

REPORTE TECNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL Y ELECTROMECHANICA EN LA SUBESTACIÓN ELECTRICA MACTUMATZA. 1 A - 13.8 kV (LUXURY TOWERS) TUXTLA GUTIERREZ

AUTOR: LÓPEZ GODINEZ MANUEL DE JESUS

N° Control: 14270189

ASESOR INTERNO:

DR. JOSÉ DEL CARMEN VÁZQUEZ HERNÁNDEZ

ASESOR EXTERNO:

ING. IVAN ARTEMIO MORALES ESTRADA

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
(DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN)

Junio 2018

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Contenido

1.1.-Introducción.....	2
1.2.-Antecedentes.....	2
1.3.-Estado del Arte.....	3
1.4.-Justificación.....	4
1.5.-Objetivo.....	4
1.5.1.-Objetivo General.....	4
1.5.2.-Objetivo Especifico.....	4
1.6.-Metodología.....	5
2.1.-Sistema de distribución eléctrica.....	9
2.1.1.- Subestación principal de potencia.....	9
2.1.2.- Sistema de subtransmisión.....	9
2.1.3.- Subestación de distribución.....	9
2.1.4.- Alimentador primario.....	10
2.1.5.- Transformador de Distribución.....	10
2.2. Concepto de Alimentadores.....	10
2.2.1.-Alimentador Primario.....	10
2.3.- Esquema del sistema de alimentadores primarios.....	11
2.4.-Clasificación de cargas.....	11
2.5.-Conductores de potencia.....	11
2.5.1.-Componentes del conductor de potencia.....	12
2.6.-Conductor de tipo XLP de CU 1 000 KCM, 15 kV.....	13
2.7.-Ducto.....	15
2.7.1.-Ducto de Polietileno de alta densidad 3" color naranja.....	15
2.8.-Tablero METALCLAD 15.5 kV/1200A. Aislado con Gas SF6.....	15
2.8.1.-Conexión al Tablero Metalclad.....	16
2.8.2.-Dispositivos de control de Gas ZX0.2 MT GIS.....	17
2.9.-Tableros de Protección, Medición y control.....	18
2.10.-Cable de Control para sistema de servicios propios (Tableros PCM).....	18
3.1.-Introducción al desarrollo.....	21
3.2.-Visita a la Subestación Eléctrica Mactumatza.....	21
3.3.-Obra Civil.....	22



3.3.1.-Trazo.....	22
3.3.2.-Excavación para línea subterránea de M.T desde el alimentador.....	23
3.3.3.-Construcción de los bancos de ductos.....	23
3.3.4.-Encofrado de banco de ductos 3 vías.	24
3.3.5.-Reposición de pavimento de concreto en arroyo y banqueta.....	24
3.4.-Fijación e instalación de una sección de Tablero METALCLAD aislado con gas SF6	25
3.5.-Fijación del TPCM Simplex-LT-5-50-51-PT-ID en caseta de control y sus características.	26
3.5.1.- Colocación del TPCM.....	27
3.6.-Obra Electromecánica.....	28
3.6.2.-Instalación de cable de control en tableros Metalclad y TPCM.....	29
4.1.-Resultados.....	32
4.2.- Conclusiones	33
Referencias Bibliográficas	34
Anexo 1	1
Anexo 2	2
Anexo 3	3
Anexo 4	4
Anexo 5	5

Contenido de Figura

<i>Figura. 1 Diagrama de flujo de la metodología</i>	5
<i>Figura. 2 Diagrama típico de distribución. Fuente. Manual Eléctrico VIAKON</i>	11
<i>Figura. 3 Cable de energía XLP 15 catálogo CONDUMEX</i>	14
<i>Figura. 4 Ducto de polietileno de alta densidad 3" naranja</i>	15
<i>Figura. 5 Tableros tipo Metalclad Modelo diferentes y capacidades</i>	16
<i>Figura. 6 Sistema de conexión del cable alimentador.</i>	17
<i>Figura. 7 a) 2nd generación de sensores de densidad.</i>	17
<i>Figura. 8 b) Presión de operación del gas SF6</i>	18
<i>Figura. 9 Cable de control vinanel con blindaje de malla trenzada / Catalogo CONDUMEX</i>	18
<i>Figura. 10 Subestación Mactumatza</i>	21
<i>Figura. 11 Bahía eléctrica de la subestación de distribución Mactumatza</i>	21
<i>Figura. 12 Alimentadores existentes</i>	22
<i>Figura. 13 Trazado del área de excavación.</i>	22
<i>Figura. 14 Excavación para banco de ductos</i>	23
<i>Figura. 15 Construcción de banco de ductos de 3 vías configuración Trébol</i>	23
<i>Figura. 16 Encofrado de Banco de Ductos 3 vías</i>	24
<i>Figura. 17 Encofrado de Banco de Ductos 3 vías tipo arroyo.</i>	24
<i>Figura. 18 Encofrado de Banco de Ductos 3 vías tipo banqueta</i>	25
<i>Figura. 19 Espacio y posición del nuevo Tablero Metalclad aislado en gas SF6 de bajo la trinchera de A-MT</i>	25
<i>Figura. 20 Colocación e instalación de la sección de Tablero Metalclad con gas SF6 sobre la trinchera</i>	26
<i>Figura. 21 Rotulado de la nomenclatura del alimentador en el Tablero alimentador Metalclad con gas SF6</i>	26
<i>Figura. 22 Fijación de Tablero PCYM en caseta de control</i>	27
<i>Figura. 23 Colocación del Tablero de PCM nuevo al extremo lado derecho junto a los demás Tableros PCM</i>	28
<i>Figura. 24 Conductor XLP cal 1000 kcm 15kV existente</i>	28
<i>Figura. 25 Colocación de conductor XLP cal 1000 kcm 15 kV en trinchera debajo de los tableros Metalclad con gas SF6</i>	29
<i>Figura. 26 Instalación de cable de control en tablero Metalclad de 15kV e instalación de gas SF6.</i>	29
<i>Figura. 27 Instalación de cable de control del tablero Metalclad sobre trinchera aérea hacia el tablero PCM</i>	30
<i>Figura. 28 Instalación de Cable de control de bajada hacia el tablero PCM</i>	30
<i>Figura. 29 Instalación de Cable de control por la cuadrilla</i>	30



Contenido de Tablas

<i>Tabla. 1 Descripción del conductor de energía tipo XLP 15</i> -----	14
<i>Tabla. 2 Características Especificas del Conductor de Potencia</i> -----	14
<i>Tabla. 3 Especificaciones generales del ducto</i> -----	15
<i>Tabla. 4 Descripción del Tablero Metalclad Modelo ZX 15.5kV/1200A</i> -----	16
<i>Tabla. 5 Descripción del cable de control.</i> -----	19
<i>Tabla. 6 Características Especificas</i> -----	19
<i>Tabla. 7 Lista de cable de control proporcionado por CFE</i> -----	30
<i>Tabla. 8 Resultados de prueba de corto circuito</i> -----	32



CAPITULO I GENERALIDADES

1.1.-Introducción

La CFE (Comisión Federal de Electricidad) tiene la función de supervisar y autorizar los proyectos en el área de construcción ya sea autónomo y de terceros que son viables para los sistemas de electrificación en el ámbito rural y urbano, esto contempla la ampliación de red eléctrica y construcción de circuitos eléctricos de media tensión.

Los proyectos autorizados están sujetos por las normas vigentes del suministrador, como lo estipula la Norma de Distribución de Construcción de sistemas subterráneos de media tensión (Norma CFE-G). El proyecto de Construcción de Obra Civil y Electromecánica en la Subestación Eléctrica “Mactumatza” 1 A- 13.8 KV, consta de la adición de un alimentador de 13.8kV¹ en la Subestación Eléctrica “Mactumatza” que a futuro suministrara energía eléctrica a las localidades y/o Fraccionamientos cercanos a la Subestación.

1.2.-Antecedentes

La utilización de los alimentadores en las redes eléctricas es de fundamental en la interconexión con el sistema de transmisión y distribución para proveer fluido a los usuarios de alto consumo y domestico; a continuación se menciona algunas subestaciones donde se utiliza alimentadores que suministra energía a las líneas de distribución.

Mientras que la Subestación “Mactumatza” de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas que se construyó en el año 2014-2016; del circuito 3-477 interconectado en forma de anillo con la subestación El Sabino y Tuxtla 1 (Ver ANEXO 1), cuenta con los alimentadores que suministra energía eléctrica a los circuitos MAA-4010(Hotel City Express), MAA-4020(Xamaipak, La Lomita), MAA-4030 (Fracc. Flamboyant Y Villa Monte Azules), MAA- 4040 (Fracc. Zoque, Las Lomas Y Col. Vista Hermosa), MAA-4050 (Fovisste, Mactumatza, Teran).

Asimismo la construcción de la obra civil es fundamental a diferencia de la obra electromecánica e incluyendo al tablero con características de 15.5 kV/1200A, conductor de

¹ KiloVolt

² Tablero Protección, Control, Medición

potencia y cableado de control para el TPCM², esta alimentara a las torres Luxury Towers y a otros consumidores con el circuito MAA-4060³.

1.3.-Estado del Arte

Los cables subterráneos se empezaron a utilizar en el año de 1869 en el norte de Alemania según el artículo de Journal télégraphique, se utilizaron por primera vez en los sistemas de telecomunicación, para proteger a los conductores de las tormentas de vientos fuertes o tormentas de nieve o hielo, se realizó un cambio de instalaciones aérea a instalaciones subterráneas, aunque el costo era más elevado.⁴

En el texto titulado “Subestaciones Eléctricas de alta Tensión Aisladas en Gas”, según el Ing. Julio Sosa Escalada (2002) menciona que entre 1960 y 1970, aparecen las primeras GIS⁵ de alta tensión. En 1966 se instala en Plessis-Gassot, Francia, un prototipo experimental de 245 kV.

Según el profesor José Dolores Juárez Cervantes en su libro de Sistema de Distribución que publico en 1995, explica que en México se utilizan alimentadores con voltajes de distribución de 6, 13.2 y 23 kV en los sistemas de distribución de la Ex-compañía de Luz y Fuerza (Actualmente “CFE”), ya que no se ha terminado de hacer el cambio de 6 a 23 kV en algunas áreas de la ciudad de México.

Union Carbide (ahora The Dow Chemical Company) desarrolló en la década de 1980 un aislamiento de XLPE para cables de media tensión que confina el crecimiento de estas arborescencias. Esto permite que un cable puede operar -incluso en presencia de humedad y su tiempo de vida mayores a 30 años.⁶

² Tablero Protección, Control, Medición

³ Nomenclatura o # de serie de alimentador a instalar

⁴ <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb32802376k>

⁵ Gas Insulated Switchgear (Tablero de Distribución con aislamiento en gas)

⁶ Picos, Allan (2012) Tecnología en cables de media tensión subterráneos

1.4.-Justificación

El circuito alimentador MAA-4060 de la Subestación “Mactumatza” se proyecta para suministrar energía a las torres LUXURY TOWERS y otras localidades cercanas a la subestación MAA⁷, con la finalidad de suministrar energía de calidad, tomando en cuenta que el tablero está preparado con las protecciones adecuadas para las fallas que puedan presentarse, y por ende cuenta con un TPCM conectado al alimentador en tablero blindado (Metalclad) con aislador de gas SF₆⁸.

A todo esto es necesario la construcción y adición de un nuevo circuito eléctrico con las mismas características, que permita suministrar energía y proteger al conductor de su amperaje nominal y evitar el accionamiento de los dispositivos de protección y mantener la continuidad del servicio de energía eléctrica.

1.5.-Objetivo

1.5.1.-Objetivo General

Suministro de energía eléctrica a los usuarios de alto y bajo consumo.

1.5.2.-Objetivo Especifico

Adicionar una sección de Alimentador con la nomenclatura MAA4060 en el Tablero Aislado en gas SF₆ de 13.8 kV.

⁷ Subestación Eléctrica Mactumatza

⁸ Hexafloruro de Azufre

1.6.-Metodología

A continuación en la Figura. 1 se muestra el proceso metodológico para la aceptación del proyecto según el departamento de CFE.

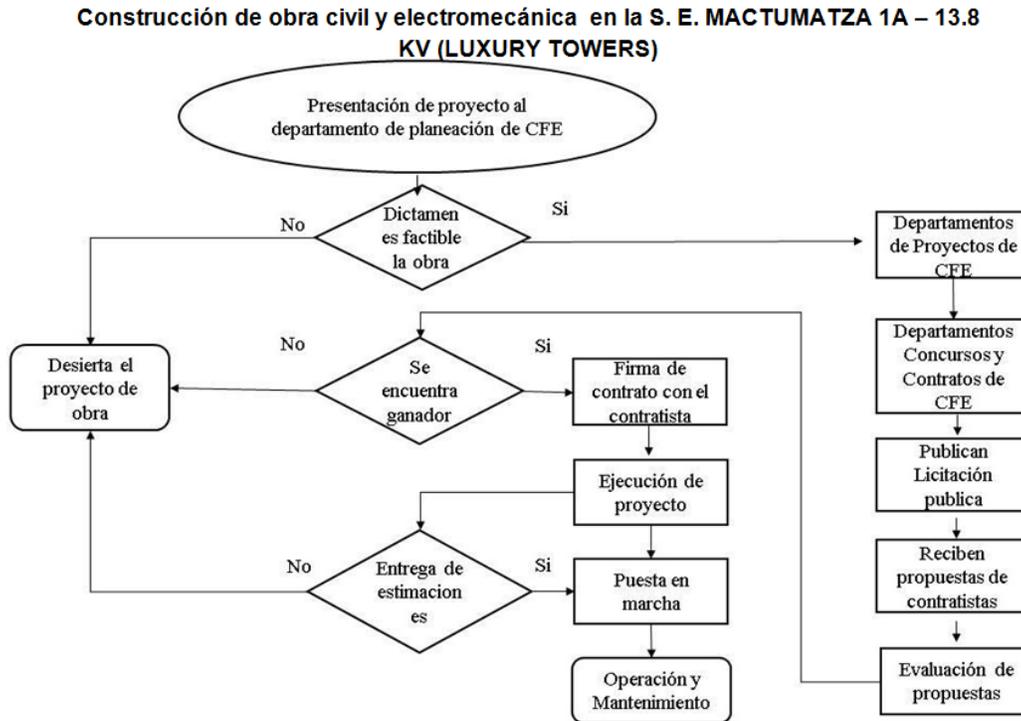


Figura. 1 Diagrama de flujo de la metodología

En el diagrama de la Figura anterior se muestran los pasos que deben realizarse para la construcción de una obra, en la categoría de obras menores que no requieren memorias técnicas descriptivas del proyecto, a continuación, se explica brevemente los siguientes puntos:

1.- Presentación de proyecto al departamento de planeación de CFE

El Departamento de Planeación de CFE tiene como objetivo establecer los aspectos técnicos, políticos que deben cumplir los desarrolladores, proyectistas y constructores en la elaboración de proyectos y construcción de la red de distribución para la electrificación entre otros: de fraccionamientos, centros comerciales, edificios, parques industriales, desarrollos turísticos, desarrollo agrícolas, y en su caso, las obras específicas y de ampliación convenidas con el

suministrador para la prestación del servicio público de energía eléctrica, Al presentarse un proyecto distribución eléctrica se da un dictamen si es viable o no.⁹

2.- Departamento de Proyectos de CFE realiza las siguientes actividades conforme al proyecto de obra:

- Autoriza
- Levantamiento
- Realización del plano del proyecto
- Catálogo de conceptos
- Especificaciones
- Materiales
- Permisos
- Precios unitarios (Neodata¹⁰)
- Corrida

3.- Departamento de concursos y contratos:

- Publicación de licitación pública del proyecto

4.- Reciben las propuestas de todos los contratistas.

5.- Evaluación de propuestas de los contratistas interesados en realizar el proyecto.

6.- El departamento de recursos y contratos encuentra ganador o no.

Conforme a la evaluación de propuestas de los licitantes, se determina el ganador del proyecto, en el caso que no se encuentre ganador del proyecto se desierta, el Departamento de Concursos y Contratos realiza nuevamente la publicación de licitación legal del proyecto.

7.- Firma de contrato.

El Departamento de construcción entrega de los siguientes documentos al contratista:

⁹ CFE Construcción de obras por terceros, junio 2014

¹⁰ Neodata es una empresa mexicana, provee software de calidad para la industria de la construcción en México, además de Centro y Sudamérica, pero también España, Portugal y hasta Arabia Saudita.



- Planos
- Tabla de conceptos y especificación
- Lista de materia que CFE le proveerá
- Permisos

8.- Ejecución de proyecto

El Departamento de construcción asigna a un supervisor de obra que realizara las siguientes actividades durante la construcción del proyecto:

- Se observa avances
- Estimaciones y convenios
- Supervisión
- Pruebas

9.- Puesta en marcha del proyecto.

Se energiza el proyecto nuevo para suministrar energía eléctrica.

10.- Operación y mantenimiento

La cuadrilla de distribución eléctrica de CFE es la única encargada en operar y dar mantenimiento a los circuitos de distribución eléctrica.



CAPITULO II

FUNDAMENTO TEORICO

2.1.-Sistema de distribución eléctrica

El sistema eléctrico de potencia (SEP) es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución que operan como un todo.

La definición clásica de un sistema de distribución, desde el punto de vista de la ingeniería, incluye los siguientes elementos:

- a) Subestación principal de potencia:
- b) Sistema de subtransmisión
- c) Subestación de distribución
- d) Alimentadores primarios
- e) Transformadores de distribución
- f) Secundarios y servicios

2.1.1.- Subestación principal de potencia

La subestación principal recibe el voltaje de Transmisión y lo transforma al voltaje de subtransmisión. Los voltajes de transmisión son de 400 kV o mayores. La potencia de la subestación principal es $S = \sqrt{3} * V * I * \cos \theta$.

2.1.2.- Sistema de subtransmisión

Son las líneas que salen de la subestación principal para alimentar a las Subestación de distribución. El objetivo de utilizar una línea de subtransmisión es para minimizar las pérdidas de energía.

2.1.3.- Subestación de distribución.

Se encarga de recibir la potencia de los circuitos de subtransmisión y de transformarla al voltaje de los alimentadores primarios.

2.1.4.- Alimentador primario

Son los circuitos que derivan de la Subestación de distribución y llevan el flujo de potencia hasta los transformadores de distribución.

2.1.5.- Transformador de Distribución

Es una máquina estática que reduce el voltaje del alimentador primario al voltaje de utilización del usuario.

2.2. Concepto de Alimentadores

Según la Norma Técnica de Calidad de Servicio para Sistemas de Distribución de la CNE de Chile (Comisión Nacional de Energía de Chile) un alimentador es un circuito que forma parte de la Red de Distribución que se extiende desde una Subestación Primaria de Distribución o desde un Alimentador de propiedad de otra Empresa Distribuidora, desde donde recibe energía, hasta el punto de conexión en el cual se conectan las instalaciones de Clientes y Usuarios. El Alimentador será de propiedad de una sola Empresa Distribuidora, no pudiendo existir Alimentadores con más de un propietario.

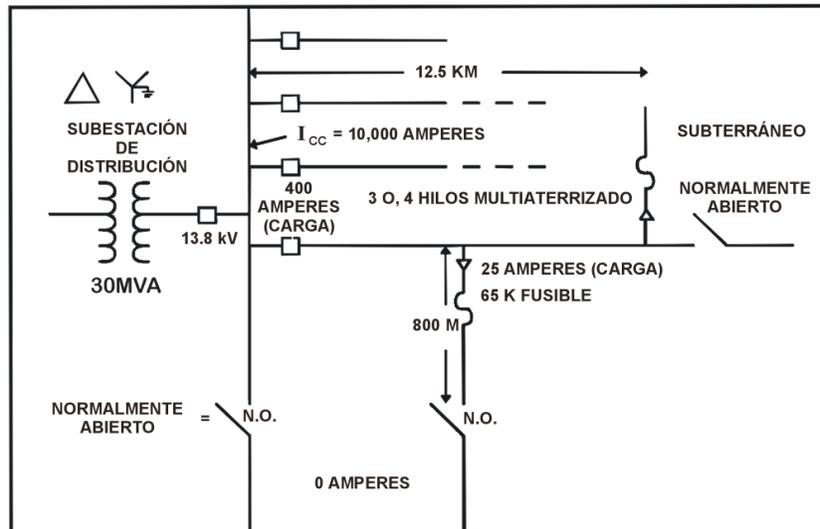
2.2.1.-Alimentador Primario.

Según Jacinto Viqueira Landa de su libro “Redes de Eléctricas Tomo 1” en la pág. 241; Los alimentadores primarios son trifásicos de 3 o de 4 hilos; las derivaciones de la alimentación troncal pueden ser trifásicas o monofásicas. Las tensiones entre más bajas corresponden a instalaciones antiguas; la tendencia moderna es utilizar tensiones de la clase 15 kV o superior. En México las tensiones de distribución primaria recomendadas son 13.2 kV, 23 kV y 34.5 kV.

Los circuitos secundarios son generalmente trifásicos, de cuatro hilos, de 115 a 127 volts entre fase y neutro (200 a 220 volts entre fases) o de 220 a 240 volts entre fase y neutro (380 a 415 volts entre fase); este segundo escalón de tensiones se utiliza en el viejo continente Europeo, mientras que en Estados Unidos se utiliza el sistema monofásico de tres hilos de 120/240 volts.

2.3.- Esquema del sistema de alimentadores primarios

El diagrama unifilar típico de la subestación de distribución está estructurado del alimentador primario con los elementos de seccionalización y protección, también los ramales secundarios; el primario es por lo general trifásico a 4 hilos, en tanto que los ramales pueden ser monofásicos o trifásicos como se muestra en la figura siguiente.



SISTEMA TÍPICO DE DISTRIBUCIÓN

Figura. 2 Diagrama típico de distribución.
Fuente. Manual Eléctrico VIAKON

2.4.-Clasificación de cargas

Los circuitos de distribución pueden atender en general los siguientes tipos de cargas:

- Residencial
- Carga comercial
- Carga industrial.

2.5.-Conductores de potencia.

Están formados por uno o más conductores, perfectamente aislados y protegidos del exterior por sucesivas capas que le dan aislamiento, hermeticidad y resistencia mecánica.

2.5.1.-Componentes del conductor de potencia

Para un conductor de potencia, los elementos componentes son los siguientes:

- Conductores de corriente
- Aislamiento
- Envolverte hermético
- Blindaje del cable
- Cubierta exterior

Conductores de corriente

Es un material que ofrece poca resistencia al movimiento de la carga eléctrica que comúnmente utilizan materiales de alta conductividad, fundamentalmente el cobre y aluminio. Para garantizar flexibilidad se fabrican de un solo hilo para secciones de 16 mm² o menores. De acuerdo a la cantidad de conductores los cables de potencia se clasifican en:

- Unifilar
- Bifilar
- Trifilar
- Tetrafilar

Aislamientos

Estos recubren los conductores aislándolos entre sí. En ocasiones se emplea un recubrimiento adicional sobre el conjunto de todos los conductores para la mejora del aislamiento entre ellos y las otras capas protectoras del conductor.

Envolverte hermético

Es una capa impermeable que tiene la función de impedir la penetración de humedad al interior de los aislamientos del cable.

Blindaje del cable

Consiste en una capa protectora de acero que está capacitada para resistir los golpes y presiones de todo tipo que reciba el cable de potencia durante su montaje o durante su explotación.

Tipo de blindaje:

- Blindaje con cintas de acero: para la protección normal contra golpes o esfuerzos de tracción ligeros
- Blindaje mediante alambres planos de acero: para soportar grandes esfuerzos de tracción
- Blindaje mediante alambres circulares de acero: para proteger al cable de forma óptima ante cualquier esfuerzo.

Cubierta exterior

Es una capa exterior que protege el conductor de la corrosión de las condiciones ambientales y mecánicas.

2.6.-Conductor de tipo XLP de CU 1 000 KCM, 15 kV.

Cable de energía vulcanizado para media tensión, formado por conductor de cobre suave compacto sellado, cableado clase b, con pantalla semiconductor extruida sobre el conductor; aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), temperatura de operación 90°C, tensión de 5kV a 35kV y un nivel de aislamiento del 100%, con pantalla semiconductor sobre aislamiento y cubierta exterior de policloruro de vinilo (PVC) en color rojo como se ve en la imagen siguiente.

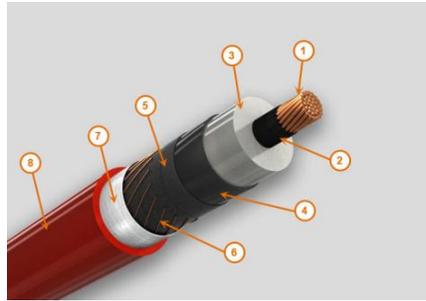


Figura. 3 Cable de energía XLP 15 catálogo CONDUMEX

En la siguiente Tabla 1 se da a conocer la descripción del conductor XLP CU de 15kV.

Tabla. 1 Descripción del conductor de energía tipo XLP 15

Descripción
1.- Conductor de cobre suave redondo compacto, sellado contra la penetración longitudinal de agua.
2.- Pantalla semiconductora extruida sobre el conductor.
3.- Aislamiento de XLP (Polietileno de cadena cruzada) 100 % N.A.
4.- Pantalla semiconductora extruida sobre aislamiento.
5.- Cinta hinchable semiconductora para bloquear el paso longitudinal de agua a través de la pantalla metálica.
6.- Pantalla electrostática a base de alambres de cobre suave.
7.- Cinta hinchable aislante para bloquear el paso longitudinal de agua a través de la pantalla metálica.
8.- Cubierta exterior de PVC (Policloruro de vinilo) en color rojo.

Tabla. 2 Características Especificas del Conductor de Potencia

Características Especiales del conductor de potencia	
Normas	CFE E1000-16
Tensiones	5 kV, 15 kV, 25 kV, 35 kV
Temperatura	Normal 90°C, Sobrecarga 130°C, Cortocircuito 250°C
Tipo de Instalación	Ductos subterráneos
Material de Aislamiento	Polietileno de cadena cruzada (XLP)
Cubierta Externa del Cable	Policloruro de Vinilo (PVC)
Certificado de calidad	Sistema de calidad ISO 9001:2008 certificado por Bureau Veritas
Certificado de producto	Constancia de Aceptación de Prototipos. LAPEM-CFE, Constancia de Calificación de Proveedor. LAPEM-CFE

Para determinar el calibre del conductor que se necesita en la instalación del tablero Metalclad aislado en gas SF6 (Ver ANEXO 2).

2.7.-Ducto

Es un sistema de tubería que se usa para la protección y el enrutamiento del cableado eléctrico, puede ser de metal, polietileno y fibra.

2.7.1.-Ducto de Polietileno de alta densidad 3" color naranja

El Ducto está hecho de polietileno liso de alta densidad (PEAD) para el cableado eléctrico, cumpliendo todas las normas NMX-E-242/1-ANCE-CNCP-2005, NRF-057-CFE-2009 instruidas como se puede observar en la Figura 3.



Figura. 4 Ducto de polietileno de alta densidad 3" naranja

Tabla. 3 Especificaciones generales del ducto

Diámetro nominal interior		Diámetro interior promedio		Diámetro exterior promedio		Rigidez "ps" (con deflexión al 5%)		Espesor de pared mínimo		Peso por metro lineal		Peso por tramo de 6.10 M (20 ft)	
In	mm	In	mm	In	mm	Kpa	Psi	In	mm	Kg / mL	Lb / mL	Kg	Lb
2"	50.00	2.02"	51.31	2.51"	63.75	345.00	50.00	0.020"	0.50	0.50	1.10	3.05	6.72
3"	75.00	3.04"	77.22	3.62"	91.95	345.00	50.00	0.020"	0.50	0.65	1.43	3.97	8.74
4"	100.00	4.04"	102.62	4.73"	120.14	345.00	50.00	0.020"	0.50	0.80	1.76	4.88	10.76
6"	150.00	6.00"	152.40	6.85"	173.99	345.00	50.00	0.020"	0.50	1.80	3.97	10.98	24.21
8"	200.00	7.95"	201.93	9.11"	231.39	345.00	50.00	0.024"	0.65	3.00	6.61	18.30	40.34

Rev. Enero 2011

2.8.-Tablero METALCLAD 15.5 kV/1200A. Aislado con Gas SF6

El Tablero es modelo ZX está constituido de hexafluoruro de azufre en estado gaseoso (fórmula química SF6) como medio de aislamiento Ver Figura 5.

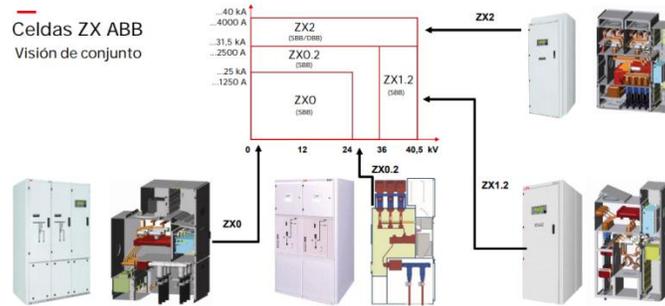


Figura. 5 Tableros tipo Metalclad Modelo diferentes y capacidades

Tabla. 4 Descripción del Tablero Metalclad Modelo ZX 15.5kV/1200A

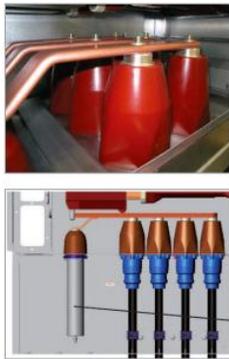
Descripción
1. Interruptor de potencia en vacío, tipo fijo, aislado en gas SF6
2. Tensión de alimentación de servicios auxiliares: 125 VCD - 220/127 VCA
3. Nivel de contaminación: medio.
4. Temperatura máxima exterior: por encima de 40° C
5. No requiere relevadores de protección integrados al tablero.

2.8.1.-Conexión al Tablero Metalclad

Su sistema de conexión del conductor como se observa en la siguiente Figura 6, se describe a continuación:

- ❖ **Sistema Inner Cone:** Este sistema de cono interno, es una conexión de entrada; es decir, que el conductor conecta desde el transformador de potencia al tablero.
- ❖ **Sistema Outer Cone:** Este sistema de cono externo, es una conexión de salida, es decir que el conductor conecta desde el alimentador al suministro de los transformadores de distribución para transformar el voltaje de media tensión a baja tensión.

Conexión del Cable – Sistema Inner Cone



Conexión del Cable – Sistema Outer Cone

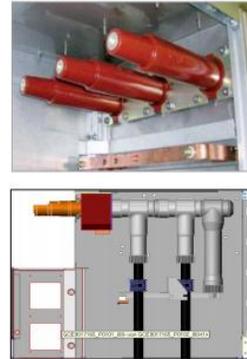


Figura. 6 Sistema de conexión del cable alimentador.

2.8.2.-Dispositivos de control de Gas ZX0.2 MT GIS

Segunda generación de sensores de densidad como se muestra en la Figura 6 a):

- Indica sobre presión, baja presión y watchdog.
- Opción de 2 estados de baja presión y watchdog.



Figura. 7 a) 2nd generación de sensores de densidad.

Valor de Presión a 20°C:

- Presión de operación 130 kPa.¹¹
- Baja presión de operación 120 kPa.
- Presión de respuesta inicial de alivio de presión 220 kPa.

¹¹ kiloPascal (Unidad de Medida de Presión)



Figura. 8 b) Presión de operación del gas SF6

2.9.-Tableros de Protección, Medición y control

Están diseñados para la protección y control de los elementos primarios de la subestación. Tal como: líneas de transmisión, transformadores de potencia y barras colectoras. El tablero está preparado para detectar las fallas eléctricas y tomar acción para aislarlas.

2.10.-Cable de Control para sistema de servicios propios (Tableros PCM)

Los cables para control son usados en manejo de señales de potencia, para medida y protección de equipos, telemetría y telecontrol, manejo, supervisión y registro de información. Instalación en ductos, cárcamos, canalizaciones y bandejas:

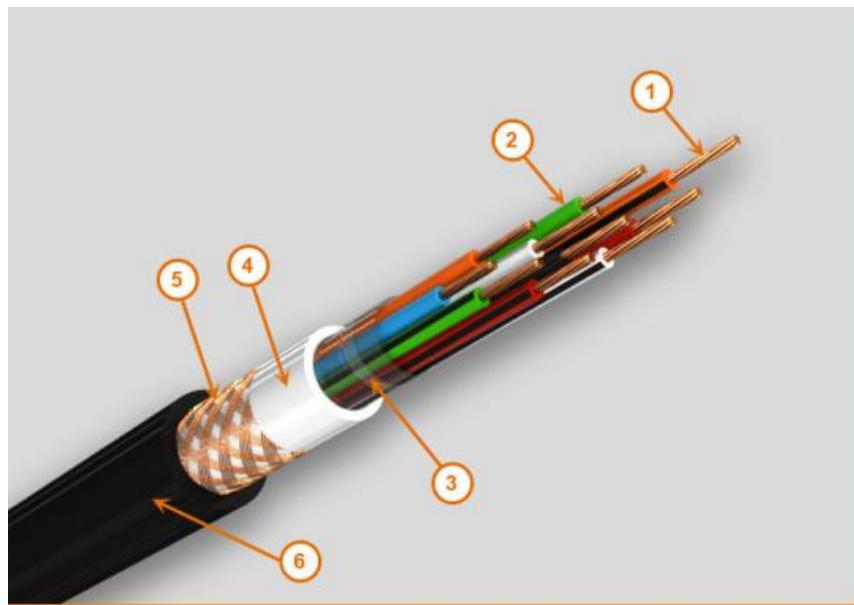


Figura. 9 Cable de control vinanel con blindaje de malla trenzada / Catalogo CONDUMEX

Tabla. 5 Descripción del cable de control.

Descripción:
1.- Conductores de cobre suave cableado clase B.
2.- Aislamiento de policloruro de vinilo (PVC) 75 °C, 600 V, en colores.
3.- Cinta separadora no higroscópica.
4.- Cubierta interna de policloruro de vinilo (PVC) en color natural.
5.- Blindaje de malla trenzada a base de alambres de cobre suave.
6.- Cubierta externa de policloruro de vinilo (PVC) en color negro.

Tabla. 6 Características Específicas

Descripción	
Características Especiales	RPI. Resistente a la Propagación de Incendios, El blindaje de malla trenzada, a base de alambres de cobre suave, elimina las interferencias en las señales debidas a campos electromagnéticos
Normas	CFE E0000-20
Tensión	Normal 75°C
Tipo de Instalación	Canales auxiliares, Ductos subterráneos, Trinchera, Tubo Conduit
Material de Aislamiento	Policloruro de Vinilo (PVC)
Cubierta Externa del Cable	Policloruro de Vinilo (PVC)
Certificado de calidad	ISO 9001:2008
Certificado de producto	Constancia de Aceptación de Prototipos. LAPEM-CFE Constancia de Calificación de Proveedor. LAPEM-CFE

Para determinar el calibre del conductor que se necesita en la instalación del tablero Metalclad aislado en gas SF6 (Ver ANEXO 3).



CAPITULO III DESARROLLO

3.1.-Introducción al desarrollo

Se presenta el proyecto de Construcción Obra civil y electromecánica de una sección para 1A-13.8 kV, donde se integra las siguientes actividades y se explican cada una de ellas en el desarrollo del proyecto a continuación.

3.2.-Visita a la Subestación Eléctrica Mactumatza

Durante la evaluación del proyecto en la Subestación Eléctrica. Mactumatza se analiza las condiciones de la Obra Civil y Electromecánicas así mismo con los permisos de construcción de las autoridades en Zona de Distribución, ver Figura 10 y 11.



Figura. 10 Subestación Mactumatza



Figura. 11 Bahía eléctrica de la subestación de distribución Mactumatza

Ubicación de los alimentadores existentes (Ver Figura 12), se encuentra en la caseta de control dentro de la Subestación Mactumatza



Figura. 12 Alimentadores existentes

3.3.-Obra Civil

En la Obra civil se observa el procedimiento por parte del supervisor de la construcción de Redes Subterráneas, de acuerdo a los permisos de construcción de la subestación.

3.3.1.-Trazo

Se trazó y niveló el concreto (Ver Figura 13) donde pasa el nuevo circuito subterráneo, así mismo incluye todo lo necesario para su indicación, material, mano de obra, equipo y todo lo necesario para la ejecución del trabajo.



Figura. 13 Trazado del área de excavación.

3.3.2.-Excavación para línea subterránea de M.T desde el alimentador

Se realizó la demolición del concreto simple y/o armado en la subestación Mactumatza (Ver Figura 14). La línea que alimenta las instalaciones de Luxury Towers, tienen medidas de 50 cm de ancho, 15 cm de profundidad en arroyo y 10 cm en banqueteta. Esta demolición se realizó con herramienta manual.



Figura. 14 Excavación para banco de ductos

3.3.3.-Construcción de los bancos de ductos

El banco de ductos de 3 vías tipo PAD con especificaciones de 3” de diámetro y configuración trébol (Ver Figura 15), este proceso se debe preparar de acuerdo a las especificaciones técnicas de CFE, normas vigentes de distribución CFE DCCSED01 y construcción de sistemas subterráneos CFE DCCSSUBT.



Figura. 15 Construcción de banco de ductos de 3 vías configuración Trébol

3.3.4.-Encofrado de banco de ductos 3 vías.

El encofrado del banco de ductos con configuración Trébol fue recubierto con concreto hidráulico (Ver Figura 16) y $f'c^{12} = 200 \text{ kg/cm}^2$, construida y acabado acorde a lo existente en el sitio de la obra, cumpliendo con las normas vigentes de distribución CFE DCCSED01 y construcción de sistemas subterráneos CFE DCCSSUBT.



Figura. 16 Encofrado de Banco de Ductos 3 vías

3.3.5.-Reposición de pavimento de concreto en arroyo y banqueta.

La reposición de la vía pública fue cubierta con concreto hidráulico (Ver Figura 17 y 18) y cumple con el esfuerzo máximo de compresión en el concreto $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ de 50 cm de ancho por 15 cm de espesor, reforzado con malla electrosoldada 6-6 / 10-10, construida y acabado acorde a lo existente en el sitio de la obra y cumple con las normas vigentes de distribución CFE DCCSED01 y construcción de sistemas subterráneos CFE DCCSSUBT.



Figura. 17 Encofrado de Banco de Ductos 3 vías tipo arroyo.

¹² Esfuerzo máximo de compresión en el concreto



Figura. 18 Encofrado de Banco de Ductos 3 vías tipo banqueta

3.4.-Fijación e instalación de una sección de Tablero METALCLAD aislado con gas SF₆

De acuerdo a la trinchera existente (Ver Figura 19) que está debajo de los tableros METALCLAD ubicado en la caseta de control construida en el momento en que se pone en marcha la Subestación. Se presenta la colocación del tablero Metalclad (Ver Figura 20) en la caseta de control y el rotulado y nomenclatura del nuevo alimentador (Ver Figura 21).



Figura. 19 Espacio y posición del nuevo Tablero Metalclad aislado en gas SF₆ de bajo la trinchera de A-MT¹³

¹³Media Tensión



Figura. 20 Colocación e instalación de la sección de Tablero Metalclad con gas SF6 sobre la trinchera



Figura. 21 Rotulado de la nomenclatura del alimentador en el Tablero alimentador Metalclad con gas SF6

3.5.-Fijación del TPCM Simplex-LT-5-50-51-PT-ID en caseta de control y sus características.

Los tableros de protección, control y medición se utilizan en diferentes establecimientos como particulares, plantas generadoras, sistemas de distribución, estos tableros pueden ser externos o internos.

Es importante utilizar la nomenclatura que tienen los tableros para facilitar el uso correcto del mismo.

Ejemplo de la nomenclatura del tablero LT-5-50-51-PT-ID (Ver ANEXO 4) y cambia de acuerdo al tipo de tablero:

- LT=Líneas de transmisión o distribución de alta o media tensión
- 5=Tensiones de 44kV o menores.
- 50=Sobre corriente instantánea.
- 51=Sobrecorriente temporizado.
- PT=Para arreglo de barra principal y transferencia
- ID=Integral de distribución

Con esto se cumple la especificación de la norma CFE V6700-62-2006 de LAPEM.

3.5.1.- Colocación del TPCM

- 1.- Recepción de equipo por parte de Siemens, CDMX en la Bodega CFE localizado en Carretera Panamericana #5675 Interior 600 Col. Plan de Ayala, Tuxtla Gutiérrez
2. Equipo TPCM con (Dimensiones: Alto 2.3 m , Ancho 0.80 cm, Fondo 0.80 cm , ½ tonelada)
3. Entrega de equipo por parte del Encargado de Bodega equipo TPCM a cuadrilla del contratista BOMBANA S.A, supervisado por el supervisor proyectos y construcción.
4. Traslado y Desembalaje de la protección de embarque
5. Transportar con Montacargas Manual para su posterior colocación



Figura. 22 Fijación de Tablero PCYM en caseta de control



Figura. 23 Colocación del Tablero de PCM nuevo al extremo lado derecho junto a los demás Tableros PCM

3.6.-Obra Electromecánica

En la Obra Electromecánica los ingenieros de la empresa ABB son los responsables de la instalación del Tablero Metalclad y la cuadrilla del contratista realiza la instalación del tablero PCM bajo la supervisión del supervisor de proyectos y construcción de CFE, de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por el Departamento de Construcción.

Para la instalación del tablero Metalclad, se utilizó el conductor existente XLP15 cal 1000 kcm de la Subestación Mactumatza (Ver Figura 24), desde el registro que conecta al transformador de potencia con la trinchera (Ver Figura 25) en la caseta de control donde se encuentran los tableros Metalclad.

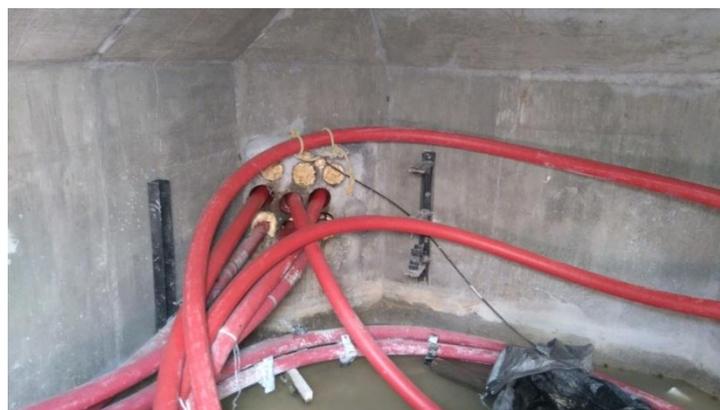


Figura. 24 Conductor XLP cal 1000 kcm 15kV existente



Figura. 25 Colocación de conductor XLP cal 1000 kcm 15 kV en trinchera debajo de los tableros Metalclad con gas SF6

3.6.2.-Instalación de cable de control en tableros Metalclad y TPCM

Se realizó cableado, identificación y conexión de cable de control por parte de los ingenieros de la empresa ABB (Ver Figura 27) bajo la intervención del supervisor de proyectos y construcción de CFE.



Figura. 26 Instalación de cable de control en tablero Metalclad de 15kV e instalación de gas SF6.

El Tablero Metalclad está conectado al tablero PCM-LT-5-50/51-PT-ID; en cual se utilizó conductores de control que se mencionan en la tabla 7 proporcionado por el supervisor del Departamento de Construcción de acuerdo a las normas CFE DCDSEBPE .

Tabla. 7 Lista de cable de control proporcionado por CFE

No.	Material o Equipo a Suministrar	UNIDAD	CANTIDAD
1.	CABLE DE CONTROL 2X10	M	50
2.	CABLE DE CONTROL 2X12	M	50
3.	CABLE DE CONTROL 4X10	M	100
4.	CABLE DE CONTROL 4X12	M	200
5.	CABLE DE CONTROL 8X12	M	50
6.	CABLE DE CONTROL B4X12	M	100



Figura. 27 Instalación de cable de control del tablero Metalclad sobre trinchera aérea hacia el tablero PCM



Figura. 28 Instalación de Cable de control de bajada hacia el tablero PCM



Figura. 29 Instalación de Cable de control por la cuadrilla



CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RESULTADOS

4.1.-Resultados

De acuerdo a los objetivos planteados del proyecto, es proporcionar energía a los de alto y bajo consumo, se realizó la conexión de los alimentadores al tablero Metalclad y posteriormente la conexión de cable de control a los tablero PCM por parte de la cuadrilla bajo la verificación del supervisor de proyectos y construcción.

Se logró la implementación del nuevo alimentador con tablero aislado en gas SF6 en la subestación Mactumatza para suministrar así mismo a las Torres Luxury y a los usuarios de alto o bajo consumo a futuro.

Con base a los datos proporcionados por CFE se realizó un análisis de simulación al circuito alimentador nuevo involucrando a los alimentadores existentes de la Subestación Mactumatza, (Ver ANEXO 5).

Obteniéndose los siguientes datos:

1. La cargabilidad de la línea es la ideal
2. El transformador de potencia opera al 78.6%
3. Los Bus de barra operan en estado estable; es decir, no se presentan caídas de tensión ni sobretensión. Se encuentran 1 p.u.

Con la simulación se realizó una prueba de corto circuito obteniendo como resultado en la siguiente Tabla.

Tabla. 8 Resultados de prueba de corto circuito

	rtd.V.	Voltaje		C-	Sk"	Ik"		Ik'		ip	Ib	ib	Ith
	[kV]	[kV]	[deg]	Factor	[MVA /MVA]	[kA/kA]	[deg]	[kA]	[deg]	[kA/kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Single Bus Bar(1)	115.00	0.00	0.00	1.00	17952.27 MVA	90.13 kA	-83.3	90.13	-83.3	218.34 kA	90.13	129.28	91.23

4.2.- Conclusiones

Para finalizar con este proyecto se instaló con éxito el Alimentador con nomenclatura MAA-4060 que suministrara con éxito a la torre Luxury y posteriormente a los usuarios de altos y bajo consumo.

La simulación es una herramienta que se puede utilizar para predecir o estimar el comportamiento de la línea, bus de barra y hasta los circuitos alimentadores cuando se quieren conocer datos a priori.

En la realización de la simulación del circuito alimentador, se obtuvo resultados favorables donde ya mencionado la cargabilidad es ideal, el transformador con operación es de 78.6% y la carga del alimentador funciona adecuadamente.

Hecho ya el análisis del cálculo de corto circuito como se muestra en la tabla anterior, se recomienda en que en el bus de barra se utilice una protección al valor máximo de corriente que se muestra en la Tabla 8.

Referencias Bibliográficas

- 1.-García, Miranda, Francisco. (1983). Montaje, mantenimiento y reparación de equipos eléctricos industriales. Tomo I. Editorial Pueblo y Educación.
- 2.-Juárez, José. (1995). Sistema de Distribución de energía eléctrica, Primera Edición, Editorial Sans Serif Editores.
- 3.-Picos, Allan (2012) Tecnología en cables de media tensión subterráneos
- 4.-Viakon (2011) Manual Eléctrico, 2° Edición
- 5.-Viqueira, Jacinto. (2010). Redes Eléctricas Tomo 1, 2° Edición. Editorial Facultad de Ingeniera.
- 6.-CNE “Comisión Nacional de Energía”. (2017). Norma Técnica de Calidad de Servicios de Distribución. Disponible: <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/Norma-T%C3%A9cnica-de-Calidad-de-Servicio-para-Sistemas-de-Distribuci%C3%B3n.pdf>
- 7.-Sosa Escalada, Julio (2007) SUBESTACIONES ELECTRICAS DE ALTA TENSION AISLADAS EN GAS consultado el 26 de febrero del 2018. Disponible: https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/sispot/Libros%202007/libros/sosaesca/GIS%20DE%20ALTA%20TENSION_AAR.pdf.
- 8.-Quintana Cristian (2017) Soluciones Celdas GIS. Consultado el 2 de abril del 2018. Disponible en: <https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/eventos/jjts-2017/presentaciones-chile/gis-solutions-cristian-quintana.pdf?sfvrsn=2>
- 9.-CFE. (2016). Tableros de protección, control, medición, supervisión y registro de unidades generadoras y subestaciones eléctricas CFE-V6700-62. Consultado en línea 5 de abril del 2018. Disponible en: <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/d/V6700-62.pdf>
- 10.-CFE (2014). Diseño de Subestaciones Eléctricas de Distribución en bajo perfil y encapsulado SF6 CFE-DCDSEBPE Consultado en línea 18 de abril del 2018 Disponible en: <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/construccion/pdfs/E/DCDSEBPE.pdf>



ANEXOS

Anexo 1

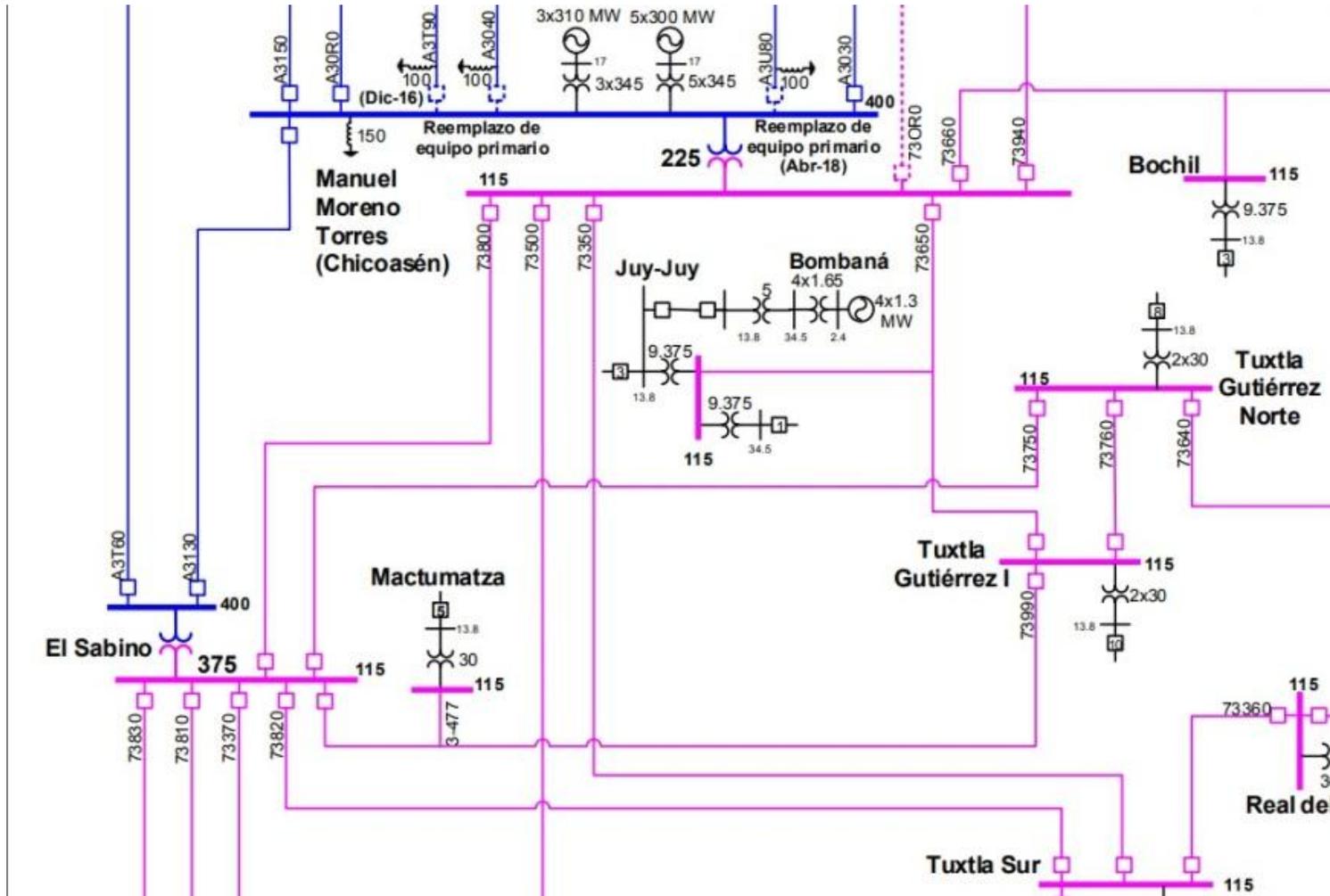


Diagrama Unifilar de CENACE

Anexo 2

Número de producto	Tensión de Operación (V)	Calibre (AWG-kcmil)	Área de la sección transversal (mm ²)	Número de alambres del conductor	Diámetro del conductor (mm)	Espesor nominal del aislamiento (mm)	Diámetro nominal sobre aislamiento (mm)	Número de alambres de la pantalla metálica	Calibre de los alambres de la pantalla metálica (AWG)	Área de la sección transversal de la pantalla metálica (mm ²)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)	Empaque	Tramo
160104005A	5 000	4	21.20	7	5.40	2.30	11.17	7	22	2.33	19.81	504	CARRETE	*
160104006A	5 000	2	33.60	7	6.80	2.30	12.57	10	22	3.33	22.25	717	CARRETE	*
160104007A	5 000	1/0	53.50	19	8.50	2.30	14.27	10	22	3.33	23.95	940	CARRETE	*
160104008A	5 000	3/0	85.00	19	10.71	2.30	16.48	10	22	3.33	26.16	1 285	CARRETE	*
160104009A	5 000	250	127.00	37	13.18	2.30	19.20	14	22	4.66	28.88	1 755	CARRETE	*
16010400AA	5 000	300	152.00	37	14.43	2.30	20.46	14	22	4.66	30.14	2 020	CARRETE	*
16010400BA	5 000	350	177.00	37	15.59	2.30	21.61	14	22	4.66	31.29	2 283	CARRETE	*
16010400CA	5 000	500	253.00	37	18.62	2.30	24.65	14	22	4.66	34.33	3 059	CARRETE	*
160104001A	5 000	750	380.00	61	22.87	2.30	29.15	18	22	5.99	39.44	4 407	CARRETE	*
160104002A	5 000	1000	507.00	61	26.68	2.30	32.96	18	22	5.99	44.91	5 865	CARRETE	*
16010400DA	15 000	2	33.60	7	6.80	4.45	16.93	12	22	3.99	26.61	890	CARRETE	*
16010400EA	15 000	1/0	53.50	19	8.50	4.45	18.63	12	22	3.99	28.31	1 124	CARRETE	*
16010400FA	15 000	3/0	85.00	19	10.71	4.45	20.84	12	22	3.99	30.52	1 484	CARRETE	*
16010400GA	15 000	250	127.00	37	13.18	4.45	23.56	16	22	5.32	33.24	1 972	CARRETE	*
16010400HA	15 000	300	152.00	37	14.43	4.45	24.82	16	22	5.32	34.50	2 245	CARRETE	*
16010400IA	15 000	350	177.00	37	15.59	4.45	25.97	16	22	5.32	36.26	2 554	CARRETE	*
16010400JA	15 000	500	253.00	37	18.62	4.45	29.01	16	22	5.32	39.08	3 344	CARRETE	*
16010400KA	15 000	750	380.00	61	22.87	4.45	33.51	20	22	6.65	45.45	4 880	CARRETE	*
16010400LA	15 000	1000	507.00	61	26.68	4.45	37.32	20	22	6.65	49.27	6 195	CARRETE	*
16010400MA	25 000	1/0	53.50	19	8.50	6.80	22.98	14	22	4.66	32.45	1 330	CARRETE	*
16010400NA	25 000	3/0	85.00	19	10.71	6.80	25.19	14	22	4.66	34.88	1 711	CARRETE	*
16010400OA	25 000	250	127.00	37	13.18	6.80	27.92	18	22	5.99	38.21	2 258	CARRETE	*
16010400PA	25 000	300	152.00	37	14.43	6.80	29.17	18	22	5.99	39.46	2 541	CARRETE	*

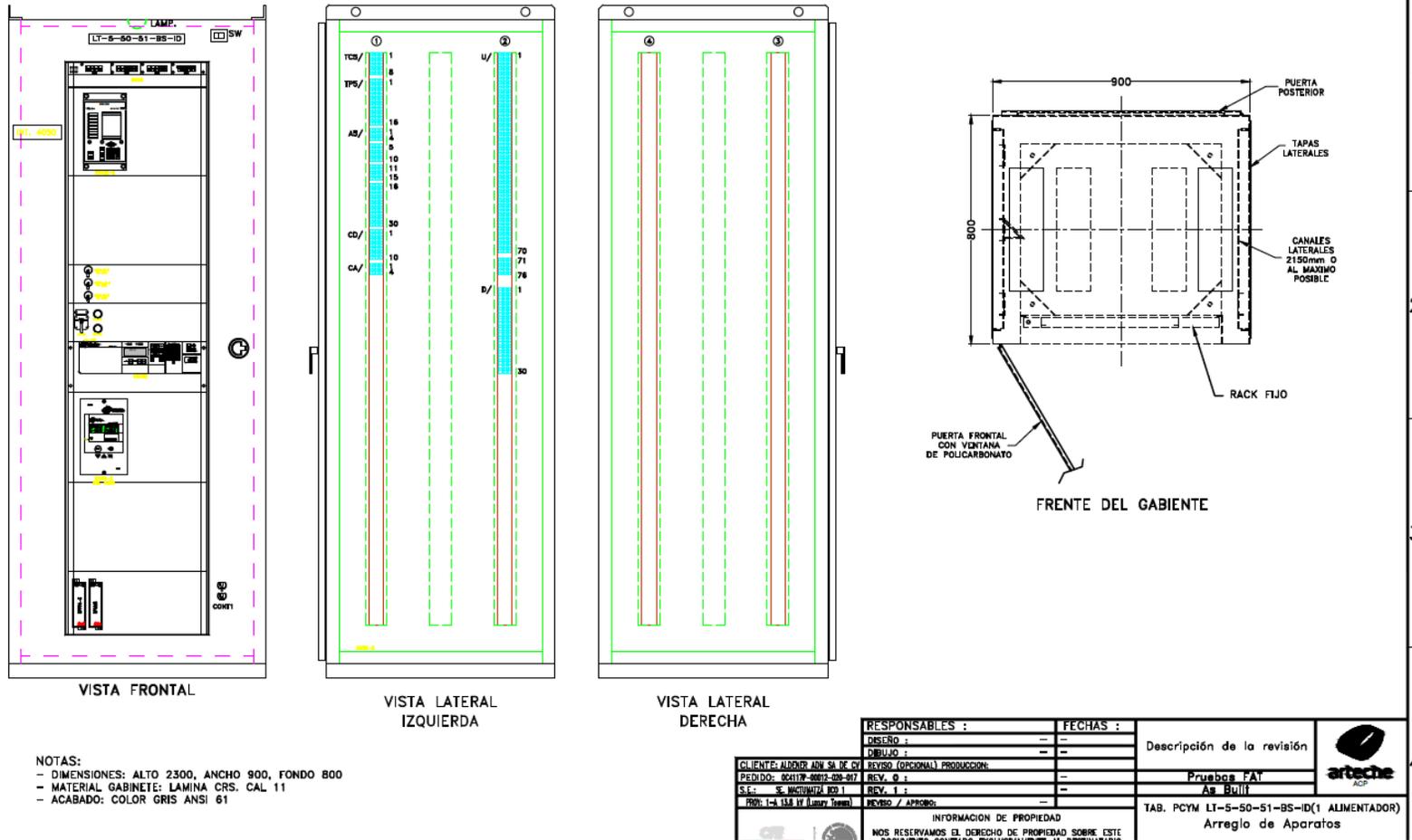
Fuente Catalogo CONDUMEX.

Anexo 3

Número de producto	Calibre (AWG-kcmil)	Área de la sección transversal (mm ²)	Número de conductores	Diámetro del conductor (mm)	Espesor nominal del aislamiento (mm)	Diámetro nominal sobre aislamiento (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Peso nominal del cable (kg/km)	Empaque	Tramo	Color exterior
0700030N5A	18	0.82	2	1.13	0.76	2.73	11.09	207	CARRETE	*	NEGRO
0700030NDA	18	0.82	4	1.13	0.76	2.73	12.22	255	CARRETE	*	NEGRO
0700030NLA	18	0.82	6	1.13	0.76	2.73	14.88	362	CARRETE	*	NEGRO
0700030NTA	18	0.82	8	1.13	0.76	2.73	15.72	426	CARRETE	*	NEGRO
0700030O1A	18	0.82	10	1.13	0.76	2.73	17.97	504	CARRETE	*	NEGRO
0700030N6A	16	1.31	2	1.43	0.76	3.02	11.68	229	CARRETE	*	NEGRO
0700030NEA	16	1.31	4	1.43	0.76	3.02	12.94	289	CARRETE	*	NEGRO
0700030NMA	16	1.31	6	1.43	0.76	3.02	15.76	426	CARRETE	*	NEGRO
0700030NUA	16	1.31	8	1.43	0.76	3.02	16.70	489	CARRETE	*	NEGRO
0700030O2A	16	1.31	10	1.43	0.76	3.02	19.15	581	CARRETE	*	NEGRO
0700030N7A	14	2.08	2	1.80	1.14	4.16	15.00	373	CARRETE	*	NEGRO
0700030NFA	14	2.08	4	1.80	1.14	4.16	16.73	471	CARRETE	*	NEGRO
0700030NNA	14	2.08	6	1.80	1.14	4.16	19.52	607	CARRETE	*	NEGRO
0700030NRA	14	2.08	7	1.80	1.14	4.16	19.52	640	CARRETE	*	NEGRO
0700030NVA	14	2.08	8	1.80	1.14	4.16	20.81	742	CARRETE	*	NEGRO
0700030O3A	14	2.08	10	1.80	1.14	4.16	24.74	913	CARRETE	*	NEGRO
0700030T0A	12	3.31	2	2.27	1.14	4.63	15.94	439	CARRETE	*	NEGRO
0700030T1A	12	3.31	3	2.27	1.14	4.63	16.66	485	CARRETE	*	NEGRO
0700030T2A	12	3.31	4	2.27	1.14	4.63	18.22	576	CARRETE	*	NEGRO
0700030T3A	12	3.31	5	2.27	1.14	4.63	19.55	647	CARRETE	*	NEGRO
0700030N8A	10	5.26	2	2.86	1.14	5.22	17.67	598	CARRETE	*	NEGRO
0700030NCA	10	5.26	3	2.86	1.14	5.22	18.30	604	CARRETE	*	NEGRO
0700030NGA	10	5.26	4	2.86	1.14	5.22	19.65	691	CARRETE	*	NEGRO

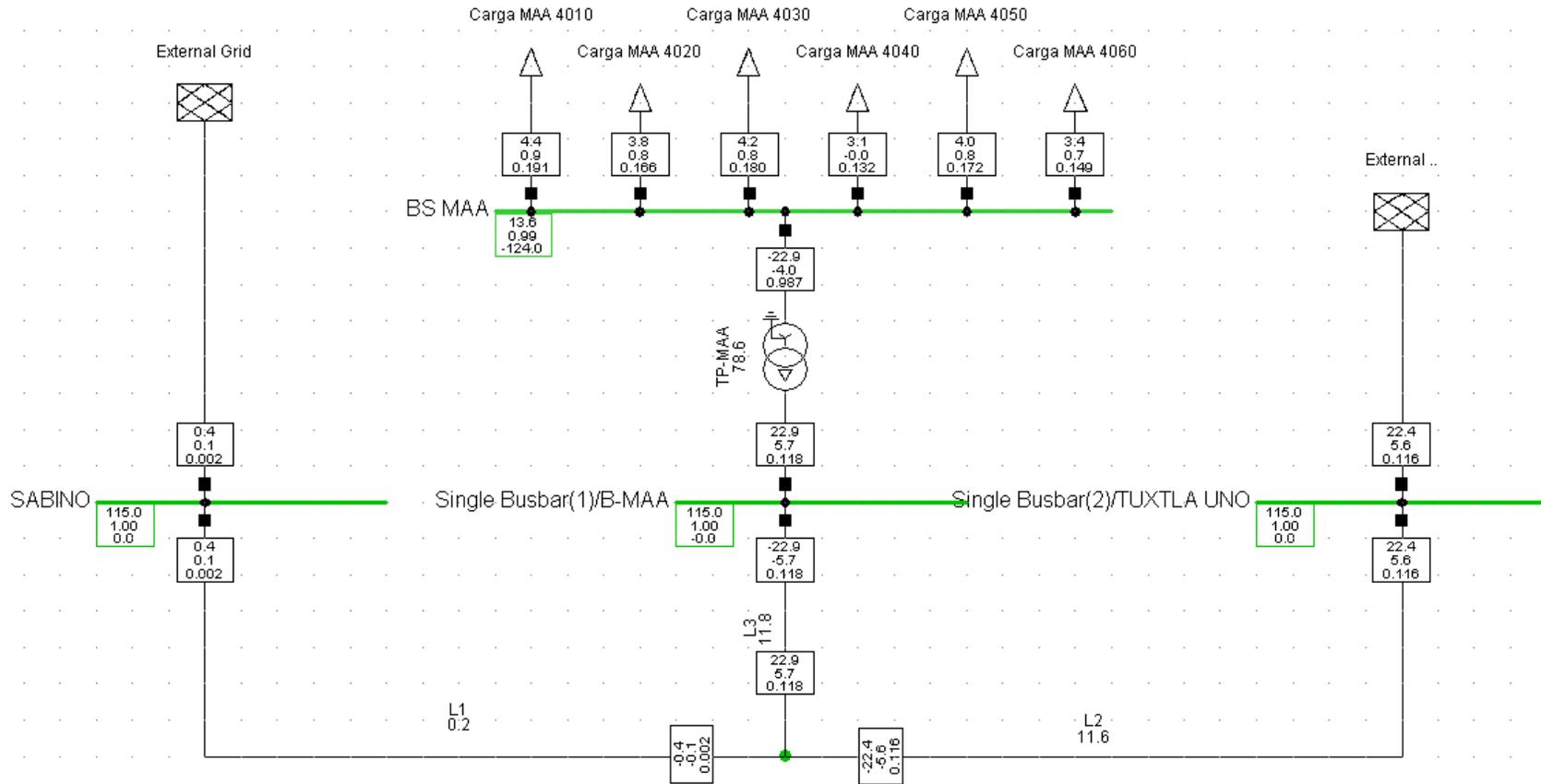
Fuente Catalogo CONDUMEX

Anexo 4



Datos Técnicos del Tablero PCM

Anexo 5



Elaboración propia con DigSILENT, tomado de diagrama unifilar de CENACE