

Marco normativo en maniobras de libranza en la zona de operación de transmisión Puebla-Tlaxcala de la Comisión Federal de Electricidad

Regulatory Framework for Switch Off Maneuvers in the Puebla-Tlaxcala Transmission Operation Zone of the Federal Electricity Commission

José Luis **Mar Villegas**¹, Juan Carlos **Escamilla Sánchez**²

¹Comisión Federal de Electricidad, Gerencia Regional de Transmisión Central, Ciudad de Puebla, Puebla, MÉXICO
¹ORCID: 0009-0007-4458-6508 | luis.mar@ieee.org

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, MÉXICO
²ORCID: 0000-0001-6296-1702 | juan.escamillasan@correo.buap.mx

Recibido 20/11/2024, aceptado 06/01/2025.

Resumen

El presente documento de investigación expone la problemática relacionada a la falta de cumplimiento del marco normativo relacionado a las instalaciones eléctricas, el cual, pudiera desencadenar accidentes en dichas instalaciones. El objetivo del estudio es describir la secuencia general de maniobras para librar un elemento eléctrico, lo anterior, utilizando el marco normativo actual. Así mismo, dicho artículo, se llevó a cabo con un enfoque cualitativo del tipo exploratorio, porque se ha estudiado poco el tema desde el punto de vista del marco normativo. Se incluyeron los equipos eléctricos de la Zona de Operación de Transmisión Puebla-Tlaxcala, por lo que, se encontró una secuencia de maniobras generales que cumpliera con la teoría y el marco normativo. En conclusión, existe una secuencia de maniobras general de libranza que pueden ser aplicados para dejar sin diferencia de voltaje el elemento eléctrico.

Palabras clave: librar, maniobras, marco normativo.

Abstract

This research document exposes the problem related to the lack of compliance with the regulatory framework associated to electrical installations, which could trigger accidents in said installations. The objective of the study is to describe the general sequence of maneuvers to switch off an electrical element, the above, using the current regulatory framework. Likewise, said article was carried out with a qualitative, exploratory approach, because little has been studied on the topic from the point of view of the regulatory framework. The electrical equipment of the Puebla-Tlaxcala Transmission Operation Zone was included, therefore, a general maneuver sequence was found that complied with the theory and the regulatory framework. In conclusion, there is a sequence of general switch off maneuvers that can be applied to leave the electrical element without voltage difference.

Index terms: switch off, maneuvers, regulatory framework.

I. INTRODUCCIÓN

Desconectar un elemento eléctrico requiere varios pasos, los cuales, deben de cumplir con el marco normativo vigente. Es decir, atender los aspectos técnicos y de seguridad e higiene para evitar un riesgo que conlleve a consecuencias fatales.

El presente documento de investigación expone la problemática relacionada a la falta de cumplimiento del marco normativo relacionado a la seguridad en instalaciones eléctricas, lo cual, pudiera conllevar a accidentes en dichas subestaciones.

Chindicué-Arias y Burbano-Baena comentaron en 2021 que, en Chile, existen 62.2 muertes cada año provocado por electrocución, los cuales son causados principalmente por no cumplir con las distancias de seguridad, no considerar la tensión de contacto, falta de resguardo de las descargas atmosféricas, falta de conocimiento técnico, falta de experiencia y negligencia [1]. Bajo estas condiciones, se observa, por un lado, la falta de seguimiento de las medidas de seguridad dentro de la instalación eléctrica y por otro lado, el desconocimiento teórico aplicado en las subestaciones eléctricas.

Bravo-Herrera y Garay-Mantilla, por su parte, informaron en 2023 que, en Ecuador no han reportado accidentes relacionados con la electricidad en alta tensión, empero, identificaron riesgos de trabajo relacionados al área de actividad, iluminación, trabajos repetitivos, exceso de confianza, complicaciones intrafamiliares, trabajos en alturas, ergonomía, caídas y choques eléctricos [2]. En este sentido, propuso un plan de prevención de riesgos para la empresa pública de suministro eléctrico sin detallar los aspectos técnicos.

En México, la Comisión Nacional de Vivienda reportó que, en 2021, ocurrieron 560 muertes a causa de la electrocución [3]. Lo anterior, identificados como riesgos causados por exceso de confianza o por desconocimiento.

El propósito del presente artículo de investigación-acción-participación es, describir la secuencia general de maniobras para librar un equipo eléctrico, lo anterior, utilizando el marco normativo actual para los elementos eléctricos de la Zona de Operación de Transmisión Puebla-Tlaxcala (ZOTPT) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Lo cual, contribuirá a minimizar o eliminar la ocurrencia de un accidente al personal de campo.

En este sentido, se dará cumplimiento al Manual Regulatorio de Coordinación Operativa (MRCO) que se encuentra dentro del Código de Red (CdR) [4], el Capítulo 800 del Reglamento de Seguridad e Higiene de CFE Transmisión (C800-RSH) [5], Capítulo 100 del Reglamento de Seguridad e Higiene de CFE Distribución (C100-RSH) [6], así como también, otros documentos de apoyo de la industria eléctrica. Es decir, información relacionada a la teoría de la electricidad aplicada.

De acuerdo con lo anteriormente presentado, la pregunta principal que guiará a la presente investigación es: ¿Cuál es la secuencia general de maniobras para librar un equipo eléctrico en la Zona de Operación de Transmisión Puebla-Tlaxcala de la Comisión Federal de Electricidad?

Por lo que el objetivo general es establecer los pasos secuenciales a seguir para librar un elemento eléctrico. En este sentido, la hipótesis que guiará la presente investigación es, existe una relación significativa entre el marco normativo, la teoría y las maniobras de libranza de un equipo eléctrico.

En este sentido, para un trabajo de mantenimiento (predictivo, preventivo y correctivo) es necesario realizar la desconexión del elemento eléctrico, dichos mantenimientos se realizan en todo el territorio mexicano. Por lo que, nuestra investigación, se centrará en los equipos eléctricos de la ZOTPT en los niveles de voltaje de: 69, 115, 230 y 400 kilo Volts (kV).

Empero, no es limitativo para otros centros de control o subestaciones eléctricas fuera de la ZOTPT. Ya que, aunque está enfocado a lo particular servirá para generalizar los catálogos de maniobras de cada centro laboral involucrado con la operación física de la infraestructura eléctrica.

En este sentido, por ser un proceso de continuo cambio, el presente documento de investigación propondrá una guía general para librar un equipo eléctrico en términos técnicos y normativos para el año 2024.

Por tal motivo, este artículo tiene un impacto teórico, debido a que, con las maniobras de libranza se contribuirá para disminuir o eliminar los accidentes en los equipos eléctricos. Lo anterior, considerando lo indicado en el marco normativo y con ello, contribuirá al enriquecimiento en la literatura científica.

También, tiene un impacto práctico porque presenta los pasos efectivos a seguir para librar un equipo eléctrico que realizará el personal de campo y los operadores del centro de control del Transportista y del CENACE. Por tal motivo, beneficiará a CFE y quienes realicen trabajos de mantenimiento en elementos eléctricos.

Por otro lado, se han encontrado pocas referencias bibliográficas y actualizadas que abarque factores técnicos y normativos en México. En este sentido, para enriquecer dicha investigación, se cuenta con la ayuda

del personal de campo de la División de Distribución Centro Oriente (DDCO), de la Zona de Transmisión Puebla (ZTPUE), Zona de Transmisión Tampico, Zona de Operación de Transmisión Pachuca (ZOTPA), Zona de Operación de Transmisión Poza Rica (ZOTPTZ), del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) de México y de cátedráticos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), en Puebla, México.

Por tal motivo, esta investigación tiene la viabilidad justificada por los beneficios que aportará a la empresa y a su personal, tanto de campo como de los centros de control. En este sentido, contribuirá a evitar accidentes hacia el personal de campo.

∞

II. MARCO TEÓRICO

A. Voltaje Inducido

En una línea de transporte, como elemento pasivo, transporta un flujo de corriente variante en el tiempo, desde un nodo a otro. En este sentido, por la Ley de Faraday y Ley de Lenz se induce un voltaje en aquellos elementos cercanos a dicha línea [16].

$$\mathcal{E} = - \frac{d\phi_B}{dt} \quad (1)$$

Donde

\mathcal{E} es la fuerza electromotriz.

ϕ_B es la densidad de campo o flujo magnético. El cual es $\int \vec{B} d\vec{s}$

\vec{B} es el vector de campo magnético.

$d\vec{s}$ es el vector de superficie.

dt es el tiempo dado en segundos.

El voltaje inducido se define como la oposición de la variación del flujo magnético con respecto al tiempo.

B. Tensión de Contacto

Es la diferencia de voltaje establecida entre la parte metálica de la estructura y la superficie donde se encuentra una persona estando de pie y tocando dicha estructura [7].

$$E_{paso} = \left(R_B + \frac{R_f}{2} \right) I_B \quad (2)$$

Para un peso corporal de 50 kg

$$E_{paso\ 50kg} = (1000 + 1.5C_s * \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad (3)$$

Para un peso corporal de 70 kg

$$E_{paso\ 70kg} = (1000 + 1.5C_s * \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (4)$$

Donde

E_{paso} es la tensión de paso en volts (V).

R_B es la resistencia del cuerpo humano en ohm (Ω).

R_f es la resistencia a tierra de un pie, pero ignorando la presencia del sistema de tierra de la subestación eléctrica.

I_B es la magnitud de la corriente en RMS que pasa por el cuerpo en amperes (A).

C_S es el factor de reducción.

ρ_s es la resistividad del material superficial en ohm-metro ($\Omega - m$).

t_s es el tiempo de duración con la superficie en segundos (s).

En (2), determina el cálculo del voltaje de contacto, el cual, es directamente proporcional a la magnitud de la corriente que circula por el cuerpo. Dicha proporción, está en función a la resistencia del cuerpo humano y la mitad de la resistividad superficial del terreno.

4

Empero, la resistencia del cuerpo humano tiene diferentes factores que modifican el grado de conductividad de este, los cuales son: piel mojada, húmeda o seca, empleo de calzado con un grado de aislamiento determinado, grado de salinidad del medio ambiente, potencial de Hidrógeno (pH), entre otros.

En (3) y (4), representan la forma de calcular el voltaje de contacto para personas con un peso de 50 y 70 kilo gramos (kg).

C. Tensión de Paso

Es la diferencia de potencial entre los pies de una persona dando un paso de un metro de distancia [7].

$$E_{paso} = (R_B + 2R_f)I_B \quad (5)$$

Para un peso corporal de 50 kg

$$E_{paso\ 50kg} = (1000 + 6C_S * \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad (6)$$

Para un peso corporal de 70 kg

$$E_{paso\ 70kg} = (1000 + 6C_S * \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (7)$$

Por el contrario, en (5), establece el cálculo del voltaje de contacto, el cual, es directamente proporcional a la magnitud de la corriente que circula por el cuerpo humano. Dicha proporción, está en función a la resistencia del cuerpo humano y el doble de la resistividad superficial del terreno.

En (6) y (7) presenta una forma de determinar el voltaje de paso para una persona de 50 y 70 kg respectivamente.

III. MARCO NORMATIVO

Las maniobras de libranza son, los pasos a seguir para desconectar un elemento eléctrico y dejarlo sin diferencia de voltaje para poder trabajar en su mantenimiento cumpliendo el marco teórico y de seguridad e higiene en equipos energizados, lo anterior, cuidando aspectos de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad. Por lo que, se deben de cuidar aspectos técnicos, económicos y del medio ambiente.

En este sentido, en 2021, el CdR-MRCO, en 2023, Mar-Villegas y en 2023, NFPA definieron los siguientes conceptos relacionados al mercado eléctrico, los cuales se presentan a continuación [4], [8] y [15]:

- Calidad. Es el cumplimiento de los rangos de operación del fador de voltaje (V), frecuencia (f) y forma de onda del suministro eléctrico hacia los usuarios cumpliendo el marco normativo y técnico.
- Confiabilidad. Es la condición del Sistema Eléctrico de Potencia de suministrar la energía eléctrica bajo condiciones de suficiencia y despacho de generación cumpliendo el marco normativo y técnico.
- Continuidad. Es el suministro ininterrumpido de la energía eléctrica hacia los usuarios cumpliendo el marco normativo y técnico.

5

- **Economía.** Implica el suministro de electricidad al menor costo cumpliendo el marco normativo y técnico. Es decir, utilizando el despacho económico de generación con restricciones de red. Para ello, se utilizarán las centrales eléctricas más eficientes, de acuerdo con factores como: disponibilidad, restricciones ambientales, costos de producción bajos, costos de los combustibles, pérdidas (I^2R), congestiones, restricciones de red y contratos existentes que se tienen en el mercado eléctrico.
- **Eficiencia.** Es la capacidad de obtener los mejores resultados en los procesos productivos de la electricidad empleando la menor cantidad de recursos energéticos cumpliendo el marco normativo y técnico. El cual, permite disminuir el uso de cualquier tipo de energía y con ello, los impactos ambientales asociados a ello.
- **Librar.** Es dejar sin diferencia de potencial (en muerto) a un equipo eléctrico cumpliendo el marco normativo y técnico, el cual, es aislado a través de elementos de desconexión, tales como interruptores, cuchillas, fusibles, válvulas y otros dispositivos, que deberán ser bloqueados (mecánica, eléctrica y digitalmente) para evitar que accidentalmente puedan ser accionados pudiendo energizar o poner a presión. Dicha diferencia de potencial hace referencia a la parte eléctrica, vapor, agua a presión o algún otro fluido que incremente su energía potencial.
- **Maniobra.** Es la acción realizada por un operador (local o remoto) para cambiar el estado de un elemento eléctrico y como consecuencia de ello, del funcionamiento de la red eléctrica. Dicho operador, cumple el marco normativo y técnico para la desconexión con éxito de dicho equipo eléctrico.
- **Sobrecarga.** Es el exceso de la capacidad normal de operación, 100% capacidad nominal, del elemento eléctrico en un período largo de tiempo. El cual, pudiera causar una sobre-temperatura y con ello, desencadenar un cortocircuito, es decir, falla monofásica a tierra, bifásica, bifásica a tierra, trifásica, trifásica a tierra.
- **Seguridad.** Es la habilidad del Sistema Eléctrico de Potencia de soportar la ocurrencia de la Contingencia Sencilla Más Severa sin la operación de los Esquemas de Acción Remedial. Es decir, que pueda pasar a una nueva Condición de Estado Estable (CEE).
- **Sustentabilidad.** Es la utilización de fuentes de energía renovables, las cuales pueden ser convencionales o intermitentes. Es decir, fuentes de energía que pueden ser recuperables y que no se agotan con el paso del tiempo.

a. *Manual Regulatorio de Coordinación Operativa.*

En el 2021, CdR-MRCO [4] definió dicho manual como, un documento técnico-operativo, el cual, establece las reglas que deberán sujetarse quienes intervengan en la operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (CdR-MRCO 1.1.2). Lo anterior, con el firme propósito de mantener la disponibilidad del elemento a ser librado, además, considerando los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad.

Personal autorizado por el centro de control

Con lo antes descrito, el personal deberá estar designado por el centro de control para efectuar las diferentes acciones en una instalación eléctrica a su cargo (CdR-MRCO 2.1 c) [4]. Con ello, a través de un curso, se certifica que el personal cuenta con los conocimientos y habilidades que brinda el presente marco normativo.

Así mismo, para realizar dichas acciones, el personal que esté involucrado en las maniobras, tanto operativa como físicamente, deberá tener un medio de comunicación directo, disponible y confiable (CdR-MRCO 2.1 d y e) [4]. Lo anterior, debido a que se debe estar informado de las condiciones que prevalecen, tanto en el centro de control como en las instalaciones eléctricas, es decir, informar si existe algún evento relevante, anomalías o riesgo para el personal de campo o la propia subestación eléctrica.

Control de diferencia de potencial (DdP)

Por otro lado, previo a la desconexión de un elemento eléctrico, se realiza un estudio de flujos de carga, lo anterior, para determinar que no se vayan a sobrepasar los límites operativos de seguridad para cada equipo eléctrico. En este sentido, respecto al control del perfil de voltaje, es conveniente utilizar los medios de compensación de potencia reactiva para mantener la diferencia de potencial dentro de los niveles establecidos por el presente código (CdR-MRCO 3.1 a) [4].

Dichos medios de compensación están relacionados al uso de los Compensadores Estáticos de Volts-Amperes-Reactivos (CEV), reactores conectados en paralelo, capacitores conectados en serie, capacitores

conectados en paralelo, posición del cambiador de derivaciones de los bancos de transformadores o autotransformadores, condensadores síncronos o el ajuste en la corriente de campo de los generadores eléctricos. Para ello, deberá haber una coordinación entre centros de control (CdR-MRCO 3.1 b) [4].

Control de flujos de potencia

De igual forma, previo a la libranza del equipo eléctrico, se realiza un estudio de flujo de carga o de potencia para verificar que no se sobrepasen los límites de funcionamiento de los equipos que se encuentran operando en tiempo real. Para ello, cuando se prevea un cambio de topología de la red eléctrica es conveniente revisar periódicamente las condiciones del SEP en su ámbito geográfico, lo anterior, para identificar posibles anomalías y en función a ello, tomar previsiones para preservar las condiciones normales de operación (estado estable) (CdR-MRCO 3.3) [4].

De cuándo solicitar licencias

En todo proceso de libranza, se tiene que hacer un análisis Técnico y Económico para determinar la disponibilidad de Transmisión y Transformación de la red eléctrica, lo anterior, para mantener cada elemento eléctrico dentro de los Límites Operativos (CdR-MRCO 5.1.1). Lo anterior, considerando la Contingencia Sencilla Más Severa (CSMS) y con ello, evitar pasar a un Estado Operativo en Alerta (EOA) o de Emergencia (EOE).

En el ámbito de las maniobras, las licencias son otorgadas para los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos. Es por ello, que deberán programarse y coordinarse para preservar la condición de Estado Operativo Normal (EON) (CdR-MRCO 5.1.2 a) [4], [9]. Lo anterior, para garantizar la integridad del personal de campo, de las subestaciones eléctricas y del SEP.

Gestión de solicitudes para la desconexión de un elemento

Lo anterior, considerando tener suficiente tiempo para tener la certeza que dicha licencia no afectará la condición normal de operación o alguna operación de los Esquemas de Acción Remedial (EAR) e incluso, Esquemas de Protección de Sistema (EPS) (CdR-MRCO 5.1.4 a, b y d) [4]. Lo anterior, considerando la CSMS o el criterio determinístico n-1.

Así mismo, las solicitudes de licencia estarán a nombre del responsable del equipo eléctrico, el cual, será designado por el centro de control al que pertenece la instalación eléctrica. Por lo que, llegado el día para ejecutar las maniobras, tendrá que proporcionar la siguiente información: nombre y clave de la persona; equipo eléctrico a ser librado en la subestación eléctrica, fecha y hora de inicio; fecha y hora de término, descripción de los trabajos a realizar e información adicional que contribuya a eliminar la posibilidad de error (CdR-MRCO 5.1.4 i y j) [4].

De la concesión de licencias

Cuando el solicitante es identificado por su nombre y clave asignada, se le otorga la licencia. En este sentido, con el personal de campo y del centro de control tendrán un lapso de cinco minutos para iniciar las maniobras de libranza (CdR-MRCO 5.1.9 b y c) [4]. Para ello, dicho centro de control expresará recomendaciones antes de iniciar las acciones para librar el equipo eléctrico para que tome sus precauciones pertinentes a su alcance. Dichas acciones, se expresarán de manera clara y concisa, expresando con precisión la nomenclatura del elemento eléctrico.

De las maniobras para licencia

Las maniobras deben estar contenidas y actualizadas en un catálogo para cada elemento eléctrico de la subestación, dichos pasos, deberán estar de acuerdo a los criterios de seguridad y confiabilidad establecidos por el CENACE y deberá contener los siguiente: título del elemento, maniobras para desconectarlo y dejarlo sin diferencia de tensión; maniobras de normalización para reconectarlo, actividades previas para salvaguardar la integridad del personal y maniobras especiales que pudieran tener (CdR-MRCO 5.1.11 a y b) [4].

De las tarjetas auxiliares

Una vez librado el equipo eléctrico, tanto el personal de campo como el centro de control deberá colocar tarjetas auxiliares rojas, bloqueos mecánicos, bloqueos eléctricos o digitales en los controles (telemandos) de interruptores y cuchillas (CdR-MRCO 5.1.12 a) [4]. Es decir, para evitar que, accidentalmente se accionen los controles sobre equipo que esté librado.

Del retiro de licencias y puesta en servicio del equipo

Cuando se concluya el mantenimiento de un equipo eléctrico y este, se encuentre disponible para realizar las maniobras para reconectar dicho equipo, se deberá solicitar el retiro de las licencias asociadas a ese elemento y solicitar al centro de control el retiro de la licencia y comenzar las maniobras de normalización en presencia de quienes intervinieron en el mantenimiento (CdR-MRCO 5.1.14 a y c) [4]. Lo anterior, para estar al tanto de las maniobras y prever una anomalía en las secuencias de dichos pasos.

Para el retiro de las licencias, el personal de campo deberá proporcionar lo siguiente: nombre del poseedor de la licencia, número de la licencia, identificación del elemento eléctrico, quién la retira, confirmación del retiro de medio de protección que haya colocado, proporcionar información relevante del mantenimiento, dar porcentaje de avance y otras observaciones relevantes (CdR-MRCO 5.1.14 d) [4]. Lo anterior, se realiza para garantizar la operación en estado estable del equipo eléctrico.

De la información disponible en la subestación eléctrica

En una instalación eléctrica, se debe tener copia de toda la información relacionada a la subestación, esto es, del área de subestaciones, protecciones, control, comunicaciones, entre otros. Es decir, diagramas unifilares, diagrama de protecciones, manual de operación, catálogo de maniobras, diagramas de comunicaciones, diagrama de control, números telefónicos y demás información relevante (CdR-MRCO 5.2.2) [4].

De quien debe efectuar las maniobras

Las maniobras de libranza son realizadas por personal designado y autorizado, es decir, el personal de campo contará con el conocimiento de su equipo eléctrico para la ejecución de las maniobras, tanto el que las ejecuta como el que las ordena. Lo anterior, considerando un conocimiento teórico, práctico y de experiencia comprobada.

Por tal motivo, el operador del CENACE estará supervisando y coordinando operativamente la Red Nacional de Transmisión (RNT) y Redes Generales de Distribución (RGD); y finalmente, el operador de la RNT y las RGD estarán supervisando y operando físicamente los equipos eléctricos en la ejecución de las maniobras (CdR-MRCO 5.2.3) [4]. Empero, es necesario que las partes involucradas cuenten con toda la información actualizada para la ejecución confiable de las maniobras.

De la ejecución de las maniobras

Una vez cotejada la información, el centro de control dictará las maniobras vía voz al personal de campo, de manera clara y precisa, para ello, se utilizará la nomenclatura asignada al elemento eléctrico a ser librado, finalmente, el personal de campo repetirá las maniobras que ejecutará como una medida de confirmación (CdR-MRCO 5.2.5 a) [4]. Con esta acción, se ratifica que se haya entendido la secuencia de pasos para desconectar el equipo eléctrico.

Empero, si hubiere alguna discrepancia en los pasos de las maniobras, el personal de campo tendrá la obligación de hacer notar la diferencia encontrada hacia el operador del centro de control (CdR-MRCO 5.2.5 b) [4]. Bajo este escenario, tanto el centro de control como el personal de campo analizarán y acordarán los nuevos pasos de las maniobras cuidando la integridad del personal, de la subestación eléctrica y del SEP.

En este sentido, las maniobras se realizarán hasta que no haya duda por ambas partes, de lo contrario, se tendrá que aclarar cualquier duda antes de la ejecución de las maniobras (CdR-MRCO 5.2.5 c) [4]. Bajo ese escenario, la secuencia de maniobras se realizaría un paso a la vez, con ello, se evitaría un posible error debido a la nueva maniobra que se esté realizando.

Por otro lado, cuando se están realizando los pasos de las maniobras puede ocurrir una anomalía en los diferentes dispositivos asociados que desconectan el elemento, como es el caso de fallas de cuchillas o falla en la bobina de disparo de un interruptor, entre otros. Por lo que, si el personal detecta alguna condición anormal tendrá que comunicarlo inmediatamente y analizar si es posible continuar o de lo contrario cancelar las maniobras hasta que se corrija el desperfecto (CdR-MRCO 5.2.5 d) [4].

De igual forma, un signo de verificar el correcto funcionamiento de los medios de desconexión es, la revisión del cambio de posición y bloqueos de dichos medios. En este sentido, el personal de campo deberá confirmar los cambios de estado cuando se envíe un telemando desde el centro de control o la caseta de control (CdR-MRCO 5.2.5 f) [4].

Adicionalmente, para evitar la operación errónea de los dispositivos antes mencionados, el personal de campo deberá realizar varias acciones precautorias. Dichas acciones son: desconectar la alimentación de las bobinas de cierre, el cierre de válvulas de tuberías de aire, bloqueo y desacople de mecanismos; o alguna otra acción para evitar la operación de interruptores y cuchillas; finalmente revisar la ausencia de voltaje para posteriormente colocar su equipo personal de puesta a tierra (CdR-MRCO 5.2.5 g) [4].

Además de lo anteriormente expuesto, con la libranza del elemento eléctrico, existen equipos relacionados que puedan operar de manera errónea, por lo que se tendrán que tomar algunas disposiciones para evitar que suceda. Tal es el caso del bloqueo de la protección diferencial, Buchholz, transferencias automáticas, automatismos, EAR o algún otro tipo de bloqueo (CdR-MRCO 5.2.5 h) [4].

∞

Aunado a lo anterior, el personal de campo deberá colocar tarjetas auxiliares en manerales y conmutadores; así mismo, el operador del centro de control deberá colocar etiquetas e inhabilitar telemandos desde los controles del Sistema de Administración de Energía (EMS, *Energy Management System*) (CdR-MRCO 5.2.5 i) [4]. Lo anterior, se realiza para evitar energizar el elemento eléctrico accidentalmente.

En este sentido, el personal de campo seguirá las medidas de seguridad industrial, así como también, cuidando las particularidades de cada subestación eléctrica. Es decir, deberá de cumplir las normas de seguridad vigentes en todo momento (CdR-MRCO 5.2.5 j) [4], [5].

Al respecto, dicho personal, deberá tener la precaución de verificar que el equipo eléctrico sea el que se va a maniobrar (CdR-MRCO 5.2.5 k) [4]. Por lo que, deberá estar ubicado en frente de los dispositivos que desconectan el elemento eléctrico y cotejar, a través de la nomenclatura, que realmente se trate de dicho elemento.

Lo anterior, es debido para prevenir alguna desconexión errónea de algún equipo eléctrico con nomenclatura similar. Por lo que deberá estar al tanto de este aspecto en todo instante mientras se encuentre ejecutando las maniobras de libranza.

Del aprovechamiento y coordinación operativa

El CENACE es el encargado de autorizar el inicio de maniobras de libranza de un elemento eléctrico asociada a la licencia otorgada con anterioridad, por lo que, deberá de coordinar a los operadores de los diferentes centros de control hasta que el equipo eléctrico se quede sin diferencia de tensión (CdR-MRCO 5.4 d) [4]. Lo anterior, cuidado las medidas de seguridad para el personal de campo, la subestación eléctrica y del SEP.

Los operadores de la RNT y RGD son quienes coordinarán al personal de campo autorizado de forma directa, utilizando los diferentes medios de comunicación, por lo que, los operadores antes mencionados deberán estar autorizados por el operador del CENACE para comenzar las maniobras (CdR-MRCO 5.4 g, j e i) [4]. Lo anterior, para garantizar una condición en estado estable del SEP, por lo que deberá haber una coordinación entre los diferentes centros de control y el CENACE.

Un caso muy especial son los bancos de transformadores o autotransformadores, ya que, son los que suministran la energía hacia los diferentes usuarios. En este sentido, para la libranza de dichos bancos, el Transportista y el Distribuidor deberán acordar el día en que se podrá librar el banco para evitar alguna afectación (CdR-MRCO 5.4 m). Es por ello que, se deberá hacer un análisis de dónde se podrá transferir la carga para evitar alguna afectación hacia los usuarios.

b. Manual de Programación de Salidas.

El presente manual (MPS), establece los criterios que deberá observar el CENACE para la programación de las salidas a mantenimiento de mediano plazo para el otorgamiento de las licencias a los elementos eléctricos y equipos asociados [9]. Lo anterior, para los participantes de mercado, Transportista y Distribuidor.

De las Licencias

Las maniobras que sean complicadas o especiales que pudieran provocar una salida del estado estable de la red eléctrica, deberán estar acompañadas de un estudio técnico donde describa detalladamente los trabajos a realizar y qué condiciones operativas se requerirán para mantener su condición normal de operación (MPS 4.2.3) [9]. Para ello, se realizarán estudios de flujos de carga considerando la CSMS (n-1).

En este sentido, las licencias se otorgarán de acuerdo con lo establecido por el CdR (MPS 4.2.7) [9]. Lo anterior, cumpliendo los criterios de: eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad.

Sin embargo, el CENACE no podrá otorgar la licencia a causa de situaciones ambientales adversas que pudieran afectar la confiabilidad del SEN, las cuales son: sismos, erupciones volcánicas, incendios, tormentas geomagnéticas, tornados, huracanes, eventos sociales, entre otros (MPS 5.1.8 a). En esas situaciones, no se podrá iniciar con las maniobras de libranza del equipo eléctrico.

c. Capítulo 800 y 100: Reglamento de Seguridad e Higiene, Transmisión y Distribución.

- o El presente reglamento, establece los requisitos relevantes que deberá cumplir todo personal que realiza una función operativa en materia de Seguridad e Higiene en todo centro laboral [5].

Responsabilidad de la seguridad

Antes de la ejecución de las maniobras de libranza de un elemento eléctrico, se deben planear todas las maniobras atendiendo las reglas de seguridad y los procedimientos establecidos a través de la Reunión de Inicio de Jornada (RIJ) y la Reunión de Inicio de Maniobras (RIM) (C800-RSH secc. 802 b – 1, 2 y 5) [5] y (C100-RSH secc. 102 a – 1, 2 y 6) [6]. Lo anterior, considerando tener la documentación actualizada de la subestación eléctrica.

Asimismo, como un complemento a lo antes descrito, existe el procedimiento de Supervisiones Efectivas, el cual instruye a seguir cabalmente las RIJ y las RIM, lo anterior, para obtener un objetivo de cero accidentes fatales y reducción de incapacidades permanentes [10]. Por lo que, es indispensable que el supervisor de los trabajos documente tanto la RIJ como la RIM.

Así como también, escribir el número alfanumérico asignado por el CENACE, al personal involucrado en el mantenimiento que haya tomado el curso del CdR-MRCO actualizado [10]. Lo anterior, para quienes hayan participado en el mantenimiento del elemento eléctrico. Por tal motivo, es indispensable tener supervisión en todo momento.

Planeación y supervisión del trabajo

Así mismo, en la planeación de las maniobras todo personal deberá reunirse periódicamente para identificar los peligros y con ello, poder identificar y aplicar las medidas de seguridad para evitar algún accidente (C800-RSH secc. 803 a – 1 y 3) [5] y (C100-RSH secc. 102 1 – a, b y c; 2) [6]. Para ello, se debe hacer una revisión de los procedimientos, herramientas, materiales, equipos, aparatos de comunicación y una revisión general en el área de trabajo donde realizarán las maniobras.

También, previo a la libranza, el personal de campo realizará una inspección de las condiciones estructurales, ambientales, mecánicas y eléctricas (C800-RSH secc. 803 d – 1) [5] y (C100-RSH secc. 103 a – 1) [6]. Lo anterior, prestando atención a la nomenclatura oficial del elemento eléctrico otorgado por CENACE, además, supervisados por su jefe inmediato superior.

Experiencia y capacidad de los trabajadores

Para trabajos dentro de las subestaciones eléctricas, donde se encuentren equipos energizados deberá estar personal con experiencia y conocimiento sobre el funcionamiento de cada equipo involucrado a ser librado (C800-RSH secc. 804 a – 1, 2, 3, 5, 12 y 14) [5] y (C100-RSH secc. 104 a - 1, 2, 3, 5, 13 y 15) [6].

Lo anterior, porque en una subestación eléctrica cuando se libra un elemento eléctrico aún quedan energizados los equipos restantes, por lo que, se deberá tener mayor precaución cuando se esté laborando dentro de las instalaciones guardando sus distancias de seguridad.

En este sentido, el decir personal con experiencia, no se debe confundir con un exceso de confianza, sino que debe seguir fehacientemente los procedimientos y la secuencia de maniobras de libranza de manera correcta, sin subestimar los riesgos inherentes a cada dispositivo eléctrico (C800-RSH secc. 804 e – 1 y 2) [5] y (C100-RSH secc. 104 c – 1 y 2) [6]. Lo anterior, debido a que se debe mantener la distancia de seguridad entre las partes energizadas y el personal que realiza la maniobra o trabajos asignados.

Equipo de protección personal

Por otro lado, es importante que el personal de campo cuente con su equipo de protección personal y en buenas condiciones, ya que, de lo contrario, no podrá realizar maniobra alguna. Lo anterior, porque estarán trabajando en equipo energizado y en él, estarán realizando maniobras de libranza o de normalización (C800-RSH secc. 807 a, b, c, d, g y h) [5] y (C100-RSH secc. 107 a, b, c, d, g, h, i, j, k, l y q) [6].

Dichas maniobras, podrían ser: apertura o cierre de interruptores y después, de cuchillas lado línea y lado barra; cierre o apertura de cuchillas de puesta a tierra, utilización de voltímetros o amperímetros para medición, entre otras.

Trabajos en alturas

10 Cuando se realizan maniobras de libranza de un elemento eléctrico como es el caso de los bancos de capacitores (serie o paralelo) o los divisores de potencial capacitivos, adicionalmente al cierre de cuchillas o instalación del Equipo Personal de Puesta a Tierra (EPPT), se deben utilizar las cuchillas de descarga de dicho banco (C800-RSH secc. 809 a - 8) [5] y (C100-RSH secc. 109 no toca el tema) [6]. Lo anterior, para drenar la energía contenida en tal dispositivo, así como esperar el tiempo recomendado por el fabricante para el drenado de dicha energía.

Por otro lado, respecto a las Trampas de Onda, es primordial cerciorarse que esté conectada a tierra dicha trampa y su equipo de acoplamiento (C800-RSH secc. 809 a - 9) [5] y (C100-RSH secc. 109 no toca el tema) [6]. Debido a que, si por alguna razón la trampa de onda no cuenta con su conductor a tierra, se podría establecer una diferencia de tensión entre dicha trampa y tierra, lo cual, pudiera provocar un accidente con el personal que estuviera trabajando en el equipo.

Otro tema que tratar es la manipulación de los interruptores y cuchillas (lado fuente y carga) en la apertura de estos, estos dispositivos de desconexión se debe asegurar el bloqueo eléctrico o mecánico para evitar un cierre accidental de los mismos (C800-RSH secc. 809 a - 10) [5] y (C100-RSH secc. 109 no toca el tema) [6]. Además, el bloqueo se realiza digitalmente desde el centro de control quien tiene el telemando y en la subestación; se desconecta la alimentación eléctrica del control, se cierran válvulas (neumáticas o hidráulicas), entre otros medios que impidan la operación errónea de dichos dispositivos.

Por otro lado, cuando se realicen trabajos en la parte des-energizada de las cuchillas, se deberá colocar equipo de puesta a tierra en ambos extremos de las cuchillas (C800-RSH secc. 809 a - 11) [5] y (C100-RSH secc. 109 no toca el tema) [6]. Esto se realiza, por seguridad del personal y con ello, establece un camino de la corriente eléctrica por alguna energización accidental del equipo eléctrico.

Distancias de seguridad respecto a partes energizadas.

Al estar en una subestación eléctrica, es necesario poner atención de cómo se realizará la maniobra, sin embargo, previo al inicio es primordial identificar el equipo a través de su nomenclatura, sus equipos asociados y qué elementos energizados se encuentran cerca de él (C800-RSH secc. 810 a) [5] y (C100-RSH secc. 110 a) [6].

Así mismo, cuando un elemento eléctrico se libra, se debe aterrizar con el equipo personal de puesta a tierra y en cortocircuito en cada una de las fases, lo anterior, en ambos extremos donde vaya a trabajar el personal, claro, siempre y cuando se respeten las distancias de seguridad en equipos energizados cercanos a la libranza (C800-RSH secc. 810 b y d) [5] y (C100-RSH secc. 110 b y d) [6]. Lo que precede, para drenar el voltaje inducido en los elementos eléctricos y además, como medio de protección cuando se energice accidentalmente el elemento.

Además, una de las prácticas que se utilizan cuando se realizan trabajos en campo es, considerar que mientras que no se instale un equipo personal de puesta a tierra se considerará energizado el equipo asociado al elemento librado. En este sentido, las partes metálicas se considerarán energizadas hasta que no haya un equipo de puesta a tierra instalado, de lo contrario, se colocarán barreras para evitar los contactos accidentales (C800-RSH secc. 810 c) [5] y (C100-RSH secc. 110 c) [6].

Asimismo, para conectar el equipo personal de puesta a tierra y cortocircuitar el elemento eléctrico es necesario mantener las distancias de seguridad en tanto que esos elementos no hayan sido conectados a tierra (C800-RSH secc. 810 d, e, f, g, h e i) [5] y (C100-RSH secc. 110 d, e, f, g, h e i) [6]. En este sentido, posterior a la instalación del equipo personal de puesta a tierra, se utilizan voltímetros y amperímetros para garantizar la ausencia de voltaje y corriente eléctrica respectivamente.

Al respecto, al trabajar en elementos desenergizados, invariablemente se conectará el equipo personal de puesta a tierra y cortocircuitará dicho elemento, lo anterior, lo más cercano posible al punto de trabajo (C800-RSH secc. 812 a – 1 y 2) [5] y (C100-RSH secc. 112 a – 1 y 2) [6]. Al respecto, existe una regla general la cual indica que, si no está aterrizado el equipo, entonces, está energizado.

Empero, previo a la colocación de los equipos personales de puesta a tierra es necesario cerciorarse que la apertura de interruptores y cuchillas sea de manera física, después, verificará ausencia de DdP, se cerrarán las cuchillas de puesta a tierra y finalmente se instalará el equipo personal de puesta a tierra provisional, pero cortocircuitando las tres fases (C800-RSH secc. 812 a – 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11) [5] y (C100-RSH secc. 112 a – 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11) [6]. Estos pasos se realizan secuencialmente con el fin de evitar un accidente en la subestación eléctrica.

Si por alguna razón, la estructura de la subestación o equipo primario no estuviera aterrizado a la red de tierras, deberá aterrizar dicha estructura (C800-RSH secc. 812 a – 12 y 14) [5] y (C100-RSH secc. 112 a – 12) [6]. En este sentido, el personal de campo deberá poner atención que todo el cable de puesta a tierra deberá estar conectado a la misma red de tierras, con ello, se garantiza no tener una diferencia de tensión entre redes de tierras independientes.

Otro tema donde hay que poner atención es, cuando en un elemento eléctrico existen dos o más trabajadores laborando en diferentes puntos, por lo que, es necesario que cada personal coloque y retire su equipo personal de puesta a tierra (C800-RSH secc. 812 a – 13 y 15) [5] y (C100-RSH secc. 112 a – 14 y 16) [6]. Así mismo, cada trabajador, tendrá que reportar al coordinador o responsable de los trabajos que concluyó sus trabajos, retiró su equipo de puesta a tierra personal, revisó que no existieran objetos extraños y que el equipo está disponible en el punto donde trabajó.

Trabajos en subestaciones eléctricas

Dentro de una subestación eléctrica, todo equipo primario, secundario y demás dispositivos, se considerarán energizadas hasta que no se compruebe lo contrario (C800-RSH secc. 813 a – 3) [5] y (C100-RSH secc. 113 a – 2) [6]. Lo anterior, porque hay que considerar el voltaje inducido por los elementos energizados, por lo que, es necesario considerar el voltaje de paso y el contacto; así como también, no existan sistemas de tierra independiente para evitar una diferencia de potencial que vaya a lesionar al personal de campo.

Además, cuando exista producción de humo, ya sea por una falla eléctrica o por un incendio causado deliberadamente, se deberá tomar las precauciones para reducir o eliminar la emisión de dicho humo. Ya que, el humo favorece la conducción eléctrica, por tal motivo, se deberá tomar las previsiones en equipo energizado cercano al elemento librado, ya que, puede provocar una desconexión por falla del equipo (C800-RSH secc. 813 a – 15) [5] y (C100-RSH secc. 113 no toca el tema) [6].

Por otro lado, cuando haya personal en ambos extremos de una línea de transmisión para realizar trabajos, deberá estar un personal responsable de la licencia, así como también, un supervisor (C800-RSH secc. 813 a – 16) [5] y (C100-RSH secc. 113 a – 14) [6]. Asimismo, en cada extremo, se realizará una revisión de las maniobras necesarias para librar dicho elemento y habrá comunicación entre los supervisores colocados en cada subestación eléctrica.

Además, cuando se labore cerca de equipos energizados se deberá realizar una inspección si aquellos equipos cuentan con las protecciones eléctricas habilitadas (C800-RSH secc. 813 a – 18) [5] y (C100-RSH secc. 113 no toca el tema) [6]. Lo anterior, se tiene que revisar tanto en la subestación eléctrica como en el centro de control quien tiene el telemando.

Otro aspecto, es revisar las condiciones estructurales, mecánicas y eléctricas, lo anterior, para tomar disposiciones y evitar accidentes (C800-RSH secc. 813 b – 1) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 1) [6]. Es decir, cuando se ingresa a una subestación eléctrica se debe hacer una inspección visual en toda la subestación antes y después de cualquier maniobra.

Al respecto, se ratifica la correcta conexión a tierra de las diferentes partes metálicas, lo anterior, utilizando equipo dieléctrico como los guantes, botas, tapetes, entre otros (C800-RSH secc. 813 b – 2 y 3) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 2 y 3) [6]. Por lo que, se debe tener en mente la tensión de contacto, la tensión de paso y las diferencias de tensión entre conductores de puesta a tierra y la red de tierras de la propia subestación.

Por otro lado, previo al inicio de maniobras, se debe corroborar que estén actualizados los procedimientos, el diagrama unifilar y la nomenclatura oficial asignada por el CENACE (C800-RSH secc. 813 b – 6) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 5) [6]. Lo cual, deberá ser confirmado con el operador del centro de control correspondiente.

En la ejecución de las maniobras de cierre y apertura de cuchillas de puesta a tierra, se debe tener cuidado al estar accionando dichas cuchillas, ya que, deberá asegurarse que el equipo eléctrico esté desenergizado (C800-RSH secc. 813 b – 9) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 5) [6]. Por lo que, antes de cerrar dichas cuchillas se verificará ausencia de corrientes y diferencia de voltaje por fase y; entre fases; asimismo, asegurar que ni el interruptor y cuchillas del elemento se vayan a cerrar accidentalmente.

Lo indicado en el párrafo anterior quiere decir que, realizar la siguiente secuencia de maniobras para un equipo eléctrico: abrir el interruptor, verificar la ausencia de corrientes por fase, bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento del interruptor; abrir las cuchillas (lado bus y equipo), bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento de las cuchillas; verificar la ausencia de diferencia de voltaje entre fases y de fase a neutro; cerrar la cuchillas de puesta a tierra, bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento de las cuchillas y finalmente, instalar el equipo personal de puesta a tierra en ambos extremos del lugar donde estará trabajando el personal.

Otro punto que hay que tomar en cuenta es el capacitor, elemento pasivo, el cual almacena energía eléctrica y ello, nos lleva a tener más cuidado en su manejo. Ya que, debe garantizar el drenado de esta energía y mantener un valor de cero volts y amperes para evitar un accidente.

Por lo que, antes de realizar el mantenimiento de capacitores se deberá realizar lo siguiente: abrir el interruptor, verificar la ausencia de corrientes por fase, bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento del interruptor; abrir las cuchillas del interruptor (lado bus y equipo), bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento de las cuchillas; verificar la ausencia de diferencia de voltaje entre fases y de fase a neutro; cerrar cuchillas de descarga para cortocircuitar cada fase; cerrar la cuchillas de puesta a tierra, bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento de las cuchillas y finalmente, instalar el equipo personal de puesta a tierra en ambos extremos del lugar donde estará trabajando el personal (C800-RSH secc. 813 b – 13) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 21) [6].

Un punto a destacar es que, existen bancos de capacitores con y sin conexión a tierra (neutro flotante) (C800-RSH secc. 813 b –15) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 21) [6]. En tal situación, se deberá revisar y conectar, de ser necesario, a tierra en caso de tener un neutro flotante, posteriormente, se deberá retirar dicha conexión a tierra para entregar el equipo para su operación.

Por otro lado, existen capacitores en: divisores de potencial, interruptores de alta tensión y en boquillas del tipo capacitivo (C800-RSH secc. 813 b –16) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 22) [6]. Por lo que, antes de iniciar sus trabajos de mantenimiento, se tendrán que colocar los equipos de puesta a tierra para drenar la energía de este elemento pasivo.

Asimismo, en caso de que los trabajos de mantenimiento contengan manipulación de los apartarrayos, estos deben ser conectados a tierra en ambos extremos del dispositivo posterior a las maniobras de libranza (C800-RSH secc. 813 b –18) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 9) [6]. Lo anterior, se refiere a que los apartarrayos presentan una alta impedancia ante frecuencias de operación (60 Hz) y una baja impedancia con altas frecuencias para poder drenar la energía transferida por un rayo o descarga atmosférica.

También, para los transformadores con conexión del neutro a tierra para el monitoreo del voltaje de secuencia cero (V^0), se debe aterrizar adicionalmente al uso del equipo personal de puesta a tierra provisional que aterriza el equipo principal (C800-RSH secc. 813 b –30) [5] y (C100-RSH secc. 113 no toca el tema) [6]. Con ello, se garantiza que no existan voltajes en equipo bajo licencia.

Además, en cables subterráneos con material de Polietileno de Cadena Cruzada (XLPE, *Cross Linked Polyethylene*) se debe tener cuidado de estar aterrizado, de manera firme, la pantalla (cinta) conductora o semiconductor para evitar una DdP a valores peligrosos (C800-RSH secc. 813 b –31 y 32) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 20) [6]. Lo anterior, porque se puede desconectar el equipo de puesta a tierra por movimiento de cada abrazadera.

Por otro lado, para trabajar en barras o *buses* librados donde se cuente con transformadores o dispositivos de potencial, estos tendrán que retirarse los fusibles lado secundario (baja tensión), lo anterior, para evitar un

retorno de voltaje desde el lado secundario hacia el primario (C800-RSH secc. 813 b –34) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 19) [6]. Posteriormente, se reinstalarán dichos fusibles para dejarlo disponible.

De igual forma, cuando se realicen movimientos al cambiador de derivaciones (Tap's) sin carga del banco de transformadores de potencia y distribución, dicho banco, deberá estar librado (C800-RSH secc. 813 b –36) [5] y (C100-RSH secc. 113 no toca el tema) [6]. Lo anterior, porque el personal de campo tiene que acercarse a la parte energizada de la relación de transformación y realizar el movimiento hacia arriba o abajo de dicho cambiador de manera manual.

Por lo anterior, se tiene que realizar la siguiente secuencia de maniobras para un equipo eléctrico: abrir los interruptores, verificar la ausencia de corrientes por fase, bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento de cada interruptor; abrir las cuchillas (lado *bus* y equipo), bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento de las cuchillas; verificar la ausencia de diferencia de voltaje entre fases y de fase a neutro; y finalmente, instalar el equipo personal de puesta a tierra en ambos extremos del lugar donde estará trabajando el personal.

Además, en trabajos para aquellas líneas de transmisión donde se tenga una transición aéreo-subterránea, se debe prestar atención sobre la verificación de ausencia de diferencia de voltaje para posteriormente, aterrizar las mufas, cables de potencia, boquillas, etcétera (C800-RSH secc. 813 b –38) [5] y (C100-RSH secc. 113 b – 20) [6]. Lo anterior, se realiza para evitar el voltaje inducido en los cables de potencia.

También, el personal responsable de los trabajos deberá tener capacitación y experiencia de acuerdo a su perfil del puesto en la CFE y en CdR-MRCO del CENACE (C800-RSH secc. 819 a) [5] y (C100-RSH secc. 119 b) [6]. Por lo anterior, es conveniente estar actualizado en los cursos asociados al perfil del puesto y del CdR-MRCO.

También, previo al inicio de maniobras los trabajadores que vayan a realizar las maniobras de libranza del elemento eléctrico, es importante revisar las condiciones climatológicas, ya que, si está lloviendo o comienza a llover no se podrán realizar las maniobras (C800-RSH secc. 819 a) [5] y (C100-RSH secc. 119 c) [6]. Por lo que, bajo esta condición, se cancelarán o suspenderán los trabajos según sea el caso, hasta que nuevamente sean restablecidas a las condiciones normales para continuar con las maniobras.

IV. METODOLOGÍA/DESARROLLO

La presente investigación fue llevada a cabo con un enfoque cualitativo del tipo exploratorio. Lo anterior, porque se ha estudiado poco el tema desde el punto de vista del marco normativo.

Así mismo, se utilizó el método inductivo, ya que, los resultados particulares contribuyeron a elaborar una secuencia de maniobra general. Por otro lado, la técnica utilizada para obtener la información es a través de análisis de documentos relacionados a las maniobras, como los del CENACE [11].

Por otro lado, en relación con el contexto de la investigación, la presente se llevará a cabo en la ZOTPT de los diferentes elementos eléctricos para obtener una maniobra general de libranza [12].

Dicho centro de control cuenta con seis zonas de distribución pertenecientes a la División de Distribución Centro Oriente (DDCO) y una más asignada a la División de Distribución Sureste (DDSE) [11]. Por lo que, la ZOTPT cuenta con 136 subestaciones eléctricas y 136 líneas de transmisión, la cual, la tomamos como población para el presente artículo de investigación.

Así mismo, es un diseño de estudio de caso, ya que, se utilizará la teoría y el marco normativo en la elaboración de los pasos para la libranza de un equipo eléctrico. Lo anterior, mediante una revisión de la bibliografía y análisis de bibliografía sobre estudios de caso.

Es decir, se definió y esquematizó detalladamente los pasos a seguir para librar un elemento eléctrico en la ZOTPT.

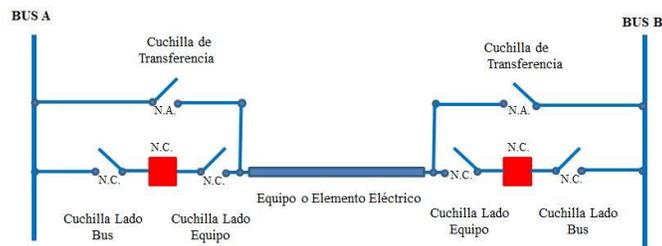


Fig. 1. Diagrama unifilar de un equipo eléctrico.

La figura 1, presenta un equipo o elemento eléctrico con sus medios de desconexión de manera general. Dicho equipo eléctrico, cuenta con dos interruptores en ambos extremos de dicho elemento.

Además, cada interruptor, cuenta con cuchillas lado *bus* y equipo, así como también, una cuchilla de transferencia. Las cuales, ayudan a aislar completamente al equipo eléctrico.

a. Maniobras de Libranza para dejar sin DdP al Equipo Eléctrico.

A continuación, se describirá el proceso de libranza de un equipo eléctrico. En este sentido, en 2022, Mar-Villegas comentó que, la toma de decisiones en el sector eléctrico debe basarse en información, identificación de anomalías, análisis de las variables y determinar la mejor alternativa [13].

Para ello, en 2024, Mar-Villegas propuso una secuencia de maniobras cumpliendo aspecto del marco normativo y técnico [14]. Lo anterior, relacionado a la seguridad e higiene en instalaciones eléctricas y el funcionamiento de los elementos eléctricos.

Por tal motivo, dichas disposiciones podrán desencadenar situaciones favorables, pero también, desfavorables si no se siguen de manera secuencial. Por lo que, previo a la libranza, se tienen que realizar algunas verificaciones, mismas que se describirán a continuación.

El responsable de cada subestación eléctrica y su personal, verificarán lo siguiente:

1. Condiciones ambientales favorables.
2. Comunicación directa, confiable y disponible.
3. No haya anomalías en equipos de la subestación y del elemento eléctrico a ser librado.
4. Actualizado el catálogo de maniobras y que coincida con el operador del centro de control del Transportista.
5. Actualizados los diagramas unifilares.
6. Actualizados los diagramas de protecciones.
7. Actualizados los diagramas de control.
8. Actualizado los diagramas de comunicaciones.
9. La nomenclatura del equipo eléctrico que se libraré.
10. Que las cuchillas de transferencia (*by-pass*) estén en posición abiertas y bloqueadas.
11. Si existe alguna licencia en el elemento a ser librado con el operador del centro de control del Transportista.

Continúa la secuencia normal

12. El operador del centro de control del Transportista verificará que se encuentre el responsable de los trabajos en la subestación o donde vaya a realizar el mantenimiento (punto de trabajo) y que cuente con su número alfanumérico otorgado por el CENACE relacionado para otorgar licencias.

15

13. El operador del centro de control del Transportista anotará el número consecutivo de la Reunión de Inicio de Maniobra.
14. El operador del centro de control del Transportista anotará el nombre del supervisor de los trabajos.
15. El responsable de cada subestación eléctrica y su personal, junto con el operador del centro de control del Transportista verificarán la secuencia de maniobras.
16. Responsable de los trabajos de cada punto laboral solicitará al operador del centro de control del Transportista la licencia del elemento eléctrico a ser librado.
17. El operador del centro de control del Transportista solicitará al operador del CENACE la licencia para comenzar con las maniobras de libranza.
18. El operador del CENACE verificará en tiempo real, a través del análisis de flujos de carga, no sobrepasar los límites operativos en la red eléctrica con la libranza del elemento. Dicho análisis, hace referencia al resultado de flujos de potencia sin considerar el equipo eléctrico librado (criterio n-1).
19. El operador del centro de control del Transportista recibirá la licencia correspondiente al equipo eléctrico a ser librado por parte del operador del CENACE.
20. El operador del CENACE autorizará el inicio de maniobras al centro de control del Transportista.
21. El operador del centro de control del Transportista informará de la licencia e inicio de maniobras al responsable de cada subestación eléctrica.

El operador del centro de control del Transportista bloqueará los siguientes controles:

22. Los Esquemas de Acción Remedial, de ser necesario.
23. Los Esquemas de Protección de Sistema, de ser necesario.
24. Las Transferencias Automáticas, de ser necesario.

Continúa la secuencia normal.

25. El operador del centro de control del Transportista informará al responsable de cada subestación eléctrica que enviará el telemando de apertura a cada interruptor, de manera alternada.
26. El responsable de cada subestación eléctrica verificará físicamente e informará la apertura de cada interruptor.
27. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica verificar ausencia de corrientes en cada fase del interruptor.
28. El responsable de cada subestación eléctrica verificará e informará la ausencia de corrientes en cada fase del interruptor.
29. El operador del CENACE y del centro de control del Transportista supervisarán los perfiles de voltaje y flujos de potencia.
30. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento del interruptor de cada subestación.
31. El responsable de cada subestación eléctrica informará sobre el bloqueo realizado.
32. El operador del centro de control del Transportista inhibirá y colocará tarjetas auxiliares rojas en los telemandos asociados al interruptor y demás controles asociados al elemento eléctrico de cada subestación.
33. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica abrir las cuchillas de barra (*bus*) y lado equipo de cada interruptor.
34. El responsable de cada subestación eléctrica realizará la acción física e informará la apertura de cada cuchilla.
35. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica bloquear eléctrica y mecánicamente el accionamiento de las cuchillas de cada subestación.

19

36. El responsable de cada subestación eléctrica realizará e informará sobre el bloqueo realizado.
37. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica verificar la ausencia de diferencia de tensión en cada fase y entre fases del equipo eléctrico.
38. El responsable de cada subestación eléctrica verificará e informará la ausencia de diferencia de tensión en cada fase y entre fases del elemento eléctrico que se esté librando.
39. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica el cierre de las cuchillas de puesta a tierra.
40. El responsable de cada subestación eléctrica realizará e informará el cierre de las cuchillas de puesta a tierra.
41. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica el bloqueo de las cuchillas de puesta a tierra.
42. El responsable de cada subestación eléctrica informará sobre el bloqueo realizado.
43. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica colocar tarjetas auxiliares rojas en elementos de accionamiento asociados a cada interruptor y cuchillas.
44. El responsable de cada subestación eléctrica realizará e informará sobre la colocación de tarjetas auxiliares rojas en elementos de accionamiento asociados a cada interruptor y cuchillas.
45. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica el retiro de los fusibles o apertura de los interruptores termomagnéticos de los Transformadores de Potencial (TP's).
46. El responsable de cada subestación eléctrica retirará los fusibles o abrirá los interruptores termomagnéticos de los Transformadores de Potencial (TP's) e informará.
47. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica el cortocircuitar los bornes del secundario de los Transformadores de Corriente (TC's), si fuere necesario.
48. El responsable de cada subestación eléctrica cortocircuitará los bornes del secundario de los Transformadores de Corriente (TC's) e informará.
49. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada punto a laborar, la colocación del equipo personal de puesta a tierra provisional en ambos extremos del punto de trabajo.
50. El responsable de cada punto a laborar colocará su equipo personal de puesta a tierra provisional e informará para comenzar su mantenimiento.
51. El operador del centro de control del Transportista informará los horarios de cada paso de la maniobra al operador del CENACE.
52. El operador del CENACE autorizará el inicio del mantenimiento predictivo, preventivo o ambos del elemento librado.

b. Maniobras de Normalización para Reconectar el Elemento Eléctrico.

En este apartado, se realizan las maniobras de normalización para reconectar el equipo eléctrico que se libró.

1. El responsable de cada subestación eléctrica y su personal, verificarán que los trabajos de cada especialidad hayan concluido.
2. El responsable de cada subestación eléctrica informará al operador del centro de control del Transportista que los trabajos de mantenimiento han concluido al cien por ciento, dando información relevante.
3. El responsable de cada subestación eléctrica informará al operador del centro de control del Transportista que el elemento eléctrico está disponible para realizar maniobras y reconectarlo a la red eléctrica.
4. El operador del centro de control del Transportista solicitará al personal que trabajó en cada punto de trabajo, el retiro de los equipos personales de puesta a tierra provisionales y cualquier objeto extraño.
5. El responsable de cada subestación eléctrica informará del retiro del equipo personal de puesta a tierra en los puntos de trabajo y libre de objetos extraños.

6. El operador del centro de control del Transportista solicitará al operador del CENACE la autorización para iniciar con las maniobras de normalización.
7. El operador del CENACE verificará las condiciones operativas y autorizará el comienzo de las maniobras para reconectar el elemento eléctrico.
8. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica que verifique la apertura del interruptor junto con sus cuchillas (lado *bus* y equipo) asociadas, que las cuchillas de puesta a tierra se encuentren cerradas, que no existan alarmas operadas y que no haya alguna anomalía asociada al elemento eléctrico.
9. El responsable de cada subestación eléctrica verificará e informará la apertura del interruptor junto con sus cuchillas (lado *bus* y equipo) asociadas, que las cuchillas de puesta a tierra se encuentren cerradas, que no existan alarmas operadas y que no existe alguna anomalía asociada al elemento eléctrico.
10. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica el retiro de las tarjetas auxiliares rojas en elementos de accionamiento asociados a cada interruptor y cuchillas.
11. El responsable de cada subestación eléctrica informará al centro de control del Transportista que se encuentran retiradas las tarjetas auxiliares rojas en elementos de accionamiento asociados a cada interruptor y cuchillas.
12. El operador del centro de control del Transportista desinhibirá y retirará las tarjetas auxiliares rojas en los telemandos asociados al interruptor y demás controles asociados al elemento eléctrico de cada subestación.
13. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica volver a instalar los fusibles de los Transformadores de Potencial (TP's) del equipo eléctrico que está librado.
14. El responsable de cada subestación eléctrica realizará e informará al operador del centro de control del Transportista que se encuentran instalados los fusibles de los Transformadores de Potencial (TP's) del equipo eléctrico que está librado.
15. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica retirar el cortocircuitado del secundario de los Transformadores de Corriente (TC's) del equipo eléctrico que está librado.
16. El responsable de cada subestación eléctrica retirará e informará al operador del centro de control del Transportista que ya no se encuentra cortocircuitado el secundario de los Transformadores de Corriente (TC's) del equipo eléctrico que está librado.
17. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica el retiro de bloqueos, abrir las cuchillas de puesta a tierra y dejarlas bloqueadas nuevamente.
18. El responsable de cada subestación eléctrica realizará e informará al operador del centro de control del Transportista que se encuentran abiertas y bloqueadas las cuchillas de puesta a tierra.
19. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica el retiro de bloqueos para cerrar las cuchillas de bus y lado equipo, posteriormente volverlas a bloquear.
20. El responsable de cada subestación eléctrica realizará e informará al centro de control del Transportista que se encuentran cerradas y bloqueadas las cuchillas de bus y lado equipo.
21. El operador del centro de control del Transportista informará al responsable de cada subestación eléctrica que enviará el telemando de cierre a cada interruptor, de manera alternada.
22. El responsable de cada subestación eléctrica verificará físicamente e informará al centro de control del Transportista que se encuentran cerrados los interruptores, de manera alternada.
23. El operador del centro de control del Transportista solicitará al responsable de cada subestación eléctrica verificar las corrientes y voltajes en cada fase.
24. El responsable de cada subestación eléctrica verificará e informará al centro de control del Transportista las corrientes y voltajes por fase del interruptor.

El operador del centro de control del Transportista desbloqueará los siguientes controles:

25. Los Esquemas de Acción Remedial, de ser necesario.
26. Los Esquemas de Protección de Sistema, de ser necesario.
27. Las Transferencias Automáticas, de ser necesario.
28. El operador del centro de control del Transportista informará los horarios de cada paso de la maniobra al operador del CENACE y dará por concluida las maniobras.
29. El operador del CENACE retirará la licencia otorgada al operador del centro de control del Transportista.
30. El operador del centro de control del Transportista informará al responsable de cada subestación eléctrica el retiro de las licencias involucradas en el mantenimiento y dará por concluida las maniobras de normalización.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de libranza de un elemento eléctrico es un proceso sumamente importante y delicado.



Fig. 2. Puntos para librar un elemento eléctrico.

La figura 2, presenta los puntos importantes para librar un elemento eléctrico, el cual, es el proceso de verificar para garantizar que se tenga la misma información en los centros de control y en la subestación eléctrica. Ello permite determinar los parámetros que pueden ser validados sobre los límites de cada equipo en la red eléctrica, lo anterior, considerando el criterio de n-1.

Asimismo, la constante monitorización de las corrientes y voltajes de fase, permite asegurar que el elemento eléctrico no esté energizado bajo una condición de libranza. Por ende, el personal responsable debe estar atento de dichas medidas para tener certeza que el equipo eléctrico esté desenergizado.

Por otro lado, al accionar un interruptor o cuchillas, es conveniente hacer una inspección física de la acción tomada. Ya sea, para la apertura o cierre de estos dispositivos. Lo anterior, para que posteriormente sean instalados los equipos de puesta a tierra provisional en ambos extremos del punto de trabajo

Finalmente, la comunicación constante entre centros de control y en las subestaciones permite tener conocimiento de cada paso de las maniobras, por lo que es relevante para salvaguardar la integridad del personal de campo, de la instalación eléctrica y del SEP.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo obtenido en la presente investigación, se puede afirmar que, los factores importantes que impiden que se cometa un accidente durante la ejecución de las maniobras son:

1. Verificar las condiciones de la instalación eléctrica.
2. Corroborar la nomenclatura del equipo eléctrico a librar.
3. Verificar físicamente la apertura de interruptores y cuchillas.
4. Validar la ausencia de corrientes y voltajes por fase.
5. Colocar las tarjetas auxiliares rojas.
6. Colocar equipo personal de puesta a tierra personal en ambos extremos del punto a laborar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Zona de Operación de Transmisión Puebla-Tlaxcala por el apoyo brindado. Asimismo, un reconocimiento especial a los compañeros de campo quienes contribuyeron en mejorar el presente artículo.

REFERENCIAS

- [1] Y. Chindicué Arias, B. D. Burbano Baena, "Análisis de las cuasas de los accidentes de trabajo por peligros eléctricos en empresas del Departamento de Cuaca asociadas a riesgo eléctrico durante el periodo 2016-2020," Tesis de Licenciatura, Facultad de Educación a Distancia y Virtual, Universidad Antonio José Camacho, Santiago de Cali, Colombia, 2021. [En línea]. Recuperado de: <https://repositorio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/397>
- [2] B. U. Bravo Herrera, J. A. Garay Mantilla, "Plan de prevención de riesgos y accidentes laborales para una empresa pública," Tesis de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2023. [En línea]. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25082>
- [3] Comisión Nacional de Vivienda, 2021. "Si pones muchas luces en Navidad o tienes conectados numerosos aparatos aguas con tu instalación eléctrica" [En línea]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conavi/prensa/si-pones-muchas-luces-en-navidad-o-tienes-conectados-numerosos-aparatos-aguas-con-tu-instalacion-electrica-denuncia?idiom=es#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20se%20registran%20%20aproximadamente,seguras%20para%20evitar%20accidentes%20el%C3%A9ctricos>
- [4] Diario Oficial de la Federación. (2021, 31 diciembre) "RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red," 31 diciembre 2021. [En línea]. Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639920&fecha=31/12/2021#gsc.tab=0
- [5] CFE, *Capítulo 800: Reglamento de Seguridad e Higiene: CFE Transmisión*, Comisión Federal de Electricidad, México, 2011.
- [6] CFE, *Capítulo 100: Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo: CFE Distribución*, Comisión Federal de Electricidad, México, 2018.
- [7] N. R. Hercilla Huapaya, "Diseño asistido por software en un sistema puesta a tierra para una subestación en Pachacamac de 10000 KVA," Tesis de Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2020. [En línea]. Recuperado de: <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/605>
- [8] J. L. Mar Villegas, *Mercados de Electricidad y Servicios de Transmisión* (Invierno, 2023), Puebla. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- [9] Diario Oficial de la Federación. (2017, 13 noviembre) "ACUERDO por el que se emite el Manual de Programación de Salidas". [En línea]. Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5504325&fecha=13/11/2017#gsc.tab=0
- [10] CFE, *Procedimiento de Supervisiones Efectivas*. Comisión Federal de Electricidad, México, 2023.

- [11] Centro Nacional de Control de Energía, *Sistema de Información de Mercado: Programa de Ampliación y Modernización de la RNT y de la RGD*, 2023. [En línea]. Recuperado de: https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/ProgramaRNT_RDG.aspx
- [12] Comisión Federal de Electricidad. (2016, 30 septiembre). Zona de Transmisión Puebla. [En línea]. Recuperado de: <https://potransmision.cfe.mx/XXVIII%20Procedimientos%20de%20adjudicacin%20directa%20invit/Licitaci%C3%B3n%20P%C3%BAblica%20Invitaci%C3%B3n%20Restringida/Convocatoria%20o%20invitaciones%20emitidas/Z.T%20PUEBLA/2016%20CONVOCATORIA%20IA-018TOQ874-E62-2016%20700475501.pdf?Mobile=1&Source=%2F%5Flayouts%2F15%2Fmobile%2Fviewa%2Easpx%3FList%3D0276c2b5%2D32c8%2D4509%2D917c%2Db212f3768b7d%26View%3D151d4228%2Dc4e5%2D4ee9%2Da4d0%2D70135563b801%26RootFolder%3D%252FXXVIII%2BProcedimientos%2Bde%2BAdjudicaci%C3%B3n%2Bdirecta%2Binvit%252FLicitaci%C3%B3n%2BP%25u00fablica%2B%2BInvitaci%C3%B3n%2BRestringida%252FConvocatoria%2Bo%2Binvitaciones%2Bemitidas%252FZ%2ET%2BPUEBLA%26wdFCCState%3D1>
- [13] J. L. Mar Villegas, “Toma de Decisiones de la Gerencia de Control Regional Oriental del CENACE: Un Análisis del Precio Marginal Local de los Nodos de Energía,” Tesis de Doctorado, Escuela de Negocios, Instituto de Estudios Universitarios, Puebla, México, 2022.
- [14] J. L. Mar-Villegas, “Seguridad e higiene en la operación de Sistemas Eléctricos de Potencia”, 2024 [Webinar]. IEEE sección Puebla, México. Recuperado de: <https://events.vtools.ieee.org/m/419920>
- [15] NFPA, *Handbook for Electrical Safety in the Workplace 2024*. National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, Massachusetts USA, 2023.
- [16] J. J. Grainger, W. D. Stevenson, *Análisis de Sistemas de Potencia*, Estado de México, México, McGraw-Hill/Interamericana de México, 2007.