



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**“REMODELACIÓN DE BAHÍA DE 115 KV EN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
PARA MEJORA DE CONFIABILIDAD EN LA REDES GENERALES DE
DISTRIBUCIÓN”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

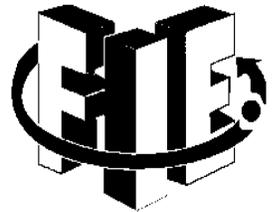
PRESENTA:

JUAN CARLOS BANDERAS LÓPEZ

ASESOR:

M.M.E MARIA ALEJANDRA MARTÍNEZ GUTIÉRREZ

MORELIA, MICHOACÁN, JULIO 2019



Resumen

En el presente trabajo se presenta el trabajo de remodelación de la bahía de 115 kV de la subestación Eléctrica Paracho Dos, teniendo como objetivo el reemplazo de dos interruptores de potencia de 115 kV que actualmente son de gran volumen de aceite con una antigüedad mayor a 35 años, mismos que en la actualidad, de presentar un daño en su mecanismo, serían difíciles de reemplazar por no contar con un repuesto en zona, y, por ende, el restablecimiento oportuno del sistema eléctrico sería demasiado lento, lo cual hace necesario transferir la carga de las subestaciones eléctricas Paracho dos (POD) y Charapan (CHN) de la Zona Uruapan de la División de Distribución Centro Occidente.

Dicho proyecto para ser llevado a cabo, hace necesario instalar una **Subestación Eléctrica Móvil** que permita la operación de la Subestación Eléctrica Paracho Dos durante el periodo de remodelación de su bahía de 115 kV, para esto se realiza un monitoreo del comportamiento de la carga de cada alimentador de las subestación eléctricas a transferir, así como, las subestaciones eléctricas de enlace que intervienen en el respaldo de la misma, este análisis permitirá tomar la mejor decisión para determinar el día y horario adecuado para transferir la carga de ambas subestaciones (POD y CHN), teniendo como referencia los límites de corriente de cada relevador 50/51 de los alimentadores y equipos de protección de seccionamiento en los circuitos, de acuerdo con sus respectivos ajustes y coordinación de protecciones, a fin de evitar un colapso en esta área del sistema eléctrico y sufrir penalizaciones por la Comisión Reguladora de Energía por el incumplimiento de indicadores de confiabilidad.

Una vez transferida la carga de las subestaciones se procederá a realizar modificaciones en líneas de alta tensión en 115 kV POD-73M20-CHN, UPT-73990-POD y UPT-73980-CRP para la conexión y puesta en operación de la **Subestación Eléctrica Móvil** como sustitución temporal del transformador de la Subestación Eléctrica Paracho dos, logrando permitir la remodelación por completo de la bahía de 115 kV, retirando los dos interruptores de potencia de 115 kV de gran volumen de aceite con una antigüedad mayor a 35 años por interruptores de tanque muerto tipo SF6 e instalando dos más que actúen como interruptores de entrada y

salida de la líneas de alta tensión CRP-73980-POD y UPT-73990-POD en sustitución de dos juegos de cuchillas motorizadas, así mismo reemplazando 4 juegos de cuchillas de operación en grupo de 115 kV e instalación de 8 juegos más, en una nueva bahía de 115 kV con una estructura tipo IIIE, con la instalación de 12 apartarrayos tipo estación para 115 kV permitiendo garantizar por los próximo años un sistema eléctrico con mayor confiabilidad.

RESTABLECIMIENTO

OPERACIÓN

CONFIABILIDAD

CALIDAD

CONTINUIDAD

Abstract

This document shows the remodeling of 115 kV Bay of Paracho Dos substation, the main goal of it is to substitute two oil circuit breakers that are more than 35 years old, the motivation for this is that if breakers have a failure or internal damage, it would be nearly impossible to get parts to repair them. This situation has the potential to compromise the reliability of the electrical system, as well as, the proper management of load after an outage.

To get the proposed project done it is necessary to setup and commissioning a mobile substation that allows utility's crew to operate this part of the electrical system while construction is taking place. In order to properly install that mobile substation, load should be monitored so protection engineers can decide how, when and where to transfer load while getting commissioning done, avoiding system collapse or undesired outages that could lead utility to be penalized by regulator by violating reliability indices such as SAIDI, SAIFI and CAIDI.

Once load is transferred and mobile substation gets installed and working properly, construction and modifications start, commissioning 4 brand new SF6 breakers to feed high voltage lines POD-73M20-CHN, POD-73990-UPT, POD-73980-CRP, as well as, POD-72010 to protect the transformer on the high voltage side. Insulators, lightning arresters, isolators and the new IIE type structure for the bay, are also being installed. With all of these equipment working, substation guarantees an improved reliability for many more years.

Contenido

Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tablas.....	x
Lista de Símbolos y Abreviaturas.....	xi
Capítulo 1 Introducción.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2 Objetivo.....	3
1.2.1 Objetivos particulares.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Contenido de la Tesis.....	5
Capítulo 2 Subestaciones Eléctricas.....	7
2.1. Introducción.....	7
2.2 Subestaciones Eléctricas.....	8
2.3 Clasificación de Subestaciones Eléctricas.....	9
2.3.3 Tipo de servicio.....	13
2.4 Elementos y componentes eléctricos que conforman el Principio de operación de una Subestación Eléctrica.....	14
2.5 Elementos primarios o principales.....	14
2.6 Elementos secundarios o auxiliares.....	22
Capítulo 3 Análisis de Trasferencia de Carga de la Subestación Paracho Dos y Charapan.....	31
3.1 Introducción.....	31
3.2 Esquema Eléctrico de la Zona Uruapan.....	32
3.3 Subestación Charapan.....	33
3.3.1 Alimentadores de la Subestación Charapan.....	34
3.4 Subestación Paracho Dos.....	37
3.4.1 Alimentadores de la subestación Paracho Dos.....	38
3.5 Protecciones Eléctricas.....	44
3.6 Análisis de transferencia de Carga.....	46
3.7. Subestación Eléctrica Móvil.....	59
Capítulo 4 Puesta en Servicio S.E. Móvil de 30 MVA y Normalización de Carga de las S.E. Charapan y Paracho Dos.....	62
4.1. Introducción.....	62
4.2. Licencias y/o permisos en las RGD.....	62
4.3. Planeación de los trabajos en Subestación POD y CHN.....	66
4.4. Puesta en Servicio de la Subestación Móvil.....	74

Capítulo 5 Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica Paracho	
Dos.....	97
5.1. Introducción.....	97
5.2. Remodelación de Bahía de 115 kV.....	97
Capítulo 6 Conclusiones.....	113
6.1 Conclusiones.....	113
Referencias.....	114

Lista de Figuras

Figura 2.1 Sistema eléctrico de potencia.....	8
Figura 2.2 Subestación Eléctrica de Distribución.....	10
Figura 2.3 Subestación Eléctrica tipo intemperie.....	11
Figura 2.4 Subestación Eléctrica tipo blindada.....	11
Figura 2.5 Subestación Eléctrica tipo interior.....	12
Figura 2.6 Subestación Eléctrica Móvil.....	12
Figura 2.7 Transformador de potencia.....	15
Figura 2.8 Apartarrayos.....	16
Figura 2.9 Cuchillas desconectadoras.....	16
Figura 2.10 Banco de capacitores.....	17
Figura 2.11. Transformador de servicios propios.....	17
Figura 2.12 Estructuras metálicas.....	18
Figura 2.13 Aisladores y herrajes.....	18
Figura 2.14 Interruptores de potencia.....	19
Figura 2.15 Conexión de cables con elementos primarios.....	19
Figura 2.16. Transformador de potencial.....	20
Figura 2.17. Transformador de corriente.....	21
Figura 2.18. Cuchilla desconectadora.....	21
Figura 2.19. Tablero de control, medición y protección.....	23
Figura 2.20. Banco de baterías CD.....	23
Figura 2.21. Identificación de Elementos.....	28
Figura 3.1 Esquema eléctrico de Zona Uruapan.....	32
Figura 3.2 Esquema eléctrico de la Subestación Charapan.....	33
Figura 3.3 Circuito CHN-04010 Pamatacuaro.....	34
Figura 3.4 Circuito CHN-04020 Charapan.....	35
Figura 3.5 Circuito CHN-04030 Nuevo Zirosto.....	36
Figura 3.6 Esquema eléctrico de la Subestación Paracho Dos.....	37
Figura 3.7 Circuito POD-04010 Cheran.....	38
Figura 3.8 Circuito POD-04020 Tanaco.....	39
Figura 3.9 Circuito POD-04030 Paracho.....	40
Figura 3.10 Circuito POD-04040 Nahuatzen.....	41
Figura 3.11 Circuito POD-04050 Capacuaro.....	42
Figura 3.12 Circuito POD-04060 Imss Quinceo.....	43
Figura 3.13 Comportamiento de carga de la Subestación Charapan entre semana.....	50
Figura 3.14 Comportamiento de carga de la Subestación Charapan en fin de semana.....	50
Figura 3.15 Comportamiento de Carga de la Subestación Paracho Dos en fin de semana.....	53
Figura 3.16. Comportamiento de carga de la Subestación Paracho Dos entre semana.....	53
Figura 3.17 Subestación Eléctrica Móvil.....	59
Figura 3.18 Diagrama unifilar de Subestación Eléctrica Móvil.....	61
Figura 4.1 Niveles de operación del sistema eléctrico.....	63
Figura 4.2 Esquema de licencias del sistema eléctrico.....	64

Figura 4.3 Esquema del sistema eléctrico en 115 kV y 13.8 kV de la SE POD.....	67
Figura 4.4 Registro en vivo para transferencia de carga de la Subestación POD.....	68
Figura 4.5 Registro en vivo para transferencia de carga de la Subestación CHN.....	68
Figura 4.6. Registro en muerto para libranza y modificación de puentes en línea POD-73M20-CHN.....	69
Figura 4.7 Registro en muerto para libranza y modificación de puentes en línea POD-73980-CRP y POD-73990-UPT.....	69
Figura 4.8 Maniobras de inicio de transferencia de carga de la Subestación POD.....	70
Figura 4.9 Maniobras de restablecimiento de transferencia de carga de la SE POD.....	71
Figura 4.10 Maniobras de inicio y restablecimiento de transferencia de carga de la SE CHN.....	72
Figura 4.11 Maniobras de inicio y de restablecimiento en sistema de 115 kV.....	73
Figura 4.12 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra POD-04010.....	74
Figura 4.13 Apertura al interruptor POD-04010 anillado con circuito POD-04040.....	74
Figura 4.14 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra POD-04040.....	75
Figura 4.15 Apertura al interruptor POD-04040 para transferir carga al STI-04020 por el enlace Mojonera.....	75
Figura 4.16 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra POD-04060.....	76
Figura 4.17 Apertura al restaurador Arantepacua y transferencia de carga de la población Turicuaro y Comachuen al STI-04020.....	76
Figura 4.18 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	77
Figura 4.19 Cierre de enlace San Lorenzo entre POD-04050 y MRR-04015.....	77
Figura 4.20 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	78
Figura 4.21 Apertura del interruptor CHN-04030 y cierre del enlace Peribán PBN-04035.....	78
Figura 4.22 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	79
Figura 4.23 Transferencia de alimentadores CHN-04010 y CHN-04020 por medio del enlace Oruscato RYS-04010.....	79
Figura 4.24 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra del control nivel superior.....	80
Figura 4.25 Esquema de 115 kV Subestaciones Charapan y Paracho Dos libradas.....	80
Figura 4.26 Condición en 115 kV de Subestaciones Charapan y Paracho Dos.....	81
Figura 4.27 Modificación de líneas en sistema 115 kV para puesta en operación de Subestación Móvil.....	82
Figura 4.28 Sistema de 115 kV modificado con la conexión de la Subestación Móvil....	83
Figura 4.29 Conexión de línea de 115 kV en interruptor de Subestación Móvil.....	83
Figura 4.30 Salida del bus 23/13.8 kV para alimentación del banco 42010.....	84
Figura 4.31 Conexión del bus de 13.8 kV con alimentación al banco 42010.....	84
Figura 4.32 Diagrama unifilar de la Subestación Eléctrica POD con la conexión de Subestación Eléctrica Móvil.....	85
Figura 4.33 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	86
Figura 4.34. Diagrama unifilar de la Subestación Paracho Dos.....	86
Figura 4.35 Revisión de secuencia de fases en TSP Subestación Paracho Dos.....	87
Figura 4.36 Mapeo de la Subestación Paracho Dos.....	87
Figura 4.37 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	88

Figura 4.38 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	88
Figura 4.39 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	89
Figura 4.40 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	89
Figura 4.41 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	90
Figura 4.42 Revisión de secuencia de fases en TSP de Subestación Charapan.....	90
Figura 4.43 Diagrama unifilar de la Subestación Charapan.....	91
Figura 4.44 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.....	91
Figura 4.45 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra de normalización de la Subestación Charapan.....	92
Figura 4.46 Diagrama unifilar de la Subestación Charapan normalizada.....	93
Figura 4.47 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra de normalización de la Subestación Paracho Dos.....	93
Figura 4.48 Diagrama unifilar de la Subestación Paracho Dos normalizada.....	94
Figura 4.49 Revisión termográfica en bus 13.8 kV.....	95
Figura 4.50 Revisión termográfica en interruptor de tanque muerto 115 kV.....	95
Figura 4.51 Revisión termográfica en interruptor de banco 42010.....	96
Figura 5.1 Bahía de 115 kV de Subestación Paracho Dos previas a remodelación.....	99
Figura 5.2 Cuchillas motorizadas e interruptores de gran volumen de aceite.....	99
Figura 5.3 Diagrama unifilar de la Bahía de 115 kV de Subestación Paracho Dos previo a su remodelación.....	100
Figura 5.4 Desmantelamiento de equipo primario, traveses y estructuras en bahía de 115 kV.....	101
Figura 5.5 Excavaciones de cimentaciones para sistema de tierras.....	101
Figura 5.6 Hincado de electrodos y tendido de cable de cobre desnudo CU para sistema de tierras.....	102
Figura 5.7 Plantilla para bases de concreto para elementos primarios de bahía de 115 kV.....	102
Figura 5.8 Armado y montaje de estructura de bahía 115 kV.....	103
Figura 5.9 Montaje de elementos primarios en bahía 115 kV.....	103
Figura 5.10 Instalación de interruptores de tanque muerto.....	104
Figura 5.11 Conexión de interruptores de tanque muerto.....	106
Figura 5.12 Comportamiento de disparo de Líneas 2015-2018 de alimentación en Subestación Paracho Dos y Charapan.....	107
Figura 5.13 Retiro de interruptores de aceite de la subestación Paracho Dos.....	109
Figura 5.14 Tendido de cable de control a tableros PCyM para pruebas de cierre y apertura en interruptores de tanque muertos.....	109
Figura 5.15 Diagrama unifilar de la Bahía de 115 kV de Subestación Paracho Dos remodelada.....	111
Figura 5.16 Bahía de 115 kV de Subestación Paracho Dos remodelada.....	112

Lista de Figuras

Tabla 2.1 Niveles de tensión y nomenclatura en el sistema eléctrico.....	27
Tabla 2.2 Abreviaturas para identificación de Subestaciones Eléctricas.....	27
Tabla 2.3 Nomenclatura en niveles de tensión.....	28
Tabla 2.4 Nomenclatura en equipo eléctrico.....	29
Tabla 2.5 Nomenclatura en tipo de dispositivo eléctrico.....	29
Tabla 3.1 Alimentadores de la Subestación Charapan.....	34
Tabla 3.2 Alimentadores de la Subestación Charapan.....	38
Tabla 3.3 Ajuste de relevadores de alimentadores de la Subestación Charapan.....	44
Tabla 3.4 Ajuste de relevadores de alimentadores de la Subestación Paracho Dos	45
Tabla 3.5 Ajuste de relevadores de restauradores con control supervisorio	45
Tabla 3.6 Monitoreo de Carga de la Subestación Charapan en fin de semana.....	48
Tabla 3.7 Monitoreo de carga de la Subestación Charapan entre semana.....	49
Tabla 3.8 Monitoreo de Carga de Subestación Paracho Dos en fin de semana.....	51
Tabla 3.9 Monitoreo de carga de la Subestación Paracho Dos entre semana.....	52
Tabla 3.10 Carga máxima de las Subestación Charapan.....	54
Tabla 3.11 Carga máxima de la Subestación Paracho Dos.....	55
Tabla 3.12 Enlaces de transferencia de carga con Subestaciones CHN-POD.....	55
Tabla 3.13 Corriente de disparo de restauradores de Subestaciones de enlace.....	56
Tabla 3.14 Análisis de transferencia de carga de Subestación Charapan.....	57
Tabla 3.15 Análisis de transferencia de carga de Subestación Paracho Dos.....	58
Tabla 4.1 Actividades en 115 kV de Subestaciones Charapan y Paracho Dos.....	81
Tabla 5.1 Programa de actividades para la remodelación de bahía de 115 kV de la Subestación Paracho Dos.....	98
Tabla 5.2 Prueba de continuidad a elementos primarios.....	105
Tabla 5.3 Pruebas de resistencia eléctrica a los elementos primarios.....	105
Tabla 5.4 Prueba de continuidad de pararrayos.....	105
Tabla 5.5 Mantenimiento a Interruptores de Gran Volumen de aceite e Interruptores de SF6.....	106
Tabla 5.6 Pruebas de variación de cierre y apertura en interruptores de tanque muertos.....	110
Tabla 5.7 Prueba eléctricas a Interruptores de Potencia.....	110.

Lista de Símbolos y Abreviaturas

M	Mega
K	Kilo
V	Volt
I	Corriente
A	Ampere
Hrs	Horas
mm	Milímetros
Km	Kilómetros
kV	Kilo volt
KA	Kilo ampere
AG	Plata
CA	Corriente alterna
CD	Corriente directa
AT	Alta tensión
TC	Transformador de Corriente
TP	Transformador de potencial
TM	Tanque Muerto
SE	Subestación Eléctrica
RPT	Red de Puesta Tierra
DCO	División Centro Occidente
TAP	Derivación
PAL	Palanca
RTC	Relación de transformación de corrientes
MEM	Mercado eléctrico mayorista
CRE	Comisión reguladora de energía
RGD	Redes generales de distribución
MVA	Mega volts ampere
MCM	Mil circulares mils
TSP	Transformador de Servicio Propios
UPT	Uruapan tres
UPP	Uruapan potencia
CRP	Carpan potencia
MRR	Mirador
STI	Santiago Tingambato
RYS	Los reyes
PBN	Peribán
CHN	Charapan
POD	Paracho Dos
ASCR	Conductor de aluminio reforzado con acero
IEEE	Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica
CENACE	Centro nacional de control de energía
CENALTE	Centro de control de energía alterno
SIAD	Sistema integral de administración de distribución
GIL	Gestión integral de licencia

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción

Al hablar de subestaciones eléctricas de distribución, se habla de sistemas eléctricos de potencia donde la energía eléctrica es generada mediante plantas de generación, transportada por redes de media tensión y transformada por medio de transformadores de distribución que permiten con redes secundarias la posible llegada de energía eléctrica a millones de lugares en el mundo con una confiabilidad en el suministro, una caída de tensión aceptable y una eficiencia en el transporte.

La generación es la primera etapa, en donde la energía eléctrica es generada por medio de una planta generadora de cualquier tipo: hidroeléctrica, vapor, eólica, solar, geotermoeléctrica, carboeléctrica, nuclear, de ciclo combinado etc. Teniendo a la salida una diferencia de potencial de 10 kV, 13.8 kV, 20 kV etc. Para ser distribuida y transformada a un voltaje deseado.

Su transformación es la segunda etapa, debido a que a la salida de la planta generadora se tiene una subestación de potencia elevadora con valores de voltaje a la salida de 115 kV, 230 kV o 400 kV, los cuales son llevados a subestaciones reductores de potencia mediante líneas de transmisión.¹

La última etapa es la distribución de la energía eléctrica mediante subestaciones eléctricas de distribución que a través de circuitos de media tensión hacen la posible llegada del suministro de energía eléctrica a las viviendas.

¹ Gilberto Enríquez Harper. (2005). Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión. México,D.F.: LIMUSA.

Es por eso que por algunos años los sistemas de generación, transformación y distribución de energía eléctrica han sido el mecanismo para hacer llegar la energía eléctrica a través de subestaciones eléctricas de distribución a miles de usuarios, donde a lo largo de la historia han sufrido cambios estructurales haciendo su operación más sencilla mediante diseños más compactos gracias a los avances tecnológicos en los equipos que constituyen dichas subestaciones, lo que significa que siempre se seguirá diseñando, construyendo y operando sistemas eléctricos.

De lo anteriormente expuesto se concluye que existe la necesidad de llevar a cabo un proyecto de ingeniería asociado al rediseño y mejora de la subestación eléctrica POD de la División Centro Occidente para lograr mayor confiabilidad y eficiencia en el suministro de energía eléctrica a las diferentes poblaciones de la meseta purépecha, esta subestación eléctrica cuenta con 2 interruptores de potencia de 115 kV con una antigüedad mayor a 35 años, los cuales serán sustituidos por fin de vida útil por interruptores de 115 kV tipo tanque muerto SF6.

Dicha subestación eléctrica es alimentada por las líneas de Transmisión UPT-73990-POD y POD-73980-CRP con llegada de alimentación a dos juegos de cuchillas motorizadas y telecontroladas como protección de respaldo del transformador de potencia y protección de la línea POD-73M20-CHN a través de dos interruptores de 115 kV, Marca Mitsubishi, tipo 100-GM-500, serie: 70266 y tipo 140-GM-500, serie: 69380 con año de fabricación de 1978. El Transformador de potencia de la subestación es de capacidad 12/16/20 MVA con entrada en 115 kV y salida en 13.8 kV a seis alimentadores que alimentan eléctricamente a 28102 usuarios de las distintas poblaciones de la región purépecha a través de circuitos eléctricos en media tensión.

Uno de los principales beneficios de este proyecto es el retiro de las cuchillas motorizadas POD73989 y POD73999, que seccionan las líneas que alimentan la subestación en alta tensión por interruptores de tanque muerto SF6 para las líneas POD73990-UPT y POD-73980-CRP con sus protecciones de distancia y sobrecorriente direccional asociadas, de tal forma que ante la eventualidad de una falla en cualquiera de las líneas sea posible liberar dicha falla sin afectar el suministro de potencia a la subestaciones POD y CHN.

A fin de poder trabajar en la parte de 115 kV y llevar a cabo el reemplazo de interruptores y sustitución de cuchillas motorizadas se utiliza una **SE Móvil** con el objetivo de satisfacer la demanda de potencia de la SE POD, dicha subestación cuenta con una capacidad de 30 MVA y se utiliza por un periodo de 180 días con la finalidad de permitir la ejecución de los trabajos de remodelación de la bahía de 115 kV en su totalidad, en donde, para poder efectuar la interconexión de la **SE Móvil**, se realiza un análisis de transferencia de carga para efectuar maniobras de transferencia y poder librar el transformador de la subestación POD e interconectar la **SE Móvil** para abastecer eléctricamente a los 6 alimentadores de los circuitos media tensión y no interrumpir el suministro eléctrico a las distintas poblaciones de la región purépecha durante el reemplazo de los interruptores y la sustitución de las cuchillas motorizadas de entrada y salida de la subestación POD, cabe resaltar que estos trabajos no podrían ser ejecutados sin contar con una **SE Móvil** ya que, sin este tipo de infraestructura, se tendría que interrumpir en su totalidad el suministro de potencia por un periodo de 180 días, lo cual, simplemente, no es posible.

1.2 Objetivo

Realizar la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD que actualmente cuenta con 2 interruptores de potencia de 115 kV que son de gran volumen de aceite con una antigüedad mayor a 35 años por interruptores de tipo tanque muerto SF6, así como el retiro de cuchillas motorizadas de entrada y salida para instalar, en su lugar, dos interruptores de tipo tanque muerto SF6 con sus protecciones asociadas, teniendo con ello la posibilidad de no interrumpir el suministro eléctrico a los clientes ante una falla en alguna de las líneas que alimentan a la subestación. Lo anterior va precedido de un análisis de la transferencia de carga que permita librar las subestaciones POD y CHN e interconectar una **SE Móvil** para respaldar la carga y poder llevar a cabo los trabajos necesarios para la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD.

Para ello, como actividades previas, es necesario modificar la llegada de las líneas de AT 73990, 73980 y 73M20 para energizar directamente el lado de alta tensión de la **SE Móvil** y conectar a esta, el interruptor de baja de la SE POD, alimentando de esta manera el bus de 13.8 kV y los alimentadores.

1.2.1 Objetivos particulares

- Análisis de transferencia de carga de la SE POD y CHN para la instalación de la SE Móvil de 30 MVA.
- Modificación en líneas de Alta tensión 73990, 73980 y 73M20 para alimentar la SE Móvil de 30 MVA.
- Puesta en Servicio de la S. Móvil de 30 MVA y normalización de la carga de las SE POD y CHN
- Remodelación de la bahía de 115 kV.
- Instalación de interruptores de 115 kV.

1.3 Justificación

El trabajo de investigación e ingeniería se realiza debido a que en la Zona Uruapan de la División Centro Occidente se tiene una SE denominada POD la cual cuenta con equipo primario de mucha antigüedad diagnosticados con fin de vida útil en la llegada de alimentación del esquema 115 kV, el cual suministra el servicio de energía eléctrica a 28102 usuarios, entre los que se destacan como clientes importantes aserraderos, empacadoras, sistemas de bombeo de agua potable, sistemas de riego agrícolas ,servicios domésticos etc., los cuales se encuentran en constante crecimiento en la meseta purépecha, lo que hace necesario llevar a cabo una remodelación, puesto que de continuar con este equipo primario de gran antigüedad operando en el sistema eléctrico, se corre el riesgo de ocasionar una contingencia afectando la **continuidad** del servicio de energía eléctrica a la meseta purépecha, por lo que mediante un análisis y recurso económicos obtenidos se toma la decisión de realizar el reemplazo de 2 interruptores de potencia de 115 kV de gran volumen de aceite por interruptores de tanque muerto SF6 empleando el uso de una **SE Móvil**, con el objetivo de salvaguardar la continuidad del sistema eléctrico y lograr mejorar la **confiabilidad** del suministro eléctrico en la meseta purépecha, así mismo realizando el retiro

de las cuchillas motorizadas instaladas en la llegada y salida de las líneas que alimentan a la subestación, instalando en su lugar dos interruptores con su protecciones de distancia (21), sobre corriente direccional CA (67) y recierre de CA (79) para mejorar la **operación** del sistema eléctrico, de tal forma que ante una falla en alguna de las líneas de alta tensión que suministran la potencia a la subestación no se vea afectada la **continuidad** del servicio.

1.4 Contenido de la Tesis

En el capítulo 1 se da una breve introducción a este trabajo, se resalta el objetivo del trabajo y así como la justificación de dicho proyecto.

En el capítulo 2 se presenta un marco teórico de los principales elementos de las Subestaciones Eléctricas, así como una breve explicación del funcionamiento de cada uno de ellos.

En el capítulo 3 se realiza un análisis de carga de las SE POD y CHN con la finalidad de analizar la transferencia de carga de ambas subestaciones a las SE Mirador, los Reyes y Santiago Tingambato de la División Centro Occidente, así como las características de la **SE Móvil** a emplear para la sustitución del T1 de la subestación Paracho Dos.

En el capítulo 4 se realiza una descripción de maniobras de transferencia de carga de las SE POD y CHN, así como la modificación de líneas de AT 73990, 73980 y 73M20 para la puesta en servicio de la **SE Móvil** de 30 MVA para la remodelación de la bahía de 115 kV de la subestación Paracho Dos, así como el retiro de dos interruptores de gran volumen de aceite con antigüedad mayor a 35 años por interruptores de tanque muerto tipo SF6 y adición de dos más para protección de las líneas POD73990-UPT y POD-73980-CRP ante cualquier sobrecorriente.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

En el capítulo 5 se realiza la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD para la mejora de confiabilidad en las redes generales de distribución, retirando los dos interruptores de potencia de 115 kV de gran volumen de aceite por interruptores de tanque muerto e instalando dos más que actúen como interruptores de entrada y salida de la líneas de alta tensión CRP-73980-POD y UPT-73990-POD en sustitución de dos juegos de cuchillas motorizadas, así mismo reemplazando 4 juegos de cuchillas de operación en grupo de 115 kV e instalación de 8 juegos más, en una nueva bahía de 115 kV con una estructura tipo IIIE, con la instalación de 12 apartarrayos tipo estación para 115 kV.

En el capítulo 6 se da una breve conclusión del proyecto de la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD.

Capítulo 2

Subestaciones Eléctricas

2.1. Introducción

A lo largo de la historia la energía eléctrica se ha vuelto un elemento vital en la vida del ser humano, desde los primeros experimentos de Tales de Mileto hasta el histórico Nicolás Tesla quien diseñó y construyó el primer motor de inducción de corriente alterna, dando inicio a la solución de muchos problemas asociados a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, debido a que en la actualidad el mayor consumo de energía eléctrica es a través de corriente alterna y para ser posible su llegada a miles de hogares para ser consumida y/o aprovechada, es necesario contar con un sistema eléctrico que genere, transporte y distribuya la energía eléctrica.

Dicho sistema eléctrico tiene la finalidad de generar de manera constante la energía eléctrica a través de grandes plantas de generación, donde la energía eléctrica es transportada por líneas de alta tensión para ser recibida por subestaciones elevadoras y reductoras permitiendo tener a la salida una tensión adecuada para la distribución de energía eléctrica a través de redes de distribución aéreas y/o subterráneas en media tensión y baja tensión para su llegada a miles de hogares.

Es por eso por lo que en este capítulo se le dará al lector un marco teórico de subestaciones eléctricas con el objetivo de dar a conocer cómo se encuentra compuesto un sistema eléctrico de potencia, con los diferentes tipos de clasificación de niveles de tensión y SE, las cuales se encuentran compuestas por componentes eléctricos principales con distintos funcionamientos asociados a distintos relevadores de protección para blindar el sistema eléctrico con el principio de distribución de energía eléctrica,

2.2 Subestaciones Eléctricas

Una subestación eléctrica es aquella que se caracteriza por estar dentro de un espacio delimitado, teniendo como objetivo transformar, enviar recibir y/o distribuir la energía eléctrica.²

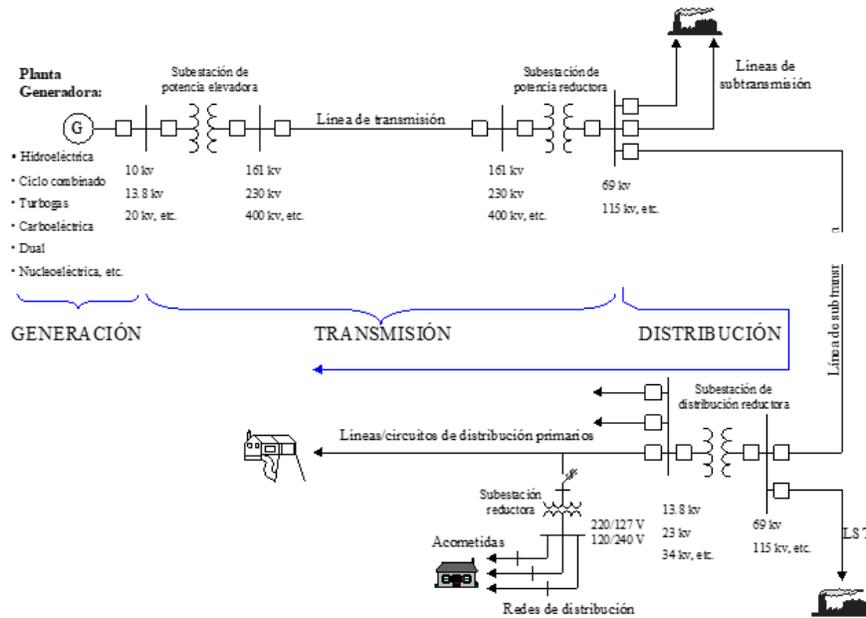


Figura 2.1 Sistema eléctrico de potencia.

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

El término transformar conlleva a convertir los valores eléctricos de entrada en este caso el voltaje a otro valor de diferente magnitud, pero del mismo tipo para ser enviada a otro nivel de tensión.

La energía eléctrica es transformada para ser enviada a través de líneas de transmisión y líneas de subtransmisión a subestaciones elevadoras, reductoras con la finalidad de cumplir con los valores de tensión adecuados para ser recibida por subestaciones de distribución como un destino final de la energía eléctrica para ser distribuida y darle uso a través de circuitos alimentadores. Esto se resume en la Figura 2.1.

² Comisión Federal de Electricidad, Diseño de Subestaciones Eléctricas de Distribución En Bajo Perfil y Encapsuladas SF6. Manual CFE DCD SEBPE. Febrero 2014.

2.3 Clasificación de Subestaciones Eléctricas

En la actualidad existen una gran variedad de tipos de subestaciones eléctricas, donde éstas son clasificadas de acuerdo con los siguientes puntos:

- **Voltaje**
 - i. De Potencia (400, 230, 161 kV)
 - ii. De Distribución (115, 69, 34.5, 23, 13.8 kV)

- **Construcción**
 - i. Intemperie
 - ii. Blindadas
 - iii. Interiores
 - iv. **Móviles**

- **Tipo de servicio**
 - i. Elevadoras de voltaje
 - ii. Reductoras de voltaje
 - iii. De enlace
 - iv. Maniobras (switcheo)

Voltaje

El voltaje es uno de los puntos más importantes a considerar en la clasificación de las subestaciones eléctricas debido a que se tienen subestaciones de potencia y distribución, donde las subestaciones de potencia son las encargadas de establecer los niveles de tensión adecuadas para su transmisión en los niveles de tensión de 161 kV a 400 kV y las subestaciones de distribución como se muestra en la Figura 2.2. Son las encargadas de

captar la energía a niveles de tensión 115 – 60 kV para ser distribuida a través de circuitos de media de tensión (34.5- 13.8 kV).³



Figura 2.2 Subestación Eléctrica de Distribución

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Construcción

La construcción de las subestaciones eléctricas es otro de los puntos a considerar debido a que existen subestaciones eléctricas a la intemperie, blindadas, de tipo interior y móvil, donde el tipo de subestación eléctrica a construir depende en muchas ocasiones del espacio requerido para su construcción, la confiabilidad, costos y tiempos de construcción por lo que a continuación se da una breve explicación de los tipos de construcción en subestaciones eléctricas.

Las **subestaciones eléctricas tipo intemperie** de acuerdo con la Figura 2.3 son aquellas que se caracterizan por su operación a la intemperie donde sus componentes están adaptados para un funcionamiento en condiciones atmosféricas adversas ejemplo la lluvia, nieve, viento y contaminación ambiental, este tipo de subestaciones eléctricas son las más comunes para sistemas de distribución de redes aéreas.

³ Comisión Federal de Electricidad. (jueves 3 de noviembre de 2005). REGLAS de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional. Diario Oficial, Primera Sección, 44. 15 de mayo del 2019, De Diario Oficial Base de datos.



Figura 2.3 Subestación Eléctrica tipo intemperie

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Las **subestaciones eléctricas tipo blindadas** son aquellas que regularmente se encuentran completamente blindados sus componentes y accesorios del medio ambiente en áreas reducidas o pequeñas como se aprecia en la Figura 2.4, este tipo de subestaciones son por lo general instaladas en lugares donde se tiene altos índices de contaminación o lugares densamente poblados con una extensión no muy grande del terreno como lo son, hospitales, fabricas, auditorios etc.



Figura 2.4 Subestación Eléctrica tipo blindada

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Las **subestaciones eléctricas tipo interior** son similares a las subestaciones tipo blindadas (figura 2.4) ya que se este tipo de subestaciones son instaladas en el interior de industrias en lugares reducidos como se aprecia en la Figura 2.5. Donde ningún elemento tiene contacto con la intemperie debido a que no son aptas para operar bajo condiciones atmosféricas, la

aplicación de este tipo de subestación es regularmente instalada en lugares donde se tienen altos índices de contaminación en el medio ambiente⁴.

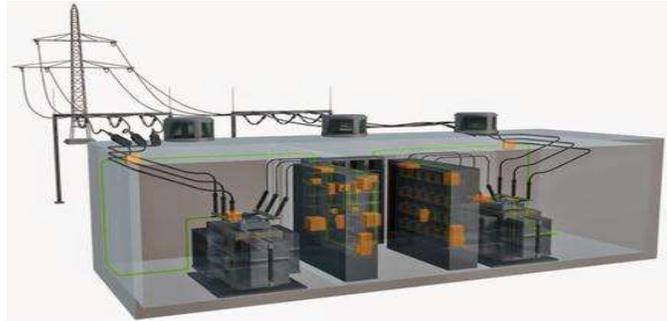


Figura 2.5 Subestación Eléctrica tipo interior

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Las subestaciones eléctricas móviles de acuerdo con la Figura 2.6 son subestaciones tipo intemperie donde sus componentes están adaptados para funcionar en condiciones atmosféricas adversas, se le denomina subestación móvil ya que la subestación completa se encuentra montada a un remolque con todos los componentes eléctricos, para captar y distribuir la energía eléctrica, este tipo de subestaciones son empleadas para la continuidad del servicio eléctrico en emergencias donde la subestación convencional sufre un daño mayor y su reparación es tardía o en otros casos para remodelaciones de subestaciones con elementos con gran antigüedad.⁵

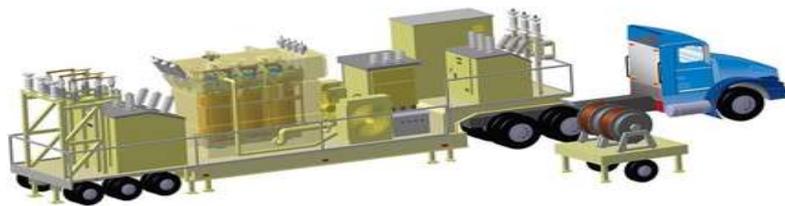


Figura 2.6 Subestación Eléctrica Móvil

Fuente: IEM Transformadores y Subestaciones Móviles

⁴ Gilberto Enríquez Harper. (2005). Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión. México, D.F.: LIMUSA.

⁵ IEM. (.). Transformadores y Subestaciones Móviles. 15 de mayo 2019, de IEM Sitio web: <http://www.iem.com.mx/Paginas/transformadores-subestaciones-moviles.aspx>

2.3.3 Tipo de servicio

El tipo de servicio es el último punto para considerar en la clasificación de subestaciones eléctricas debido a que es importante poder identificar el tipo de servicio que realizan las subestaciones eléctricas es por eso por lo que continuación se hace una descripción de los diferentes tipos de servicios en subestaciones.

- Elevadoras de voltaje
- Reductoras de voltaje
- De enlace
- Maniobras (switchero)

Las Subestaciones Eléctricas elevadoras: como su nombre lo indica tienen como objetivo elevar la tensión que se tiene a la salida de los generadores de electricidad de las plantas de generación para su transmisión.

Las Subestaciones Eléctricas reductoras: son aquellas que tiene como objetivo captar o recibir la tensión de la transmisión, para posteriormente reducir el nivel de tensión y poder facilitar la entrega a los sistemas de distribución, industrial o residencial.

Las Subestaciones Eléctricas de enlace: son aquellas que interactúan entre una o más subestaciones eléctricas para realizar interconexiones y tener un sistema eléctrico más confiable, teniendo como particularidad la ejecución de maniobras de transferencia y de apertura de circuitos según sea necesario para el continuo suministro de energía eléctrica.

Las Subestaciones Eléctricas maniobra (switchero): son aquellas que tiene como objetivo realizar apertura y cierre de circuitos en redes de distribución.⁶

⁶ Gilberto Enríquez Harper. (2005). Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión. México,D.F.: LIMUSA.

2.4 Elementos y componentes eléctricos que conforman el

Principio de operación de una Subestación Eléctrica.

Para que una Subestación Eléctrica pueda realizar su principio de operación es importante mencionar los elementos y componentes eléctricos que la conforman para realizar el proceso transformación, envío y distribución de energía eléctrica, por lo que a continuación se mencionaran dichos elementos que intervienen en Subestaciones eléctricas.

- Elementos primarios o principales
- Elementos secundarios o auxiliares

2.5 Elementos primarios o principales

Se les denomina elementos primarios o principales debido a que son los elementos más importantes de una Subestación Eléctrica pues son los encargados de la continuidad y calidad del servicio eléctrico por interactuar directamente en el proceso de transformación y distribución la energía eléctrica, entre estos elementos principales se cuenta con:

- Transformador de potencia
- Apartarrayos
- Cuchillas desconectadoras
- Banco de capacitores
- Transformador de servicio propios
- Estructuras metálicas
- Aisladores y herrajes
- Interruptor de potencia
- Cables de conexión

Transformador de potencia

El transformador de potencia como se ilustra en la Figura 2.6 es el encargado de modificar los niveles de tensión y corriente eléctrica sin modificar el valor de la frecuencia, este elemento debido a sus dimensiones y características eléctricas que maneja (12/16/20 MVA's) cuenta con los siguientes elementos complementarios para su funcionamiento:

- Relevador de sobrepresión
- Indicadores de temperatura (aceite y devanados)
- Apartarrayos
- Ventiladores
- Gabinete de control
- Relevador Buchholz
- Boquillas de alta y baja tensión
- Tanque conservador
- Etc



Figura 2.7 Transformador de potencia

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Apartarrayos

Los apartarrayos son elementos empleados a niveles de tensión de 115 kV a 13.8 kV para la protección de elementos de sobretensiones que son originadas regularmente por descargas atmosféricas originadas por tormentas, estos elementos están diseñados por tres diferentes secciones para poder cumplir con nivel de tensión a proteger, los cuales son instalados a la llegada y salida de líneas de subtransmisión, media tensión y a la salida de cada alimentador como se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Apartarrayos

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Cuchillas desconectoras

Las cuchillas desconectoras de acuerdo con la Figura 2.9 tienen como función abrir y cerrar circuitos sin carga, son empleadas en maniobras de transferencia y libranzas de energía eléctrica, su operación es manual o motorizadas debido a que son colocados de lado fuente y lado carga del interruptor de potencia para poder apreciar una apertura visible.



Figura 2.9 Cuchillas desconectoras

Fuente: Grupoteinmexico, energía y calidad sin límites

Banco de capacitores

Los bancos de capacitores en las subestaciones tienen dos objetivos muy importantes el primero de ellos es inyectar la energía reactiva al bus y mejorar el factor de potencia y la segunda es mantener el nivel de voltaje de manera constante en el bus, este elemento se muestra en la Figura 2.10.



Figura 2.10 Banco de capacitores

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Transformador de servicios propios

El transformador de servicios propios como se aprecia en la Figura 2.11 es un transformador trifásico instalado dentro de la subestación con una tensión de 13200/220-127 V con un objetivo muy particular, suministrar una tensión a un nivel adecuado a cualquier elemento que requiera una señal de C.A. como lo es el alumbrado, equipo de control supervisorio, comunicación, cargador de baterías entre otros elementos que se requieran en la subestación.



Figura 2.11. Transformador de servicios propios

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Estructuras metálicas

Las estructuras metálicas de acuerdo con la Figura 2.12 están compuestas de fierro galvanizado con el objetivo de soportar dispositivos conductores y aisladores. Este tipo de estructuras se encuentran regularmente divididas en dos secciones de niveles de tensión, alta y media tensión, las cuales cuentan con elementos pararrayos tipo punta en su parte superior interconectadas con conductor AG para realizar un blindaje a los dispositivos eléctricos, donde cabe mencionar que cada sección cuenta con su sistema de tierras para las protecciones del personal que brinda un servicio de operación y mantenimiento en las subestaciones.



Figura 2.12 Estructuras metálicas

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Aisladores y herrajes

Los aisladores y herrajes que se muestran en la Figura 2.13 tienen como objetivo soportar los elementos energizados de una subestación ayudando a no permitir un contacto entre partes vivas y no vivas, los aisladores como su nombre lo indican son elementos no conductores pues van acompañados de herrajes que ayudan como conectores, tornillerías, chavetas etc., que sirven como complemento para la conexión de otros accesorios y equipos dentro de una subestación.



Figura 2.13 Aisladores y herrajes

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Interruptor de potencia

Los interruptores de potencia tienen como objetivo principal abrir y cerrar circuitos eléctricos, con o sin carga y bajo condiciones de falla, este tipo de interruptores sin importar tamaños, marcas, clasificaciones su objetivo y/o función principal es la misma apertura y cierre en cualquier condición que se requiere en un sistema eléctrico. Este elemento se ilustra en la Figura 2.14.



Figura 2.14 Interruptores de potencia

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Cables de conexión

Los cables de conexión no tienen otro objetivo más que realizar las conexiones físicas entre los equipos primarios para los niveles de tensión de 115 kV, regularmente el conductor de conexión que es empleado es calibre 250 MCM y para niveles inferiores 13.8 kV a la salida del transformador es empleado el conductor 500 MCM donde el bus de 13.8 kV es empleado tubo de cobre de 38 y 44 mm de diámetro donde de ahí se realizan las derivaciones para la salida de cada interruptor para posteriormente ser unidos a conductores ACSR para circuitos de media tensión, todo esto se resume a la Figura 2.15



Figura 2.15 Conexión de cables con elementos primarios

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Transformadores de instrumento

Los transformadores de instrumento tienen como objetivo proporcionar señales de bajo voltaje y de corriente para sistemas de protección, medición y control, estos transformadores de instrumentos se dividen en dos tipos lo cuales son:

- Transformadores de potencial (TP's) (Figura 2.16)
- Transformadores de corriente (TC's) (Figura 2.17)

Donde:

Los TP's son empleados para reducir señales de voltaje para para sistemas de medición, control y protección.



Figura 2.16 Transformador de potencial

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Los TC's son empleados para reducción de señales de corriente para sistemas de medición, control y protección.



Figura 2.17 Transformador de corriente

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Cuchilla Desconectadora

La cuchilla desconectadora (Figura 2.18) tiene como objetivo interactuar para abrir o cerrar circuitos con o sin carga.



Figura 2.18. Cuchilla desconectadora

Fuente: Grupoteinmexico, energía y calidad sin límites

2.6 Elementos secundarios o auxiliares

Los elementos secundarios son equipos de menor tamaño con gran importancia en subestaciones, estos elementos normalmente están localizados en la caseta de control los cuales interactúan con los equipos primarios para contribuir una correcta operación total de la subestación eléctrica, algunos de estos equipos se mencionan a continuación:

- Tablero de control, medición y protección
- Banco de baterías CD
- Equipo de telecontrol o control supervisorio
- Equipo de comunicación
- Sistemas de tierras
- Alumbrado
- Cables de control
- Trincheras y/o ductos
- Etc.

Tablero de control, medición y protección

Los tableros de control, medición y protección (Figura 2.19) son soportes metálicos donde se encuentran dispositivos de mando de apertura y cierre de los interruptores así como relevadores de protección (alarmas), medidores de energía, potencia, voltaje y corriente teniendo como objetivo ayudar a detectar cualquier magnitud de voltaje o corriente, flujos de potencia y energía, así como la protección de los elementos primarios mediante alarmas luminosas que indiquen el estado de los equipos dentro de la subestación, cabe mencionar que estos tableros son instalados en casetas control para su protección de cualquier contacto con el medio ambiente.



Figura 2.19 Tablero de control, medición y protección

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución.

Banco de baterías CD

Los bancos de baterías como se ilustra en la Figura 2.20 son considerados los elementos más esenciales dentro de una subestación eléctrica, debido a que son fuentes de energía eléctrica portátiles de manera segura y confiable para emergencias dentro de una subestación ya que su finalidad es suministrar grandes cantidades de energía eléctrica durante periodos cortos y ser nuevamente cargadas por largos tiempos para ser utilizadas nuevamente.



Figura 2.20 Banco de baterías CD

Fuente: Notas de Comisión Federal de Electricidad, Subestaciones Eléctricas de Distribución

Equipo de telecontrol o control supervisora

Los equipos de telecontrol o control supervisorio son elementos que generan una alarma audible al centro de control indicando al operador localmente la presencia de una contingencia, el cual procede a verificar la procedencia y tipo de esta, estos elementos están conformados por contactos auxiliares normalmente abiertos y cerrados de una capacidad pequeña los cuales interactúan por medio de señales entre reportadores de evento y codificadores.

Equipos de comunicación

Los equipos de comunicación son elementos que ayudan a tener una comunicación rápida y segura entre operadores del centro de control para tomar permisos, licencias o autorizaciones dentro de cualquier maniobrad dentro de cualquier subestación eléctrica.

Sistema de tierras

Los sistemas de tierras son de suma importancia dentro de cualquier subestación eléctrica de cualquier tipo o tamaño ya que ayudan a proteger de cualquier daño eléctrico o fenómeno natural (descargas atmosféricas) a los equipos primarios y sobre todo a cualquier trabajador que realice un mantenimiento dentro una subestación.

Alumbrado

El sistema de alumbrado al igual que el sistema de tierras en cualquier subestación es importante debido a que en emergencias nocturnas para atender un problema o realizar maniobras en una subestación debe de existir la visibilidad de cada componente y/o elemento para su operación.

Cables de control

Los cables de control son aquellos que realizan la conexión eléctrica entre todo equipo primario y su equipo de control, protección y medición, donde sus conexiones son identificables de una manera clara, legible y normalizada.

Trincheras y/o ductos

Las trincheras y/o ductos tienen como finalidad alojar a los cables de control mediante registros que se encargan de unir a todo el equipo primario con la caceta de control donde se tienen los equipos primarios.⁷

2.7 Nomenclatura eléctrica de una Subestación Eléctrica

Todo elemento o componente primario y secundario de una subestación eléctrica es representado de manera esquemática mediante diagramas unifilares, donde se indica sus características, arreglos de disposición y arreglos de circuitos de protección, control y medición, es por eso que a continuación como parte final de este capítulo se indican las abreviatura y nomenclaturas IEEE del reglamento para la operación de sistemas eléctricos que se rigen en las subestaciones eléctricas para una lectura de un diagrama unifilar.

Un diagrama unifilar puede contener elementos de protección los cuales son mencionados a continuación mediante su número y descripción de los elementos más comunes.

Relé 21. Relevador de distancia, su objetivo es operar cuando la admitancia, impedancia o reactancia en un circuito eléctrico tiende variar de sus límites establecido.

Relé 26 Q. Relevador de temperatura de aceite, su objetivo es operar cuando la temperatura de aceite u otro líquido tienden a crecer térmicamente.

⁷ Gilberto Enríquez Harper. (2005). Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión. Mexico,D.F.: LIMUSA.

Relé 27. Relevador de bajo voltaje, tiende a operar cuando se tiene un valor de voltaje menor al valor de voltaje previamente fijado.

Relé 30. Relevador de anunciador de alarma, dispositivo encargado de mandar una señal audible y/o visual en caso de una condición anormal en un equipo determinado.

Relé 49. Relevador térmico, este tipo de relevadores son empleados en transformadores donde el relé 49T es el encargado de indicar la temperatura de los devanados de un transformador.

Relé 50/51. Relevadores de sobrecorriente instantáneo (50) y de tiempo (51) lo cuales tienen como objetivo operar cuando a través de ellos se hacer circular una corriente mayor a la que son calibrados.

Dispositivo 52. Interruptor de C.A. (interruptor de potencia)

Relé 63. Relevador de presión, de nivel o de líquido, relevador encargado de operar cuando la presión o nivel tiende a modificar sustancialmente, este tipo de relé cuenta con dos tipos más el 63 T denominado Buchholz y 63 P este relevador opera cuando en el transformador se origina una sobrepresión interna.

Relé 68. Relevador de bloqueo, relevador diseñado para operar en conjunto con el relevador 87 el cual al recibir una señal de este relé automáticamente se bloquea.

Relé 71. Relevador de nivel, este relevador indica el nivel de aceite de un transformador.

Relé 79. Relevador de recierre de C.A., este relevador es el encargado de controlar un recierre automático y bloque de un interruptor de potencia.

Relé 81. Relevador de frecuencia. Este relevador opera cuando detecta una variación de frecuencia de un valor predeterminado.

Rele 87. Relevador de protección diferencial, este dispositivo funciona al existir una diferencia de ángulos entre corrientes o de otro parámetro eléctrico.⁸

Otras nomenclaturas que considerar para la lectura de un diagrama unifilar de una subestación eléctrica lo son la identificación de voltajes, subestaciones, y equipos que a continuación se describen.

Los diferentes niveles de tensión están clasificados de acuerdo con la Tabla 2.1

Tabla 2.1 Niveles de tensión y nomenclatura en el sistema eléctrico

Nivel de tensión en KV	Color
400	Azul
230	Amarillo
161 a 138	Verde
115 a 60	Morado
44 a 13.2	Blanco
Menor de 13.2	Naranja

Fuente: Código de Red. Manual Regulatorio de Coordinación. Nomenclatura

Las subestaciones eléctricas se identifican con la combinación de tres letras las cuales no deben ser repetidas en una misma zona como se aprecia en la Tabla 2.2

Tabla 2.2 Abreviaturas para identificación de Subestaciones Eléctricas

Ejemplo	Descripción
QRO	Abreviatura más conocida
MIR	Las tres primeras letras: Mira
MRR	Las iniciales de las tres primeras sílabas: Mirador
MZN	Otras letras para evitar repeticiones Manzanillo

⁸ Schneider. (.). Descripción de los números ANSI/IEEE. 15 de mayo 2019, de schneider-electric Sitio web: https://www.schneiderelectric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/222000/FA222080/es_ES/Tabla%20de%20Codigos%20ANSI.PDF

La identificación de elementos o equipos primarios de una subestación eléctrica se identifica mediante 5 dígitos, y en casos menores a niveles de tensión de 34.5 kV serán identificados por 4 dígitos de acuerdo con el siguiente criterio:

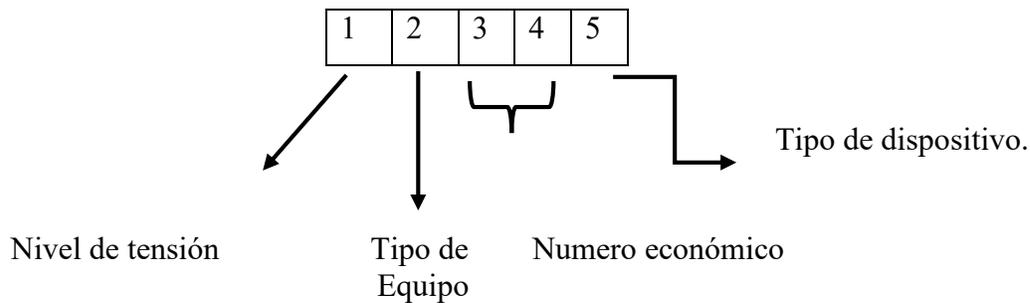


Figura 2.21 Identificación de Elementos

Fuente: *Fuente: Código de Red. Manual Regulatorio de Coordinación. Nomenclatura*

El nivel de tensión se define de la siguiente manera:

Tabla 2.3 Nomenclatura en niveles de tensión

Tensión en kv	Número
1 a 2.4	1
2.4 a 4.1	2
4.17 a 6.9	3
7 a 16.5	4
16.6 a 44	5
44.1 a 70	6
70.1 a 115	7
115.1 a 161	8
161.1 a 230	9
230.1 a 500	A
500.1 a 700	B

Fuente: Código de Red. Manual Regulatorio de Coordinación. Nomenclatura

Al igual que los niveles de tensión (Tabla 2.3), la nomenclatura de tipo de equipo y dispositivo en una subestación se define como se ilustra en las Tablas 2.4 y 2.5⁹

Tabla 2.4 Nomenclatura en equipo eléctrico

Numero	Equipo
1	Grupo generador- transformador
2	Transformador o autotransformador
3	Línea o alimentador
4	Reactores
5	Capacitores (serie o paralelo)
6	Equipo especial
7	Interruptor de transferencia-comodín
8	Esquema de interruptor y medio
9	Interruptor de amarre de barras
0	Doble interruptor lado barra No. 2

Fuente: Código de Red. Manual Regulatorio de Coordinación. Nomenclatura

Tabla 2.5 Nomenclatura en tipo de dispositivo eléctrico

Numero	Equipo
0	Interruptor
1	Cuchillas a barra uno
2	Cuchillas a barra dos
3	Cuchillas adicionales
4	Cuchillas fusibles
5	Interruptor en gabinete blindado
6	Cuchillas de enlace entre barras
7	Cuchillas de puesta a tierra
8	Cuchillas de transferencia
9	Cuchillas lado equipo

Fuente: Código de Red. Manual Regulatorio de Coordinación. Nomenclatura

⁹ Comisión Federal de Electricidad. (jueves 3 de noviembre de 2005). REGLAS de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional. Diario Oficial, Primera Sección, 44. 15 de mayo del 2019, De Diario Oficial Base de datos.

Una vez finalizado la descripción de las diferentes nomenclaturas que se tiene para la lectura de un diagrama unifilar de una subestación eléctrica, se da por terminado este capítulo donde se da una breve explicación de lo que realmente es una subestación eléctrica, con sus diferentes tipos de clasificación, sus elementos primarios y secundarios etc., los cuales ayudaran a entender el tercer capítulo donde daremos inicio al análisis de carga de los distintos alimentadores de las subestaciones eléctricas involucradas para la transferencia de carga y puesta en servicio de la **SE Móvil** para realizar la remodelación de la bahía de 115 kV de la subestación eléctrica Paracho Dos como principal objetivo de este proyecto.

Capítulo 3

Análisis de Tránsito de Carga de la Subestación Paracho Dos y Charapan

3.1 Introducción

Para llevar a cabo una maniobra en subtransmisión y media tensión es necesario realizar un estudio eléctrico que nos permita ejecutar una secuencia correcta de maniobras en campo que ayude a evitar un colapso en la red eléctrica de distribución.

Un colapso o interrupción en el suministro de energía eléctrica, conlleva a dejar sin energía eléctrica a miles de usuarios, ocasionando pérdidas económicas y penalizaciones por la CRE, debido al incumplimiento en indicadores internacionales como lo es SAIDI, CAIDI y SAIFI los cuales están definidos en medir la confiabilidad del suministro eléctrico.

Es por lo que este capítulo tiene como finalidad realizar un análisis de tránsito de carga de las SE POD y CHN de la DCO con la finalidad de realizar la puesta en servicio de una **SE Móvil** que permita llevar a cabo la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD.

Dicho análisis se encuentra definido mediante un estudio de comportamiento de carga de cada alimentador de ambas subestaciones eléctricas durante un determinado periodo, con la finalidad de poder monitorear la carga a transferir de las distintas subestaciones de distribución mediante sus enlaces eléctricos respetando sus límites de sobrecorriente de sus relevadores de protección para evitar un colapso en la red eléctrica de distribución.

3.2 Esquema Eléctrico de la Zona Uruapan

El esquema eléctrico de la Zona Uruapan se encuentra compuesto por siete subestaciones eléctricas de distribución y doce líneas de subtransmisión que alimentan a las distintas subestaciones de distribución, las cuales se muestran en la Figura 3.1.¹⁰

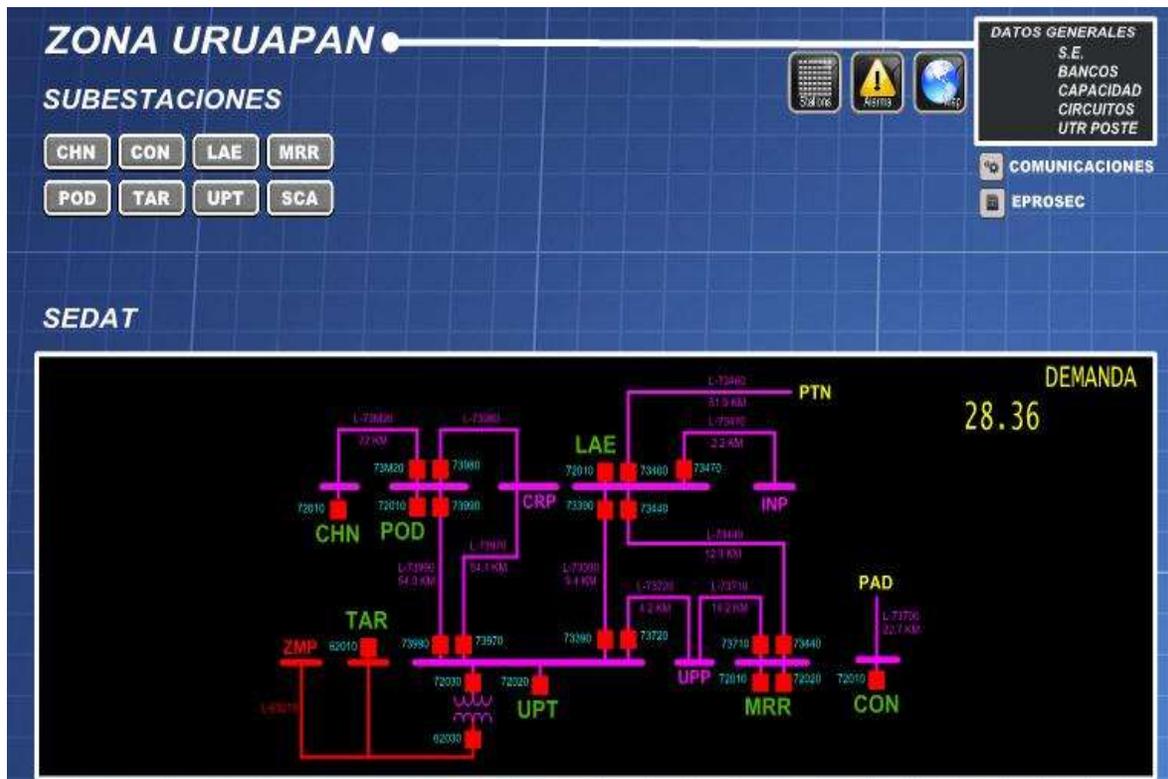


Figura 3.1 Esquema eléctrico de Zona Uruapan

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Zona Uruapan

El esquema eléctrico que se existe en la Zona Uruapan mediante sus líneas de subtransmisión que alimentan a las distintas subestaciones de distribución permiten tener enlaces eléctricos entre una o más subestaciones de distribución, garantizando la confiabilidad del suministro eléctrico a los miles de usuarios con los que cuenta la zona en caso de presentarse una contingencia o emergencia en sistema eléctrico.

¹⁰ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de líneas. Inventario de líneas de subtransmisión.

3.3 Subestación Charapan

La subestación eléctrica de distribución Charapan (Figura 3.2.) tiene una capacidad instalada de 7.5/9.375 MVA con un voltaje de 115/13.8 kV y cuenta con tres alimentadores que se encargan de alimentar 10690 usuarios a través de circuitos eléctricos en media tensión¹¹.

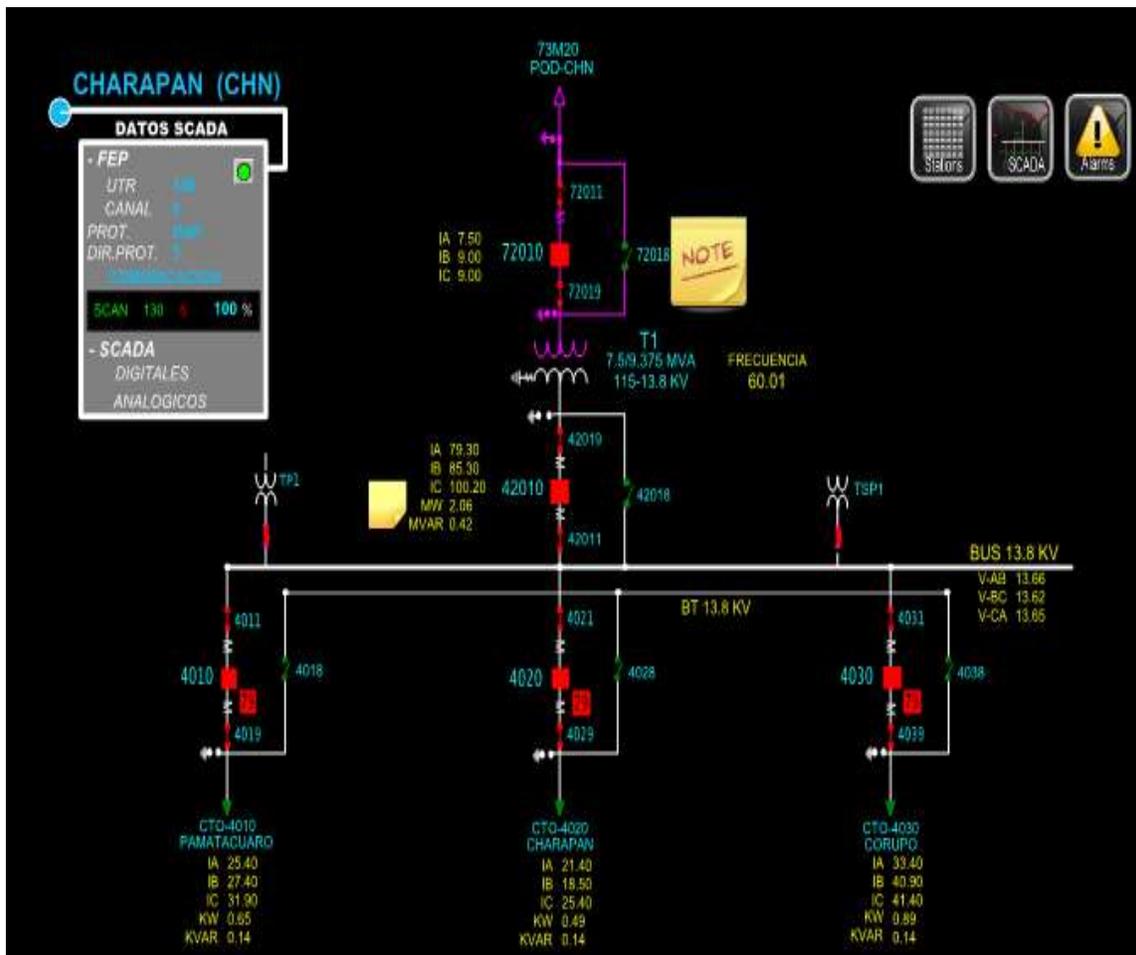


Figura 3.2 Esquema eléctrico de la Subestación Charapan

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE CHN

Dicha subestación es alimentada en el nivel de 115 kV por la línea de subtransmisión 73M20 con una longitud de distancia de 22 km entre la SE POD y CHN.

¹¹ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios SE CHN.

3.3.1 Alimentadores de la Subestación Charapan

La SE de distribución CHN cuenta con tres alimentadores de distribución y están denominados con un nombre de acuerdo con la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Alimentadores de la Subestación Charapan

ZONA	SUB	CLAVE	NOMBRE	TENSION	KM.TOT	USUARIOS	BANCO
UPN	CHN	04010	PAMATACUARO	13 KV	71.66	3379	T1
UPN	CHN	04020	CHARAPAN	13 KV	23.2	2360	T1
UPN	CHN	04030	NVO. ZIROSTO	13 KV	80.41	4931	T1

Fuente: Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios SE CHN.

CHN-04010 Pamatacuaro

El circuito CHN-04010 tiene una trayectoria de 71 km de línea de media tensión de un calibre 266 ASCR con ampacidad de 460 A el cual alimenta eléctricamente a 3379 usuarios, dicho circuito se encuentra conformado con equipo eléctrico con control supervisorio en su troncal (Restaurador, Desconectador, Seccionalizador) y equipo de seccionamiento manual para el oportuno restablecimiento eléctrico, además de dos enlaces eléctricos con el circuito CHN-04030 y el RYS-04010 de la subestación los Reyes, como se ilustra en la Figura 3.3.¹²

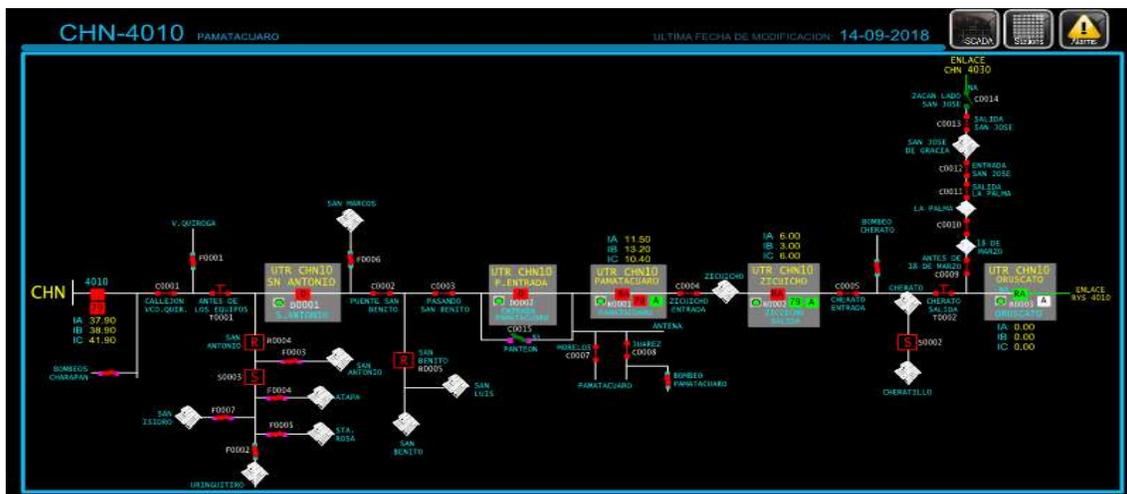


Figura 3.3 Circuito CHN-04010 Pamatacuaro

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO CHN-04010 Pamatacuaro

¹² Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO CHN-04010 Pamatacuaro.

CHN-04020 Charapan

El circuito CHN-04020 (Figura 3.4) es el segundo alimentador de la SE CHN, dicho circuito cuenta con una trayectoria de 23.2 km de línea de media tensión, teniendo en su troncal calibre 266 ASCR con ampacidad de 460 A y en sus ramales 3/0 ASCR con ampacidad de 300 A para brindar el suministro de energía eléctrica a 2360 usuarios, siendo este el de menor número de usuarios y kilómetros de línea, por lo que dicho circuito se encuentra respaldado por tres enlaces mediante equipo con control supervisorio y equipo manual, para mantener la confiabilidad del sistema en caso de presentarse una interrupción en el suministro eléctrico.¹³

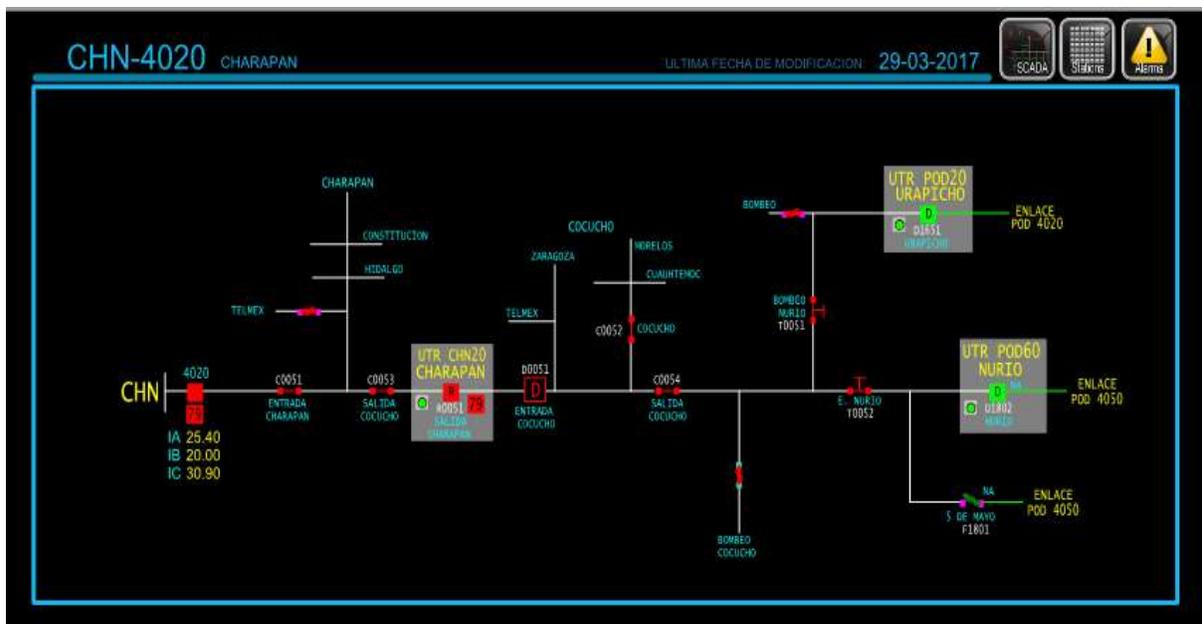


Figura 3.4 Circuito CHN-04020 Charapan

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO CHN-04020 Charapan

Cabe mencionar que este circuito al tener una cantidad menor de usuarios tiende a tener un menor número de equipo con control supervisorio sobre su troncal, debido a que gracias a la cantidad de enlaces eléctricos que contiene permiten transferir su carga fácilmente con la SE POD a través de los circuitos POD-04020 y POD-04050.

¹³ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO CHN-04020 Charapan.

CHN-04030 Nuevo Ziostto

El ultimo alimentador de la subestación Charapan es el circuito CHN-04030 (Figura 3.5), el cual cuenta con el mayor número de trayectoria de línea de media tensión, siendo esta de 80.41 km s de un calibre de conductor 266 ACRS con ampacidad de 460 A, para brindar el suministro de energía eléctrica a 4931 usuarios.¹⁴

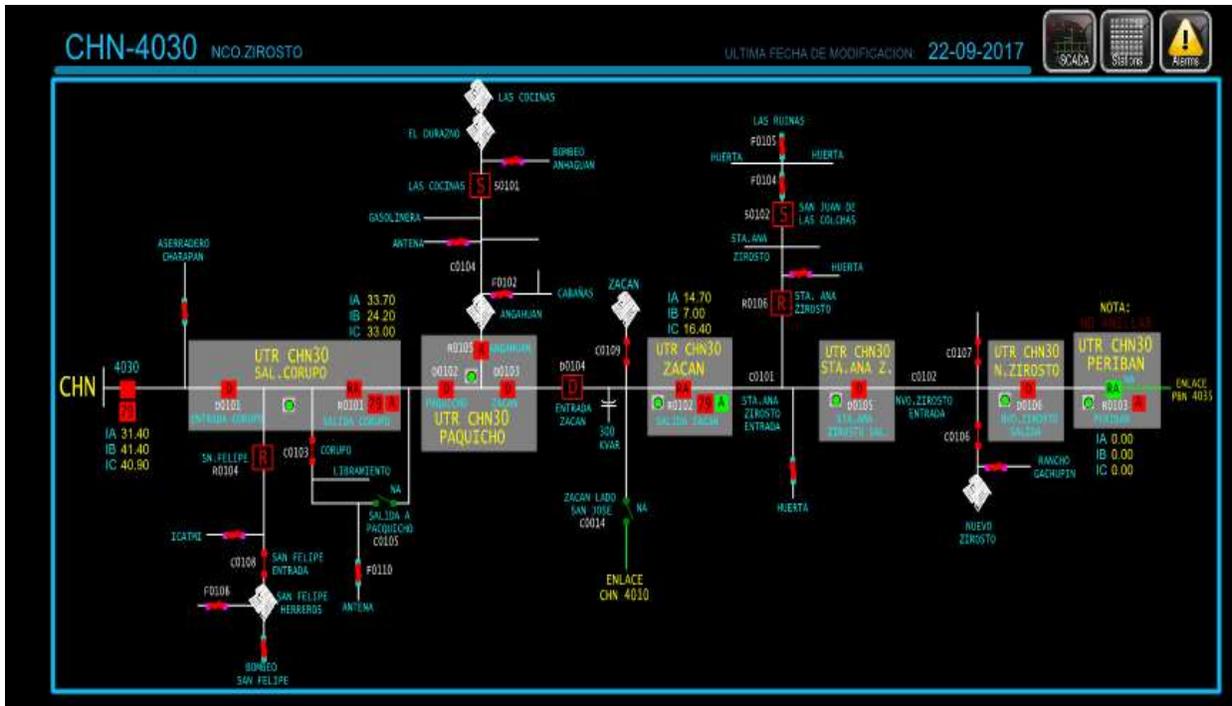


Figura 3.5 Circuito CHN-04030 Nuevo Ziostto

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO CHN-04030 Nuevo Ziostto

Dicho circuito al ser el de mayor cantidad de usuarios y trayectoria de línea, lo hace contar en su troncal con un mayor número de equipos con control supervisorio a comparación de los circuitos anteriores, esto debido a que si existiera un colapso en la red eléctrica, su respuesta para el restablecimiento eléctrico es más oportuno haciendo menor la afectación de usuarios en el suministro de energía eléctrica a pesar de solo contar con un enlace con la subestación Peribán a través del circuito PBN-04035.

¹⁴ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO CHN-04030 Nuevo Ziostto.

3.4 Subestación Paracho Dos

La subestación eléctrica de distribución Paracho Dos (Figura 3.6) a diferencia de la subestación eléctrica Charapan tiene una capacidad instalada de 12/16/20 MVA con un voltaje de 115/13.8 kV para abastecer a seis alimentadores que se encargan de alimentar 28102 usuarios a través de circuitos eléctricos en media tensión.¹⁵

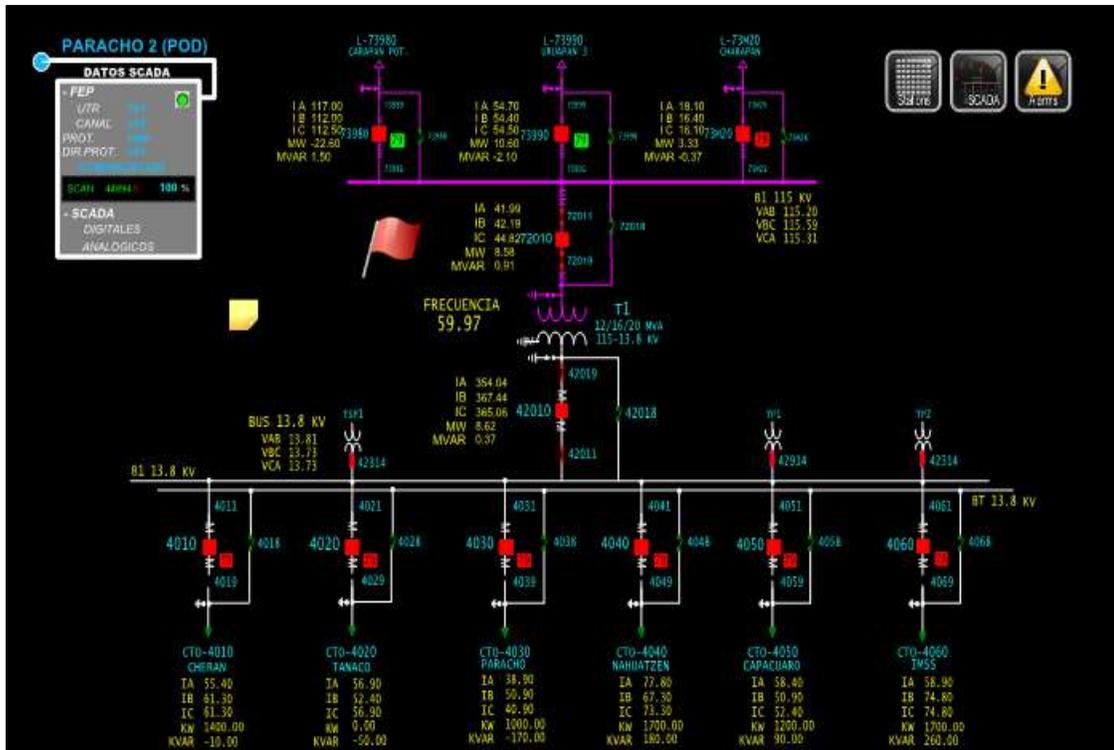


Figura 3.6 Esquema eléctrico de la Subestación Paracho Dos

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE POD

Dicha subestación es alimentada en el nivel de 115 kV por la línea de subtransmisión 73990 la cual cuenta con una longitud de distancia de 54.3 km entre la subestación Uruapan Tres y Paracho Dos, en donde de acuerdo con su esquema deriva la línea de subtransmisión de 73980 de la subestación Paracho Dos a Carapan Potencia a través de 54.1 km de longitud de línea.

¹⁵ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios SE CHN.

3.4.1 Alimentadores de la subestación Paracho Dos

La SE POD a diferencia de SE CHN cuenta con seis alimentadores de distribución en media tensión como se muestra en la Tabla 3.2, para alimentar las poblaciones más importantes de la meseta purépecha.

Tabla 3.1 Alimentadores de la Subestación Paracho Dos

ZONA	SUB	CLAVE	NOMBRE	TENSION	KM.TOT	USUARIOS	BANCO
UPN	POD	04010	CHERAN	13 KV	37.48	5562	T1
UPN	POD	04020	TANACO	13 KV	69.15	5375	T1
UPN	POD	04030	PARACHO	13 KV	15.01	4212	T1
UPN	POD	04040	NAHUATZEN	13 KV	75.71	5917	T1
UPN	POD	04050	CAPACUARO	13 KV	53.29	2294	T1
UPN	POD	04060	IMSS QUINCEO	13 KV	46.03	4742	T1

Fuente: Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios SE CHN.

POD-04010 Cheran

El primer alimentador de la SE POD es el circuito POD-04010 (Figura 3.7) denominado Cheran el cual cuenta con una trayectoria de 37.48 km de línea eléctrica de calibre 266 ACSR de ampacidad 460 A, para alimentar a 5562 usuarios¹⁶

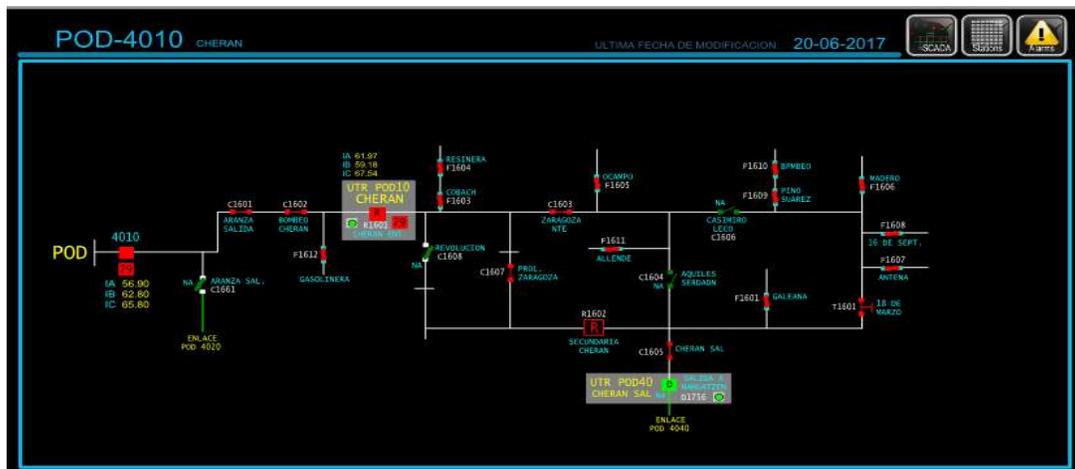


Figura 3.7 Circuito POD-04010 Cheran

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04010 Cheran

¹⁶ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO POD-04010 Cheran.

POD-04020 Tanaco

El segundo alimentador de la SE POD es el circuito POD-04020 (Figura 3.8) y se encuentra denominado Tanaco y está encargado de alimentar a 5375 usuarios a través de 69.15 km de línea eléctrica con un calibre 266 ACSR de ampacidad de 460 A.¹⁷

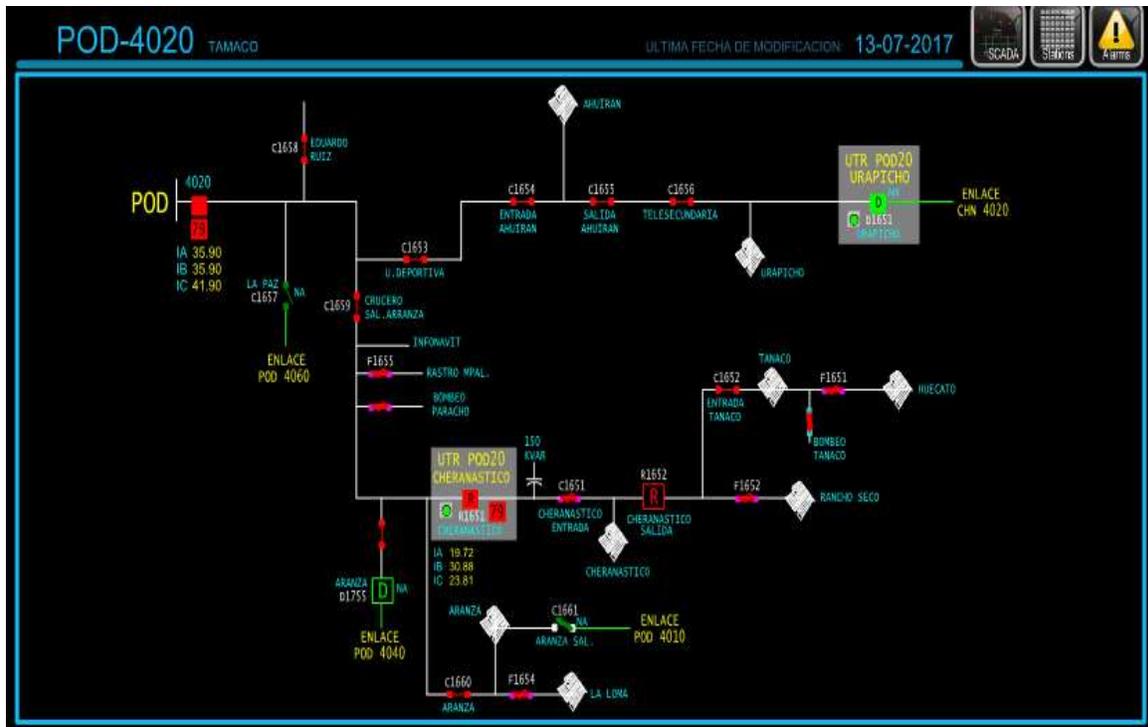


Figura 3.8 Circuito POD-04020 Tanaco

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04020 Tanaco

Este segundo alimentador cuenta con dos equipos con control supervisora dentro de su troncal, un restaurador de alimentación y un restaurador de enlace para el respaldo del suministro eléctrico, además de tener un restaurador manual en su troncal y seccionamientos manuales de enlace uno con Desconectador con el circuito POD-04040 y dos con cuchillas monopoles con los circuitos POD-04010 y POD-04060.

¹⁷ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO POD-04020 Tanaco.

POD-04030 Paracho

El Tercer alimentador de la subestación Paracho Dos es el circuito POD-04030 (Figura 3.9) denominado Paracho el cual alimenta a 4212 usuarios a través de 15.01 km de línea la cual se encuentra compuesta por dos calibres de conductores ACSR 266 y 3/0 con ampacidad de 460 A y 300 A¹⁸.

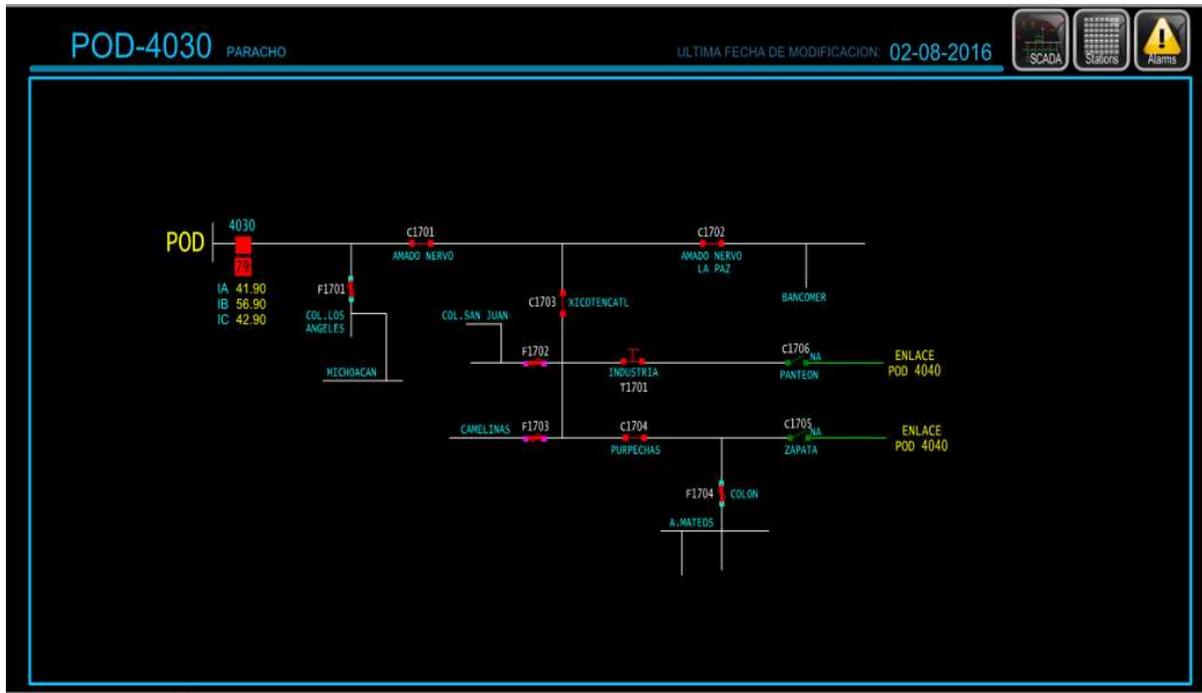


Figura 3.9 Circuito POD-04030 Paracho

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04030 Paracho

Este alimentador de la SE POD es el encargado de brindar el suministro de energía eléctrica a toda la población de Paracho, cabe mencionar que cuenta con un gran número usuarios y cero equipo eléctrico con control supervisorio o manual, debido a la longitud de km de línea que se tiene de trayectoria en el red de distribución de dicho alimentador, lo que lo hace ser el alimentador más vulnerable de dicha subestación, a pesar de contar con seccionamientos manuales y seccionamientos de enlace con la SE POD-04040.

¹⁸ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO POD-04030 Paracho.

POD-04040 Nahuatzen

El cuarto alimentador de la subestación Paracho Dos es el circuito POD-04040 (Figura 3.10) denominado Nahuatzen el cual alimenta a 5917 usuarios a través de 75.71 km de línea, dicho circuito cuenta en totalidad en su troncal un calibre de conductor 266 ACSR de ampacidad de 460 A.¹⁹

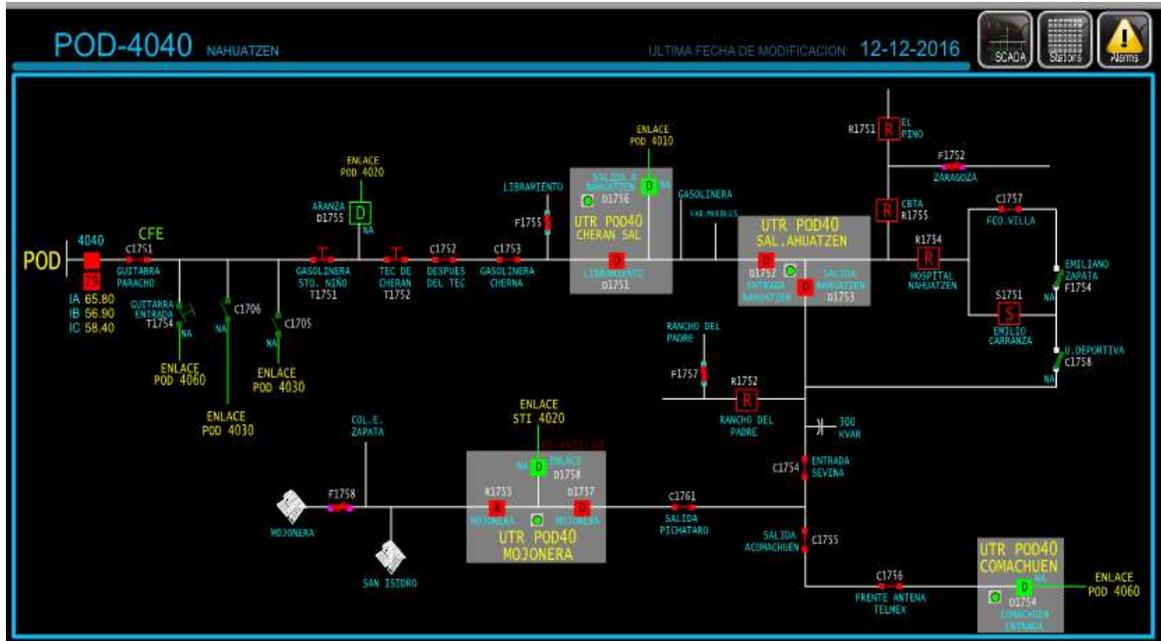


Figura 3.10 Circuito POD-04040 Nahuatzen

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04040 Nahuatzen.

Este cuarto alimentador cuenta con un número mayor de equipo con control supervisorio y equipo eléctrico manual sobre su troncal debido a la gran longitud de km de línea que cuenta para brindar el suministro eléctrico de manera confiable a través de la red de distribución, los cuales están conformados por cuatro desconectadores, un restaurador en su tramo troncal y tres desconectadores de enlace con los alimentadores POD-04010 , POD-04060 y uno con la SE STI del circuito STI-04020, cabe mencionar que en sus derivaciones se cuenta con equipo eléctrico manual como lo son tres restauradores, un seccionalizador y un desconectador de enlace con el alimentador POD-04020 para blindar el suministro eléctrico.

¹⁹ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO POD-04040 Nahuatzen.

POD-04050 Capacuaro

El quinto alimentador de la subestación Paracho Dos es el circuito POD-04050 (Figura 3.11) denominado Capacuaro alimenta a 2294 usuarios a través de 53.29 km de línea con un calibre de conductor 3/0 ACSR de ampacidad de 300 A.²⁰

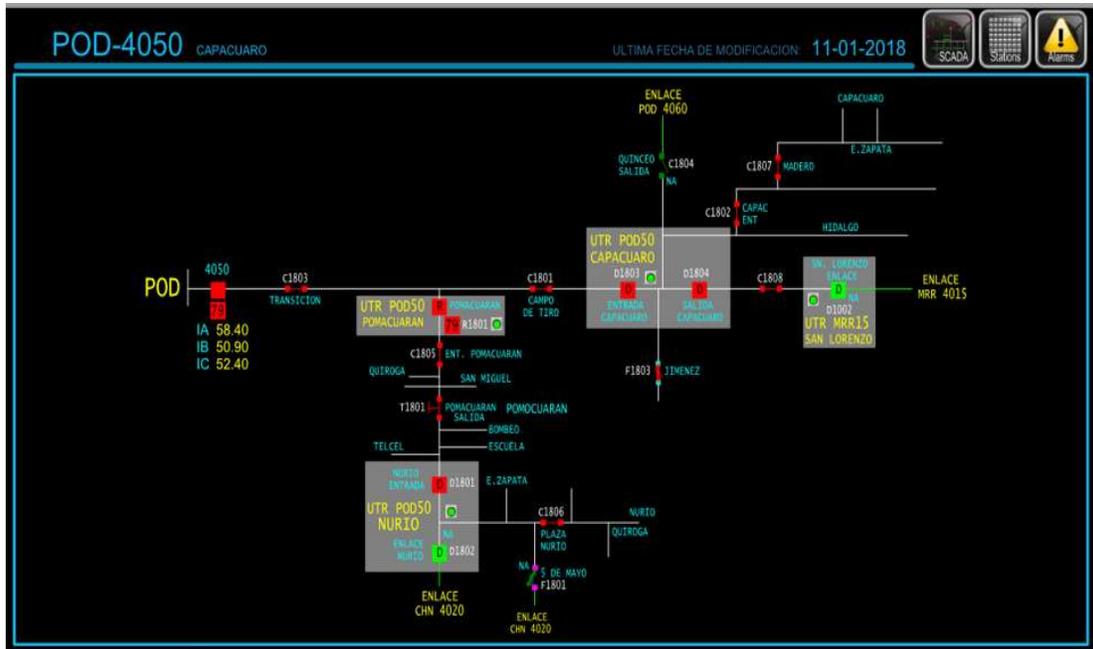


Figura 3.11 Circuito POD-04050 Capacuaro

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04050 Capacuaro.

Este quinto alimentador es el que menor número de usuarios se le brinda el suministro de energía eléctrica de la SE POD, dicho alimentador cuenta con una longitud de 53.29 km de línea de distribución, teniendo en su tramo troncal tres desconectadores, un restaurador y dos desconectadores de enlace con los alimentadores CHN-04020 y MRR-04015 de la SE MRR con control supervisorio además de un enlace manual con el alimentador POD-04060 haciéndolo un alimentador sumamente confiable en el suministro de energía eléctrica ante alguna contingencia en la red eléctrica.

²⁰ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO POD-04050 Capacuaro.

POD-04060 IMSS QUINCEO

El sexto y último alimentador de la subestación Paracho Dos es el circuito POD-04060 (Figura 3.12) denominado IMSS QUINCEO alimenta a 4742 usuarios a través de 46.03 km de línea de un calibre 266 ACSR y 3/0 ACSR con una ampacidad de 460 A y 300 A²¹.

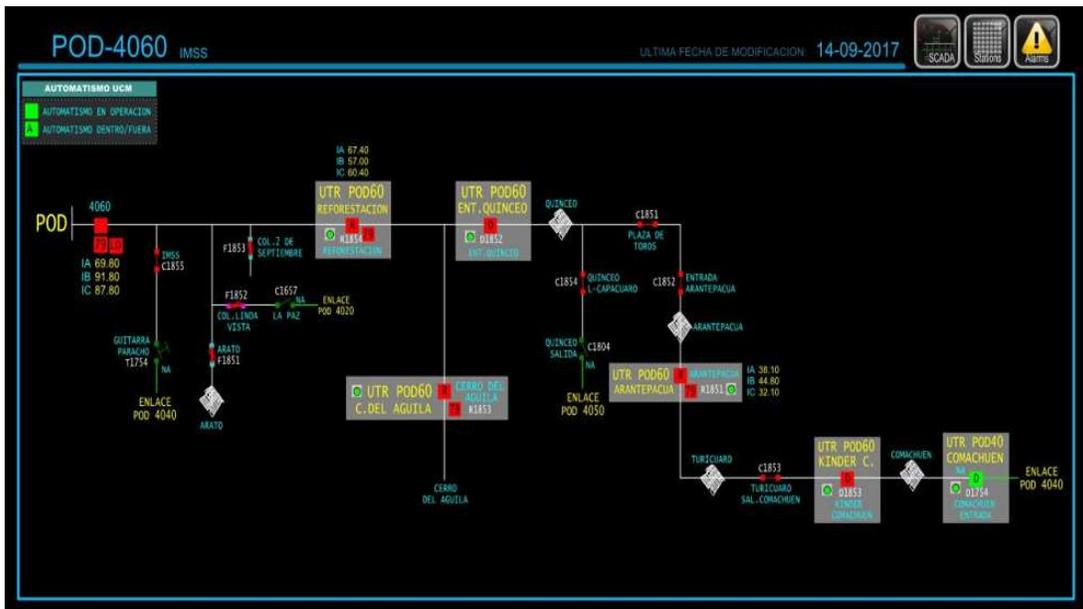


Figura 3.12 Circuito POD-04060 Imss Quinceo

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04060 Imss Quinceo

Este último alimentador, cuenta al igual que el alimentador POD-04050 un gran número de equipo con control supervisorio para el oportuno seccionamiento y restablecimiento del suministro en la red eléctrica de distribución, contando en su tramo troncal con tres restauradores y dos desconectadores de seccionamiento de protección junto con un desconectador de enlace con el alimentador POD-04040, además de tres enlaces con seccionamiento manual con los alimentadores POD-04040, POD-04020 y POD-04050, haciéndolo un alimentador confiable en el restablecimiento oportuno ante cualquier contingencia en la red eléctrica de distribución.

²¹ Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios CTO POD-04060 Imss Quinceo.

3.5 Protecciones Eléctricas

Los alimentadores de las SE POD y CHN de acuerdo con el calibre de conductor y equipo de protección y seccionamiento de su troncal, se encuentran coordinados mediante un esquema de protecciones en sus relevadores para brindar la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica por parte del departamento de subestación eléctricas , por lo que es de suma importancia tener en cuenta los ajustes de protecciones de los relevadores de los alimentadores y sus equipos de seccionamiento de ambas subestaciones para realizar su transferencia de carga, ya que dichos ajustes nos ayudaran a identificar la capacidad de corriente de disparo de cada componente mediante sus protecciones de fase y neutro para evitar un colapso en el suministro de energía eléctrica y penalizaciones por la comisión reguladora de energía

A continuación, se anexan las Tablas 3.3, 3.4 y 3.5 con los ajustes de protección de los relevadores de cada alimentador y restauradores.

Tabla 3.3.- Ajuste de relevadores de alimentadores de la Subestación Charapan

Subestacion	Circuito	Relevador	FASE						NEUTRO						Nivel	
			I pickup	TAP	PAL	RTC	CURVA	INST	I pickup	TAP	PAL	RTC	CURVA	INST	Alto-Alto	Disparo
Charapan	CHN-4010	SIEMENS 7SJ6	210	5.25	1.3	40	VI	3000	80	2	3	40	VI	2700	178.5	210
Charapan	CHN-4020	SIEMENS 7SJ6	210	5.25	1.3	40	VI	3000	80	2	3	40	VI	2700	178.5	210
Charapan	CHN-4030	SIEMENS 7SJ6	210	5.25	1.3	40	VI	3000	80	2	3	40	VI	2700	178.5	210
Charapan	CHN-42010	SIEMENS 7SJ6	420	3.5	2.17	120	INV	BLOQ	104.4	0.87	3.24	120	INV	BLOQ	357	420
Charapan	CHN-72010	SIEMENS 7SJ6	55.2	0.46	3	120	INV	BLOQ	160.8	1.34	4.7	120	INV	BLOQ	46.92	55.2

Fuente: CFE Distribución-Zona Uruapan Departamento de SE, Ajuste de Relevadores de Protección de la SE CHN.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Tabla 3.4.- Ajuste de relevadores de alimentadores de la Subestación Paracho Dos

Subestacion	Circuito	Relevador	FASE					NEUTRO					Nivel Alto-Alto	Disparo
			I pickup	TAP	PAL	RTC	INST	I pickup	TAP	PAL	RTC	INST		
Paracho Dos	POD-04010	SIEMENS 7SJ624	288	2.4	1.5	120	2505	120	1	3	120	2000	244.8	288
Paracho Dos	POD-04020	SIEMENS 7SJ624	288	2.4	1.5	120	2505	120	1	3	120	2000	244.8	288
Paracho Dos	POD-04030	SIEMENS 7SJ624	288	3.6	1.5	80	2505	120	1.5	3	80	2000	244.8	288
Paracho Dos	POD-04040	SIEMENS 7SJ624	288	2.4	1.5	120	2505	120	1	3	120	2000	244.8	288
Paracho Dos	POD-04050	SIEMENS 7SJ624	288	2.4	1.5	120	2505	120	1	3	120	2000	244.8	288
Paracho Dos	POD-04060	SIEMENS 7SJ624	288	3.6	1.5	80	2505	120	1.5	DE 3 A 7	80	2000	244.8	288
Paracho Dos	POD-42010	SEL-351A	1003.2	4.18	1.4	240	BLOQ	350.4	1.46	2.9	240	BLOQ	852.7	1003
Paracho Dos	POD-72010	SEL-351A	125.6	1.57	2.1	80	BLOQ	360	3	4.3	120	BLOQ	106.8	125.6

Fuente: CFE Distribución-Zona Uruapan Departamento de SE, Ajuste de Relevadores de Protección de la SE POD.

Tabla 3.5.- Ajuste de relevadores de restauradores con control supervisorio

DATOS GENERALES					PROTECCIÓN DE FASE				PROTECCIÓN DE NEUTRO				
S.E.	EQUIPO ASOCIADO	NOMBRE	TIPO	RTC	PALANCA	TAP 51	AJUSTE (Amp)	INST. 50	PALANCA	TAP 51	AJUSTE	INST. 50	79 RECIERRES
CHN	CHN4010	PAMATACUARO	Serie N	600	0.5	0.33	198	1200	1.1 A 1.7	0.07	42	780	2
CHN	CHN4010	ZICUICHO	Serie N	1	0.05	100	100	NA	0.1	23	23	NA	2
CHN	CHN4010	ORUSCATO	Serie N	1000	0.15	0.06	60	NA	0.14	0.018	18	NA	0
CHN	CHN4020	CHARAPAN											
CHN	CHN4030	CORUPO	Serie N	600	1.5	0.3	180	1002	1.1	0.1	60	1296	2
CHN	CHN4030	ZACAN	Serie N	600	0.5	0.27	162	2220	0.5	0.06	36	840	2
CHN	CHN4030	PERIBAN	Serie N	600	0.5	0.15	90	1098	0.5	0.04	24	702	0
POD	POD4010	CHERAN ENTRADA	PL300	560	1	0.357	200		1.5	0.125	70		2
POD	POD4020	CHERANASTICO	P500	560	1	0.178	100		1.2	0.107	60		2
POD	POD4040	SPITAL NAHUATZEN R17	PL300	560									
POD	POD4040	CBTA R1755	PL300	560									
POD	POD4040	EL PINO R1751	25 AMP	25									
POD	POD4040	MOJONERA R1753	25 AMP	25									
POD	POD4040	ANCHO DEL PADRE R175	25 AMP	25									
POD	POD4050	POMACUARAN	P500	560	0.1	0.289	162		0.13	0.091	51		2
POD	POD4060	REFORESTACION	FORMA 6	1	0.5	150	150		0.5	60	60		2
POD	POD4060	CERRO DEL AGUILA	PL300	560	0.2	0.179	100		0.3	0.09	50		2
POD	POD4060	ARANTEPACUA	FORMA 6	1	0.1	200	200		0.16	80	80		2

Fuente: CFE Distribución-Zona Uruapan Departamento de SE, Ajuste de Relevadores de Protección de Restauradores con control supervisorio de las subestaciones eléctricas CHN y POD.

3.6 Análisis de transferencia de Carga

Una vez definido lo alimentadores de ambas subestaciones eléctricas y su ajuste de protecciones de cada relevador, se procede a realizar un análisis de carga de cada circuito con el objetivo de revisar su comportamiento de carga, para evitar un colapso en la red eléctrica de distribución al momento de transferir la carga de ambas subestaciones.

Un colapso en la red eléctrica de distribución está definido por una interrupción en el suministro de energía eléctrica el cual es medido a partir del minuto 5, es decir se considera del minuto 6 en adelante mediante indicadores de confiabilidad SAIDI, SAIFI y CAIDI, que tienen como objetivo medir la duración y la frecuencia de la interrupción con relación a los usuarios afectados.²²

SAIDI

El SAIDI tiene como objetivo medir el índice de duración promedio de cada interrupción en el sistema eléctrico de distribución su algoritmo se encuentra definido de la siguiente manera:

$$SAIDI = \frac{\sum Duracion_i \times UA_i}{Usuarios\ de\ Referencia}$$

Formula 3.1.- Algoritmo de cálculo SAIDI

Donde:

Duracion_i: Duración en minutos de cada interrupción

UA_i: Usuarios afectados de cada interrupción

Usuarios de Referencia: Usuarios totales (Nacional, Division ó Zona)

Valor óptimo ante la CRE es menor a 50 min

²² Comisión Reguladora de Energía. Marco Regulatorio de la Red Eléctrica Inteligente. Indicadores de Confiabilidad del Sistema Eléctrico.

SAIFI

El SAIFI tiene como objetivo medir el índice de frecuencia promedio de interrupciones en el sistema eléctrico de distribución, este índice se refiere a la cantidad de interrupciones que en promedio experimentarían cada uno de los usuarios en un periodo determinado, tomando como referencia los usuarios a nivel Nacional, División o Zona su algoritmo se encuentra definido de la siguiente manera:

$$SAIFI = \frac{\sum UA_i}{\text{Usuarios de Referencia}}$$

Formula 3.2- Algoritmo de cálculo SAIFI

Donde:

UA_i : Usuarios afectados de cada interrupción

Usuarios de Referencia: Usuarios totales (Nacional, División ó Zona)

Valor óptimo ante la CRE es menor a 0.94

CAIDI

El CAIDI tiene como objetivo medir el índice de duración promedio de interrupción por usuario, este índice se refiere a la duración promedio en minutos, en que un usuario estuvo sin energía eléctrica durante una falla en el Sistema Eléctrico de Distribución su algoritmo se encuentra definido de la siguiente manera:

$$CAIDI = \frac{\sum Duracion_i \times UA_i}{\sum UA_i}$$

Formula 3.3- Algoritmo de cálculo CAIDI/

Donde:

$Duracion_i$: Duración en minutos de cada interrupción

UA_i : Usuarios afectados de cada interrupción

Valor óptimo ante la CRE es menor a 53 min²³

²³ Comisión Reguladora de Energía. Marco Regulatorio de la Red Eléctrica Inteligente. Indicadores de Confiabilidad del Sistema Eléctrico.

Estos indicadores tienen como mínimo un valor óptimo de cumplimiento de acuerdo con la Comisión reguladora de no cumplirse se procede a penalizar al distribuidor.

Por lo que este estudio de carga es llevado mediante el monitoreo de carga de los alimentadores de la subestación de distribución durante diferentes lapsos de tiempo por medio de un sistema de monitoreo de calidad de la energía, obteniendo la medición de cada alimentador en sus fases A, B y C obteniendo una corriente promedio a transferir.

Donde:

$$I_{prom} = \frac{I_a + I_b + I_c}{3}$$

Formula 3.4.- Corriente promedio

Tabla 3.6.- Monitoreo de Carga de la Subestación Charapan en fin de semana.

Equipo	Fecha	Hora	Ia vs Ia (Amp)	Ib vs Ib (Amp)	Ic vs Ic (Amp)	Iprom (Amp)
CHN04010	01/10/2017	07:00:00	19.8987	20.5004	21.4342	20.6111
CHN04020	01/10/2017	07:00:00	11.8636	9.7209	13.9216	11.8354
CHN04030	01/10/2017	07:00:00	29.9532	34.7892	33.8167	32.8531
CHN04010	01/10/2017	10:00:00	22.3366	23.958	25.3185	23.871
CHN04020	01/10/2017	10:00:00	22.5959	19.049	24.631	22.092
CHN04030	01/10/2017	10:00:00	35.1718	42.1068	42.2687	39.8491
CHN04010	01/10/2017	12:00:00	22.3608	22.6156	23.608	22.8615
CHN04020	01/10/2017	12:00:00	22.5083	19.9777	24.2788	22.2549
CHN04030	01/10/2017	12:00:00	34.0817	41.0915	41.8769	39.0167
CHN04010	01/10/2017	14:00:00	22.0431	22.2295	22.4826	22.2517
CHN04020	01/10/2017	14:00:00	21.7045	19.5563	25.2793	22.18
CHN04030	01/10/2017	14:00:00	33.1353	39.8982	40.2347	37.7561
CHN04010	01/10/2017	16:00:00	24.7585	24.2257	25.5041	24.8294
CHN04020	01/10/2017	16:00:00	23.2111	20.8248	26.5802	23.5387
CHN04030	01/10/2017	16:00:00	33.1003	39.3061	38.7955	37.0673
CHN04010	01/10/2017	18:00:00	23.6525	23.759	25.6162	24.3426
CHN04020	01/10/2017	18:00:00	22.8125	21.4582	26.5842	23.6183
CHN04030	01/10/2017	18:00:00	31.8717	39.1422	36.6467	35.8869
CHN04010	01/10/2017	20:00:00	37.9453	40.3805	43.3297	40.5518
CHN04020	01/10/2017	20:00:00	28.3225	24.7989	35.0301	29.3838
CHN04030	01/10/2017	20:00:00	52.3391	62.7693	62.3631	59.1572

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión:4.0. SE CHN-2017/10/01. Comportamiento de Carga.

Tabla 3.7.- Monitoreo de carga de la Subestación Charapan entre semana

Equipo	Fecha	Hora	Ia vs Ia (Amp)	Ib vs Ib (Amp)	Ic vs Ic (Amp)	Iprom (Amp)
CHN04010	03/10/2017	07:00:00	26.8573	28.4661	30.5506	28.6247
CHN04020	03/10/2017	07:00:00	15.6954	13.0227	18.2216	15.6465
CHN04030	03/10/2017	07:00:00	33.6482	40.3971	41.3377	38.461
CHN04010	03/10/2017	10:00:00	31.6907	32.801	33.186	32.5593
CHN04020	03/10/2017	10:00:00	19.3844	17.2442	22.0765	19.5684
CHN04030	03/10/2017	10:00:00	57.9357	62.8338	63.9489	61.5728
CHN04010	03/10/2017	12:00:00	29.5035	30.3302	31.5228	30.4522
CHN04020	03/10/2017	12:00:00	18.7343	16.5087	20.3147	18.5192
CHN04030	03/10/2017	12:00:00	51.4365	56.639	56.0855	54.7204
CHN04010	03/10/2017	14:00:00	28.5716	30.1901	31.8749	30.2122
CHN04020	03/10/2017	14:00:00	18.8496	16.5748	20.0296	18.4847
CHN04030	03/10/2017	14:00:00	57.6589	62.3512	63.8734	61.2945
CHN04010	03/10/2017	16:00:00	26.1166	28.266	29.1062	27.8296
CHN04020	03/10/2017	16:00:00	20.2415	18.3612	22.7064	20.4364
CHN04030	03/10/2017	16:00:00	54.2039	60.2907	61.5504	58.6817
CHN04010	03/10/2017	18:00:00	28.504	29.1997	31.8614	29.855
CHN04020	03/10/2017	18:00:00	21.7374	18.8822	24.9826	21.8674
CHN04030	03/10/2017	18:00:00	52.0762	57.2608	59.1996	56.1789
CHN04010	03/10/2017	20:00:00	43.7487	45.2493	48.3707	45.7895
CHN04020	03/10/2017	20:00:00	30.45	26.4707	37.3381	31.4196
CHN04030	03/10/2017	20:00:00	37.7384	50.9665	51.9416	46.8822

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión:4.0. SE CHN- 2017/10/03. Comportamiento de Carga

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

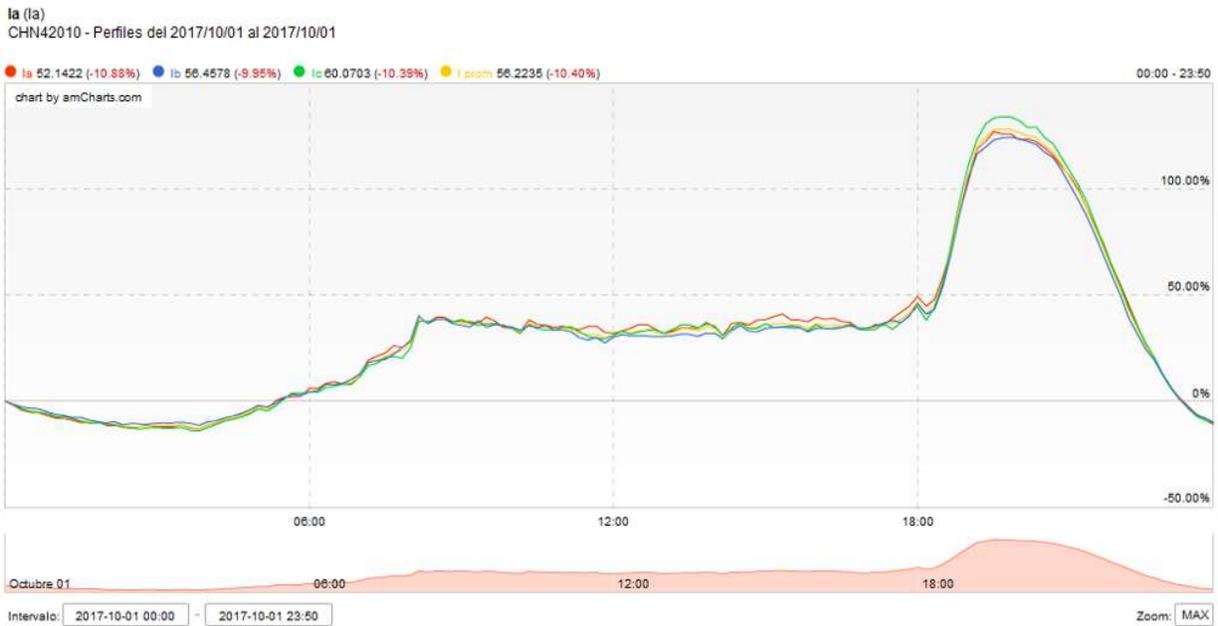


Figura 3.13 Comportamiento de carga de la Subestación Charapan en fin de semana
Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión:4.0. SE CHN-42010 2017/10/01

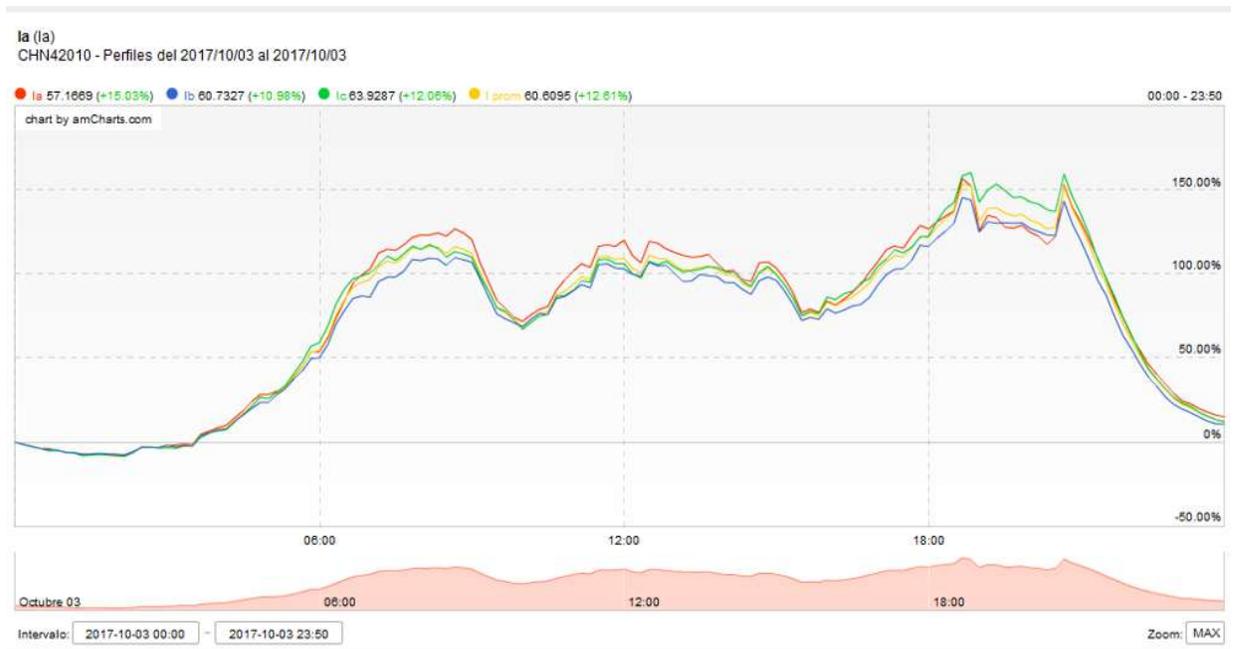


Figura 3.14 Comportamiento de carga de la Subestación Charapan entre semana
Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión:4.0. SE CHN-42010 2017/10/03

Tabla 3.8.- Monitoreo de Carga de Subestación Paracho Dos en fin de semana

Equipo	Fecha	Hora	Ia vs Ia (Amp)	Ib vs Ib (Amp)	Ic vs Ic (Amp)	Iprom (Amp)
POD04010	01/10/2017	07:00:00	27.753	30.4817	32.052	30.0955
POD04020	01/10/2017	07:00:00	39.5728	34.6252	41.0692	38.4224
POD04030	01/10/2017	07:00:00	18.5621	25.3977	23.4773	22.479
POD04040	01/10/2017	07:00:00	34.9792	33.0389	35.7084	34.5755
POD04050	01/10/2017	07:00:00	54.5706	53.9697	58.0309	55.5237
POD04060	01/10/2017	07:00:00	4.5842	8.9623	7.5112	7.0192
POD04010	01/10/2017	10:00:00	38.4809	39.7435	42.4756	40.2333
POD04020	01/10/2017	10:00:00	42.0385	37.9108	45.0202	41.6565
POD04030	01/10/2017	10:00:00	27.1604	34.1033	31.542	30.9352
POD04040	01/10/2017	10:00:00	47.8601	45.7966	50.5142	48.057
POD04050	01/10/2017	10:00:00	68.3841	69.0471	72.1577	69.863
POD04060	01/10/2017	10:00:00	4.3802	9.1039	7.822	7.102
POD04010	01/10/2017	12:00:00	37.2131	38.9974	39.2541	38.4882
POD04020	01/10/2017	12:00:00	44.8618	40.9322	47.7159	44.5033
POD04030	01/10/2017	12:00:00	28.9441	36.8742	33.8874	33.2353
POD04040	01/10/2017	12:00:00	45.3881	42.3291	47.2946	45.0039
POD04050	01/10/2017	12:00:00	67.4708	66.9158	72.5975	68.9947
POD04060	01/10/2017	12:00:00	5.3462	10.0244	9.2491	8.2066
POD04010	01/10/2017	14:00:00	34.7752	35.9633	37.9502	36.2296
POD04020	01/10/2017	14:00:00	46.3481	40.5182	47.7325	44.8662
POD04030	01/10/2017	14:00:00	28.7936	37.9195	35.8557	34.1896
POD04040	01/10/2017	14:00:00	48.5133	48.0201	49.8029	48.7788
POD04050	01/10/2017	14:00:00	72.9137	69.1546	73.6389	71.9024
POD04060	01/10/2017	14:00:00	6.8786	12.2905	10.2694	9.8128
POD04010	01/10/2017	16:00:00	33.1149	35.8788	37.8999	35.6312
POD04020	01/10/2017	16:00:00	45.6654	41.182	48.2701	45.0392
POD04030	01/10/2017	16:00:00	28.5062	37.988	33.6586	33.3842
POD04040	01/10/2017	16:00:00	43.5985	40.9351	46.1508	43.5615
POD04050	01/10/2017	16:00:00	74.3227	68.8681	75.1206	72.7705
POD04060	01/10/2017	16:00:00	6.6831	12.0817	11.1738	9.9795
POD04010	01/10/2017	18:00:00	32.9754	34.6824	36.1345	34.5974
POD04020	01/10/2017	18:00:00	36.6728	30.9847	38.9642	35.5406
POD04030	01/10/2017	18:00:00	26.7241	34.6027	30.9479	30.7582
POD04040	01/10/2017	18:00:00	42.507	41.92	45.3932	43.2734
POD04050	01/10/2017	18:00:00	70.9417	68.2494	72.9664	70.7192
POD04060	01/10/2017	18:00:00	6.8258	12.6733	11.0337	10.1776
POD04010	01/10/2017	20:00:00	52.5984	56.0329	58.1468	55.5927
POD04020	01/10/2017	20:00:00	62.6322	53.612	66.2246	60.8229
POD04030	01/10/2017	20:00:00	35.9989	47.8389	43.4071	42.415
POD04040	01/10/2017	20:00:00	68.4989	62.9636	69.072	66.8448
POD04050	01/10/2017	20:00:00	100.821	98.3658	103.273	100.82
POD04060	01/10/2017	20:00:00	6.9267	12.7507	11.4099	10.3624

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión:4.0.
SE POD-2017/10/01. Comportamiento de Carga.

Tabla 3.9 Monitoreo de carga de la Subestación Paracho Dos entre semana

Equipo	Fecha	Hora	Ia vs Ia (Amp)	Ib vs Ib (Amp)	Ic vs Ic (Amp)	Iprom (Amp)
POD04010	03/10/2017	07:00:00	53.1775	55.6499	57.5819	55.4698
POD04020	03/10/2017	07:00:00	43.6639	40.7074	45.8023	43.3912
POD04030	03/10/2017	07:00:00	21.5306	28.8361	26.8669	25.7446
POD04040	03/10/2017	07:00:00	49.2089	46.5967	50.5224	48.776
POD04050	03/10/2017	07:00:00	58.0488	55.9292	60.6404	58.2061
POD04060	03/10/2017	07:00:00	3.9846	8.0758	6.7647	6.275
POD04010	03/10/2017	10:00:00	59.296	59.8648	61.0967	60.0858
POD04020	03/10/2017	10:00:00	52.0941	46.6907	52.923	50.5693
POD04030	03/10/2017	10:00:00	38.13	45.1065	42.6654	41.9673
POD04040	03/10/2017	10:00:00	71.6067	70.4803	73.5185	71.8685
POD04050	03/10/2017	10:00:00	84.0626	79.7158	84.1358	82.6381
POD04060	03/10/2017	10:00:00	5.1445	9.5736	7.9743	7.5641
POD04010	03/10/2017	12:00:00	48.4829	47.9306	49.4392	48.6176
POD04020	03/10/2017	12:00:00	54.2158	49.7358	54.2967	52.7494
POD04030	03/10/2017	12:00:00	39.9625	46.7837	44.4492	43.7318
POD04040	03/10/2017	12:00:00	73.719	73.6369	75.8602	74.4054
POD04050	03/10/2017	12:00:00	76.85	73.4471	79.2737	76.5236
POD04060	03/10/2017	12:00:00	10.8873	16.7967	16.7776	14.8205
POD04010	03/10/2017	14:00:00	39.9818	40.095	42.1513	40.7427
POD04020	03/10/2017	14:00:00	54.7764	50.8365	54.744	53.4523
POD04030	03/10/2017	14:00:00	41.397	49.0136	45.6848	45.3652
POD04040	03/10/2017	14:00:00	77.2779	75.1104	78.8052	77.0645
POD04050	03/10/2017	14:00:00	84.3604	80.4924	85.0882	83.3137
POD04060	03/10/2017	14:00:00	7.6964	13.4338	11.926	11.0187
POD04010	03/10/2017	16:00:00	37.1322	38.3178	40.2703	38.5734
POD04020	03/10/2017	16:00:00	45.1608	40.1194	46.6578	43.9793
POD04030	03/10/2017	16:00:00	32.3203	40.259	37.3405	36.6399
POD04040	03/10/2017	16:00:00	57.7808	54.3782	58.6613	56.9401
POD04050	03/10/2017	16:00:00	80.7689	77.9573	80.7401	79.8221
POD04060	03/10/2017	16:00:00	9.7052	15.2883	14.264	13.0858
POD04010	03/10/2017	18:00:00	40.0997	40.8346	41.7196	40.8846
POD04020	03/10/2017	18:00:00	41.1955	38.886	43.4514	41.1776
POD04030	03/10/2017	18:00:00	32.3616	42.4345	39.2823	38.0261
POD04040	03/10/2017	18:00:00	64.422	60.066	65.6308	63.3729
POD04050	03/10/2017	18:00:00	76.609	72.0626	79.4784	76.05
POD04060	03/10/2017	18:00:00	10.1177	16.6375	16.3164	14.3572
POD04010	03/10/2017	20:00:00	61.5512	64.97	68.3586	64.9599
POD04020	03/10/2017	20:00:00	68.3395	57.585	72.6163	66.1802
POD04030	03/10/2017	20:00:00	41.5412	55.1345	49.1155	48.5971
POD04040	03/10/2017	20:00:00	81.7519	76.5591	82.9829	80.4313
POD04050	03/10/2017	20:00:00	112.256	106.679	112.415	110.45
POD04060	03/10/2017	20:00:00	8.4264	14.8	13.3879	12.2047

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión:4.0.
SE POD-2017/10/03.Comportamiento de Cargar

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

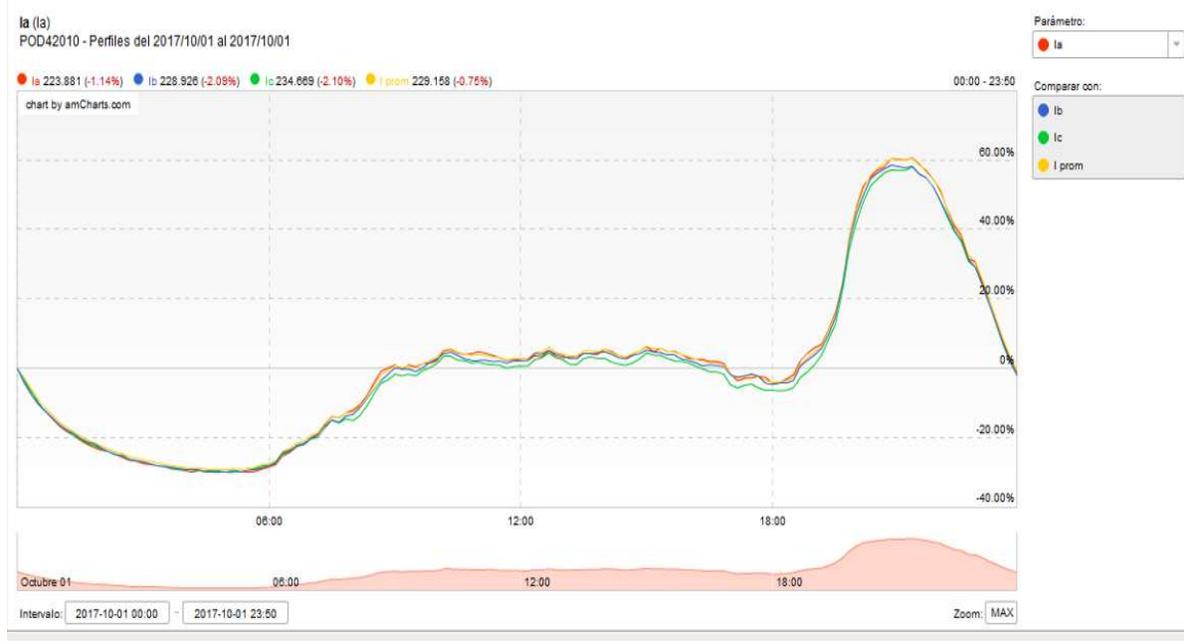


Figura 3.15 Comportamiento de Carga de la Subestación Paracho Dos en fin de semana

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE

Versión:4.0. SE CHN-42010 2017/10/01

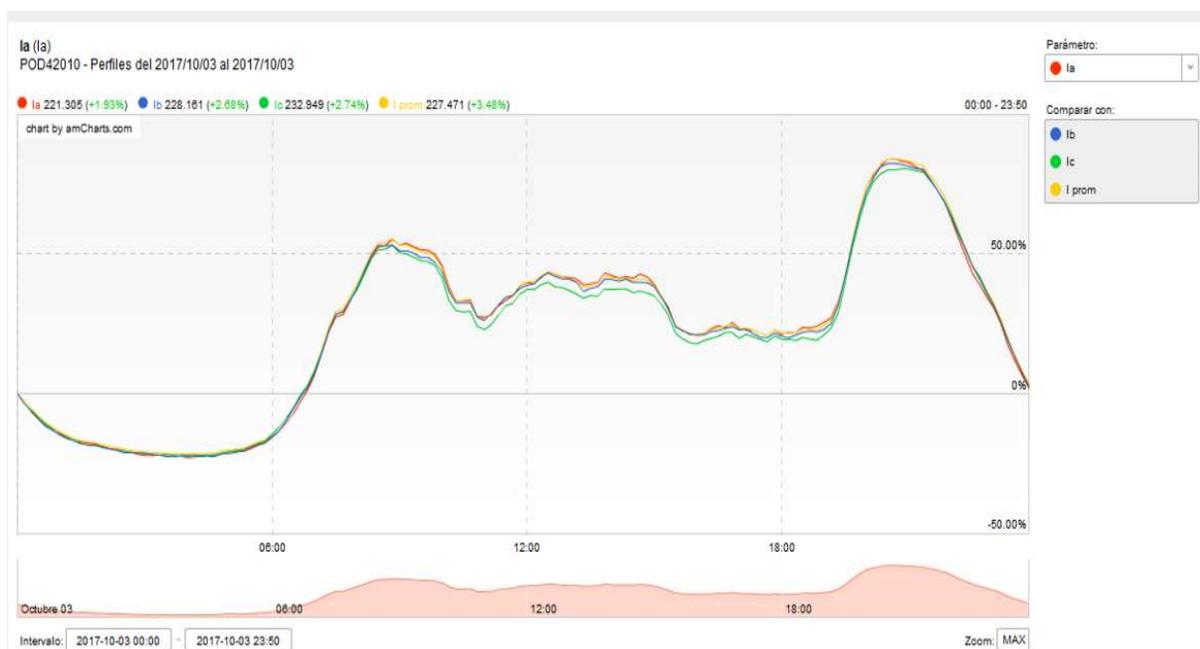


Figura 43.16 Comportamiento de carga de la Subestación Paracho Dos entre semana

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión:4.0.

SE POD-42010 2017/10/03

Una vez realizado el estudio de carga de cada alimentador de ambas subestaciones se observa que en las tablas 3.4 y 3.6 la carga tiende a ser menor en fin de semana en las SE POD y CHN a comparación de las tablas 3.5 y 3.7, es decir, al momento de transferir la carga entre semana, se tiene valores por encima de algunos ajustes de protecciones de los relevadores, lo que indica que en una transferencia de carga entre semana el sistema presentaría colapsos, si bien se puede realizar un ajuste de protecciones a los relevadores que se encuentra por encima de su límite de valores de corriente para evitar una interrupción, el comportamiento de la carga que se muestra en las gráficas 3.16 y 3.18 en donde el eje “X” representa las horas del transcurso del día y eje “Y” la carga, se aprecia una variación de carga constante lo que indica que al tener la carga transferida puede ocasionar una caída de tensión e inconformidades en algunos servicios en baja tensión, por lo que se toma la decisión de realizar esta transferencia de carga en fin de semana ya que de acuerdo en las gráficas 3.15 y 3.17 la carga se comporta constante en un horario de 8:00 a 16:00 hrs, lo cual es un tiempo suficiente para realizar la modificación en el esquema de 115 kV e interconectar la **SE Móvil** para sustituir el T1 de la SE POD logrando afectar lo menos posible a los usuarios de la región al tener una demanda de carga menor.

Una vez tomada la decisión de realizar la transferencia de carga en fin de semana, se procede a obtener la carga mayor que puede llegar a presentarse en cada alimentador como se muestra en las Tablas 3.10 y 3.11, con la finalidad de considerar su carga máxima a transferir a través de cada enlace.

Tabla 3.10 Carga máxima de las Subestación Charapan

SUBESTACION CHARAPAN						
Equipo	Fecha	Hora	Ia vs Ia	IB vs IB	IC vs IC	I _{max} -prom
CHN04030	01/10/2017	20:00:00	52.3391	62.7693	62.3631	59.1572
CHN04010	01/10/2017	20:00:00	37.9453	40.3805	43.3297	40.5518
CHN04020	01/10/2017	20:00:00	28.3225	24.7989	35.0301	29.3838

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión: 4.0. SE CHN-2017/10/01. Comportamiento de Carga

Tabla 3.11 Carga máxima de la Subestación Paracho Dos

SUBESTACION PARACHO DOS						
Equipo	Fecha	Hora	Ia vs Ia	IB vs IB	IC vs IC	I _{max} -prom
POD04050	01/10/2017	20:00:00	100.821	98.3658	103.273	100.82
POD04040	01/10/2017	20:00:00	68.4989	62.9636	69.072	66.8448
POD04020	01/10/2017	20:00:00	62.6322	53.612	66.2246	60.8229
POD04010	01/10/2017	20:00:00	52.5984	56.0329	58.1468	55.5927
POD04030	01/10/2017	20:00:00	35.9989	47.8389	43.4071	42.415
POD04060	01/10/2017	20:00:00	6.9267	12.7507	11.4099	10.3624

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión: 4.0. SE POD 2017/10/01. Comportamiento de Carga.

Obteniendo el valor máximo de corriente que se puede presentar en cada alimentador (Tabla 3.8 y Tabla 3.9) y su ajuste de protecciones de cada relevador (Tabla 3.1, 3.2 y 3.3.) se determina en la Tabla 3.12 la transferencia de carga de las SE POD y CHN para la puesta en servicio la **SE Móvil** que permita realizar la remodelación de la Bahía de 115 kV de la SE POD.

Tabla 3.12 Enlaces de transferencia de carga con Subestaciones CHN-POD

ENLACES DE TRANSFERENCIA DE CARGA			
SUBESTACION	CIRCUITO	CIRCUITO ENLACE	EQUIPO
PARACHO	POD-04010	STI-04020	ENLACE MOJONERA
	POD-04040		
	POD-04020	MRR-04015	ENLACE SAN LORENZO
	POD-04030		
	POD-04050		
	POD-04060		
CHARAPAN	CHN-04030	PBN-04035	ENLACE PERIBAN
	CHN-04020	RYS-04010	ENLACE ORUSCATO
	CHN-04010		

Fuente: Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y enlaces.

Teniendo definido la transferencia de carga de los alimentadores de ambas subestaciones es importante mencionar que al tener cuatro subestaciones involucradas en dicha maniobra, se notifica al centro de control divisional los valores máximo de corriente que se puede presentar en cada alimentador y su ajuste de protecciones de cada relevador, a fin de monitorear el comportamiento de carga entre las cuatro subestaciones, con el objetivo de salvaguardar la continuidad del sistema eléctrico, por lo cual en la tabla 3.11 se menciona los límites de carga a soportar en cada enlace de acuerdo a su ajuste de protecciones de los relevadores de enlace.

Tabla 3.13. Corriente de disparo de restauradores de Subestaciones de enlace

SUBESTACIONES DE ENLACE			
CIRCUITO	EQUIPO	NOMBRE	I DISPARO
MRR04015	RESTAURADOR	CETIS 27	180 A
PBN04035	RESTAURADOR	PERIBAN	90 A
STI04020	RESTAURADOR	PICHATARO	100 A
RYS04010	RESTAURADOR	ORUSCATO	60 A

Fuente: CFE Distribución-Zona Uruapan Departamento de SE, Ajuste de Relevadores de Protección de la SE.

De acuerdo con las definiciones y parámetros anteriores se muestra a continuación en las tablas 3.12 y 3.13 el análisis de la carga a transferir de ambas subestaciones para realizar la puesta en servicio de la **SE Móvil** como sustitución del T1 de la SE POD para realizar la remodelación de su bahía de 115 kV, dicho análisis nos ayuda apreciar la carga a transferir durante un determinado tiempo, en donde se muestra la carga y su límite de capacidad en los relevadores de enlace, a fin de saber en qué condiciones se puede llegar a presentar un colapso en la red eléctrica de distribución.

Tabla 3.14 Análisis de transferencia de carga de Subestación Charapan

TRANSFERENCIA DE CARGA SUBESTACION CHARAPAN							
HORARIO	DIA	SUBESTACION	CIRCUITO	I MAX	ENLACE	CARGA DE ENLACE	I-DISPARO ENLACE
07:00 a. m.	01/10/2017	CHARAPAN	CHN-04030	32.8531 A	PBN-04035	32.8531 A	90 A
			CHN-04010	20.6111 A	RYS-04010	32.4465 A	60 A
			CHN-04020	11.8354 A			
10:00 a. m.	01/10/2017	CHARAPAN	CHN-04030	39.8491 A	PBN-04035	39.8491 A	90 A
			CHN-04010	23.871 A	RYS-04010	45.963 A	60 A
			CHN-04020	22.092 A			
12::00 p. m.	01/10/2017	CHARAPAN	CHN-04030	39.0167 A	PBN-04035	30.0167 A	90 A
			CHN-04010	22.8615 A	RYS-04010	40.3674 A	60 A
			CHN-04020	22.2549 A			
14:00 p. m.	01/10/2017	CHARAPAN	CHN-04030	37.7561 A	PBN-04035	37.7561 A	90 A
			CHN-04010	22.2517 A	RYS-04010	44.4317 A	60 A
			CHN-04020	22.18 A			
16:00 p. m.	01/10/2017	CHARAPAN	CHN-04030	37.0673 A	PBN-04035	37.0673 A	90 A
			CHN-04010	24.8294 A	RYS-04010	48.3681 A	60 A
			CHN-04020	23.5387 A			
18:00 p. m.	01/10/2017	CHARAPAN	CHN-04030	35.8869 A	PBN-04035	35.8869 A	90 A
			CHN-04010	24.3426 A	RYS-04010	47.9609 A	60 A
			CHN-04020	23.6183 A			
20:00 p. m.	01/10/2017	CHARAPAN	CHN-04030	59.1572 A	PBN-04035	59.1572 A	90 A
			CHN-04010	40.5518 A	RYS-04010	69.9356	60 A
			CHN-04020	29.3838 A			

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE
Versión: 4.0. SE CHN-42010 2017/10/01

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Tabla 3.15 Análisis de transferencia de carga de Subestación Paracho Dos.

TRANSFERENCIA DE CARGA SUBESTACION PARACHO							
HORARIO	DIA	SUBESTACION	CIRCUITO	I MAX	ENLACE	CARGA DE ENLACE	I- DISPARO DE ENLACE
07:00 a. m.	01/10/2017	PARACHO	POD-04010	30.0955 A	STI-04020	64.641 A	100 A
			POD-04040	34.5755 A			
		PARACHO	POD-04020	38.4224 A	MRR-04015	123.4433 A	180 A
			POD-04030	22.479 A			
			POD-04050	55.5237 A			
			POD-04060	7.0192 A			
10:00 a. m.	01/10/2017	PARACHO	POD-04010	40.2333 A	STI-04020	88.2903	100 A
			POD-04040	48.057 A			
		PARACHO	POD-04020	41.6565 A	MRR-04015	149.5567 A	180 A
			POD-04030	30.9352 A			
			POD-04050	69.863 A			
			POD-04060	7.102 A			
12:00 p. m.	01/10/2017	PARACHO	POD-04010	38.4882 A	STI-04020	83.4921 A	100 A
			POD-04040	45.0039 A			
		PARACHO	POD-04020	44.5033 A	MRR-04015	154.9399 A	180 A
			POD-04030	33.2353 A			
			POD-04050	68.9947 A			
			POD-04060	8.2066 A			
14:00 p. m.	01/10/2017	PARACHO	POD-04010	36.2296 A	STI-04020	85.0084 A	100 A
			POD-04040	48.7788 A			
		PARACHO	POD-04020	44.8662 A	MRR-04015	160.771 A	180 A
			POD-04030	34.1896 A			
			POD-04050	71.9024 A			
			POD-04060	9.8128 A			
16:00 p. m.	01/10/2017	PARACHO	POD-04010	35.6312 A	STI-04020	79.1927 A	100 A
			POD-04040	43.5615 A			
		PARACHO	POD-04020	45.0392 A	MRR-04015	161.1734 A	180 A
			POD-04030	33.3842 A			
			POD-04050	72.7705 A			
			POD-04060	9.9795 A			
18:00 p. m.	01/10/2017	PARACHO	POD-04010	34.5974 A	STI-04020	77.8708 A	100 A
			POD-04040	43.2734 A			
		PARACHO	POD-04020	35.5406 A	MRR-04015	147.1896 A	180 A
			POD-04030	30.7582 A			
			POD-04050	70.7192 A			
			POD-04060	10.1776 A			
20:00 p. m.	01/10/2017	PARACHO	POD-04010	55.5927 A	STI-04020	122.4375 A	100 A
			POD-04040	66.8448 A			
		PARACHO	POD-04020	60.8229 A	MRR-04015	214.4203 A	180 A
			POD-04030	42.415 A			
			POD-04050	100.82 A			
			POD-04060	10.3624 A			

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE
Versión: 4.0. SE POD-42010 2017/10/01

Es de suma importancia recalcar que, a pesar de la carga a transferir mediante sus restauradores de enlace a través de sus distintas subestaciones eléctricas de distribución, se tiene un horario en cual de no concluirse oportunamente la secuencia de maniobras se puede presentar el colapso de la red eléctrica de distribución, mismo que es señalado en las Tablas 3.12 y 3.13

3.7. Subestación Eléctrica Móvil

Una vez realizado el análisis de transferencia de carga se interconectará una **SE Móvil** (Figura 3.17) tipo intemperie, en donde sus componentes se encuentran adaptados para funcionar en condiciones atmosféricas adversas para sustituir el T1 de la SE POD a fin de respaldar su carga para llevar a cabo la remodelación de la bahía de 115 kV

Este tipo de subestaciones se le denomina subestación móvil, debido a que la subestación completa se encuentra montada a un remolque con todos los componentes eléctricos, para captar y distribuir la energía eléctrica.

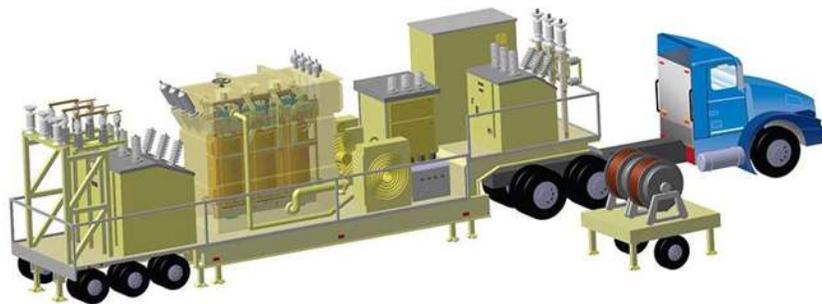


Figura 3.17 Subestación Eléctrica Móvil

Dicha subestación al igual que una subestación fija se encuentra conformada por los siguientes elementos primarios:

- Transformador de potencia de una capacidad de 30 MVA, con una relación de transformación de 115 kV/ 23-13.8 kV, conexión delta-estrella, con doble devanado, servicio intemperie sumergido en aceite como medio aislante y refrigerante.
- Interruptor de potencia de 1250 A y 31.5 kA, del tipo tanque muerto de operación tripolar y aislamiento interno de GAS SF6, clase 123 kV para la llegada de la alimentación de 115 kV.
- Interruptor en vacío de 1250 A, 25 kA a tensión 36 kV, con alimentación radial hacia la carga en media tensión.
- Un transformador de 75 kVA para tensión de 23 kV y 13.8 kV para servicios propios de la subestación.
- Una barra principal de media tensión para 23 kV de cobre desnudo para resistir cualquier esfuerzo de corto circuito y sobrecarga, en relaciona la potencia máxima del transformador de potencia.
- Apartarrayos en lado de media tensión 23 kV y alta tensión 115 kV
- Un sistema perimetral de puesta tierra con de barra de cobre desnudo
- Tablero de protección, medición y control para los distinto equipos de la subestación.

Estos elementos se encuentran simplificados en el siguiente diagrama unifilar (Figura 3.18)

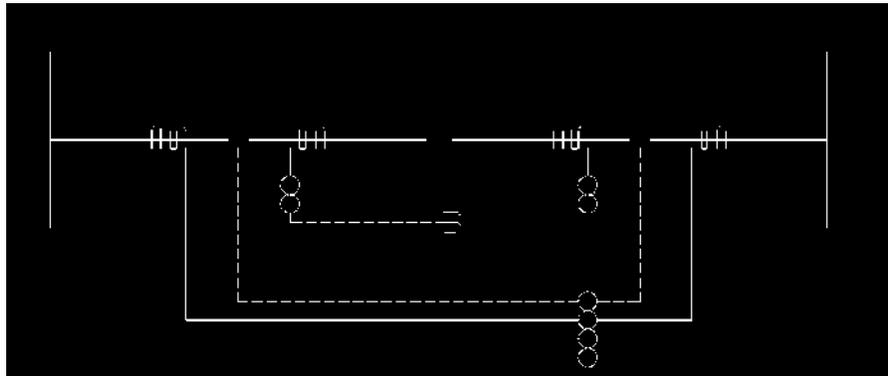


Figura 3.18 Diagrama unifilar de Subestación Eléctrica Móvil

Fuente: CFE Distribución-Zona Uruapan Departamento de SE

Si bien con esta **SE Móvil** y su análisis de transferencia de carga a las distintas subestaciones eléctricas de la Zona Uruapan, en el siguiente capítulo se logrará poner en operación dicha **SE Móvil**, la cual nos permitirá realizar la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD para el reemplazo de dos interruptores de potencia con más de 35 años antigüedad como objetivo principal de este proyecto de ingeniería.

Capítulo 4

Puesta en Servicio S.E. Móvil de 30 MVA y Normalización de Carga de las S.E. Charapan y Paracho Dos.

4.1. Introducción

De acuerdo al análisis de transferencia de carga realizado en el capítulo anterior donde se determina el comportamiento de la carga a transferir es importante mencionar que para realizar este procedimiento es necesario llevar a cabo una secuencia de maniobras en niveles de tensión de 115 kV y 13.8 kV para poder transferir la carga de las subestaciones eléctricas Paracho Dos y Charapan que permitan la conexión y puesta en servicio de la **SE Móvil** para realizar la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD para la mejora de la confiabilidad en las RGD.

Es por lo que en este capítulo daremos la descripción de las maniobras a ejecutar, que permitan interconectar la **SE Móvil** de capacidad de 30 MVA para abastecer eléctricamente a los 6 alimentadores de los circuitos media tensión de la SE POD a fin de no interrumpir el suministro eléctrico a las distintas poblaciones de la región purépecha durante la remodelación de su bahía de 115 kV.

4.2. Licencias y/o permisos en las RGD

Todos los elementos que conforman una red general de distribución de energía eléctrica para su operación y/o mantenimiento se rigen a través de licencias y/o permisos para poder realizar una actividad en estas mismas de acuerdo con el código de red y la ley de reglamento de la industria eléctrica, esto con la finalidad de tener un control sobre la disponibilidad y operación del sistema eléctrico de distribución.

El sistema eléctrico es controlado por diferentes niveles de operación, los cuales están encargados para que el CENACE cumpla su función en el sistema eléctrico nacional y tenga una operación adecuada para el mercado eléctrico mayorista a través de 4 niveles de operación, mismos que se encuentran coordinados entre sí para lograr este objetivo.

Estos niveles se encuentran definidos de la siguiente manera:



Figura 4.1 Niveles de operación del sistema eléctrico

Fuente: Código de Red. Manual Regulatorio de Coordinación Operativa del Proceso básico de operación y los niveles operativos (1.1.4).

Referente a lo anterior para poder llevar a cabo los trabajos a ejecutar que nos permitan remodelar la bahía de 115 kV de la SE POD, es necesario realizar una secuencias de maniobras en el sistema eléctrico de distribución y transmisión en los niveles cuarto y tercero de la operación del sistema eléctrico con el fin de interconectar una **SE Móvil** para el respaldo de la carga en la remodelación de la bahía de 115 kV, donde de acuerdo a las políticas, criterios y lineamientos para efectuar estas actividades de operación es necesario tener un registro que nos permita la ejecución de estos mismos trabajos a través del sistema de gestión de licencias.

El sistema de gestión de licencias en los diferentes niveles de operación cuenta con un procedimiento para poder ser otorgado un trabajo en un sistema eléctrico, de manera que estos se encuentran establecidos mediante políticas, criterios y lineamientos a través de una solicitud de registro de trabajo para ser revisada y autorizada por un supervisor encargado del nivel operativo para conceder una licencia en vivo o muerto según lo requiera la actividad a desarrollar.

Estas solicitudes de trabajo son concedidas por medio de una licencia, permitiendo al personal la ejecución de los trabajos en un elemento de la red eléctrica con sus respectivas normas de seguridad, en donde dichas licencias se encuentran clasificadas en la Figura 4.2



Figura 4.2 Esquema de licencias del sistema eléctrico

Donde:

Licencia Programada: es aquella que se concede a través de un registro para realizar una modificación, mantenimiento, ampliación de red, así como puesta en servicio de elementos en las redes de eléctricas.

Licencia por Emergencia: es aquella que se concede de manera inmediata en elementos, dispositivos o equipos que se encuentren en unas condiciones críticas en el sistema eléctrico.²⁴

²⁴ Código de Red. Capítulo 6. Disposiciones generales aplicables a sistemas eléctricamente aislados (SEA).6.3.9 Coordinación de programas de mantenimiento. Criterio 60.

El tipo de clasificación de las licencias programadas y por emergencia son otorgadas en vivo o en muerto dependiendo la actividad a realizar en campo esto de acuerdo con lo siguiente:

Licencia en Vivo: es aquella que se autoriza a un personal para realizar o ejecutar una actividad en equipos energizados.

Licencia en Muerto: es aquella que se autoriza a un personal para realiza o ejecutar una actividad en equipos desenergizados.

Los registros para un trabajo en línea energizada tienen como criterio de solicitud ser registrado un día previo a la ejecución de los trabajos como horario limite las 17:00 hrs para su revisión y autorización.

Para los registros en vivo que impliquen transferencia de carga sin afectación en las redes de media tensión estos deberán ser registrados 48 hrs previas a la ejecución de los trabajos para su revisión y autorización.

Los registros para un trabajo en línea desenergizada a comparación de la línea energizada, se ven clasificados en dos tipos, con afectación y sin afectación donde un registro en muerto sin afectación debe ser registrado un día previo a la ejecución de los trabajos teniendo como horario limite antes de las 12:00 hrs para su revisión y autorización.

Caso contrario lo es cuando se tiene un registro en muerto con afectación debido a que este debe ser cargado 120 hrs antes de la ejecución de los trabajos, esto con la finalidad de notificar a todo usuario que tendrá una interrupción en el suministro de energía eléctrica de acuerdo con la ley de la industria eléctrica y los marcos legales.²⁵

²⁵Código de Red. Capítulo 6. Disposiciones generales aplicables a sistemas eléctricamente aislados (SEA).6.3.9 Coordinación de programas de mantenimiento. Criterio 60, 61, 62, 63, 64 y 65.

Sin embargo los tipos de trabajos bajo licencias indispensablemente sean en vivo o en muerto son llevadas a cabo mediante una planeación de gabinete para definir el material y equipo a utilizar en dicha actividad, en la que cabe resaltar que cualquier maniobra es llevada a cabo de acuerdo a un catálogo de maniobras del tipo y nivel de tensión del sistema eléctrico en el que se vaya a realizar una actividad, donde es de suma importancia respetar toda norma de seguridad para salvaguardar la integridad física de cualquier colaborador y la confiabilidad del sistema eléctrico.²⁶

4.3. Planeación de los trabajos en Subestación POD y CHN

La ejecución de los trabajos para la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD e interconexión de la **SE Móvil** se realizan mediante la coordinación de registros en muerto y en vivo en los niveles de operación tercero y cuarto de acuerdo a la Figura 4.1 debido a que están encargados del control del Transportista, centro de control de distribución y participantes del mercado eléctrico mayorista en los niveles de tensión 115 kV y 13.8 kV, por lo que estos registros en vivo y en muerto permitirán desenergizar la bahía y transferir la carga del sistema eléctrico para interconectar la **SE Móvil** con la finalidad de respaldar la carga de los 6 alimentadores de la SE POD y poder realizar dicha remodelación.

El esquema de alimentación de la SE POD en 115 Kv es a través de las líneas UPT-73990-POD, POD-73M20-CHN y POD-73980-CRP por lo que se realiza la solicitud para la libranza de estas mismas al nivel de operación en 115 kV por medio de registros en muerto para ser solicitados a la zona de operación con una anticipación de 120 horas previas a su ejecución para su visto bueno, cabe recalcar que de existir un problema en el nivel de 115 kV previo a la ejecución de los trabajos por alguna anomalía por tiro carga u otra en el sistema, estos registros a pesar de ser solicitado en tiempo y forma tendrían que ser reprogramados hasta nuevo aviso.

²⁶ Reglamento de Seguridad e Higiene. Capítulo 100 Distribución. Revisión 2018. CFE-SUTERM.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

En lo que respecta al esquema de 13.8 kV se realiza la solicitud de trabajos en vivo con 48 hrs previas a su ejecución sobre las SE CHN y POD para transferir la carga de ambas subestaciones con el objetivo de lograr la interconexión de la **SE Móvil**.

Cabe resaltar que este tipo de maniobra de acuerdo a los criterios de la comisión reguladora de energía, indica que en maniobras de transferencia estas deben ser solicitadas dos días previo a su ejecución con la finalidad de presentar un análisis de transferencia de carga en donde se demuestre que la carga a transferir pueda ser soportada a través de sus distintos enlaces de transferencia de energía eléctrica conforme al horario de la ejecución de los trabajos, con tal motivo de evitar un colapso en el sistema eléctrico.

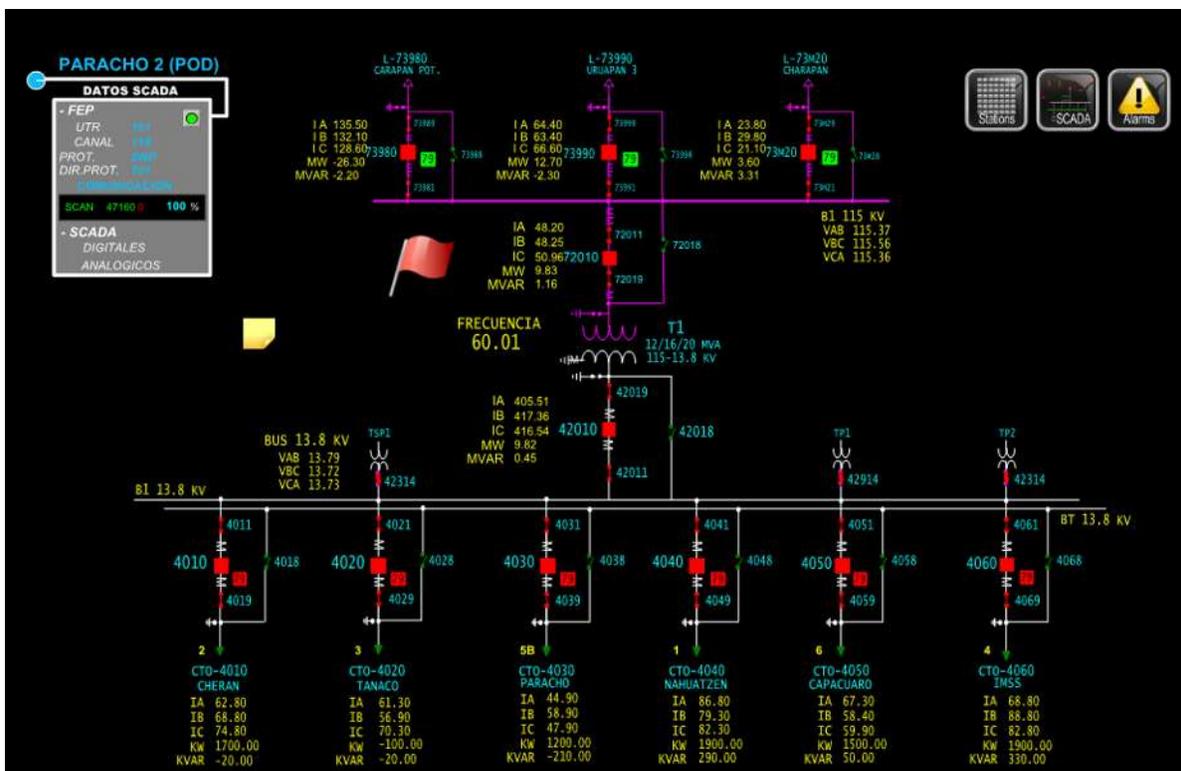


Figura 4.3 Esquema del sistema eléctrico en 115 kV y 13.8 kV de la SE POD.

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE POD

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Para eso a continuación se muestran los registros en vivo (Figura 4.4 y 4.5) y en muerto (Figura 4.6 y 4.7) con las distintas secuencias de maniobras que permitirán la libranza del T1 de la SE POD para interconectar la **SE Móvil** como sustitución del T1 para respaldar la carga de sus 6 alimentadores para realizar la remodelación de su bahía de 115 kV, en donde primeramente se transferirá la carga de ambas subestaciones en nivel de 13.8 kV para posteriormente librar el sistema de 115 kV sin interrumpir en el suministro de energía eléctrica en la región.

			
Comisión Federal de Electricidad		Licencias Federales	
División DF - CENTRO OCCIDENTE	ZONA URUAPAN	B - AREA PARACHO	
Registro:	DF122017002825	Tipo Licencia:	VIVO
		Licencia Diaria:	NO
Instalación:	(SE:POD-CTO:04010 - SECCIONAMIENTO/EQUIPO:00000	No.Lic.:	_____ RIM: _____
Inicio:	15/10/2017 7:00:00	Termino:	15/10/2017 19:00:00
			1 de 5
Trabajos a Desarrollar			
Trabajo:	0800 - ACTIVIDADES DIVERSAS TRANSFERIR CARGA POD-4010 Y POD-4040 A ENLACE MOJONERA STI-4020, ENLACE SAN LORENZO ELPOD-4020,POD-4030,POD-4050 Y POD-4060		
Ubicación:	TRANSFERENCIA DE CARGA DE S.E. POD PARA INSTALAR PLANTA DE EMERGENCIA PARA MODIFICACION DE BUS DE 115 KV		
Grupos:	(MT-03)()		
Observaciones:	CCD -- SE TRANSFIERE CARGA DE POD A ENLACES MOJONERA CON EL STI-4020 Y SAN LORENZO CON EL MRR-4015, EN BASE A CORREO DADO EL VO.BO. POR PARTE DEL CSD SE AUTORIZA		
Sin Afectación			

Figura 4.4 Registro en vivo para transferencia de carga de la Subestación POD

Fuente: Sistema Integral de Gestión de Licencias CFE Distribución

			
Comisión Federal de Electricidad		Licencias Federales	
División DF - CENTRO OCCIDENTE	ZONA URUAPAN	B - AREA PARACHO	
Registro:	DF122017002824	Tipo Licencia:	VIVO
		Licencia Diaria:	NO
Instalación:	(SE:CHN-CTO:04010 - SECCIONAMIENTO/EQUIPO:00000	No.Lic.:	_____ RIM: _____
Inicio:	15/10/2017 7:00:00	Termino:	15/10/2017 19:00:00
			1 de 4
Trabajos a Desarrollar			
Trabajo:	0800 - ACTIVIDADES DIVERSAS TRANSFERIR CARGA POR LIBRANZA BUS DE 115 KV EN PARACHO DOS		
Ubicación:	TRANSFERENCIA DE CARGA POR LIBRANZA LINEAS 73990 ,73980 Y 73M20 PARA INSTALACION PLANTA DE EMERGENCIA EN POD		
Grupos:	(MT-03)		
Observaciones:	CCD -- SE TRANSFIERE TODA LA SUBESTACION A SUS ENLACES PBN-4035 EL CHN-4030 Y RYS 4010 EL CHN-4010 Y CHN-4020		
Sin Afectación			

Figura 4.5 Registro en vivo para transferencia de carga de la Subestación CHN

Fuente: Sistema Integral de Gestión de Licencias CFE Distribución

CFE Comisión Federal de Electricidad ZONA DE OPERACION CENTRO OCCIDENTE

Consulta de Licencias

TIPO	LICENCIA	NODO INICIO	EQUIPO	OBSERVACIONES	MANIOBRAS
Muerto	COC17-7217	CHN	73M20 POD	MODIFICACION DE PUENTES POR TRABAJOS PUESTA EN SERVICIO SUBESTACION MOVIL EN PARACHO DOS.	
Muerto	COC17-7224	CHN	01	LIBRANZA DE T1 DE SE CHN POR LIBRANZA DE LINEA 73M20 RELACIONADO A LOS TRABAJOS DE MODIFICACIONES EN 115 KV DE LA SE POD	
Muerto	COC17-7225	CHN	73M20 POD	MODIFICACION DE PUENTES POR TRABAJOS PUESTA EN SERVICIO SUBESTACION MOVIL EN PARACHO DOS.	

Figura 6. Registro en muerto para libranza y modificación de puentes en línea POD-73M20-CHN

Fuente: Sistema Integral de Gestión de Licencias CFE Distribución

CFE Comisión Federal de Electricidad ZONA DE OPERACION CENTRO OCCIDENTE

Consulta de Licencias

TIPO	LICENCIA	NODO INICIO	EQUIPO	OBSERVACIONES	MANIOBRAS
Muerto	COC17-7218	POD	01	INSTALACION DE SUBESTACION MOVIL POR MODERNIZACION DE BAHIA DE 115 KV QUEDA FUERA POR 3 MESES EL POD T1	
Muerto	COC17-7219	POD	73980 CRP	TRABAJOS DE MODIFICACION DE PUENTES EN ESTRUCTURA 90 PARA LIBRAR LA SUBESTACION POD.	
Muerto	COC17-7220	POD	73990 UPT	TRABAJOS DE MODIFICACION DE PUENTES EN LA ESTRUCTURA 90 PARA LIBRAR LA SUBESTACION PARACHO DOS. PUESTA EN OPERACION SUBESTACION MOVIL.	
Muerto	COC17-7221	POD	01	INSTALACION DE SUBESTACION MOVIL POR MODERNIZACION DE BAHIA DE 115 KV QUEDA FUERA POR 3 MESES EL POD T1	
Muerto	COC17-7222	POD	73980 CRP	TRABAJOS DE MODIFICACION DE PUENTES EN ESTRUCTURA 90 PARA LIBRAR LA SUBESTACION POD.	
Muerto	COC17-7223	POD	73990 UPT	TRABAJOS DE MODIFICACION DE PUENTES EN LA ESTRUCTURA 90 PARA LIBRAR LA SUBESTACION PARACHO DOS. PUESTA EN OPERACION SUBESTACION MOVIL.	
Muerto	COC17-7226	POD	01 115	INSTALACION DE SUBESTACION MOVIL POR MODERNIZACION DE BAHIA DE 115 KV QUEDA FUERA POR 3 MESES EL POD T1	

Figura 9 Registro en muerto para libranza y modificación de puentes en línea POD-73980-CRP y POD-73990-UPT

Fuente: Sistema Integral de Gestión de Licencias CFE Distribución

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Una vez realizado la solicitud de registros para la libranza y transferencia se establecen los siguientes cuadros de maniobras de inicio y restablecimiento para su ejecución en campo de acuerdo con el análisis realizado de transferencia de carga del capítulo 3.

MANIOBRAS DE INICIO

No.	Descripcion Maniobra	Localización	Grupo
1	CERRAR D1756 SAL A NAHUATZE SOLICITAR A CCD CIERRE DEL ENLACE CHERAN SALIDA POD-4010 CON POD-4040 ANILLANDO	CHERAN SALIDA A NAHUATZEN	MT-03
2	ABRIR INT.POD-4010 SOLICITAR A CCD APERTURA DEL POD-4010	S.E. POD	MT-03
3	ABRIR INT POD-4040 SOLICITAR AL CCD APERTURA DEL POD-4040	S.E. POD	MT-03
4	V A POTENCIAL INTPOD4010 Y POD4040 VERIFICAR AUSENCIA DE POTENCIAL Y ABRIR CUCHILLAS 4011,4019,4041 Y 4049 EN S.E POD	S.E. POD	MT-03
5	CERRAR D1758 MOJONERA SOLICITAR A CCD CIERRE ENLACE MOJONERA PARA TRANSFERIR EL POD-4010 Y 4040 A STI-4020	CRUCERO A SAN ISIDRO Y PICHATARO	MT-03
6	ABRIR R1851 ARANTEPACUA SOLICITAR A CCD APERTURA DEL REST ARANTEPACUA DEL POD-4060	CRUCERO NAHUATZEN	MT-03
7	CERRAR D1754 COMACHUEN SOLICITAR A CCD CIERRE ENLACE COMACHUEN DEL POD-4040 CON EL POD-4060 PARA CARGAR COMACHUEN Y TURICUARO A STI-4020	SALIDA A SEVINA EN COMACHUEN	MT-03
8	ABRIR INT.POD-42010 SOLICITAR A CCD APERTURA DEL INT POD-42010	S.E. POD	MT-03
9	V A POTENCIAL INT.POD-42010 VERIFICAR POTENCIAL Y ABRIR CUCHILLAS 42011 Y 42019 EN S.E. POD	S.E. POD	MT-03
10	CERRAR D1002 ENLACE SAN LOR SOLICITAR A CCD CIERRE ENLACE SAN LORENZO EL POD-4020,POD-4030, POD-4050 Y POD-4060 PERMANECEN CERRADOS EN SUBESTACION POD Y TRANSFERIDOS AL MRR-4015	DESV A SAN LORENZO	MT-03
11	OTORGAR LICENCIA INT.POD-42010 SOLICITAR A CCD LICENCIA EN MUERTO SOBRE INT.POD-42010	S.E. POD	MT-03

Figura 4.8 Maniobras de inicio de transferencia de carga de la Subestación POD

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

No.	Descripcion Maniobra	Localización	Grupo	Responsable	Horario
1	ABRIR D1002 ENLACE SAN LOR SOLICITAR A CCD APERTURA A ENLACE SAN LORENZO EL POD-4020, POD-4030, POD-4050 Y POD-4060 TRANSFERIDOS AL MRR-4015	S.E POD	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
2	V AUSENCIA DE POTENCIAL INT.POD-42010 Y CERRAR CUCHILLAS 42011 Y 42019 EN S.E. POD	DESV A SAN LORENZO	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
3	CERRAR INT.POD-42010 SOLICITAR A CCD CIERRE DEL INT POD-42010	S.E POD	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
4	SOLICITAR A CCD CIERRE A EL POD-4020, POD-4030, POD-4050 Y POD-4060.	S.E. POD	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
5	ABRIR D1758 MOJONERA SOLICITAR A CCD APETURA ENLACE MOJONERA	CRUCERO A SAN ISIDRO Y PICHATARO	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
6	V AUSENCIA DEPOTENCIAL INTPOD4010 Y POD4040 Y CERRAR CUCHILLAS 4011.4019,4041 Y 4049 EN S.E POD	S.E. POD	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
7	CERRAR INT.POD-4010 SOLICITAR A CCD CIERRE DEL POD-4010	S.E. POD	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
8	APERTURA D1754 COMACHUEN SOLICITAR A CCD APERTURADE ENLACE COMACHUEN DEL POD-4040 CON EL POD-4060	SALIDA A SEVINA EN COMACHUEN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
9	CERRAR R1851 ARANTEPACUA SOLICITAR A CCD CIERRE DEL REST ARANTEPACUA DEL POD-4060	CRUCERO NAHUATZEN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
10	CERRAR INT POD-4040 SOLICITAR AL CCD CIERRE DEL POD-4040	S.E. POD	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
11	CERRAR INT.POD-4010 SOLICITAR A CCD APERTURA DEL POD-4010	S.E. POD	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
12	ABRIR D1756 SAL A NAHUATZE SOLICITAR A CCD APERURA A ENLACE CHERAN SALIDA POD-4010 CON POD-4040 ANILLANDO	CHERAN SALIDA A NAHUATZEN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
13	DEVOLVER LICENCIA INT.POD-42010 SOLICITAR A CCD LICENCIA EN MUERTO SOBRE INT.POD-42010	S.E POD	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	

Figura 4.9 Maniobras de restablecimiento de transferencia de carga de la Subestación POD

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

MANIOBRAS DE INICIO

No.	Descripcion Maniobra	Localización	Grupo	Responsable	Horario
1	ABRIR INT.CHN-4030 SOLICITAR A CCD APERTURA DEL CHN-4030 Y ABIERTO ABRIR C.SEC. 4031 Y 4039	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
2	CERRAR R0103 ENLACE PBN4035 SOLICITAR A CCD UNA VEZ ABIERTO EL CHN-4030 CERRAR ENLACE PERIBAN PARA TRANSFERIR LA CARGA AL PBN-4035	ENTRE ZIROSTO Y PERIBAN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
3	ABRIR INT.CHN-42010 SOLICITAR A CCD APERTURA DEL INT BANCO 42010 EN S.E. CHN	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
4	V ABIERTO INT.42010 VERIFICAR ABIERTO 42010 ABRIR CUCHILLAS CHN 42011 Y 42019 LOS INTERRUPTORES CHN-4010 Y 4020 QUEDAN CERRADOS	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
5	CERRAR R0003 SOLICITAR CIERRE ENLACE ORUSCATO PARA TRANSFERIR CARGAS DEL CHN-4010 Y CHN-4020	ENLACE3 ORUSCATO	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
6	OTORGAR LICENCIA CHN-42010 SOLICITAR A CCD LICENCIA EN MUERTO SOBRE EL INT.42010 DE S.E. CHN	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	

No.	Descripcion Maniobra	Localización	Grupo	Responsable	Horario
1	CERRAR CUCHILLAS CHN 42011 Y 42019.	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
2	CERRAR INT.CHN-42010 SOLICITAR A CIERRE AL INT BANCO 42010 EN S.E. CHN	ENLACE3 ORUSCATO	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
3	ABRIR R0003 SOLICITAR APERTURA ENLACE ORUSCATO PARA CARGA DEL CHN-4010 Y CHN-4020	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
MANIOBRAS DE RESTABLECIMIENTO					
4	ABRIR R0103 ENLACE PBN4035 Y CERRAR	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
5	ABRIR R0103 ENLACE PBN4035 Y CERRAR	ENTRE ZIROSTO Y PERIBAN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
6	CERRAR CUCHILLAS CHN 4231 Y 4239 DEL INT CHN-04030.	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
7	SOLICITAR EL CIERRE CHN-04010, CHN-04020 Y CHN-04030 SOLICITAR A CCD RETIRO DE LICENCIA EN MUERTO SOBRE EL INT.42010 DE S.E. CHN	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	
6	DEVOLVER LICENCIA CHN-42010 SOLICITAR A CCD RETIRO DE LICENCIA EN MUERTO SOBRE EL INT.42010 DE S.E. CHN	S.E. CHN	MT-03	9AL8J-ISIDRO FERNANDO ESTRADA CARDENAS	

Figura 4.10 Maniobras de inicio y restablecimiento de transferencia de carga de la Subestación CHN

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

MANIOBRAS DE INICIO

No.	Descripcion Maniobra	Localización	Grupo
1	ABRIR 73990 upt	UPT	ZOTCO
2	ABRIR 73980 CRP	CRP	ZOTCO
3	ABRIR 73991 Y 73999 upt	UPT	ZOTCO
4	ABRIR 73981 Y 73989 crp	CRP	ZOTCO
5	ABRIR 72010 chn	CHN	ZOTCO
6	ABRIR EQUIPO DE SECCIONAMIENTO PODTRANSF. DE POTENC	SE POD	SES-03
7	DETECTAR AUSENCIA DE POTENCIAL PODTRANSF. DE POTENC	SE POD	SES-03
8	INSTALACION EQUIPO PUESTA A TIERRA PODTRANSF. DE POTENC	SE POD	SES-03

MANIOBRAS DE RESTABLECIMIENTO

No.	Descripcion Maniobra	Localización	Grupo
1	RETIRO EQUIPO PUESTA TIERRA PODTRANSF. DE POTENC	SE POD	SES-03
2	CERRAR EQUIPO DE SECCIONAMIENTO PODTRANSF. DE POTENC	SE POD	SES-03
3	CERRAR 72010 chn	CHN	ZOTCO
4	CERRAR 73981 Y 73989 crp	CRP	ZOTCO
5	CERRAR 73991 Y 73999 upt	UPT	ZOTCO
6	CERRAR 73980 CRP	CRP	ZOTCO
7	CERRAR 73990 upt	UPT	ZOTCO
8	CERRAR 73990 POD	POD	ZOTCO
9	VERIFICAR SECUENCIA DE FASES 73980 POD	POD	ZOTCO
10	CERRAR 73980 POD	POD	ZOTCO
11	CERRAR 73M20 POD	POD	ZOTCO
12	CERRAR 72010 POD	POD	ZOTCO
13	CERRAR 72010 CHN	CHN	ZOTCO

Figura 4.11 Maniobras de inicio y de restablecimiento en sistema de 115 kV

Con esta secuencia de maniobras la carga de las SE POD y CHN queda totalmente transferida y respaldada a través de sus distintos enlaces eléctricos con los distintos alimentadores de las subestaciones vecinas.

4.4. Puesta en Servicio de la Subestación Móvil

Conforme a los registros anteriores en donde se indican la secuencia de maniobras a ejecutar para la interconexión de la **SE Móvil**, se da inicio con los trabajos para librar la SE POD realizando como primera maniobra el cierre del desconectador D1756 salida Nahuatzen entre el circuito POD-04010 y POD-04040 para anillar ambos circuitos y abrir el interruptor POD-04010 (Figura 4.12 y 4.13).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 07:30:25	12-POD10 CHERAN	79-R CHERAN	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 07:30:34	12-PARACHO DOS	79-IN-4040	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 07:30:36	12-POD10 CHERAN	79-R CHERAN	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 07:30:40	12-PARACHO DOS	79-IN-4040	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 07:35:05	12-POD40 CHERAN SAL	DESC ENLACE POD-4010	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 07:35:24	12-POD40 CHERAN SAL	DESC ENLACE POD-4010	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 07:35:49	12-PARACHO DOS	79-IN-4010	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 07:35:53	12-PARACHO DOS	IN-04010-U	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 07:35:54	12-PARACHO DOS	79-IN-4010	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 07:36:00	12-PARACHO DOS	IN-04010-U	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO

Figura 4.12 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra POD-04010

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

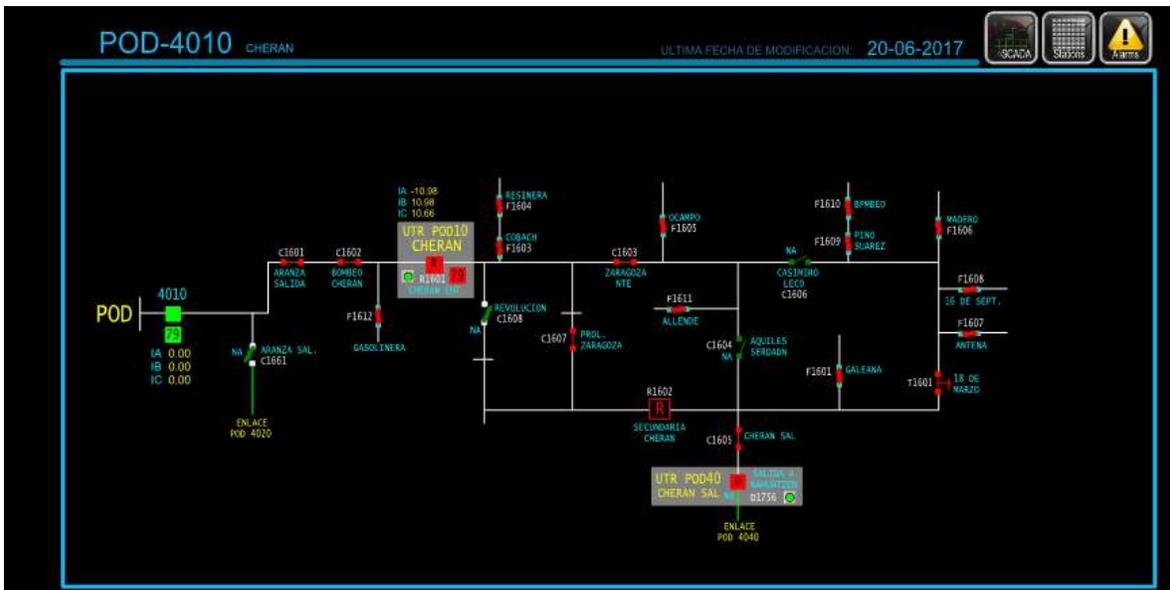


Figura 4.13 Apertura al interruptor POD-04010 anillado con circuito POD-04040

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04010 Cheran.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Continuando como segunda maniobra se procede a abrir el interruptor POD-04040 para transferir su carga junto la del POD-04010 al circuito STI-04020 mediante el Desconectador Mojonera de enlace, para consecutivamente por seguridad realizar la apertura de cuchillas 4011,4019, 4041,4049 en subestación POD para tener apertura visible (Figura 4.14 y 4.15).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 07:42:27	12-PARACHO DOS	IN-04040-R	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 07:42:30	12-PARACHO DOS	IN-04040-R	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 07:44:36	12-POD40 MOJONERA	DESC MOJONERA ENL-STI 147R@consola4, Operator Contr		CERRAR
10/15/17 07:44:53	12-POD40 MOJONERA	VCA-POD	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:44:53	12-POD40 MOJONERA	DESC MOJONERA ENL-STI	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	CERRADO
10/15/17 07:44:56	12-POD40 CHERAN SAL	VCA	RETORNO A NORMAL INTERR.	NORMAL
10/15/17 07:44:56	12-POD40 CHERAN SAL	CARGADOR	RETORNO A NORMAL INTERR.	NORMAL
10/15/17 07:45:05	12-POD40 COMACHUEN	VCA POD-4040	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:45:13	12-POD10 CHERAN	CARGADOR	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:45:13	12-POD10 CHERAN	VCA	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 07:45:13	12-POD10 CHERAN	VCA	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:45:13	12-POD10 CHERAN	VCA	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:45:13	12-POD10 CHERAN	VCA	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:45:13	12-POD10 CHERAN	VCA	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 07:45:21	12-POD40 NAHUATZEN	CARGADOR	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:45:21	12-POD40 NAHUATZEN	VCA-POD-4040	Retorno a Normal	NORMAL

Figura 4.14 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra POD-04040.

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms.

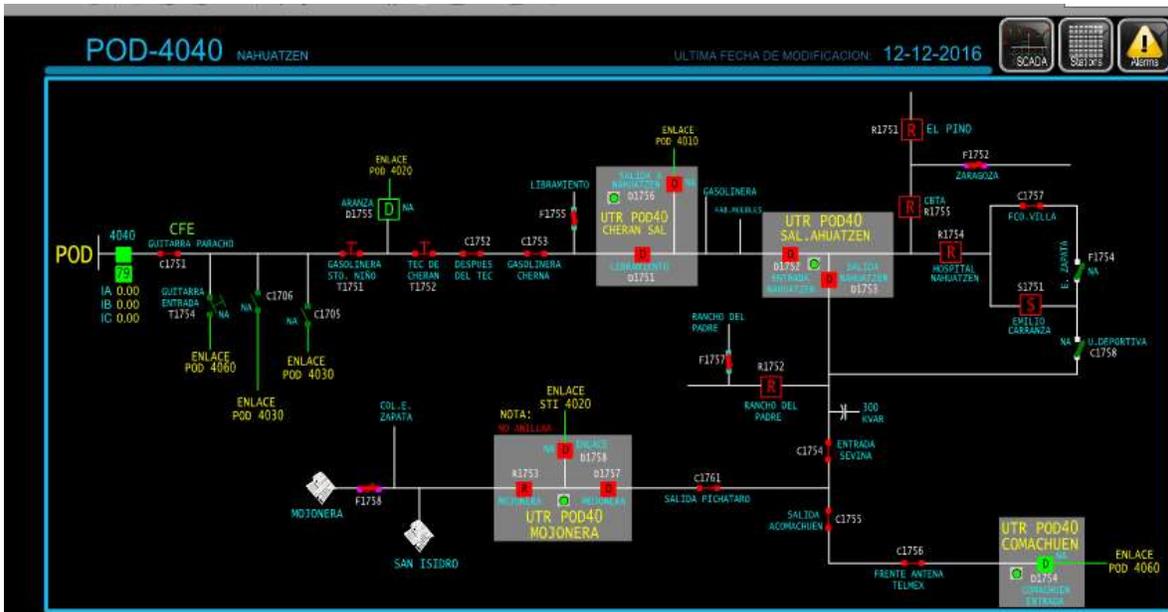


Figura 4.15 Apertura al interruptor POD-04040 para transferir carga al STI-04020 por el enlace Mojonera.

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04040 Nahuatzen.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Teniendo la carga transferida de los alimentadores POD-04010 y POD-04040 al circuito STI-04020, se procede a realizar la apertura del Restaurador Arantepacua del circuito POD-04060 para cerrar el Desconectador Comachuen con el fin de transferir al STI-04020 la carga de las poblaciones de Turicuaro y Comachuen por el enlace Comachuen a través del POD-04040 (Figura 4.16 y 4.17).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 07:45:34	12-POD60 ARANTEPACU	79-R ENT ARANTEPACUA 147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR	BLOQUEAR
10/15/17 07:45:42	12-POD60 ARANTEPACU	79-R ENT ARANTEPACUA	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	BLOQUEADO
10/15/17 07:45:43	12-POD60 ARANTEPACU	REST ENT ARANTEPACUA 147R@consola4, Operator Contr	ABRIR	ABRIR
10/15/17 07:45:53	12-POD60 ARANTEPACU	REST ENT ARANTEPACUA	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 07:46:00	12-POD40 COMACHUEN	DESC ENL COMACHUEN 147R@consola4, Operator Contr	CERRAR	CERRAR
10/15/17 07:46:04	12-POD40 COMACHUEN	DESC ENL COMACHUEN	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	CERRADO
10/15/17 07:46:12	12-POD60 KINDER COM	VCA	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 07:46:12	12-POD60 KINDER COM	VCA	Retorno a Normal	NORMAL

Figura 4.16 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra POD-04060.

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms.

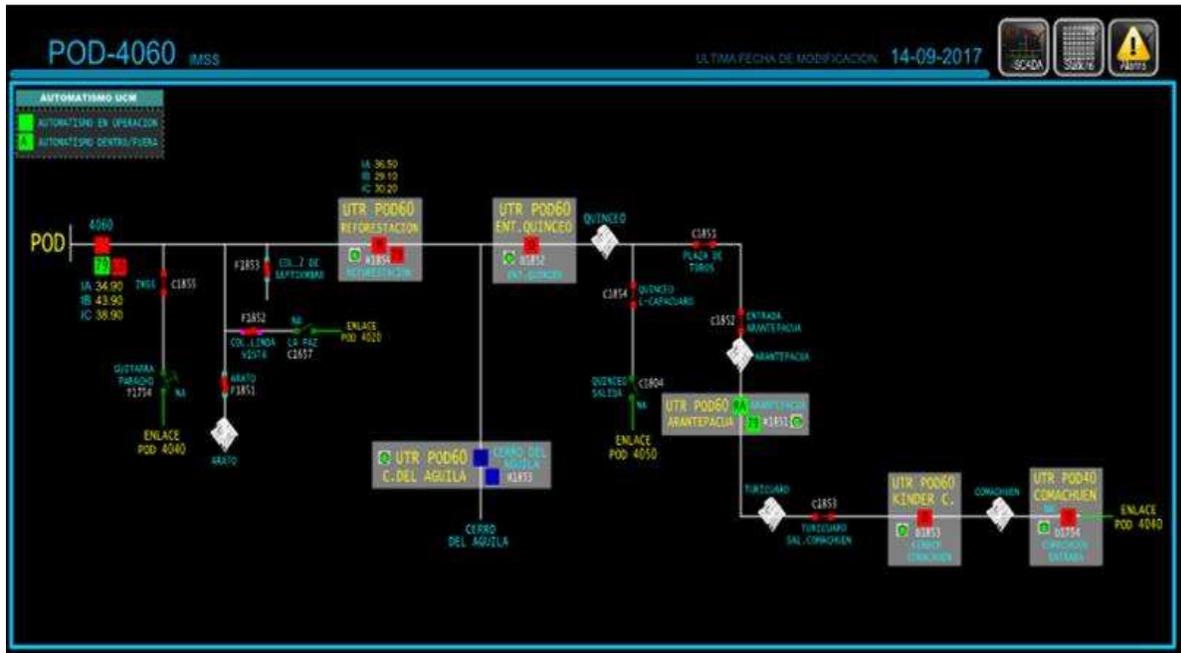


Figura 4.17 Apertura al restaurador Arantepacua y transferencia de carga de la población Turicuaro y Comachuen al STI-04020.

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04060 Imss Quinceo.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Por último, para librar los alimentadores POD-04020, POD-04030, POD-04050 y la carga restante del alimentador POD-04060 se procede a mantener estos alimentadores cerrados en la subestación Paracho Dos para transferir su carga por medio del Bus realizando la apertura del interruptor de banco 42010 y cerrando el Desconectador de enlace San Lorenzo con el circuito MRR-04015 y POD-04050 (Figura 4.18 y 4.19).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 07:47:52	12-PARACHO DOS	IN-42010	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 07:47:55	12-PARACHO DOS	IN-42010	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 07:47:55	12-PARACHO DOS	VCA 4040	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 07:47:55	12-PARACHO DOS	VCA 4050	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 07:47:55	12-PARACHO DOS	VCA 4020	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 07:47:55	12-PARACHO DOS	VCA 4030	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 07:47:58	12-PARACHO DOS	VCA 4060	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 07:48:00	12-PARACHO DOS	VAN BUS 13.8 KV	MITE BAJO RAZONABILIDAD EXEI	0
10/15/17 07:49:12	12-MRR15 SAN LORENZ	DESC SN. LORENZO ENLACE	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 07:49:22	12-MRR15 CETIS	79-R CETIS	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 07:49:24	12-MRR15 SAN LORENZ	DESC SN. LORENZO ENLACE	CAMBIO DE ESTADO	CERRADO
10/15/17 07:49:24	12-PARACHO DOS	VCA 42010	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:49:24	12-PARACHO DOS	VCA 4060	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:49:26	12-PARACHO DOS	VCA 4040	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:49:26	12-PARACHO DOS	VCA 4050	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:49:26	12-PARACHO DOS	VCA 4030	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:49:26	12-PARACHO DOS	VCA 4020	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:49:26	12-PARACHO DOS	VCA 4010	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 07:49:28	12-MRR15 CETIS	79-R CETIS	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	BLOQUEADO
10/15/17 07:58:52	12-PARACHO DOS	VRTU-IN-72010	Control Nivel Superior	ABRIR
10/15/17 07:58:54	12-PARACHO DOS	IN-72010	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO

Figura 4.18 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra.

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms.

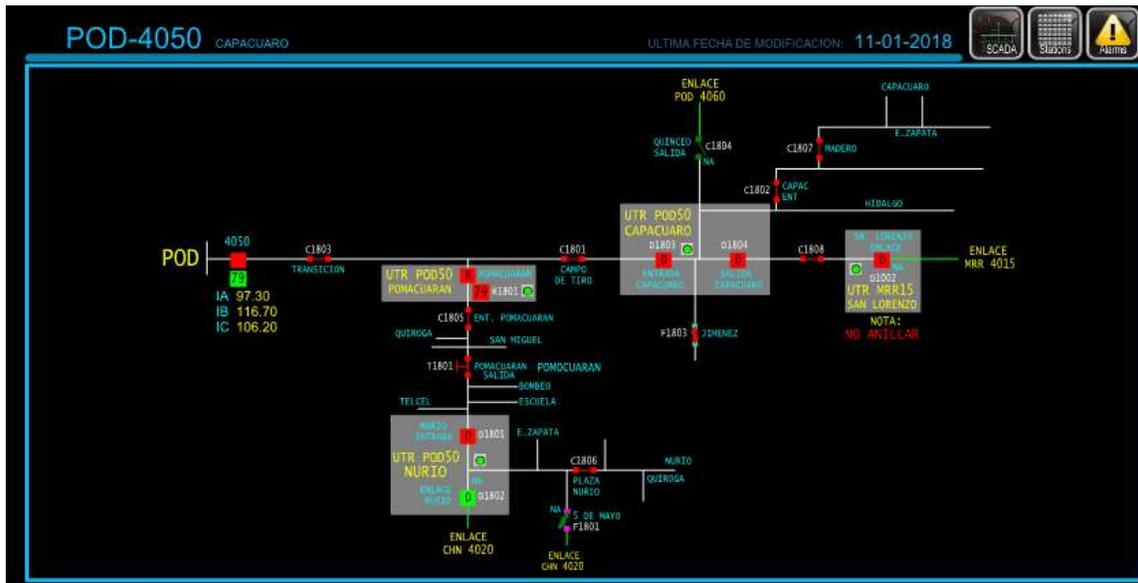


Figura 4.19 Cierre de enlace San Lorenzo entre POD-04050 y MRR-04015

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO POD-04050 Capacuaro.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Con la maniobra anterior realizada, la carga de la SE POD en el sistema de 13.8 kV queda totalmente transferida y respaldada, por lo que se procede a continuación a librar la SE CHN y su sistema en 115 kV con fin de proceder a la interconexión de la **SE Móvil**.

Como primera maniobra se realiza la transferencia de carga del alimentador CHN-04030 para proceder con la apertura del interruptor CHN-04030 y el mando de cierre al Restaurador de enlace Peribán PBN-04035 (Figura 4.20 y 4.21).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 08:04:21	12-CHARAPAN	79-IN-4030	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 08:04:24	12-CHARAPAN	79-IN-4030	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 08:04:45	12-CHARAPAN	IN-04030-R	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 08:04:55	12-CHARAPAN	IN-04030-R	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 08:06:29	12-CHN30 PERIBAN	REST ENLACE PBN	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 08:06:37	12-CHN30 PERIBAN	REST ENLACE PBN	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	CERRADO

Figura 4.20 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

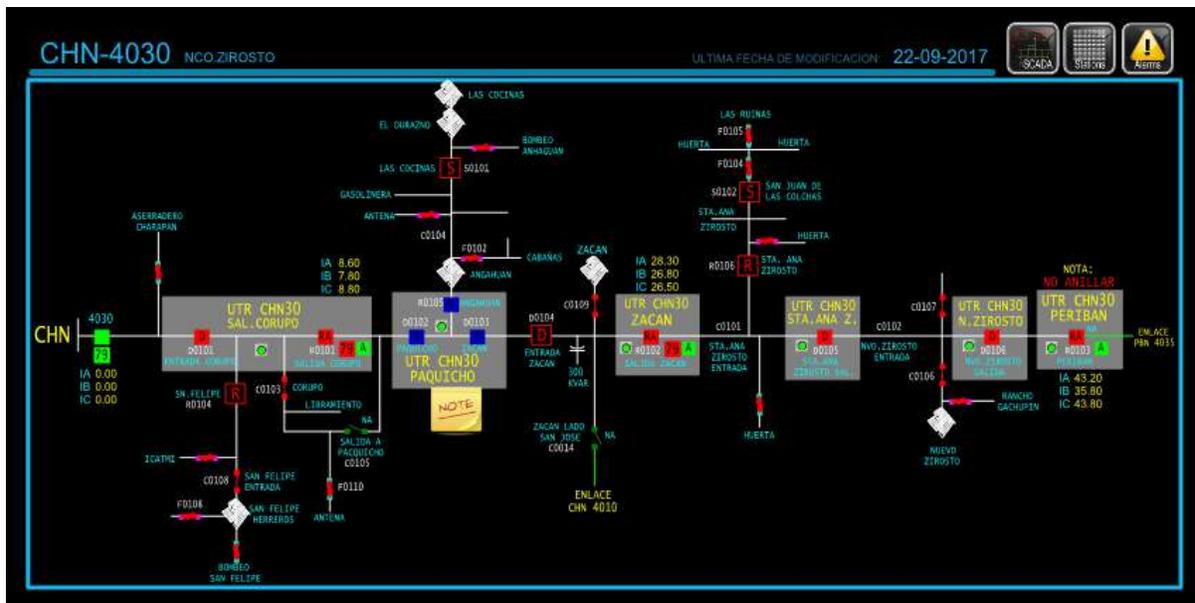


Figura 4.21 Apertura del interruptor CHN-04030 y cierre del enlace Peribán PBN-04035

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO CHN-04030 Nuevo Zirotto

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Teniendo transferido la carga del alimentador CHN-04030 se procede a abrir las cuchillas 4031 y 4039 para tener apertura visible y así mismo realizar la apertura del interruptor de banco 42010 de la subestacion Charapan a fin de transferir por el bus la carga de los alimentadores CHN-04010 y CHN-04020 por el enlace Oruscato del circuito RYS-04010 (Figura 4.22 y 4.23).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 08:07:17	12-CHARAPAN	IN-42010	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 08:07:28	12-CHARAPAN	IN-42010	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 08:07:47	12-CHARAPAN	VAB-BUS 13.8 KV	MITE BAJO RAZONABILIDAD EXEI	0
10/15/17 08:09:05	12-CHN10 ORUSCATO S	REST ORUSCATO	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 08:09:16	12-CHN10 ORUSCATO S	REST ORUSCATO	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	CERRADO
10/15/17 08:10:27	12-CHARAPAN	VAB-BUS 13.8 KV	MITE BAJO RAZONABILIDAD EXEI	13.1

Figura 4.22 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

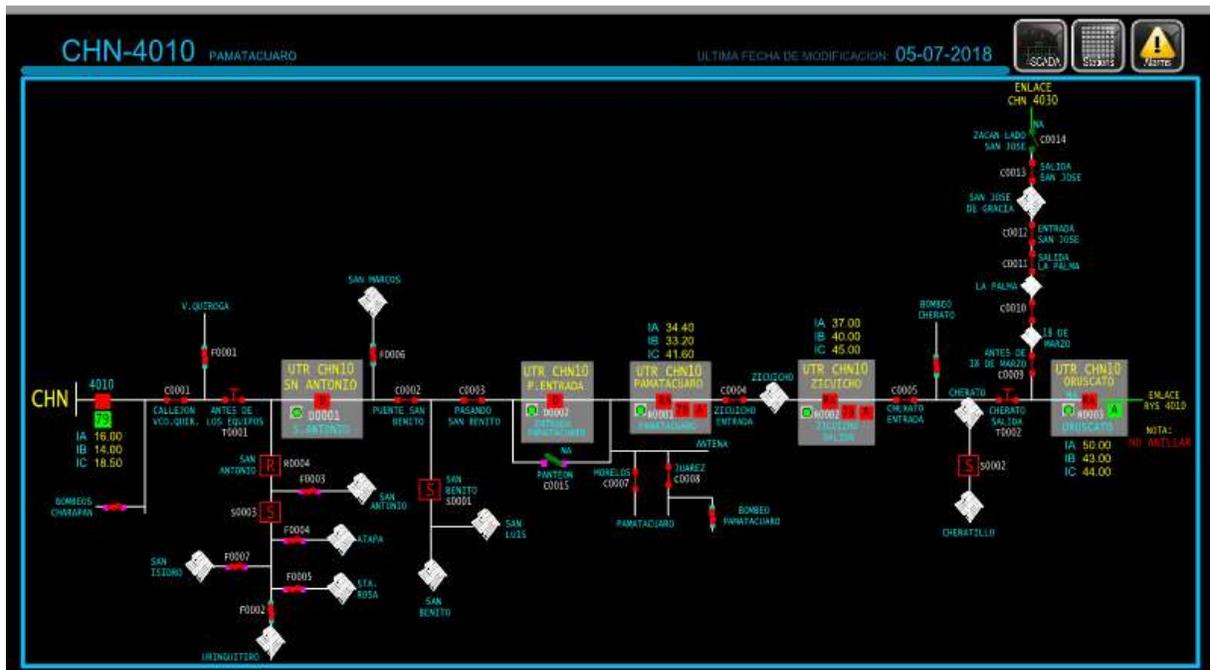


Figura 4.23 Transferencia de alimentadores CHN-04010 y CHN-04020 por medio del enlace Oruscato RYS-04010.

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO CTO CHN-04030 Nuevo Zirosto

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Con esta secuencia de maniobras realizadas se tiene transferida en su totalidad la carga de ambas subestaciones sin presentar un colapso en el sistema eléctrico.

Una vez transferida la carga en su totalidad de las SE POD y CHN se procede a librar el sistema de 115 kV las líneas de transmisión UPT-73990-POD, POD-73M20-CHN y POD-73980-CRP (Figura 4.24 y 4.25).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 08:21:15	12-URUAPAN TRES	VRTU-UPT IN-73990	Control Nivel Superior	ABRIR
10/15/17 08:21:23	12-URUAPAN TRES	IN-73990	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 08:21:41	12-PARACHO DOS	VRTU-IN-73980	Control Nivel Superior	ABRIR
10/15/17 08:21:41	12-PARACHO DOS	IN-73980	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 08:22:10	12-PARACHO DOS	VRTU-IN-73M20	Control Nivel Superior	ABRIR
10/15/17 08:22:14	12-PARACHO DOS	IN-73M20	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 08:24:09	12-PARACHO DOS	VRTU - CUCH. MOT POD 73989	Control Nivel Superior	ABRIR
10/15/17 08:24:14	12-PARACHO DOS	CUCHILLAS POD 73989	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 08:24:46	12-PARACHO DOS	VRTU - CUCH. MOT POD 73999	Control Nivel Superior	ABRIR
10/15/17 08:24:50	12-PARACHO DOS	CUCHILLAS POD 73999	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 08:25:23	12-CHARAPAN	VRTU-CHN IN-72010	Control Nivel Superior	ABRIR
10/15/17 08:25:34	12-CHARAPAN	IN-72010	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO

Figura 4.24 *Eventos registrados en la Unidad Central Maestra del control nivel superior.*

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

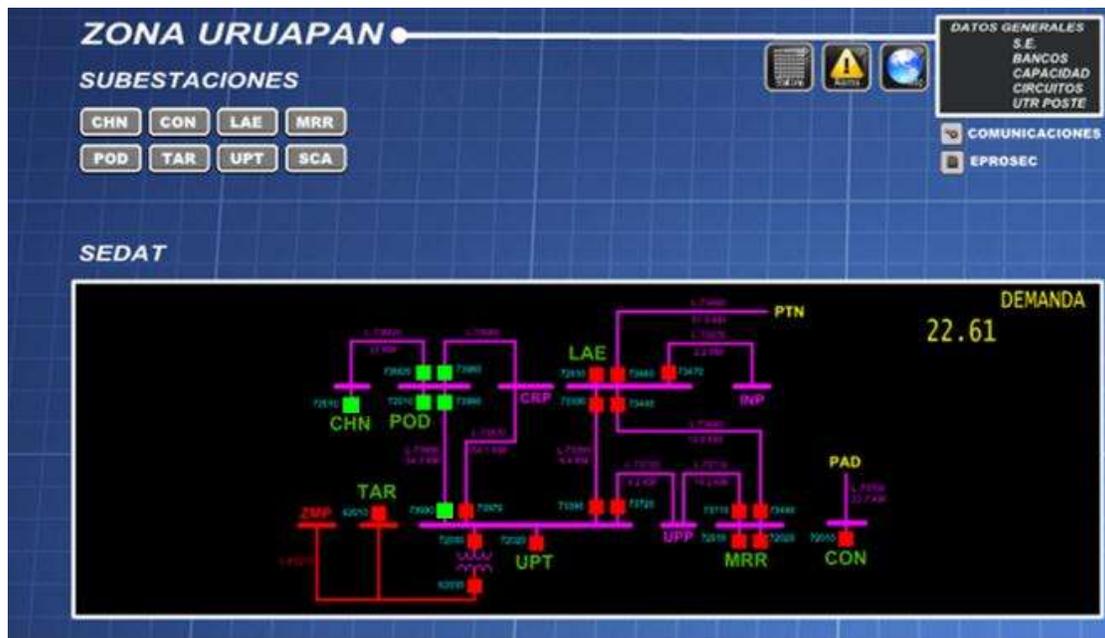


Figura 4.25 *Esquema de 115 kV Subestaciones Charapan y Paracho Dos libradas.*

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE Zona Uruapan.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Teniendo librado el esquema de 115 kV y librado el interruptor de banco con la carga transferida de la SE POD, se procede a realiza las siguientes modificaciones en 115 kV para la conexión de la subestación móvil que se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Actividades en 115 kV de Subestaciones Charapan y Paracho Dos

PROGRAMA DE ACTIVIDADES EN BUS DE 115 KV SE. PARACHO DOS				
OBRA : CONEXIÓN DE S.E. MOVIL EN SUBESTACION PARACHO DOS				
ACTIVIDADES LIBRADO EL BUS DE 115 KV				
No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	HORARIO	LINEAS A LIBRAR
1.-	Vestido de Poste Morelos y Madera est. PMOR76 y PM-3	Contratista	8:00 a 18:00	POD - 73980 - CRP POD- 73M20 - CHN POD- 73990-UPP
	Tendido de conductor de est. PMA- PM-3 - PMOR76	Contratista		
	Desconexion de puentes de est. PM-1 a	Contratista		
	Tendido de conductor de est. PMOR76 - IRD 1A	Contratista		
	Desconexion de puente PMOR 79- BAHIA Y IRD 72 - BAHIA	Contratista		
	Conexión de puentes entre líneas POD - 73980 - CRP y POD- 73990 UPP	Zona Uruapan		
	Conexión y Puesta en Servicio de la SE. Movil en SE. Paracho Dos.	Zona Uruapan		
	Asegurar Secuencia de fases entre subestacion CHN y POD	Zona Uruapan		
	Normalizar SE Movil	Zona Uruapan		
	Normalizar Carga MT en CHN y POD	Zona Uruapan		

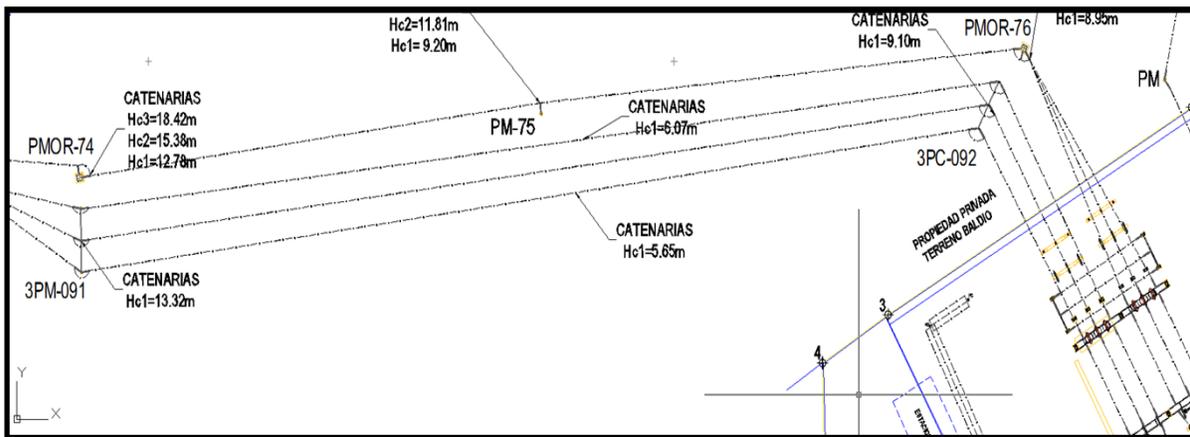


Figura 4.26 Condición en 115 kV de Subestaciones Charapan y Paracho Dos
Fuente: Diagrama AutoCad CFE Distribución-DCO SE POD Esquema de llegada 115 kV

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

De acuerdo con el cuadro de actividades de la Tabla 4.1 se procede a realizar modificaciones en el sistema de 115 kV en las líneas de Transmisión mediante el vestido y tendido de conductor entre posterior tipo madera, tipo mórelos y torres para realizar la conexión de puentes entre la línea 73980 y 73990 para obtener una sola línea que permita la llegada de alimentación al interruptor de tanque muerto de la **SE Móvil** para su puesta en operación (Figura 4.27).

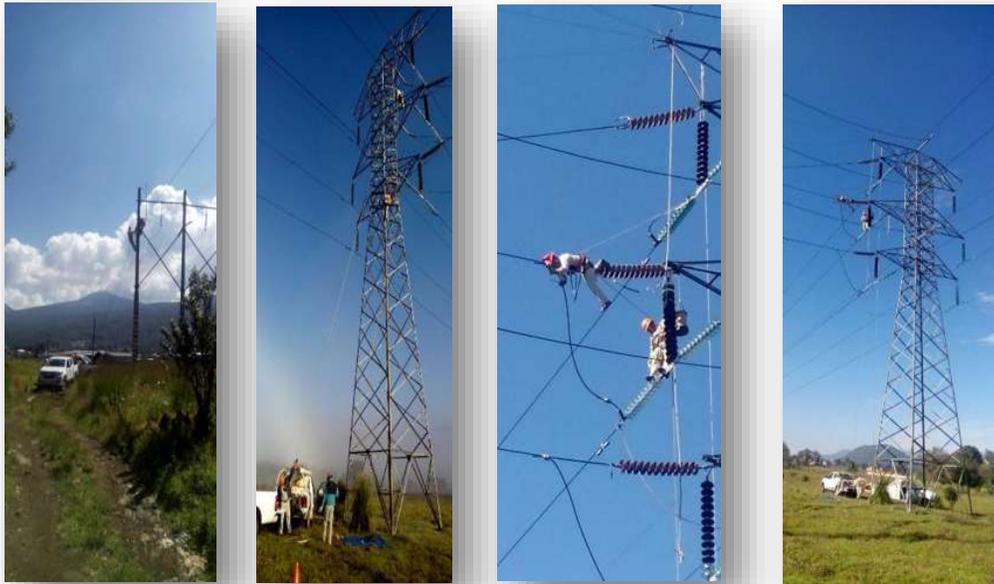


Figura 4.27 Modificación de líneas en sistema 115 kV para puesta en operación de Subestación Móvil

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Sistema de 115 kV Zona Uruapan

Con esta modificación se permite tener una sola línea de forma radial entre las subestaciones Charapan, Paracho Dos, Carapan y Uruapan Tres para brindar la llegada de alimentación a la **SE Móvil** con el objetivo de entrar en operación como sustitución del T1 de la subestación Paracho Dos para realizar la remodelación de la bahía en 115 kV y reemplazo de equipo eléctrico por obsolescencia.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

De acuerdo con la modificación del esquema de 115 kV se muestra en la Figura 4.28 la condición actual de alimentación a la **SE Móvil**.

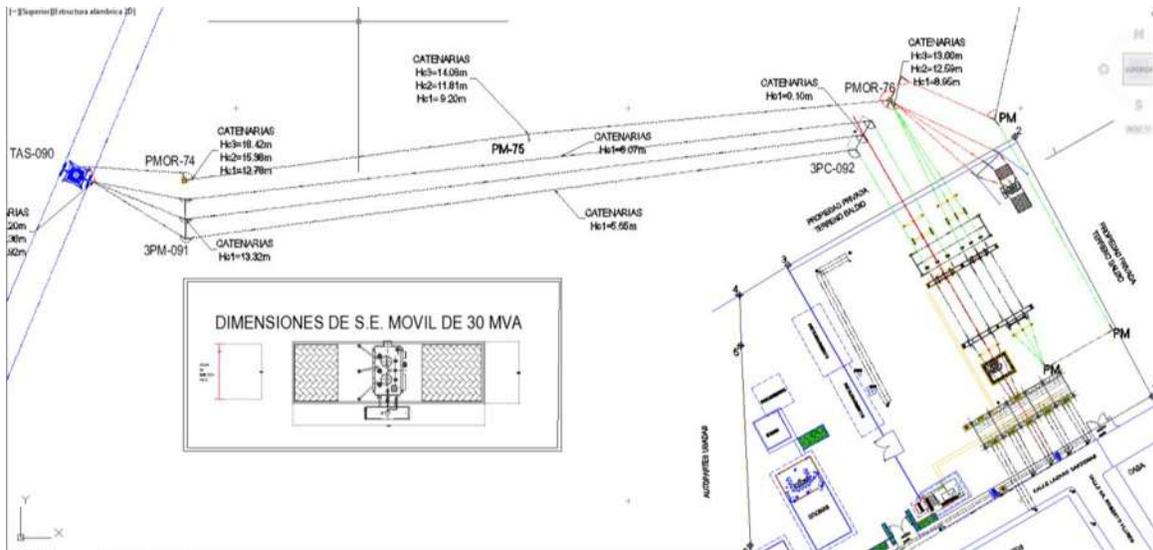


Figura 4.28 Sistema de 115 kV modificado con la conexión de la Subestación Móvil
Fuente: Diagrama AutoCad CFE Distribución-DCO SE POD Esquema de llegada 115 kV con SE Móvil

Con la modificación en el esquema de 115 kV se procede a realizar la conexión de la subestación móvil con alimentación de una línea radial para alimentar el banco 42010 como se muestra en la Figuras 4.29, 4.30 y 4.31.



Figura 4.29 Conexión de línea de 115 kV en interruptor de Subestación Móvil

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución



Figura 4.30 Salida del bus 23/13.8 kV para alimentación del banco 42010.

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan



Figura 4.31 Conexión del bus de 13.8 kV con alimentación al banco 42010 banco 42010.

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Una vez realizado las modificaciones en el sistema de 115 kV y las conexiones de alimentación en la **SE Móvil** en el sistema 13.8 kV, se procede a notificar al sistema de centro de control para realizar la modificación del diagrama unifilar de la SE POD para la normalización del sistema eléctrico (Figura 4.32).

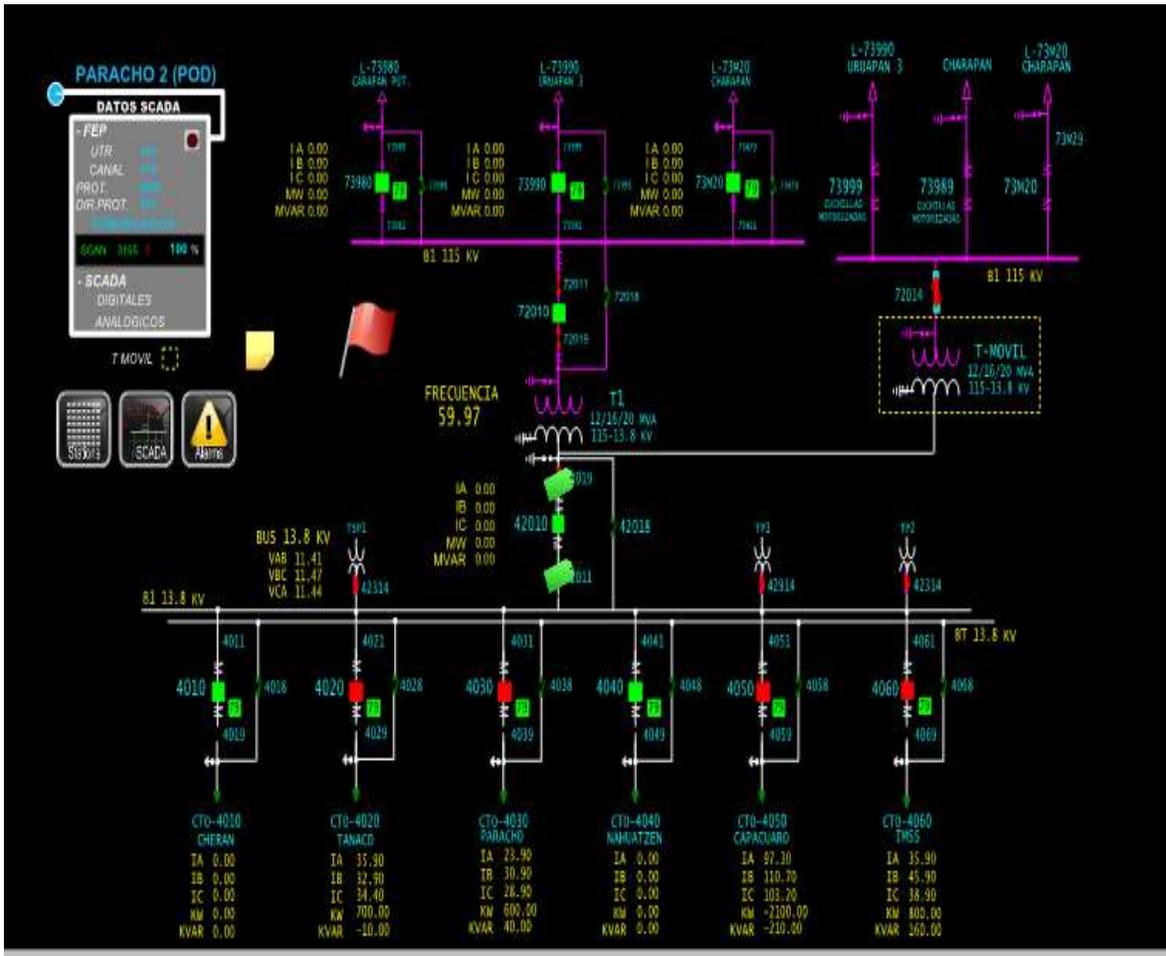


Figura 4.32 Diagrama unifilar de la SE POD con la conexión de SE Móvil

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE POD.

De la misma manera se le notifica al nivel superior la Zona de operación de las modificaciones en el sistema de 115 kV denominando de distinta nomenclatura el interruptor de tanque muerto 72014, para la protección del banco de la **SE Móvil**.

Una vez verificado la interconexión de la **SE Móvil**, se procede a bloquear los interruptores POD-04020, POD-04030, POD-04050 y POD-04060 para efectuar el cierre de cuchillas de bypass para respaldar la carga mediante la apertura de estos alimentadores con el objetivo de revisar el faseo en la subestación Paracho (Figuras 4.33 y 4.34).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 14:22:29	12-PARACHO DOS	79-IN-4020	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 14:22:34	12-PARACHO DOS	79-IN-4030	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 14:22:35	12-PARACHO DOS	79-IN-4020	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 14:22:38	12-PARACHO DOS	79-IN-4050	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 14:22:40	12-PARACHO DOS	79-IN-4050	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 14:22:40	12-PARACHO DOS	79-IN-4030	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 14:22:42	12-PARACHO DOS	79-IN-4060	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 14:22:48	12-PARACHO DOS	79-IN-4060	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 14:41:03	12-PARACHO DOS	IN-04020-R	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 14:41:06	12-PARACHO DOS	IN-04020-R	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 14:41:10	12-PARACHO DOS	IN-04030-U	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 14:41:16	12-PARACHO DOS	IN-04030-U	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 14:41:18	12-PARACHO DOS	IN-04050-R	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 14:41:22	12-PARACHO DOS	IN-04050-R	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 14:41:26	12-PARACHO DOS	IN-04060-R	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 14:41:30	12-PARACHO DOS	IN-04060-R	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO

Figura 4.33 *Eventos registrados en la Unidad Central Maestra* Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

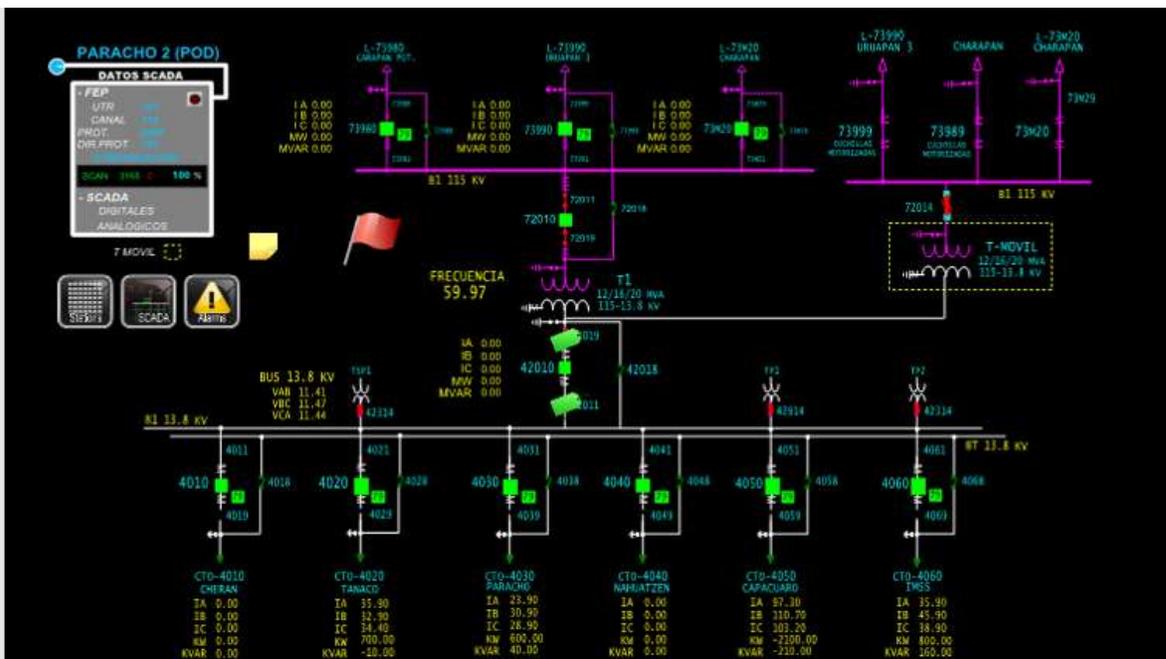


Figura 4.34 *Diagrama unifilar de la Subestación Paracho Dos*

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE POD.



Figura 4.35 Revisión de secuencia de fases en TSP Subestación Paracho Dos
Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Además de verificar el faseo de la SE POD se realiza un mapeo de alarmas la **SE Móvil** (Figura 4.36), con el objetivo de poder realizar un ajuste de coordinación de protecciones en el esquema de 115 kV para protección de línea y protección del transformador con un ajuste de acuerdo con la capacidad nominal máxima del transformador de 150 amperes en lado primario (115 kV) y lado secundario (13.8 kV).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 14:38:06	12-PARACHO DOS	IN-72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:38:13	12-PARACHO DOS	PR-51NT 72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:38:20	12-PARACHO DOS	PR-51F 72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:38:31	12-PARACHO DOS	BP AIRE 72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:38:37	12-PARACHO DOS	VCD 72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:38:43	12-PARACHO DOS	VCA 72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:38:49	12-PARACHO DOS	RELE 72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:38:55	12-PARACHO DOS	B DISP 72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:39:00	12-PARACHO DOS	COM RELE 72010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:39:28	12-PARACHO DOS	IN-42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:39:34	12-PARACHO DOS	PR-51FN 42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:39:40	12-PARACHO DOS	VCD 42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:39:47	12-PARACHO DOS	VCA 42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:39:52	12-PARACHO DOS	RELE 42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:39:58	12-PARACHO DOS	B DISP 42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:40:04	12-PARACHO DOS	COM RELE 42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:40:09	12-PARACHO DOS	BLOQ 81-42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:40:15	12-PARACHO DOS	PR-81-42010	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:40:43	12-PARACHO DOS	RELE 87-T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:40:49	12-PARACHO DOS	COM RELE 87-T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:40:55	12-PARACHO DOS	BLOQ 87-T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:01	12-PARACHO DOS	PR-87 T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:06	12-PARACHO DOS	PR-86 T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:12	12-PARACHO DOS	AL-49T T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:19	12-PARACHO DOS	PR-49T T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:24	12-PARACHO DOS	PR-63B T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:30	12-PARACHO DOS	PR-63B T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:35	12-PARACHO DOS	AT ACEITE T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:41	12-PARACHO DOS	BN ACEITE T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:47	12-PARACHO DOS	VCA T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit
10/15/17 14:41:53	12-PARACHO DOS	AL-63P T1	B381R@consola1, New tag	Scan Inhibit

Figura 4.36 Mapeo de la Subestación Paracho Dos

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Finalizado el mapeo y ajustes de coordinación de protecciones, se procede a normalizar la carga en el sistema de 115 kV y 13.8 kV de la SE POD.

Como primera maniobra, se procede a realizar mando por telecontrol al interruptor 72014 de la SE Móvil (Figura 4.37).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 14:49:57	SE SE MOVIL DCO	VRTU-SE MOVIL IN-72014	Control Nivel Superior	CERRAR
10/15/17 14:50:22	SE SE MOVIL DCO	VCA-72014	CAMBIO DE ESTADO	ALARMA
10/15/17 14:50:22	SE SE MOVIL DCO	VCA-72014	Retorno a Normal	NORMAL
10/15/17 14:50:22	SE SE MOVIL DCO	IN-72014	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO

Figura 4.37 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

Habiendo cerrado el interruptor 72014 se procede a abrir el enlace entre la SE MRR y POD, efectuando el mando de apertura al enlace San Lorenzo D1002 entre los alimentadores MRR-04015 y POD-04050 (Figura 4.38), desenergizando el Bus principal con los alimentadores POD-04020, POD-04030, POD-04050, POD-04060 para proceder a realizar el cierre de cuchillas 42011 y 42019 del interruptor de banco con fin de normalizar el T1 con el cierre de la línea 73990 y realizar la apertura de cuchillas bypass.

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 14:50:29	12-MRR15 SAN LORENZ	DESC SN. LORENZO ENLACE	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 14:50:39	12-MRR15 SAN LORENZ	DESC SN. LORENZO ENLACE	Retorno a Normal	ABIERTO
10/15/17 14:53:54	SE SE MOVIL DCO	IN-42030	CONTROL FALLADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 14:54:00	SE SE MOVIL DCO	IN-42030	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 14:54:46	12-URUAPAN TRES	VRTU-UPT IN-73990	Control Nivel Superior	CERRAR
10/15/17 14:54:53	12-URUAPAN TRES	IN-73990	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 14:55:18	12-PARACHO DOS	IN-04050-R	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 14:56:24	12-PARACHO DOS	IN-04050-R	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 15:03:23	12-PARACHO DOS	IN-04030-U	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 15:03:28	12-PARACHO DOS	IN-04030-U	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 15:03:37	12-PARACHO DOS	IN-04020-R	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 15:03:44	12-PARACHO DOS	IN-04020-R	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 15:03:52	12-PARACHO DOS	IN-04060-R	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 15:03:56	12-PARACHO DOS	IN-04060-R	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO

Figura 4.38 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

Teniendo normalizado los alimentadores POD-04020, POD-04030, POD-04050 POD-04060, se procede a normalizar los dos circuitos restantes que se encuentran transferidos a la SE STI, abriendo el desconectador mojonera entre el circuito POD-04040 y STI-04030 y cerrando cuchillas del alimentador, a fin de normalizar primeramente el POD-04010, teniendo respaldada la carga del alimentador POD-04040 por medio del enlace Cheran salida Nahuatzen (Figura 4.39).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 15:14:26	12-POD40 MOJONERA	DESC MOJONERA ENL-STI	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 15:14:37	12-POD40 MOJONERA	DESC MOJONERA ENL-STI	RETORNO A NORMAL INTERR.	ABIERTO
10/15/17 15:15:50	12-PARACHO DOS	IN-04010-U	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 15:15:54	12-PARACHO DOS	IN-04010-U	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO

Figura 4.39 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

Teniendo respaldada la alimentación del alimentador POD-04040, mediante el alimentador POD-04010 se procede a abrir el Desconectador Comachuen a fin de liberar la carga de las poblaciones de Turicuaro y Comachuen para posteriormente cerrar el Restaurador Arantepacua y abrir el Desconectador Cheran salida de enlace POD-04010/POD-0400 con la finalidad de normalizar la carga del alimentador POD-04040 (Figura 4.40).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 15:16:36	12-POD40 COMACHUEN	DESC ENL COMACHUEN	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 15:16:41	12-POD40 COMACHUEN	DESC ENL COMACHUEN	RETORNO A NORMAL INTERR.	ABIERTO
10/15/17 15:16:47	12-POD60 ARANTEPACU	REST ENT ARANTEPACUA	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 15:16:53	12-POD60 ARANTEPACU	REST ENT ARANTEPACUA	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 15:17:03	12-POD60 ARANTEPACU	79-R ENT ARANTEPACUA	147R@consola4, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 15:17:07	12-POD60 ARANTEPACU	79-R ENT ARANTEPACUA	RETORNO A NORMAL INTERR.	DESBLOQDO
10/15/17 15:17:48	12-PARACHO DOS	IN-04040-R	147R@consola4, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 15:17:49	12-PARACHO DOS	IN-04040-R	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 15:18:19	12-POD40 CHERAN SAL	DESC ENLACE POD-4010	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 15:18:27	12-POD40 CHERAN SAL	DESC ENLACE POD-4010	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 15:23:36	SE SE MOVIL DCO	BLOQ 87 T-MOVIL	Retorno a Normal	DESBLOQDO

Figura 4.40 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Una vez normalizado la carga de la SE POD, se procede a normalizar la SE CHN y sus distintos alimentadores con las subestaciones de enlace.

Como primera maniobra se procede a revisar que el faseo corresponda en la misma secuencia entre la SE POD y CHN, por lo que se procede a bloquear los alimentadores de la subestación Charapan con la finalidad de realizar el cierre de chuchillas de bypass del bus principal a fin de respaldar su carga al realizar la apertura de estos mismos (Figuras 4.41 y 4.42).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 15:44:27	12-URUAPAN TRES	VRTU-UPT IN-73990	Control Nivel Superior	ABRIR
10/15/17 15:44:34	12-URUAPAN TRES	IN-73990	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 15:46:12	12-CHARAPAN	79-IN-4010	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 15:46:16	12-CHARAPAN	79-IN-4020	147R@consola4, Operator Contr	BLOQUEAR
10/15/17 15:46:20	12-CHARAPAN	79-IN-4010	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 15:46:20	12-CHARAPAN	79-IN-4020	CAMBIO DE ESTADO	BLOQUEADO
10/15/17 15:46:43	12-CHARAPAN	IN-04010-R	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 15:46:47	12-CHARAPAN	IN-04020-R	147R@consola4, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 15:46:51	12-CHARAPAN	IN-04010-R	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO
10/15/17 15:46:56	12-CHARAPAN	IN-04020-R	CAMBIO DE ESTADO INTERR.	ABIERTO

Figura 4.41 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms



Figura 4.42 Revisión de secuencia de fases en TSP de Subestación Charapan

Fuente: CFE Distribución-DCO SE CHN Zona Uruapan

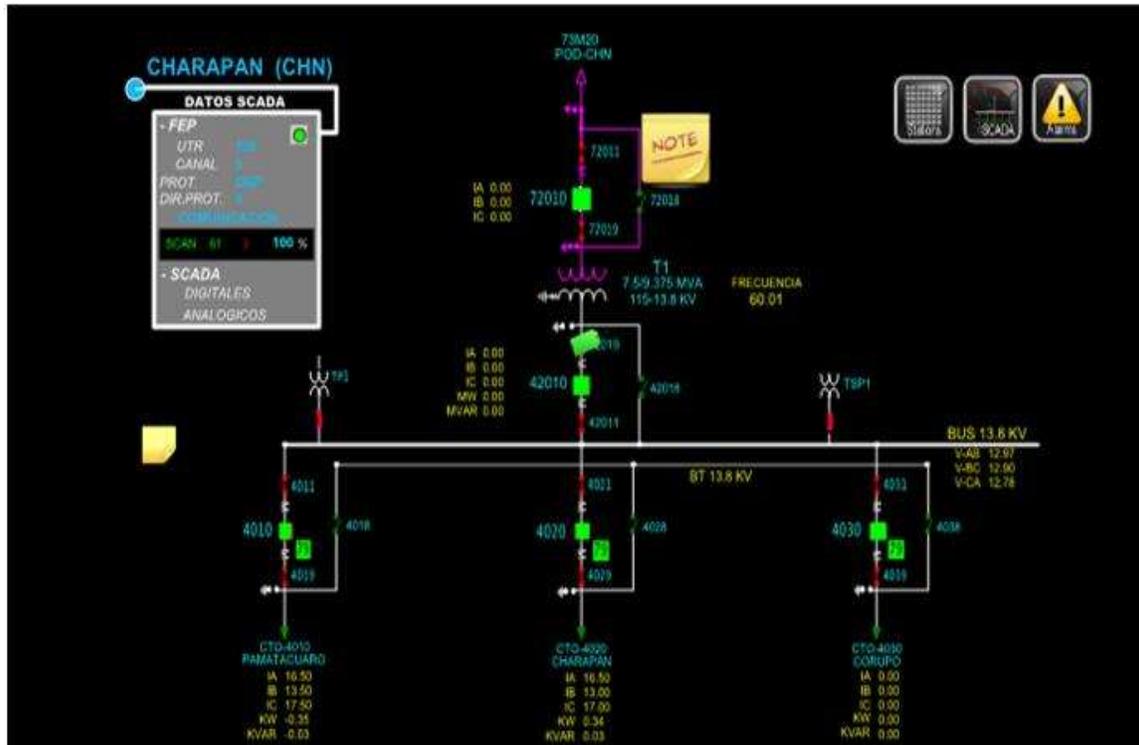


Figura 4.43 Diagrama unifilar de la Subestación Charapan

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE CHN

Una vez revisado el faseo en el bus, se procede a realizar el cierre de cuchillas de 72011,72019 para efectuar el cierre del 72010 y así mismo el cierre de cuchillas 42019 y 42011 a fin de realizar el cierre del interruptor de banco 42010, para normalizar la carga de la subestación Charapan (Figura 4.44).

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 15:48:46	12-URUAPAN TRES	VRTU-UPT IN-73990	Control Nivel Superior	CERRAR
10/15/17 15:49:00	12-URUAPAN TRES	IN-73990	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 15:58:12	12-CHARAPAN	VRTU-CHN IN-72010	Control Nivel Superior	CERRAR
10/15/17 15:58:21	12-CHARAPAN	IN-72010	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 16:04:54	12-CHARAPAN	IN-42010	1ACR@consola3, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 16:05:04	12-CHARAPAN	IN-42010	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO

Figura 4.44 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Teniendo normalizado el sistema de 115 kV en ambas subestaciones se procede a normalizar el bus de 13.8 kV, iniciando con la apertura del enlace Oruscato CHN-4010/ RYS-04010 y Peribán PBN-04035/CHN-04030, para efectuar el cierre de cuchillas 4031 y 4039 del interruptor CHN-04030, a fin de proceder a realizar el cierre de cada alimentador (Figuras 4.45 y 4.46).

Por último, se realiza la apertura de cuchillas de bypass y normalización de la SE CHN.

Date/Time	Origen	Description	Event	Value
10/15/17 16:08:11	12-CHN30 PERIBAN	REST ENLACE PBN	IACR@consola3, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 16:08:23	12-CHN30 PERIBAN	REST ENLACE PBN	RETORNO A NORMAL INTERR.	ABIERTO
10/15/17 16:08:46	12-CHN10 ORUSCATO S	REST ORUSCATO	IACR@consola3, Operator Contr	ABRIR
10/15/17 16:08:56	12-CHN10 ORUSCATO S	REST ORUSCATO	RETORNO A NORMAL INTERR.	ABIERTO
10/15/17 16:09:26	12-CHARAPAN	IN-04030-R	IACR@consola3, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 16:09:37	12-CHARAPAN	IN-04030-R	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 16:10:36	12-CHARAPAN	IN-04020-R	IACR@consola3, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 16:10:45	12-CHARAPAN	IN-04020-R	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 16:11:14	12-CHARAPAN	IN-04010-R	IACR@consola3, Operator Contr	CERRAR
10/15/17 16:11:24	12-CHARAPAN	IN-04010-R	RETORNO A NORMAL INTERR.	CERRADO
10/15/17 16:16:27	12-CHN30 SAL.CORUPO	AUTOMATISMO	IACR@consola3, Operator Contr	DENTRO
10/15/17 16:16:32	12-CHN30 ZACAN	AUTOMATISMO	IACR@consola3, Operator Contr	DENTRO
10/15/17 16:16:35	12-CHN30 SAL.CORUPO	AUTOMATISMO	CAMBIO DE ESTADO	DENTRO
10/15/17 16:16:41	12-CHN30 ZACAN	AUTOMATISMO	CAMBIO DE ESTADO	DENTRO
10/15/17 16:17:07	12-CHARAPAN	79-IN-4030	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:17:17	12-CHARAPAN	79-IN-4030	Retorno a Normal	DESBLOQDO
10/15/17 16:17:17	12-CHARAPAN	79-IN-4020	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:17:27	12-CHARAPAN	79-IN-4020	Retorno a Normal	DESBLOQDO
10/15/17 16:18:10	12-CHARAPAN	79-IN-4010	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:18:13	12-CHARAPAN	79-IN-4010	Retorno a Normal	DESBLOQDO

Figura 4.45 *Eventos registrados en la Unidad Central Maestra de normalización de la Subestación Charapan*

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

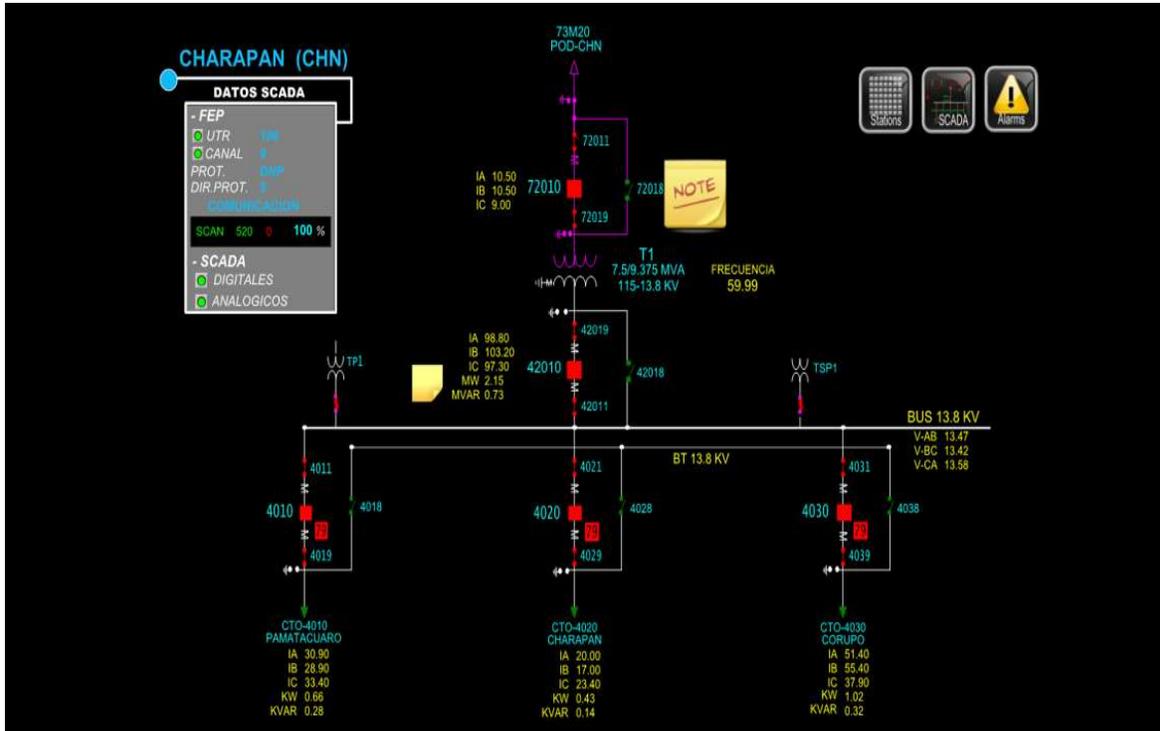


Figura 4.46 Diagrama unifilar de la Subestación Charapan normalizada

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE CHN

Al igual que la SE CHN se procede a normalizar la SE POD retirando el bloqueo de todos sus alimentadores como se ilustra en la Figura 4.47.

Date/Time	Origin	Description	Event	Value
10/15/17 16:21:39	12-PARACHO DOS	79-IN-4010	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:21:40	12-PARACHO DOS	79-IN-4010	Retorno a Normal	DESBLOQDO
10/15/17 16:21:43	12-POD10 CHERAN	79-R CHERAN	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:21:54	12-POD10 CHERAN	79-R CHERAN	Retorno a Normal	DESBLOQDO
10/15/17 16:24:26	12-PARACHO DOS	79-IN-4050	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:24:30	12-PARACHO DOS	79-IN-4050	Retorno a Normal	DESBLOQDO
10/15/17 16:25:56	12-PARACHO DOS	79-IN-4060	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:25:58	12-PARACHO DOS	79-IN-4060	Retorno a Normal	DESBLOQDO
10/15/17 16:26:14	12-PARACHO DOS	79-IN-4020	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:26:16	12-PARACHO DOS	79-IN-4020	Retorno a Normal	DESBLOQDO
10/15/17 16:26:32	12-PARACHO DOS	79-IN-4030	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:26:36	12-PARACHO DOS	79-IN-4030	Retorno a Normal	DESBLOQDO
10/15/17 16:26:48	12-PARACHO DOS	79-IN-4040	IACR@consola3, Operator Contr	DESBLOQUEAR
10/15/17 16:26:52	12-PARACHO DOS	79-IN-4040	Retorno a Normal	DESBLOQDO

Figura 4.47 Eventos registrados en la Unidad Central Maestra de normalización de la Subestación Paracho Dos

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Alarms

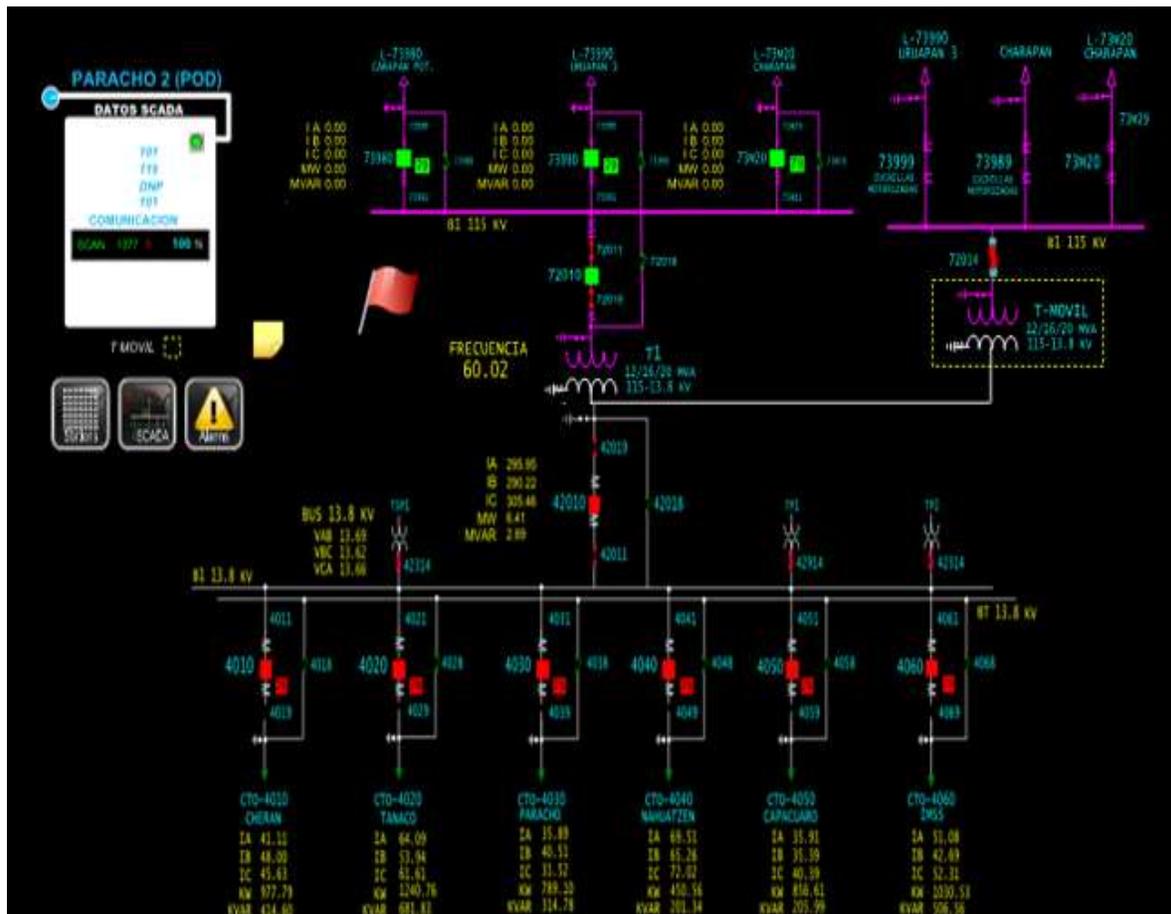


Figura 4.48 Diagrama unifilar de la Subestación Paracho Dos normalizada

Fuente: Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO SE POD

De acuerdo a las Figuras 4.46 y 4.48 la SE POD queda normalizada teniendo su carga respaldada con la puesta en operación de la SE Móvil sin presentar ninguna contingencia y/o colapso en el sistema eléctrico.

Así mismo se realiza una revisión termográfica para descartar algún punto caliente en las conexiones realizadas en la llegada del sistema de 115 kV al bus principal de 13.8 kV (Figura 4.49), interruptor de banco (Figura 4.50) y interruptor de tanque muerto (Figura 4.51).



Figura 4.49 Revisión termográfica en bus 13.8 kV

Fuente: CFE Distribución-DCO SE CHN Zona Uruapan



Figura 4.50 Revisión termográfica en interruptor de tanque muerto 115 kV

Fuente: CFE Distribución-DCO SE CHN Zona Uruapan



Figura 4.51 Revisión termográfica en interruptor de banco 42010

Fuente: CFE Distribución-DCO SE CHN Zona Uruapan

Al no presentar un punto caliente en la revisión termográfica, se da por cumplido el objetivo de interconectar una **SE Móvil** para sustituir el T1 de la SE POD para respaldar la carga de sus 6 alimentadores a fin de no interrumpir el suministro eléctrico a las distintas poblaciones de la región purépecha durante el reemplazo de los interruptores de gran volumen de aceite, la sustitución de las cuchillas motorizadas de entrada y salida y la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD, mediante la instalación de los interruptores POD73990-UPT y POD-73980-CRP con sus protecciones de distancia y sobrecorriente direccional asociadas, de tal forma que ante la eventualidad de una falla en cualquiera de las líneas sea posible liberar dicha falla sin afectar el suministro de potencia a la SE POD y SE CHN.

Capítulo 5 Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica Paracho Dos.

5.1. Introducción

De acuerdo al capítulo anterior una vez finalizado las maniobras de transferencia de carga para la interconexión de la **SE Móvil**, se procede a realizar la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD a fin de mejorar su equipamiento primario y secundario para obtener una mayor confiabilidad en el sistema eléctrico para beneficio de la Zona Uruapan y la División Centro Occidente, retirando 2 interruptores de gran volumen de aceite con una antigüedad mayor a 35 años así como un juego de cuchillas motorizadas POD73989 y POD73999, que seccionan las líneas que alimentan la subestación en alta tensión, para realizar la instalación de dos interruptores tanque muerto para la llegada de las líneas POD-73990-UPT y POD-73980-CRP de tipo SF6 con sus protecciones de distancia y sobrecorriente direccional asociadas, de tal forma que ante la eventualidad de una falla en cualquiera de las líneas sea posible liberar dicha falla sin afectar el suministro de potencia a la SE POD y CHN, así mismo se realiza la instalación de otros dos interruptores de tanque muerto, como reemplazo de los dos interruptores de gran volumen de aceite, para brindar protección a la línea POD-73M20-CHN y protección al transformador de potencia de la SE POD.

Adicionalmente se instalan 12 juegos de cuchillas de operación en grupo de 115 kV montados en una estructura tipo IIIIE con 12 apartarrayos tipo estación de 115 kV para garantizar la confiabilidad del suministro eléctrico en las redes generales de distribución.

5.2. Remodelación de Bahía de 115 kV

La remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD se realiza mediante una licitación de obra, la cual es asignada a un tercero a través de un contrato con un determinado volumen de obra, para ser ejecutado en tiempo y forma de acuerdo a la necesidades del sistema eléctrico de la Zona Uruapan.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

A fin de cumplir con estos trabajos en tiempo y forma se realiza un programa de trabajo por un lapso de 4 meses (Tabla 5.1), iniciando en el mes de Octubre y finalizando en el mes de Enero teniendo como ventaja las condiciones atmosféricas para el sistema eléctrico, es decir son muy escasas las tormentas eléctricas que pudieran poner en riesgo el sistema eléctrico.

Tabla 5.1 Programa de actividades para la remodelación de bahía de 115 kV de la Subestación Paracho Dos

OBRA	MES	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO		
	DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
REMODELACION DE LA BAHIA DE 115 KV DE LA SUBESTACION PARACHO DOS	Desmantelamiento de bahía y equipo de 115 kV existente				■	■										
	Cimentaciones de equipo primario					■	■									
	Colocación de registros y ductos						■	■								
	Montaje de interruptores de 115 kV y equipo primario							■	■	■						
	Elaboración de guarnición, rampas y tendido de grava										■	■				
	Montaje de tablero PCyM en caseta de control					■										
	Tendido de cable de control y conexión en equipo primario y tablero PCyM									■	■					
	Pruebas de puesta a punto											■				
	Puesta en servicio												■	■	■	■
	PROG %	5	10	15	20	30	35	45	50	55	60	70	75	90	95	100
REAL %	5	10	15	20	30	35	45	50	55	60	70	75	90	95	100	
EFICACIA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Si bien las condiciones atmosféricas son favorables, es muy importante resaltar la importancia de contar con las herramientas, equipos y materiales para efectuar esta remodelación ya que de existir un contratiempo con los materiales, la remodelación se pudiese prolongar a meses donde las condiciones atmosféricas sean un riesgo para el sistema eléctrico debido a que tener un sistema en 115 kV radial entre tres subestaciones eléctricas y tener la carga respaldada con una **SE Móvil** no garantiza que pueda presentarse una interrupción en el suministro eléctrico.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Por lo que de acuerdo a la tabla 5.1 se muestra a continuación la bahía de 115 kV de la SE POD (Figura 5.1 y 5.2) y su diagrama unifilar previo a su remodelacion (Figura 5.3).

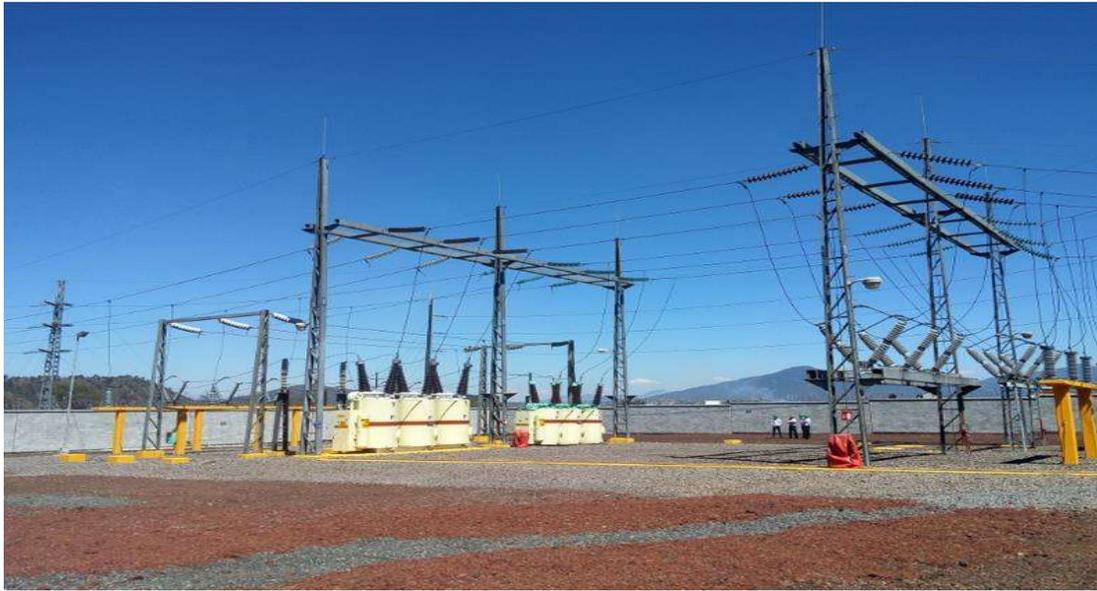


Figura 5.1 Bahía de 115 kV de Subestación Paracho Dos previas a remodelación

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan



Figura 5.2 Cuchillas motorizadas e interruptores de gran volumen de aceite

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

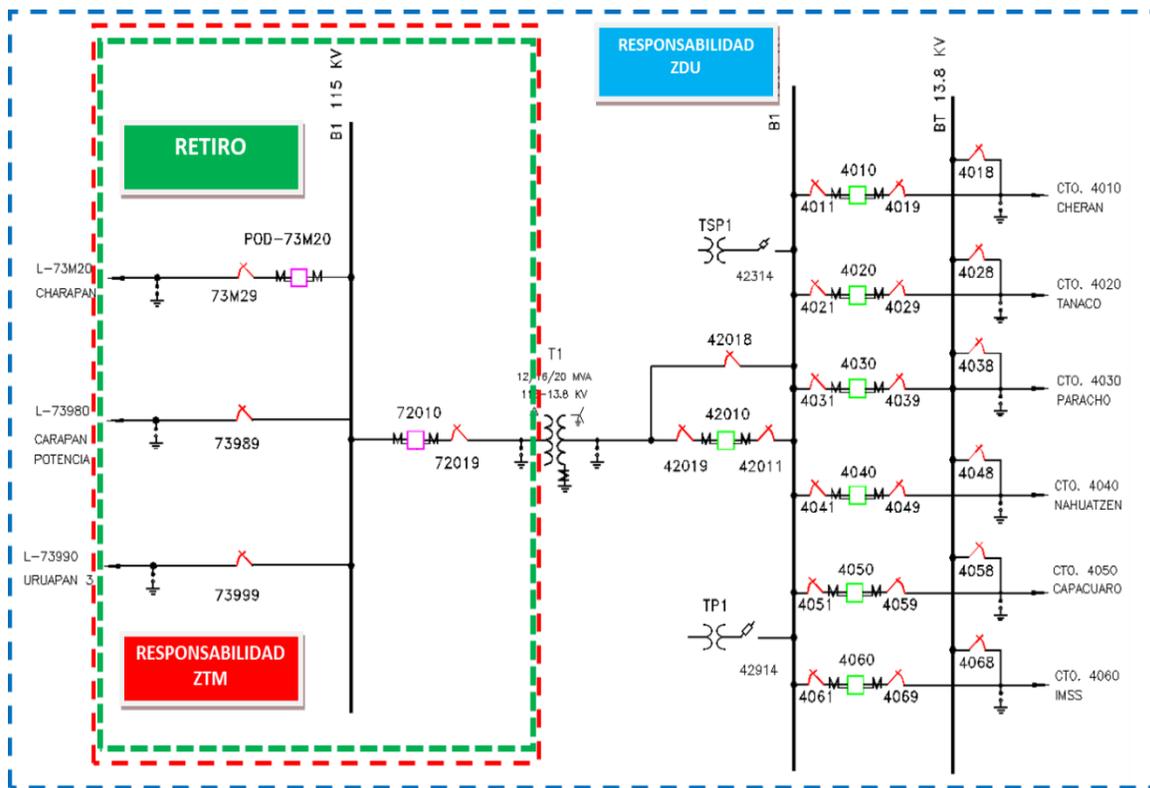


Figura 5.3 Diagrama unifilar de la Bahía de 115 kV de Subestación Paracho Dos previo a su remodelación

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Conforme a las imágenes anteriores se aprecia que al no existir un interruptor para las líneas 73980 y 73999 la continuidad del sistema eléctrico se encuentra vulnerable ante una interrupción, es decir, el sistema de 115 kV al presentar una falla en cualquiera de estas líneas, el suministro eléctrico colapsa afectando a tres subestaciones eléctricas.

Por lo que de acuerdo con el programa de actividades para la remodelación de SE POD para la adición de cuatro interruptores de TM que ayuden a la mejora de confiabilidad del suministro eléctrico, se inician los trabajos de remodelación de la bahía de 115 kV con el desmantelamiento de su bus principal, apartarrayos, cuchillas de operación en grupo (Figura 5.4).



Figura 5.4 Desmantelamiento de equipo primario, traveses y estructuras en bahía de 115 kV

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Teniendo retirados los apartarrayos, cuchillas, estructuras y traveses de la bahía de 115 kV se da inicio con excavaciones de cimentaciones para el sistema de tierras (Figura 5.5), en el cual se emplea el hincado de electrodos y tendido de cable de cobre desnudo CU 250 (Figura 5.6)



Figura 5.5 Excavaciones de cimentaciones para sistema de tierras.

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan



Figura 5.6 Hincado de electrodos y tendido de cable de cobre desnudo CU para sistema de tierras

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Finalizando la conexión del sistema de tierras se realiza la colocación de plantillas para bases de concreto a fin de realizar la colocación de elementos primarios, así mismo la cimbra para el colado de zapatas que permitan el montaje de la estructura de la bahía de 115 kV (Figura 5.7).



Figura 5.7 Plantilla para bases de concreto para elementos primarios de bahía de 115 kV

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan



Figura 5.8 Armado y montaje de estructura de bahía 115 kV
Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Logrando tener el montaje y armado de las estructuras de la bahía de 115 kV (Figura 5.8) se realiza el tendido de bus para la instalación de apartarrayos y juegos de cuchillas de operación en grupo que permitan la llegada del sistema de líneas de 115 kV en los interruptores de tanque muerto (Figuras 5.9 y 5.10).



Figura 10.9 Montaje de elementos primarios en bahía 115 kV
Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan



Figura 5.10 Instalación de interruptores de tanque muerto

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Con la estructura tipo IIIE armada se realiza la instalación de 12 juegos de cuchillas de operación en grupo de 115 kV y 12 apartarrayos tipo estación de 115 kV como protección de los elementos primarios de la bahía de 115 kV.

Dichos elementos instalados se encuentran conectados al sistema de tierras empleado con hincado de electrodos y cable de cobre desnudo CU 250, a los cuales se les realiza medición de resistencia a tierra física obteniendo valores óptimos de acuerdo con la NOM-022-STPS-2015 para garantizar la confiabilidad del suministro eléctrico en la red general de distribución, las cuales se muestran a continuación.

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Tabla 5.2 Prueba de continuidad a elementos primarios

Equipo			Red de Puesta a Tierra a la cual conecta el equipo	Resistencia Eléctrica a la Red de Puesta a Tierra Ohms Ω	Continuidad Eléctrica de los Puntos de Conexión del Sistema
No.	Descripción	Ubicación			
1	Apartarrayos Fase C 73980	Subestación eléctrica	1	0.09	Existe continuidad
2	Interruptor de Línea 73980	Subestación eléctrica	1	0.11	Existe continuidad
3	Pararrayos 1 Bahía 115 KV	Subestación eléctrica	1	0.17	Existe continuidad
4	Interruptor de Banco 73M20	Subestación eléctrica	1	0.32	Existe continuidad
5	Apartarrayos 73M20 FASE B	Subestación eléctrica	1	0.14	Existe continuidad
6	TP'S Fase C	Subestación eléctrica	1	0.19	Existe continuidad
7	Interruptor de Línea POD73990	Subestación eléctrica	1	0.15	Existe continuidad
8	Interruptor de Banco POD72010	Subestación eléctrica	1	0.14	Existe continuidad
9	Apartarrayos 73990 FASE C	Subestación eléctrica	1	0.11	Existe continuidad
10	Pararrayos 2 Bahía 115 KV	Subestación eléctrica	1	0.21	Existe continuidad
11	Pararrayos Bahía Baja Tensión 115 KV	Subestación eléctrica	1	0.19	Existe continuidad

Tabla 5.3 Pruebas de resistencia eléctrica a los elementos primarios

Medición No.	Electrodo No.	Pertenece al RPT No.	Valor de la Resistencia	Límite Máximo Permitido	Comparación
			Ohms	Ohms	
					NOM-022-STPS-2015
1	1	RPT 1	3.65	25.0	Dentro de Especificación
2	2	RPT1	1.25	25.0	Dentro de Especificación
3	3	RPT1	1.26	10.0	Dentro de Especificación
4	4	RPT1	11.32	25.0	Dentro de Especificación
5	5	RPT1	2.26	25.0	Dentro de Especificación
6	6	RPT1	4.32	25.0	Dentro de Especificación
7	7	RPT1	2.26	25.0	Dentro de Especificación
8	8	RPT1	2.86	25.0	Dentro de Especificación
9	9	RPT1	7.63	25.0	Dentro de Especificación
10	10	RPT1	4.69	10.0	Dentro de Especificación
11	11	RPT1	2.27	10.0	Dentro de Especificación

Tabla 5.4 Prueba de continuidad de pararrayos

Equipo			Red de Puesta a Tierra al cual conecta el equipo	Valor de la Resistencia Eléctrica a la Red de Puesta a Tierra Continuidad Ohms	Continuidad Eléctrica de los Puntos de Conexión del Sistema
No.	Descripción	Ubicación			
1	Pararrayo	Azotea de subestación	RPT 1	0.51	Existe continuidad
2	Pararrayo	Azotea de subestación	RPT 1	0.65	Existe continuidad
3	Pararrayo	Azotea de subestación	RPT 1	0.24	Existe continuidad

De acuerdo con las pruebas realizadas de medición de resistencia a tierra física para los elementos primarios de la SE POD, se procede a instalar y conectar los primeros dos interruptores de tanque muerto (Figura 5.11).



Figura 5.11 Conexión de interruptores de tanque muerto

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Con la instalación y conexión de estos dos primeros interruptores de tanque muerto se logra tener interruptores para entrada y salida de las líneas de alta tensión CRP-73980-POD y UPT-73990-POD, estos interruptores pasan a sustituir los juegos de cuchillas motorizadas POD73989 y POD73999 que anteriormente tenían la función de seccionar las líneas que alimentan la SE POD ante cualquier maniobra o falla en el sistema de 115 kV, logrando tener como ventaja con esta sustitución la continuidad del suministro eléctrico a 38772 usuarios.

Cabe resaltar que con la instalación de interruptores de tanque muerto SF6 para entrada y salida de las líneas de alta tensión CRP-73980-POD y UPT-73990-POD con sus protecciones de distancia y sobrecorriente direccional asociadas, traen consigo mismo una mejora en la

confiabilidad de las redes generales de distribución, debido a que, al tener cuchillas motorizadas en vez de interruptores, al presentarse una falla o interrupción en las líneas CRP-73980-POD y UPT-73990-POD el sistema colapsaba en las SE POD y CHN, debido a que no se contaba con una protección previa a los interruptores de gran volumen de aceite lo que ocasionaba que el impacto de falla fuera directo en ellos, a tal grado de tener que abrir las cuchillas POD73989 y POD73999 para discriminar la línea fallada, trayendo como consecuencia una afectación de 38792 usuarios entre ambas subestaciones, mismos que se recuperaban por maniobras de transferencia una vez discriminada la falla en 115 kV.

En donde de acuerdo a las estadísticas de falla en las líneas UPT-73990-POD, CRP-73980-POD y POD-73M20-CHN en los últimos cuatro años, podemos observar en la Figura 5.12 que siempre se ha presentado una interrupción al menos en los esquemas de 115 kV de la meseta purépecha, si bien con la instalación de estos interruptores no evitaremos las interrupciones en los sistemas de 115 kV, al menos discriminaremos el punto de falla más rápido y la pronta recuperación de la totalidad de la carga de ambas subestaciones.

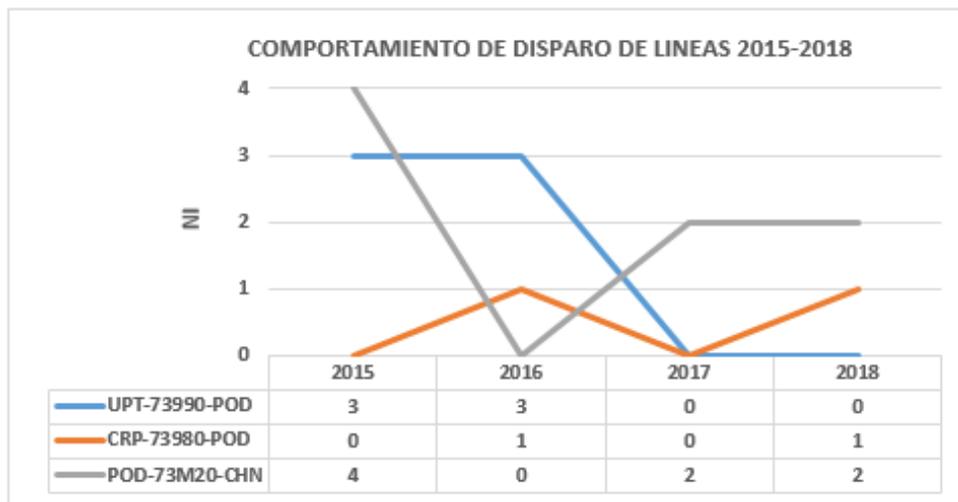


Figura 5.12 Comportamiento de disparo de Líneas 2015-2018 de alimentación en SE POD y CHN

Los dos interruptores restantes de tanque muerto pasan a sustituir a los interruptores de gran volumen aceite como protección de la línea POD-73M20-CHN y protección del T1 con nomenclatura 72010, los cuales son retirados de la SE POD como parte principal del objetivo de este proyecto, derivado a que por su antigüedad mayor a 35 años, no son

confiables en el sistema eléctrico, derivado a que la vida útil de un interruptor no va más de los 40 años y en caso de presentar una falla en su mecanismo interno, el sistema eléctrico de las SE POD y CHN colapsarían, cabe resaltar que al tener interruptores de tanque muerto de tipo SF6 su operación y mantenimiento eléctrico son más prácticos que un interruptor de gran volumen de aceite, debido a que el tipo de interruptor SF6 al tener gas de hexafluoruro de azufre inflamable, su operación es más eficiente en la extinción de arcos eléctricos, asegurando tiempos de arco más cortos para beneficio del interruptor lo cual mitiga el peligro de incendio, caso contrario lo son los interruptores de gran volumen de aceite, debido a que se tiene la necesidad de inspeccionar periódicamente la calidad y cantidad de aceite en el estanque lo que ocasiona librar el sistema de 115 kV para efectuar este mantenimiento ligado a que ocupa una gran cantidad de aceite mineral de alto costo en caso de reemplazar u añadir.

Tabla 5.5 Mantenimiento a Interruptores de Gran Volumen de aceite e Interruptores de SF6

EQUIPO	ACTIVIDAD	PERIODO	
		MESES	AÑOS
INTERRUPTORES DE POTENCIA SF6 y PVA EN A.T.	PRUEBAS ELECTRICAS		3
	MANTENIMIENTO A CAMARAS Y MACANISMOS		4
	CAMBIO DE ACEITE A CAMARAS		2
	MEDICION DE HUMEDAD RESIDUAL SF6		3
INTERRUPTORES DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE	PRUEBAS ELECTRICAS		2
	MANTENIMIENTO A CAMARAS Y MACANISMOS		4
	CAMBIO DE ACEITE		4
	MANTENIMIENTO A MOTOCOMPRESORES Y AUXILIARES	6	
	MANTENIMIENTO A MECANISMOS NEUMATICOS		2

Fuente: CFE Manual de procedimientos de pruebas de campo para equipo primario de SE Distribución



Figura 5.13 Retiro de interruptores de aceite de la SE POD

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Si bien estos interruptores de gran volumen de aceite, en todo su periodo de instalación en la subestación Paracho Dos nunca presentaron una falla en su mecanismo interno como tal, el hecho de seguir teniéndolos instalados en el sistema eléctrico hubiese sido un riesgo debido a que por su antigüedad y volúmenes de aceite pudiesen haber presentado un incendio o explosión (Figura 5.13).

Una vez retirado estos interruptores de aceite y teniendo conectados los interruptores de tanque muerto se realiza el tendido de cable de control a la caceta de control a través de trincheras para realizar la conexión de los interruptores a los tableros de PCyM para realizar pruebas de apertura y cierre de dichos interruptores (Figura 5.14).



Figura 5.14 Tendido de cable de control a tableros PCyM para pruebas de cierre y apertura en interruptores de tanque muertos.

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Estas pruebas de verificación de tiempos de apertura y cierre tienen como objetivo determinar los tiempos de operación de los interruptores de potencia en sus diferentes formas de maniobra en donde su tiempo de operación de cierre es más lento que el de apertura derivado a que ante un evento eléctrico este debe operar de manera rápida.

Tabla 5.6 Pruebas de variación de cierre y apertura en interruptores de tanque muertos.

PRUEBA DE APERTURA Y CIERRE EN INTERRUPTORES						
INTERRUPTOR	CIERRE			APERTURA		
73M20	POLO 1	POLO 2	POLO 3	POLO 4	POLO 5	POLO 6
	51.0 s	51.4 s	51.5 s	24.3 s	24.9 s	24.8 s
73990	POLO 1	POLO 2	POLO 3	POLO 4	POLO 5	POLO 6
	51.3 s	51.2 s	51.9 s	24.4 s	24.9 s	24.4 s
73980	POLO 1	POLO 2	POLO 3	POLO 4	POLO 5	POLO 6
	51.4 s	51.0 s	51.6 s	24.1 s	24.5 s	24.7 s
72010	POLO 1	POLO 2	POLO 3	POLO 4	POLO 5	POLO 6
	51.3 s	51.3 s	51.7 s	24.2 s	24.3 s	24.4 s

Los interruptores 73M20, 73980, 73990 y 72010 cumplen con el criterio de tiempos de apertura y cierre con un valor de 24 segundos en apertura y un valor de cierre de 51 segundos de acuerdo con la Tabla 5.6 y especificaciones del fabricante, además de cumplir con las demás pruebas eléctricas del manual de procedimientos de equipo primario en interruptores de potencia de la CFE mismas que se muestran en la Tabla. 5.7 de acuerdo con la especificación CFE-V5100-01 INTERRUPTORES DE POTENCIA.

Tabla 5.7 Prueba eléctricas a Interruptores de Potencia.

PRUEBAS APLICABLES AL EQUIPO ELECTRICO					
EQUIPO PRIMARIO	NOMBRE DE LA PRUEBA	PRUEBAS DE PROTOTIPO	PRUEBAS DE RUTINA	PRUEBAS OPCIONALES	PRUEBAS DE CAMPO
INTERRUPTORES DE POTENCIA	IMPULSO	×			
	POTENCIAL APLICADO A 60 Hz EN SECO Y HUMEDO	×	×		
	VERIFICACION DE LA CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE CORTO CIRCUITO	×			
	FALLA EN LINEA CORTA Y CIERRE EN CONDICIONES DE FALLA	×	×		
	VERIFICACION DE LA CORRIENTE SOSTENIDA DE CORTA DURACION	×	×		
	VERIFICACION DE CORRIENTE DE INTERRUPCION DE LINEA EN VACIO	×	×		
	VERIFICACION DE CORRIENTE DE INTERRUPCION DE CABLE EN VACIO	×	×		
	VERIF DE LA CORRIENTE DE SWITCHEO DE BANCO DE CAPACITORES	×	×		
	VERIF DE LA "I" DE INTERRUPCION DE PEQUEÑAS CORR INDUCTIVAS	×	×		
	VERIFICACION DE LAS CORRIENTES INTERRUPTIVAS DE DEFASAMIENTO	×	×		
	POTENCIAL APLICADO A CIRCUITOS AUXILIARES	×	×		
	MEDICION DE RESISTENCIA DE CONTACTOS	×	×		×
	DIELECTRICAS (FACTOR DE POTENCIA Y RESISTENCIA DE AISLAMIENTO)	×	×		×
	VERIFICACION DE TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE	×	×		×
	ELEVACION DE TEMPERATURA	×	×		
	DESCARGAS PARCIALES			×	
	PRUEBAS A BOQUILLAS	×	×		×
OPERACION MECANICA	×	×		×	

Remodelación de Bahía de 115 kV en Subestación Eléctrica para mejora de confiabilidad en la Redes Generales de Distribución

Finalizando de manera positiva la prueba de apertura y cierre en los cuatro interruptores de tanque muerto junto con el tablero de PCyM y sus demás pruebas eléctricas se muestra a continuación su diagrama (Figura 5.15) y su bahía remodelada (Figura 5.16) con la instalación de todos sus elementos primarios para la protección y mejora del sistema eléctrico de la subestación eléctrica Paracho Dos.

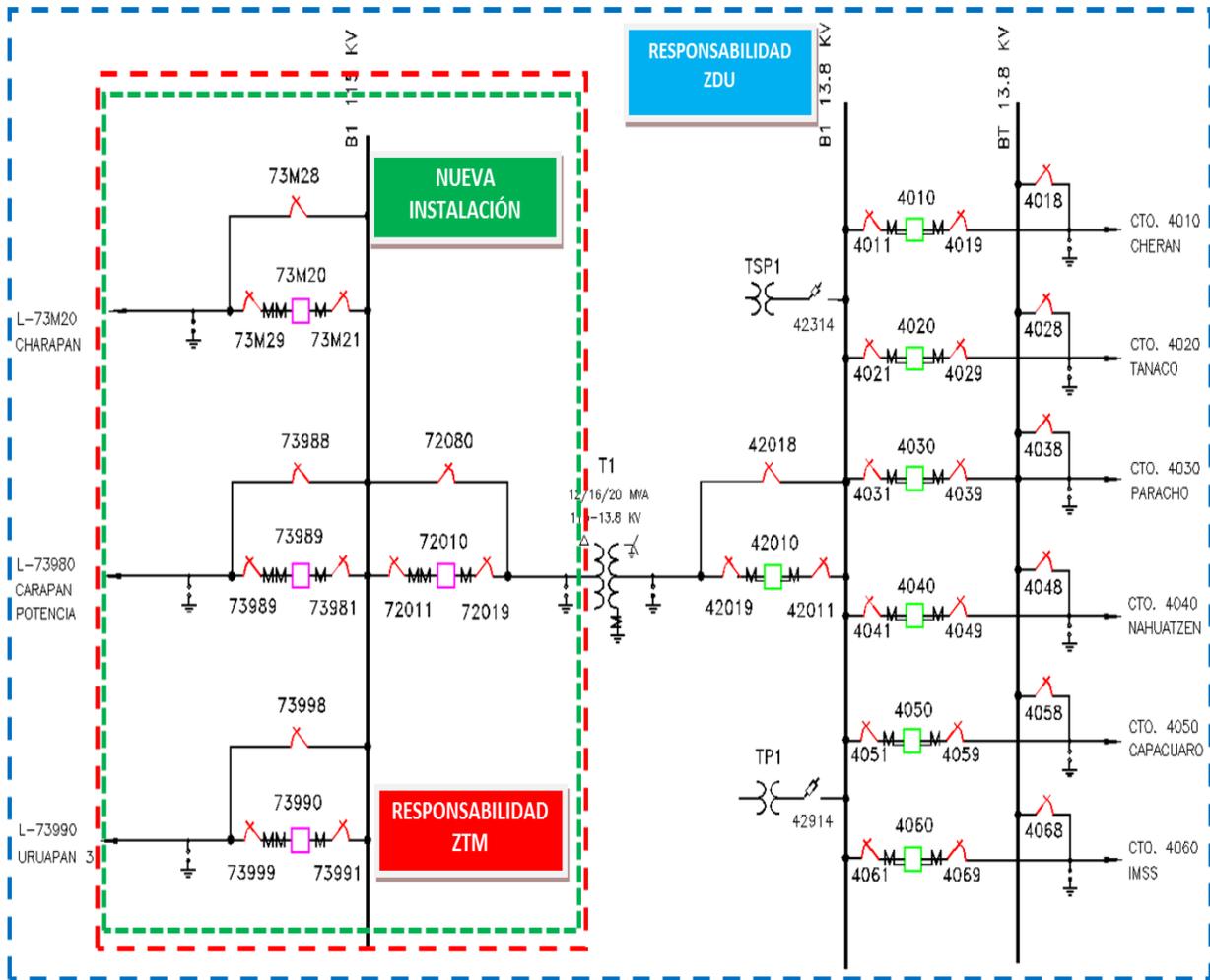


Figura 5.15 Diagrama unifilar de la Bahía de 115 kV de SE POD remodelada

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan



Figura 5.16 Bahía de 115 kV de SE POD remodelada

Fuente: CFE Distribución-DCO SE POD Zona Uruapan

Lograda la instalación de estos 4 interruptores de potencia de tipo SF6 para sustitución de los interruptores de gran volumen de aceite e instalación de dos más para efectuar la entrada y salida de la líneas de alta tensión UPT-CRP (73990 y 73980) junto con la instalación de 12 juegos de cuchillas de operación en grupo de 115 kV montados en una estructura tipo IIIE con 12 apartarrayos tipo estación de 115 kV, se realiza la normalización de la carga de la SE POD retirando en su totalidad la **SE Móvil**, la cual ayudo a permitir lograr el objetivo de este proyecto de ingeniera, el cual consistió en realizar la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD para garantizar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico en las redes generales de distribución, en donde cabe resaltar que de no haber contado con este tipo de **SE Móvil** jamás se hubiese podido lograr este proyecto para beneficio de los miles de usuarios de la meseta purépecha de la Zona Uruapan y la División Centro Occidente.

Capítulo 6 Conclusiones

6.1 Conclusiones

Con el reemplazo de los interruptores 73M20 y 72010 por interruptores de tanque muerto SF6, se logra el objetivo de este proyecto de ingeniería, el cual consistió en remodelar la bahía de 115 kV de la SE POD, retirando dos interruptores de potencia de gran volumen de aceite con una antigüedad mayor a 35 años, obteniendo una mejora en la operación de los elementos primarios de la SE POD, así como una confiabilidad y calidad en el suministro eléctrico en la meseta purépecha.

Dicha remodelación, trae consigo mismo un segundo beneficio con el retiro de las cuchillas motorizadas POD73989 y POD73999, las cuales seccionaban las líneas que alimentan la subestación Paracho Dos en alta tensión, debido a que con la instalación de dos más interruptores de tanque muerto de tipo SF6 para las líneas POD-73990-UPT y POD-73980-CRP con sus protecciones de distancia y sobrecorriente direccional asociadas, ante cualquier evento o falla en el sistema de 115 kV hacen posible la liberación de cualquier falla sin afectar el suministro de potencia a las SE POD y CHN, permitiendo una continuidad en el suministro eléctrico a 38792 usuarios de manera más eficiente, evitando cualquier penalización o incumplimiento a los indicadores de confiabilidad, continuidad y calidad emitidos por la ley de la industria eléctrica.

Por último, este proyecto nos deja ver el beneficio del uso de las **SE Móviles** como sustitución de transformadores de potencia en subestaciones eléctricas, esto principalmente cuando surgen daños en subestaciones fijas y el sistema eléctrico se encuentra colapsado o bien en obras civiles como lo fue en este proyecto, en donde se vio la necesidad de respaldar de la carga eléctrica por 120 días durante la remodelación de la bahía de 115 kV de la SE POD afín de retirar elementos por fin de vida útil que presentaba un riesgo en el sistema eléctrico.

Referencias

1.- Diario oficial de la Federación “Criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red, conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la Ley de la Industria Eléctrica”.

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5432507&fecha=08/04/2016

2.- Comisión reguladora de energía “Reporte de Confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional 2016-2017”.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/317909/Reporte_de_confiabilidad_de_Electricidad_.pdf

3.- Diario oficial de la Federación “LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA”

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014

4.- Notas de CFE. División Centro Occidente. Subgerencia de Operación y Mantenimiento

5.- José Raul Martín. Diseño de Subestaciones Eléctricas. Mc. Graw Hill

6.- José Ramirez Vazquez. Estaciones Transformadoras y de Transformación, Protección de Sistemas Eléctricos. Enciclopedia CEAC de Electricidad.

7.- Jesús Trashorras Montecelos. (2015). Subestaciones Eléctricas. Madrid, España: Paninfo.

8.- Gilberto Enríquez Harper. (2005). Elemento de diseño de subestaciones eléctricas. 2005: Limusa.

9.- Gilberto Henriquez Harper. (2005). Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión. Mexico: Limusa.

10.- Comisión Federal de Electricidad, Diseño de Subestaciones Eléctricas de Distribución En Bajo Perfil y Encapsuladas SF6. Manual CFE DCD SEBPE. Febrero 2014.

11.- Comisión Federal de Electricidad. (Jueves 3 de noviembre de 2005). REGLAS de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional. Diario Oficial, Primera Sección, 44. 15 de mayo del 2019, De Diario Oficial Base de datos.

12.- IEM. (.). Transformadores y Subestaciones Móviles. 15 de mayo 2019, de IEM <http://www.iem.com.mx/Paginas/transformadores-subestaciones-moviles.aspx>

13.- Schneider. (.). Descripción de los números ANSI/IEEE. 15 de mayo 2019, de schneider-electric.

https://www.schneiderelectric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/222000/FA222080/es_ES/Tabla%20de%20Codigos%20ANSI.PDF

14.- Pantalla de interfaz humano-máquina de la Unidad Central Maestra de la CFE Distribución-DCO Zona Uruapan

15.- Sistema Integral de Administración de Distribución, catálogo de sistemas técnicos de SE. Inventario de subestaciones eléctricas y usuarios.

16.- CFE Distribución-Zona Uruapan Departamento de SE, Ajuste de Relevadores de Protección.

17.- CFE Manual de procedimientos de pruebas de campo para equipo primario de SE Distribución

18.- Comisión Federal de Electricidad, Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía. SIMOCE Versión: 4.0

19.- Reglamento de Seguridad e Higiene. Capítulo 100 Distribución. Revisión 2018. CFE-SUTERM.

20.- Sistema Integral de Gestión de Licencias CFE Distribución.

19.- Marco Regulatorio de la Red Inteligente- Comisión Reguladora de Energía.

20.- Comisión Reguladora de Energía. Indicadores de Confiabilidad del Sistema Eléctrico.