



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**  
CAMPUS TUXTLA GUTIERREZ



**SEP**  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

**Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.**

## **INFORME TECNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

### **INGENIERIA ELECTRICA**

#### **PROYECTO:**

**“INSTALACION DE MEDIA TENSION DEL  
FRACCIONAMIENTO VALLE VERDE, SEGUNDA ETAPA”**

#### **PRESENTA:**

**GOMEZ AVILA SCHARON ESTEPHANE**

#### **PERIODO DE REALIZACION:**

**AGOSTO – DICIEMBRE 2019**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Quiero agradecer ante todo a Dios quien ha bendecido cada uno de mi paso que he dado a lo largo de este camino, siendo él que nos guía y nos ilumina para seguir adelante; de la misma manera por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que durante la carrera han sido un gran apoyo para nuestra formación profesional.**

**Mi mayor agradecimiento va dirigido a los Ingenieros, por el apoyo prestado en momentos muy complicados, por sus enseñanzas, orientación y paciencia en el transcurso del desarrollo de nuestro proyecto, por su ejemplo y profesionalismo por haber creído totalmente en nosotros.**

## INDICE

<b>1.-GENERALIDADES</b>	<b>----- pag</b>
1.1. Antecedentes	----- 1
1.2. Objetivo	----- 2
1.3. Marco Jurídico	----- 2
1.4 Alcance	----- 2
1.5 Políticas	----- 2
1.6 Definiciones	----- 2
1.7 Siglas y Abreviaturas	----- 12
<b>2 DISEÑO Y PROYECTO EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN</b>	
2.1 Perspectivas y Aplicaciones	----- 14
2.2 Tipos de Sistemas Aplicables en Instalaciones Subterráneas	----- 15
2.3 Tipos de Instalaciones	----- 29
2.4 Consideraciones Técnicas para el Diseño de Proyectos	----- 32
2.5 Acometidas en media	----- 35
<b>3 CONEXIÓN DE CONDUCTOR, ACCESORIO Y TERMINALES</b>	
<b>DE CONEXIÓN DE MEDIA TENSION</b>	<b>----- 41</b>
<b>3 CONEXIÓN DE CONDUCTORES, ACCESORIO Y TERMINALES DE</b>	
<b>CONEXIÓN DE MEDIA TENSION.</b>	
3.1 Perspectivas y Aplicaciones	----- 41
3.1.3 Tapas	----- 42
3.1.4 Bases	----- 51
3.1.5 Consideraciones de obra civil	----- 52
3.2-ACOMETIDAS EN MEDIA TENSION.	----- 54
3.3. Lineamientos para la Elaboración de Proyectos	----- 58
3.3.1 Trámites	----- 58
3.3.2 Presentación de planos	----- 59
3.3.3 Planos del proyecto	----- 62

<b>3.3.4</b>	<b>Memoria técnica descriptiva</b>	<b>63</b>
<b>3.4.</b>	<b>Instalación de transformadores</b>	<b>64</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Instalación y conexión a transformadores</b>	<b>65</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Instalación de seccionadores</b>	<b>66</b>
	<b>REFERENCIA BIBLOGRAFICA</b>	<b>82</b>
	<b>ANEXO</b>	<b>83</b>

## INDICE DE FIGURA

<b>Figura 2.2.1-A.1.1</b> -----	<b>pag 15</b>
<b>Figura 2.2.1-A.1.2.1</b> -----	<b>16</b>
<b>Figura 2.2.1-A.1.2.2</b> -----	<b>16</b>
<b>Figura 2.2.1-A.1.3.1</b> -----	<b>17</b>
<b>Figura 2.2.1-A.1.3.2</b> -----	<b>17</b>
<b>Figura 2.2.1-A.1.4</b> -----	<b>18</b>
<b>Figura 2.2.1-A.2</b> -----	<b>18</b>
<b>Figura 2.2.3-A.1</b> -----	<b>22</b>
<b>Figura 2.2.3-A.2</b> -----	<b>24</b>
<b>A.3. Transformador con conexión en zigzag</b>	
<b>con resistencia en el neutro.</b> -----	<b>25</b>
<b>Figura 2.2.3-B.2</b> -----	<b>29</b>
<b>Figura 2.2.3-B.3.1</b> -----	<b>29</b>
<b>B.2Registros de media tensión.</b> -----	<b>42</b>
<b>B.2 Registros de media tensión</b> -----	<b>43</b>
<b>B.2 Registros de media tensión</b> -----	<b>43</b>
<b>B.2 Registros de media tensión.</b> -----	<b>44</b>
<b>B.2 Registros de media tensión</b> -----	<b>44</b>
<b>C) Pozos de visita</b> -----	<b>45</b>
<b>C) Pozos de visita</b> -----	<b>45</b>
<b>D) Muretes</b> -----	<b>47</b>
<b>E.1Murete para derivación para sistema de 200/200 A.</b>	
<b>D) Muretes</b> -----	<b>47</b>
<b>E.2 Murete para derivación para sistema de 600/200 A</b>	
<b>D) Muretes</b> -----	<b>48</b>
<b>E.3 Murete para derivación para sistema de 600/600 A</b>	
<b>B) Tapa y marco 84 A de hierro fundido para arroyo</b> -----	<b>49</b>

<b>D) Tapa y aro 84 B de material polimérico para banquetta</b>	<b>-----</b>	<b>50</b>
<b>A) Pendientes en bancos de ductos</b>	<b>-----</b>	<b>52</b>
<b>B) Muretes de protección antichoque</b>	<b>-----</b>	<b>52</b>
<b>C) Cinta señalizadora de advertencia.</b>	<b>-----</b>	<b>53</b>
<b>3.2-ACOMETIDAS EN MEDIA TENSION</b>	<b>-----</b>	<b>54</b>
<b>(5) Esta especificación aplica también para los servicios que se encuentren en la misma acera del poste de CFE.</b>	<b>-----</b>	<b>57</b>
<b>A) Tamaño de planos</b>	<b>-----</b>	<b>60</b>
<b>B) Se podrán utilizar planos de las siguientes dimensiones (mm)</b>	<b>-----</b>	<b>60</b>
<b>C) Cuadro de referencia</b>	<b>-----</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 1. METODO DE LOS 9 PUNTOS PARA LA MEDICION DEL NIVEL DE LUMINANCIA EN CAMPO.</b>	<b>-----</b>	<b>80</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>A.3 Los circuitos alimentadores subterráneos</b>	<b>----- pag 19</b>
<b>TABLA 2.2.3-B.1</b>	<b>----- 27</b>
<b>TABLA 2.2.3-B.2</b>	<b>----- 28</b>
<b>TABLA 2.6.3-A.1</b>	<b>----- 39</b>
<b>TABLA 2.6.3-B-1</b>	<b>----- 39</b>
<b>TABLA 2.6.5-A.1</b>	<b>----- 41</b>
<b>B.2.1 Registro para media tensión en banqueta tipo 3.</b>	<b>----- 43</b>
<b>B.2.2 Registro para media tensión en banqueta tipo 4.</b>	<b>----- 43</b>
<b>B.2.3 Registro para media tensión en arroyo tipo 3.</b>	<b>----- 44</b>
<b>B.2.4 Registro para media tensión en arroyo tipo 4.</b>	<b>----- 44</b>
<b>B.2.5 Registro para media tensión en banqueta tipo 4 con tapa cuadrada (para conectadores múltiples en MT).</b>	<b>----- 45</b>
<b>C.1 Pozo de visita para media tensión en banqueta tipo P.</b>	<b>----- 45</b>
<b>C.2 Pozo de visita para media tensión en banqueta tipo X.</b>	<b>----- 46</b>
<b>C.3 Pozo de visita para media tensión en banqueta tipo T</b>	<b>----- 46</b>
<b>B) Tapa y marco 84 A de hierro fundido para arroyo, características.</b>	<b>----- 48</b>
<b>3.1.4 Bases.</b>	<b>----- 49</b>
<b>TABLA 3.2-ACOMETIDAS EN MEDIA TENSION.</b>	<b>----- 54</b>
<b>Tabla 1. Valores máximos de DPEA, iluminancia mínima promedio y valor máximo de la relación de uniformidad promedio para vialidades con pavimento tipo R1.</b>	<b>----- 70</b>
<b>Tabla 2. Valores máximos de DPEA, iluminancia mínima promedio y valor máximo de la relación de uniformidad promedio para vialidades con pavimento tipo R2 y R3.</b>	<b>----- 70</b>
<b>Tabla 3. Valores máximos de DPEA, iluminancia mínima promedio y valor máximo de la relación de uniformidad promedio para vialidades con pavimento tipo R4.</b>	<b>----- 71</b>
<b>Tabla 4. Valores máximos de DPEA, luminancia mínima promedio, relaciones de uniformidad máximas y la relación de deslumbramiento y luminancia, para vialidades.</b>	

-----	71
<b>Tabla 5. Valores máximos de DPEA para sistemas de iluminación en vialidades con superpostes.</b>	----- 72
<b>Tabla D-1.- Características de reflectancia del pavimento.</b>	----- 74
<b>Tabla 1. Eficacia luminosa mínima y flujo luminoso total para luminarios de exteriores.</b>	----- ----- 75
<b>Tabla 2. Temperatura de Color Correlacionada (TCC).</b>	----- 76
<b>Tabla 3. Requisitos de mantenimiento del flujo luminoso total.</b>	----- 77
<b>Tabla 4. Valores máximos de flujos luminosos de deslumbramiento.</b>	---- 77
<b>TABLA 1 DE LA NOM-001-SEDE-2012, SE DEBE TENER UN VALOR MINIMO DE ILUMINACION PROMEDIO DE 7 LUXES.</b>	----- 80
<b>Tabla 1. Valores máximos de dpea, iluminaria minimapromedio y valor máximo de la relación de uniformidad promedio para vialidades con pavimento tipo R2 y R3.</b>	----- ----- 81
<b>TABLA 2. VALORES MINIMOS MANTENIDOS DEL ILUMINANCIA PROMEDIO (LX) (NOM-001-SEDE-2012).</b>	----- 91
<b>TABLA 3. VALORES MAXIMOS DE DENCIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA) PARA VIALIDADES (W/M2).</b>	----- 93



# **INSTALACION DE MEDIA TENCION DEL FRACCIONAMIENTO VALLE VERDE, SEGUNDA ETAPA.**

## **Introducción**

**La especificación de Construcción de Sistemas Subterráneos, obedece a la necesidad de tener una reglamentación a nivel nacional, para uniformizar la calidad y al mismo tiempo simplificar la construcción de líneas y redes subterráneas conforme a un criterio técnico-económico. Manejando un concepto enfocado a transmitir armonía con el entorno de un diseño y construcción de sistemas subterráneos a favor del respeto al medio ambiente.**

### **1.1 Antecedentes**

**El fraccionamiento valle verde residencial, se encuentra ubicado en el lado sur poniente, aun costado de la colonia loma bonita, Terán en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. El fraccionamiento es considerado de mucha importancia, debido a su ubicación geográfica a la cual se encuentra.**

**Con la incorporación de los avances tecnológicos que han permitido la modernización de las técnicas de construcción, así como el empleo de materiales, equipos y accesorios más eficientes, que permiten abatir costos, sin menoscabo de la confiabilidad y seguridad que proporcionan los Sistemas Subterráneos.**

**Para la optimización de los proyectos, se incorpora la herramienta de diseño y configuración de redes de distribución subterránea de media tensión asistida por computadora “Conjunto Transformador Red Secundaria” CTRS, la cual facilita el diseño de redes optimizadas, considerando demanda, pérdidas de energía eléctrica, costos d**

**e inversión y operación.**

**En la sección correspondiente a alta tensión se incluyen consideraciones técnicas para su diseño, obra civil y electromecánica, así como animaciones que muestran la elaboración de empalmes y terminales de las principales tecnologías que actualmente se emplean en CFE.**

## 1.2 Objetivo

El objetivo principal del proyecto es realizar el alumbrado público, utilizando luminarias que conlleve al uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización y diseño de la aplicación de equipos tecnológicos que incrementan la eficiencia, proponiendo así una mejor visualización, teniendo así un beneficio social y ambiental en la mitigación del cambio climático, con eso permitirá, el ahorro anual en kilowatt horas.

Así también el ahorro anual por pago de energía eléctrica por lo cual que este sistema de iluminación debe cumplir con las siguientes normas oficiales mexicanas las cuales son: NOM-001-SEDE-2012, NOM-013-ENER-2013.

Así también a los alineamientos y especificaciones de la dirección del alumbrado público del h. ayuntamiento municipal de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

## 1.3 Marco Jurídico

- ✚ Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- ✚ Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- ✚ Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- ✚ Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI Sistema General de Unidades de Medida.
- ✚ Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización).

## 1.4 Alcance

La presente Especificaciones aplicable a sistemas de distribución hasta 138 kV, para todo tipo de terreno.

## 1.5 Políticas

Se deben sujetar a la aplicación de esta Especificación los responsables del área de Distribución que intervienen en la revisión de proyectos, supervisión de construcción y recepción de obras eléctricas, que serán entregadas a la CFE.

Los trabajos de construcción de los Sistemas Subterráneos deben realizarse en forma eficiente, con la máxima economía, sin menoscabo del cumplimiento de los preceptos incluidos en esta Especificación. Los trabajos de construcción de los Sistemas Subterráneos deben realizarse por personal calificado.

## 1.6 Definiciones

### 1.6.1 Obra electromecánica y obra civil

**Banco de ductos:** Conjunto formado por dos o más ductos.

**Bóveda:** Recinto subterráneo de amplias dimensiones, accesible desde el exterior, donde se colocan cables con sus accesorios y equipo, generalmente de transformación en donde se ejecutan maniobras de instalación, operación y mantenimiento por personal que pueda estar en su interior.

**Sistema de canalización:** Es la combinación de ductos, bancos de ductos, registros, pozos, bóvedas y cimentación de subestaciones que forman la obra civil para instalaciones subterráneas.

**Ducto:** Conducto individual para conductores eléctricos.

**Empalme:** Unión destinada a asegurar la continuidad del flujo eléctrico entre dos o más tramos de conductores, que se comporta eléctrica y mecánicamente como los conductores que une.

**Mangas:** Cubierta colocada sobre conductores, permite el sello del conductor sobre el cual se aplica.

**Equipo subterráneo:** El diseñado y construido para quedar instalado dentro de pozos o bóvedas y el cual debe ser capaz de soportar las condiciones a que estará sometido durante su operación.

**Equipo sumergible:** Aquel equipo hermético que, por características de diseño, puede estar inmerso en cualquier tipo de agua en forma intermitente.

**Equipo tipo pedestal:** Aquel que está instalado sobre el nivel del terreno, en una base plataforma con cimentación adecuada y que forma parte de un sistema eléctrico subterráneo.

**Estructura de transición:** Conjuntó formado por cables, accesorios, herrajes y soportes que estando conectados o formando parte de un sistema de líneas subterráneas, quedan arriba del nivel del suelo, generalmente conectadas a líneas aéreas y que se soportan en postes o estructuras.

**Frente muerto:** Sin partes energizadas expuestas hacia una persona en el lado de accionamiento del equipo.

**Línea subterránea:** Aquella que está constituida por uno o varios cables aislados que forman parte de un circuito eléctrico, colocados bajo el nivel del suelo, ya sea directamente enterrados, en ductos o en cualquier otro tipo de canalización.

**Par galvánico:** Al formado por dos partes distintas de una superficie metálica o de dos metales distintos, que, en contacto con un electrólito, tienen una diferencia de potencial, formando una pila galvánica en la que el ánodo (potencial más negativo) se corroe mientras que el cátodo (potencial menos negativo) no sufre corrosión. Al formarse el par galvánico el ánodo se polariza positivamente (a potencial menos negativo) y el cátodo se polariza negativamente (a potencial más negativo).

**Pozo de visita:** Recinto subterráneo accesible desde el exterior, donde se colocan equipos, cables y sus accesorios para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento por personal que pueda estar en su interior.

**Proctor:** Determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por el procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

**Registro:** Recinto subterráneo de dimensiones reducidas, donde se coloca algún equipo, cables y accesorios para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento.

**Transición de línea:** Tramo de cable soportado en un poste u otro tipo de estructura, provisto de una terminal que conecta una línea aérea a subterránea.

**Terminal de cable:** Dispositivo que distribuye los esfuerzos dieléctricos del aislamiento en el extremo de un cable.

## 1.6.2 Cables eléctricos

### 1.6.2.1 Conductores

**Conductor:** Parte de un cable que tiene la función específica de transportar corriente eléctrica.

**Conductor sencillo (simple):** Conductor no cubierto con ningún metal adicional (pantalla metálica, blindaje, etc.)

**Conductor cubierto:** Conductor en el que cada polo está cubierto de una capa delgada de otro metal o aleación.

**Conductor estañado:** Conductor cubierto de estaño.

**Conductor con revestido:** Conductor en el cual cada alambre consiste en una parte interna de un metal y una cáscara externa metalúrgicamente enlazada, de otro metal.

**Conductor sólido:** Conductor que consiste de un solo alambre.

**Nota:** Este conductor puede ser de sección circular o de cualquier otra forma.

**Conductor trenzado (cable):** Conductor que consiste de un número individual de alambres o cables, los cuales generalmente tienen una forma helicoidal.

**Conductor de cableado concéntrico circular (cable concéntrico):** Cable cuyos alambres se encuentran ensamblados juntos en forma helicoidal en una o más capas concéntricas. Pudiendo o no tener una dirección de cableado alternada por capa.

**Cable sectorial:** Conductor formado cuya sección transversal se aproxima a un sector de círculo.

**Conductor compacto:** Cable en cuyos intersticios los alambres componentes han sido compactados por compresión mecánica, trefilado o mediante una adecuada selección de forma y disposición de alambres.

**Conductor segmental (milliken):** Cable que consta de un ensamble de conductores formados trenzados, aislados unos de otros.

**Conductor hueco:** Conductor construido de tal manera que está provisto de un canal central. (Es un tubo).

**Cable concéntrico:** Elemento de un conductor de trenzado múltiple que consiste de un grupo de alambres ensamblados concéntricamente.

**Neutro concéntrico (conductor):** Conductor concéntrico usado como neutro.

**Aislamiento (de un cable):** Elemento que contiene dentro de su masa el campo eléctrico aplicado (tensión eléctrica).

**Nivel de aislamiento:** Conjunto de tensiones de aguante normalizadas que caracterizan la rigidez dieléctrica del aislamiento.

**Aislamiento termoplástico:** Aislamiento hecho de un plástico capaz de ser repetidamente suavizado mediante calor y endurecido por enfriamiento a través de un rango de temperatura característico del plástico y en el estado suavizado, capaz de ser repetidamente deformado mediante extrusión.

**Aislamiento termofijo:** Aislamiento hecho de material el atmosférico el cual, cuando se cura mediante calor u otros medios, tales como radiación, catálisis, etc., se transforma en un producto sustancialmente insoluble e imposible de fundirse.

**Pantalla sobre conductor:** Pantalla extruida de un material semiconductor negro termofijo compatible con el conductor y el aislamiento y sirve para distribuir el campo eléctrico hacia el aislamiento.

**Pantalla del aislamiento:** Pantalla que consta de dos elementos: una capa semiconductor no metálica que se sobre el aislamiento y un componente metálico no magnético que se aplica directamente sobre la capa semiconductor, que tienen la función de controlar y distribuir el campo eléctrico dentro del aislamiento.

**Pantalla metálica:** Capa metálica circundante que puede estar formada por alambres, cintas o cubiertas metálicas o una combinación de estos materiales no magnéticos y que forman parte de la pantalla sobre el aislamiento.

**Pantalla retirable:** Pantalla aislante de un material extruido que puede ser completamente removido sin una herramienta especial, un solvente, la aplicación de calor o mediante cualquier combinación de estos elementos.

**Cable armado:** Cable conformado por conductores aislados o cables de núcleo sencillo trenzados juntos, sin una cubierta común.

**Cableado SZ:** Método de cableado en el cual la dirección de la capa de los componentes del cable, se invierte periódicamente.

**Cubierta exterior:** Cubierta no metálica aplicada sobre una metálica, para asegurar la protección del cable de los efectos externos.

**Armadura:** Cubierta que consiste de cintas metálicas o alambres, generalmente usada para proteger el cable de efectos mecánicos externos.

**Cinta selladora (bloqueadora de humedad):** Cinta aplicada bajo una cubierta o entre los intersticios de un conductor a fin de prevenir la entrada de agua a lo largo del cable.

Nota: El ingreso de agua puede ocurrir.

- a) Bajo la cubierta, por ejemplo, cuando ésta se ha dañado,
- b) A lo largo del conductor, por ejemplo, cuando las capas del cable a lo largo del mismo se han dañado.

**Cable monoconductor:** Cable de un solo conductor aislado.

**Cable multiconductor:** Cable con más de un conductor; alguno de los cuales pueden ser desnudos y con una cubierta protectora común.

**Electrodo de tierra:** Conductor o grupo de conductores en contacto íntimo con tierra y que provee una conexión eléctrica a ella.

**Conductor de puesta a tierra:** Conductor de baja impedancia que provee una conexión eléctrica entre un punto dado en un equipo (una instalación o sistema) y el electrodo de tierra.

**Conductor desnudo de puesta a tierra:** Conductor desnudo protegido (si se requiere) contra corrosión, directamente en contacto con el suelo, a fin de asegurar la integridad de la conexión a tierra a lo largo de su recorrido.

Nota: Este conductor puede hacer las veces de un conductor y/o de un electrodo.

**Conductor del electrodo de puesta a tierra:** Conductor utilizado para conectar el(los) electrodo(s) de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos a la acometida en cada edificio o a la estructura donde esté alimentado desde una acometida común o a la fuente de un sistema derivado separadamente.

**Conductor puesto a tierra:** Conductor de un sistema o circuito intencionalmente puesto a tierra.

### 1.6.2.2 Terminales

**Tapón aislante:** Dispositivo aislante para terminar un extremo no conectado de un cable energizado.

**Terminal elástica:** Terminal prefabricada expandible que es auto ajustable por elasticidad después de aplicarla en un extremo de cable preparado.

**Terminal para uso interior:** Terminal para utilizarse donde no está expuesta ni a radiación solar directa ni a intemperie.

**Terminal para uso exterior:** Terminal para utilizarse donde existe exposición ya sea a radiación solar o a intemperismo o ambos.

**Conector separable con pantalla:** Conector separable que tiene una superficie externa completamente apantallada.

**Conector separable tipo enchufable:** Conector separable en el cual el contacto eléctrico se hace mediante un dispositivo deslizable.

**Conector separable tipo perno:** Conector separable en el cual el contacto eléctrico se hace mediante un perno.

**Conector para apertura sin tensión:** Conector separable diseñado para conectarse y desconectarse únicamente en circuitos desenergizados.

**Conector para apertura con carga:** Conector separable diseñado para conectarse y desconectarse en circuitos energizados.

**Terminal recta:** Accesorio que conecta dos cables para formar un circuito continuo.

**Trifurcación:** Accesorio que permite conectar un cable de tres núcleos a tres cables monoconductores.

**Unión transición:** Accesorio que hace conexión entre dos cables con diferentes tipos de aislamiento.

**Unión de inyección:** Unión en la cual se inyecta resina en un molde o en un material tejido, envuelto en aislante.

**Unión premoldeada:** Unión premoldeada para deslizarse o contraerse sobre cables.

**Unión elástica:** Unión expandible prefabricada que es auto-retráctil por elasticidad después de aplicarla a dos cables para ser conectados.

**Unión tipo papel enrollado:** Unión en la cual el aislamiento se hace envolviendo papel generalmente impregnado de aceite.

**Unión derivación:** Accesorio que permite la conexión ramal a una troncal.

**Unión de campo radial:** Unión en la cual los núcleos individuales tienen pantalla a todo lo largo de la unión.

**Unión de campo no radial:** Unión que no tiene núcleos con pantalla individual, prefabricada para unión.

### 1.6.2.3 Arreglos

**Formación en trébol:** Formación de tres cables de tal forma que sean equidistantes.

Nota1: Visto en sección transversal, las líneas ficticias que conectan los centros de los cables aislados forman un triángulo equilátero.

**Formación horizontal:** Formación de un número de cables dispuestos en un plano, usualmente con igual espacio entre cables adyacentes.

**Transposición (de cables aislados):**

a) En relación a cables de energía: Arreglo de cables monoconductores de manera que el cable de cada fase sucesivamente ocupa, cada posición en aproximadamente iguales longitudes a lo largo de la trayectoria.

b) En relación a conductores blindados: Arreglo de conductor blindado al lado de una sección elemental de cables de energía no traspuestos de manera que, en relación al plano de simetría del arreglo, el conductor ocupa una determinada posición alrededor de la mitad de la trayectoria y alrededor de la otra mitad ocupa una posición simétricamente opuesta.

### 1.6.2.4 Conexión de pantallas

**Sistema de cables monoconductor sólidamente conectado:** Sistema de cables monoconductores con pantalla, las cuales están eléctricamente conectadas juntas y a tierra en cada extremo de la ruta, si es necesario, a posiciones intermedias.

**Enlace especial de pantallas:** Métodos de conexión a tierra de pantallas de cables monoconductores a fin de minimizar la corriente inducida longitudinal a través de la pantalla.

**Sistema de cable aislado blindado:** Sistema de cable en el cual la pantalla de cada cable se encuentra individualmente aislada a todo lo largo de su trayectoria excepto donde se requiere conectar a tierra o interconectar pantallas.

**Sección elemental:** Longitud del sistema de cable entre cualquier par de elementos adyacentes: uniones seccionadoras, terminales y conexiones interpantalla.

**Conexión sólida:** Conexión entre pantallas de impedancia mínima.



**Conexión puntual:** Forma de conexión especial en la cual las tres pantallas de una sección elemental se conectan sólidamente juntas y a tierra a un solo punto.

**Conexión cruzada:** Forma de conexión especial en la cual las pantallas en secciones elementales consecutivas se conectan de manera cruzada de forma tal que cada circuito de pantalla continua rodea los tres conductores de fase consecutivamente.

**Conexión cruzada seccionada:** Forma de conexión cruzada en la cual tres secciones elementales consecutivas, denominadas “secciones terminales”, se toman para conformar una unidad separada, llamada “sección principal”.

Nota: Las tres pantallas están sólidamente conectadas en ambos extremos de la sección principal y pueden conectarse a tierra en estos puntos. En las dos posiciones intermedias, los cables usualmente se trasponen y las pantallas se interconectan de tal forma que cada circuito de pantalla continua a lo largo de la sección principal ocupa la misma posición geométrica en el arreglo.

**Sección principal uniforme:** Sección principal que consiste en tres secciones elementales iguales.

**Conexión cruzada continúa:** Arreglo aplicable a circuito que consisten de más de tres secciones elementales en las que las pantallas se conectan sucesivamente de manera cruzada y los cables son usualmente traspuestos en cada unión entre secciones elementales adyacentes a lo largo de la ruta del cable.

Nota: En cada extremo de la trayectoria, las pantallas se conectan sólidamente a tierra.

### 1.6.2.5 Accesorios para interconectar pantallas

**Conductor paralelo de puesta a tierra:** Conductor que se instala usualmente junto y a lo largo de la trayectoria del cable para proporcionar una conexión a tierra continua entre los sistemas de puesta a tierra situados en los extremos del mismo.

**Limitador de tensión en pantalla:** Dispositivo conectado a una pantalla o a las pantallas de cables especialmente conectados, utilizado para limitar las tensiones en pantalla durante transitorios en el sistema.

**Caja unión (para sistema blindado aislado):** Caja en donde la interconexión y/o las conexiones de puesta a tierra se hacen mediante enlaces removibles y que pueden incluso contener limitadores de tensión para la pantalla.

**Punta de interconexión de pantalla:** Conductor aislado que forma la conexión entre la pantalla del cable o la funda unión y el enlace en la caja enlace.

**Aislamiento para funda unión:** Aislamiento externo aplicado a funda unión metálica de un cable especialmente conectado.

### 1.6.2.6 Terminales varias

**Resistencia térmica (de un elemento de un cable):** Diferencia de temperatura entre las superficies interior y exterior de este elemento, dividido por el flujo de calor que lo atraviesa.

### 1.6.2.7 Componentes de los accesorios

**Terminal perno:** Dispositivo metálico que conecta un cable a otro equipo eléctrico.

**Conector (de cables):** Dispositivo metálico para interconectar cables entre sí.

**Conector bimetalico:** Conector formado por dos diferentes metales metalúrgicamente aleados, utilizados para conectar partes conductoras consistentes de los mismos metales.

**Cono de alivio:** Dispositivo en forma de cono para incrementar el diámetro de la pantalla del aislamiento de cable de alta tensión a fin de aliviar los esfuerzos eléctricos en una unión o terminal dentro de los límites de diseño.

**Graduador resistivo de esfuerzos:** Dispositivo que utiliza materiales de alta permisividad y generalmente de resistencia variable para cubrir la pantalla del aislamiento de un cable de alta tensión con el propósito de mantener los esfuerzos eléctricos en una terminal dentro de los límites de diseño.

**Conector de pantalla:** Dispositivo utilizado para hacer una conexión a la pantalla de un cable con el propósito de dar continuidad o conectar a tierra.

### 1.6.2.8 Métodos de conexión

**Conexión comprimida:** Conexión permanente hecha mediante la aplicación de presión provocando la deformación o restitución del barril que rodea a un cable.

**Conexión circular comprimida:** Conexión en la cual el barril se comprime manteniendo su forma circular.

**Conexión hexagonal comprimida:** Conexión en la cual el barril se comprime y se restituye a una forma hexagonal.

**Conexión por identificación profunda:** Conexión en la cual el barril y el cable se comprimen y se deforman mediante identificaciones profundas.

**Conexión perno:** Conexión en la cual la presión sobre el conductor se aplica mediante un perno.

### 1.6.2.9 Manejo de cables

**Carrete:** Cilindro con bridas en el cual se arrolla el cable durante su manufactura, para almacenamiento, transporte e instalación.

**Bobina:** Carrete con cable enrollado.

**Tambor (barril) de un carrete:** Parte cilíndrica de un carrete en la cual se arrolla el cable.

**Revestimiento o entablillado:** Material externo protector que cubre una bobina de cable en un carrete.

**Refuerzo o tablilla:** Una de las tiras, generalmente hecha de madera, que forma el revestimiento.

**Rollo:** Enrollamiento de cable en forma circular, sin soporte interno.

**Capuchón (sello, remate):** Dispositivo colocado en los extremos del cable para prevenir la humedad durante el almacenamiento, transportación e instalación.

### 1.6.2.10 Instalación de cable

**Rodillos:** Cilindro o conjunto de cilindros de giro libre, adecuadamente conformado para ayudar a desplazar el cable durante la instalación.

**Pinza (mordaza) o malla de acero:** Dispositivo tubular colocado en torno a un cable, cuyo diámetro se ve reducido como resultado de una fuerza de jalado y utilizado para sujetar el cable.

**Ojillo de jalado:** Dispositivo colocado en el conductor a fin de aplicar una fuerza de jalado al cable, durante la instalación.

**Cinta señalizadora:** Cinta o malla colocada en el piso, por encima de un circuito a fin de advertir de su proximidad.

**Relleno térmico:** Relleno compuesto por materiales cuyas características térmicas se eligen para facilitar el paso del calor producido por los cables.

## 1.7 Siglas y Abreviaturas

<b>A</b>	<b>Ampere</b>
<b>ANSI</b>	<b>American National Standard Institute</b>
<b>AWG</b>	<b>American Wire Gage</b>
<b>CENAM</b>	<b>Centro Nacional de Metrología</b>
<b>CFE</b>	<b>Comisión Federal de Electricidad</b>
<b>CTRS</b>	<b>Conjunto Transformador Red Secundaria</b>
<b>EMA</b>	<b>Entidad Mexicana de Acreditación</b>
<b>DEPRORED</b>	<b>Sistema Desarrollador de Proyectos de Redes</b>
<b>Dmax</b>	<b>Demanda Máxima</b>
<b>Fc</b>	<b>Factor de Carga en Concreto</b>
<b>KA</b>	<b>kiloampere</b>
<b>Kcmil</b>	<b>mil circulares mil</b>
<b>km</b>	<b>Kilómetro</b>
<b>KVAmin</b>	<b>Capacidad mínima de transformador en KVA</b>
<b>kV</b>	<b>kilovolt</b>
<b>KVA</b>	<b>kilovoltampere</b>
<b>KWH</b>	<b>Kilowatt hora</b>
<b>LAPEM</b>	<b>Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales</b>
<b>M</b>	<b>Metro</b>
<b>MCOV</b>	<b>Tensión Máxima de Operación Continua</b>
<b>mm</b>	<b>Milímetro</b>
<b>MP</b>	<b>Margen de Protección</b>
<b>NMX</b>	<b>Norma Mexicana</b>
<b>NBAI</b>	<b>Nivel Básico de Aislamiento al Impulso</b>
<b>NOM</b>	<b>Norma Oficial Mexicana</b>
<b>NRF</b>	<b>Norma de referencia</b>

<b>PAD</b>	<b>Polietileno de Alta Densidad</b>
<b>PADC</b>	<b>Polietileno de Alta Densidad Corrugado</b>
<b>PEMEX</b>	<b>Petróleos Mexicanos</b>
<b>PROASOL</b>	<b>Procedimiento para la Atención de Solicitudes de Servicio</b>
<b>PROTER</b>	<b>Procedimiento para Construcción de Obras por Terceros</b>
<b>Rmc</b>	<b>Radio Medio Cuadrático</b>
<b>Tmft</b>	<b>Tensión máxima del sistema de fase a tierra</b>
<b>VR</b>	<b>Tensión de descarga residual</b>
<b>V</b>	<b>Volt</b>
<b>Wb</b>	<b>Weber</b>
<b>XLP</b>	<b>Polietileno de Cadena Cruzada.</b>

## **2 DISEÑO Y PROYECTO EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN**

### **Introducción**

**La elaboración de diseños de Sistemas subterráneos, debe realizarse en forma eficiente, con la máxima economía, sin menos cabo del cumplimiento de los lineamientos incluidos en esta Especificación.**

**En la presente se incorporan apartados específicos para instalaciones subterráneas en terrenos con nivel freático muy alto y rocoso, se redujeron las profundidades en banco de ductos de polietileno de alta densidad directamente enterrados en cumplimiento con la NOM-001-SEDE. Así mismo se incluye un capítulo específico para el diseño de sistemas subterráneos en poblaciones. Rurales rehabilitadas, colonias, conjuntos habitacionales y fraccionamientos con vivienda de interés social, popular y económico.**

### **2.1 Perspectivas y Aplicaciones**

#### **2.1.1 Perspectiva**

Las siguientes especificaciones son para el diseño y construcción de todos los Sistemas de Distribución Subterránea de la CFE.

Deben seguirse lo más cerca posible por la CFE y contratistas. Para cualquier desviación derivada de una situación específica no contemplada en estas especificaciones, se debe obtener una aprobación por parte de la Subgerencia de Distribución Divisional.

La descripción de los equipos materiales y accesorios que se incluyen en la presente especificación, son con la finalidad de proporcionar una referencia rápida para consulta. Para la construcción o fabricación de los mismos, debe recurrirse a las especificaciones del producto correspondiente.

#### **2.1.2 Aplicaciones**

**En general se aplicarán las especificaciones en los lugares descritos a continuación:**

- Desarrollos residenciales de nivel alto, medio, interés social, vivienda económica y poblaciones rurales rehabilitadas.
- Electrificación rural y vivienda popular
- Áreas comerciales importantes que requieren alta confiabilidad.
- Áreas de ciudades o poblaciones consideradas como centros históricos o turísticos.
- Poblaciones ubicadas en áreas de alta contaminación salina, industriales y/o expuestas a ciclones.
- Desarrollos urbanísticos con una topografía irregular.
- Zonas arboladas o consideradas como reservas ecológicas.
- Lugares de concentración masiva como mercados, centrales de autobuses, aeropuertos, estadios, centros religiosos importantes, etc.

- Avenidas y calles con alto tráfico vehicular.
- Plazas cívicas.
- Edificios altos.

La relación anterior no limita la aplicación de las instalaciones subterráneas en áreas no incluidas en la misma.

## 2.2 Tipos de Sistemas Aplicables en Instalaciones Subterráneas

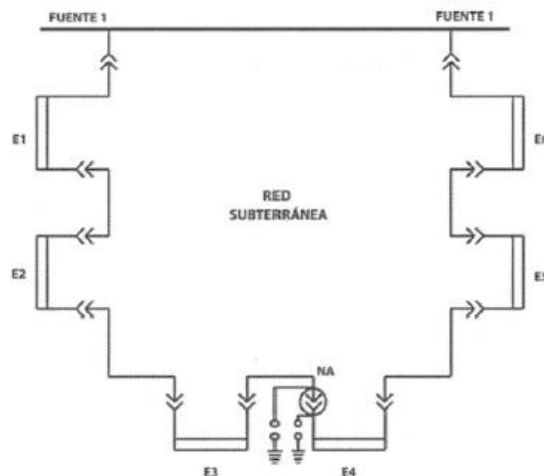
### 2.2.1 Configuraciones

#### A) Media tensión

##### A.1 Configuración en anillo.

Es aquella que cuenta con más de una trayectoria entre la fuente o fuentes y la carga para proporcionar el servicio de energía eléctrica

A.1.1 Configuración en anillo operación radial con una fuente de alimentación. Es aquella cuya configuración es en anillo y que cuenta con una sola fuente de alimentación. Opera en forma radial con un punto de enlace normalmente abierto en el centro de la carga.

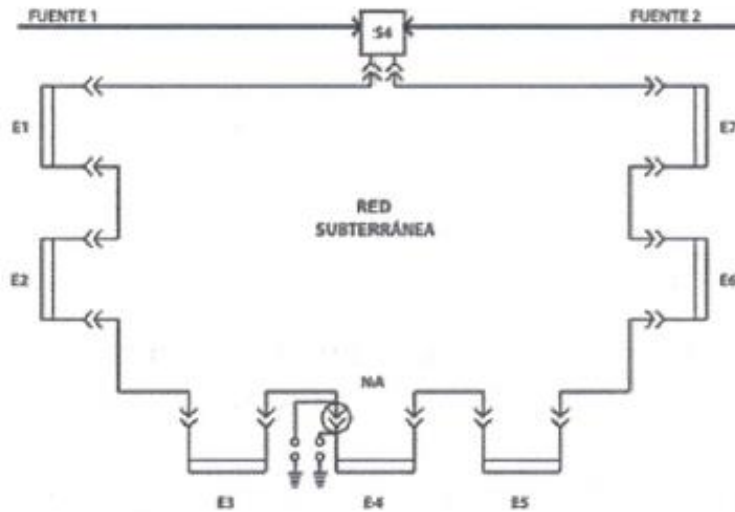


**Figura 2.2.1-A.1.1**

A.1.2 Configuración en anillo operación radial con dos fuentes de alimentación. Es aquella cuya configuración es en anillo y que cuenta con dos fuentes de alimentación. Opera en forma radial con un punto de enlace normalmente abierto en el centro de la carga.

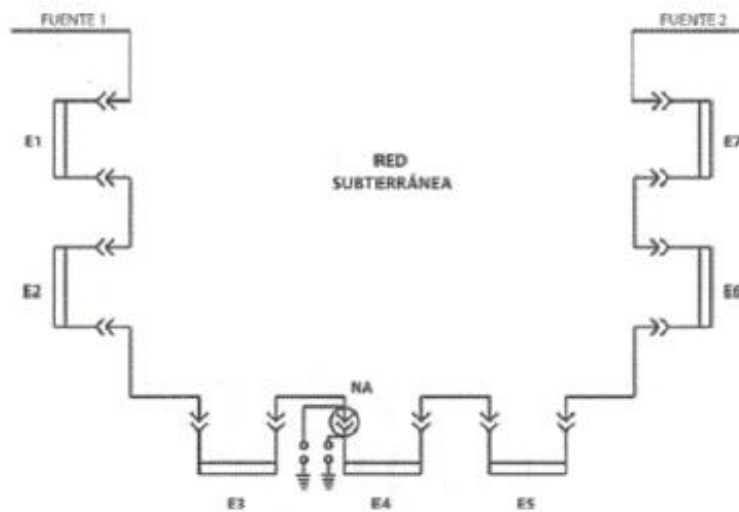
A.1.2.1 Conectando las fuentes a un mismo equipo o accesorio de la red.

**Figura 2.2.1-A.1.2.1**



A.1.2.2 Conectando las fuentes a diferentes equipos o accesorios de la red.

**Figura 2.2.1-A.1.2.2**

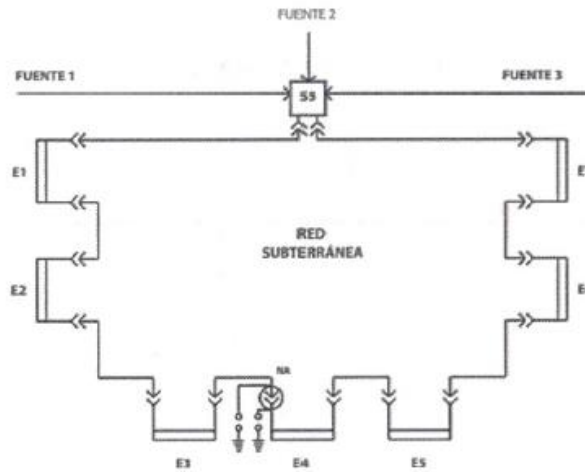


A.1.3 Configuración en anillo operación radial con tres fuentes de alimentación.

A.1.3.1 Conectadas las fuentes a un mismo equipo de la red.

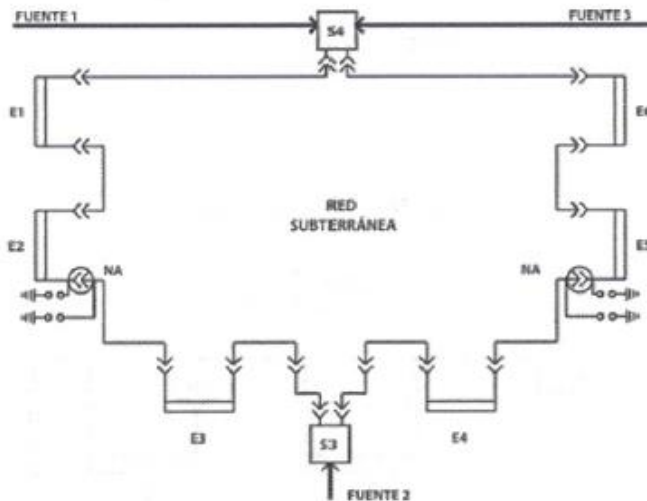


**Figura 2.2.1-A.1.3.1**



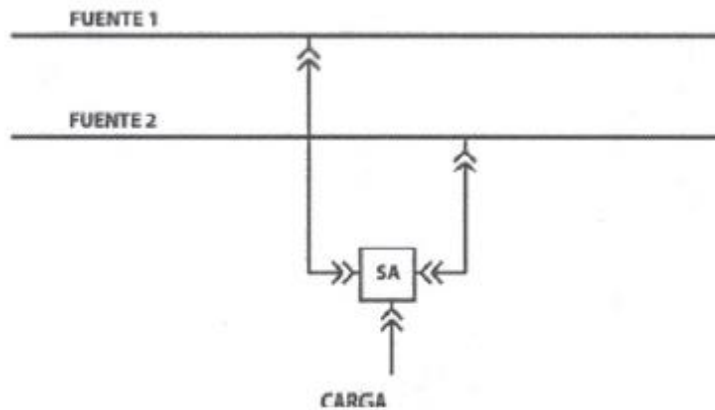
A.1.3.2 Conectando las fuentes a diferentes equipos o accesorios de la red.

**Figura 2.2.1-A.1.3.2**



A.1.4 Sistema de alimentación selectiva. Sistema en anillo operación radial con dos fuentes de alimentación que sigue la misma trayectoria, una de las cuales se considera como preferente y la otra como emergente y que utiliza un seccionador con transferencia automática.

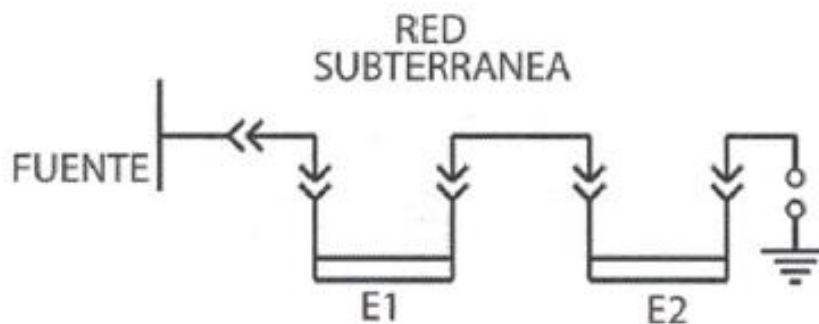
*Figura 2.2.1-A.1.4*



Los arreglos mostrados no son limitativos ya que las diferentes fuentes también se pueden conectar en distintos puntos de la red, lo que permite la posibilidad de tener múltiples arreglos.

A.2 Configuración radial es aquella que cuenta con una trayectoria entre la fuente y la carga proporcionando el servicio de energía eléctrica.

*Figura 2.2.1-A.2*



## 2.2.2 Media tensión

### A) Sistema de distribución de 200 A.

Es aquél en el cual la corriente continua, en condiciones normales o de emergencia no rebasa los 200 A. Se utiliza en circuitos que se derivan de troncales de media tensión (tensiones de 13.2 kV a 34.5 kV) aéreos o subterráneos, la configuración debe ser conforme se indica en 2.2.1. En condiciones de operación normal para el caso de circuitos en anillo, estará abierto aproximadamente al centro de la carga o en el punto dispuesto por el centro de operación.

Con el objeto de tener mayor flexibilidad, se tendrá un medio de seccionamiento en todos los transformadores y derivaciones del circuito.

A.1 Se diseñarán de acuerdo a la tensión suministrada en el área y un sistema de neutro corrido con conexiones múltiples de puesta a tierra.

A.2 Los circuitos aéreos que alimentan el proyecto subterráneo, deben ser 3F-4H.

A.3 Los circuitos alimentadores subterráneos deben ser:

CARGAS	CONFIGURACIÓN
Residencial	1F-2H o 3F-4H
Comercial	3F-4H
Industrial	3F-4H

A.4 La caída de tensión máxima en los circuitos de media tensión no debe exceder del 1% del punto de suministro indicado por CFE a la carga más alejada, en condiciones normales de operación, tomando en cuenta demandas máximas.

A.5 El cable del neutro debe ser cobre desnudo semiduro o de acero recocido con bajo contenido de carbono, recubierto de cobre o aquél que haya sido aprobado por el LAPEM.

A.6 El calibre del neutro debe determinarse de acuerdo al cálculo de las corrientes de falla. En ningún caso la corriente de corto circuito en el bus de las subestaciones que alimenten circuitos subterráneos, debe exceder los 10 kA simétricos.

A.7 El conductor de neutro corrido debe tener múltiples conexiones de puesta a tierra para garantizar en los sitios en donde se instalen accesorios y equipos, una resistencia a tierra

inferior a 10  $\Omega$  en época de estiaje y menor a 5  $\Omega$  en época de lluvia, debiendo ser todas las conexiones del tipo exotérmica o comprimible.

A.8 El neutro corrido debe quedar alojado en el mismo ducto de una de las fases o podrá quedar directamente enterrado, excepto en terrenos corrosivos con alto contenido de sales y sulfatos.

A.9 El nivel de aislamiento de los cables debe ser del 100 %. En todos los casos el aislamiento de los cables a emplearse será de sección reducida (alto gradiente). En transiciones aéreo-subterráneo-aéreo el nivel de aislamiento de los cables debe ser de 133 %, debiéndose utilizar cables con cubierta negra, para la protección contra los rayos ultravioleta. En todos los casos el aislamiento de los cables a emplearse será de sección reducida (alto gradiente).

A.10 La sección transversal del cable debe determinarse de acuerdo al diseño del proyecto, el calibre mínimo debe ser 53.5 mm (1/0 AWG) y cumplir con la norma NRF-024-CFE. 2

A.11 Deben emplearse conductores de aluminio y en casos especiales en que la CFE lo requiera, se podrán utilizar conductores de cobre.

A.12 Se debe indicar en las bases de diseño si el cable es para uso en ambientes secos o para uso en ambientes húmedos, según lo indica la especificación NRF-024-CFE y de acuerdo a las características del lugar de instalación.

A.13 La pantalla metálica del cable, debe conectarse sólidamente a tierra en todos los puntos donde existan equipos o accesorios de acuerdo a las recomendaciones generales del artículo 250 de la NOM-001-SEDE. En equipos (transformadores y seccionadores), se permite la puesta a tierra de los accesorios mediante sistemas mecánicos.

A.14 Los cables deben instalarse en ductos de PADC o PAD. Se pueden emplear ductos de sección reducida como se indica en las tablas 2.4.5 de esta Especificación; considerando siempre, que se deben respetar los factores de relleno recomendados en la NOM-001-SEDE.

A.15 Donde se instalen equipos y/o accesorios debe dejarse un excedente de cable de 1.0 m después de haberse instalado en los soportes y presentado para la elaboración del accesorio. Cuando los transformadores no lleven registros, la reserva de cable debe dejarse en uno de los registros adyacentes.

A.16 En seccionadores y conectadores múltiples de media tensión, se deben utilizar indicadores de falla de acuerdo a la corriente continua del sistema. Se deben emplear indicadores monofásicos o trifásicos con abanderamiento monofásico. Excepto en los siguientes casos:

**1. Cuando el seccionador cuente con protección electrónica.**

**2. Cuando un codo porta fusible derive del conector múltiple.**

A.17 Los indicadores de falla a instalar deben cumplir con la especificación CFE GCUIO-68.

A.18 Se deben instalar apartarrayos de frente muerto en los puntos normalmente abiertos de los anillos y en el último transformador de cada ramal radial.

A.19 No se debe utilizar la red subterránea como troncal para alimentar redes aéreas

### **2.2.3 Puesta a tierra de sistemas flotantes.**

Un sistema flotante es aquel en que no existe una conexión intencional entre los conductores de fase y tierra. Sin embargo, en todos los sistemas existe una conexión capacitiva entre los conductores del sistema y las superficies adyacentes que se encuentran a tierra. Consecuentemente, un sistema flotante es puesto a tierra por la capacitancia distribuida del sistema.

Durante condiciones normales de operación un sistema flotante no presenta problemas, pero estos pueden surgir ante la presencia de fallas. Al ocurrir una falla de línea a tierra aparecen tensiones de línea a línea en todo el sistema con el consecuente deterioro del aislamiento. Por otra parte, la interacción entre el sistema fallado y su capacitancia distribuida puede causar la presencia de sobretensiones transitorias entre línea y tierra al operar interruptores en el sistema fallado.

La conexión intencional de un sistema a una tierra física provee un punto de referencia de tensión cero. Esta medida ofrece ventajas significativas sobre el sistema de neutro flotante como:

- **Reducción de la magnitud de sobretensión.**
- **Simplicidad en la localización de fallas.**
- **Mejor protección contra fallas en el sistema y en los equipos.**
- **Reducción en tiempo y costo de mantenimiento.**
- **Mayor seguridad para el personal.**
- **Mejor protección contra descargas.**
- **Reducción en la frecuencia de fallas.**

La puesta a tierra de un sistema flotante se aborda desde dos áreas: el método de puesta a tierra y el diseño de la red de tierras, cubiertos en las secciones A y B de este documento.

#### **A) Método de puesta a tierra**

**Los métodos más comunes para la puesta a tierra son:**

- ✚ **Transformador con conexión en estrella - delta con el neutro de la estrella puesto a tierra mediante una resistencia.**
- ✚ **Transformador con conexión en estrella- delta con el neutro de la estrella conectado sólidamente a tierra una resistencia en el secundario de la delta.**
- ✚ **Transformador con conexión en zigzag con resistencia en el neutro.**

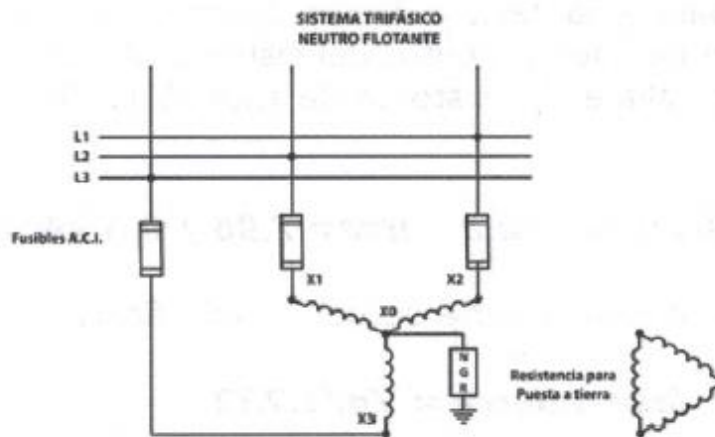
#### **A.1 Transformador estrella delta, puesto a tierra con una resistencia en el neutro.**

En este método se cuenta con transformadores estrella delta, donde el neutro de la estrella se conecta a tierra a través de una resistencia de puesta a tierra y la delta no se conecta a tierra ni tiene ninguna carga.

En condiciones de operación normal el transformador opera en vacío con una alta impedancia para las corrientes de fase del sistema, teniendo una corriente de magnetización muy pequeña. Al ocurrir una falla la corriente fluye a través de la falla por tierra hacia la resistencia en el neutro del transformador en donde se limita a su valor máximo permisible. Ahí la corriente se divide en tres partes iguales en cada ramificación de la estrella del primario del transformador.

Como estas tres corrientes iguales en fase y en tiempo y en virtud que el secundario es un circuito serie cerrado, la corriente de falla sólo ve la reactancia de fuga del transformador pudiendo regresar al sistema. La corriente de falla se limita por: la impedancia de falla, la resistencia entre neutro y tierra y la reactancia de fuga del transformador. La conexión de este se muestra a continuación:

*Figura 2.2.3-A.1*



La práctica común para puesta a tierra de los sistemas de media tensión o mayores es mediante una baja resistencia que límite la corriente alrededor de 9 kA. La capacidad mínima de cada uno de los transformadores monofásicos que forman el arreglo trifásico es:

$$KVA_{min} = \frac{(3I_0)(V_{LL})}{T}$$

**Donde:**

**KVA<sub>min</sub> = Capacidad mínima de transformador en KVA**

**I<sub>p</sub> = Corriente del transformador = I<sub>0</sub> en Amperes**

**3I<sub>0</sub> = Corriente de falla deseable en Amperes**

**VLL = Tensión línea a línea del sistema (kV)**

$$T = 35.14 t_0^{4.91}$$

**T = Constante**

**t<sub>0</sub> = Duración de la corriente de falla.**

El factor T para dimensionar el transformador corresponde a la sobrecarga de corto tiempo (30 s o menos) de un transformador de distribución según la norma IEEE C57.91 1995.

En forma aproximada la resistencia de puesta a tierra se puede calcular considerando que para una falla a tierra aparece en las terminales de la resistencia la tensión de línea a neutro del sistema. Por

ejemplo, para limitar a 500 A la corriente de falla en un sistema de 13.8 kV (7.96 kV línea a tierra) se tiene:

$$\text{Resistencia de puesta a tierra} = 7.96 / 0.5 \text{ kA} = 15.92 \Omega$$

**Para la resistencia de puesta a tierra se debe especificar:**

$$\text{Tensión} = \text{Tensión fase a tierra} = V_p / 1.732$$

Corriente inicial que circulará por la resistencia (tiempo durante el cual la resistencia permanecerá energizada este tiempo varía entre 1 min o 10 min, en función de la protección utilizada).

Ejemplo: Se tiene un sistema flotante con una tensión de fase a tierra de 13.8 kV, se desea diseñar el sistema para su puesta a tierra mediante un banco de transformadores monofásicos con conexión en estrella delta con el neutro de la estrella aterrizado a través de una resistencia. Considerar que la corriente de falla se debe limitar a 200 A.

**La capacidad de cada uno de los transformadores monofásicos es:**

$$KVA_{min} = 13.8 \text{ kV} * (0.2 \text{ kA} / 3) / 3 = 306 \text{ kVA}$$

La resistencia a tierra se dimensiona para una tensión de fase a tierra (7.96 kV) de la siguiente forma:

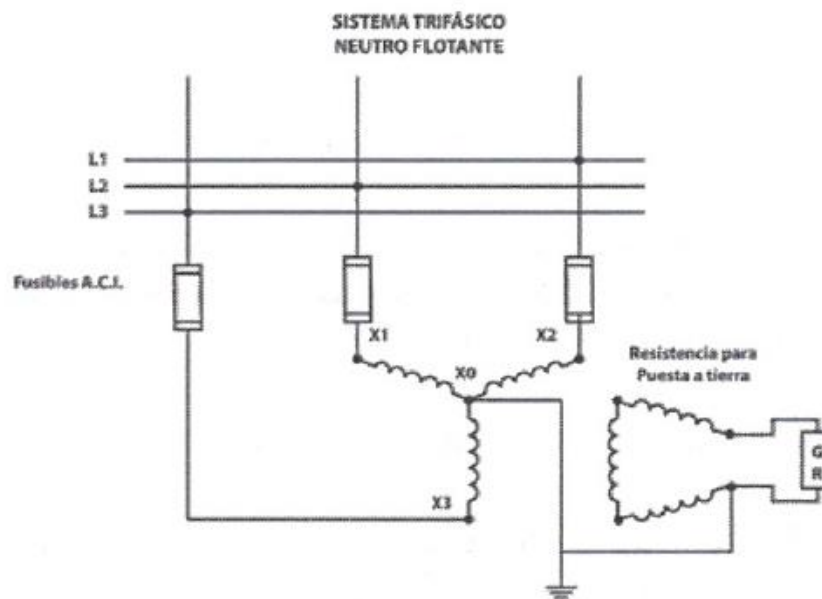
$$R (\Omega) = 7.96 \text{ kV} / 0.2 \text{ kA} = 39.8 \Omega$$

La clasificación del tiempo de operación de la resistencia puede ser de 10 s, 1 min, 10 min o tiempo extendido dependiendo de las características de la protección utilizada.

A.2 Transformadores estrella delta, la estrella puesta a tierra sólidamente con una resistencia en la delta.

Es una configuración estrella delta, pero con el secundario en delta abierto, en esta configuración el neutro del primario se conecta a tierra sólidamente, la resistencia limitadora se conecta entre las terminales de la delta abierta del secundario como se muestra en la siguiente figura:

*Figura 2.2.3-A.2*



La resistencia de carga se selecciona de la misma forma que en caso anterior, con la excepción de que su valor se verá reducido por el cuadrado de la relación de espiras del transformador. Esta resistencia limita el flujo de corriente en el secundario del transformador, de igual forma limita el flujo en los embobinados de la estrella.

Ejemplo: Se tiene un sistema flotante con una tensión de fase a tierra de 13.8 kV, se desea diseñar el sistema para su puesta a tierra mediante un banco de transformadores monofásicos con conexión en estrella delta con el neutro de la estrella puesto sólidamente a tierra y la delta abierta conectada con una resistencia. Considerar que la corriente de falla se debe limitar a 200 A.

La capacidad de cada uno de los transformadores monofásicos es:

$$KV_{Amin} = 13.8 \text{ kV} * (0.2 \text{ kA} / 3) / 3 = 306 \text{ kVA}$$



La resistencia a tierra se dimensiona de la siguiente forma:

**La relación de transformación del transformador es  $13.8 \text{ kV}/0.120 \text{ kV} = 115$**

- ✓ **La corriente en cada devanado del transformador es  $0.2 \text{ kA} / 3 = 66.66 \text{ A}$**
- ✓ **La corriente en el secundario es  $66.66 * 115 = 7\,665.9 \text{ A}$**
- ✓ **La tensión en el resistor secundario es  $120 * 1.7322 = 207.84 \text{ V}$**

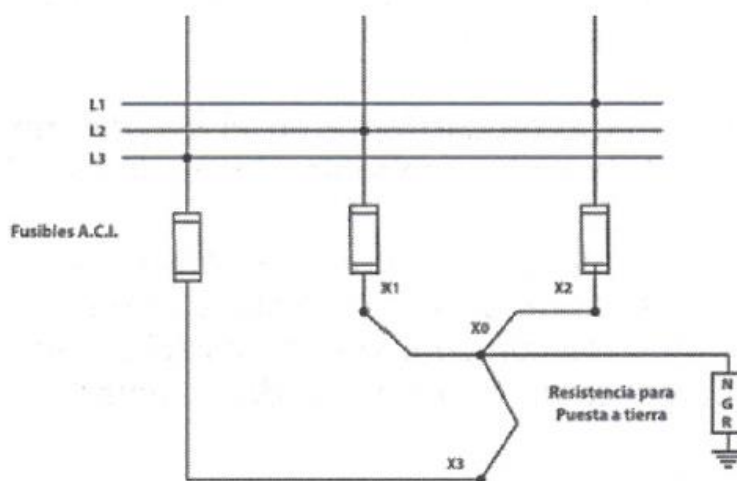
**Por lo tanto:**

$$R (\Omega) = 207.84 \text{ V} / 7.66 \text{ kA} = 0.027\Omega$$

La clasificación del tiempo de operación de la resistencia puede ser de 10 s, 1 min, 10 min o tiempo extendido dependiendo de las características de la protección utilizada.

### **A.3 Transformador con conexión en zigzag con resistencia en el neutro.**

De los diversos tipos de transformadores el más utilizado es el autotransformador trifásico tipo seco. En éstos cada fase tiene dos bobinados idénticos pero embobinados en sentido contrario para presentar una impedancia alta a las corrientes normales de fase, las bobinas se conectan a una configuración estrella y su neutro se conecta a tierra, directamente o a través de una resistencia.



Al ocurrir una falla más allá del transformador zigzag, la corriente de falla fluye a través de la falla, regresando por tierra hacia el neutro, pasa por la resistencia donde se limita a un valor predeterminado y fluye por el transformador en zigzag. La corriente se reparte en tres partes iguales ya que las ramificaciones de dicho transformador son iguales en fase y en tiempo (secuencia cero).

Debido a la dirección contraria en sus bobinados éstos presentan baja impedancia para la corriente de falla permitiéndole regresar al sistema. Como se puede observar la corriente está limitada por la impedancia de falla, la resistencia del neutro y la reactancia del transformador zigzag.

El transformador en zigzag se dimensiona para operar en forma continua, para una corriente inicial especificada a una tensión entre fase y neutro, sin exceder los límites de elevación de temperatura para el tipo de aislamiento (clase “B” hasta 2400 V, clase “H” para más de 2400 V). El nivel de tensión de saturación es normalmente 1.5 veces la tensión entre fase y fase. La resistencia debe dimensionarse con las mismas características de corriente y tiempo que el zigzag.

## **B) Diseño de la red de tierras**

### **B.1 Sistemas de conexión a tierra.**

Los sistemas de puesta a tierra son componentes importantes de los sistemas eléctricos, puesto que deben permitir la conducción hacia el suelo de cargas eléctricas no deseadas, originadas por las fallas en los equipos del sistema eléctrico y las producidas por las descargas atmosféricas. Deben poseer una capacidad de dispersión sin que se presenten potenciales peligrosos en la superficie del suelo que puedan dañar los equipos eléctricos y poner en riesgo la seguridad de los trabajadores.

Por razones de seguridad en sistemas subterráneos las pantallas metálicas de los conductores deben estar siempre puestas a tierra al menos en un punto con el objeto de limitar las tensiones inducidas (55 V, NOM-001-SEDE)

Parte importante en el proceso de limitar las tensiones inducidas lo constituye la resistencia de puesta a tierra, cuyos valores no deben exceder de 5  $\Omega$  en épocas de lluvia y de 10  $\Omega$  en temporada de estiaje respectivamente, según se indica en el procedimiento para la revisión, supervisión y construcción de redes subterráneas.

Uno de los elementos principales en una instalación de una red de tierras es el electrodo de puesta a tierra o también conocida como electrodo de tierra, la resistencia del electrodo de puesta a tierra, tiene tres componentes:

- **Una es su propia resistencia, la cual puede ser despreciable para efectos de cálculo. Pero las conexiones entre electrodo y conductor de bajada pueden llegar a tener una resistencia considerable con el tiempo.**
- **La resistencia de contacto entre electrodo y suelo, cuando el electrodo está libre de grasa o pintura, es despreciable. Sin embargo, la resistencia de contacto puede aumentar significativamente en terrenos secos, aumentando rápidamente cuando el contenido de humedad disminuye por debajo de un 15 %.**
- **La resistividad del terreno alrededor del electrodo. Introduciendo un electrodo en un terreno uniforme, la corriente se dispersará uniformemente alrededor del electrodo. La resistividad del terreno varía ampliamente según su composición y zonas climáticas, también varía estacionalmente, debido a que la resistividad se determina en gran proporción por el contenido de electrolito, consistente de agua, minerales y sales.**

Adicionalmente también varía con la temperatura. Algunos valores típicos de resistividades de suelos se resumen en la tabla 2.2.3-B.1

**TABLA 2.2.3-B.1**

<b>VALORES TÍPICOS DE RESISTIVIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELOS</b>	
<b>Tipo de suelo</b>	<b>Resistividad (<math>\Omega</math> m)</b>
Arcilla	2 - 100
Arena y grava	50 - 1,000
Piedra caliza de superficie	100 - 10,000
Piedra caliza	5 - 4,000
Esquisto o pizarra	5 - 100
Piedra arenisca	20 - 2,000
Granito, basalto	1,000

El valor de resistividad del terreno debe obtenerse con base en mediciones, las cuales se recomienda realizarlas en época de estiaje.

## **B.2 Reducción de los valores de resistencia de conexión a tierra.**

A continuación, se enumeran algunos de los métodos usados para mejorar los valores de resistencia de puesta a tierra:

### **a) Electrodo profundos**

Cuando el terreno es penetrable se puede usar este método para mejorar el valor de resistencia de tierra.

### **b) Electrodo múltiples en paralelo**

Cuando se tienen valores de la resistividad del terreno de las capas superiores más baja que la de las capas más profundas o en casos donde no se puedan obtener las profundidades adecuadas de los electrodos de tierra, se recomienda el uso de dos o más electrodos en paralelo.

### c) Contra-antenas

En terrenos donde no es posible la penetración de electrodos teniéndose un manto delgado de suelo sobre subsuelo de roca, se recomienda el uso de conductores enterrados a baja profundidad a lo largo de zanjas construidas específicamente para contener al conductor.

### d) Hormigón armado

El hormigón armado puede considerarse como electrodo metálico inmerso en un medio razonablemente homogéneo (el hormigón), cuya resistividad está en el orden de los 30  $\Omega$ -m. El hormigón, a su vez está inmerso en el terreno, cuya resistividad puede variar desde 1 hasta 1 000 $\Omega$ -m. La relación de resistividades de hormigón y terreno determina la resistencia de dispersión a tierra resultante.

### e) Reducción de la resistividad del suelo mediante procedimientos artificiales.

En algunos terrenos con alta resistividad, las prácticas de los métodos resumidos anteriormente pueden resultar prácticamente imposibles de aplicar para obtener valores de resistencia de conexión a tierra aceptables. En estos casos puede resultar aceptable el uso de procedimientos para reducir artificialmente la resistividad del terreno que circunda al electrodo de tierra.

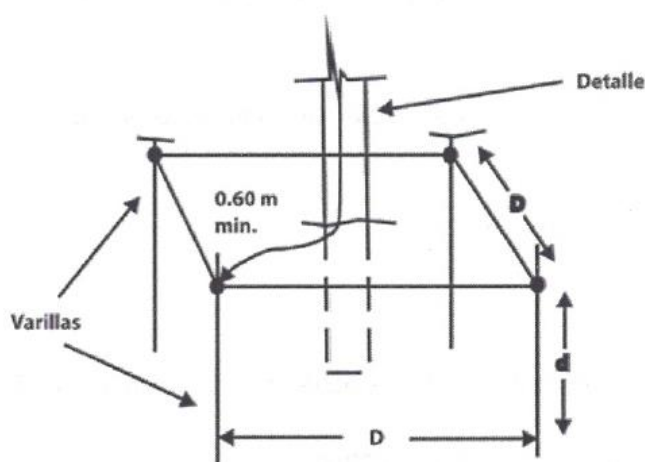
**TABLA 2.2.3-B.2**

CARACTERÍSTICAS DE ELECTRODOS PARA PUESTA A TIERRA			
Concepto		Acero con recubrimiento de cobre electrolítico	Acero con recubrimiento de cobre soldado
Uso		Electrodos con profundidad para conexiones a tierra en terrenos de alta resistencia eléctrica.	
Descripción corta		ACE – 16	ACS - 16
Abreviaturas en la descripción		A = Acero, C = cobre, E = Electrolítico	A = Acero, C = cobre, S = Soldado
Código MySAP		649181	445302
Longitud (L) mm (Tolerancia)		3 000 (-0 + 10 mm)	3 000 (-0 +10 mm)
Masa aproximada en kg		4.4	4.4
Rectitud cm/m		0.083	0.083
Núcleo	Material	Acero estirado en frío AISI1018, 1035 ó 1045	
	Díámetro en mm	14.3 min. 15.5 max.	16
Recubrimiento	Material	Cobre electrolítico ASTM-B-152	Acero y cobre soldado
	Espesor mínimo (mm)	0.25	0.25
	Adherencia	Ningún desprendimiento del recubrimiento del núcleo	
Información	Logotipo de lote o marca de fabricación	Debe ser permanente en forma circular o longitudinal a 300 mm a partir del extremo de aristas redondeadas	
	Número de lote y año de fabricación	Debe estar contenido en la información	
	Empaque	10 piezas, Atados con fleje galvanizado o plástico	
	Unidad	Pieza	

La resistencia de conexión a tierra es afectada principalmente por cuatro factores: la resistividad del suelo, la longitud, el número de electrodos y el espaciamiento entre ellos. Las resistencias de conexión a tierra en situaciones críticas pueden mejorarse por varios métodos, utilizando electrodos más largos, ya que usualmente reducen la resistencia de conexión a tierra.

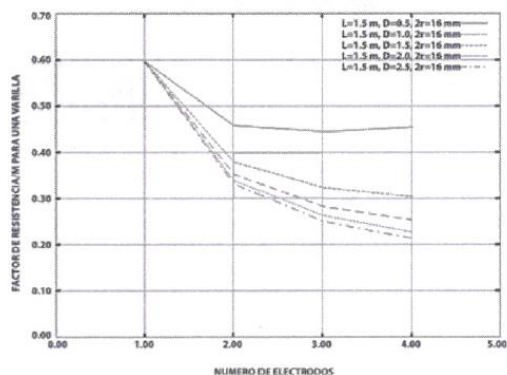
Electrodo de puesta a tierra. Los electrodos que se utilizan en los sistemas de tierras; deben cumplir con la especificación CFE56100-16 “Electrodos para tierra” y son en términos generales, de acero con recubrimiento de cobre soldado o electrolítico, ver tabla 2.2.3-B.2.

**Figura 2.2.3-B.2**



La Figura 2.2.3-B.2 muestra una instalación típica de una conexión a tierra para un arreglo de cuatro electrodos en paralelo.

**Figura 2.2.3-B.3.1**



**d = longitud del electrodo**

**D = separación entre electrodos**

## **2.3 Tipos de Instalaciones**

### **2.3.1 Distribución residencial**

Se deben emplear preferentemente sistemas monofásicos. Cuando la carga residencial sea alta se analizará la conveniencia de utilizar un sistema trifásico. Se podrán utilizar los siguientes tipos de configuración:

#### **A) Anillo de operación radial.**

#### **B) Radial con las siguientes restricciones:**

1. Se podrán conectar como máximo 2 transformadores monofásicos o trifásicos sólo en sistemas de 200 A.
2. De un sistema aéreo existente se podrán derivar tantos ramales radiales (según punto anterior 1) como lo permite las condiciones operativas del circuito.
3. Para el caso de circuitos totalmente subterráneos se instalarán indicadores de falla tanto en la derivación como en el circuito alimentador.


Cuando los circuitos alimentadores aéreos existentes que se utilicen para alimentar los fraccionamientos subterráneos sean 3F-3H. Se optará por una de las siguientes alternativas (la que resulte más económica):

- a) Se correrá el neutro desde la subestación alimentadora hasta el fraccionamiento. Este cuarto hilo se utilizará como neutro común para los circuitos subterráneos en media y baja tensión y la CFE hará los cálculos necesarios del calibre del conductor, la instalación del mismo hasta el punto de transición podrá ser hecha por el contratista bajo la supervisión adecuada o por la propia CFE con cargo al fraccionador. La conexión de las cargas a su fuente de alimentación
- b) Se diseñará la puesta a tierra del sistema.

Se deben utilizar bases de transformadores sin registro en forma alternada. En los transformadores donde se empleen registros, éstos deben ser del tipo reducido, según se indica en los planos de las Bases para Transformador Monofásico o Trifásico y Registro Reducido tipo 5 ó 6.

### **2.3.2 Distribución en poblaciones rurales rehabilitadas, colonias, conjuntos habitacionales y fraccionamientos con vivienda de interés social, popular y económica.**

Se deben emplear sistemas monofásicos en configuración radial. Cuando el número de viviendas requiera sistemas de más de 200 A, se debe analizar desde el punto de vista económico si es conveniente aplicar el contenido.

-  El uso de múltiples derivaciones de ramales radiales solo se permite en sistemas de 200 A.

- ✚ Cuando el desarrollo se proyecte con ramales radiales monofásicos, la demanda máxima permisible en cada ramal, debe ser el resultado de realizar un análisis de coordinación de protecciones, determinando la capacidad máxima del ramal, la cual debe estar limitada a evitar la salida del circuito por una operación por desbalance, cuidando la capacidad del codo fusible.
- ✚ Se deben instalar indicadores de falla al inicio de los ramales y se emplearán transformadores sin indicador de falla.
- ✚ No se podrán realizar derivaciones de un circuito troncal de 600 A mediante el uso de conectores múltiple o empalmes separables.

## **Transformadores**

- ✚ Se deben usar transformadores monofásicos contruidos con base a la especificación CFE K0000-04 “Transformadores monofásicos tipo pedestal hasta 100 kVA para Distribución Subterránea”, sin térmico o interruptor termo magnético y sin indicador de falla.
- ✚ Cuando el espacio en la banqueta no lo permita, se deben usar transformadores contruidos con base a la especificación CFE K0000-19 “Transformadores monofásicos tipo sumergible hasta 100 kVA para Distribución Residencial Subterránea” sin térmico o interruptor termo magnético y sin indicador de falla.
- ✚ Cuando no sea posible la utilización de sistemas monofásicos, las cargas trifásicas se deben alimentar con transformadores contruidos con base a la especificación CFE K0000-08 “Transformadores trifásicos tipo pedestal hasta 225 kVA para Distribución Subterránea”, tipo radial.
- ✚ Cuando el espacio en la banqueta no lo permita, se deben alimentar con transformadores contruidos con base a la especificación CFE K0000-22 “Transformadores trifásicos tipo sumergible hasta 225 kVA para Distribución Subterránea”.

## **2.4 Consideraciones técnicas para el diseño de proyectos**

### **2.4.1 Accesorios**

#### **A) Media tensión**

- A.1            Sistemas de 200 A.
- A.1.1         Adaptador para la puesta a tierra de pantallas en 200 A.
- A.1.2         Apartarrayo tipo boquilla estacionaria 200 OCC.
- A.1.3                 Apartarrayo tipo codo 200 OCC.
- A.1.4                 Apartarrayo tipo inserto 200 OCC.
- A.1.5                 Boquilla doble tipo inserto 200-OCC.
- A.1.6                 Boquilla estacionaria doble 200 OCC.
- A.1.7                 Boquilla estacionaria sencilla 200-OCC.
- A.1.8                 Boquilla extensión tipo inserto 200-OCC.
- A.1.9                 Boquilla tipo inserto 200-OCC.
- A.1.10                Boquilla tipo pozo 200.
- A.1.11                Conector tipo codo con cable de puesta a tierra.
- A.1.12                Conector tipo codo 200-OCC.
- A.1.13                Conector tipo múltiple MT 200 de 2, 3 y n vías con boquillas tipo pozo de operación sin tensión.
- A.1.14                Conector tipo múltiple MT 200-OCC de 2, 3 y n vías.
- A.1.15                Conector tipo codo portafusible 200-OCC.
- A.1.16                Empalme contráctil en frío MT.
- A.1.17                Empalme premoldeado separable MT-200
- A.1.18                Empalme recto MT.
- A.1.19                Empalme termocontráctil MT.
- A.1.20                Tapón aislado 200 OCC con punto de prueba.
- A.1.21                Tapón aislado MT 200-OCC.
- A.1.22                Varilla de prueba.



## **2.4.2 Transformadores.**

### **A) Transformadores particulares**

#### A.1 Especificaciones

A.1.1 NMX-J-285.

A.1.2 NMX-J-287.

A.1.3 Garganta.

#### A.2 Tipos

A.2.1 Tipo pedestal.

A.2.2 Tipo convencional (garganta).

A.2.3 Tipo bóveda sumergible.

#### A.3 Características

A.3.1 Monofásico o trifásico.

A.3.2 Media tensión: la disponible en el área.

A.3.3 Baja tensión: el requerido por el usuario.

A.3.4 Aislamiento: biodegradable.

A.3.5 Capacidad: la requerida por el usuario y de acuerdo al diseño del proyecto avalado por la unidad verificadora.

#### A.4 Conexión

Los devanados de los transformadores trifásicos, deben ser Estrella-Estrella.

#### A.5 Pérdidas

Los valores de pérdidas no deben ser superiores a las indicadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2014, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.

### **B) Transformadores de CFE**

#### **B.1 Especificaciones.**

B.1.1 CFE K0000-04 “Transformadores monofásicos tipo pedestal hasta 100 kVA para Distribución Subterránea”.

B.1.2 CFE K0000-05 “Transformadores trifásicos tipo sumergible de 300 kVA y 500 kVA para Distribución Subterránea”.

B.1.3 CFE K0000-07 “Transformadores trifásicos tipo pedestal de 300 kVA y 500 kVA para Distribución Subterránea”.

B.1.4 CFE K0000-08 “Transformadores trifásicos tipo pedestal hasta 225 kVA para Distribución Subterránea”.

B.1.5 CFE K0000-19 “Transformadores monofásicos tipo sumergible hasta 100 kVA para Distribución Subterránea”.

B.1.6 CFE K0000-22 “Transformadores trifásicos tipo sumergible hasta 225 kVA para Distribución Subterránea”.

## B.2 Tipos

Los transformadores deben cumplir especificaciones de la CFE y pueden ser de dos tipos dependiendo de su aplicación.

B.2.1 Transformador tipo sumergible.

B.2.2 Transformador tipo pedestal.

## B.3 Características

B.3.1 Monofásicos o trifásicos.

B.3.2 Media tensión: la requerida en el área.

B.3.3 Baja tensión: 240/120 V en 3 hilos, 220/127 V en 4 hilos.

B.3.4 Aislamiento aceite dieléctrico.

### B.3.5 Capacidad:

B.3.5.1 Para desarrollos habitacionales: capacidad de acuerdo al diseño, del proyecto sujetándose a (25, 37.5, 50, 75 o 100) kVA.

B.3.5.2 Para desarrollos habitacionales de muy alto nivel, comerciales e industriales: capacidad de acuerdo al diseño del proyecto sujetándose a sistemas trifásicos de (75, 112.5, 150, 225, 300 y 500) kVA recomendándose la utilización de capacidades que optimicen el proyecto.

### B.3.6 Protección:

B.3.6.1 En transformadores monofásicos: fusible limitador de corriente de rango parcial en serie con el fusible de expulsión removible desde el exterior.

B.3.6.2 En transformadores trifásicos: fusible de rango completo instalado en el interior en media tensión y removible desde el exterior para capacidades de (300 y 500) kVA, y fusible limitador de corriente rango parcial en serie con el fusible de expulsión removible desde el exterior para capacidades de (75, 112.5, 150 y 225) kVA.

## **B.4 Conexión**

B.4.1 La conexión en los devanados de los transformadores trifásicos debe ser invariablemente Estrella-Estrella aterrizada.

B.4.2 La conexión en los devanados de los transformadores monofásicos invariablemente debe ser YT.

## **2.5. Acometidas en media**

### **A) Acometidas en media tensión**

A.1 Las acometidas en media tensión se darán con un sistema radial simple y seguirán la menor trayectoria desde el equipo de derivación sin cruzar propiedades de terceros.

A.2 En sistemas monofásicos, el equipo de seccionalización y protección para las derivaciones de los circuitos en media tensión, será dado por conectadores tipo codo portafusible para 200 A de apertura con carga o fusibles limitadores de corriente en contenedores premoldeados.

A.3 En sistemas trifásicos, el uso de fusibles tipo codo portafusible para 200 A de apertura con carga o fusibles limitadores de corriente en contenedores premoldeados, será hasta para demandas cuyo disparo monofásico no cause la salida del circuito por una operación por desbalance, en caso contrario, se usarán seccionadores.

A.4 Los seccionadores tipos sumergibles se emplearán solo cuando no exista espacio exterior.

A.5 En casos excepcionales, cuando se disponga de espacio exterior y el nivel freático sea alto, se podrán usar gabinetes tipo pedestal para instalar los conectadores múltiples de media tensión.

A.6 El equipo de seccionalización y protección para acometidas con alimentación selectiva, será un equipo de transferencia automática de 200 A, tipo pedestal o sumergible, de frente muerto, de la capacidad interruptiva adecuada.

### **2.5.1 Alumbrado público**

#### **A) Alimentación en media tensión**

A.1 La alimentación debe ser conforme a lo que se indica en el punto 2.5.4. Acometidas en media tensión

A.2 Los transformadores deben ser monofásicos, conectados en forma radial construidos con base a las NMX-J-285 o NMX-J-287 y sus valores de pérdidas no deben exceder a los indicados en las especificaciones CFE K0000-04 o CFE K0000-19.

Deben estar protegidos por medio de interruptores térmicos o termomagnéticos ubicados en el lado de baja tensión.

A.3 El mantenimiento de los transformadores, circuitos y luminarias de alumbrado público estará dado por el contratante.

### **2.5.2 Equipo de seccionalización y protección.**

- En los puntos de transición de instalaciones monofásicas estará dado por cortacircuitos fusibles, o fusibles de potencia.
  
- En transiciones de instalaciones trifásicas se utilizarán cortacircuitos fusibles, o fusibles de potencia, hasta cargas cuyo disparo monofásico no cause la salida del circuito por una operación por desbalance, en caso contrario, se usarán restauradores o seccionadores con apertura trifásica ajustados a un disparo con su correspondiente restaurador de respaldo.
- El equipo de seccionalización para los transformadores monofásicos tipo pedestal estará dado por los conectadores tipo codo de apertura con carga de 200 A y para los transformadores monofásicos tipo sumergible y trifásicos se hará por medio de seccionadores internos para 200 A o 600 A.
- La protección para los transformadores está dada por un fusible limitador de corriente de rango parcial en serie con un fusible de expulsión removible desde el exterior. Para transformadores construidos de acuerdo a las especificaciones CFE K0000-04, CFE K0000-08, CFE K0000-19 y CFE K0000-22.
- Para los transformadores construidos con base a las especificaciones CFE K0000-05 y CFE K0000-07, la protección está dada por un fusible limitador de corriente de rango completo removible desde el exterior.
- En los puntos de derivación de sistemas monofásicos totalmente subterráneos estará dado por conectadores tipo codo portafusible para 200 A de apertura con carga o fusibles limitadores de corriente en contenedores premoldeados.
- En los puntos de derivación de sistemas trifásicos totalmente subterráneos se utilizarán conectadores tipo codo portafusible para 200 A de apertura con carga o fusibles limitadores de corriente en contenedores premoldeados, hasta cargas cuyo disparo monofásico no cause la salida del circuito por una operación por desbalance, en caso contrario, se usarán seccionadores.
- Se instalarán equipos seccionadores sin protección para enlace de circuitos troncales en el punto intermedio de cada circuito y en el extremo del mismo.

## **2.6 Consideraciones Técnicas para el Diseño de Proyectos**

### **2.6.1 Densidad de carga**

Debido a las diferentes condiciones climatológicas y de desarrollo existentes en el país, así como los diversos factores que se deben considerar para obtener las Densidades de Carga afectadas por el factor de coincidencia, cada División de Distribución determinará cuáles son las aplicables en sus Zonas de Distribución y proporcionará esta información en las Bases de Diseño para cada desarrollo en particular.

## **A) Determinación de densidades de carga**

Para obtener las Densidades de Carga se procederá de la siguiente manera:

### **A.1 Cargas de tipo residencial.**

A.1.1 Se consideran los diferentes estratos socioeconómicos que se tengan en el área: Interés social (FOVISSSTE, etc.), clase media, clase alta, etc.

A.1.2 Se seleccionan como mínimo cinco áreas saturadas urbanística y eléctricamente de cada estrato socioeconómico cuando menos con 5 años en operación.

A.1.3 En temporada de alto consumo se obtiene la demanda máxima de cada una de las áreas y se cuenta el número de usuarios conectados, obteniendo la demanda máxima coincidente por usuario. El utilizar equipos de medición que cuenten con perfil de carga permite optimizar la capacidad de los transformadores usando de manera programada la sobrecarga permitida.

A.1.4 Se obtiene la raíz cuadrada media de la demanda máxima por usuario, para cada tipo de usuarios.

$$D = \sqrt{\frac{D1^2 + D2^2 + \dots + Dn^2}{n}}$$

**Donde:**

**D = Demanda máxima coincidente por usuario de cada estrato**

**D1, D2, ... Dn = Demanda máxima por usuario de cada área**

**n = Número de áreas de cada estrato**

El valor obtenido es la demanda máxima coincidente por usuario, para cada tipo de estrato socioeconómico y es la que debe utilizarse para calcular capacidades de transformadores y secciones transversales de los conductores de baja tensión.

### **A.2. Pasos para determinar la capacidad de los transformadores en una zona a remodelar:**

1) Definir el área a remodelar.

2) Identificar los transformadores que alimentan los servicios del área a remodelar.

3) Instalar medición en la baja tensión de los transformadores definidos en el punto anterior por un período de 15 días en temporada de máxima carga con equipos de medición que cuenten con perfil de carga.

**Simultáneamente a la medición obtener:**

- a) Censo de medidores instalados en el área a remodelar.
- b) Consumos en kWh por cada usuario del área a remodelar, basándose en el censo realizado y en el SICOM.
- c) Calcular la demanda máxima por usuario con las mediciones obtenidas en los transformadores de distribución y los consumos por cada usuario, de acuerdo a lo siguiente:

$$D_{\text{max USUARIO}} = \frac{kWh_{\text{USUARIO}}}{FC_T * h_P}$$

En donde:

kW usuario = Consumo por cada usuario en temporada de máxima carga.

FC<sub>T</sub> = Factor de carga obtenido en mediciones realizadas a transformadores de carga similares. H<sub>P</sub> = Período de tiempo en horas del consumo a considerar.

Dmax usuario = Demanda máxima por cada usuario

- ✓ Sumar las demandas por cada usuario calculadas y comparar con la demanda obtenida en la medición realizada en los transformadores, observando que la suma contenga los usuarios correspondientes a cada transformador que lo alimenta. También se debe de observar que la diferencia no sea relevante ya que pudieran existir ilícitos o fallas en las facturaciones o mediciones de los usuarios.
- ✓ Determinar la capacidad de los nuevos transformadores de acuerdo a la demanda de los servicios por alimentar, considerando la demanda máxima calculada para cada usuario y un factor de potencia de 90 %.
- ✓ Se debe considerar un factor de utilización lo más cercano a la unidad para seleccionar la capacidad del transformador.
- ✓ Realizar una corrida de flujos de la nueva red secundaria para evaluar los rangos de regulación y pérdidas, observando que éstos no sobrepasen los límites preestablecidos.

## 2.6.2 Cargas y demandas máximas

Cuando el desarrollo se proyecte con ramales radiales monofásicos, la demanda máxima permisible debe ser el resultado de realizar un análisis de coordinación de protecciones, determinando la capacidad máxima del ramal, la cual debe estar limitada a evitar la salida del circuito por una operación por desbalance, cuidando la capacidad del elemento de protección. La máxima carga monofásica a alimentar por lote es 100 kVA.

Las demandas superiores a 10 kW pueden suministrarse en media tensión.

Los desbalances ocasionados en la red por los diseños monofásicos se pueden compensar de la siguiente forma: Cambiando ramales de la red aérea existente a otra fase del circuito.

Analizar el punto de conexión para definir el desbalance y conectar el ramal a la fase con menos demanda.

### 2.6.3 Transformadores

#### A) Capacidades normalizadas

Las capacidades de transformadores para Redes de Distribución Subterráneas que se tienen normalizadas son las siguientes:

#### A.1 Transformadores monofásicos.

TABLA 2.6.3-A.1

TIPOS Y CAPACIDADES DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS	
CAPACIDAD DE kVA	TIPO
25	Pedestal y Sumergible
37.5	Pedestal y Sumergible
50	Pedestal y Sumergible
75	Pedestal y Sumergible
100	Pedestal y Sumergible




#### A.2 Transformadores trifásicos

TABLA 2.6.3-B-1

TIPOS Y CAPACIDADES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS	
CAPACIDAD DE kVA	TIPO
75	Pedestal y Sumergible
112.5	Pedestal y Sumergible
150	Pedestal y Sumergible
225	Pedestal y Sumergible
300	Pedestal y Sumergible
500	Pedestal y Sumergible

#### B) Utilización de transformadores monofásicos

Se utilizan en los siguientes casos:

-  Formando parte integral de un anillo monofásico.
-  Formando parte integral de un ramal radial monofásico.
-  Para servicio particular, conectados en forma radial a un anillo monofásico o trifásico.

### C) Utilización de transformadores trifásicos

Se instalan preferentemente del tipo pedestal, dejando el tipo sumergible para los casos en que, por razones de espacio, estética, etc. sea más recomendable su uso. Se utilizan en los siguientes casos:

- ✚ Formando parte integral de un anillo trifásico.
- ✚ Formando parte integral de un ramal radial trifásico.
- ✚ Para servicio particular, conectados en forma radial a un anillo trifásico.

### 2.6.4 Caída de tensión y pérdidas.

#### ✚ Circuito equivalente

Los circuitos de media tensión subterráneos con longitudes menores de 15 km, se consideran como líneas de transmisión cortas, utilizando para los cálculos de caída de tensión un circuito equivalente de resistencia y reactancia inductiva en serie, despreciándose la reactancia capacitiva.

En el caso de que un circuito exceda los 15 km de longitud, se utiliza para el cálculo un circuito equivalente de resistencia y reactancia inductiva en serie, considerándose la reactancia capacitiva en paralelo.

#### ✚ Valores máximos permitidos

##### B.1 Circuitos de media tensión.

En condiciones normales de operación, el valor máximo de la caída de tensión no debe exceder del 1 % desde el punto de conexión, tomando en cuenta demandas máximas.

El cálculo debe realizarse tanto para la troncal como para los subanillos, involucrando todas las cargas conectadas desde el inicio del circuito hasta el punto de apertura correspondiente.

El valor máximo de las pérdidas de potencia en demanda máxima no debe exceder del 2 %.



## A) SECCIÓN TRANSVERSAL DE CONDUCTORES.

### A.1 Circuitos de media tensión.

En la siguiente tabla se muestran algunas secciones transversales de conductores de aluminio, pudiéndose emplear secciones diferentes siempre y cuando cumplan con la Norma de Referencia NRF-024-CFE:

**TABLA 2.6.5-A.1**

<b>SECCION TRANSVERSAL DE CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MEDIA TENSIÓN</b>	
<b>Sección transversal mm<sup>2</sup></b>	<b>Conductor</b>
53.5 (1/0 AWG)	Aluminio
85.0 (3/0 AWG)	Aluminio
253.4 (500 kcmil)	Aluminio o cobre
380.0 (750 kcmil)	Aluminio o cobre
506.7 (1000 kcmil)	Aluminio o cobre

### **3 CONEXIÓN DE CONDUCTORES, ACCESORIO Y TERMINALES DE CONEXIÓN DE MEDIA TENSION.**

#### **3.CONSTRUCCIÓN MEDIA TENSIÓN**

##### **Introducción**

Los trabajos de construcción de los sistemas subterráneos en forma eficiente deben incluir los criterios, métodos, equipos y materiales indicados en estas Especificaciones. Dentro de las consideraciones técnicas, se incorpora el empleo de transformadores monofásicos y trifásicos sin cambiador de derivaciones y operación radial, en base a sus especificaciones vigentes, además de un apartado multimedia con animaciones de los ensambles de accesorios en media y baja tensión en tercera dimensión que permitirán una mejor percepción de la operación de los sistemas subterráneos.

##### **3.1 Perspectivas y Aplicaciones**

Las siguientes especificaciones establecen los procedimientos, técnicas y recomendaciones que se deben de cumplir durante la construcción de Redes de Distribución Subterránea por la Comisión Federal de Electricidad y terceros, sin menoscabo de lo establecido en el “procedimiento para la construcción de obras por terceros” (proter), “procedimiento para la revisión de proyectos y supervisión de la construcción de redes subterráneas” y “procedimiento para la atención de solicitudes de servicio”(proasol).

Deben ser seguidas lo más cerca posible por la CFE y contratistas, con el conocimiento de que cuando sea impráctico el uso de estas Especificaciones, debe obtenerse una aprobación especial para cualquier desviación, la cual será otorgada por la Subgerencia de Distribución correspondiente.

##### **B.2 Registros de media tensión.**



B.2.1 Registro para media tensión en banqueta tipo 3.

No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
B.2.1	12198	REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN RMTB3	CFE-RMTB3

B.2 Registros de media tensión.



B.2.2 Registro para media tensión en banqueta tipo 4.

No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
B.2.2	38037	REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN RMTB4	CFE-RMTB4

B.2 Registros de media tensión.



B.2.3 Registro para media tensión en arroyo tipo 3.

No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
B.2.3	638115	REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN RMTA3	CFE-RMTA3

B.2 Registros de media tensión.



B.2.4 Registro para media tensión en arroyo tipo 4.

No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
B.2.3	638115	REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN RMTA3	CFE-RMTA3

B.2 Registros de media tensión.



B.2.5 Registro para media tensión en banqueta tipo 4 con tapa cuadrada (para conectadores múltiples en MT).

No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
B.2.5	269191	REGISTRO MEDIA TENSIÓN RMTB4 TAPA CUAD	CFE-RMTB4-TC

C) Pozos de visita



C.1 Pozo de visita para media tensión en banqueta tipo P.

No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
C.1		POZO DE VISITA MEDIA TENSIÓN PVMTBP	CFE-PVMTBP

C) Pozos de visita



C.2 Pozo de visita para media tensión en banqueta tipo X.

No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
C.2		POZO DE VISITA MEDIA TENSIÓN PVMTBX	CFE-PVMTBX

C) Pozos de visita

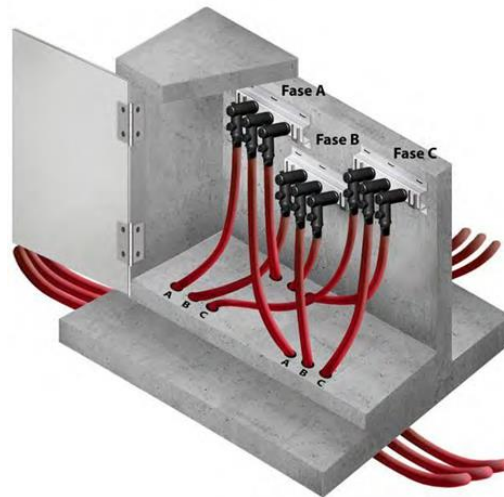


No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
C.3		POZO DE VISITA MEDIA TENSIÓN PVMTBT	CFE-PVMTBT

C.3 Pozo de visita para media tensión en banqueta tipo T

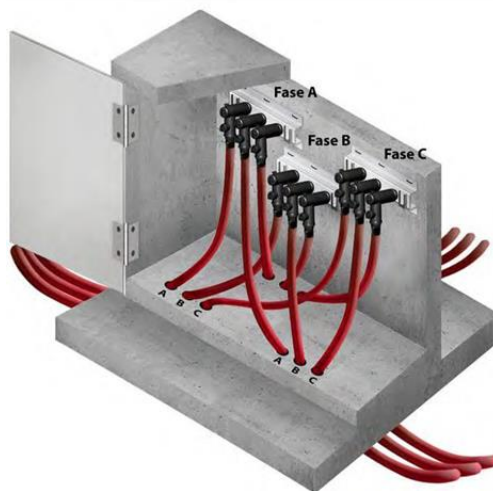
D) Muretes

E.1 Murete para derivación para sistema de 200/200 A.



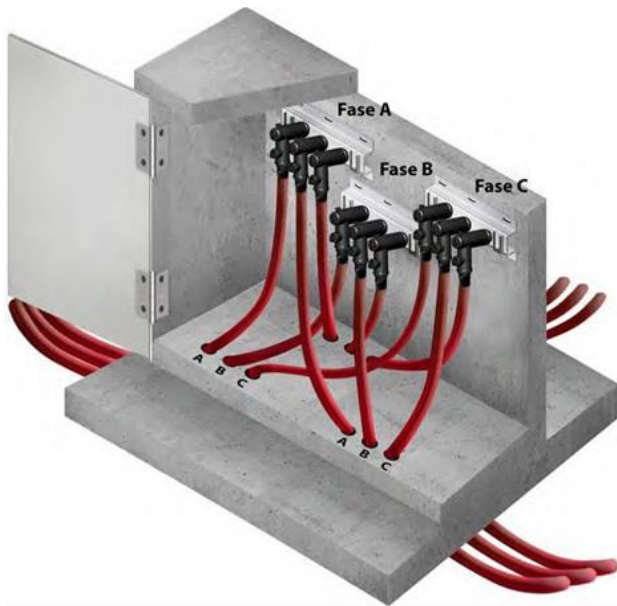
D) Muretes

E.2 Murete para derivación para sistema de 600/200 A



## D) Muretes

### E.3 Murete para derivación para sistema de 600/600 A



### 3.1.3 Tapas



#### A) tapa y aro 84 B de hierro fundido para banquetas



CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES	
<b>MATERIAL, FORMA Y ACABADO</b>	Tapa circular de hierro fundido de diámetro 823mm con acabado antiderrapante. Aro de hierro fundido de diámetro exterior de 915mm interior 835mm.
<b>ESPECIFICACIÓN</b>	NRF-023-CFE Herrajes y Accesorios. CFE2DI00-04 Tapa y Aro 84B de Hierro Fundido para Banqueta.
<b>USO Y APLICACIÓN</b>	Acoplada al aro 84B cubre el acceso de los pozos de visita y registros de Media tensión ubicados en la banqueta.
<b>EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO</b>	Proteger contra impacto y humedad.
<b>PRUEBAS</b>	Mecánicas.

B) Tapa y marco 84 A de hierro fundido para arroyo



## CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES

<b>MATERIAL, FORMA Y ACABADO</b>	Tapa circular de hierro fundido de diámetro 823mm con acabado antiderrapante. Con dos asas de hierro redondo con marco de hierro fundido de forma cuadrada de 988mm por lado y con diámetro interior de 835mm deberá de tener nervaduras para lograr resistencia mecánica al tráfico pesado.
<b>ESPECIFICACIÓN</b>	NRF-023-CFE Herrajes y Accesorios. CFE 2DI00-37 Tapa y Marco 84A de hierro fundido para arroyo.
<b>USO Y APLICACIÓN</b>	El marco se instala en los registros y pozos de visita para recibir la tapa de 84 a hierro fundido que se ubican en el arroyo con intenso tráfico.
<b>EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO</b>	Proteger contra impacto y humedad.
<b>PRUEBAS</b>	Mecánicas.

D) Tapa y aro 84 B de material polimérico para banqueta



### 3.1.4 Bases

- A) Base para transformador monofásico y registro rmtb3 en banqueta
- B) Base para transformador trifásico y registro rmtb4 en banqueta
- C) Base para seccionador y registros en banqueta 200/200 y 600/200
- D) Base para transformador monofásico con registro reducido tipo 5 en banqueta

E) Base para transformador trifásico con registro reducido tipo 6 en banqueta

No.	Código MySAP	Descripción Corta	Norma
A.1		BASE P/TRANSF 1F Y REG MT EN BANQ 3	CFE-BTMRMTB3
B.1		BASE P/TRANSF 3F Y REG MT EN BANQ 4	CFE-BTTRMTB4
C.1		BASE P/SECC Y REG MT EN BANQ	CFE-BSRMTB
D.1	538216	BASE P/TRANSF 1F Y REG REDUCIDO 5	CFE-BTMRR5
E.1	12007	BASE P/TRANSF 3F Y REG REDUCIDO 6	CFE-BTTRR6

<b>CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES</b>	
<b>MATERIAL , FORMA Y ACABADO</b>	Tapa circular de material polimérico de diámetro 823mm con acabado antiderrapante con dos asas de fierro redondo con marco de material polimérico de forma cuadrada de 899mm por lado y con diámetro interior de 835mm. Deberá tener nervaduras para lograr resistencia mecánica al tráfico pesado.
<b>ESPECIFICACIÓN</b>	NRF-023-CFE Herrajes y Accesorios. CFE 2DI00-38 Tapa y Marco 84A de Material Polimérico para Arroyo.
<b>USO Y APLICACIÓN</b>	Acoplada al aro 84 A cubre el acceso de los pozos de visita y registros ubicados en la banqueta. Se usa en casos de alto índice de vandalismo y en área de alta contaminación.
<b>EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO</b>	Proteger contra impacto y humedad.
<b>PRUEBAS</b>	Mecánicas.

### 3.1.5 Consideraciones de obra civil

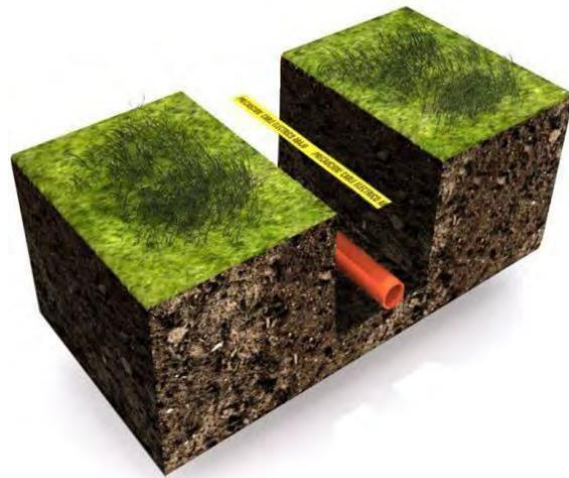
#### A) Pendientes en bancos de ductos



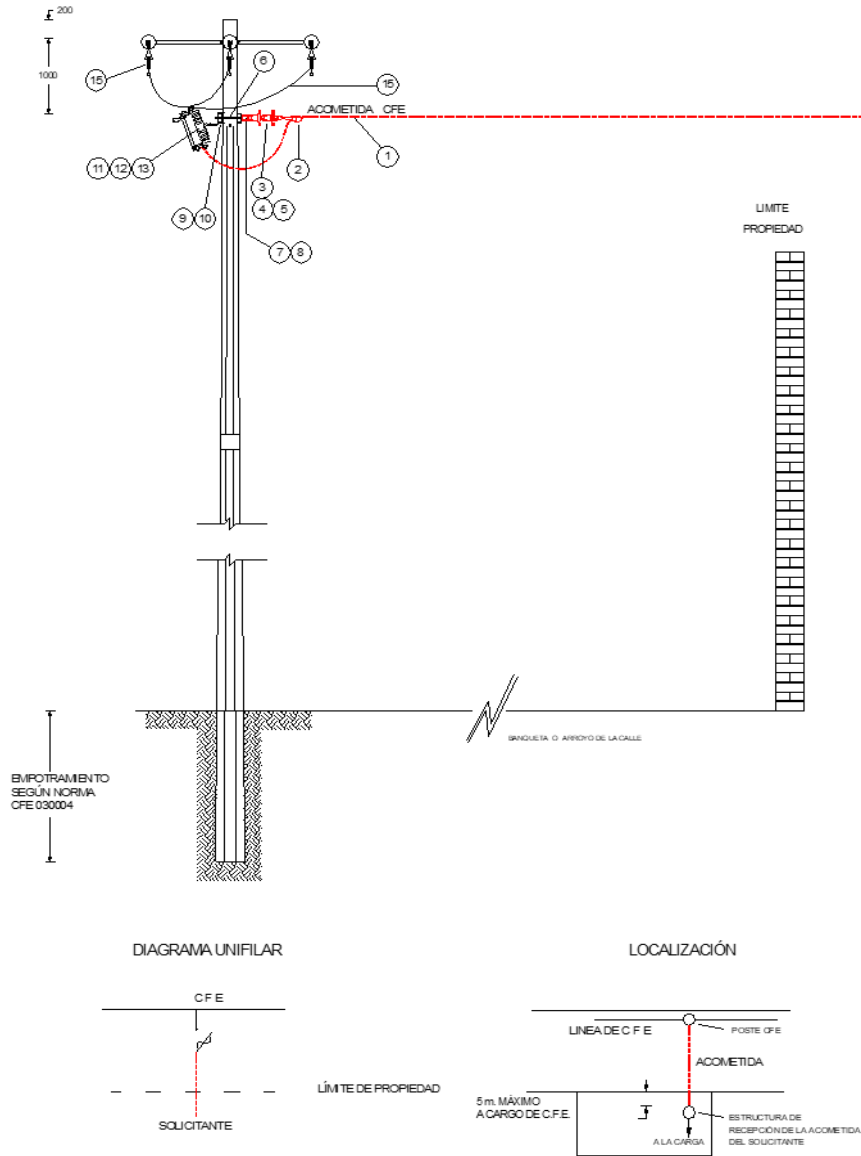
#### B) Muretes de protección antichoque.



C) Cinta señalizadora de advertencia.



### 3.2-ACOMETIDAS EN MEDIA TENSION.



#### NOTAS.

- 1.- LOS MATERIALES QUE CONSTITUYEN LA ACOMETIDA SE REPRESENTAN CON UNA LINEA PUNTEADA.
- 2.- EN ACOMETIDAS CUYA LONGITUD SEA SUPERIOR A 5 m DENTRO DE LA PROPIEDAD DEL SOLICITANTE, CFE SÓLO PROPORCIONARÁ HASTA 5 m DENTRO DE DICHA PROPIEDAD, EL RESTO ESTÁ A CARGO DEL SOLICITANTE.
- 3.- LOS ELEMENTOS ELECTROMECÁNICOS (AISLADORES, HERRAJES ETC.) PARA LA RECEPCIÓN DE LA ACOMETIDA SERÁN A CARGO DEL SOLICITANTE.

SIN ESCALA

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL O EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD
1	CONECTOR A PRESIÓN TIPO L O T CON ESTRIBO DE COBRE	PZA	3
2	ALAMBRE DE ALUMINIO O COBRE SUAVE PARA AMARRE	KG	SR
3	AISLADOR TIPO ALFILER	PZA	SA
4	CONECTADOR PARA LINEA ENERGIZADA	PZA	3
5	ALAMBRE O CABLE DE COBRE DESNUDO MÍNIMO 21.2 mm <sup>2</sup> (4AWG)	KG	SR
6	CRUCETA PT O DE MADERA	PZA	1
7	APARTARRAYO TIPO RISER POLE	PZA	3
8	CORTACIRCUITO FUSIBLE	PZA	3
9	TERMINAL POLIMÉRICA PARA CABLE DE ENERGÍA	PZA	3
10	CABLE DE ENERGÍA	KG	SR
11	TUBO DE 152 mm DE DÍMETRO TIPO PAD ESPECIFICACIÓN CFEDF100-23 COLOR NEGRO HUMO	KG	SR
12	POSTE DE CONCRETO O MADERA DE 12 METROS MÍNIMO	PZA	1
13	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE	KG	SR
14	CONECTOR PARA VARILLA DE TIERRA	PZA	SR
15	ELECTRODO DE TIERRA	PZA	SR
16	REGISTRO PARA MEDIA TENSIÓN	PZA	1
17	ABRAZADERA O TORNILLO	PZA	SR
18	ALFILER	PZA	SA
19	SELLO TERMOCONTRÁCTIL	PZA	1
20	PLACA DE IDENTIFICACIÓN DEL SERVICIO O RED, COLORAMARILLO CON LETRAS NEGRAS DE 300 X 100	PZA	1

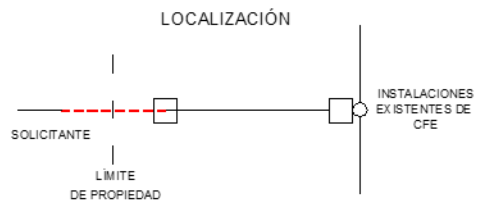
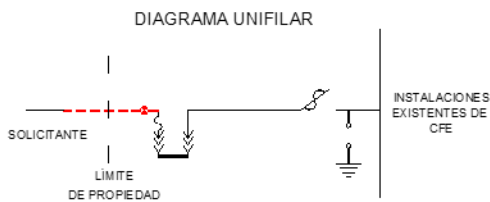
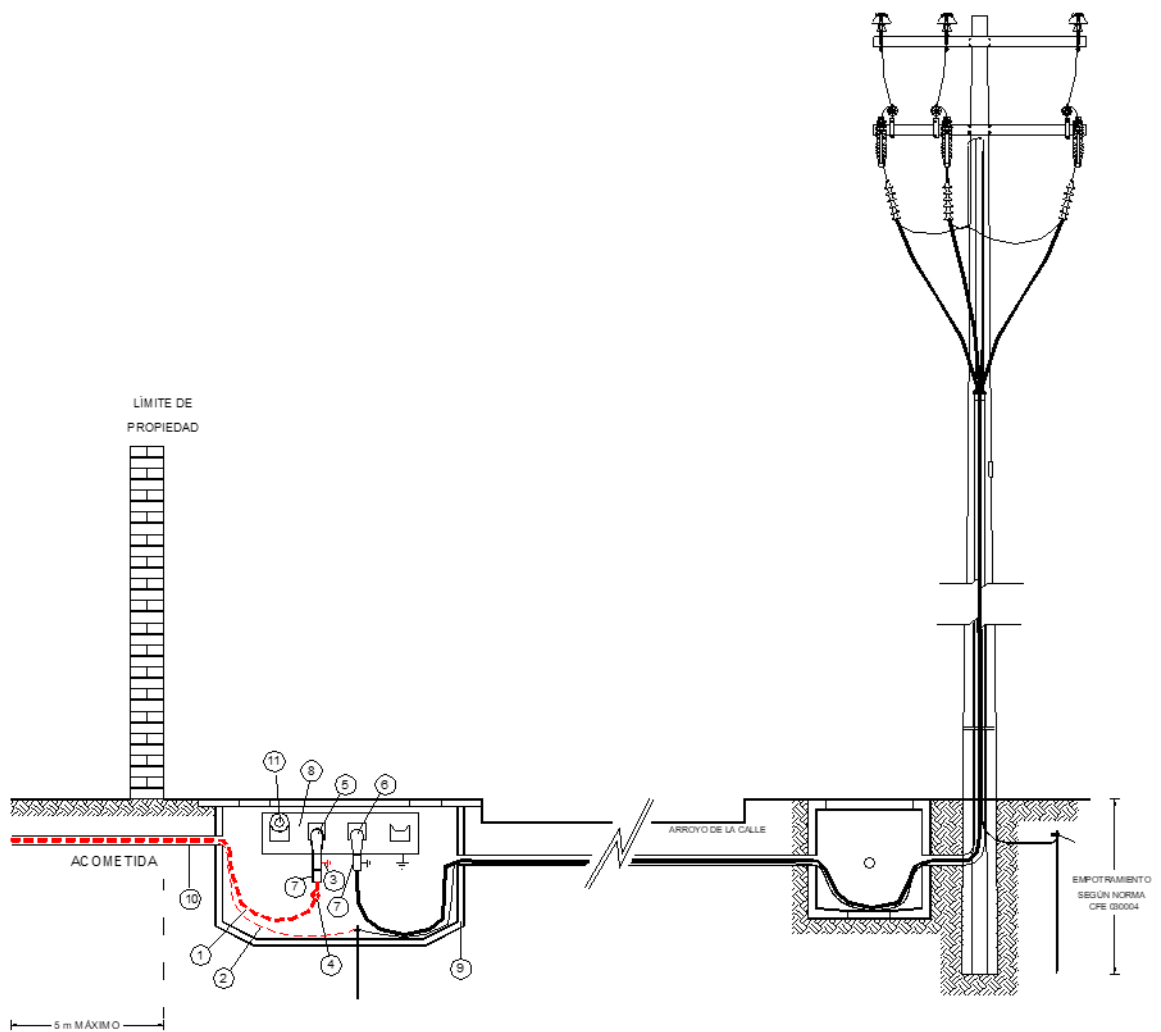
#### NOTAS:

El servicio se identificará mediante una Placa con dimensiones de 300x100 mm, la cual debe pintarse en color amarillo, con leyendas negras.

- (1) CFE definirá el poste del cual se proporcionará la acometida, en caso de no existir, su instalación será con cargo al solicitante.
- (2) El equipo de medición debe localizarse en el límite de propiedad del solicitante.
- (3) En casos especiales de carga o valor de corto circuito, se establecerá el calibre de conductor, así como el equipo de protección y de seccionalización adecuado.
- (4) Las retenidas no se incluyeron en la estructura, debiendo considerarlas en caso necesario, con cargo al solicitante.



(5) Esta especificación aplica también para los servicios que se encuentren en la misma acera del poste de CFE.



### 3.3. Lineamientos para la Elaboración de Proyectos

Esta Especificación indica los lineamientos generales que deberán seguirse en lo referente a trámites y documentación para la elaboración y aprobación de proyectos de Redes Eléctricas de Distribución Subterránea, las cuales serán entregadas a la CFE para su operación y mantenimiento, debiendo apegarse al Procedimiento para la Construcción de Obras por Terceros (PROTER).

#### 3.3.1 Trámites


 Trámites previos.

La aprobación de todo proyecto deberá apegarse al Procedimiento para la Construcción de Obras por Terceros (PROTER), por lo que antes de iniciar la elaboración del proyecto, será necesario efectuar los trámites indicados en el mismo procedimiento.


 Bases de diseño.

Las Bases de Diseño bajo las cuales se desarrollará invariablemente el proyecto, serán proporcionadas al interesado en respuesta a la solicitud de bases de diseño para la elaboración de su proyecto. La información que deberán contener dichas bases será la siguiente:

- B.1 Demanda máxima coincidente con el transformador en kVA/lote por tipo de servicio.
- B.2 Localización del punto de conexión.
- B.3 Características del servicio (tensión de suministro, número de fases e hilos, corriente de corto circuito en el punto de entrega, etc.)
- B.4 Pérdidas de energía en media y baja tensión.
- B.5 Contenido de cada proyecto (información que deben contener los planos, identificación de los elementos, cuadro de cargas, detalles importantes para el proyecto, etc.)
- B.6 Descripción detallada de información que debe contener la memoria técnica descriptiva.
- B.7 Tipos de sistemas a utilizar en las redes de media y baja tensión.
- B.8 Equipos de protección y seccionalización con sus características, que se instalarán en los puntos de conexión y en la red del proyecto.
- B.9 Material y sección transversal mínima de los conductores en media y baja tensión.
- B.10 Material y sección transversal del neutro corrido y su conexión.
- B.11 Sistema de tierras (valores de resistencia de tierras, puntos donde se deberá de conectar a tierra la red, uniones al sistema de tierra, etc.)

 Aprobación del proyecto

Para la aprobación y entrega del proyecto deberán efectuarse los trámites indicados en los siguientes puntos del citado procedimiento (PROTER).

 Documentación del proyecto

La documentación que conformará un proyecto será la siguiente:

**A.1 Planos**

A.1.1 Plano general de media tensión.

A.1.2 Plano general de baja tensión.

A.1.3 Plano de detalles eléctricos.

A.1.4 Plano general de obra civil

A.1.5 Plano de detalles de obra civil.

A.1.6 Plano de alumbrado público.

A.2 Memoria técnica descriptiva

A.3 Detalles de medición.

Deberá apegarse a lo indicado en las bases de proyecto, además de coordinarse con el área de medición concerniente al ámbito del proyecto, para definir la normativa aplicable en forma oficial.

**3.3.2 Presentación de planos**

**A) Generalidades**

A.1 En todos los Planos se utilizará la Simbología y Nomenclatura indicadas en la Especificación.

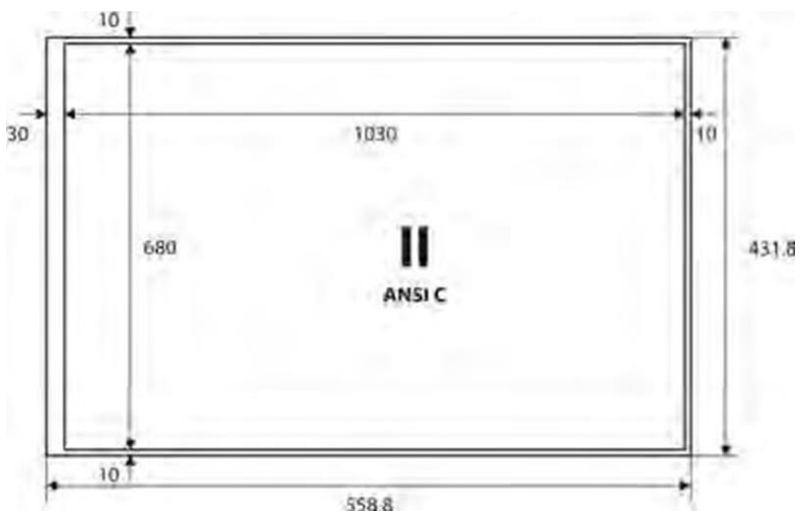
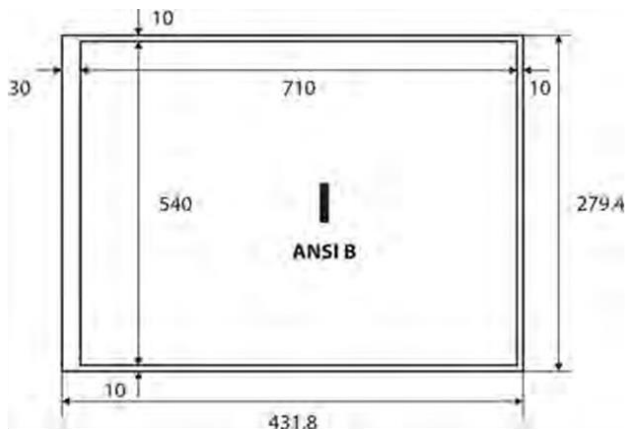
A.2 Las instalaciones eléctricas aéreas necesarias para alimentar a la red subterránea deberán mostrarse en Plano (s) diferente (s) de ésta.

A.3 Todos los Planos generales de Media y Baja Tensión, Obra Civil y Alumbrado Público deberán contener la siguiente información:

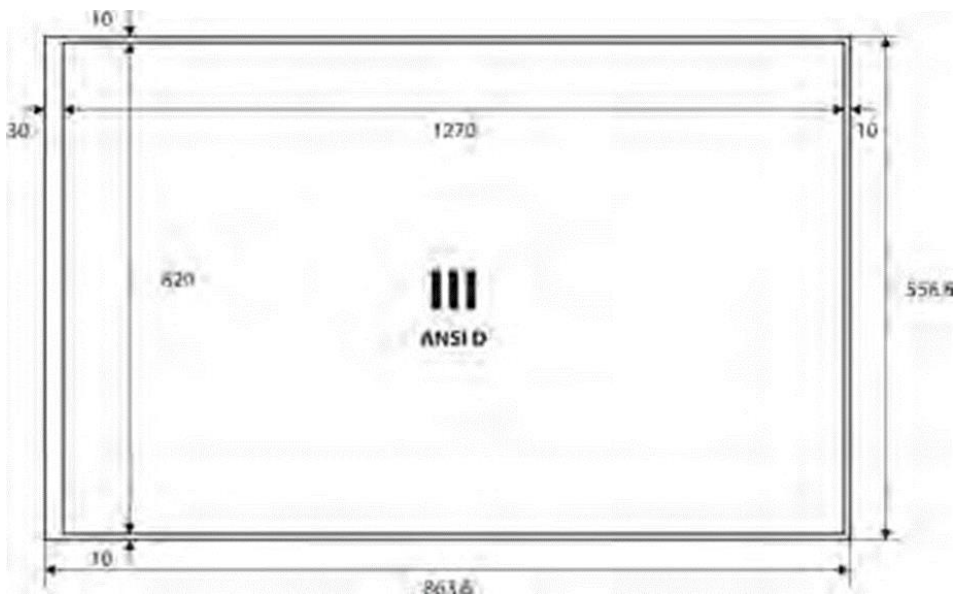
- Norte geográfico, el cual se indicará en el primero o segundo cuadrante del Plano, orientado hacia donde convenga al proyecto.
- Lotificación.
- Trazo de calles con sus nombres.
- Identificación de áreas verdes y donación.
- Simbología.

La información requerida para las características particulares de cada Plano está indicada en el PROTER.

A) Tamaño de planos



B) Se podrán utilizar planos de las siguientes dimensiones (mm)



C) Cuadro de referencia

El Cuadro de Referencia está contenido en la norma actual, así como en el sistema Desarrollador de Proyectos DEPROED y se dibujará en la esquina inferior derecha de cada Plano.

110.00	<p>LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD DIVISIÓN DE DISTRIBUCIÓN (DIVISION) CERTIFICA                  HABER REVISADO Y AUTORIZADO EL PRESENTE PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN CON VIGENCIA DE UN AÑO                  A PARTIR DEL (DIA) DE (MES) DEL AÑO (AÑO)</p> <p style="text-align: center;">REVISO</p> <p style="text-align: center;">Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;">NOMBRE REVISO CARGO REVISO</p> <p style="text-align: center;">NOMBRE Vo.Bo. CARGO Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;">APROBO</p> <p style="text-align: center;">NOMBRE APROBO CARGO APROBO</p> <p><small>NOTA: CON ESTA APROBACIÓN NO ESTA AUTORIZADO PARA CONSTRUIR.                  LA OBRA PODRA EJECUTARSE HASTA QUE SEA FORMALIZADO EL CONVENIO DE OBRA CORRESPONDIENTE.</small></p>									
35.00	 <p><b>DIVISION</b>  <b>ZONA</b>  <b>TIPO DE PLANO</b>  <b>ID DE PLANO</b></p>									
40.00	<p><b>RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA DEL DESARROLLO:</b>  <b>DOMICILIO 1</b>  <b>DOMICILIO 2</b>  <b>DESARROLLADOR</b>  <b>UBICACION 1</b>  <b>UBICACION 2</b></p>									
35.00	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 2px;">                 Dibujó: NOMBRE DIBUJO             </td> <td style="width: 33%; padding: 2px;">                 Propietario:   <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/>                 PROPIETARIO             </td> <td style="width: 33%; padding: 2px;">                 Escala: ESCALA             </td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">                 Proyecto: NOMBRE PROYECTÓ             </td> <td></td> <td style="padding: 2px;">                 Fecha: FECHA             </td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="padding: 2px;">                 Plano: No. DE PLANO             </td> </tr> </table>	Dibujó: NOMBRE DIBUJO	Propietario:  <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> PROPIETARIO	Escala: ESCALA	Proyecto: NOMBRE PROYECTÓ		Fecha: FECHA			Plano: No. DE PLANO
Dibujó: NOMBRE DIBUJO	Propietario:  <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> PROPIETARIO	Escala: ESCALA								
Proyecto: NOMBRE PROYECTÓ		Fecha: FECHA								
		Plano: No. DE PLANO								
	<p style="margin: 0;">40.00                      80.00                      40.00</p>									

## D) Escalas

Las escalas que se utilizarán para la elaboración de planos de redes de distribución subterráneas estarán en función del tamaño del desarrollo, como a continuación se indica:

D.1 Para el recuadro de localización general, que permitirá ubicar el desarrollo con respecto a un punto importante de referencia:

- Escala 1:50 000 para la localización con respecto a una ciudad.
- Escala 1:10 000 para la localización en un área urbana.

D.2 Para el área de lotificación se podrán utilizar:

- Escala 1:500 para desarrollos de 1 a 5 bancos de transformación.
- Escala 1:1 000 para desarrollos de 6 a 20 bancos de transformación.
- Escala 1:2 000 para desarrollos de más de 20 bancos de transformación.

### 3.3.3 Planos del proyecto

Cada plano deberá contener, además de lo solicitado en los incisos A y C, toda la información necesaria para su clara comprensión e interpretación y que como mínimo será la siguiente:

#### A) Plano general de media tensión

- Recuadro de localización general.
- Trayectoria de los circuitos.
- Localización de transiciones Aéreo-Subterráneas, indicando circuitos y subestaciones que las alimentan.

A.4 Localización de equipos y dispositivos.

A.5 Identificación de equipos, circuitos y fases de acuerdo a la Norma correspondiente.

A.6 Diagramas trifilares o unifilares, indicando todos los componentes eléctricos. Tratándose de apegar los trazos a la configuración real en campo.

A.7 Cuadro de dispositivos en el cual se deberá indicar el tipo, cantidad y características de los dispositivos eléctricos, debiéndose indicar la ubicación de cada uno de los elementos.

A.8 Simbología y claves eléctricas del Plano de planta y diagrama trifilar o unifilar.

A.9 Notas aclaratorias que sean necesarias.

#### D) Plano de alumbrado

D.1 Trayectoria de los circuitos.

D.2 Localización de transformadores o registros de los que se alimentara la red de alumbrado, equipos de medición, protección y control, luminarias y registros.

D.3 Cuadro de cargas indicando por transformador: su número, carga por tipo de luminaria, cantidad de cada tipo de luminaria y carga total.

D.4 Diagrama unifilar

### **3.3.4 Memoria técnica descriptiva**

La información que debe contener esta memoria es la siguiente:

A) Generalidades del desarrollo

A.1 Nombre oficial del desarrollo y propietario.

A.2 Localización.

A.3 Tipo de desarrollo.

A.4 Descripción general.

A.5 Etapas de construcción.

B) Descripción general del proyecto

B.1 Generalidades.

B.2 Objetivos.

B.3 Especificaciones, Normas y Reglamentos.

B.4 Demandas eléctricas.

B.5 Fuentes de alimentación.

B.6 Tipos de sistema a utilizar.

B.7 Configuraciones de la red de media tensión.

B.8 Material de conductores, tipo y nivel de aislamiento de cables de media y baja tensión.

B.9 Etapas de construcción.

**C) Descripción de la obra eléctrica**

C.1 Cálculos eléctricos para determinar:

- Capacidad de transformadores.
- Sección transversal de conductores.
- Ampacidad de cables.
- Regulación de tensión.
- Pérdidas.

- Cortocircuito.

C.2 Indicar cantidad y ubicación de transiciones de líneas de media tensión Aéreas a Subterráneas.

C.3 Indicar el equipo de transformación, seccionalización, protección, indicación de fallas, accesorios de media y baja tensión que se instalarán.

C.4 Descripción de la red de media tensión.

C.5 Descripción de la red de baja tensión.

C.6 Descripción de la acometida de media tensión, domiciliarias y a concentraciones de medidores.

C.7 Conexiones de sistemas de tierras.

C.8 Listado del equipo y materiales por instalar, indicando marcas, modelos y Normas aplicables.

#### **D) Alumbrado público**

Describir el sistema de alumbrado y los cálculos eléctricos correspondientes, tomando en consideración que será obligatorio el uso de sistemas de alumbrado ahorrador y circuitos de restricción horaria.

#### **3.4. Instalación de transformadores**

Al recibir los transformadores en la obra, se debe verificar que sus capacidades (kVA) correspondan al proyecto aprobado y que cuenten con el aviso de prueba del laboratorio de la CFE. Si algún transformador no contara con el protocolo de prueba del laboratorio, se debe informar al contratista que no se autoriza su instalación. Es necesario inspeccionar visualmente los transformadores, para verificar que lleguen en perfectas condiciones, tanto el tanque como sus accesorios y que no tenga fugas de aceite.

Retirar el fusible de expulsión removible, para comprobar que la capacidad es correcta, verificando que también cumpla con los valores de coordinación en caso de que esté en serie con el fusible limitador de corriente, de acuerdo a tablas del fabricante. Es necesario probar continuidad en cada uno de ellos para revisar que no se encuentren dañados. Si el transformador no va a ser instalado de inmediato, vigilar que sean almacenados en lugares adecuados, donde no queden expuestos a golpes.

Las terminales de alta tensión siempre deberán estar cubiertas por los tapones protectores en tanto no se conecten. Debe cuidarse el manejo del transformador durante su carga y descarga, así como en su instalación, para no dañar el recubrimiento, ya que difícilmente será recuperado con la misma eficiencia, la maniobra debe realizarse con elementos que soporten la tensión adecuada y que no provoquen daños al recubrimiento.



### 3.4.1 Instalación y conexión a transformadores

Antes de conectar los accesorios premoldeados, verificar que el transformador no tenga ninguna fuga, principalmente por las boquillas tipo pozo o perno, ya que el aceite ataca estos accesorios dañándolos. Limpiar muy bien y lubricar con grasa silicón las boquillas tipo pozo y boquillas tipo inserto, se podrá instalar con el torquímetro adecuado, de no contar con éste se podrá atornillar con las manos teniendo cuidado de que entre derecho.

Si es que entró trasroscado no se debe forzar, es necesario sacarlo y volverlo a introducir hasta que embone perfectamente, evitando con ello que se dañen las cuerdas de la rosca. Para verificar que hayan quedado bien instaladas las boquillas, los faldones semiconductores deben quedar tocando el borde del inserto tipo pozo a 1.588 mm del mismo.

Antes de conectar el codo de 200 A por primera vez, estando el transformador y el cable desenergizados, limpiar y lubricar tanto la boquilla inserta como el interior del codo y conectarlos verificando que el codo avance totalmente en el inserto.

En caso de que los conectadores separables tipo codo sean de operación con carga, es muy importante vigilar que en al momento de su instalación queden en una posición cómoda para su operación, esto es, que la conexión a tierra, así como otros elementos queden lo suficientemente retirados para que no obstruyan su operación, igualmente que se deje la cantidad necesaria de cable para que cuando se necesite efectuar maniobras, no se tengan problemas en su ejecución.

En anillos de 600 A, los conectadores separables tipo codo siempre se operan desenergizados.

Antes de conectarlos, al igual que los codos utilizados para 200 A, es necesario limpiarlos muy bien y lubricar con grasa silicón, tanto el codo como la terminal tipo perno. Una vez que el codo ha sido instalado en su posición definitiva, asegurarlo, atornillando el accesorio complementario.

Al utilizar accesorios de 600 A, es muy importante que el apriete sea en forma correcta, verificando que no quede trasroscado, para que cuando se dé el apriete final con la herramienta de torque, quede perfectamente conectado, debiendo vigilar que el torque se encuentre entre 729 N•m (74.4kg•m) y 875 N•m (89.28 kg•m). Si el accesorio utilizado es un conectador unión (plug) se utilizará una herramienta especial de media luna acoplada al torquímetro, vigilando que no se excedan los valores antes mencionados.

Para finalizar con la instalación de los transformadores en su posición definitiva, deben interconectarse al sistema de tierras el neutro corrido de la Subestación, los accesorios premoldeados, la terminal de B.T., el transformador y los electrodos de tierra localizados en el registro de la base del equipo.

La puesta a tierra de los accesorios premoldeados, así como del adaptador de tierras se hará con cable de cobre forrado de tamaño o designación de 5.26 mm<sup>2</sup> (calibre 10 AWG), contando con la suficiente longitud para permitir que el codo sea conectado y desconectado con plena libertad.

Deben de conectarse los codos del lado fuente en las terminales HA y los codos lado carga a las terminales HB, para facilitar la identificación durante la operación, independientemente de la placa de identificación.

### **3.4.2 Instalación de seccionadores**

Cuando el contratista o fraccionador reciba en la obra los seccionadores, se debe realizar una inspección visual para verificar que tanto la unidad como los accesorios (controles electrónicos, terminales, etc.) lleguen en perfectas condiciones; verifique los datos y diagramas de placa para confirmar que es la unidad que se requiere, verificando las dimensiones del equipo con las indicadas en los planos de construcción aprobados.

En caso de que las dimensiones, diagramas o especificaciones no concuerden con los aprobados, no autorice su instalación hasta que se realicen todas las aclaraciones necesarias y se esté convencido de que el equipo proporcionará las funciones de él esperadas. Certifique que todas y cada una de las unidades cuenten con el visto bueno del laboratorio de la CFE.

Realice pruebas de hermeticidad y de rigidez dieléctrica del aceite, verificando que el nivel sea correcto, en caso de tener hexafloruro de azufre como medio aislante, se debe verificar que la presión del mismo sea la recomendada por el fabricante, de acuerdo a la temperatura ambiente. En caso de contar con vías protegidas se probarán los ajustes de los disparos inyectando corriente.

Se debe verificar la correcta operación de apertura y cierre de cada una de las fases, lo cual debe coincidir tanto con el diagrama del equipo, como con las placas que identifican las salidas.

## **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-013-ENER-2013, EFICIENCIA ENERGETICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO EN VIALIDADES.**

### **1. Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer niveles de eficiencia energética en términos de valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA), así como la iluminancia promedio para alumbrado en vialidades en las diferentes aplicaciones que se indican en la presente norma, con el propósito de que se diseñen o construyan bajo un criterio de uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la aplicación de equipos y tecnologías que incrementen la eficacia sin menoscabo de los requerimientos visuales.

### **2. Campo de aplicación**

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende todos los sistemas nuevos de iluminación para vialidades y estacionamientos públicos abiertos, cerrados o techados, así como las ampliaciones o modificaciones de instalaciones ya existentes que se construyan en el territorio nacional, independientemente de su tamaño y carga conectada.

Las aplicaciones de instalaciones cubiertas bajo esta Norma Oficial Mexicana incluyen:

- a) Vialidades
- b) Estacionamientos públicos abiertos, cerrados o techados

**NOTA.** - Entiéndase como modificación el cambio de luminarios, distancia interpostal, etc. o cualquier cambio en el sistema de iluminación.

## 2.1. Excepciones

No se consideran dentro del campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana a los sistemas de alumbrado que se instalen en los siguientes lugares:

- ✚ Aeropuertos: sistemas de aproximación, sistemas dependientes de precisión para un aterrizaje correcto, luces de señalización de pistas, rodajes y plataformas, zonas de maniobras, de pernocta y similares
- ✚ Alumbrado de emergencia
- ✚ Alumbrado dentro de predios de viviendas unifamiliares
- ✚ Alumbrado dentro de los predios de viviendas plurifamiliares (condominios verticales y horizontales)
- ✚ Alumbrado ornamental de temporada
- ✚ Alumbrado para ferias
- ✚ Alumbrado para plataformas marinas, faros y similares
- ✚ Alumbrado temporal en obras de construcción
- ✚ Anuncios luminosos
- ✚ Áreas de vigilancia especial, garitas, retenes y similares de seguridad
- ✚ Áreas típicamente regidas por relaciones laborales como andenes, muelles, patios de maniobra y almacenamiento, áreas de carga y descarga, áreas de manufactura de astilleros y similares
- ✚ Juegos mecánicos
- ✚ Lugares de resguardo de bicicletas
- ✚ Nodos y distribuidores viales
- ✚ Paseos exclusivos de jinetes
- ✚ Rampas, accesos y escaleras que formen parte de estacionamientos cerrados o techados.
- ✚ Señalización de vialidades y carreteras, semaforización.
- ✚ Túneles y pasos a desnivel

## 3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma Oficial Mexicana se deben consultar las siguientes normas vigentes o las que las sustituyan:

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida.
- NMX-J-507/1-ANCE-2010, Iluminación - Coeficientes de utilización de luminarios para alumbrado público de vialidades â Especificaciones.
- NMX-J-619-ANCE-2009, Iluminación â Definiciones y terminología

## 4. Definiciones

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana los siguientes términos se definen como se establece en este capítulo. Los términos no definidos tienen su acepción ordinariamente aceptada dentro del contexto en el que son usados, o bien, están definidos en la NMX-J-619-ANCE-2009 u otras publicaciones con carácter oficial.

Alumbrado público. Sistema de iluminación que tiene como finalidad principal el proporcionar condiciones mínimas de iluminación para el tránsito seguro de peatones y vehículos en vialidades y espacios.

Área total a iluminar. Es la superficie total que será iluminada por el sistema de alumbrado, sin incluir las áreas destinadas a aceras y camellones.

Autopistas. Vialidades con alto tránsito vehicular de alta velocidad con control total de acceso y sin cruces al mismo nivel.

Carreteras. Vialidades que interconectan dos poblaciones con cruces al mismo nivel.

Coefficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso emitido por el luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso que emite(n) la(s) lámpara(s) solas del luminario.

Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA). Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie iluminada, se expresa en W/m<sup>2</sup>.

Estacionamiento público. Espacio de servicio público abierto, cerrado o techado, independiente de cualquier comercio o edificio no residencial, cuya finalidad principal es el resguardo seguro de vehículos automotores.

Flujo luminoso total nominal: flujo luminoso total emitido de una fuente de luz, en su posición ideal, que declara el fabricante.

Iluminancia (E). Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área; la unidad de medida es el lux (lx).

Luminancia (L). La luminancia en un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>).

Luminancia de deslumbramiento (Ld). Es la luminancia que se superpone a la imagen que se forma en la retina y que reduce el contraste, este fenómeno se debe al brillo de las fuentes de luz o las áreas iluminadas, lo que provoca una pérdida del desempeño visual.

Nivel de iluminación: cantidad de flujo luminoso por unidad de área medido en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresada en luxes.

Sistema de alumbrado. Conjunto de equipos, aparatos y accesorios relacionados entre sí para suministrar luz a una superficie o espacio.

Superposte. Poste para alumbrado público que tiene una altura mínima de 15 m y un conjunto de más de tres luminarios.

Relación de uniformidad. Se define como la distribución de los niveles de iluminación sobre el plano de trabajo y se puede expresar como la relación del nivel de iluminación promedio y el mínimo del área a evaluar.

Vialidad. Es el área definida y dispuesta adecuadamente para el tránsito seguro y confortable de los usuarios.

Vías de acceso controlado y vías rápidas: Vialidades que presentan dos o más secciones centrales y laterales, en un solo sentido con separador central, así como con accesos y salidas sin cruces.

Vías primarias y colectoras. Son vialidades que sirven para conectar el tránsito entre las vías principales y las secundarias.

Vías principales y ejes viales. Vialidades que sirven como red principal para el tránsito de paso; conecta áreas de generación de tráfico y vialidad importante de acceso a la ciudad. Generalmente tiene alto tránsito peatonal y vehicular nocturno y puede tener circulación vehicular en contra flujo. Típicamente no cuenta con pasos peatonales.

Vías secundarias. Vialidades usadas fundamentalmente para acceso directo a zonas residenciales, comerciales e industriales, se clasifican a su vez en:

Tipo A. Vía de tipo residencial con alto tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de moderado a alto, y

con moderada existencia de comercios.

Tipo B. Vía de tipo residencial con moderado tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de bajo a moderado y con moderada existencia de comercios.

Tipo C. Vía de acceso industrial que se caracteriza por bajo tránsito peatonal nocturno, moderado tránsito vehicular y baja actividad comercial.

La presente Norma Oficial Mexicana, los luminarios cuya fuente de iluminación sea una lámpara de descarga de alta intensidad deben cumplir con el coeficiente de utilización establecido en la NMX-J-507/1-ANCE-2010 vigente o la que la sustituya.

Los sistemas de alumbrado de las vialidades indicadas en el inciso de la presente Norma Oficial Mexicana, deben cumplir con lo establecido en las Tablas 1, 2 y 3, cuando en el cálculo del sistema se haya utilizado la iluminancia; en el caso de utilizarse valores de luminancia, se debe cumplir con lo especificado en la Tabla 4.

Cuando el diseño del sistema de alumbrado considere el uso de superpostes el sistema debe cumplir con lo establecido en la Tabla 5.

**Tabla 1. Valores máximos de DPEA, iluminancia mínima promedio y valor máximo de la relación de uniformidad promedio para vialidades con pavimento tipo R1**

Clasificación de Vialidad	Iluminancia mínima promedio [lx]	Relación de uniformidad promedio máxima $E_{prom}/E_{min}$	DPEA [W/m <sup>2</sup> ]			
			Ancho de calle [m]			
			< 9,0	≥ 9,0 y < 10,5	≥ 10,5 y < 12,0	≥ 12,0
Autopistas y carreteras	4	3 a 1	0,32	0,28	0,26	0,23
Vías de acceso controlado y vías rápidas	10	3 a 1	0,71	0,66	0,61	0,56
Vías principales y ejes viales	12	3 a 1	0,86	0,81	0,74	0,69
Vías primarias y colectoras	8	4 a 1	0,56	0,52	0,48	0,44
Vías secundarias residencial Tipo A	6	6 a 1	0,41	0,38	0,35	0,31
Vías secundarias residencial Tipo B	5	6 a 1	0,35	0,33	0,30	0,28
Vías secundarias industrial Tipo C	3	6 a 1	0,26	0,23	0,19	0,17

**Tabla 2. Valores máximos de DPEA, iluminancia mínima promedio y valor máximo de la relación de uniformidad promedio para vialidades con pavimento tipo R2 y R3.**

Clasificación de Vialidad	Iluminancia mínima promedio [lx]	Relación de uniformidad promedio máxima $E_{prom}/E_{min}$	DPEA [W/m <sup>2</sup> ]			
			Ancho de calle [m]			
			< 9,0	≥ 9,0 y < 10,5	≥ 10,5 y < 12,0	≥ 12,0
Autopistas y carreteras	6	3 a 1	0,41	0,38	0,35	0,31
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14	3 a 1	1,01	0,95	0,86	0,81
Vías principales y ejes viales	17	3 a 1	1,17	1,12	1,03	0,97
Vías primarias y colectoras	12	4 a 1	0,86	0,81	0,74	0,69
Vías secundarias residencial Tipo A	9	6 a 1	0,64	0,59	0,54	0,50
Vías secundarias residencial Tipo B	7	6 a 1	0,49	0,45	0,42	0,37
Vías secundarias industrial Tipo C	4	6 a 1	0,32	0,28	0,26	0,23

**Tabla 3. Valores máximos de DPEA, iluminancia mínima promedio y valor máximo de la relación de uniformidad promedio para vialidades con pavimento tipo R4**

Clasificación de Vialidad	Iluminancia mínima promedio [lx]	Relación de uniformidad promedio máxima $E_{prom}/E_{min}$	DPEA [W/m <sup>2</sup> ]			
			Ancho de calle [m]			
			< 9,0	≥ 9,0 y < 10,5	≥ 10,5 y < 12,0	≥ 12,0
Autopistas y carreteras	5	3 a 1	0,35	0,33	0,30	0,28
Vías de acceso controlado y vías rápidas	13	3 a 1	0,94	0,87	0,80	0,75
Vías principales y ejes viales	15	3 a 1	1,06	1,00	0,93	0,87
Vías primarias y colectoras	10	4 a 1	0,71	0,66	0,61	0,56
Vías secundarias residencial Tipo A	8	6 a 1	0,56	0,52	0,48	0,44
Vías secundarias residencial Tipo B	6	6 a 1	0,41	0,38	0,35	0,31
Vías secundarias industrial Tipo C	4	6 a 1	0,32	0,28	0,26	0,23

**Tabla 4. Valores máximos de DPEA, luminancia mínima promedio, relaciones de uniformidad máximas y la relación de deslumbramiento y luminancia, para vialidades.**

Clasificación de Vialidad	Luminancia mínima promedio $L_{prom}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	Relaciones de uniformidad máximas		Relación de luminancia de deslumbramiento $L_d / L_{prom}$	DPEA [W/m <sup>2</sup> ]			
		$L_{prom} / L_{min}$	$L_{max} / L_{min}$		Ancho de calle [m]			
					< 9,0	≥ 9,0 < 10,5	≥ 10,5 < 12,0	≥ 12,0
Autopistas y carreteras	0,4	3,5 a 1	6 a 1	0,3 a 1	0,41	0,38	0,35	0,31
Vías de acceso controlado y vías rápidas	1,0	3 a 1	5 a 1	0,3 a 1	1,01	0,95	0,86	0,81
Vías principales y ejes viales	1,2	3 a 1	5 a 1	0,3 a 1	1,17	1,12	1,03	0,97
Vías primarias y colectoras	0,8	3 a 1	5 a 1	0,4 a 1	0,86	0,81	0,74	0,69
Vías secundarias residencial Tipo A	0,6	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1	0,64	0,59	0,54	0,50
Vías secundarias residencial Tipo B	0,5	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1	0,49	0,45	0,42	0,37
Vías secundarias industrial Tipo C	0,3	6 a 1	10 a 1	0,4 a 1	0,32	0,28	0,26	0,23

**Tabla 5. Valores máximos de DPEA para sistemas de iluminación en vialidades con superpostes.**

Area a iluminar [m2]	Densidad de potencia eléctrica para alumbrado[W/m2]
< 2 500	0,52
de 2 500 a < 5 000	0,49
de 5 000 a 12 500	0,46
> 12 500	0,44

## **7. Criterio de aceptación**

### **7.1. Vialidades**

Los sistemas de alumbrado descritos en el inciso 5.1 cumplen con esta Norma Oficial Mexicana, si los resultados del análisis, realizado por la Unidad de Verificación acreditada y aprobada, no exceden los valores

máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado, la relación de uniformidad máxima y los niveles de iluminación promedio no son inferiores a los valores establecidos en el inciso 6.1 para la clasificación de vialidad.

## **8. Método de cálculo**

### **8.1. Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)**

La determinación de la DPEA se calcula a partir de la carga total conectada para alumbrado y del área total por iluminar, de acuerdo con el siguiente método de cálculo:

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA), es:

$$\text{DPEA} = \frac{\text{CARGA TOTAL CONECTADA PARA ALUMBRADO}}{\text{AREA TOTAL ILUMINADA}}$$

Donde la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) está expresada en W/m<sup>2</sup>, la carga total conectada para alumbrado está expresada en watt y el área total iluminada está expresada en metro cuadrado.

Los anchos de calle deben considerarse sin incluir las áreas destinadas a aceras o camellones.

En caso de utilizar superpostes el área total iluminada debe considerarse un diámetro de 6 veces la altura de montaje del superposte.

A partir de la información contenida en el proyecto del sistema de alumbrado, la memoria de cálculo para los niveles de iluminación, la uniformidad y de los valores de potencia real nominal obtenidos de los fabricantes de los diferentes equipos para alumbrado considerados en dicha instalación, se cuantifica la carga total conectada, así como el área total iluminada a considerarse en el cálculo para la determinación de la DPEA del sistema.



En el caso de los equipos para alumbrado que requieran el uso de balastos u otros dispositivos para su operación, se considera para fines de cuantificar la carga total conectada para alumbrado, el valor de la potencia nominal del conjunto balastro-lámpara-dispositivo.

### 8.2. Iluminancia mínima promedio (E<sub>prom</sub>)

La determinación de la iluminancia mínima promedio se calcula de acuerdo con la siguiente expresión genérica:

$$E_{prom} = \frac{P1 + 2P2 + P3 + 2P4 + 4P5 + 2P5 + P7 + 2P8 + P9}{16}$$

Donde:

E<sub>prom</sub>: Es la iluminancia mínima promedio.

P1, P2, P3, P4, P5, P6 P7, P8, P9 son las iluminancias de los 9 puntos medidos de acuerdo con lo establecido en el Apéndice A.

### 8.3. Uniformidad promedio máxima

La determinación de la uniformidad promedio máxima se calcula de acuerdo con la siguiente expresión genérica:

$$U_{max} = \frac{E_{prom}}{E_{min}}$$

Donde:

U<sub>max</sub> es la uniformidad promedio máxima.

E<sub>prom</sub> es la iluminancia mínima promedio

E<sub>min</sub> es la iluminancia mínima de la medición de los nueve puntos del Apéndice C.

### **Reflectancia del Pavimento**

En la Tabla D-1 se describen las características del coeficiente de luminancia media del pavimento para el cálculo de luminancia de una vialidad.

**Tabla D-1.- Características de reflectancia del pavimento**

Clase	Coefficiente de luminancia media	Descripción	Tipo de reflectancia
R1	0,10	Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R2	0,07	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60% de grava de tamaño mayor que 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular
R3	0,07	Superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado, con agregados oscuros tal como roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso (Típico de autopistas).	Ligeramente especular
R4	0,08	Superficie de asfalto con textura muy tersa.	Muy especular

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-031-ENER-2012, EFICIENCIA ENERGETICA PARA LUMINARIOS CON DIODOS EMISORES DE LUZ (LEDS) DESTINADOS A VIALIDADES Y AREAS EXTERIORES PUBLICAS. ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA**

**1. Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de eficacia luminosa para los luminarios con diodos emisores de luz (leds), destinados a vialidades y áreas exteriores públicas, así como los métodos de prueba aplicables para verificar dichas especificaciones. Asimismo, establece el tipo de información de características técnicas esenciales acordes con el uso destinado, que deben llevar los productos objeto de esta Norma Oficial Mexicana que se comercialicen dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos y de igual forma, atiende la necesidad de que dichos productos propicien el uso eficiente y el ahorro de energía.

**2. Campo de aplicación**

Esta Norma Oficial Mexicana, aplica a los luminarios con componentes de iluminación de diodos emisores de luz (leds), que se comercialicen e instalen en el territorio nacional para alumbrar vialidades y áreas exteriores públicas.

**2.1 Excepciones**

Esta Norma Oficial Mexicana no aplica a los productos que se establecen en otra Norma Oficial Mexicana en materia de eficiencia energética, así como a los luminarios cuya fuente de iluminación sea exclusivamente lámparas con diodos emisores de luz con base roscada y a los luminarios con tensión eléctrica de operación igual o menor a 48 volts.

Los luminarios para alumbrado de áreas exteriores que cuenten, con una o más de las siguientes características: decorativos, ornamentales, con emisión de luz cambiante de colores, luz monocromática (verde, rojo, amarillo, azul, etc.), para empotrar en piso, destinados a ser usados bajo el agua, o para señalización.

### 3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, deben consultarse y aplicarse las siguientes normas vigentes o las que en su caso las sustituyan:

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida
- NOM-024-SCFI-1998, Información comercial para empaques, Instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos
- NMX-J-507/2-ANCE-2010, Iluminación â Fotometría para luminarias Parte 2: Métodos de prueba
- NMX-J-550/4-5-ANCE-2006, Compatibilidad Electromagnética (EMC) a parte 4-5: Técnicas de prueba y medición â Pruebas de inmunidad a impulsos por maniobra o descarga atmosférica.

### 6. Especificaciones

#### 6.1. Eficacia luminosa

##### 6.1.1. Luminarios para alumbrado de vialidades

Los luminarios con leds destinados al alumbrado de vialidades deben tener un valor de eficacia luminosa mínima de 70 lm/W.

##### 6.1.2. Luminarios para alumbrado de áreas exteriores

Los luminarios con leds destinados al alumbrado de áreas exteriores, deben cumplir con el valor de eficacia luminosa indicada en la Tabla 1.

**Tabla 1. Eficacia luminosa mínima y flujo luminoso total para luminarios de exteriores.**

Luminario para instalarse en	Eficacia luminosa mínima [lm/W]	Porcentaje de flujo luminoso en la zona, respecto al flujo luminoso total
Pared	52	No más de 48% hacia enfrente en la zona de 60 y 80 ° (FH)
		No más de 3% hacia enfrente en la zona de 80 y 90 ° (FVH)
		0% en la zona de 90 y 100 ° (UL) y en la zona arriba de 100 ° (UH)
Poste	70	Al menos el 30% hacia enfrente y hacia atrás en la zona de 60 y 80 ° (FH + BH)
		No más del 20% arriba de 80 ° (FVH + BVH + UL + UH)

##### 6.2. Relación del flujo luminoso total nominal

El flujo luminoso total inicial medido de los luminarios con leds no debe ser menor al 90% del valor nominal marcado en el producto, en el empaque, en el instructivo y/o en la garantía.

##### 6.3. Temperatura de color correlacionada

Los luminarios con leds deben cumplir con la Temperatura de Color Correlacionada (TCC), indicada en la Tabla 2.

**Tabla 2. Temperatura de Color Correlacionada (TCC)**

TCC nominal [K]	Intervalo de tolerancia de TCC [K]
2 700	2 580 a 2 870
3 000	2 870 a 3 220
3 500	3 220 a 3 710
4 000	3 710 a 4 260
4 500	4 260 a 4 746
5 000	4 745 a 5 311
5 700	5 310 a 6 020
6 500	6 020 a 7 040

#### 6.4. Flujo luminoso mantenido

Los luminarios con leds para alumbrado de vialidades y los luminarios con leds para alumbrado de áreas exteriores, deben cumplir con el flujo luminoso total mínimo mantenido establecido en la Tabla 3, medidos después de un periodo de prueba de 6 000 horas y de acuerdo a la vida útil declarada por el fabricante o importador.

**Tabla 3. Requisitos de mantenimiento del flujo luminoso total**

Vida nominal [h]	Flujo luminoso total mínimo mantenido a las 6 000 horas [%]
Menor a 35 000	93.1
35 000 y menor a 40 000	94.1
40 000 y menor a 45 000	94.8
45 000 y menor a 50 000	95.4
50 000 y menor a 100 000	95.8
100 000 y mayores	97.9

#### 6.5. Índice de rendimiento de color

##### 6.5.1. Luminarios para alumbrado de vialidades

Los luminarios con leds destinados al alumbrado de vialidades deben tener un valor de índice de rendimiento de color mínimo de 67.

##### 6.5.2. Luminarios para alumbrado de áreas exteriores

Los luminarios con leds destinados al alumbrado de exteriores deben tener un valor de índice de rendimiento de color mínimo de 70.

## 6.6. Factor de potencia

Los luminarios con leds, deben tener un factor de potencia mínimo de 0.90.

## 6.7. Distorsión armónica total

La distorsión armónica total en corriente eléctrica, debe ser menor a 20%.

## 6.8. Flujo luminoso de deslumbramiento

### 6.8.1. Flujo luminoso de deslumbramiento máximo para luminarios con leds para vialidades

El flujo luminoso de deslumbramiento máximo respecto al ángulo vertical y su porcentaje respecto al flujo luminoso total, no deben ser mayores a los indicados en la Tabla 4 y de acuerdo a la Figura 1.

### 6.8.2. Flujo luminoso lado calle bajo (FL)

6.8.2.1. El flujo luminoso lado calle comprendido entre 0 y 30 grados (FL), debe ser menor que el flujo luminoso lado calle comprendido entre 30 y 60 grados (FM), ver Figura 1.

6.8.2.2. El flujo luminoso lado calle comprendido entre 0 y 30 grados (FL), debe ser menor que el flujo luminoso lado calle comprendido entre 60 y 80 grados (FH), ver Figura 1.

**Tabla 4. Valores máximos de flujos luminosos de deslumbramiento.**

Angulo respecto a la vertical (Figura 1)	Flujo luminoso de deslumbramiento máximo	
	En lúmenes [lm]	Respecto al flujo luminoso total [%]
Entre 60 y 80 ° lado calle (FH)	12 000	48
Entre 60 y 80 ° lado casa (BH) [Asimétrico]	5 000	20
Entre 60 y 80 ° lado casa (BH) [Simétrico]	12 000	48
Entre 80 y 90 ° lado calle (FVH)	750	3
Entre 80 y 90 ° lado casa (BVH)	750	3
Entre 90 y 100 ° lado calle y lado casa (UL)	1 000	4
Entre 100 y 180 ° lado calle y lado casa (UH)	1 000	4
Entre 0 y 30 ° lado casa (BL)	5 000	20
Entre 30 y 60 ° lado casa (BM)	8 500	34

## **NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION).**

### **CAPÍTULO 9**

#### **INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO ARTÍCULO 920**

##### **DISPOSICIONES GENERALES**

**920-1 Objetivo y campo de aplicación.** El objetivo de este Capítulo es establecer las disposiciones para salvaguardar a las personas y sus propiedades de los riesgos originados por las líneas y subestaciones eléctricas, líneas de comunicación y su equipo asociado, durante su instalación, operación y mantenimiento. Los requisitos aquí establecidos se consideran como los mínimos necesarios para la seguridad y salud del público y de los trabajadores, la preservación del ambiente y el uso racional de la energía.

Se aplica a las líneas eléctricas de suministro público, subestaciones eléctricas, alumbrado público y otras líneas eléctricas y de comunicación ubicadas en la vía pública, así como a instalaciones similares propiedad de los usuarios, para fines de este Capítulo y cuando así se especifique en éste. Al establecer estos requisitos se ha considerado, en principio, que dichas líneas deben estar operadas y mantenidas por personas calificadas.

##### **920-2. Definiciones**

**Empalme:** Unión destinada a asegurar la continuidad eléctrica entre dos o más tramos de conductores, que se comporta eléctrica y mecánicamente como los conductores que une.

**Línea de suministro eléctrico:** Aquella que se usa para la transmisión, distribución y utilización en general de la energía eléctrica.

**Tensión de aguante de baja frecuencia:** Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión a 60 hertz que bajo condiciones normalizadas puede aplicarse sin causar flameo o perforación del aislador.

**Tensión de flameo de baja frecuencia:** Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión a 60 hertz que bajo condiciones normalizadas causa flameo sostenido a través del medio circundante.

#### **ARTÍCULO 921 PUESTA A TIERRA**

##### **A. Generalidades**

921-1. Generalidades. El objeto de este Artículo es proporcionar métodos prácticos de puesta a tierra, como uno de los medios de salvaguardar al público y a los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico en las líneas de servicio público de energía eléctrica. Este Artículo se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de líneas eléctricas y de comunicación; los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deben estar conectados a tierra, se encuentran en otras secciones de esta NOM.

Para mayor detalle sobre puesta a tierra, véase Artículo 250.

## 921-2. Definiciones

**Electrodo:** cuerpo metálico conductor o conjunto de cuerpos conductores agrupados, en contacto último con el suelo y destinados a establecer una conexión con el mismo.

Guarda: elemento protector para prevenir un contacto accidental con un conductor eléctrico.

**921-3.** Medición de la resistencia del sistema de tierra. La medición de la resistencia del sistema de tierra, debe efectuarse desconectando el electrodo, del neutro del sistema.

**921-4.** Puesta a tierra durante reparaciones. El equipo o los conductores que operen a más de 110 volts entre fases y que se deban reparar cuando se desconecten de la fuente de alimentación, deben conectarse a tierra, antes y durante la reparación.

**921-5.** Punto de conexión del conductor de puesta a tierra en sistemas de corriente continua.

921-25. Características del sistema de tierra. Las características de los sistemas de tierra deben cumplir con lo aplicable del Artículo 250.

NOTA: Para definir un método adecuado para calcular el sistema de puesta a tierra, como el cálculo para sistemas de tierra en centrales generadoras y subestaciones, véase el Apéndice B.

a) Disposición física. El cable que forme el perímetro exterior del sistema, debe ser continuo de manera que rodee el área en que se encuentra el equipo de la subestación.

En subestaciones tipo pedestal, de conexión estrella-estrella, se puede aceptar que el sistema de tierra quede confinado dentro del área que proyecta el equipo sobre el suelo, siempre y cuando el transformador esté conectado a un sistema de 3 fases, 4 hilos, desde la subestación de la empresa suministradora.

La resistencia a tierra total del sistema debe cumplir con los valores indicados en el inciso (b) de esta sección.

b) Resistencia a tierra del sistema. La resistencia a tierra del sistema de tierra, incluyendo todos los elementos que lo forman, debe conservarse en un valor menor que lo indicado en la tabla 921-25(b).

Deben efectuarse pruebas periódicamente durante la operación, anotando en los registros para comprobar que los valores del sistema de tierra se ajustan a los valores de diseño; asimismo, para comprobar que se conservan las condiciones originales, a través del tiempo y de preferencia en época de estiaje.

**Tabla 921-25 (b). Resistencia a tierra del sistema.**

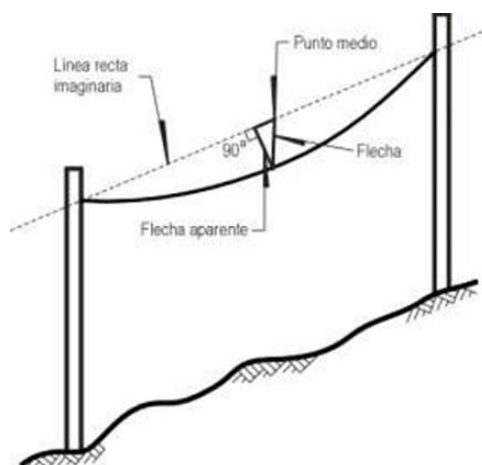
Resistencia (ohms)	Tensión máxima (kV)	Capacidad máxima del transformador (kVA)
5	mayor que 35	mayor que 250
10	35	mayor que 250
25	35	250

## ARTÍCULO 922 LÍNEAS AÉREAS

### A. Generalidades

922-1. Objetivo, campo de aplicación. Este Artículo contiene los requisitos mínimos que deben cumplir las líneas aéreas de energía eléctrica y de comunicación y sus equipos asociados, con la finalidad de obtener la máxima seguridad a las personas, protección al medio ambiente y uso eficiente de la energía.

Flecha. Distancia medida verticalmente desde el conductor hasta una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte. A menos que otra cosa se indique, la flecha siempre se medirá en el punto medio del claro. Véase la Figura 922-2.



922-10. Ampacidad de conductores desnudos. Al seleccionar los conductores, no se debe sobrepasar su ampacidad. La Tabla 922-10 muestra valores máximos de ampacidad, para los conductores desnudos usuales en líneas aéreas.



**TABLA 922-10.- Ampacidad de conductores desnudos en amperes**

Tamaño o designación		Cobre*	ACSR	Aluminio
mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil			
8.37	8	90	—	—
13.3	6	130	—	98
21.2	4	180	140	130
33.6	2	240	180	180
53.5	1/0	310	230	235
67.4	2/0	360	270	275
85.0	3/0	420	300	325
107	4/0	490	340	375
135	266.8	—	460	445
171	336.4	—	530	520
242	477	—	670	650
322	636	—	780	—
403	795	—	910	—
484	954	—	1010	—
564	1113	—	1110	—
635	1351	—	1250	—
765	1510.5	—	1340	—
806	1590	—	1380	—

## **Referencias Bibliográficas.**

### **Norma Oficial Mexicana**

**NOM-013-ENER-2013, EFICIENCIA ENERGETICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO PARA VIALIDADES Y EXTERIORES DE EDIFICIOS.**

### **Norma Oficial Mexicana**

**NOM-031-ENER-2012, EFICIENCIA ENERGETICA PARA LUMINARIOS CON DIODOS EMISORES DE LUZ (LEDS) DESTINADOS A VIALIDADES Y AREAS EXTERIORES PÚBLICAS. ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA**

### **Norma Oficial Mexicana**

**NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION).**

**REDES ELECTRICAS, G. Zopetti. GUSTAVO GALI GG**

**MANUAL ELECTRICO, VIAKON – CAPITULO 4.**

**REDES ELECTRICA, TOMO 1, JASINTO VAQUERIA LANDA.**

## **VI. METODOS DE CALCULOS.**

### **CALCULO DEL TRANSFORMADOR AP1-FA.**

#### **VI.1 CÁLCULO DE CAIDA DE TENSION.**

LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA LOS CABLES AISLADOS SE TOMARÁN EN CUENTA DE LA TABLA DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, CON LA CAPACIDAD DEL CONDUCTOR DE CORRIENTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS DE 0 A 2000 VOLTS NOMINALES Y DE 60 A 90 GRADOS CENTIGRADOS, DE ESTA FORMA ALCANZANDO UNA CAIDA DE TENSION, NO MAYOR DEL 5%.

DONDE TENEMOS:

IT =CORRIENTE TOTAL EN AMPERES EN EL TRAMO MAS LARGO.

WT = WATTS TOTAL DE TODAS LAS LUMINARIAS CONSIDERANDO LAS DEL CIRCUITO.

VL = VOLTAJE DE LINEA = 220 VOLTS.

F.P = FACTOR DE POTENCIA =0.90

E % = CAIDA DE TENCION, NO MAXIMO DEL 5%, PARA EL METODO DE CALCULO DEL CONDUCTOR.

##### **VI.1.1. CALCULO PARA EL CIRCUITO 1 (C1)**

WT = No DE LUMINARIAS X WATTS/LUM

WT = 36 LUM X 65 W = 2,340 W.

IT = WT / VL X F.P

IT = 2,340 W/ (220) X (0.90) = 11.81 AMP.

DONDE:

L = LONGITUD DEL TRAMO MAS LARGO DEL CIRCUITO.

S= SECCION TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR

SECCION TRANSVERSAL DE LOS CONDUCTORES:

CALIBRE 8 = 8.37

CALIBRE 6 = 13.30

CALIBRE 4 = 21.15

LONGITUDES DE LOS TRAMOS MAS LARGOS DE LOS CICUITOS.

C-1 = 222.70 ML.

$E \% = 2 (222.70 \text{ ML}) (11.81\text{A}) / (220\text{V}) (21.2) (1)$

$E \% = 5,196.4 / 4,664$

**E % = 1.11 %**

POR LO TANTO, PARA EL CIRCUITO QUE ES MAYOR DEL 5% LA CAIDA DE TENSION, CUMPLE CON LA CAIDA.

**VI.2.1. CALCULO DE LOS DPEA.**

a) CONSIDERANDO LA VIALIDAD COMO VIA SECUNDARIA Y DE CLASIFICADA DE RESIDENCIAL DEL TIPO B DEL PAVIMENTO TIPO R3; DE ACUERDO A LA TABLA 1 DE LA NOM-001-SEDE-2012, SE DEBE TENER UN VALOR MINIMO DE ILUMINACION PROMEDIO DE 7 LUXES.

b) SEGÚN LA TABLA 2 DE LA NOM-013-ENER-2013, PARA EL NIVEL DE ILUMINANCION DE 7 LUXES CON UN ANCHO PROMEDIO DE CALLA DE 9 METROS (EXCLUYENDO BANQUETAS) SE DEBE TENER UN VALOR MAXIMO DE DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO (D.P.E.A) DE 0,49 W/M2

**VL. 2.1 METODO DE CALCULO.**

$$DPEA = \frac{\text{CARGA TOTAL CONECTADA PARA ALUMBRADO}}{\text{AREA TOTAL ILUMINADA}} = \frac{W}{m^2}$$

CIRCUITO 1            ANCHO = 9.00 M            LARGO = 725.50 M

**AREA TOTAL = 6,529.50 M2**

TOTAL, DE WHATTS DEL C 1 = **2340 W**

$$DPEA = \frac{2340 \text{ W}}{6529.50 \text{ M}^2} = \mathbf{0.35 \text{ W /M}^2}$$

## **CALCULO DEL TRANSFORMADOR AP2-FA.**

### **VI.1. CALCULO PARA EL CIRCUITO 2 (C-2).**

#### **VI.1.2 CÁLCULO DE CAIDA DE TENSION.**

LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA LOS CABLES AISLADOS SE TOMARÁN EN CUENTA DE LA TABLA DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, CON LA CAPACIDAD DEL CONDUCTOR DE CORRIENTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS DE 0 A 2000 VOLTS NOMINALES Y DE 60 A 90 GRADOS CENTIGRADOS, DE ESTA FORMA ALCANZANDO UNA CAIDA DE TENSION, NO MAYOR DEL 5%.

DONDE TENEMOS:

IT =CORRIENTE TOTAL EN AMPERES EN EL TRAMO MAS LARGO.

WT = WATTS TOTAL DE TODAS LAS LUMINARIAS CONSIDERANDO LAS DEL CIRCUITO.

VL = VOLTAJE DE LINEA = 240 VOLTS.

F.P = FACTOR DE POTENCIA =0.90

E % = CAIDA DE TENCION, NO MAXIMO DEL 5%, PARA EL METODO DE CALCULO DEL CONDUCTOR.

LONGITUD 226 ML.

WT = No DE LUMINARIAS X WATTS/LUM

WT = 43 LUM X 65 W = 2,795 W.

IT = WT / VL X F.P

IT = 2,795 W/ (220) X (0.90) = 14.11 AMP.

E % =2 LIT / VL S

E % = 2(226.00 ML) (14.11A) / (220V) (21.2)

E % = 6,377.72 / 4,664

**E % = 1.36 %**

POR LO TANTO, EL C-2, NO EXCEDE LOS 5% DE LA CAIDA DE TENSION.LO CUAL CUMPLE.

### **VI.2.1. CALCULO DE LOS DPEA.**

a) CONSIDERANDO LA VIALIDAD COMO VIA SECUNDARIA Y DE CLASIFICADA DE RESIDENCIAL DEL TIPO B DEL PAVIMENTO TIPO R3; DE ACUERDO A LA TABLA 1 DE LA NOM-001-SEDE-2012, SE DEBE TENER UN VALOR MINIMO DE ILUMINACION PROMEDIO DE 7 LUXES.

b ) SEGÚN LA TABLA 2 DE LA NOM-013-ENER-2013, PARA EL NIVEL DE ILUMINANCION DE 7 LUXES CON UN ANCHO PROMEDIO DE CALLA DE 9 METROS (EXCLUYENDO BANQUETAS) SE DEBE TENER UN VALOR MAXIMO DE DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO (D.P.E.A) DE 0,49 W/M2

### **VL. 2.1 METODO DE CALCULO.**

$$DPEA = \frac{\text{CARGA TOTAL CONECTADA PARA ALUMBRADO} = W}{\text{AREA TOTAL ILUMINADA} \quad m^2}$$

CIRCUITO 2                  ANCHO = 9.00 M                  LARGO =782.90 M

**AREA TOTAL = 7,046.10 M2**

TOTAL, DE WHATTS DEL C- 2 = **2535 W**

$$DPEA = \frac{2535 W}{7046.10 M^2} = \mathbf{0.35 W / M^2}$$

### **VI.1.3. CALCULO PARA EL CIRCUITO 3 (C-3)**

#### **VI.1 CÁLCULO DE CAIDA DE TENSION.**

LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA LOS CABLES AISLADOS SE TOMARÁN ENCUENTA DE LA TABLA DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, CON LA CAPACIDAD DEL CONDUCTOR DE CORRIENTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS DE 0 A 2000 VOLTS NOMINALES Y DE 60 A 90 GRADOS CENTIGRADOS, DE ESTA FORMA ALCANZANDO UNA CAIDA DE TENSION, NO MAYOR DEL 5%.

DONDE TENEMOS:

IT =CORRIENTE TOTAL EN AMPERES EN EL TRAMO MAS LARGO.

WT = WATTS TOTAL DE TODAS LAS LUMINARIAS CONSIDERANDO LAS DEL CIRCUITO.

VL = VOLTAJE DE LINEA = 220 VOLTS.

F.P = FACTOR DE POTENCIA =0.90

E % = CAIDA DE TENCION, NO MAXIMO DEL 5%, PARA EL METODO DE CALCULO DEL CONDUCTOR.

LONGITUD 303.80 ML.

WT = No DE LUMINARIAS X WATTS/LUM

WT = 43 LUM X 65 W = 2,795 W.

IT = WT / VL X F.P

IT = 2,795 W/ (220) X (0.90) = 14.11 AMP.

E % = 2 (303.80 ML) (14.11A) / (220V) (21.15)

E % = 8,573.236 / 4653

**E % = 1.84 %**

POR LO TANTO, EL C-3, NO EXCEDE LOS 5% DE LA CAIDA DE TENSION.LO CUAL CUMPLE.

#### **VI.2.1. CALCULO DE LOS DPEA.**

a) CONSIDERANDO LA VIALIDAD COMO VIA SECUNDARIA Y DE CLASIFICADA DE RESIDENCIAL DEL TIPO B DEL PAVIMENTO TIPO R3; DE ACUERDO A LA TABLA 1 DE LA NOM-001-SEDE-2012, SE DEBE TENER UN VALOR MINIMO DE ILUMINACION PROMEDIO DE 7 LUXES.

b) SEGÚN LA TABLA 2 DE LA NOM-013-ENER-2013, PARA EL NIVEL DE ILUMINACION DE 7 LUXES CON UN ANCHO PROMEDIO DE CALLA DE 9 METROS (EXCLUYENDO BANQUETAS) SE DEBE TENER UN VALOR MAXIMO DE DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO (D.P.E.A) DE 0,49 W/M2

#### **VL. 2.1 METODO DE CALCULO.**

DPEA = CARGA TOTAL CONECTADA PARA ALUMBRADO = W

AREA TOTAL ILUMINADA m<sup>2</sup>

CIRCUITO 3 ANCHO = 9.00 M LARGO = 645.70 M

AREA TOTAL = **5,811.30 M<sup>2</sup>**

TOTAL, DE WHATTS DEL C-3 = **2795 W**

$$DPEA = \frac{2795 \text{ W}}{5811.30 \text{ M}^2} = \mathbf{0.48 \text{ W/M}^2}$$

### **CALCULO DEL TRANSFORMADOR AP3-FA.**

#### **VI.1.4. CALCULO PARA EL CIRCUITO 4 (C-4)**

##### **VI.1 CÁLCULO DE CAIDA DE TENSION.**

LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA LOS CABLES AISLADOS SE TOMARÁN EN CUENTA DE LA TABLA DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, CON LA CAPACIDAD DEL CONDUCTOR DE CORRIENTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS DE 0 A 2000 VOLTS NOMINALES Y DE 60 A 90 GRADOS CENTIGRADOS, DE ESTA FORMA ALCANZANDO UNA CAIDA DE TENSION, NO MAYOR DEL 5%.

DONDE TENEMOS:

IT = CORRIENTE TOTAL EN AMPERES EN EL TRAMO MAS LARGO.

WT = WATTS TOTAL DE TODAS LAS LUMINARIAS CONSIDERANDO LAS DEL CIRCUITO.

VL = VOLTAJE DE LINEA = 220 VOLTS.

F.P = FACTOR DE POTENCIA = 0.90

E % = CAIDA DE TENCION, NO MAXIMO DEL 5%, PARA EL METODO DE CALCULO DEL CONDUCTOR.

LONGITUD 196.00 ML.

WT = No DE LUMINARIAS X WATTS/LUM

WT = 26 LUM X 65 W = 1,690 W.

IT = WT / VL X F.P

IT = 1,690 W / (220) X (0.90) = 8.53 AMP.



$$E \% = 2 (196.00 \text{ ML}) (8.53\text{A}) / (220\text{V}) (13.30)$$

$$E \% = 3,343.76 / 2,926$$

$$E \% = 1.14 \%$$

POR LO TANTO, EL C-4, NO EXCEDE LOS 5% DE LA CAIDA DE TENSION.LO CUAL CUMPLE.

### **VI.2.1. CALCULO DE LOS DPEA.**

- a) CONSIDERANDO LA VIALIDAD COMO VIA SECUNDARIA Y DE CLASIFICADA DE RESIDENCIAL DEL TIPO B DEL PAVIMENTO TIPO R3; DE ACUERDO A LA TABLA 1 DE LA NOM-001-SEDE-2012, SE DEBE TENER UN VALOR MINIMO DE ILUMINACION PROMEDIO DE 7 LUXES.

- b) SEGÚN LA TABLA 2 DE LA NOM-013-ENER-2013, PARA EL NIVEL DE ILUMINACION DE 7 LUXES CON UN ANCHO PROMEDIO DE CALLA DE 9 METROS (EXCLUYENDO BANQUETAS) SE DEBE TENER UN VALOR MAXIMO DE DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO (D.P.E.A) DE 0,49 W/M2

### **VL. 2.1 METODO DE CALCULO.**

$$DPEA = \frac{\text{CARGA TOTAL CONECTADA PARA ALUMBRADO}}{\text{AREA TOTAL ILUMINADA}} = W$$

$$\text{AREA TOTAL ILUMINADA} \quad \text{m}^2$$

$$\text{CIRCUITO 4} \quad \text{ANCHO} = 9.00 \text{ M} \quad \text{LARGO} = 540.10 \text{ M}$$

$$\text{AREA TOTAL} = 4,860.90 \text{ M}^2$$

$$\text{TOTAL, DE WHATTS DEL C 4} = 1690 \text{ W}$$

$$DPEA = \frac{1690\text{W}}{4860.90 \text{ M}^2} = 0.34 \text{ W/M}^2$$

### **VI.1.5. CALCULO PARA EL CIRCUITO 5 (C-5).**

### **VI.1 CÁLCULO DE CAIDA DE TENSION.**

LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PARA LOS CABLES AISLADOS SE TOMARÁN ENCUENTA DE LA TABLA DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, CON LA CAPACIDAD DEL CONDUCTOR DE

CORRIENTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS DE 0 A 2000 VOLTS NOMINALES Y DE 60 A 90 GRADOS CENTIGRADOS, DE ESTA FORMA ALCANZANDO UNA CAIDA DE TENSION, NO MAYOR DEL 5%.

DONDE TENEMOS:

IT =CORRIENTE TOTAL EN AMPERES EN EL TRAMO MAS LARGO.

WT = WATTS TOTAL DE TODAS LAS LUMINARIAS CONSIDERANDO LAS DEL CIRCUITO.

VL = VOLTAJE DE LINEA = 220 VOLTS.

F.P = FACTOR DE POTENCIA =0.90

E % = CAIDA DE TENCION, NO MAXIMO DEL 5%, PARA EL METODO DE CALCULO DEL CONDUCTOR.

LONGITUD 220.50 ML.

WT = No DE LUMINARIAS X WATTS/LUM

WT = 24 LUM X 65 W = 1.560 W.

IT = WT / VL X F.P

IT = 1,560 W/ (220) X (0.90) = 7.87 AMP.

E % = 2 (220.50 ML) (7,87A) / (220V) (13.30)

E % = 3,470.67 / 2,926

**E % = 1.18 %**

POR LO TANTO, EL C-5, NO EXCEDE LOS 5% DE LA CAIDA DE TENSION.LO CUAL CUMPLE.

CIRCUITO 5                    ANCHO = 9.00 M                    LARGO =624.25 M

AREA TOTAL = **5,618.25 M2**

TOTAL, DE WHATTS DEL C-5 = **1,560 W**

$$DPEA = \frac{1560 \text{ W}}{5618.25 \text{ M2}} = \mathbf{0.27 \text{ W /M2}}$$

### VI.2.1. CALCULO DE LOS DPEA.

- a) CONSIDERANDO LA VIALIDAD COMO VIA SECUNDARIA Y DE CLASIFICADA DE RESIDENCIAL DEL TIPO B DEL PAVIMENTO TIPO R3; DE ACUERDO A LA TABLA 1 DE LA NOM-001-SEDE-2012, SE DEBE TENER UN VALOR MINIMO DE ILUMINACION PROMEDIO DE 7 LUXES.
- b) SEGÚN LA TABLA 2 DE LA NOM-013-ENER-2013, PARA EL NIVEL DE ILUMINACION DE 7 LUXES CON UN ANCHO PROMEDIO DE CALLA DE 9 METROS (EXCLUYENDO BANQUETAS) SE DEBE TENER UN VALOR MAXIMO DE DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO (D.P.E.A) DE 0,49 W/M2.

**TABLA 1. VALORES MAXIMO DE DPEA, ILUMINARIA MINIMAPROMEDIO Y VALOR MAXIMO DE LA RELACION DE UNIFORMIDAD PROMEDIO PARA VIALIDADES CON PAVIMENTO TIPO R2 Y R3.**

Clasificación de Vialidad	Iluminancia mínima promedio [lx]	Relación de uniformidad promedio máxima $E_{prom}/E_{min}$	DPEA [ $W/m^2$ ]			
			Ancho de calle [m]			
			< 9,0	$\geq 9,0$ y < 10,5	$\geq 10,5$ y < 12,0	$\geq 12,0$
Autopistas y carreteras	6	3 a 1	0,41	0,38	0,35	0,31
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14	3 a 1	1,01	0,95	0,86	0,81
Vías principales y ejes viales	17	3 a 1	1,17	1,12	1,03	0,97
Vías primarias y colectoras	12	4 a 1	0,86	0,81	0,74	0,69
Vías secundarias residencial Tipo A	9	6 a 1	0,64	0,59	0,54	0,50
Vías secundarias residencial Tipo B	7	6 a 1	0,49	0,45	0,42	0,37
Vías secundarias Industrial Tipo C	4	6 a 1	0,32	0,28	0,26	0,23

## VL. 2.1 METODO DE CALCULO.

$$\text{DPEA} = \frac{\text{CARGA TOTAL CONECTADA PARA ALUMBRADO}}{\text{AREA TOTAL ILUMINADA}} = \text{W} \quad \text{m}^2$$

EL AREA POR VIALIDAD A ILUMINAR ES:

CIRCUITO 1            ANCHO = 9.00 M            LARGO = 725.50 M

AREA TOTAL = 6,529.50 M<sup>2</sup>

CIRCUITO 2            ANCHO = 9.00 M            LARGO = 782.90 M

AREA TOTAL = 7,046.10 M<sup>2</sup>

CIRCUITO 3            ANCHO = 9.00 M            LARGO = 645.70 M

AREA TOTAL = 5,811.30 M<sup>2</sup>

CIRCUITO 4            ANCHO = 9.00 M            LARGO = 540.10 M

AREA TOTAL = 4,860.90 M<sup>2</sup>

CIRCUITO 5            ANCHO = 9.00 M            LARGO = 624.25 M

AREA TOTAL = 5,618.25 M<sup>2</sup>

TOTAL, DE AREA = 29,866.05 M<sup>2</sup>

SE INSTALARÁN LUMINARIAS DE 65 WATTS, SE CUENTA UN TOTAL DE 167 LUMINARIAS, PARA ILUMINAR EL FRACCIONAMIENTO, SE CONSIDERAN 127 LUMINARIAS QUE ILUMINARAN LA VIALIDAD Y 37 LUMINARIAS PARA ILUMINACION DE LA SEGURIDAD.

$$\text{DPEA} = 127 \times 65 = 8,255 \text{ W}$$

$$\text{DPEA} = 8,255 \text{ W} / 29,866.05$$

$$\text{DPEA} = 0.27 \text{ W / M}^2$$

LOS DPEA DEL PROYECTO ES DE 0.27 W/M<sup>2</sup>, POR LO TANTO, ES MEJOR AL ESTABLECIDO EN LA TABLA 1 (0.49 W/M<sup>2</sup>)

SE CONSIDERA QUE EL PROYECTO CUMPLE CON LA NOM-013-ENER-2013.

**Tabla 1. Valores máximos de dpea, iluminaria minimapromedio y valor máximo de la relación de uniformidad promedio para vialidades con pavimento tipo R2 y R3.**

Clasificación de Vialidad	Iluminancia mínima promedio [lx]	Relación de uniformidad promedio $E_{prom}/E_{min}$	DPEA [W/m <sup>2</sup> ]			
			Ancho de calle [m]			
			< 9,0	9,0 y < 10,5	10,5 y < 12,0	12,0
Autopistas y carreteras	6	3 a 1	0,41	0,38	0,35	0,31
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14	3 a 1	1,01	0,95	0,86	0,81
Vías principales y ejes viales	17	3 a 1	1,17	1,12	1,03	0,97
Vías primarias y colectoras	12	4 a 1	0,86	0,81	0,74	0,69
Vías secundarias residencial Tipo A	9	6 a 1	0,64	0,59	0,54	0,50
Vías secundarias residencial Tipo B	7	6 a 1	0,49	0,45	0,42	0,37
Vías secundarias industrial Tipo C	4	6 a 1	0,32	0,28	0,26	0,23

### **VI.2.2. METODO DE NIVEL DE ILUMINACION.**

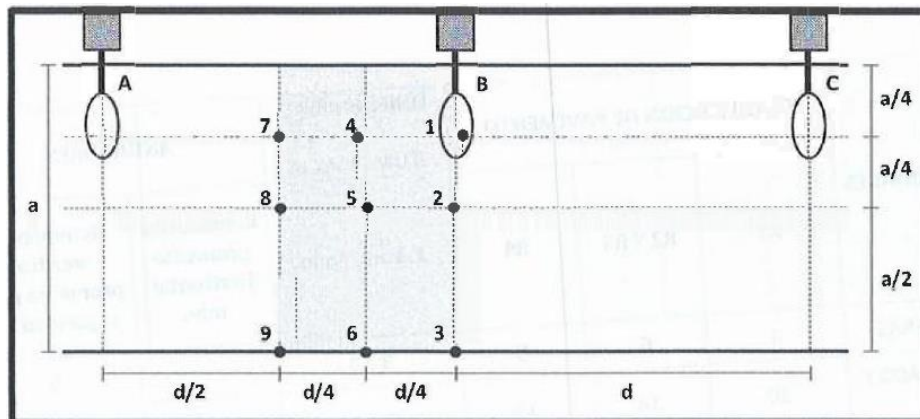
PARA LA DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION MENCIONADA ( $E_{MMprom}$ ), SE OBTIENE ATRAVES DE LA MEDICION DEL NIVEL DE ILUMINACION FOTOPICA (LX), POR MEDIO DEL METODO DEL LOS NUEVE PUNTOS, DESCRITOS EN LA FIGURA 1.

LAS PRUEBAS EN CAMPO SE REALIZARON POR MEDIO DE UN LUXOMETRO CONVENCIONAL O LUXOMETRO DE FOTOPICO-ESCOTOPICO CON COLOR Y EL CONSENSO CORREGIDO CON UN INFORME DE CALIBRACION EMITIDO POR LA ENTIDAD DE ACREDITACION CON RANGO DE 0 A 200 LX.LAS MEDICIONES SE TOMARON AL NIVEL DEL PISO.LAS FIGURAS 1,2,3 Y 4.

ESTABLECEN EL NUMERO DE POSTE Y LA UBICACIÓN DE LOS 9 PUNTOS PARA CONFIGURACIONES ESPECIALES DE LUMINARIAS, DENTRO DE LO POSIBLE SE DEBE BUSCAR UN TRAMO DONDE LA DISTANCI ENTRE POSTE SEA SIMETRICA, QUE NO SEA AFECTADO POR OTRAS FUENTES DE LUZ U OBJETOS QUE OBTRUYAN LA LUZ EMITIDA

POR LOS LUMINARIOS CADA UNO DE LOS LUMINARIOS QUE APARECEN EN LOS DIAGRAMAS, DEBERAN ESTAR ENCENDIDOS AL MOMENTO DE LA PRUEBA Y ESTAR ESTABILIZADOS.

**FIGURA 1. METODO DE LOS 9 PUNTOS PARA LA MEDICION DEL NIVEL DE LUMINANCIA EN CAMPO.**



A = ANCHO DE CALLE = 10 METRO

D = DISTANCIA INTERPOSTAL = 35 METRO

EL NIVEL DE LA ILUMINANCIA MESOPICA PROMEDIO (Emprom), SE OBTIEN A TRAVES DE LA FORMULA:

$$E_{prom} = \frac{P1 + 2P2 + P3 + 2P4 + 4P5 + 2P5 + P7 + 2P8 + P9}{16}$$

### VI.2.3. CALCULO DE LA RELACION DE UNIFORMIDAD PROMEDIO MAXIMA (UMAX)

UMAX = ENPROMEDIO / EMMINIMA

LA VIALIDAD EN ANALISIS CUANTA CON UN PAVIEMENTO R2 POR LO QUE, PARA COMPROBAR, SI CUMPLE CON LA NOM-013-ENER-2013

**TABLA 2. VALORES MINIMOS MANTENIDOS DEL ILUMINANCIA PROMEDIO (LX) (NOM-001-SEDE-2012).**

CLASIFICACION DE VIALIDADES	CLASIFICACION DE PAVIMENTO			UNIFORMIDAD DE ILUMINANCIA	ANDADORES	
	R1	R2YR3	R4	Eprom/Emin	Iluminancia promedio horizontal min.	Iluminancia vertical promedio para seguridad (1)
AUTOPISTA Y CARRETERAS	4	6	5	3 a 1		0
VIAS DE ACCESO CONTROLADO Y VIAS RAPIDAS	10	14	13	3 a 1		
VIAS PRINCIPALES Y EJES VIALES	12	17	15	3 a 1	10	22
VIAS PRIMARIAS Y COLECTORAS	8	12	10	4 a 1		
VIAS SECUNDARIAS RESIDENCIALES TIPOA	6	9	8	6 a 1		
VIAS SECUNDARIAS RESIDENCIALES TIPOB	5	7	6	6 a 1	10	22
VIAS SECUNDARIAS INDUSTRIALES TIPOC	3	4	4	6 a 1	6	11
ANDADORES ALEJADOS DE VIALIDADES					5	5
TUNELES DE PEATONES					43	54

**TABLA 3. VALORES MAXIMOS DE DENCIDAD DE POTENCIA ELECTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA) PARA VIALIDADES (W/M2)**

NIVEL DE ILUMINANCIA LUX (LX)	ANCHO DE CALLE M			
	7,5	9,0	10,5	12,0
3	0,26	0,23	0,19	0,17
4	0,32	0,28	0,26	0,23
5	0,35	0,33	0,30	0,28
6	0,41	0,38	0,35	0,31
7	0,49	0,45	0,42	0,37
8	0,56	0,52	0,48	0,44
9	0,64	0,59	0,54	0,50
10	0,71	0,66	0,61	0,56
11	0,79	0,74	0,67	0,62
12	0,86	0,81	0,74	0,69
13	0,94	0,87	0,80	0,75
14	1,01	0,95	0,86	0,81
15	1,06	1,00	0,93	0,87
16	1,10	1,07	0,99	0,93
17	1,17	1,12	1,03	0,97

NOTA: EL NIVEL DE ILUMINACION A UTILIZAR DEPENDE DEL TIPO DE VIALIDAD A ILUMINAR, DE ACUERDO CON LO ESTABLECIDO EN EL ARTICULO 930 " ALUMBRADO PUBLICO " DE LA NORMA NOM-001-SEDE-2012 VIGENTE O LA SUSTITUYA.

#### **VII.- CONEXIONES A TIERRA.**

SE INSTALARÁ EN INICIO Y AL TERMINO DEL CIRCUITO, ASI COMO EN LA ACOMETIDA DEL ALUMBRADO PUBLICO, CON UNA VARILLA COPPERWELD DE 1.5 METROS DE LONGITUD, INTERCONECTANDOSE CON UN CABLE DE COBRE CALIBRE 10, PARA PONER A TIERRA, LA ILUMINARIA PARA PROTEGER EL EQUIPO Y EVITAR DAÑOS POR VARIACIONES EN NUESTRAS LINEAS O POR DESCARGAS ATMOSFERICAS.





La construcción de toda instalación eléctrica objeto del presente reglamento, debe ser dirigida o supervisada por una persona calificada, con matrícula profesional, certificado de inscripción profesional que según la Ley le faculte para ese tipo de construcción y debe cumplir con el presente reglamento en lo que le aplique. El constructor debe verificar el diseño y si está acorde con la norma debe ser aplicado.

Si por razones debidamente justificadas considera que no es apropiado, se debe documentar técnicamente las causas de la desviación. Este profesional debe emitir la declaración de conformidad según lo dispone, en los términos y formatos que establece y será responsable de los efectos que se deriven de la construcción de la instalación.

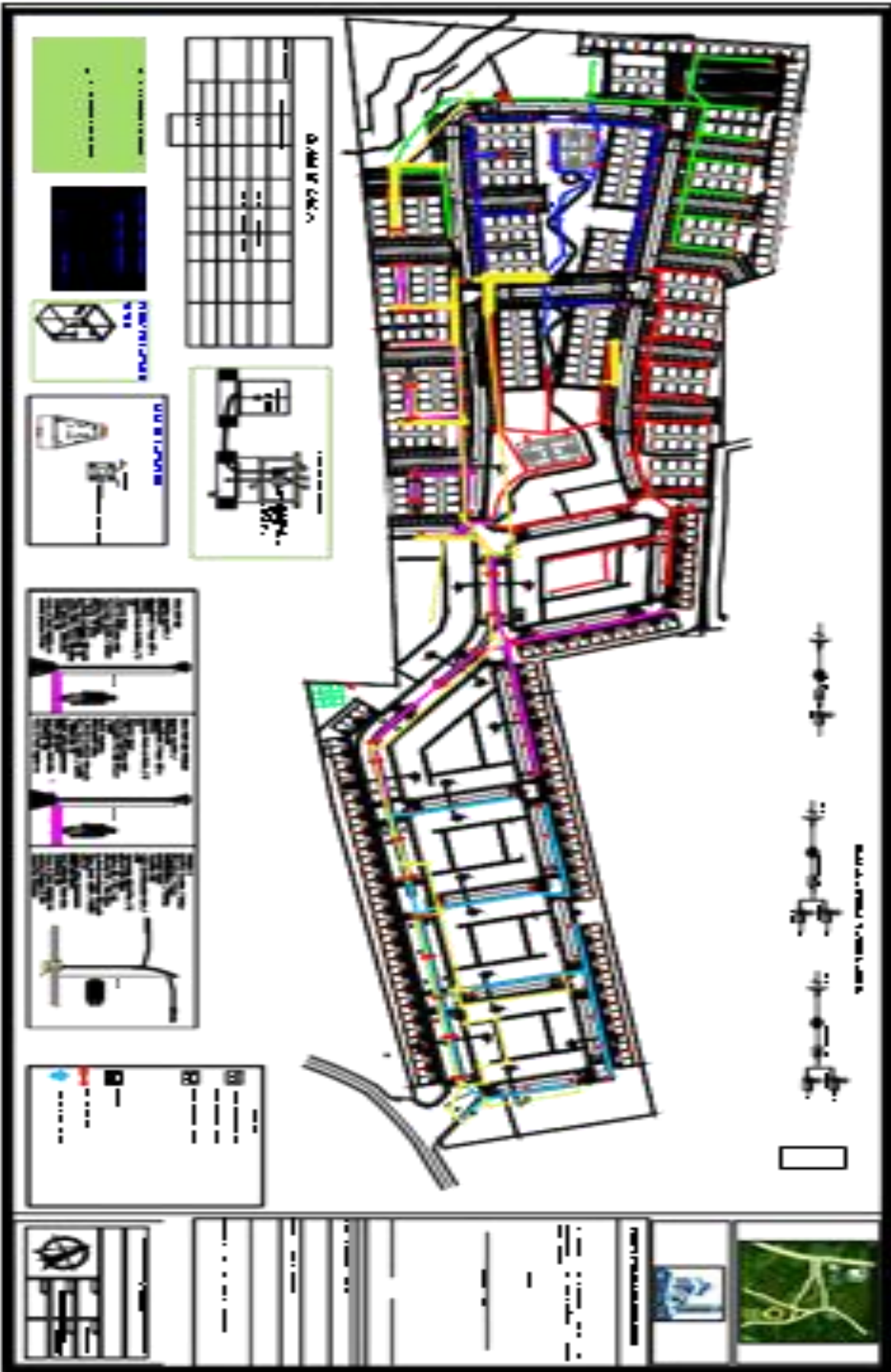
En esta segunda etapa, se quiere mostrar la distribución de áreas y de elementos eléctricos por zonas, en la cuales se encuentra, en los cuadros de carga propuestos se muestra la información explícita de cada componente de un tablero de distribución como son: número de circuitos, la fase a la que pertenece, el tipo de carga conectada, su valor y la potencia total conectada a cada uno de ellos, factor de potencia, corriente nominal, calibre del conductor de cada circuito como también la ubicación de la carga, protección.

Especificando la corriente nominal de la protección, el tipo de ducto de alimentación, la cual se va manejar en la propuesta del nuevo diseño. . La propuesta manejada para el diseño de puesta a tierra, tiene estructura metálica se debe tener en cuenta no conectar la estructura como medio de puesta a tierra.

Ya que las conexiones van bajo nivel de suelo se deben utilizar un electrodo con longitud mínima de 2.44m (8 pies) un con diámetro mínimo de 3/4 pulg. “tamaño comercial” ser de hierro o acero y deben tener la superficie exterior galvanizada o de lo contrario recubiertos de metal para protección contra la corrosión, utilizar soldadura exotérmica, se deben dejar puntos de conexión accesibles dado a un momento de inspección se deben tener cajas de inspección de mínimo 30 \* 30 cm C.

El análisis de coordinación de protecciones se realiza para determinar los ajustes adecuados, a fin que las protecciones actúen de forma rápida y selectiva en caso de falla, poder garantizando la continuidad del servicio sin causar daños a los componentes eléctricos. La elaboración del diagrama unifilar presentado se brinda una idea clara de la coordinación de protecciones, para interpretar de manera más sencilla y con características eléctricas específicas el sistema de protecciones utilizadas para una óptima instalación eléctrica.

El diagrama unifilar propuesto de acuerdo a las correcciones de los circuitos, distribución de tableros general de acometidas y los cálculos realizados para la instalación eléctrica del fraccionamiento, tiene como finalidad, mostrar la correcta distribución de las cargas, para obtener una adecuada utilización de la energía eléctrica y de esta manera reducir las caídas de tensiones, tomando en cuenta el orden de los tableros de distribución y las características específicas en corriente de corto circuito.





La tensión nominal, corriente nominal, frecuencia, la cantidad de hilos que pasa por cada acometida, de esta manera se mantiene en óptimas condiciones la instalación eléctrica sin que algún daño afecte toda la instalación y pueda generar una buena producción. La regulación de tensión que se calculó teniendo en cuenta el cuadro de cargas y demás parámetros necesarios basándonos en las normas que rigen dicho análisis.

Se muestra que del tablero general de acometidas a los tableros de distribución el porcentaje de regulación de tensión supera lo establecido por la norma que es el 3%, comparando con la tabla que se muestra los resultados esperados ya que la empresa si tiene una inconsistencia frente a regulación de tensión. Se da aclaración, que lo ya mencionado se manejó con transparencia a las normas ya expuestas durante todo el desarrollo del proyecto.

En la tercera etapa se tienen en cuenta con base en el diagrama unifilar; en este se puede observar, la cantidad de interruptores termomagnéticos en los cuales se encuentran especificados de forma detallada cómo; tensión nominal, corriente nominal, corriente de corto circuito, teniendo en cuenta que todos los interruptores, se cuenta con material adicional se encuentra para suplir la necesidad del tablero, denotando las especificaciones.

## RECOMENDACIONES

Los interruptores termomagnéticos no deben ser empleados como interruptores de control si no de protección, todo el empalme debe realizarse con conector certificado, conductores de cobre y aluminio, se debe manejar conector bimetálico, Los conductores no deben quedar a la vista, deben canalizarse para lograr protección mecánica, de ser sobrepuesta la tubería debe ser tipo EMT.

Realizar mantenimientos preventivos programados con personal calificado, con el fin de aumentar la vida útil de la instalación, así como de los equipos; como también, reducir accidentes de origen eléctrico. Se recomienda realizar estudios de iluminación para mantener una correcta iluminación en las vialidades, las áreas recreativas y áreas verde.