



**TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERRES**

**DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EQUIPAMIENTO DE UNA**  
**INSTALACIÓN ELECTROMECAÁNICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN**  
**“CENTRO CITY LAS FUENTES”**

**PRESENTA:**

**SIMÓN GÓMEZ PÉREZ**

**ASESOR INTERNO:**

**DR. JOSÉ DEL CARMEN VÁZQUEZ HERNÁNDEZ**

**ASESOR EXTERNO:**

**ING. JUAN CARLOS DELGADO LÓPEZ**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Tuxtla Gutiérrez**

**Diciembre/2019**



## *agradecimiento*

*No solamente de libros y conocimientos se desarrolla un proyecto, es muy importante y necesario el aporte realizado por todas aquellas personas que nos rodean, a las personas que hicieron posible el desarrollo de este proyecto.*

*Agradezco a toda mi familia quienes estuvieron apoyándome siempre, el título lo estaré obteniendo gracias a mi madre la cual me ayudo tanto económico como emocionalmente para salir adelante y ella confió en mis conocimientos para aprobar cada semestre.*

*A mis maestros los cuales me ayudaron a realizar este proyecto con sus años de experiencia, compartieron sus conocimientos para tener ideas claras para realizar proyectos en la vida real con el fin de poder ejecutar mi profesión.*

*Agradezco a mi asesor académico Dr. José del Carmen Vázquez Hernández por su apoyo profesional.*

## Resumen

El presente documento recoge el proyecto de electrificación en media y baja tensión del centro comercial "Centro City las Fuentes", destinados a las actividades de locales comerciales.

Para el proyecto, se procederá a la descripción y resumen de los diferentes elementos y zonas sobre las que va a actuar, haciendo especial énfasis en los aspectos que consideren más reseñables y normativas de obligado cumplimiento.

A partir de la estimación del consumo de potencia, necesaria para el correcto funcionamiento de la actividad destinada, se ha planeado la mejor opción de abastecimiento eléctrico para cubrir con todas las necesidades del edificio.

El diseño eléctrico del edificio está compuesto por sótanos (S1, S2), niveles (N1, N2, N3) y por último la azotea, en el primer nivel está compuesto por 12 locales y un área social (LOBBY). En el segundo nivel está compuesto solo por 13 locales y la tercera igual que la segunda por 13 locales comerciales.

El diseño comprende el cálculo de cargas para cada oficina y servicios generales con el fin de obtener datos para la instalación de los respectivos centros de carga, conductores, protecciones y los respectivos eléctricos que comprenden cada local, oficinas y los servicios generales.

Se realizó ingeniería de detalle representada por planos y especificaciones etc. Efectuando la selección de conductores, sistemas de canalización, tuberías, cableado, circuitos de iluminación y contactos, sistemas de emergencia y sistemas de comunicación o información voz y datos.

## 1.- Introducción

Las obras de electrificación son sin duda de gran importancia en las redes de centros comerciales y es por eso que a nivel nacional predominan estos tipos de sistemas eléctricos que coadyuvan al beneficio social, empresarial y económico.

El proyecto de electrificación se realizó en cumplimiento de las normas y requisitos mínimos basados principalmente en las normas mexicanas las cuales hacen cumplir con la seguridad, confiabilidad, flexibilidad, facilidad de operación, mantenimiento, entre otros factores importantes.

La seguridad es uno de los puntos más relevantes, además de respetar las distintas normas vigentes, se deben emplear materiales que cuenten con las protocolizaciones de laboratorio de pruebas de equipos y materiales (LAPEM<sup>1</sup>), de la comisión Federal de electricidad. El proyecto contempla el diseño y capacidad de las cargas actuales y futuras del sistema, además de la confiabilidad que debe presentar toda instalación

En el informe se explica el desarrollo del proyecto en cada uno de los capítulos, así como los cálculos de cada una de las áreas y planos eléctricos donde se especifican tablero principal y los derivados y su sistema de control de emergencia.

Así mismo se indican diversos tableros que dividen las cargas especiales y comerciales, iluminación, tomacorrientes y cargas propias del centro comercial, no incluyendo los locales comerciales. Y en todos los tableros preferenciales presentan cargas de iluminación de emergencia, bombas contra incendio e hidroneumáticos.

Por último, se alimentan las cargas de los locales comerciales ya que se necesita obtener licencias de apertura y para ello se tiene que cumplir algunos requisitos como la instalación eléctrica y su legalización ante los organismos oficiales competentes.

---

<sup>1</sup> Laboratorio de Prueba Equipos y Materiales

## INDICE

<b>1.- Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.-Organigrama de la empresa .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1.- Localización de la empresa.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.- Antecedentes.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.- Estado de arte .....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.- Objetivo.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4.1.- objetivo específico .....</b>	<b>13</b>
<b>1.5.- Metodología.....</b>	<b>14</b>
<b>1.6.- Justificación .....</b>	<b>16</b>
<b>2.- Fundamento Teórico .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.- Normativa .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1.- Código de Red .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.- Acometida.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.1.- Tipos de acometida .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.- Transformador.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.-Equipos de medición .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.1.-Cuadros de distribución y conexión .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2.- Interruptores .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.- Motores y otros elementos alimentados eléctricamente.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.- Diagrama unifilar .....</b>	<b>23</b>
<b>2.7.- Alimentadores .....</b>	<b>23</b>
<b>2.8.- Puesta a tierra .....</b>	<b>23</b>
<b>2.8.1.-Partes de una puesta a tierra .....</b>	<b>24</b>
<b>2.9.- Cálculo de cortocircuito .....</b>	<b>24</b>
<b>3.- Desarrollo.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.- Estimación de carga y demanda .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2.- Bases de diseño de la instalación de la obra .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.- Materiales y equipos .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3.1.- Conductores.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.- Descripción de la acometida de baja tensión .....</b>	<b>30</b>
<b>3.5.- Medición y transformadores.....</b>	<b>31</b>
<b>3.6.- Descripción de los alimentadores bajo criterios del código Red .....</b>	<b>32</b>
<b>3.7.- Código de Red Aplican Circuitos alimentadores y derivados para centros de carga para alumbrado, contactos y fuerza hidráulica. ....</b>	<b>32</b>

<b>3.8.- Tablas de distribución y alumbrado.</b> .....	<b>33</b>
<b>3.9.- Circuitos derivados de alumbrado y contactos a 220/127 V</b> .....	<b>34</b>
<b>3.9.1.-Tomacorrientes</b> .....	<b>34</b>
<b>3.9.2.- Conexión de luminarias en falso techo.</b> .....	<b>34</b>
<b>3.9.3.- Procedimiento de instalación</b> .....	<b>35</b>
<b>3.10.- Cálculos eléctricos de la obra Centro City</b> .....	<b>36</b>
<b>3.10.1.-Determinación de la potencia del transformador.</b> .....	<b>37</b>
<b>3.10.2.- Calculo del generador (Planta de emergencia)</b> .....	<b>38</b>
<b>3.10.3.- Calculo eléctrico de las líneas de media tensión</b> .....	<b>38</b>
<b>3.10.4.- Cálculos de líneas subterráneas de baja tensión</b> .....	<b>40</b>
<b>3.10.5.- Cálculo de alimentadores del transformador a los tableros I-line</b> .....	<b>41</b>
<b>3.10.6.-Cálculo de alimentadores derivados de los Tableros I-line hacia los tableros de distribución</b> .....	<b>42</b>
<b>3.10.7.- Cálculo de caída de tensión de los alimentadores, derivados del Tablero I-line "A"</b> .....	<b>44</b>
<b>3.11.- Cálculo de cortocircuito método por unidad (P.U).</b> .....	<b>47</b>
<b>3.11.1.-Selección de potencia base</b> .....	<b>47</b>
<b>3.11.2.- Calculo de reactancia de los Motores</b> .....	<b>49</b>
<b>3.11.3.- Calculo de reactancias del generador</b> .....	<b>50</b>
<b>3.11.4.- Diagrama de impedancias</b> .....	<b>52</b>
<b>3.11.5.- Calculo de falla en el bus 1</b> .....	<b>52</b>
<b>3.12.- Calculo de corto circuito por el método de MVA´S</b> .....	<b>60</b>
<b>3.12.1.-Diagrama de MVA´S</b> .....	<b>61</b>
<b>4.- Resultados</b> .....	<b>64</b>
<b>5.- Conclusión</b> .....	<b>65</b>
<b>6.- Competencias desarrolladas</b> .....	<b>66</b>
<b>7.- Fuentes de información</b> .....	<b>67</b>
<b>Fuentes Digitales</b> .....	<b>67</b>
<b>8.- Anexos</b> .....	<b>68</b>
<b>Anexo A</b> .....	<b>68</b>
<b>Anexo B</b> .....	<b>69</b>
<b>Anexo C</b> .....	<b>70</b>
<b>Anexo D</b> .....	<b>71</b>
<b>Anexo E</b> .....	<b>72</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la empresa .....	9
Figura 2 Ubicación de la Empresa .....	10
Figura 3 Diagrama flujo de la metodología .....	14
Figura 4 Diagrama de Impedancias .....	52
Figura 5. Impedancias del alimentador M1 y M2.....	53
Figura 6 Impedancias M3 y M4.....	53
<i>Figura 7. Impedancias del M5 .....</i>	<i>53</i>
Figura 8. Impedancias del M6 y M7.....	54
Figura 9. Impedancias del M8 .....	54
Figura 10. Reducción de impedancias 01 .....	54
Figura 11. Reducción impedancias 2 .....	55
Figura 12. Reducción de diagrama de impedancias 3.....	56
Figura 13. Impedancias del alimentador General .....	57
Figura 14. impedancias del alimentador General 2 .....	57
Figura 15. impedancias del Generador .....	57
Figura 16. Cálculo de falla en el bus 1.....	58
<i>Figura 17. Cálculo de cortocircuito en el bus 1 .....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 18. Cálculo de falla en el bus 3.....</i>	<i>60</i>
Figura 19. Diagrama MVA'S .....	61
<i>Figura 20. Falla en el Bus 1 .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 21. Falla en el bus 2 .....</i>	<i>62</i>
Figura 22. Diagrama Unifilar Servicios Generales.....	69
Figura 23. Diagrama Unifilar locales comerciales .....	70
Figura 24. Líneas de Baja Tensión .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de canalización.....	28
Tabla 2. Acometida .....	30
Tabla 3. Alimentadores Principales .....	32
Tabla 4. Alturas de salidas eléctricas.....	36
Tabla 5. Protecciones de los Tableros Principales .....	64
Tabla 6. Tablero de I-line "A" .....	68
Tabla 7. Tablero I-line "H" .....	68
Tabla 8. Presupuesto de obra "Centro City las Fuentes" .....	72

# **Capítulo 1**

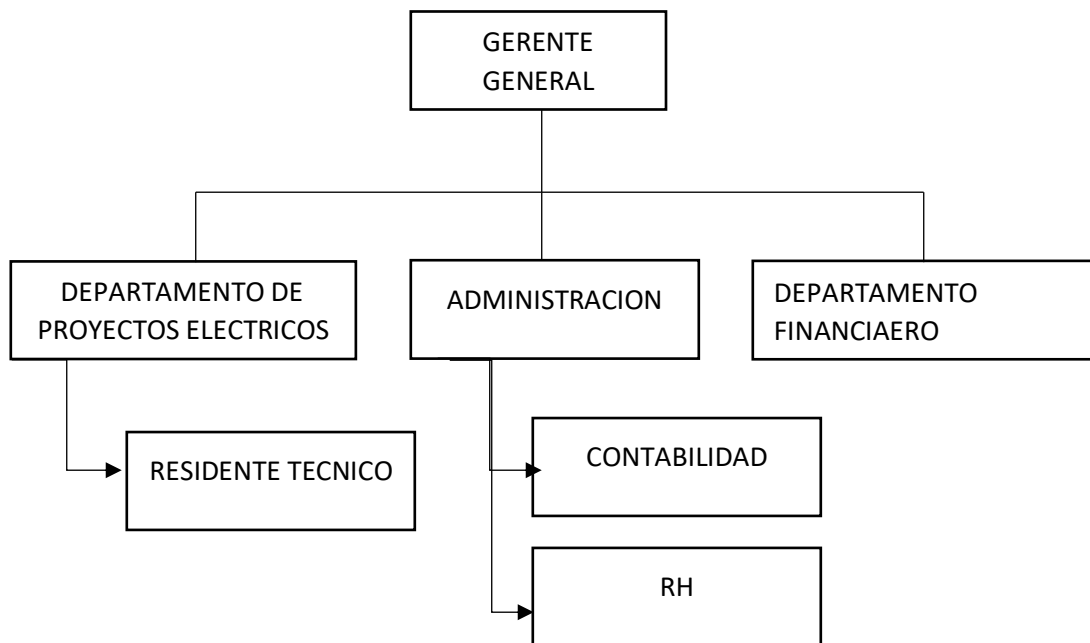
## **Generalidades**



## 1.1.-Organigrama de la empresa

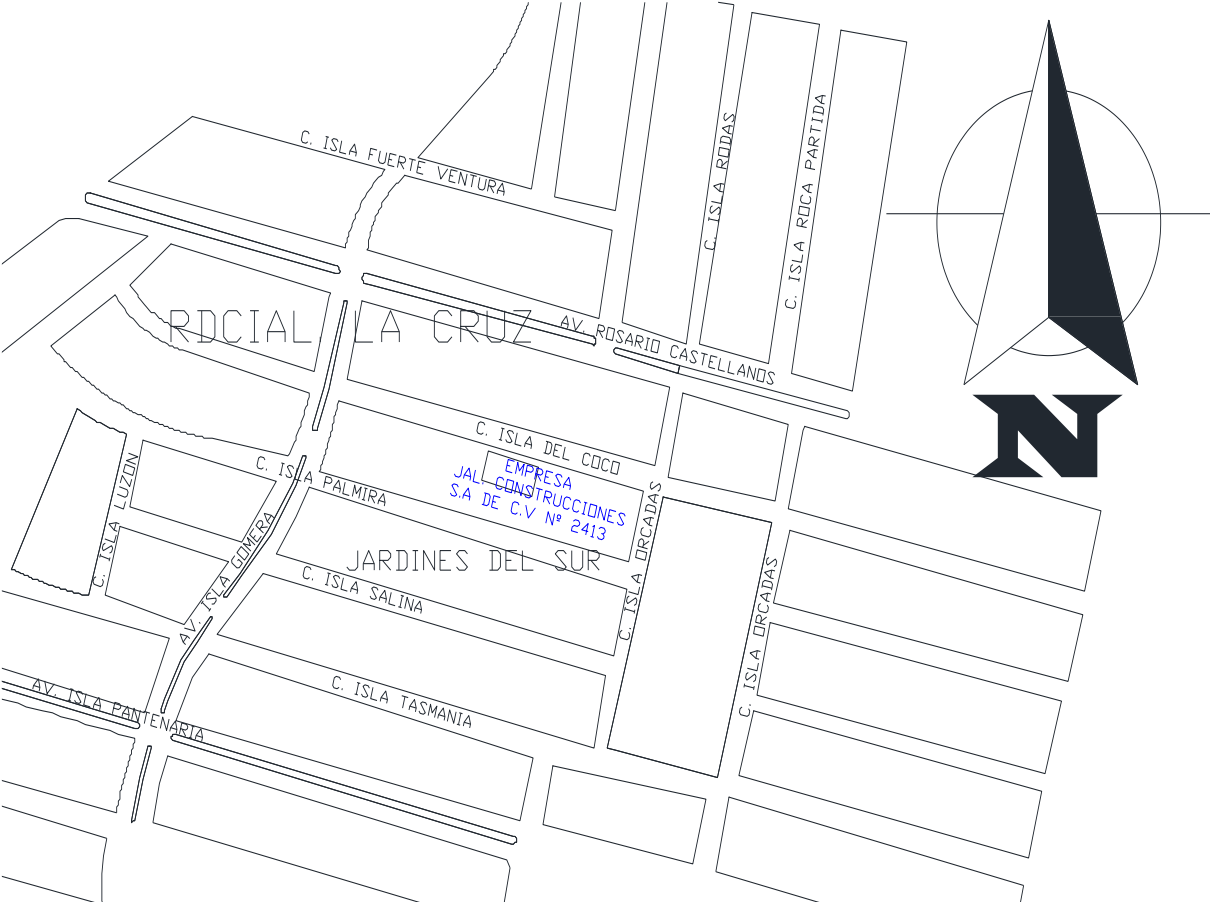
La empresa “**Jal Construcciones S.A de C.V**” es una organización dedicada al ramo de la construcción e instalaciones eléctricas en Media y baja tensión y está conformada por la gerencia general y cuatro departamentos.

- Departamento de proyectos eléctricos
- Departamento de administración
- Departamento financiero
- Departamento de recursos humanos



*Figura 1 Organigrama de la empresa*

**1.1.1.- Localización de la empresa**



**Figura 2 Ubicación de la Empresa**

## **1.2.- Antecedentes**

En los últimos años la ciudad de Zapopan, Jalisco ha tenido un crecimiento en cuanto a lugares de distracción y comercialización al igual que al crecimiento poblacional generando una demanda en el sector de servicios y viviendas en todo el estado, y por ende la compañía de electrificación Jal Construcciones tiene nuevas oportunidades de participar en la electrificación de nuevos centros comerciales.

La empresa jal Construcciones es una empresa con experiencia profesional que ha participado en varios proyectos de electrificación que nace a finales de año 1998. Este año empieza la construcción de varias obras de electrificación, por ejemplo, desarrollos inmobiliarios, oficinas comerciales e industriales.

A lo largo de la existencia de la empresa ha desarrollado proyectos grandes de Media y baja tensión con tecnologías y sistemas constructivos para brindar alta confiabilidad de los proyectos. Además, ha ejecutado asociaciones estratégicas con otras empresas para potenciar su capacidad económica para más contratos.

Actualmente la empresa “jal. Construcciones” cuenta con nuevas tecnologías, herramienta de trabajo y permiten la seguridad de sus trabajadores. Continúa con su proceso de crecimiento y desarrollo al ramo de la construcción de obras eléctricas, diseño y verificaciones eléctricas.

Ha tenido una excelente referencia en el mercado por la diversidad y calidad de servicios, así como la ampliación de sus clientes, lo que ha permitido posicionarse y crecer de una manera muy importante. Los primeros proyectos fueron fraccionamiento, centros comerciales, residenciales y estos han sido los proyectos que más ha llamado la atención por la arquitectura y diseños modernos.

### **1.3.- Estado de arte**

Existen obras eléctricas en desarrollo y obras que fueron recientemente terminadas no más de 1 año por ejemplo la instalación eléctrica de BT en una industria de fabricación de conductores de PVC y PE ubicada en la Av. Vicente Guerrero en Guadalajara Jalisco. El edificio consta de un solo nivel donde hay dos partes muy diferenciadas, una zona dedicada al almacenamiento y otra a la fabricación.

La obra que se ubica Zapopan, Tonalá del área metropolitana, construcción de las instalaciones para una gasolinera para la empresa construal S.A de C.V, consiste en el sistema de alumbrado, para islas, estacionamiento y patio de maniobra, sistemas de puesta a tierra, alimentaciones a motobombas, sumergibles, dispensario y sistema de monitoreo y alarmas contra derrame.

Instalaciones eléctricas del desarrollo denominado edificio monte Morelos localizada en la ciudad de Guadalajara jalisco propiedad del grupo constructor pavimaq. Consiste en el diseño de la red de distribución para los servicios generales en base a las especificaciones del cliente, localización de subestación particular y de C.F.E para abastecimiento de una concentración de medidores.

Este proyecto de instalación eléctrica del edificio de departamentos denominados MCS. Consiste en el diseño de la red de distribución para los servicios generales y departamentos en base a las especificaciones del cliente, localización de subestación particular y de C.F.E para abastecimiento de una concentración de medidores. Se alimentan los departamentos en forma individual con medición independiente.

Centro comercial centro City los mangos localizando en la colonia Aramara de Puerto Vallarta, Jalisco. El proyecto consiste en el diseño del sistema de distribución en MT para abastecer una subestación de servicios generales, seis subestaciones particulares para los locales con carga mayores y una subestación para C.F.E.

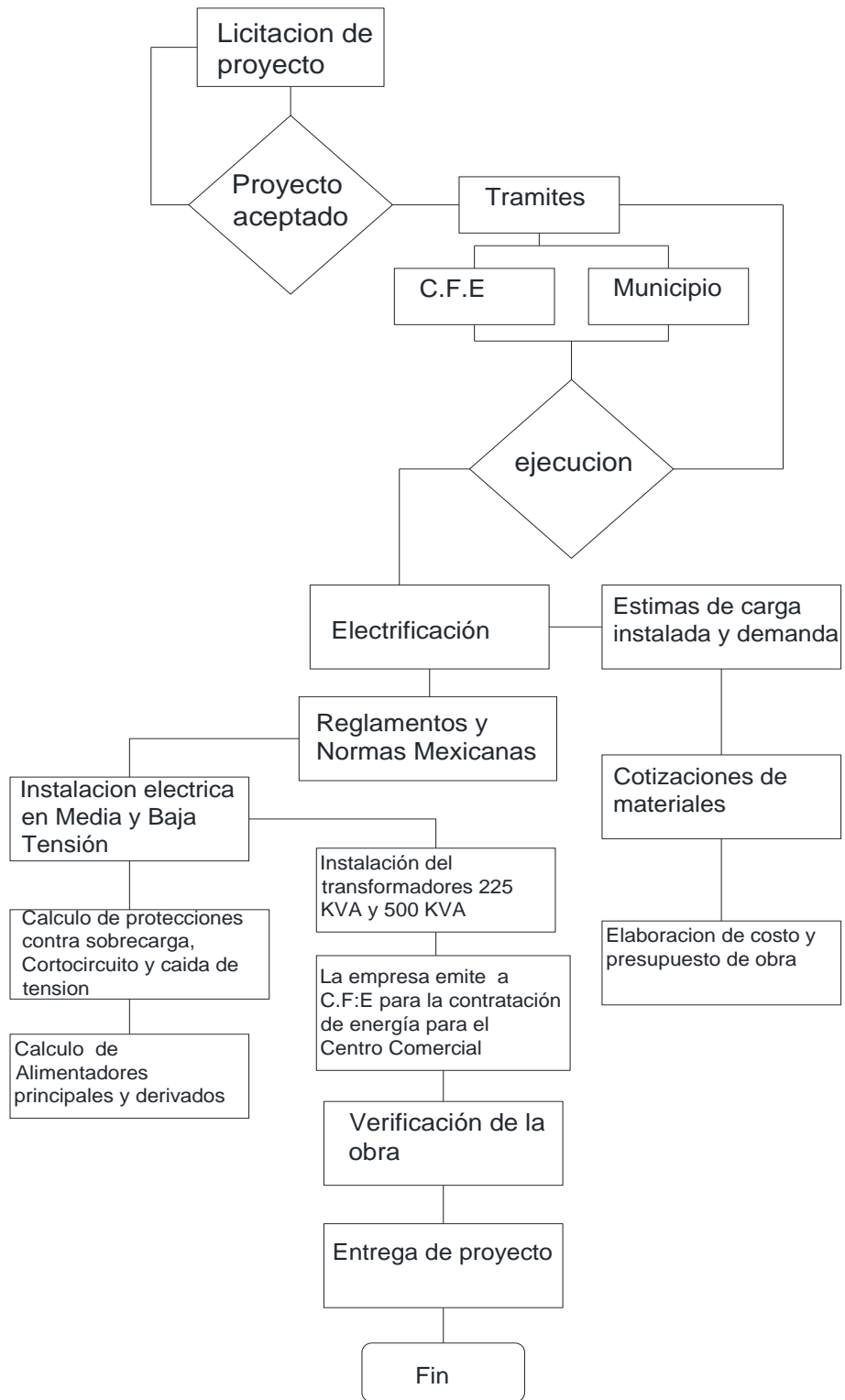
#### **1.4.- Objetivo**

Elaborar y diseñar la electrificación de un centro comercial e instalación de interiores y líneas subterráneas de acometida del centro de transformación de acuerdo a la NOM- 001-SEDE-2012 y la norma de distribución (C.F.E).

##### **1.4.1.- objetivo específico**

- ✓ Instalar un transformador de 225 KVA y 500 KVA

## 1.5.- Metodología



**Figura 3 Diagrama flujo de la metodología**

1. La empresa participa en la licitación del proyecto que se ofertan en la República Mexicana
2. Si la empresa Gana el proyecto, inician con el proceso de trámites ante la empresa de suministradora de energía y del municipio.
3. Si los tramites son autorizados, inicia la ejecución de la obra en todos los rubros.
4. Realización de diseño de proyecto, memoria de cálculo, planos arquitectónicos, estética de proyecto.
5. Un requisito necesario para C.F.E, es la verificación de la instalación que cumplan con todo los requisitos, reglamentos y normativa para la aprobación de la obra.
6. Si cumple con la reglamentación de obra, la empresa suministradora comienza con la puesta en servicio de energía eléctrica.
7. Por último, se entrega el proyecto de la obra eléctrica de “Centro City las Fuentes”

## 1.6.- Justificación

Las instalaciones deben cumplir con los criterios necesarios basados en las leyes, reglamentos y normas que rigen nuestro país ya que son de carácter obligatorio, todos ellos basados en la ley de servicio público de la energía eléctrica, su reglamento, así como en la NOM-001-SEDE actual instalaciones eléctricas.

Se busca además crear una conciencia ambiental y un mayor ahorro en el uso de la energía eléctrica, el usuario tendrá la libertad de contar con un proyecto flexible que se acople a las necesidades actuales en el uso de la energía.

El criterio fundamental a tener en cuenta en las nuevas instalaciones es la seguridad de servicio y la fiabilidad. Para ello todas, las instalaciones funcionan en condiciones normales bajo suministro normal, proporcionando por una estación transformadora. Se consideran como circuitos de emergencia todo los correspondientes de iluminación, instalaciones de protección contra incendios, e instalaciones de VD<sup>2</sup>.

Se realizará una instalación de toma de tierras que cumpla con los valores especificados en la presente memoria. La tensión de servicio será trifásica de 23KV-220/127 V con tres fases activas, conductor de neutro y de puesta a tierra y la potencia necesaria, además, se dispondrá de los cuadros generales de protección, uno prestará servicio a la instalación eléctrica de climatización y el segundo al resto de la instalación de baja tensión.

Algunas de las características que deben cumplir es que todos los interruptores serán de corte omnipolar, el interruptor de caja moldeada que protege al grupo de incendios tendrá solamente protección magnética, todo el cableado y canaleta interiores de los cuadros serán cero halógenos, no propagador de la llama, ni incendio.

---

<sup>2</sup> Instalación de voz y Datos



## **Capítulo 2**

### **Marco Teórico**

## 2.- Fundamento Teórico

### 2.1.- Normativa

El proyecto de instalaciones eléctrica del desarrollo comercial “Las Fuentes” estará regido por las siguientes normas y/o publicaciones, aplicables.

- ✓ Instalaciones propias del desarrollo, interiores y exteriores.

NOM-001-SEDE-2012

NOM-007-ENER-2014

NOM-013-ENER-2013

- ✓ Suministros de energía eléctrica (acometida)

Normas de Distribución y Construcción de Líneas Subterráneas, C.F.E 2015

Normas de Distribución y Construcción de Líneas Aéreas, C.F.E 2014

- ✓ Medición de energía eléctrica

PROSAT CFE, 1992

Normas de medición particulares de C.F.E.

Materiales y equipos para instalación Normas y certificación NOM-ANCE

Normas internacionales NEMA<sup>3</sup>, ASTM<sup>4</sup>, IEC<sup>5</sup>, UL, ANSI.

En caso que, los documentos anteriores sean revisados o modificados, se tomará en cuenta la edición vigente a la fecha de terminar el proyecto constructivo final. A si mismo se tomara en cuenta las indicaciones que la UVIE contratada, considere pertinentes al revisar el proyecto.

---

<sup>3</sup> National Electrical Manufacturers

<sup>4</sup> Asociación Americana de Ensayo de Materiales

<sup>5</sup> La comisión Electrotécnica Nacional

### **2.1.1.- Código de Red**

Es la regulación técnica emitida por la CRE<sup>6</sup> en 8 de abril de 2016, que contiene los requerimientos técnicos mínimos necesarios para asegurar el desarrollo eficiente de todos los procesos asociados con el Sistema Eléctrico Nacional.

*Datos de código de Red:*

1.- El código de Red establece los requerimientos técnicos mínimos para todas las actividades que se llevan a cabo en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

2.- Su objetivo es definir criterios técnicos que promuevan que el SEN alcance y mantenga una “Condición Adecuada de Operación”

2.- Entro en vigor desde el día siguiente a su publicación en el Diario Oficial de la Federación (09/04/2016)

El Código de Red está conformado por las Disposiciones Generales del SEN y por las Disposiciones Operativas del SEN. A su vez, las Disposiciones Operativas del SEN contienen manuales y procedimientos.

### **2.2.- Acometida**

Es el punto donde la red general de la compañía eléctrica entronca con la instalación eléctrica particular de un determinado propietario. Por lo general se considera la ubicación de este punto en la derivación desde el medidor de energía de la edificación o la propiedad. Estos puntos de entrada a la red local del usuario, suelen tener protecciones para evitar problemas derivados de subidas de tensión provenientes de la red general.

---

<sup>6</sup> Comisión Reguladora de Energía

### 2.2.1.- Tipos de acometida

**1.- Aérea:** Desde redes aéreas de baja tensión la acometida podrá ser aérea para cargas instaladas iguales o menores a 35 kW.

**2.- Subterránea:** Desde redes subterráneas de baja tensión la acometida siempre será subterránea, para cargas mayores a 35 kW y menores 225 kW desde redes aéreas, la acometida siempre será subterránea.

**3.- Especiales:** Se consideran especiales las acometidas a servicios temporales y provisionales de obra, vienen a satisfacer las necesidades de telefonía, intercomunicaciones, refrigeración, confort, funcionalidad, seguridad de cuestión de emergencia, incendio etc.

*Deberá constar como mínimo de los siguientes elementos:*

- ❖ Conductor de las acometidas
- ❖ Caja para instalar medidores o equipos de medición
- ❖ Tubería metálica para la acometida y caja de interruptores automáticos de protección.
- ❖ Línea y electrodo de puesta a tierra.

### 2.3.- Transformador

El transformador de potencia es el aparato más importante de los centros de transformación. Es la maquina eléctrica estática capaz de transformar, por inducción electromagnética, un sistema de corriente alterna en otro de corriente alterna, pero de distinta tensión e intensidad. En los centros de transformación transfiere la energía eléctrica entre el circuito de M.T<sup>7</sup> y el circuito de B.T<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> Instalaciones eléctricas en Media Tensión

<sup>8</sup> Instalaciones eléctricas en Baja Tensión

## **2.4.-Equipos de medición**

Son aquellos equipos de la compañía eléctrica que sirven para medir el consumo de energía, estos equipos de medición son conocidos popularmente como “contadores de la luz”. Estos equipos deben estar ubicados en una zona accesible por los técnicos de la compañía, para su lectura y revisión y deben estar sellados y protegidos contra agentes.

### **2.4.1.-Cuadros de distribución y conexión**

Conocidos por diferentes nombres, tales como: cuadros eléctricos, tableros de distribución, cajas de distribución y conexión, etc. Pueden ser: empotrados (en el interior de muros, máquinas o dispositivos de protección) o de superficie (fijados sobre distintas superficies).

Es otro de los principales elementos que podemos encontrar en cualquier instalación eléctrica. Se trata de un habitáculo donde se encontrarán los interruptores arrancadores y otros dispositivos. En él se protegen cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación a través fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales.

*Existen diferentes tipos atendiendo a su función:*

**Cuadro general:** Se coloca después del transformador y lleva generalmente un interruptor general.

**Cuadro para el control de motores:** Se utiliza habitualmente en instalaciones industriales, los arrancadores se agrupan en cuadros eléctricos compactos conocidos como centros de control de motores.

**Cuadro de Distribución o derivado:** Suelen orientarse a una parte de la instalación, pueden contener también un interruptor general.

### **2.4.2.- Interruptores**

Aparato mecánico de conexión que permite establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales y sobrecargas. Soporta durante un tiempo la intensidad de cortocircuito. Su poder de corte es suficiente para poder cortar la intensidad nominal, pero no la de cortocircuito. Se llama también interruptor de carga.

**Interruptor principal:** Como su propio nombre indica es el principal interruptor de la instalación. Generalmente colocado justo después del equipo de medición, permiten cerrar todo el conjunto del circuito eléctrico.

**Interruptor derivado:** Ubicados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a las diferentes partes de la instalación.

**Interruptor termomagnético:** Conocido popularmente como magnetotérmico, en muchas instalaciones puede hacer las veces de interruptor principal. Su función es proteger la instalación y a sus usuarios ante sobrecargas y corto circuitos. Existen magnetotérmicos de todos los tamaños, pensados para todo tipo de instalaciones.

**Arrancador:** Se trata de un elemento compuesto por un interruptor termomagnético con fusibles, un conductor y un relevador. Mediante el contactor se cierra o abre los contactos al energizar o descargar la bobina. Sirve para arrancar motores y sistemas análogos.

### **2.5.- Motores y otros elementos alimentados eléctricamente**

Aplicable a instalaciones industriales principalmente. Son el último punto de la instalación eléctrica.

**Puntos de control:** Los puntos de control tampoco son habituales en instalaciones eléctricas domésticas o en pequeñas oficinas y comercios. Son lugares de la instalación donde se conectan al circuito diferentes elementos de control como: limitadores de carreras o de par, indicadores de nivel de temperatura, de presión etc.

**Salidas para el alumbrado y enchufes:** Las salidas a las que se conecta el alumbrado, así como los enchufes, al igual que los motores, están al final de las instalaciones. En el caso de las luminarias consumen energía de la instalación y en el caso de los enchufes, servirán como toma de alimentación de corriente donde se conectan aparatos eléctricos y electrónicos.

**Plantas de energía de emergencia:** No suelen estar presentes en instalaciones domésticas, o en pequeñas oficinas y comercios, aunque si son habituales en instalaciones industriales y grandes comercios. Suele estar formado por un motor de combustión interna conectado a un generador de corriente alterna.

## **2.6.- Diagrama unifilar**

El diagrama unifilar es un esquema gráfico que indica por medio de líneas sencillas y símbolos eléctricos la interconexión y componentes de una red eléctrica. El diseño de una instalación eléctrica tiene su origen en el diagrama unifilar correspondiente, que resulta del estudio de las necesidades de carga de la zona en el presente y con proyección a un futuro de mediano plazo.

## **2.7.- Alimentadores**

Es un conductor encargado de suministrar toda la corriente que un grupo de cargas consume. Técnicamente es el conductor principal que viene del transformador para alimentar un edificio y llega hasta el interruptor general en el centro de cargas.

## **2.8.- Puesta a tierra**

Se denomina “Puesta a tierra” a la conexión metálica de uno o varios puntos de una instalación a uno o varios puntos de una instalación a uno o varios electrodos enterrados, con el fin de permitir el paso a tierra de corrientes de fallo o descargas

atmosféricas, evitando además que existan tensiones peligrosas entre la instalación y superficies próximas del terreno.

### **2.8.1.-Partes de una puesta a tierra**

Para protección contra contactos indirectos, las masas metálicas de los aparatos receptores deben estar en contacto con tierra. La puesta a tierra se divide en varias partes.

Toma de tierra formada por: Electrodo, que es una masa metálica en contacto con el terreno. Si está colocado para otros fines se llama natural y está colocado exclusivamente para toma de tierra se llama artificial (picas, placas o cables enterrados). Líneas de enlace con tierra (sección mínima para conductor de cobre 35 mm<sup>2</sup>) y punto de puesta a tierra.

Línea principal de tierra: Sección mínima para conductor de cobre 16mm<sup>2</sup>.

Derivaciones de la línea principal de tierra: Sección mínima para conductor de cobre 2.5 mm<sup>2</sup> bajo tubo y 4 mm<sup>2</sup> sin protección mecánica.

Conductores de protección: Sección mínima igual que las derivaciones de la línea.

### **2.9.- Cálculo de cortocircuito**

Es el análisis de un sistema de potencia que determina la magnitud de las corrientes eléctricas que fluyen durante una falla en diversos puntos del mismo. Posteriormente, dichas magnitudes son comparadas con las características de los componentes del sistema para determinar si son adecuados para usarse en el sistema analizado. La capacidad de soportar un corto circuito de un componente debe ser igual o mayor a la magnitud del valor calculado de la corriente de falla.



## **Capítulo 3**

### **Desarrollo del proyecto**

### 3.- Desarrollo

Para dar cumplimiento de solución de los objetivos que se plantearon en el capítulo 1 del centro comercial “Centro City las Fuentes”, el cual se explicara a continuación paso a paso en este capítulo tanto en lo teórico como en los cálculos del proyecto.

Esta memoria incluye la propuesta para el suministro de energía eléctrica en media tensión en forma subterránea con una subestación tipo pedestal particular y otra propiedad de C.F: E.

El cálculo de su capacidad, protecciones eléctricas, tableros de distribución principales, alimentadores eléctricos, tableros de alumbrado, circuitos derivados, balanceo de carga y cálculo de alumbrado. Todo lo anterior, tomado en consideración las recomendaciones indicativas mas no restrictivas, de los fabricantes de los materiales y equipos que se describen en sus catálogos de producto, mismos que están certificados y avalados por las normas mexicanas y referencias NMX-J

#### 3.1.- Estimación de carga y demanda

- ✓ Cálculo de la demanda máxima.
- ✓ Cálculo del factor de demanda
- ✓ Cálculo del consumo de energía en un periodo específico, para empresas grandes se considera una Tarifa 3.1A

$$D_{max} = (F_{dem}) (D_{inst}) \quad \text{Ecuacion (3.01)}$$

$$F_{dem} = \frac{D_{max}}{D_{inst}} \quad \text{Ecuacion (3.02)}$$

$$\text{Consumo } E = \frac{kW.H}{\text{precio } kW.H} \quad \text{Ecuacion (3.03)}$$

Donde;

$F_{dem}$  =Factor de demanda del sistema de distribución.

$D_{max}$  =Demanda máxima del sistema de distribución.

$D_{inst}$  =Demanda total instalada en el sistema de distribución

### **3.2.- Bases de diseño de la instalación de la obra**

A continuación, se explica los siguientes 7 puntos, que sirven como ejes rectores de la obra.

1.- Los requerimientos indicados por el propietario en cuanto a preferencias de equipos, materiales y condiciones de operación.

2.- La mejor ubicación de equipo eléctrico por condiciones de funcionamiento con respecto al diseño de arquitectura y espacio del edificio.

3.- Los requerimientos específicos de carga y características eléctricas para los sistemas e instalaciones de red de alumbrado y contactos.

4.-El diseño propio de la instalación se basará en la normatividad descrita en el capítulo 2.

5.- Las condiciones de seguridad estarán bajo la norma NOM-001-SEDE-2012 y las recomendaciones del NEC<sup>9</sup> (ANSI C2-1997).

6.- Selección de conductores con capacidad de conducción de corriente.

- 60°C de operación, 30°C temperatura ambiente para cargas menores o iguales a 100A. 75°C de operación, 30°C temperatura ambiente para cargas mayores a 100A.

7.- Sistemas de Distribución en baja tensión.

- Sistema 220/127 V. Alimentadores a tableros de locales comerciales, a partir de concentración de medidores.
- Circuitos derivados. Para alumbrado 1200-1500VA/circuito y contactos 1200-1500VA/circuito

---

<sup>9</sup> Código Eléctrico Nacional

### 3.3.- Materiales y equipos

Tabla 1. Tipos de canalización

Canalización	Tubo Conduit
Ahogado en losa o muros	Tubo PVC tipo pesado
Bajo pisos	Tubo PVC tipo pesado
Aparente	Tubo PVC tipo pesado
Dentro de plafones	Tubo PVC tipo pesado
Paso en juntas constructivas	Tubo Flexible Hermético a líquidos N/M

#### 3.3.1.- Conductores.

Media Tensión: Serán de aluminio, aislamiento de XLP<sup>10</sup> tipo DS 25 KV cal. 2/=0 AWG 90°C de temperatura de aislamiento 25,000 V máximos.

Baja Tensión: Serán de cobre/aluminio, con aislamiento de PVC <sup>11</sup>THW-LS, XHHW-2-LS 75°C XLP y 90°C de temperatura de aislamiento 600V máximos.

Conexiones a luminarias, motores o equipo diversos en plafones: Serán de tipo armado con cubierta de aluminio y conductores THW-LS, con conductor de puesta a tierra incluido.

Cables para circuitos ramales: los cables usados en circuitos ramales de alumbrado, tomacorrientes y de uso general, están comprendidos exclusivamente los cables AWG # 10 y 12. Los cables serán de alambre blando de 98% de conductividad, con

<sup>10</sup> Cable de Energía Polietileno Reticulado

<sup>11</sup> Tubo hecho de Policloruro de vinilo

aislamiento tipo termoplástico de cloruro de polivinilo, clase 600V tipo THW con temperatura máxima de operación continua de 75°C.

En caso particular de instalaciones en ductos o canales de piso los cuales serán de tipo cordón flexible de dos conductores con las mismas especificaciones anteriores.

Conexiones a luminarias, motores pequeños en áreas de servicio sin plafón: Cable uso rudo ST 600V 60°C.

Caja de conexión: Hasta 25mm (KO) PVC de lámina Galvanizada construidas en obra para tuberías mayores o como registro de varias tuberías.

Cajas de paso derivación y soporte: Todas las cajas serán de acero con tapas sujetas a tornillos, las cajas serán galvanizadas o debidamente tratadas contra corrosión. Las cajas de paso y soporte instaladas en tramos verticales, se usarán para soportar el peso de los cables en sentido vertical y para realizar la alimentación de tableros, cajas de distribución o alimentación de equipos en cada piso.

*Centro de carga:* Square`D Cables (Condumex y Vieron).

*Accesorios red de media tensión:* Elastimold Concentraciones de medidores armada en sitio Square`D

Canalización metálica: Las especificaciones se refieren a la canalización metálica de uso general, embutida en pisos y paredes, instalada en ductos verticales y suspendida en techo. A menos que se indique lo contrario en los planos, los tubos a emplear serán tubo Conduit de acero galvanizado en todos los diámetros mayores o iguales a  $\frac{3}{4}$ .

Puesta a tierra de sistemas de equipos: El conductor neutro de las acometidas, deberá ser puesto a tierra, esta puesta a tierra deberá efectuarse por medio de un conductor de cobre puesto a tierra, que conectará a la tubería de distribución de agua, el

conductor de puesta a tierra deberá colocarse en canalización metálica separada y la conexión a la tubería deberá efectuarse por medio de abrazaderas.

Las canalizaciones metálicas de distribución eléctrica se consideran puesta a tierra al conectar la cubierta metálica de tableros, los cuales a su vez están puestos a tierra a través de un conductor destinado especialmente para ello o la tubería metálica de su alimentador.

### 3.4.- Descripción de la acometida de baja tensión

La acometida para los locales se considera a partir del punto de conexión que será cedido a C.F.E, para alimentar la concentración de medidores modulares que darán servicio a los centros de carga de los locales comerciales (se deberá coordinar con C.F.E para definir detalles). Las características de del alimentador serán los siguientes:

*Tabla 2. Acometida*

configuración	Radial
Conexión y voltaje	3 fases, 4 Hilos, 220/127 Volts
	1 fases, 3 Hilos, 220/127 Volts
	1 fases, 2 Hilos, 127 Volts
Cálculo de carga	En base a la carga total conectada en la concentración de medidores en factor de demanda del 100%
Conductores de fase	Serán de cobre/ aluminio, con aislamiento de PVC tipo THW- LS y XHHW-2-LS 75 y 90°C de temperatura de aislamiento 600v máximos.
Calibre	6AWG, 4AWG, 2AWG, 1/0AWG, 3/0 AWG etc. Determinado en base a la carga y a la regulación.
Regulación de voltaje	Máximo del 1%
Canalización:	Tubo PVC tipo pesado, Tubo GPD <sup>12</sup> y GPG <sup>13</sup> .

<sup>12</sup> Galvanizada Pared Gruesa

<sup>13</sup> Galvanizada Pared Delgada

### 3.5.- Medición y transformadores

Las concentraciones de medidores serán armadas en sitio, la acometida será con zapatas principales. Las características del módulo de acometidas serán las siguientes:

- Acometida: Interruptor principal, alimentación interior, barras de cobre y/o aluminio. Conexión y voltaje: 3 Fases, 4 Hilos, 220/127 volts.
- Tipo: Armada en sitio
- Las características de los módulos de medición serán las siguientes: Acometida: Barra bus a barra bus de cobre y/o aluminio.
- Conexión y voltaje: 3 fases, 4 hilos, 220/127 Volts.
- Tipo de medidores: Medidores 7T-100 A y medidores 5T-100 A, para medidores a locales a través de subestación 500 KVA que será propiedad de C.F.E se considera medición remota.
- Bus de distribución vertical: 3F-4 H, 220/127 Volts, barras de cobre y/o aluminio. Bus de distribución Horizontal: 3F-4 H, 220/127 Volts, barras de cobre y/o aluminio.
- Interruptores derivados: tipo termomagnético de 1 y 2 polos, con capacidad interruptiva de 16 hasta 50A, continuos y de 25KA simétricos en cortocircuito a 220. Se instalará un transformador que será propiedad de C.F.E con las siguientes características:
  - ✓ Tipo pedestal trifásico
  - ✓ Capacidad des de acuerdo a proyecto 500 KVA
  - ✓ Operación Anillo
  - ✓ Voltaje primario 23000YT/13200V
  - ✓ Voltaje secundario 480Y/277V
  - ✓ Frecuencia 60 HZ

*Sobre elevación de temperatura 65°C sobre el ambiente, Además, se instalará un anillo equipotencial alrededor del transformado.*

### 3.6.- Descripción de los alimentadores bajo criterios del código Red

El circuito conectado a una sola estación, que suministra energía eléctrica a subestaciones distribuidoras o directamente a los centros de carga.

La alimentación para la concentración de medidores de los locales se tomará desde el transformador de 500 KVA que será propiedad de C.F.E.

*Tabla 3. Alimentadores Principales*

Configuración	Radial
Conexión	3F-4H
Voltaje	220/ 127 volts
Calibre	De acuerdo a lo que se indica en planos de proyecto
Regulación de voltaje	5% máximos del nominal

### 3.7.- Código de Red Aplican Circuitos alimentadores y derivados para centros de carga para alumbrado, contactos y fuerza hidráulica.

Los centros de carga emanen o se relaciones a actividades de suministro (calificado, básico, o último recurso), usuarios calificados o usuarios de intermediación, que están conectados en alta y media tensión deben cumplir para lograr la conexión del sistema Eléctrico Nacional.

Los centros de carga, serán alimentados directamente desde la concentración de medidores. Estos centros de carga para circuitos de alumbrado y contactos, tienen las siguientes características.

Conductores: De aluminio monopolar aislamiento XHHW-2-S 60°C engargolado de aluminio.

Calibres: Seleccionados con base a la carga que alimenta y factor de demanda con una regulación máxima del 3% a la tabla 310-15(b)(16) y 310-15(b) (17) de la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012.



Tierra física: Conductor de cobre desnudo con calibres seleccionados de acuerdo a la tabla 250-122 de la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012.

Canalizaciones: Tubo Conduit de PVC para los alimentadores ocultos y metálicos galvanizados pared gruesa para los alimentadores aparentes.

Diámetros: Seleccionados de acuerdo a las tablas del apéndice "C" de la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012.

Cajas de registro: PVC Galvanizadas y aluminio fundido tipo Condulet para los alimentadores aparentes. Dimensionadas de acuerdo a la tabla 314-16(a)(16) de la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012.

### **3.8.- Tablas de distribución y alumbrado.**

Tablero eléctrico MCA SQD de 30 espacios 220v 3F-4H, capacidad de barras de 125A, cat. NF304L12F, con ITM principal de 3x40A

Tablero eléctrico MCA SQD de 18 espacios, 220V, capacidad de barras de 250A, 3F-4H, cat. NF304L22F con ITM ppal. de 3x225A

Tablero eléctrico MCA SQD de 18 espacios, 220V, 3F-4H, capacidad de barras de 100A, cat. NQ184L100F. zapatas principales.

Interruptores derivados: Tipo Termomagnético QO de 1, 2 y 3 polos, con capacidad interruptiva de 15, 20, 30 amperes continuos y de 10 KA simétricos en corto circuito a 220 y 127 volts.

### **3.9.- Circuitos derivados de alumbrado y contactos a 220/127 V**

Sus características principales son las que se señalan a continuación.

Conductores: De cobre con aislamiento termoplástico resistente a la humedad tipo THW-LS para 600 volts 75-90°C

Calibres: Mínimo del No 12 calculados en base a la carga con factor de demanda del 100% y regulación del 3% como máximo y la tabla 310-15(b)(16) y 310-15(b) (17) de la NOM-001-SEDE-2012.

Tierra física: Mínimo cobre desnudo cal. 12AWG

Calibres: seleccionados de acuerdo a la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012.

Caja de registro: Galvanizadas para tuberías ocultas para muro o losa y de aluminio fundido tipo Condulet para tuberías aparentes.

#### **3.9.1.-Tomacorrientes**

En general a menos que en los planos se indique lo contrario, los tomacorrientes serán del tipo embutido, de 15<sup>a</sup>, 120 volts doble y de terminales a tornillos para acomodar hasta el alambre AWG #12.

Los tomacorrientes de uso general serán sencillos, polarizados, para un voltaje adecuado a la carga y según número de polos indicados en los planos.

Los tomacorrientes instalados en pasillos y áreas de circulación destinadas a maquinas pulidoras del tipo industrial serán sencillos de 20 A, 2 polos y tierra 120 volts del tipo TWIST LOCK.

#### **3.9.2.- Conexión de luminarias en falso techo.**

En la conexión de la salida superficial en techo a la caja de luminarias, se emplearán Conduit flexible con conectores terminales en ambos extremos. En ningún caso se

dejará descubierta la salida del techo para la cual se usarán tapas con hueco prefabricado central y anillos de extensión cuando sean necesarios.

### **3.9.3.- Procedimiento de instalación**

Tubería metálica: La canalización metálica constituye un medio de puesta a tierra de los equipos del sistema eléctrico, por ello se considera vital que la instalación se efectúe de manera de garantizar la continuidad eléctrica de la misma.

Los extremos de los tubos serán cortados en ángulo recto con el eje, empleando el quipo cortador apropiado. Los tubos de acero galvanizados utilizaran uniones a roscas y las juntas se harán de forma tal que sean impermeables y eléctricamente continuas. La entrada de los tubos a las cajas se hará de sentido normal a la caja y nunca en sentido contrario.

Los tubos embutidos en placa o rellenos de piso deberán asegurarse firmemente antes del vaciado del concreto.

Los soportes y colgadores de tubos a la vista deberán ser de acero galvanizado y los sistemas de soporte deberán construirse con un coeficiente de seguridad igual o mayor a 3. No se soportarán las tuberías desde los tubos o equipos destinado a otras instalaciones.

Cajas metálicas: las cajas metálicas que sean accesible en todo momento. Las cajas que no vallan a instalar empotradas deberán ser fijadas en posiciones de manera de evitar el desplazamiento de materiales extraños. Las alturas de instalación de las diferentes cajas de salida son las siguientes:

*Tabla 4. Alturas de salidas eléctricas*

Tomacorrientes de uso general	0.30 metros
Tomacorrientes especiales	0.40 metros
Tomacorriente en baños	1.20 metros
Tomacorriente ventiladores	2 metros
Interruptores de alumbrado	1.20 metros
Timbres	2 metros
Tableros de distribución	1.60 metros

### **3.10.- Cálculos eléctricos de la obra Centro City**

- ✓ Carga Total del sistema de electrificación centro comercial.

I – Line del Tablero "A"

Tablero "B"= 7.854 kW

Tablero "C"= 58.008 kW

Tablero "D"= 5.375 kW

Tablero "E"= 31.96 kW

I – Line del Tablero "H"

Tablero "F"= 9.636 kW

Tablero "O"= 16.264 kW

Tablero "P"= 4.655 kW

Tablero "Q"= 33.655 kW

$$C. T \text{ DEL TAB} - A = 7.854 + 58.008 + 5.375 + 31.96 = 103.197 \text{ kW}$$

$$C. T \text{ DEL TAB} - H = 9.636 + 16.264 + 4.655 + 33.655 = 64.211 \text{ kW}$$

$$C. T \text{ DEL TAB} - \text{Control vs incendios} = 10.669 \text{ kW}$$

$$C. T \text{ del sistema} = 178.077 \text{ kW}$$

### 3.10.1.-Determinación de la potencia del transformador.

Cálculo transformador que alimenta la instalación de servicios generarles que suministra una potencia de 178.077 kW, la cual se calcula potencia necesaria para la alimentación con un factor de utilización de  $K_u = 0.8$  y un factor de simultaneidad  $K_S = 1$  y un factor de potencia de  $\cos\phi = 0.9$  con un factor  $r = 25\%$

$$P = P_{ins} \cdot K_U \cdot K_S \quad \text{Ecuacion 3.1} \quad S = \frac{1 + r * P}{\cos\phi} \quad \text{Ecuacion (3.2)}$$

Donde:

$P$ =Potencia activa necesaria a transportar (kW)

$P_{ins}$ = Potencia instalada en (kW)

$K_U$ =Factor de utilización

$K_S$ = Factor de simultaneidad

$S$ =Potencia aparente a transportar (kVA)

$\cos\phi$ =Factor de potencia

$r$ =Factor de ampliación

#### Ejemplo

$$P = 178.077 * 0.8 * 1 = 142.46 \text{ kW}$$

$$\text{La potencia aparente es: } S = \frac{1.25 * 142.46}{0.9} = 197.86 \text{ kVA}$$

La potencia normalizada para un transformador de distribución tipo pedestal inmediatamente superior es de 225 kVA.

- ✓ Se calcula la corriente nominal según los parámetros establecidos en el artículo 450-3(a) de la NOM-001-SEDE-2012, transformadores y bóvedas para transformadores para su máximo protección se calcula con la siguiente formula:

$$I_L = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_L} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\phi} \quad \text{Ecuacion (3.3)}$$

Donde:

$I_L$ =Intensidad de la línea (A)

$V_L$ =Tension de la línea (kV)

### **Ejemplo:**

- ✓ Intensidad de la línea a plena carga en el primario.

$$I_L = \frac{225 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 23 \text{ kV}} = 5.64 \text{ A}$$

- ✓ Intensidad de la línea en el secundario.

$$I_L = \frac{225 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0.22 \text{ kV}} = 590.47 \text{ A}$$

- ✓ Para la selección de la máxima protección es 3 veces la corriente nominal y en el secundario es el 1.25.

$$I_{NP} = I_L \mathbf{3}$$

$$I_{NP} = 5.64 * 3 = 16.92 \text{ A}$$

$$I_{NPs} = I_{Ns} \mathbf{1.25}$$

$$I_{Ns} = 467.33 * 1.25 = 584.16 \text{ A}$$

### **3.10.2.- Calculo del generador (Planta de emergencia)**

$G_n = (\text{la potencia mas grande})(2) + (\text{la suma de las otras potencias})$

$$G_n = (103.197 \text{ kW})(2) + (64.211 \text{ kW}) = 270.6 \text{ kW}$$

Basta con una planta de emergencia de 228/268 kVA, 183/214 kW, 220/127 V las características del generador se aprecian en el diagrama unifilar en el anexo A.

### **3.10.3.- Calculo eléctrico de las líneas de media tensión**

En el cálculo de la sección de los conductores se consideran, tres criterios: calentamiento del conductor, caída de tensión en el conductor, capacidad en el conductor para soportar la corriente de cortocircuito. La alimentación es de 23 kV, 60 Hz, trifásica que alimenta a un centro de transformación de un transformador de 225 kVA, a una distancia de 50 m. se utilizan cables de energía XLP calibre 1/0 aluminio 25 kV marca Viakon o Condumex.

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_L} \text{ Ecuacion (3.4) } \quad s = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} \text{ Ecuacion (3.5)}$$

Donde:

$I_{cc}$ =Intensidad eficaz de corriente de fase en el cortocircuito (A)

$S_{cc}$ =Potencia aparente de cortocircuito (VA)

$S$ = Tección del conductor ( $mm^2$ )

$t$ = Tiempo de duración del cortocircuito

$K$ = Constante que depende del conductor y de las temperaturas al inicio y al final del cortocircuito.

**Ejemplo:**

- a) Intensidad de cortocircuito, si la potencia de corto circuito de la empresa suministradora es 500 MVA.

$$I_{cc} = \frac{500 \times 10^6 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 23 \times 10^3 \text{ V}} = 12,551.09 \text{ A} \approx 12.55 \text{ kA}$$

- b) La sección necesaria para soportar el cortocircuito con una duración de 0,2 segundos y el constante K del fabricante, cable XLP su constante es 92.

$$s = \frac{12.55 \text{ kA} \cdot \sqrt{0.2}}{92} = 61.005 \text{ mm}^2$$

- c) La caída de tensión de la línea si la resistencia del conductor es 0.39 y su reactancia es 0.18  $\Omega$ /KM, con un factor de potencia 0.9, los valores R y X encontrados en la tabla 9 de la Nom-001-sede-2012.

$$e = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot L (R \cos \varphi + X \sin \varphi); \text{ Ecuacion (3.6) } \quad e\% = \frac{e \cdot 100}{V_L} \text{ Ecuacion (3.7)}$$

Donde:

$e$  =Caída de tensión compuesta o de la línea (V)

$e\%$ =Caída de tensión en tanto por ciento de la tensión de la línea (V)

$L$ =Longitud de la línea (km)

$R$ =Resistencia del conductor ( $\Omega$ /km)

$X$ =Reactancia del conductor ( $\Omega$ /km)

**Ejemplo:**

$$e = \sqrt{3} \cdot 5.64 \cdot 0.05 (0.39 * 0.9 + 0.18s * 0.4) = 0.2 \text{ volts}$$

$$e\% = \frac{e * 100}{V_L} = \frac{0.2 * 100}{23,000} = 0.0008\%$$

**3.10.4.- Cálculos de líneas subterráneas de baja tensión**

El cálculo de líneas subterráneas de B.T. se consideran solamente las resistencias de los conductores. En cálculos de más exactitud no se deben despreciar las reactivas de autoinducción y de capacidad de los cables. El cálculo se realiza por caída de tensión, considerando la intensidad admisible en los conductores enterrados en la NOM-001-SEDE, como caída de tensión se considera como máximo 3%. *Cálculo de Baja Tensión (véase la fig.24, anexo D)*

Cálculo de líneas trifásicas se aplica la siguiente formula en función de la intensidad y en función de la potencia:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_L \cdot \cos\phi}{C \cdot e} \text{ Ecuacion (3.8)} \quad S = \frac{L_i P_i}{C \cdot e \cdot V_L} \text{ Ecuacion (3.9); } i = 1,2,3 \dots n$$

Donde:

S=Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

L<sub>i</sub>=Longitud de la línea (m)

I<sub>L</sub>=Intensidad de la línea (A)

e =Caída de tensión de la línea (V)

c= Conductividad del conductor; para el cobre C=56 m/Ωmm<sup>2</sup>

para aluminio C=35 m/Ωmm<sup>2</sup>

p<sub>i</sub>= Potencia de consumo (w)

V<sub>L</sub>=Tension de la línea (v)

**Ejemplo:**

1. Intensidad de la línea a plena carga en baja tensión.

$$I_A = \frac{9.602 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 28A$$



$$I_B = \frac{64.268kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 188A$$

$$I_C = \frac{103.197kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 301A$$

2. La caída de tensión de las líneas A, B y C, considerando como máximo 3%.

$$e = \frac{3 * 220}{100} = 6.6 v$$

3. Cálculo de sección del conductor de las líneas A, B y C, considerando el conductor cobre.

$$S_A = \frac{(45.4)(9602.1)}{56 * 6.6 * 220} = 5.36 mm^2$$

Según la Norma Mexicana la sección normalizada inmediatamente es  $8.37 mm^2$ , considerando cargas a futuro, se utilizó una sección de  $3-13mm^2$  mas el Neutro de la misma sección.

$$S_B = \frac{(51.6)(64268)}{56 * 6.6 * 220} = 40.78 mm^2$$

La sección Normalizada inmediatamente es  $53.5mm^2$ , la intensidad es mayor que la permitida del conductor por lo que se elige  $6-53.5mm^2$  mas el Neutro del mismo calibre.

$$S_C = \frac{(53.3)(103197)}{56 * 6.6 * 220} = 67.64 mm^2$$

La sección normalizada se toma inmediatamente  $67.46mm^2$ , la intensidad es mayor que la permitida del conductor por lo que se elige  $6-67.43mm^2$  mas el neutro del mismo calibre.

### 3.10.5.- Cálculo de alimentadores del transformador a los tableros I-line

#### 1.- I-LINE TABLERO "A"

$$I_A = \frac{kW}{\sqrt{3} V_F \cos\phi} = \frac{103.197kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 301A$$

Se considero 6 alimentadores de calibre 1/0 AWG cobre, más dos neutros del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 2 AWG, la protección se seleccionó un interruptor de 3x400A para el Tablero I-line "A".

## 2.- I-LINE TABLERO "H"

$$I_H = \frac{kW}{\sqrt{3} V_F \cos\phi} = \frac{64.211kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 187.233 A$$

Se considero 6 alimentadores de calibre 2 AWG cobre, más dos neutros del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 6 AWG, la protección se seleccionó un interruptor de 3x250A para el tablero i-line "H".

### 3.10.6.-Cálculo de alimentadores derivados de los Tableros I-line hacia los tableros de distribución.

Para el cálculo de alimentadores, se tiene que calcular la corriente nominal de cada circuito derivado, para luego seleccionar el calibre del alimentador de la tabla 310-15(b)(16) ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts.

#### 1.- Tablero I-line "A" sus tableros derivados son los siguientes:

$$Tableoro "B" I_N = \frac{kW}{\sqrt{3} V_F \cos\phi} = \frac{7.854 kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 22.9A * 1.25 = 28.62 A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 8 AWG cobre, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 10 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x40A para el tablero "B"

$$Tableoro "C" I_N = \frac{58.008KW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 169.15A * 1.25 = 211.43A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 4/0 AWG aluminio, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 2 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x200 A para el tablero "C"

$$\text{Tableoro "D"} I_N = \frac{5.375kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 15.67A * 1.25 = 19.59A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 8 AWG cobre, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 10 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x40 A para el tablero "D"

$$\text{Tableoro "E"} I_N = \frac{31.96kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 93.192A * 1.25 = 116.49A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 1/0 AWG aluminio, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 4 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x100 A para el tablero "E"

## 2.- Tablero I-line "H" sus tableros derivados son los siguientes:

$$\text{Tableoro "F"} I_N = \frac{9.636kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 28.09 * 1.25 = 35.11 A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 8 AWG cobre, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 10 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x40 A para el tablero "F"

$$\text{Tableoro "O"} I_N = \frac{16.264KW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 47.42A * 1.25 = 59.28 A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 4 AWG cobre, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 8 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x100A para el tablero "O"

$$\text{Tableoro "P"} I_N = \frac{4.655 kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 13.57A * 1.25 = 16.96 A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 8 AWG cobre, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 10 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x40 A para el tablero "P"

$$\text{Tableoro "Q"} I_N = \frac{33.656 kW}{\sqrt{3} * 0.22 * 0.9} = 98.13A * 1.25 = 122.67A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 1/0 AWG cobre, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 4 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x125 A para el tablero "Q"

$$\text{Tableoro vs incendio } I_N = \frac{10.699 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 31.19A * 1.25 = 39A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 6AWG cobre, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 10 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x175 A para cargas a futuro.

Tablero "R", ubicado en el sótano 1, contiene extracciones en sótanos en la cual se alimenta directamente de un transformador seco elevador de 45 KVA, con voltaje 220/480-277, configuración estrella- estrella MCA. SQUARE D.

$$\text{Tableoro "R" } I_N = \frac{29.840KW}{\sqrt{3} * 480 * 0.9} = 39.87A * 1.25 = 49.84A$$

Se considero 3 alimentadores de calibre 6 AWG cobre, más un neutro del mismo calibre y el conductor desnudo para tierra de calibre 10 AWG, la protección se calculó un interruptor de 3x50 A.

### 3.10.7.- Cálculo de caída de tensión de los alimentadores, derivados del Tablero I-line "A"

$$\text{Alimentadores Alumbrado y contactos } 3\phi e\% = \frac{2\sqrt{3}.I.L}{V_f.S} \quad \text{Ecuacion 3.10}$$

$$\text{Alimntadores Fuerza } 3\phi e\% = \frac{\sqrt{3}.100.I.L.Z}{V_f}$$

$$\text{Alimentadores Fuerza } 2\phi e\% = \frac{100.I.L.Z}{V_f}$$

Donde:

$e\%$ =Caída de tensión den tanto por ciento.

$I$ = Corriente que circula por el conductor

$V_f$ =Tensión entre fases

$L$  =Longitud del cable de la instalación en Km.

$Z$ = Resistencia en CA para cables de 600 volts  $\Omega$ /km para conductores Cu.

### Ejemplo:

- ✓ Caída de tensión del alimentador derivado del tablero "B"

$$3\emptyset e\% = \frac{2\sqrt{3} * 22.9 * 24}{220 * 8.37} = 1.03$$

- ✓ Caída de tensión del alimentador derivado del tablero "C"

$$3\emptyset e\% = \frac{2\sqrt{3} * 169.15 * 25}{220 * 107} = 0.62$$

- ✓ Caída de tensión del alimentador derivado del tablero "D"

$$3\emptyset e\% = \frac{2\sqrt{3} * 15.67 * 33}{220 * 8.37} = 0.97$$

- ✓ Caída de tensión del alimentador derivado del tablero "E"

$$3\emptyset e\% = \frac{2\sqrt{3} * 93.19 * 50}{220 * 53.5} = 1.36$$

1. Cálculo de caída de tensión de los circuitos derivados del Tablero I-line "H".

- ✓ Caída de tensión del alimentador derivado del tablero "F"

$$3\emptyset e\% = \frac{2\sqrt{3} * 28.09 * 30}{220 * 8.37} = 1.58$$

- ✓ Caída de tensión del alimentador derivado del tablero "O"

$$3\emptyset e\% = \frac{2\sqrt{3} * 47.42 * 50}{220 * 21.2} = 1.75$$

- ✓ Caída de tensión del alimentador derivado del tablero "P"

$$3\emptyset e\% = \frac{2\sqrt{3} * 13.57 * 35}{220 * 8.37} = 0.89$$

- ✓ Caída de tensión del alimentador derivado del tablero "Q"

$$3\emptyset e\% = \frac{2\sqrt{3} * 98.13 * 70}{220 * 53.5} = 2.01$$

2. Cálculo de intensidad nominal de los siguientes motores y bombas contra incendio y selección de alimentadores con las intensidades calculadas cada motor.

- ✓ Se tienen 2 Motores de 12 HP, con un alimentador 3-6 AWG más un neutro, 1GND calibre 10 AWG y una distancia de 19 metros.

$$I_N = \frac{746.HP}{\sqrt{3} V_F \cos\phi} = \frac{746(12HP)}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 26.1A * 1.25 = 32.6A$$

- ✓ Se tienen 2 Motores de 0.5 HP monofásicos, con alimentador 2-12 AWG más un neutro, 1GND calibre 12 AWG y una distancia de 10 metros.

$$I_N = \frac{746(0.5HP)}{220 * 0.9} = 1.52A * 1.25 = 1.9A$$

- ✓ Se tienen un Motor de 15 HP trifásico con alimentador 3-6 AWG más un neutro, 1 GND calibre 10 AWG y una distancia de 32 metros.

$$I_N = \frac{746(15HP)}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 32.62A * 1.25 = 40.78A$$

- ✓ Se tienen un Motor de 25 HP trifásico con alimentador 3-6 AWG más un neutro, 1GND calibre 10 y una distancia de 90 metros.

$$I_N = \frac{746(25HP)}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 54.38A * 1.25 = 67.97A$$

- ✓ Se tienen un Motor de 20 HP trifásico con alimentador 3-2 AWG más un neutro, 1 GND calibre 6 AWG y una distancia de 30 metros.

$$I_N = \frac{746(20HP)}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 43.50A * 1.25 = 54.38^a$$

### 3. Cálculo de caída de tensión de los motores anteriores.

$$\text{Motor de 12 HP } 3\phi e\% = \frac{173 * 26.1A * 0.019 * 1.48}{220} = 0.57$$

$$\text{Motor de 0.5 HP } 2\phi e\% = \frac{100 * 1.52A * 0.01 * 5.6}{220} = 0.038$$

$$\text{Motor de 15 HP } 3\phi e\% = \frac{173 * 32.62A * 0.032 * 1.48}{220} = 1.21$$

$$\text{Motor de 25 HP } 3\phi e\% = \frac{173 * 54.38A * 0.06 * 0.98}{220} = 2.51$$

$$\text{Motor de 20 HP } 3\phi e\% = \frac{173 * 43.5A * 0.03 * 0.66}{220} = 0.67$$

4. Cálculo de alimentadores del transformador de 500 kVA, trifásica, tipo pedestal, con relación de voltaje de 23 KV/220-127V, operación anillo.

$$I_{NS} = \frac{KVA}{\sqrt{3} * Vf} = \frac{500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0.22 \text{ KV}} = 256.41A$$

- ✓ Cálculo del calibre del alimentador ( $I_{NS}$ ) más el 25%

$$I_{NS} = 256.41 * 1.25 = 320.51A$$

De la tabla de la norma artículo 310-15(b)(16) ampacidades permisibles se selecciona el alimentador calibre 2/0 AWG que soporta 175 A por tanto se selecciona 6-2/0 AWG más dos neutros del mismo calibre.

- ✓ Cálculo de dispositivo de protección contra sobre corriente del secundario del transformador.

$$\textit{Proteccion secundario} = 320.51 \text{ A en la tabla 240 – 6(a) de la NOM}$$

Protección máxima un interruptor de 3x400A.

- ✓ Cálculo de corto circuito del secundario del transformador

$$I_{cc} = \frac{256.41A}{0.0267} = 9603.37$$

Por tanto, el marco de la protección del Dpcs es de 18 KA

### 3.11.- Cálculo de cortocircuito método por unidad (P.U).

*Diagrama Unifilar (anexo A Fig. 22)*

#### 3.11.1.-Selección de potencia base

1.- Conversión de las impedancias a una base común.

Un transformador tipo pedestal de 225 kVA y una tensión de 23kV la potencia del transformador a MVA y se obtiene dividiendo entre 1000 por tanto se obtiene 0.225 MVA, la potencia de cortocircuito del suministrador es 500 MVA.

$$X = \frac{\text{Transformado (MVA)}}{P_{cc}}$$

$P_{cc}$ =Potencia del suministrador de C.F.E

$X$ =Reactancia del suministrador (P.U.)

**Ejemplo:**

$$X = \frac{0.225 \text{ MVA}}{500 \text{ MVA}} = 0.00045 \text{ P. U}$$

2.- Cálculo de impedancia en P.U del transformador se aplica la siguiente ecuación.

$$Z_{P.U} = \frac{(\%Z)(kVA \text{ BASE})}{(kVA \text{ Transformador}) * 100} \quad \text{Ecuacion (3.11)}$$

Donde:

$Z_{P.U}$ = Impedancia en P.U del transformador

$\%Z$ = Impedancia del transformador en tanto por ciento.

**Ejemplo:**

$$Z_{P.U} = \frac{(2.5)(225 \text{ kVA})}{(225 \text{ kVA}) * 100} = 0.025 \text{ P. U}$$

3.- Cálculo de impedancias del alimentador general, calibre 2/0 AWG, 4 Hilos, 220 volts y una distancia de 30 metros. De la tabla 9 de la Norma  $z=0.33+0.177j$ , multiplicado por la distancia en kilómetros, por tanto:  $z\Omega=0.0099+0.00531j$ . Como potencia base los kVA's del transformado y el voltaje base es la tensión entre fases 220. Para el cálculo de la impedancia en P.U. se aplica las siguientes ecuaciones.

$$Z_{P.U} = \frac{Z(\Omega)}{Z \text{ BASE}} \quad \text{Ecuacion (3.12)}$$

$$Z_{Base\Omega} = \frac{(V \text{ BASE})^2}{kVA \text{ BASE} * 1000} \quad \text{Ecuacion (3.13)}$$

Donde:

$Z(\Omega)$ =Impedancia del alimentador (Homs)

$Z_{Base\Omega}$ =Impedancia base (Homs)

$V \text{ Base}$ = Tensión entre fase (v)

$kVA$ =Potencia base kVA del transformador



**ejemplo:**

Calculamos primero Z base para poder calcular Z P.U porque es la variable que se desconoce, por tanto:

$$Z_{BASE\Omega} = \frac{(220)^2}{225 * 1000} = 0.215$$
$$Z_{P.U} = \frac{0.0099 + 0.00531j}{0.215} = \mathbf{0.04604 + 0.0246j}$$

Para el siguiente alimentador de calibre 1/0 AWG y una distancia de 30 metros

$$Z_{P.U} = \frac{(0.39 + 0.18j) * 0.03}{0.215} = \mathbf{0.0544 + 0.0251j}$$

**3.11.2.- Calculo de reactancia de los Motores**

La fórmula que se aplicó para calcular la reactancia en P.U de los motores es la siguiente.

**Reactancia de secuencia positiva y de secuencia negativa**

$$X_{P.U} = x_{P.U} * \frac{kVA\ BASE}{kVA\ MOTOR} \quad Ecuacion(3.14) \quad x_{P.U} = \frac{P_{cc}}{1000}$$

Donde:

$x_{P.U}$  = Reactancia de la potencia base del suministrador (P.U.)

**Ejemplo:**

$$Motor\ 1: \quad X_{P.U} = 0.5 * \frac{225\ kVA}{12} = 9.375\ P.U \quad Motor\ 2 = Motor\ 1$$

$$Motor\ 3: \quad X_{P.U} = 0.5 * \frac{225\ KVA}{0.5} = 225\ P.U \quad Motor\ 4 = Motor\ 3$$

$$Motor\ 5: \quad X_{P.U} = 0.5 * \frac{225\ KVA}{15} = 7.5\ P.U$$

$$Motor\ 6: \quad X_{P.U} = 0.5 * \frac{225\ KVA}{20} = 5.625\ P.U \quad Motor\ 7 = Motor\ 6$$

$$Motor\ 8: \quad X_{P.U} = 0.5 * \frac{225\ KVA}{25} = 4.5\ P.U$$

### 3.11.3.- Calculo de reactancias del generador

Un generador de 214 KW con factor de potencia 0.8, x=20%, potencia base 1000 KVA.

$$KW - KVA \ S_G = \frac{214 \text{ KW}}{0.8} = 268 \text{ KVA}$$

$$KVA_{DISP} = \frac{268 \text{ KVA}}{0.20} = 1340 \text{ KVA} \ A \ MVA = 1.34$$

$$Z_{P.U} = \frac{KVA \ BASE}{KVA \ DISP} \quad \text{Ecuación (3.15)}$$

$$Z_{P.U} = \frac{1 \text{ MVA}}{1.34 \text{ MVA}} = 1.7462 \text{ P.U}$$

**Alimentador del generador:** Calibre 2/0 AWG, 4 Hilos, 220 volts y una distancia de 10.4 metros, una impedancia  $Z=0.33+0.177j$  que se obtiene en la tabla 9 de la Nom-001-sede-2012.  $Z\Omega=0.003432+0.00184j$ .

$$Z_{\Omega} = (0.33 + 0.177j)0.0104 = 0.003432 + 0.00184j$$

$$Z_{GP.U} = \frac{0.003432 + 0.00184j}{0.215} = 0.01596 + 0.008558j$$

**Alimentador del Motor 1:** 3 fases, 4 hilos, calibre 6 AWG cobre, con una distancia de 19 metros, la impedancia para tubo Conduit acero,  $z=1.61+0.21j \ \Omega/\text{km}$ .

$$Z_{M1\Omega} = (1.61 + 0.21j)(0.019) = 0.03059 + 0.00399j$$

$$Z_{P.U} = \frac{0.03059 + 0.00399j}{0.215} = \mathbf{0.1422 + 0.01855j} \quad Z_{P.U} \ M1 = Z_{P.U} \ M2$$

**Alimentador Motor 3:** Calibre 12 AWG y una distancia de 10 metros,  $Z=6.6+0.223j$ .

$$Z_{M3\Omega} = (6.6 + 0.223j)(0.01) = 0.066 + 0.00223j$$

$$Z_{P.U} = \frac{0.066 + 0.00223j}{0.215} = 0.4641 + 0.01037j \quad Z_{P.U} \ M4 = Z_{P.U} \ M3$$

**Alimentador Motor 5:** Calibre 6 AWG y una distancia de 32 metros,  $Z=1.61+0.21j$   
 $\Omega/\text{km}$ .

$$Z_{M5\Omega} = (1.61 + 0.21j)(0.032) = 0.05152 + 0.00672j$$

$$Z_{P.U} = \frac{0.05152 + 0.00672j}{0.215} = 0.2396 + 0.03125j$$

**Alimentador Motor 6:** Calibre 2AWG y una distancia de 30 metros,  $Z=0.66+0.187j$   
 $\Omega/\text{km}$ .

$$Z_{M6\Omega} = (0.66 + 0.187j)(0.03) = 0.0198 + 0.00561j$$

$$Z_{P.U} = \frac{0.0198 + 0.00561j}{0.215} = 0.0920 + 0.02609j \quad Z_{P.U} M7 = Z_{P.U} M6$$

**Alimentador Motor 5:** Calibre 6AWG y una distancia de 90 metros,  $Z=1.61+0.21j$   
 $\Omega/\text{km}$ .

$$Z_{M5\Omega} = (1.61 + 0.21j)(0.09) = 0.1449 + 0.0189j$$

$$Z_{P.U} = \frac{0.1449 + 0.0189j}{0.215} = 0.6739 + 0.0879j$$

### 3.11.4.- Diagrama de impedancias

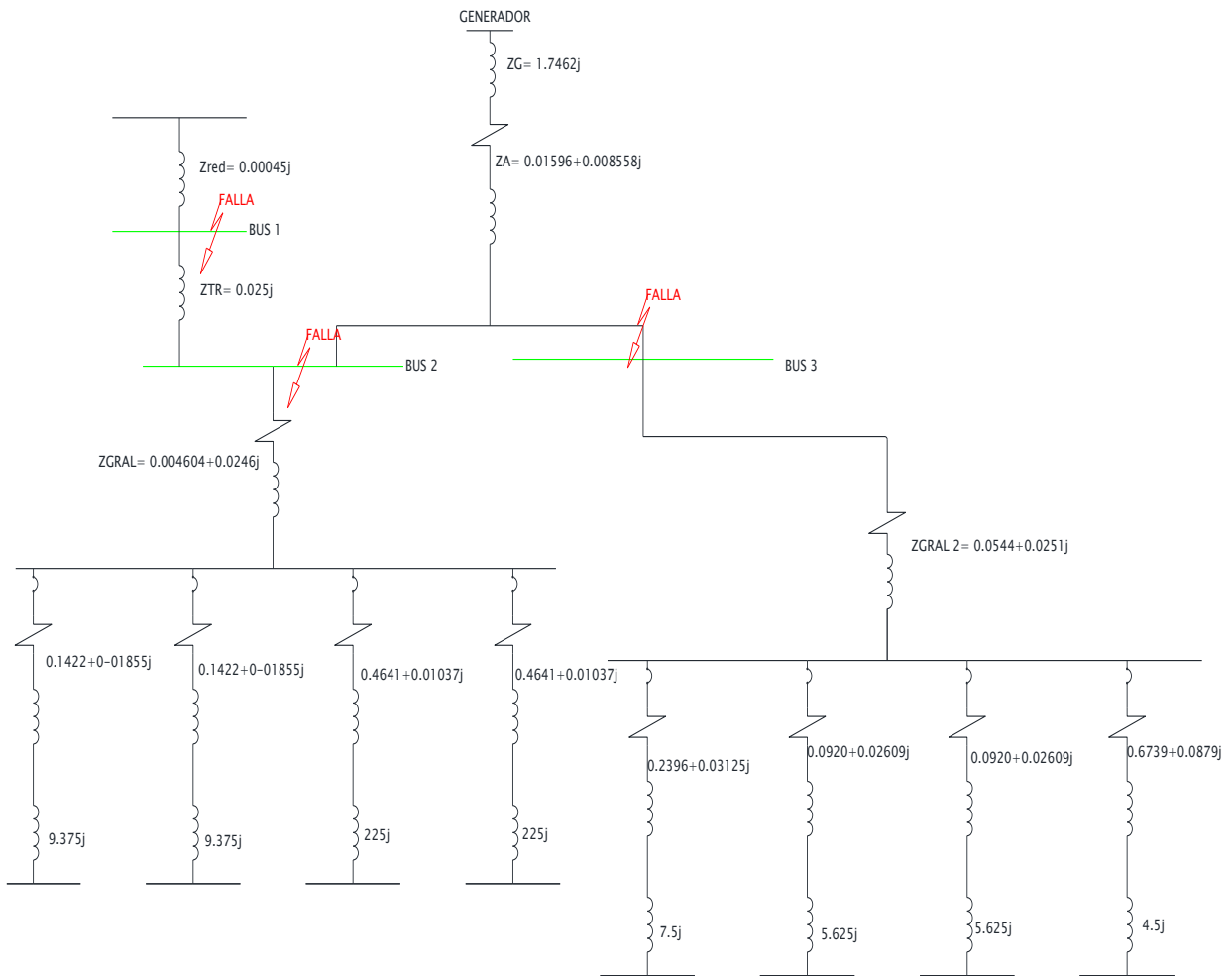


Figura 4 Diagrama de Impedancias

### 3.11.5.- Calculo de falla en el bus 1

$$Z_{M1} = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{Ecuación (3.15)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R} \quad \text{Ecuación (3.16)}$$

Donde:

$R$  = Resistencia del conductor

$X$  = Reactancia del conducto

$\theta$  = Angulo de posición

**Ejemplo:**

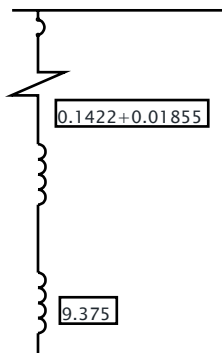


Figura 5. Impedancias del alimentador M1 y M2

$$Z_{M1} = 0.1422 + 0.0185j + 9.375j = 0.1422 + 9.393j$$

Conversión de forma rectangular a polar con las siguientes formulas;

$$Z_{M1} = \sqrt{(0.1422)^2 + (9.393)^2} = 9.39$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{9.393}{0.1422} = 89.13$$

$$Z_{M1} = 9.39 \angle 89.13; \quad Z_{M1} = Z_{M2}$$

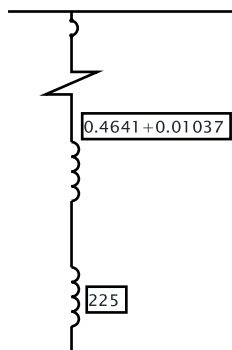


Figura 6 Impedancias M3 y M4

$$Z_{M3} = 0.4641 + 0.01037j + 225j = 0.4641 + 225.01037j$$

$$Z_{M1} = \sqrt{(0.4641)^2 + (225.01037)^2} = 225$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{225}{0.4641} = 89.88$$

$$Z_{M3} = 225 \angle 89.88; \quad Z_{M4} = Z_{M3}$$

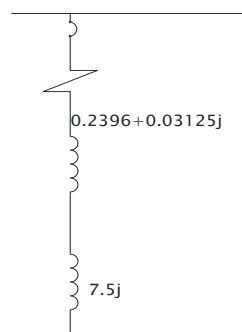


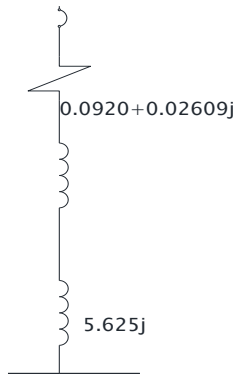
Figura 7. Impedancias del M5

$$Z_{M5} = 0.2396 + 0.03125j + 7.5j = 0.2396 + 7.53j$$

$$Z_{M1} = \sqrt{(0.2396)^2 + (7.53)^2} = 7.53$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{7.53}{0.2396} = 89.88$$

$$Z_{M3} = 7.53 \angle 89.88;$$



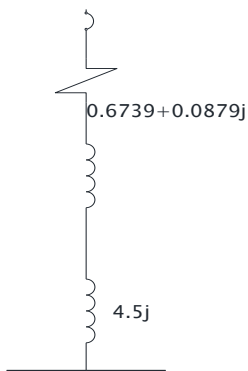
$$Z_{M6} = 0.092 + 0.02609j + 5.625j = 0.092 + 5.65j$$

$$Z_{M6} = \sqrt{(0.092)^2 + (5.65)^2} = 5.65$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{5.65}{0.092} = 89.2$$

$$Z_{M6} = 5.65 \angle 89.2; \quad Z_{M7} = Z_{M6}$$

Figura 8. Impedancias del M6 y M7



$$Z_{M6} = 0.6739 + 0.0879j + 4.5j = 0.6739 + 4.58j$$

$$Z_{M6} = \sqrt{(0.6739)^2 + (4.58)^2} = 4.62$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{4.58}{0.6739} = 81.62$$

$$Z_{M6} = 4.62 \angle 81.62;$$

Figura 9. Impedancias del M8

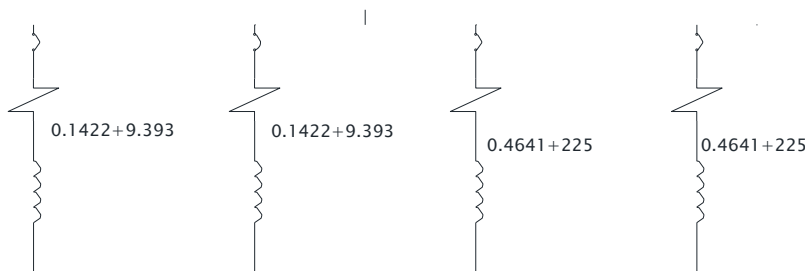


Figura 10. Reducción de impedancias 01

$$Z_A = \frac{Z1 * Z2}{Z1 + Z2}$$

$$Z_A = \frac{(0.1422 + 9.393j)(0.1422 + 9.393j)}{(0.1422 + 9.393j) + (0.1422 + 9.393j)} = \frac{88.17 \angle 178.26}{0.2844 + 18.786j}$$

$$Z_A = \frac{88.17 \angle 178.26}{18.78 \angle 89.13} = 4.69 \angle 89.12 \approx 0.072 + 4.68j$$

$$Z_B = \frac{Z_3 * Z_4}{Z_3 + Z_4}$$

$$Z_B = \frac{(0.4641 + 225j)(0.4641 + 225j)}{(0.4641 + 225j) + (0.4641 + 225j)} = \frac{50625 \angle 179.76}{0.9282 + 450j}$$

$$Z_B = \frac{50625 \angle 179.76}{450 \angle 89.88} = 112.5 \angle 89.88 \approx 0.235 + 112.49j$$

$$Z_{T1} = \frac{Z_A * Z_B}{Z_A + Z_B}$$

$$Z_B = \frac{527.625 \angle 179}{(0.072 + 4.68j) + (0.235 + 112.49j)} = \frac{527.625 \angle 179}{0.307 + 117.17j}$$

$$Z_B = \frac{527.625 \angle 179}{117.17 \angle 89.84} = 4.5 \angle 89.16 \approx 0.659 + 4.49j$$

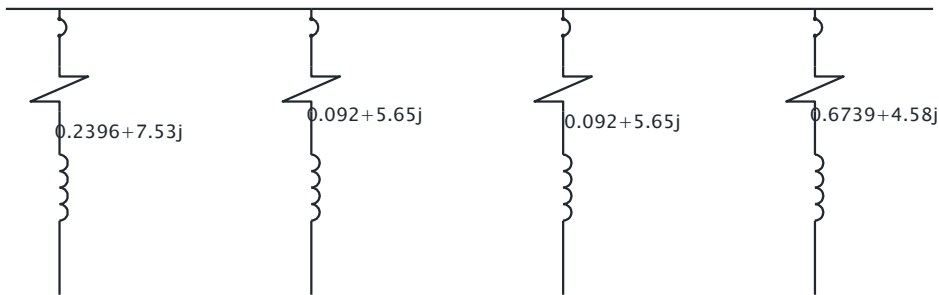


Figura 11. Reducción impedancias 2

$$Z_C = \frac{Z_{M5} * Z_{M6}}{Z_{M5} + Z_{M6}}$$

$$Z_C = \frac{(0.2396 + 7.53j)(0.92 + 5.65j)}{(0.2396 + 7.53j) + (0.92 + 5.65j)} = \frac{42.544 \angle 177.37}{0.3316 + 13.18j}$$

$$Z_C = \frac{42.544 \angle 177.37}{13.1841 \angle 88.55} = 3.226 \angle 88.82 \approx 0.066 + 3.22j$$

$$Z_D = \frac{Z_{M7} * Z_{M8}}{Z_{M7} + Z_{M8}}$$

$$Z_D = \frac{(0.092 + 5.65j)(0.6739 + 4.58j)}{(0.092 + 5.65j)(0.6739 + 4.58j)} = \frac{26.103 \angle 170.82}{0.7659 + 10.23j}$$

$$Z_D = \frac{26.103 \angle 170.82}{10.258 \angle 85.71} = 2.544 \angle 85.11 \approx 0.2168 + 2.5347j$$

$$Z_{T2} = \frac{Z_C * Z_D}{Z_C + Z_D}$$

$$Z_{T2} = \frac{8.2069 \angle 173.93}{(0.066 + 3.22j) + (0.2168 + 2.5347j)} = \frac{8.2069 \angle 173.93}{0.2828 + 8.1617j}$$

$$Z_{T2} = \frac{8.2069 \angle 173.93}{8.16 \angle 88.01} = 1.005 \angle 85.92 \approx 0.0715 + 1.0024j$$

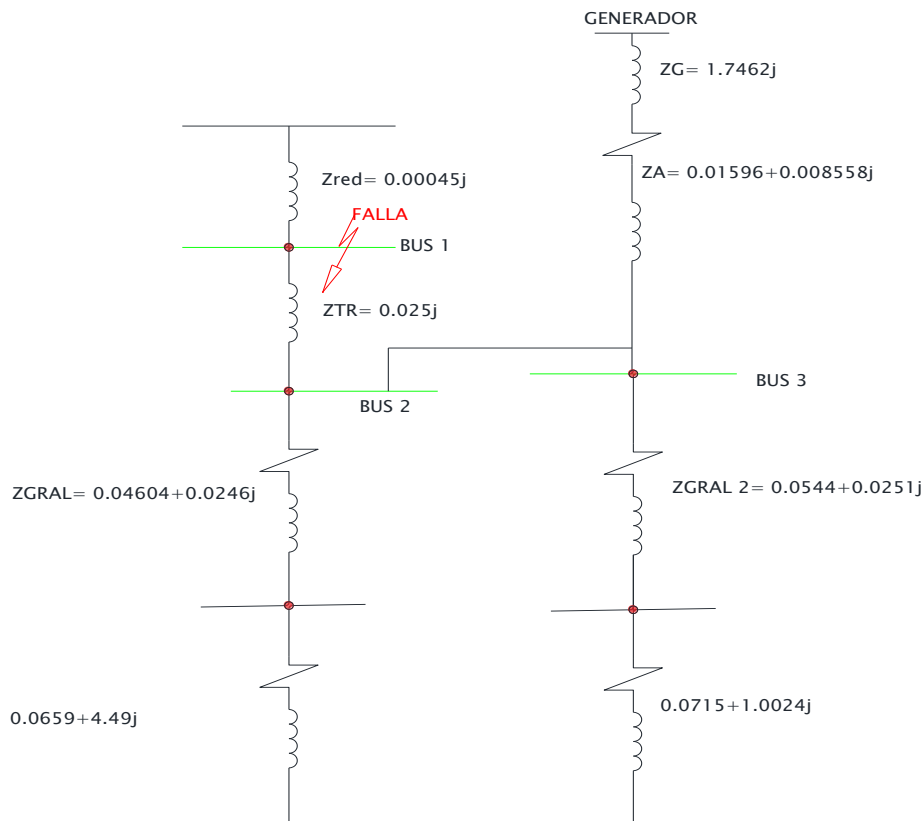
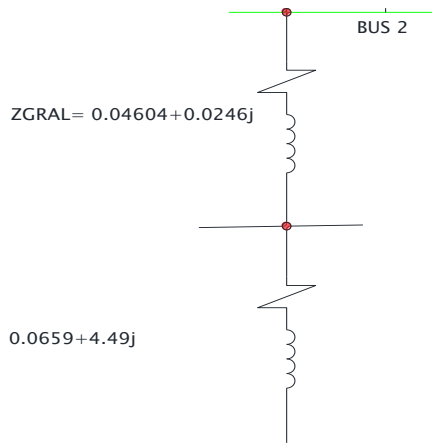


Figura 12. Reducción de diagrama de impedancias 3

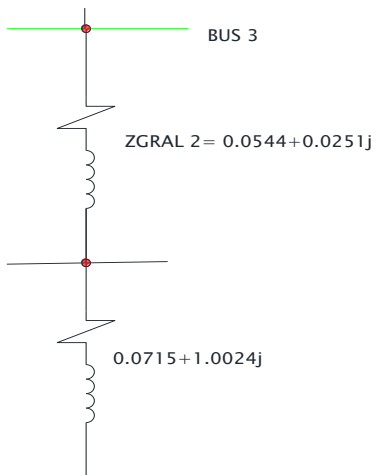




$$Z_{Gral(Ap1)} = 0.004604 + 0.0246j + 0.0659 + 4.49j$$

$$Z_{Gral(Ap1)} = 0.0705 + 4.5146j$$

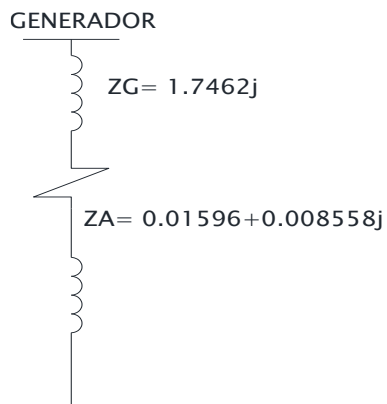
Figura 13. Impedancias del alimentador General



$$Z_{Gral(Ap2)} = 0.0544 + 0.0251j + 0.0715 + 1.0024j$$

$$Z_{Gral(Ap2)} = 0.1259 + 1.02j$$

Figura 14. impedancias del alimentador General 2



$$Z_G = 1.7462 + 0.01596j + 0.008558$$

$$Z_G = 0.01596 + 1.754j$$

Figura 15. impedancias del Generador

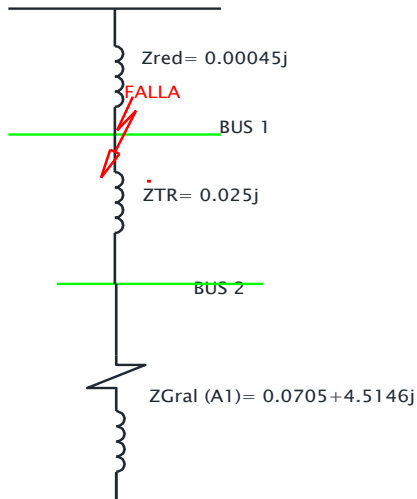


Figura 16. Cálculo de falla en el bus 1

- ✓ Se observa que la impedancia ZGral (A1) y la impedancia del transformador se encuentran en serie, como resultado lo siguiente.

$$Z_T = 0.0705 + 4.5396j$$

- ✓ La impedancia del suministrador está en paralelo con impedancia ZT calculada.

$$Z_{Equi T} = \frac{(0.00045 \angle 90)(4.54 \angle 89.11026)}{0.0705 + 4.5396j + 0.00045j} = \frac{0.002043 \angle 179.11}{0.0705 + 4.54005j}$$

$$Z_{Equi T} = \frac{0.002043 \angle 179.11}{4.54059 \angle 89.11} = 0.00045 \angle 89.99$$

$$I_{CC} = \frac{1}{X_{EQUI T}} I_{CC} = \frac{1}{0.00045} = 2222.22 P.U$$

- ✓ Si la corriente nominal de lado primario, calculada anteriormente es 5.64 amperes.

Entonces la corriente de corto circuito simétrica es la siguiente:

$$I_{CCS bus1} = 2222.22 * 5.64 = 12533.32 \approx 12.53 kA$$

La corriente de corto circuito asimétrica es:

$$I_{CCA bus1} = 12.53 * 1.25 = 15.6 kA \text{ Por tanto una proteccion de } 18 kA$$

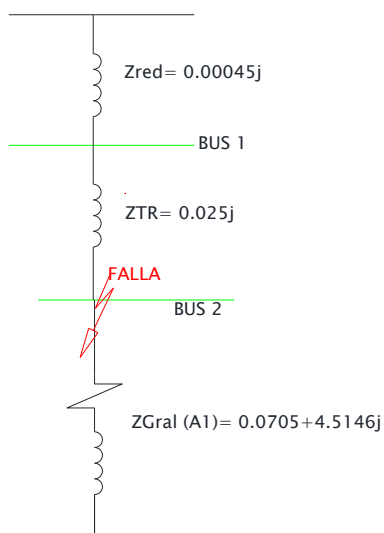
La potencia de corto circuito simétrica:

$$S_{CCS\ bus1} = \sqrt{3} * 12.53kA * 23kV = 499.159\ kVA$$

La potencia de cortocircuito asimétrica:

$$S_{CCS\ bus1} = 499.159 * 1.25kV = 623.949kVA$$

Para el cálculo de la falla en el bus 2, ahora la que está en serie es la impedancia del suministrador con la impedancia del transformador y luego en paralelo con la ZGral (A2).



$$Z_{Equi\ T} = \frac{(0.02545 \angle 90)(4.5151 \angle 89.1)}{0.02545j + 0.0705 + 4.5146j} = \frac{0.1449 \angle 179.1}{0.0705 + 4.54005j}$$

$$Z_{Equi\ T} = \frac{0.1449 \angle 179.1}{4.54059 \angle 89.11} = 0.02330 \angle 89.99$$

$$I_{CC} = \frac{1}{0.0253} = 39.52\ P.U$$

Figura 17. Cálculo de cortocircuito en el bus 1

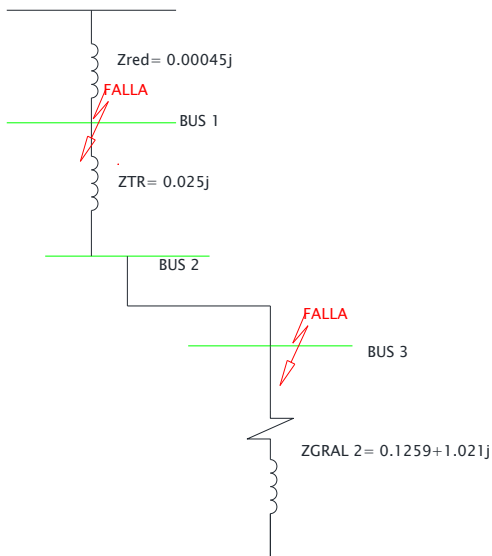
- ✓ Si la corriente nominal de lado secundario, calculada anteriormente es 590.4718 amperes.

Entonces la corriente de corto circuito simétrica es la siguiente:

$$I_{CCS\ bus2} = 39.52 * 590.4718 = 23335.44 \approx 23.3\ KA$$

La corriente de corto circuito asimétrica es:

$$I_{CCA\ bus2} = 23.3 * 1.25 = 29.125\ KA$$



$$Z_{Equi T} = \frac{(0.02545 \angle 90)(1.028 \angle 88.57)}{0.1259 + 1.04645j}$$

$$Z_{Equi T} = \frac{0.02616 \angle 178.57}{1.05399 \angle 83.13} = 0.0248 \angle 95.44$$

$$I_{CC} = \frac{1}{0.0248} = 40.32 P.U$$

Corriente de cortocircuito simétrica:

$$I_{CCS bus2} = 40.32 * 590.4718 = 23807.82 \approx 23.8 KA$$

Corriente de cortocircuito asimétrica:

$$I_{CCA bus2} = 23.8 * 1.25 = 29.75 KA$$

Figura 18. Cálculo de falla en el bus 3

### 3.12.- Cálculo de corto circuito por el método de MVA'S

1.- Conversión de unidades de los equipos instalados MVA'S a  $MVA_{CC}$ .  
 Suministrador C.F.E. =  $500 MVA_{CC}$

Para la conversión de  $MVA_{CC}$  de los equipos, motores y transformador se calcula con la siguiente formula.

$$MVA_{CC} = \frac{MVA}{Z_{P.U.}} \quad \text{Ecuacion 3.12.1}$$

$$\text{Transformador } MVA_{CC} = \frac{0.225 MVA}{0.025_{P.U.}} = 9$$

$$\text{Motor 1 } MVA_{CC} = \frac{12}{0.5 * 1000} = 0.024 \quad \text{Motor 2} = \text{Motor 1}$$

$$\text{Motor 3 } MVA_{CC} = \frac{0.5}{0.5 * 1000} = 0.001 \quad \text{Motor 4} = \text{Motor 3}$$

$$\text{Motor 5 } MVA_{CC} = \frac{15}{0.5 * 1000} = 0.03$$

$$\text{Motor 6 } MVA_{CC} = \frac{25}{0.5 * 1000} = 0.05$$

$$\text{Motor 7 } MVA_{CC} = \frac{20}{0.5 * 1000} = 0.04 \quad \text{Motor 8} = \text{Motor 7}$$

$$\text{Generador } MVA_{CC} = \frac{1.34}{1.7462} = 0.767$$

### 3.12.1.-Diagrama de MVA'S

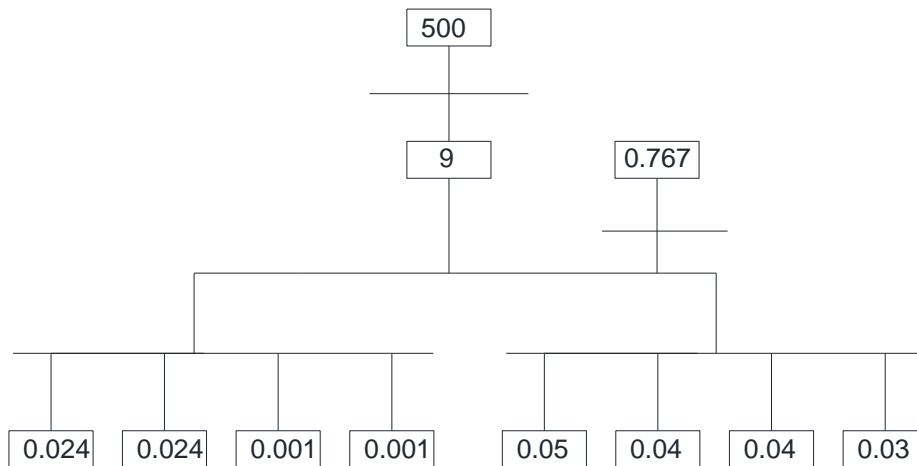
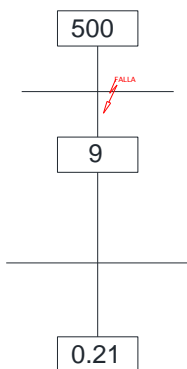


Figura 19. Diagrama MVA'S

Reducción de diagrama: Los que estén en paralelo se reducen en serie y los que están en serie se reducen en paralelo.

$$MVA_{CC} \text{ "A"} = 0.024 + 0.024 + 0.001 + 0.001 = 0.05$$

$$MVA_{CC} \text{ "H"} = 0.05 + 0.04 + 0.04 + 0.03 = 0.16$$



Calculo de falla en el bus 1

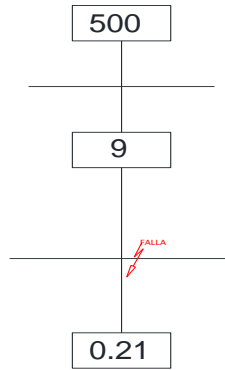
$$MVA_{CCT} = \frac{9 * 0.21}{9 + 0.21} = 0.2052$$

$$MVA_{CCT} = 0.2052 + 500 = 500.2052$$

$$I_{CCBus 1} \text{ simetrica} = \frac{500.2052}{\sqrt{3} * 0.023MVA} = 12556.24A \approx 12.55kA$$

$$I_{CCBus 2} \text{ Asimetrica} = 12.55 * 1.25 = 15.68 kA$$

Figura 20. Falla en el Bus 1



*Figura 21. Falla en el bus 2*

$$MVA_{CCT} = \frac{500 * 9}{500 + 9} = 8.84$$

$$MVA_{CCT} = 8.84 + 0.21 = 9.05$$

$$I_{ccBus\ 2\ simetrica} = \frac{9.05}{\sqrt{3} * 0.00022MVA} = 23618.87\ A \approx 23.618kA$$

$$I_{ccBus\ 2\ Asimetrica} = 23.618 * 1.25 = 29.52kA$$

$$I_{ccBus\ 3} = I_{ccBus\ 2}$$

## **Capítulo 4**

### **Resultados y conclusiones**

## 4.- Resultados

El cálculo de cortocircuito del sistema eléctrico se realizó por el método por unidad, en tres puntos bus1, bus 2 y bus 3. En el bus 1 se calculó una corriente de cortocircuito simétrica de 12.53 kA, la corriente de cortocircuito asimétrica es 15.6 kA. En el bus 2 se calculó una corriente de cortocircuito simétrica de 23.3 kA y una corriente de cortocircuito asimétrica de 29.125 kA. En el bus 3 la corriente de cortocircuito simétrica de 23.8 y la asimétrica de 29.75.

El método MVA'S se obtuvo una corriente de cortocircuito simétrica en el bus 1 de 12.55 kA y asimétrica 15.68 kA. En el bus 2 se obtuvo una corriente de cortocircuito simétrica de 23.618 kA y asimétrica de 29.52 kA. El análisis de corriente de cortocircuito en el bus 3 es igual que en el bus 2.

El cálculo de los conductores en las instalaciones de iluminación interiores y exteriores, de las redes de CA trifásica con neutro en baja tensión, según la norma mexicana, los conductores son de cobre y/o aluminio con tensión de aislamiento mínimo de 600 volts.

Tabla 5. Protecciones de los Tableros Principales

Protecciones de los tableros principales		
Tableros	Corriente Nominal en Amperes	Protecciones
Tablero "A"	301A	ITM <sup>14</sup> 3x400
Tablero "H"	187.23	ITM 3X250
Tablero vs incendio	39A	ITM 3X175
Tablero "R"	49.84A	ITM 3X50

El presupuesto estimado de la empresa para el proyecto fue de 12,580,756 IVA. (más detalles en el anexo E tabla 8)

---

<sup>14</sup> Interruptor Termomagnético



## **5.- Conclusión**

Durante el proyecto se aplicaron las competencias adquiridas y conocimientos en la trayectoria profesional como ingeniero y en la operación óptima en todas las etapas del sistema eléctrico de media y baja tensión. Que se basa principalmente de diferentes cálculos de ampacidades en conductores, corrección y ajuste de protecciones que permite conseguir una calidad, que sea aceptable y que cumplan con las normas mexicanas.

Se adquirió conocimiento sobre nuevos equipos y materiales eléctricos, varios elementos, visibles o accesibles. La obra desde el punto de acometida hasta el centro comercial, cumplen con los requisitos, no solo técnicos también de uso y presentación, la cual acata las disposiciones que establece la norma oficial de instalaciones eléctricas Nom-001-sede.

## **6.- Competencias desarrolladas**

Para la realización del proyecto fueron suficiente las competencias adquiridas de manera íntegra de la institución.

Durante la estancia en la empresa Jal. Construcciones se puso en práctica las siguientes competencias:

- Conocimientos técnicos básicos de obra
- Habilidades básicas de manejo de AutoCAD para diseños eléctricos
- Trabajo en equipo
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la practica
- Capacidad de hacer y aprender

## 7.- Fuentes de información

- 1.- Angel, M. L. (2004). *Instalaciones electricas de baja tension en instalaciones de viviendas*. España: Paraninfo.
- 2.- Cesar, R. J. (2013). *Instalaciones Eléctricas. Proyectos Residenciales e Industriales* . Mexico: Trillas.
- 3.- Enrique, H. G. (2014). *El ABC de las instalaciones electricas industriales*. Mexico: Limusa.
- 4.- José, G. T. (2016). *Instalaciones Eléctricas de Media y Baja Tension*. Madrid, España: Paraninfo.

## Fuentes Digitales

- 1.- *NOM-001-SEDE-2012*. (s.f.). (S. d. energia, Productor) Consultado el Octubre de 2019, de <http://www.issste-cmn20n.gob.mx/Datos/Normas/136NOM.pdf>
- 2.- *NOM-007-ENER-2014*. (s.f.). (S. d. Energía, Productor) Consultado el Noviembre de 2019, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355593&fecha=07/08/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355593&fecha=07/08/2014)
- 3.- *NOM-013-ENER-2013*. (s.f.). (S. d. Energía, Productor) Consultado el Noviembre de 2019, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181651/NOM\\_013\\_ENER\\_2013.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181651/NOM_013_ENER_2013.pdf)
- 4.- *Recommended practice for electric power distrubution for industrial plants*. (s.f.). (IEEE) Consultado el Novimbre de 2019, de <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=3178>

## 8.- Anexos

### Anexo A

Tabla 6. Tablero de I-line "A"

TAB-A				3 FASES 220 V <sub>ff</sub>												
TEMPERATURA AMBIENTE	26-30 °C	26-30 °C	TABLERO	TABLERO	TABLERO	TABLERO	WATTS / FASE	TOTAL	PROTECCION			CORRIENTE POR CIRCUITO (A)	CORRIENTE CORREGIDA (F.T.)		CORRIENTE CALCULADA	
			TAB-B	TAB-C	TAB-D	TAB-E			POLOS	ICFT	AMP.		FACTOR DE TEMP.	A		25%
CIRCUITO		CARGA POR UNIDAD				A	B	C	WATTS	POLOS	ICFT	AMP.	CORRIENTE POR CIRCUITO (A)	FACTOR DE TEMP.	A	25%
CTO	ESPACIO	7854	58008	5375	31960											
A1			1						7854	3	■	40	22.93	1.00	22.93	28.66
A2				1					58008	3	■	225	169.35	1.00	169.35	211.68
A3					1				5375	3	■	40	15.69	1.00	15.69	19.61
A4						1			31960	3	■	100	93.30	1.00	93.30	116.63
TOTALES			1	1	1	1			103197							
CODIGO DE TABLERO EN PLANO:			TAB-A				CAIDA DE TENSION=			1.05%			LONGITUD=		30 m	
CATALOGO DE TABLERO:													CORRIENTE=		301 AMP.	
MARCA DE TABLERO:			SQUARED										CORRIENTE CORREGIDA=		377 AMP.	
UBICACIÓN:			NIVEL 1				INTERRUPTOR PRINCIPAL			3 P. 400 - AMP.						

Tabla 7. Tablero I-line "H"

TAB-H				3 FASES 220 V <sub>ff</sub>												
TEMPERATURA AMBIENTE	26-30 °C	26-30 °C	TABLERO	TABLERO	TABLERO	TABLERO	WATTS / FASE	TOTAL	PROTECCION			CORRIENTE POR CIRCUITO (A)				
			TAB-F	TAB-O	TAB-P	TAB-Q			POLOS	ICFT	AMP.					
CIRCUITO		CARGA POR UNIDAD				A	B	C	WATTS	POLOS	ICFT	AMP.	CORRIENTE POR CIRCUITO (A)			
CTO	ESPACIO	9693	16264	4655	33656											
H1			1						9693	3	■	40	28.30			
H2				1					16264	3	■	100	47.48			
H3					1				4655	3	■	40	13.59			
H4						1			33656	3	■	125	98.25			
H5																
TOTALES			1	1	1	1			64268							
CODIGO DE TABLERO EN PLANO:			TAB-H				CAIDA DE TENSION=			0.46%			LONGITUD=			
CATALOGO DE TABLERO:			LA400MBB										CORRIENTE=			
MARCA DE TABLERO:			SQUARE D										CORRIENTE CO			
UBICACIÓN:			SOTANO 2				INTERRUPTOR PRINCIPAL			3 P. 250			AMP.			

# Anexo B

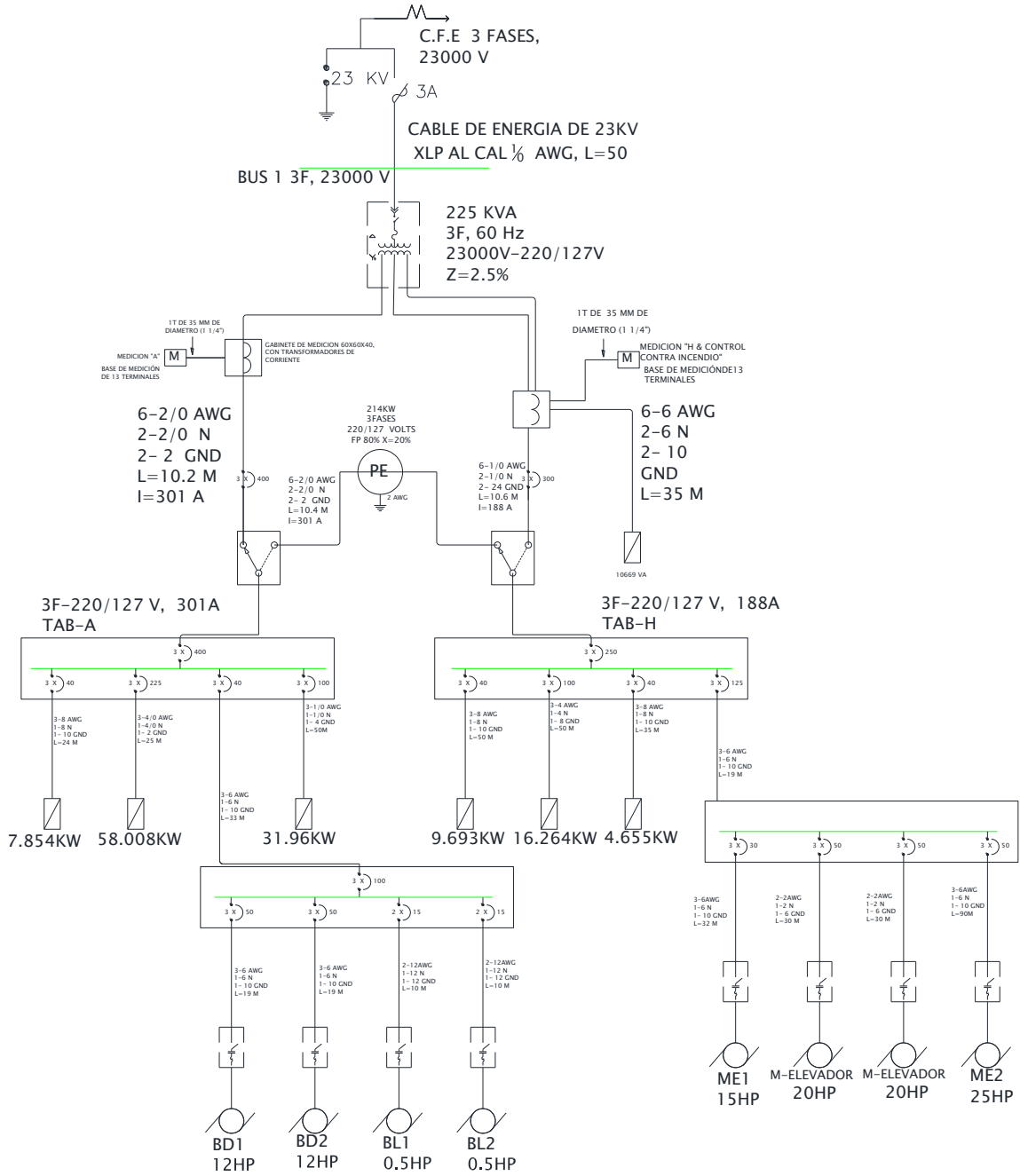


Figura 22. Diagrama Unifilar Servicios Generales

# Anexo C

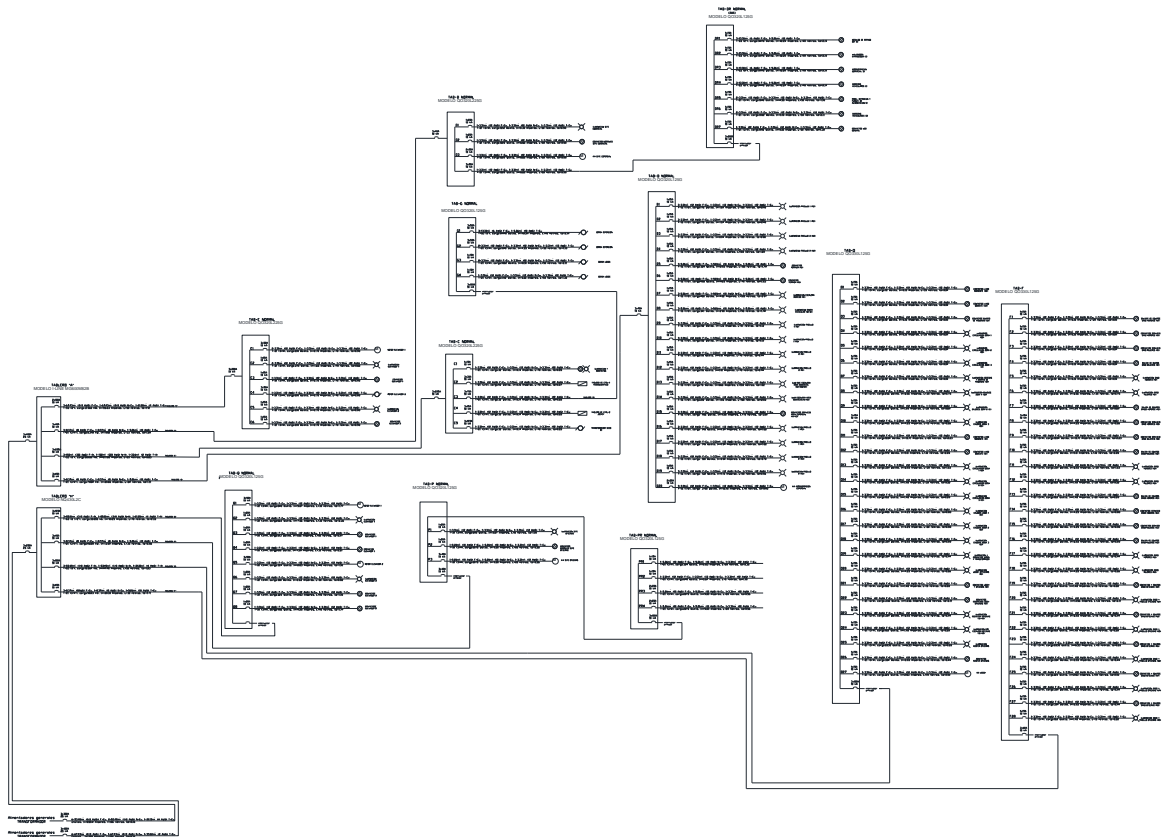


Figura 23. Diagrama Unifilar locales comerciales

## Anexo D

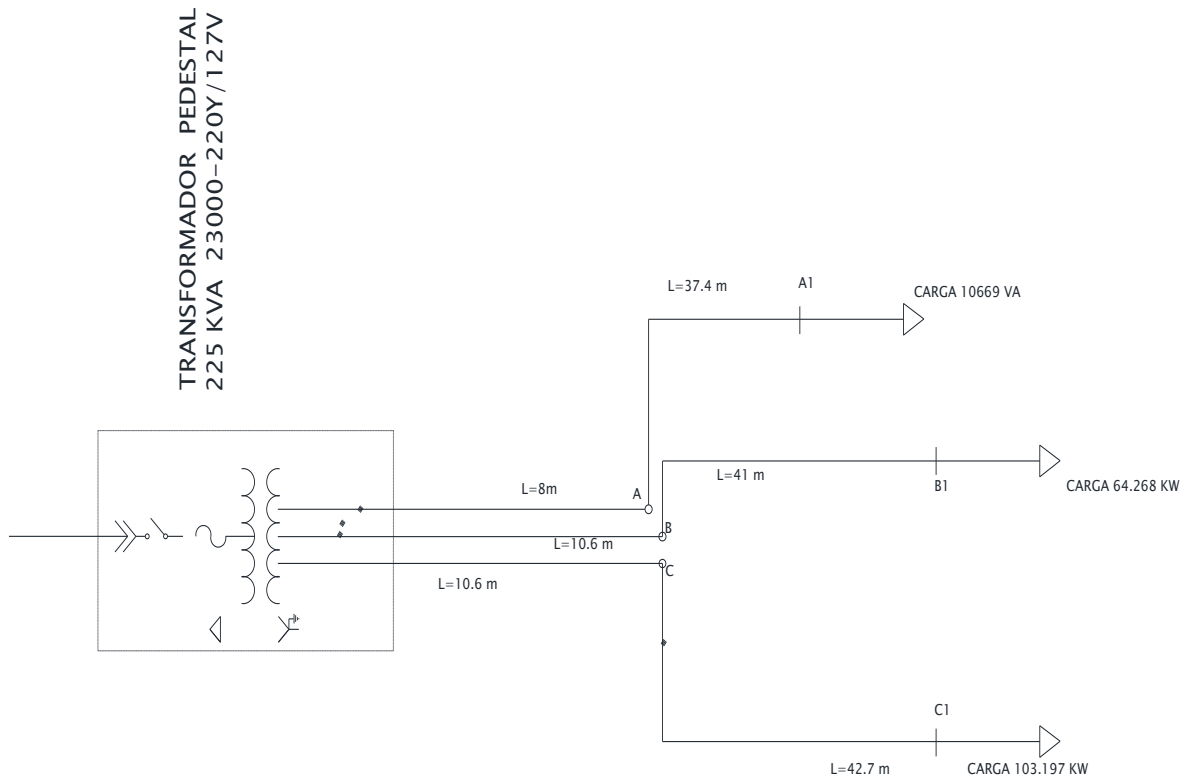



Figura 24. Líneas de Baja Tensión

## Anexo E

Tabla 8. Presupuesto de obra "Centro City las Fuentes"

		<b>JAL CONSTRUCCIONES S.A. DE C.V.</b> Construcciones e Ingeniería Electromecánica	
CENTRO CITY LAS FUENTES		GUADALAJARA, JALISCO SEPTIEMBRE 04 DEL 2019	
DOMICILIO CONOCIDO			
LAS FUENTES, ZAPOPAN JALISCO			
ESTIMADO SEÑORES:			
PRESENTAMOS A SU AMABLE CONSIDERACIÓN EL PRESUPUESTO CORRESPONDIENTE AL MATERIAL Y MANO DE OBRA PARA LOS TRABAJOS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA REFERENTES A MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA EL CENTRO COMERCIAL "CENTROCITY LAS FUENTES" UBICADO EN LA CIUDAD DE ZAPOPAN, JALISCO.			
<b>RESUMEN</b>			
1.- ACOMETIDA Y RED EN MEDIA TENSION SUBTERRANEA		\$ 1,066,249.77	
2.- CONCENTRACION DE MEDIDORES PARA C.F.E		1889108.311	
3.- ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN DE MEICIÓN DE CFE HASTA LOCALES DE OFICINAS.		760831.7	
ACOMETIDA A SUBESTACIÓN DE SERVICIOS GENERALES CON TRO PEDESTAL DE 225 K		1848880.91	
5.- SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA PARA SERVICIOS GENERALES.		704331.97	
6.- ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA PARA BOMBA CONTRA INCENDIO.		90078.78	
7.- SISTEMA DE PUESTA A TIERRAS Y PARARRAYOS.		217143.3284	
8.- ALUMBRADO Y CONTACTOS SOTANO 1 Y 2.		539082.3	
9.- ALUMBRADO Y CONTACTOS BAÑOS N1-N3.		336437.9	
10.- ALUMBRADO Y CONTACTOS OFICINAS Y LOBBY.		61690.7751	
11.- ALUMBRADO Y CONTACTOS EXTERIORES.		86655.39	
12.- ALUMBRADO Y CONTACTOS ESCALERAS Y PASILLOS DEL CENTRO COMERCIAL. .		418014.44	
13.- ALUMBRADO Y CONTACTOS BAÑOS Y VESTÍBULOS EN TORRE DE OFICINAS.		321541.8	
14.- ALIMENTACIONES PRINCIPALES A TABLEROS EN PLAZA.		733363.1	
15.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN CUARTO DE BOMBAS.		42292.06	
16. REUBICACIÓN DE SUBESTACIÓN EXISTENTE.		125082.66	
17.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA ELEVADORES.		349137.34	
18.- ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA PARA EXTRACTORES EN SOTANO.		177942.45	
19.- SISTEMA DE VOZ Y DATOS.		288926.92	
20.- SISTEMA CCTV.		95440.02	
21.- SISTEMA CA.		56274.02	
22.- SISTEMA DT.		374824.04	
23.- SUBESTACION PROVISIONAL CON TRANSFORMADOR PEDESTAL DE 75 KVA		262150	
		<b>SUMA</b>	
		10845479.98	
		<b>16% I.V.A.</b>	
		1735276.798	
		<b>TOTAL</b>	
		12580756.78	