Potencia

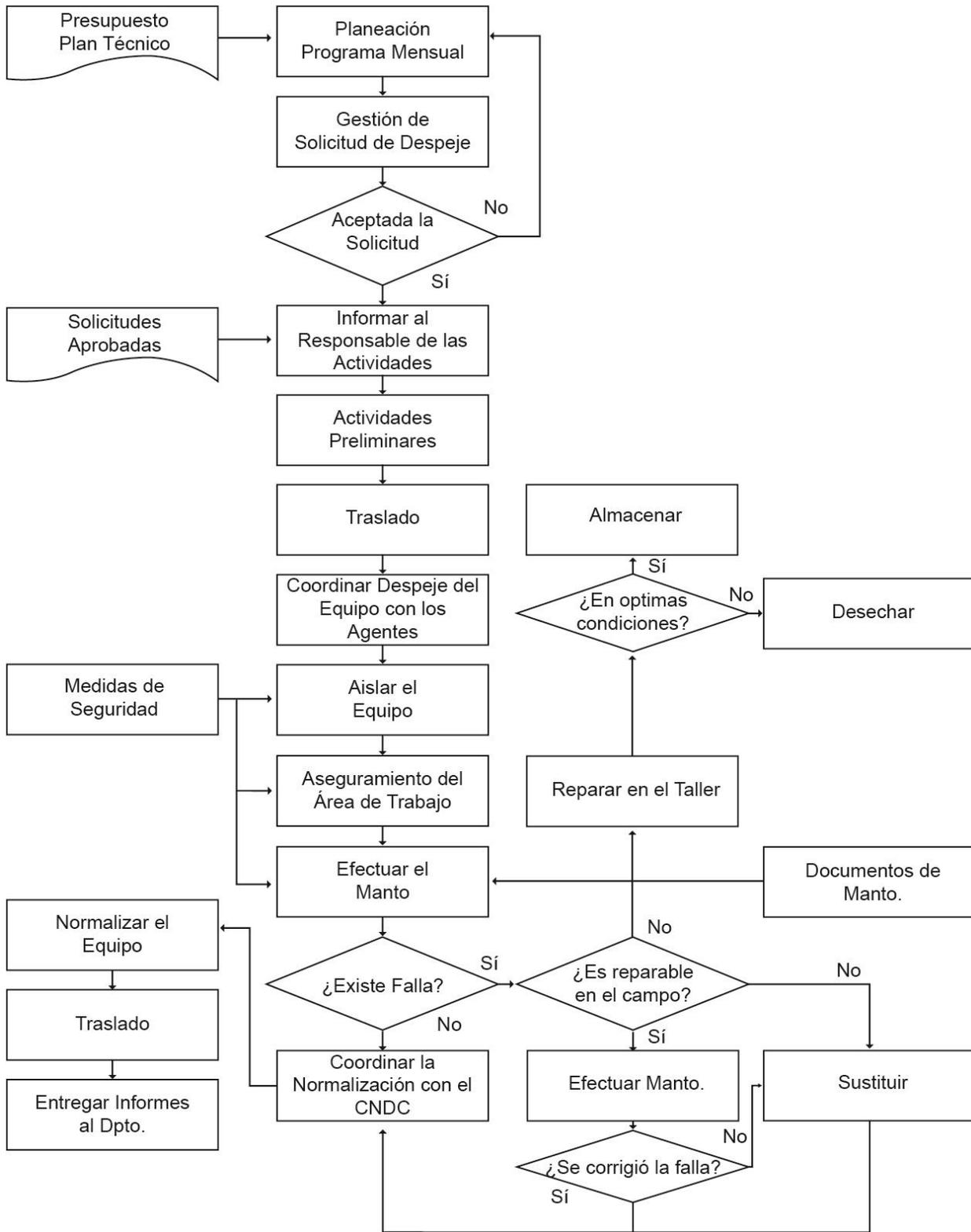


Proceso de Mantenimiento de Seccionadores²¹



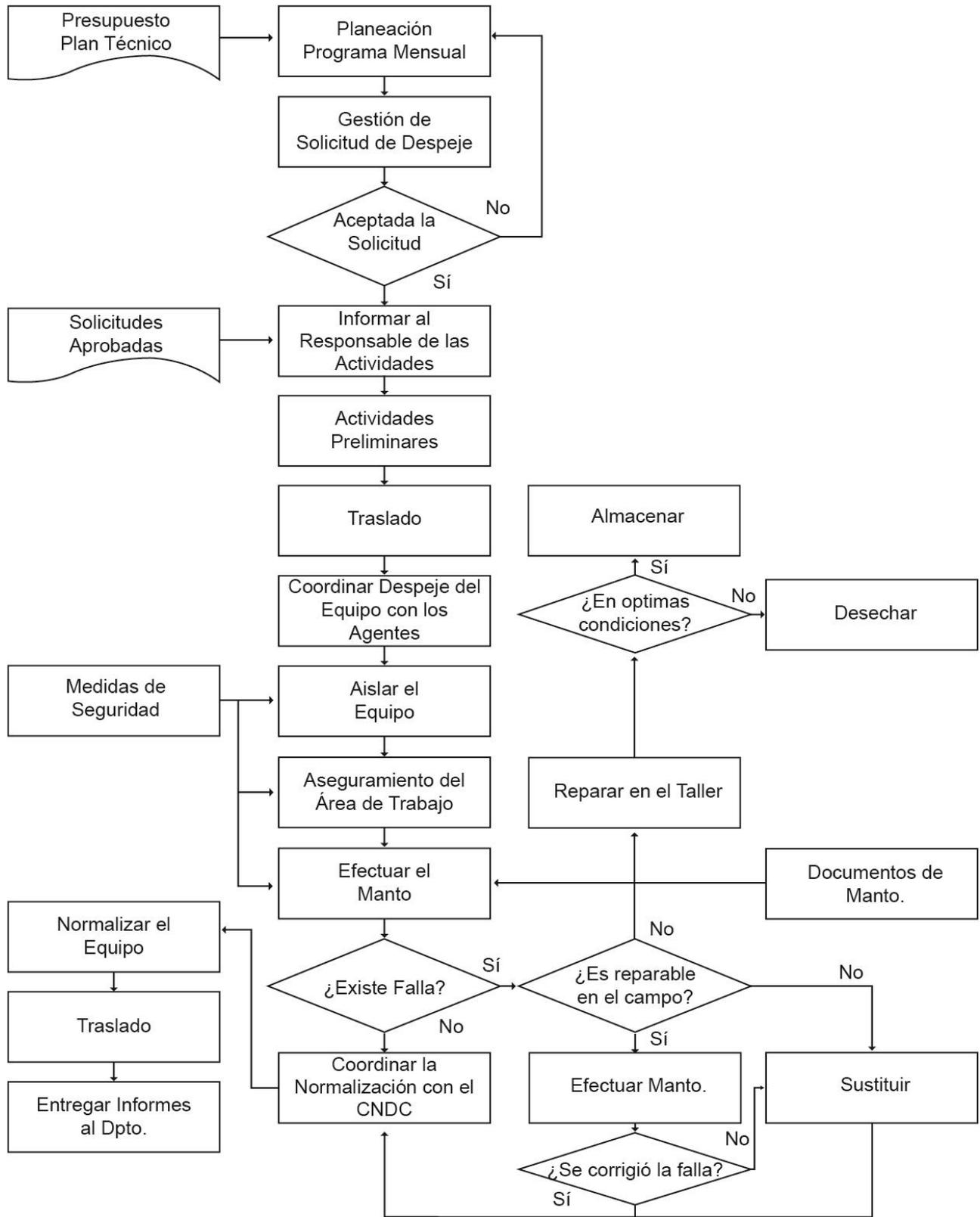
²¹<https://www.enatrel.gob.ni/>

Proceso de Mantenimiento de Transformadores de Potencial²²



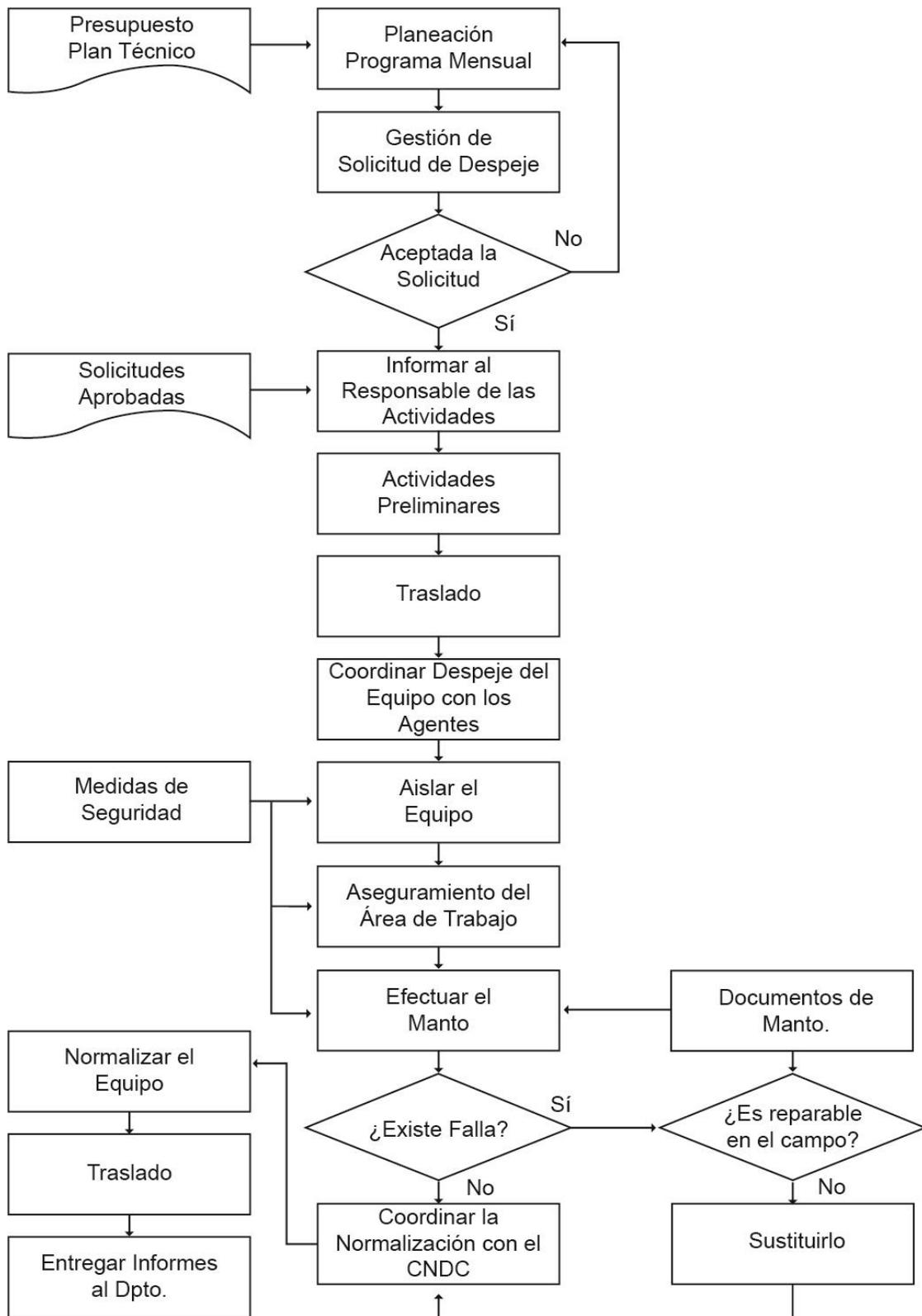
²²<https://www.enatrel.gob.ni/>

Proceso de Mantenimiento de Transformadores de Corriente²³



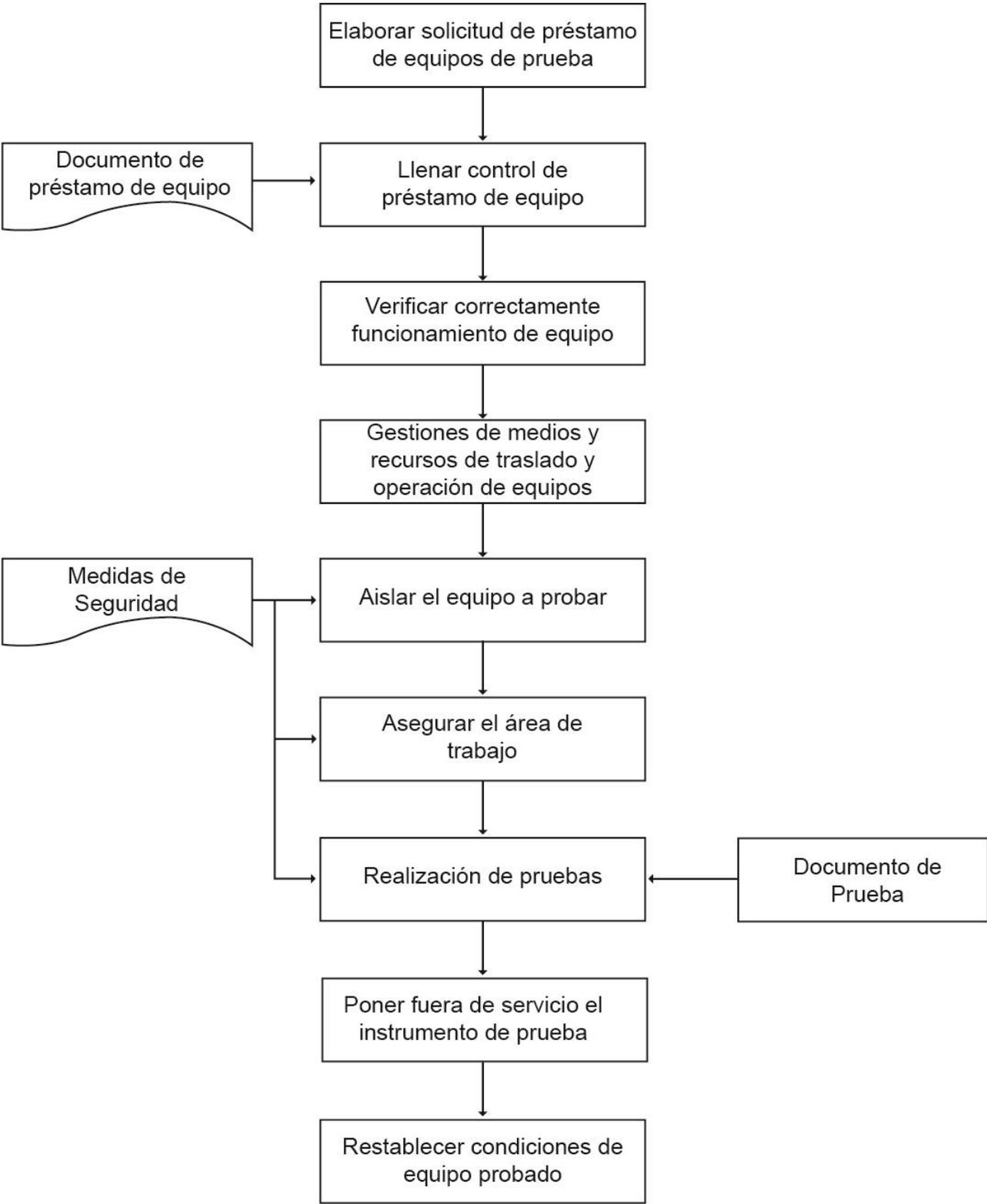
²³<https://www.enatrel.gob.ni/>

Proceso de Mantenimiento de Banco de Capacitores²⁴

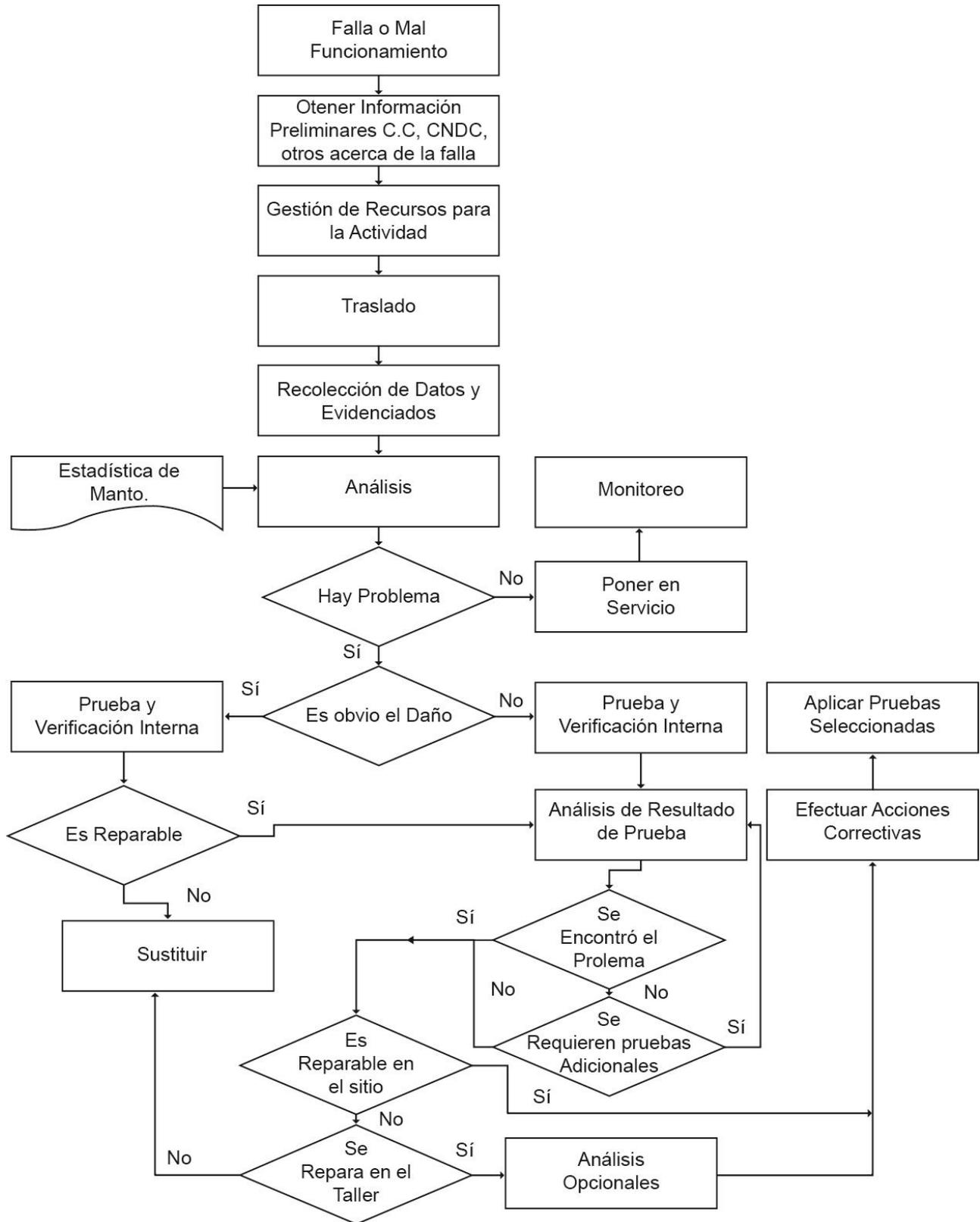


²⁴<https://www.enatrel.gob.ni/>

Procesos de Usos de Equipos y Herramientas de Trabajo



Proceso de Equipos de Atención de Emergencias en Equipos de Subestaciones²⁵



²⁵<https://www.enatrel.gob.ni/>

5.11. Informes del Mantenimiento de las Subestaciones Eléctricas.

El informe de las pruebas y resultados del mantenimiento deben guardarse en la hoja de vida de los equipos en medio físico y en medio magnético. Los informes del mantenimiento deben ser conocidos por el departamento de planeación de la empresa y por el departamento técnico, de tal forma que se pueda, con los resultados, gestionar las compras y así poder realizar las programaciones próximas o lejanas necesarias para los mantenimientos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO II

6.1. Conclusiones

- Este trabajo nos ayuda a establecer los procedimientos estandarizados y adoptarlos para la programación del mantenimiento en las subestaciones del Sistema Nacional de Transmisión Eléctrica para lograr una mayor confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica a todo el país.
- Se estudiaron cada una de las generalidades y elementos que conforman las subestaciones eléctricas y esto nos llevo a conocer su función e importancia que tienen para la sociedad nicaragüense.
- Conocimos cada unas de las clasificaciones y procedimientos de los Mantenimientos eléctricos, para poder realizar una aplicación correctamente en cada uno de los elementos y equipos.
- Diseñamos Formatos los cuales podrán ayudar a llevar un control exacto de los mantenimientos que se realizan a cada unos de los equipos.
- Se elaboraron los procedimientos de los mantenimientos en los diferentes equipos de las subestaciones eléctricas, para que estos queden como apoyo a los profesionales del sector eléctrico.
- Se enumeraron cada uno de los pasos a seguir para elaborar un informe que permita organizar toda la información de mantenimiento para disposición de la misma en el momento requerido.

6.2. Recomendaciones

- Siempre se deben coordinar maniobras con el despacho nacional antes de intervenir cualquier equipo y si no se cuentan con las condiciones mínimas de seguridad, no se debe realizar la labor.
- El éxito de un procedimiento de mantenimiento elaborado dependerá de la correcta aplicación y utilización de los formatos de seguridad, maniobras y mantenimiento al igual que de la mejora continua de estos.
- Es importante capacitar a todo el personal nuevo que hará parte de los trabajos de inspección y mantenimiento de las subestaciones. Dicho personal deberá aprender a seguir las instrucciones descritas en los formatos de seguridad.

7. BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO III

7.1. Referencias Bibliográficas

- Harper Gilberto Enríquez (1985) Elemento de Diseño de subestaciones Eléctricas. México. Editorial Limusa.
- Harper Gilberto Enríquez (s.f.) Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Media y Alta Tensión. México. Editorial Segunda Edición.
- Mena Pachado (1987) Confiabilidad de Sistema de Potencia. Colombia.
- Villa Nueva Douce (1995) La Productividad en el Mantenimiento Industrial CECSA. México. Editorial Limusa.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-029-STPS-2005, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.
- Puga, L. (2002). Procedimientos de Mantenimiento del Equipo eléctrico de la Central El Ambi. Proyecto de Fin de Grado. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Serrano D. (2011) Análisis y Gestión de Riesgos en el Mantenimiento de un Sistema Eléctrico. México.
- BARRANTES PINELA, Lucía Saray Diseño del Sistema de Protección y Control de Subestaciones Eléctricas. Leganés, 2011. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. ESSA. Manual de Mantenimiento de Subestaciones. Santander. 2010. ESSA.

- MEJÍA VILLEGAS S.A. Ingenieros Consultores – HMV Ingenieros, Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión. Segunda Edición. Bogotá, 2003.
- Crespo M. & Herguedas, A. (2004) Ingeniería de Mantenimiento.
- Técnicas y Métodos de Aplicación a la Fase Operativa de los Equipos. Editorial Aenor. Madrid, España.

7.2. Referencias Webgráficas

- CHAVES SERRANO. Adrián. La Gestión de Mantenimiento: Un Enfoque Completo de Calidad. {En línea}. {12 de septiembre 2015}. Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/PonenciaChaves.pdf>
- RODRÍGUEZ LIZCANO Marlon Dennis. Modelo de gestión del mantenimiento preventivo y predictivo para las subestaciones de la empresa de energía de Cundinamarca. Bogotá, 2009. Monografía. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tiposdemantenimiento.html>.
- B.A. Calderón. "Conceptos básicos del Statgraphics", p. 25. 2009. Fecha de consulta: 17 de Noviembre 012
<http://www.unizar.es/3w/Materiales/doctorado/Manualstatg2.1.pdf>.
- <https://www.enatrel.gob.ni>.
- www.megger.com

8. ANEXOS

CAPÍTULO IV

Simbología de Subestaciones Eléctricas.

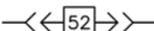
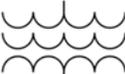
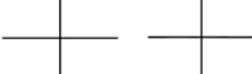
	BARRA		CONEXION A TIERRA
	CABLE DE POTENCIA		PARARRAYO
	CONDUCTOR		REACTOR
	INTERRUPTOR REMOVIBLE		UNIDAD GENERADORA (UG)
	INTERRUPTOR REMOVIBLE		CONEXION EN DELTA
	INTERRUPTOR RECERRADOR (RECLOSER)		CONEXION EN DELTA ATERRIZADA
	CUCHILLA		CONEXION EN ESTRELLA
	CUCHILLA FUSIBLE		CONEXION EN ESTRELLA CON NEUTRO ATERRIZADO
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE DOS DEVANADOS		AUTOTRANSFORMADOR CONECTADO EN ESTRELLA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE TRES DEVANADOS		TRAMPA DE ONDA
	AUTOTRANSFORMADOR		CONDUCTORES NO CONECTADOS
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC)		CONDUCTORES CONECTADOS
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)		
	AUTOTRANSFORMADOR DE SERVICIO PROPIO (TSP)		

Tabla No 4. Simbología Eléctrica De Subestaciones Eléctrica.
Fuente: ENATREL

Identificación de Equipos de las Subestaciones Eléctrica.

IDENTIFICACION DE EQUIPOS		Anexo: C																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PRIMER CARACTER-UBICACION DEL EQUIPO</th> </tr> <tr> <th>CARACTER</th> <th>EQUIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>Acople</td></tr> <tr><td>B</td><td>Barra</td></tr> <tr><td>C</td><td>Capacitor</td></tr> <tr><td>I</td><td>Transformador de Corriente</td></tr> <tr><td>L</td><td>Línea</td></tr> <tr><td>M</td><td>Compensador Sincrónico</td></tr> <tr><td>S</td><td>Transformador de Servicio Propio</td></tr> <tr><td>R</td><td>Reactor</td></tr> <tr><td>T</td><td>Transformador de Potencia</td></tr> <tr><td>U</td><td>Unidad Generadora</td></tr> <tr><td>V</td><td>Transformador de Potencial</td></tr> </tbody> </table>		PRIMER CARACTER-UBICACION DEL EQUIPO		CARACTER	EQUIPO	A	Acople	B	Barra	C	Capacitor	I	Transformador de Corriente	L	Línea	M	Compensador Sincrónico	S	Transformador de Servicio Propio	R	Reactor	T	Transformador de Potencia	U	Unidad Generadora	V	Transformador de Potencial	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TERCER Y CUARTO CARACTER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Designados para la numeración secuencial de equipos de un mismo tipo en una subestación determinada</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	TERCER Y CUARTO CARACTER	Designados para la numeración secuencial de equipos de un mismo tipo en una subestación determinada																							
PRIMER CARACTER-UBICACION DEL EQUIPO																																																					
CARACTER	EQUIPO																																																				
A	Acople																																																				
B	Barra																																																				
C	Capacitor																																																				
I	Transformador de Corriente																																																				
L	Línea																																																				
M	Compensador Sincrónico																																																				
S	Transformador de Servicio Propio																																																				
R	Reactor																																																				
T	Transformador de Potencia																																																				
U	Unidad Generadora																																																				
V	Transformador de Potencial																																																				
TERCER Y CUARTO CARACTER																																																					
Designados para la numeración secuencial de equipos de un mismo tipo en una subestación determinada																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SEGUNDO CARACTER - VOLTAJE NOMINAL</th> </tr> <tr> <th>CARACTER</th> <th>VOLTAJE (kV.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>1</td><td>4.16</td></tr> <tr><td>2</td><td>10.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>13.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>24.9</td></tr> <tr><td>5</td><td>34.5</td></tr> <tr><td>6</td><td>69.0</td></tr> <tr><td>7</td><td>115.0</td></tr> <tr><td>8</td><td>138.0</td></tr> <tr><td>9</td><td>230.0</td></tr> <tr><td>10</td><td>345.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>440.0</td></tr> </tbody> </table>		SEGUNDO CARACTER - VOLTAJE NOMINAL		CARACTER	VOLTAJE (kV.)	0	2.4	1	4.16	2	10.5	3	13.8	4	24.9	5	34.5	6	69.0	7	115.0	8	138.0	9	230.0	10	345.0	11	440.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>QUINTO CARACTER-TIPO DE EQUIPO</th> </tr> <tr> <th>CARACTER</th> <th>EQUIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>Interruptor o reclosers con extinción de arco</td></tr> <tr><td>1</td><td>Seccionador sólido lado barra principal</td></tr> <tr><td>2</td><td>Seccionador sólido lado barra auxiliar</td></tr> <tr><td>3</td><td>Seccionador fusible</td></tr> <tr><td>4</td><td>Seccionador con cuerno de arqueo</td></tr> <tr><td>5</td><td>Interruptor de enlace</td></tr> <tr><td>6</td><td>Seccionador sólido auxiliar</td></tr> <tr><td>7</td><td>Seccionador sólido de puesta a tierra</td></tr> <tr><td>8</td><td>Seccionador by-pass</td></tr> <tr><td>9</td><td>Seccionador sólido lado línea</td></tr> </tbody> </table>	QUINTO CARACTER-TIPO DE EQUIPO	CARACTER	EQUIPO	0	Interruptor o reclosers con extinción de arco	1	Seccionador sólido lado barra principal	2	Seccionador sólido lado barra auxiliar	3	Seccionador fusible	4	Seccionador con cuerno de arqueo	5	Interruptor de enlace	6	Seccionador sólido auxiliar	7	Seccionador sólido de puesta a tierra	8	Seccionador by-pass	9	Seccionador sólido lado línea
SEGUNDO CARACTER - VOLTAJE NOMINAL																																																					
CARACTER	VOLTAJE (kV.)																																																				
0	2.4																																																				
1	4.16																																																				
2	10.5																																																				
3	13.8																																																				
4	24.9																																																				
5	34.5																																																				
6	69.0																																																				
7	115.0																																																				
8	138.0																																																				
9	230.0																																																				
10	345.0																																																				
11	440.0																																																				
QUINTO CARACTER-TIPO DE EQUIPO																																																					
CARACTER	EQUIPO																																																				
0	Interruptor o reclosers con extinción de arco																																																				
1	Seccionador sólido lado barra principal																																																				
2	Seccionador sólido lado barra auxiliar																																																				
3	Seccionador fusible																																																				
4	Seccionador con cuerno de arqueo																																																				
5	Interruptor de enlace																																																				
6	Seccionador sólido auxiliar																																																				
7	Seccionador sólido de puesta a tierra																																																				
8	Seccionador by-pass																																																				
9	Seccionador sólido lado línea																																																				

Tabla No. 5 Edificación de Equipos en la Subestación Eléctrica.

Fuente: ENATREL

Diagramas Unifilar Subestaciones Planta Centro América 138 a 24.9 kV.

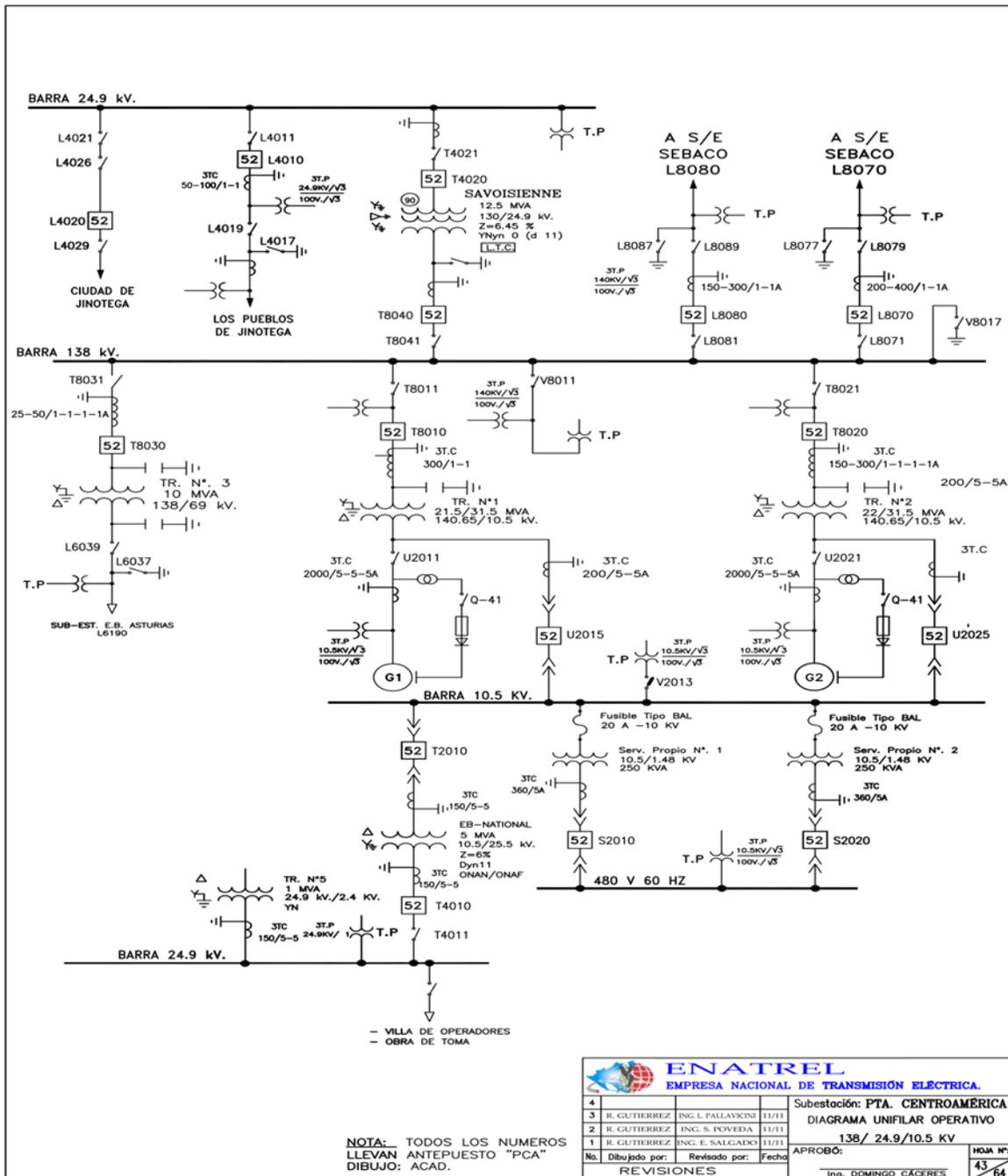


Diagrama Unifilar No.1 Subestación Eléctrica Planta Centro América.

Fuente: ENATREL

Diagrama Unifilar de Subestación los Brasiles 230 a 138 kV.

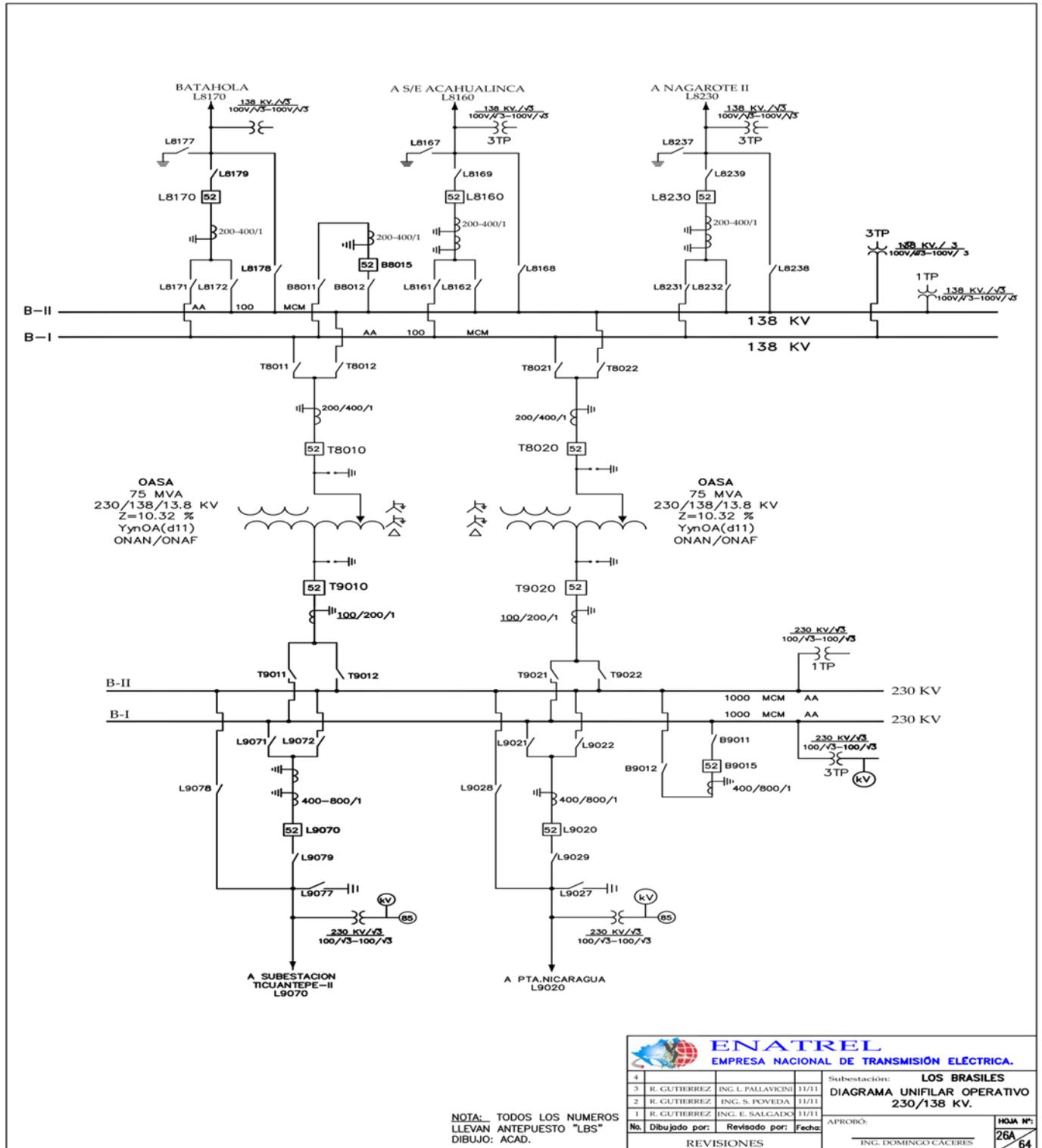


Diagrama Unifilar No.2 Subestación Eléctrica los Brasiles (cuidad Sandino).

Fuente: ENATREL

Diagrama Unifilar de Subestación el Periodista 138kV a 13.8 kV.

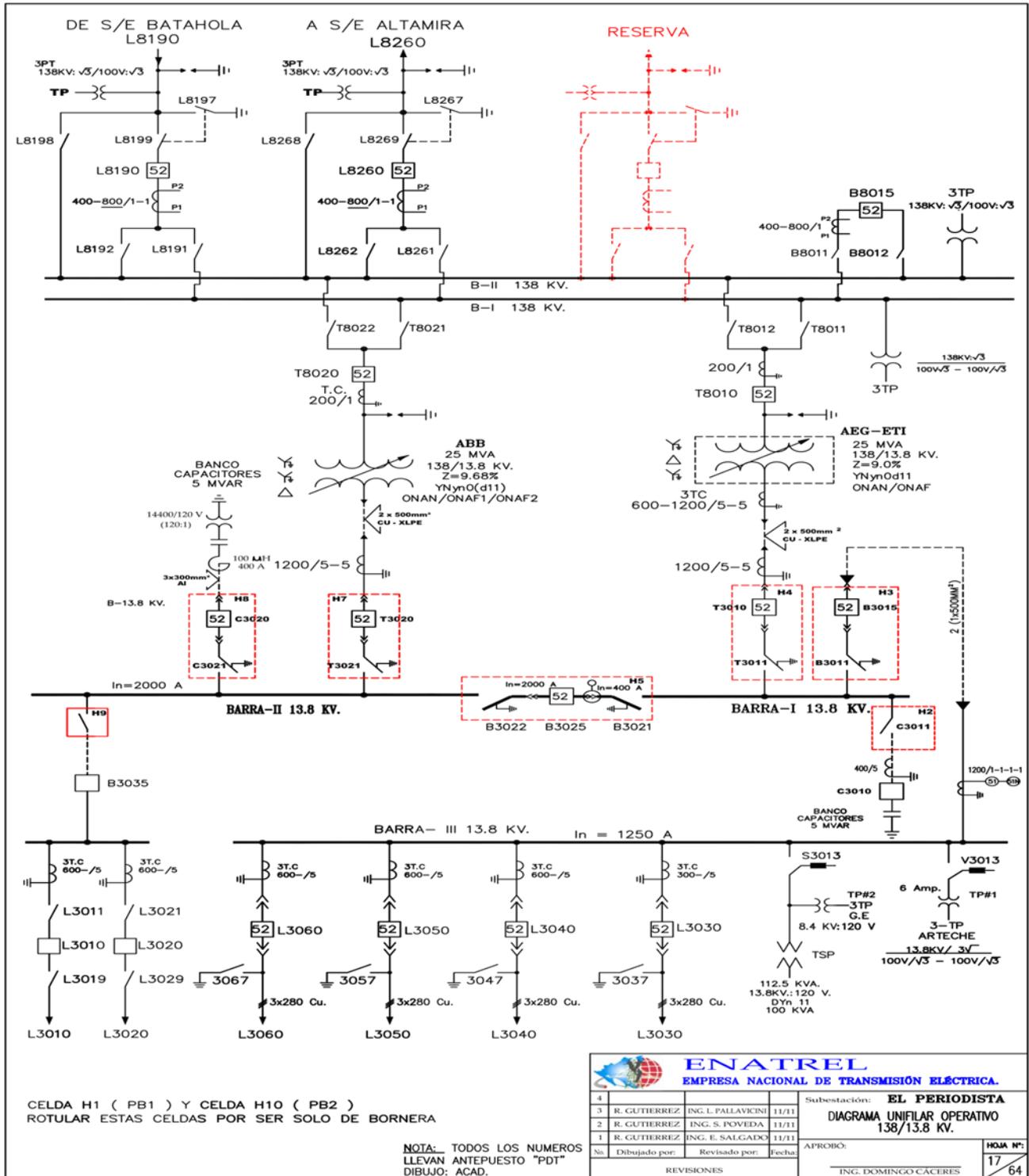


Diagrama Unifilar No.3 Subestación Eléctrica el Periodista (Managua).

Fuente: ENATREL

Código de colores para Conductores.

SISTEMA	1Φ	1Φ	3Φ-Y	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ
TENSIONES NOMINALES	120V	240/120V	208/120V	240V	240/208/120V	380/220V	480/440V	480/440V	Masde 1000V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES	Negro trifásico	Negro	Amarillo	Negro	Negro	Café	Café	Café	Violeta
		Azul	Azul	Naranja	Negro	Naranja	Naranja	Café	
		Rojo	Rojo	Rojo	Azul	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No Aplica	Blanco	Blanco	Gris	No Aplica	No Aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo
	o verde	o verde	o verde	o verde	o verde	o verde	o verde	o verde	o verde
TIERRA AISLADA	Verde	Verde	Verde	No aplica	Verde	Verde	No aplica	No aplica	No aplica
	Verde/Amarillo	Verde/Amarillo	Verde/Amarillo		Verde/Amarillo	Verde/Amarillo			

Tabla No. 7 Código de Colores de Conductores.

Fuente: Puga, L. (2002). Procedimientos de Mantenimiento del Equipo eléctrico de la Central El Ambi.
Proyecto de Fin de Grado. Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Equipos de Medición para pruebas en Equipos de Subestaciones Eléctricas.

Equipo para prueba de resistencia de contactos de interruptores (Micrómetro).



Figura No 12. Equipo de Medición para Interruptores de Media y alta Tensión.
Fuente: Catalogo de Megger.

Equipo para prueba de resistencia de aislamiento de equipos de potencia (megaóhmetro).



Figura No 13. Equipo de Medición de Resistencia de Aislamiento desde Baja e Alta Tensión.
Fuente: Catalogo de Megger.

Equipo para medición de resistencia de tierras (telurómetro).



Figura No 14. Equipo de Medición de Resistencia de Tierra.
Fuente: Catalogo de Megger.

Equipo para prueba de relación de transformación, resistencia óhmica y factor de potencia de transformadores de potencia (trax).



Figura No 15. Equipo de Medición para Transformadores de Media y Alta Tensión.
Fuente: Catalogo de Megger

Máquina de extracción y llenado de gas sf6 y alto vacío para interruptores y sub-estaciones hasta 400kv (serie agru-8)



Figura No 16. Equipo de Extracción de Gas SF6 y Vacío de Interruptores de Potencia.
Fuente: Catalogo de Megger.

Equipo para prueba de tiempos de operación de apertura y cierre de interruptores.



Figura No 17. Equipo de prueba de Tiempo de Operación de Interruptores de Media Y Alta Tensión.
Fuente: Catalogo de Megger.