



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS
INGENIERIA ELECTRICA**

**ANÁLISIS Y CÁLCULO DE REDES DE MEDIA TENSION EN LA CIUDAD DE
SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS**

MEMORIA DE RESIDENCIA PROFECIONAL

PRESENTA:

MENDEZ HERNANDEZ SERGIO

ASESOR INTERNO:

KARLOS VELAZQUEZ MORENO

ASESOR EXTERNO:

GERARDO LOPEZ LOPEZ

AGOSTO-DICIEMBRE 2014

INDICE.

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

INTRODUCCION

| | |
|-------------------------------------|---|
| 1 INTRODUCCION | 6 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 6 |
| 1.2 ESTADO DEL ARTE | 7 |
| 1.3 JUSTIFICACION | 7 |
| 1.4 OBJETIVO | 7 |
| 1.5 METODOLOGIA, DIAGRAMA A BLOQUES | 8 |

CAPITULO 2

FUNDAMENTO TEORICO

| | |
|--|----|
| 2. FUNDAMENTO TEORICO | 9 |
| 2.1.1ANALISIS DE LAS NORMAS AERAS DE CFE | 9 |
| 2.1.2DEFINICION DE ALGUNOS TERMINOS COMUNMENTE UTILIZADOS EN ESTAS NORMAS | 15 |
| 2.1.3CEPAS | 19 |
| 2.1.4CORTACIRCUITO FUSIBLE | 28 |
| 2.2 LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN AÉREAS | 30 |
| 2.2.1GENERALIDADES | 30 |
| 2.2.2CALCULOS DE CAIDA DE TENSION EN LINEAS DE MEDIA TENSION | 39 |
| 2.2.3GENERALIDADES DE CABLES ELECTRICOS | 48 |
| 2.2.4TERMINALES | 50 |
| 2.3 ANALISIS DE LAS NORMAS-DE DISTRIBUCION-CONSTRUCCION- INSTALACIONES SUBTERRANEAS EN MEDIA Y BAJA TENSION | 50 |
| 2.3.1GENERALIDADES | 50 |
| 2.3.2TIPOS DE SISTEMAS APLICABLES EN INSTALACIONES SUBTERRANEAS MEDIA TENSION | 51 |
| 2.3.3SISTEMA DE DISTRIBUCION DE 200ª | 56 |
| 2.3.4BAJA TENSION | 58 |
| 2.3.5DISEÑO DE LA RED DE TIERRAS | 65 |
| 2.5.3.1 TIPOS DE INSTALACION | 68 |
| 2.4.1SIMBOLOGIA | 69 |
| 2.4.2 EQUIPO DEL SISTEMA INSTALACIÓN | 77 |
| 2.5 TRAMITES LEGALES ANTE C.F.E PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS. | |

| | |
|--|----|
| 2.5.1 REQUISITOS QUE INTEGRAN EL EXPEDIENTE PARA TRÁMITE Y RECEPCIÓN DE OBRAS CONSTRUIDAS POR PARTICULARES “ELECTRIFICACIÓN RURAL” | 81 |
| 2.5.2 REQUISITOS DE TRÁMITES PARA OBRAS CONSTRUIDAS POR PARTICULARES “TIPO DE SERVICIO INDIVIDUAL” | 83 |
| 2.5.3 REQUISITOS DE TRÁMITES PARA OBRAS CONSTRUIDAS POR PARTICULARES “TIPO DE SERVICIO FRACCIONAMIENTO” | 83 |
| 2.5.4 REQUISITOS DE TRÁMITES PARA OBRAS CONSTRUIDAS POR PARTICULARES “TIPO DESERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO” | 84 |
| 2.5.5 REQUISITOS DE TRÁMITES PARA OBRAS CONSTRUIDAS POR PARTICULARES “TIPO DESERVICIO SISTEMA BOMBEO, AGUAS RESIDUALES, RIEGO AGRÍCOLA.” | 85 |
| 2.6 Google Earth | 86 |

CAPITULO 3 DESARROLLO

3. DESARROLLO

| | |
|--------------------------------------|----|
| 3.1 LEVANTAMIENTO DE OBRAS | 88 |
| 3.2 DISEÑO Y ELABORACIÓN | 91 |
| 3.3 CÁLCULO DE PARAMETROS ELECTRICOS | 95 |
| 3.4 PRESUPUESTOS | 97 |

CAPITULO 4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

| | |
|----------------------|-----------|
| 4. RESULTADOS | 98 |
|----------------------|-----------|

| | |
|--------------------|------------|
| REFERENCIAS | 104 |
|--------------------|------------|

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIG 1.1 DIAGRAMA ABLOQUES DEL ANALISIS Y CALCULO DE REDES DE MEDIA TENSION AEREO | 8 |
| FIG 2.1 SIMBOLOGIA DE LINEAS AEREAS | 9 |
| FIG 2.2 SIMBOLOGIA DE LINEAS AEREAS (BANCOS DE TRANSFORMACION EQUIPO DE PROTECCION Y DESCONEXION) | 10 |
| FIG 2.3 SIMBOLOGIA DE LINEAS DE MEDIA TENSION (EQUIPO DE REGULACION Y CAPACITORES, ALUMBRADO PUBLICO) | 11 |
| FIG 2.4 SIMBOLOGIA DE LINEAS DE MEDIA TENSION (POSTES Y RETENIDAS) | 12 |

| | |
|---|----|
| FIG 2.5SIMBOLOGIA DE LINEAS DE MEDIA TENSION (VIAS DE COMUNICACION) | 13 |
| FIG 2.6SIMBOLOGIA DE LINEAS DE MEDIA TENSION (VIAS DE COMUNICACION Y TIPO DE SERVICIO) | 14 |
| FIG 2.7 SEPAS PARA ANCLAS | 20 |
| FIG 2.8INCLINACION DEL PERNO ANCLA | 21 |
| FIG 2.9ESPECIFICACIONES DE EMPOTRAMIENTO DEL PERNO ANCLA | 21 |
| FIG 2.10.EMPOTRAMIENTO DE POSTE | 22 |
| FIG 2.11.VISTA DEL EMPOTRAMIENTO DE UN POSTE | 22 |
| FIG 2.12.RELLENADO DE UNA CEPA | 23 |
| FIG 2.13.EMPOTRAMIENTO DE UN PERNO | 23 |
| FIG 2.14. ESPECIFICACIONES DE EMPOTRAMIENTO DE UN PERNO ANCLA | 24 |
| FIG 2.15.EMPOTRAMIENTO DE UN POSTE DE ACERO | 25 |
| FIG 2.16.COMPACTACION DE UNA CEPA CON POSTE DE ACERO | 26 |
| FIG 2.17.RELLENO PARA CEPA DE UNA ANCLA | 26 |
| FIG 2.18.COMPACTACION DE CEPA PARA RETENIDA DE BANQUETA | 27 |
| FIG 2.19.ESPECIFICACIONES DE PROTECCION A POSTES | 27 |
| FIG 2.20.PARTES DE UN CORTA CIRCUITO FUSIBLE | 28 |
| FIG 2.21.VISTA AEREA DE LA POSICION DE CORTA CIRCUITOS | 29 |
| FIG 2.22.POSICION DE LA INSTALACION DE UN APARTARAYOS | 29 |
| FIG 2.23.VISTA FRONTAL Y LATERAL DE LA DE LA INSTALACION DE UN APARTARAYOS | 30 |
| FIG 2 .24.SIMBOLOGIA DE ESTRUCTURAS DE LINEAS DE MEDIA TENSION | 32 |
| FIG 2.25.SIMBOLOGIA Y CODIFICACION DE ESTRUCTURAS DE LINEAS DE MEDIA TENSION | 33 |
| FIG 2.26.ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION | 34 |
| FIG 2.27.ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION | 34 |
| FIG 2.28.ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION | 35 |
| FIG 2.29.ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION | 35 |
| FIG 2.30.ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION | 36 |
| FIG 2.31.ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA TIPO PS, PD. | |
| FIG 2.32.PARTES Y ESPECIFICACIONES DE RETENIDAS. | |
| FIG 2.33.CODIFICACION Y TIPOS DE RETENIDAS. | |
| FIG 2.34 CODIFICACION Y TIPOS DE RETENIDAS. | |
| FIG 2.35 CONFIGURACION ANILLO OPERACIÓN RADIAL | 52 |
| FIG 2.36CONFIGURACION ANILLO CONECTANDO LAS FUENTES AUN MISMO EQUIPO O ACCESORIO DE LARED | 53 |
| FIG 2.37CONFIGURACION ANILLO CONECTANDO LAS FUENTES A DIFERENTES EQUIPOS O ACCESORIOS DE LA RED | 53 |
| FIG 2.38CONFIGURACION EN ANILLO OPERACIÓN RADIAL CON TRES FUENTES DE ALIMENTACION CONECTADAS LAS FUENTES A UN MISMO EQUIPO DE LARED | 54 |

| | |
|---|-----|
| FIG 2.39 CONFIGURACION EN ANILLO CONECTANDO LAS FUENTES A DIFERENTES EQUIPOS O ACCESORIOS DE LA RED | 54 |
| FIG 2.40 SISTEMA EN ANILLO OPERACIÓN RADIAL CON DOS FUENTES DE ALIMENTACION | 55 |
| FIG 2.41 CONFIGURACION RADIAL | 55 |
| FIG 2.42 TRANSICIONES AEREO-SUBTERRANEAS | 57 |
| FIG 2.43 CONFIGURACION RADIAL EN BAJA TENSION | 58 |
| FIG 2.44 SISTEMAS DE TIERRAS | 61 |
| FIG 2.45 SISTEMAS DE TIERRAS | 63 |
| FIG 2.46 CONEXIONES | 64 |
| FIG 2.47 INSTALACION TIPICA DE UNA CONEXIÓN A TIERRA PARA UN ARREGLO DE CUATRO ELECTRODOS EN PARALELO | 68 |
| FIG 2.48 SIMBOLOGIA DE REDES SUBTERRANEAS | 70 |
| FIG 2.49 SIMBOLOGIA DE REDES SUBTERRANEAS | 71 |
| FIG 2.50 SIMBOLOGIA DE REDES SUBTERRANEAS | 72 |
| FIG 2.51 SIMBOLOGIA DE REDES SUBTERRANEAS | 73 |
| FIG 2.52 SIMBOLOGIA DE REDES SUBTERRANEAS | 74 |
| FIG 2.53 SIMBOLOGIA DE REDES SUBTERRANEAS | 75 |
| FIG 2.54 SIMBOLOGIA DE REDES SUBTERRANEAS | 76 |
| FIG 2.55 POSICION DEL CARRETE CONDUCTOR | 78 |
| FIG 2.56 ESPECIFICACIONES DE TENDIDO DE CONDUCTOR | 79 |
| FIG 2.57 ESPECIFICACIONES DE TENDIDO DE CONDUCTOR | 80 |
| FIG 2.58 GOOGLE EARTH | 87 |
| FIG 3.1 GPS USADO EN EL LEVANTAMIENTO | 88 |
| FIG 3.2 BOCETOS DEL LEVANTAMIENTO | 89 |
| FIG 3.3 CROQUIS FORMAL DEL LEVANTAMIENTO | 89 |
| FIG 3.4 ESTRUCTURA TIPICA DE ENTRONQUE | 90 |
| FIG 3.5 DIGITALIZACION DEL PROYECTO DE MEDIA TENSION | 91 |
| FIG 3.6 PLANO DEFINITIVO DEL PROYECTO. AEREO | 92 |
| FIG 3.7 PLANOS DEL PROYECTO SUBTERRANEO | 93 |
| FIG 3.8 ENTORNO GOOGLE EARTH | 93 |
| FIG 3.9 CIRCUITOS MARCADOS DEL AREA SAN CRISTOBAL | 94 |
| FIG A1 LINEAMIENTOS Y TAMAÑOS DE PLANOS | 105 |
| FIG A2 ALTURA MINIMA DE CONDUCTORES | 106 |
| FIG A3 SEPARACION VERTICAL | 107 |
| FIG A4 SEPARACION DE CONDUCTORES | 108 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TAB.2.1 TABLA DE EMPOTRAMIENTO DE POSTES POR EL TIPO DE SUELO | 18 |
| TAB.2.2 TABLA PARA CODIFICACION DE ESTRUCTURAS | 36 |
| TAB.2.3. TABLA PARA CODIFICACION DE ESTRUCTURAS | 37 |
| TAB.2.4. TABLA DE CODIFICACION DE ESTRUCTURAS PARA REDES DE DISTRIBUCION | 38 |

| | |
|--|----|
| TAB.2.5.TABLA DE CODIFICACION DE ESTRUCTURAS PARA LINEAS DE DISTRIBUCION | 38 |
| TAB.2.6.TABLA DE DATOS PARA CALCULAR LA CAIDA DE TENSION | 39 |
| TAB 2.7 TABLA SELECTIVA DE ESLABON FUSIBLE PARA PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION MONOFASICOS | 44 |
| TAB 2.8 TABLA SELECTIVA DE ESLABON FUSIBLE PARA PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION TRIFASICOS | 45 |
| TAB 2.9 TABLA SELECTIVA PARA LA SECCION TRANSVERSAL DE CONDUCTORES DE BAJA TENSION DE LOS BORNES SECUNDARIOS DE UN TRANSFORMADOR | 46 |
| TAB 2.10 TABLA SELECTIVA DE FUSIBLE PARA BANCOS DE CAPACITORES | 47 |
| TAB 2.11 TIPOS DE CARGA | 56 |
| TAB 2.12 VALORES TIPICOS DE RESISTIVIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELOS | 66 |
| TAB 2.13 VALORES TIPICOS DE RESISTIVIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO | 67 |
| TAB 2.14 TIPOS Y CAPACIDADES DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS SUBTERRANEOS | 69 |
| TAB 3.1 CUADRO DE CARGAS PARA EL CALCULO DE TRANSFORMADORES | 95 |
| TAB 3.2 TABLA DE RESUMEN DE CONDUCTOR PARA EL CÁLCULO DE CAIDA DE TENSION L.D | 96 |

1. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

El mundo tiene una fuerte dependencia de la energía eléctrica. No es imaginable lo que sucedería si esta materia prima esencial para mover el desarrollo de los países llegase a faltar. Esta fuera de cualquier discusión la enorme importancia que el suministro de electricidad tiene para el hombre hoy, que hace confortable la vida cotidiana en los hogares, que mueve efectivamente el comercio y que hace posible el funcionamiento de la industria de la producción.

El desarrollo de un país depende de su grado de industrialización y este a su vez necesita de las fuentes de energía, especialmente de la energía eléctrica. Un sistema eléctrico de potencia tiene como finalidad la producción de energía eléctrica en los centros de generación (centrales térmicas e hidráulicas) y transportarla hasta los centros de consumo; ciudades, poblados, centros industriales, turísticos, etc.

Para ello es necesario disponer de la capacidad de generación suficiente y entregarla con eficiencia y de una manera segura al consumidor final. El logro de este objetivo requiere la realización de grandes inversiones de capital, de complicados estudios y diseños, de la aplicación de normas nacionales e internacionales muy concretas, de un riguroso planeamiento, del empleo de una amplia variedad de conceptos de ingeniería Eléctrica y de tecnología de punta.

De la investigación sobre materiales más económicos y eficientes, de un buen procedimiento de construcción e interventoría y por último de la operación adecuada con mantenimiento riguroso que garantice el suministro del servicio de energía con muy buena calidad.

El problema de la distribución es diseñar, construir, operar y mantener el sistema de distribución que proporcionara el adecuado servicio eléctrico al área de carga a considerarse, tomando en cuenta la mejor eficiencia en operación. Desafortunadamente no cualquier tipo de sistema de distribución puede ser empleado económicamente hablando en todas las áreas por la diferencia en densidad de carga, por ejemplo; no aplica el mismo sistema para una zona industrial que una zona rural debido a la cantidad de carga consumida en cada uno de ellos.

1.2 ESTADO DEL ARTE

Se tienen referencias de trabajos relacionados con el siguiente proyecto como los que mencionaremos a continuación; Análisis de sistemas eléctricos de distribución de (HughRudnick V.D.W.) El presente trabajo, presenta un paquete computacional interactivo intuitivo gráfico de análisis de sistemas de distribución en redes eléctricas primarias. Incorpora el diseño gráfico de una red eléctrica con una base relacional de datos.

Revista de enseñanza universitaria (Montaje y análisis de una red eléctrica de distribución) este artículo describe el diseño y desarrollo de la práctica consiste en un montaje a escala en un laboratorio de una red eléctrica de distribución. Requiere la manipulación de componentes electrónicos, así como el uso de paquetes informáticos que permitan el control de la red construida.

Simulación de flujos de potencia en sistemas eléctricos de distribución (Israel Angelino Hernández, David Monroy Gómez). En esta tesis se presentan conceptos básicos de modelaje y formulación de estudios de flujos de potencia en redes de distribución así como su solución mediante un paquete de cómputo comercial. Además se discuten los temas siguientes importantes, cálculos de parámetros de líneas aéreas y cables de distribución, conceptos sobre el modelado de transformadores, conceptos sobre el modelado de cargas y capacitores.

1.3 OBJETIVO

Diseñar y analizar una red de media tensión aérea y después compararla con una subterránea. Utilizando la tecnología GPS, distancio metro, páginas web, cámaras fotográficas.

1.4 JUSTIFICACION

Vale la pena hacer este proyecto, ya que con el análisis y diseño de redes de media tensión utilizando la tecnología mencionada en el objetivo nos facilita el proceso de diseño y construcción. Además se considera necesario el trabajo del análisis debido a que propone comparar métodos convencionales de diseño de redes de media tensión además propone comparar factibilidad y beneficios.

1.5 METODOLOGIA

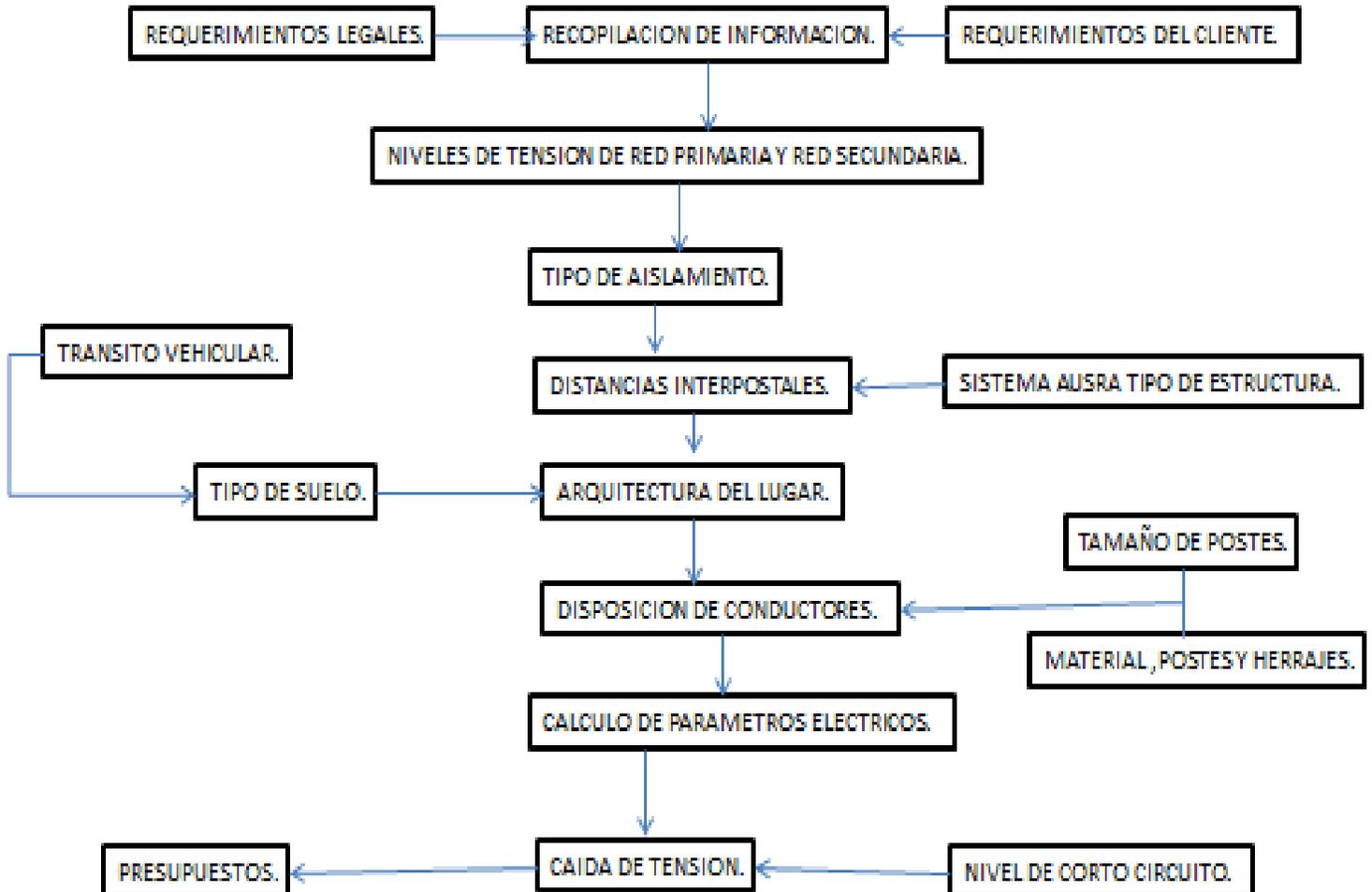


FIG 1.1 DIAGRAMA ABLOQUES DEL ANALISIS Y CALCULO DE REDES DE MEDIA TENSION AEREO.

2. Fundamento Teórico

2.1.1 ANALISIS DE LAS NORMAS AEREAS DE CFE.

Para entender el análisis de redes de media tensión debemos comprender la siguiente teoría que se plasma en este capítulo. La fig. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, y 2.6 muestran la simbología de líneas de media tensión aéreas.

SIMBOLOGÍA

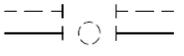
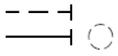
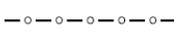
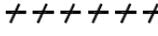
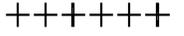
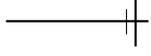
| ELEMENTO A REPRESENTAR | SÍMBOLO | VER NOTAS |
|--|--|-----------------|
| Línea aérea de media tensión |  | 2, 5, 6,7 y 20 |
| Línea aérea de media tensión particular |  | 2, 5, 6,7 y 20 |
| Línea aérea de baja tensión |  | 3, 4, 5,7 y 20 |
| Líneas aéreas de media tensión y baja tensión abiertas en un punto definido |  | 2, 3, 4, 7 y 20 |
| Cambio del número de fases o calibres en líneas aéreas de media tensión y baja tensión |  | 2, 3, 4, 7 y 20 |
| Remate de líneas aéreas de media tensión y baja tensión |  | 2, 3, 4, 7 y 20 |
| Cruce de conductores aéreos conectados |  | 2, 3, 6 y 20 |
| Línea telegráfica o telefónica |  | 7 |
| Línea aérea de baja tensión con cable múltiple |  | 3, 4, 5, 6 y 20 |
| Línea subterránea de media tensión |  | 2, 4 y 20 |
| Línea subterránea de baja tensión |  | 3, 4 y 20 |
| Circuito subterráneo de alumbrado en baja tensión |  | 3, 4 y 20 |
| Acometida subterránea en baja tensión |  | 3 |
| Acometida subterránea de media tensión |  | 2 |

Fig. 2.1 simbología de líneas aéreas

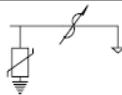
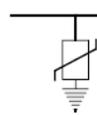
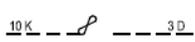
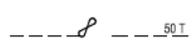
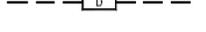
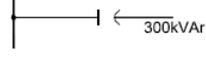
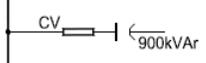
| ELEMENTO A REPRESENTAR | SÍMBOLO | VER NOTAS |
|--|--|-----------|
| Transición de línea de media tensión aérea a subterránea |  | 28, 29 |
| Transición de línea de baja tensión aérea a subterránea |  | |
| BANCOS DE TRANSFORMACIÓN | | |
| Transformador de distribución tipo poste |  | 12 |
| Transformador de distribución particular |  | 12 Y 35 |
| Transformador de distribución tipo pedestal |  | 13 |
| Transformador de distribución tipo sumergible |  | 13 |
| EQUIPO DE PROTECCIÓN Y DESCONEXIÓN | | |
| Apartarrayos |  | |
| Cortacircuito fusible de tres disparos |  | 29 |
| Cortacircuito fusible |  | 29 |

Fig. 2.2 simbología de líneas aéreas bancos de transformación, equipo de protección y desconexión.

| ELEMENTO A REPRESENTAR | SÍMBOLO | VER NOTAS |
|---|--|-----------|
| Seccionalizador |  | 27 |
| Restaurador |  | 24 y 27 |
| Desconectador |  | 25 |
| Cuchilla desconectadora de operación en grupo, con carga. |  | 25 |
| Cuchilla desconectadora monopolar de operación con pértiga. |  | 25 |

| EQUIPO DE REGULACIÓN Y CAPACITORES | | |
|---------------------------------------|--|----|
| Regulador de tensión |  | 30 |
| Autoelevador tipo distribución |  | 30 |
| Banco de capacitores tipo poste, fijo |  | 37 |
| Banco de capacitares automático. |  | 26 |

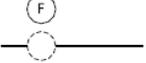
| ALUMBRADO PÚBLICO | | |
|--|--|--|
| Lámpara incandescente |  | |
| Lámpara de vapor de sodio |  | |
| Fotocelda |  | |
| Relevador para el control de alumbrado público |  | |
| Conexión a tierra |  | |

Fig.2.3 simbología de redes de media tensión (equipo de regulación y capacitores, alumbrado público).

| POSTES | | |
|-----------------------------|---|--|
| Poste de concreto reforzado |  | |
| Poste de madera |  | |
| Poste de acero troncocónico |  | |
| Poste existente |  | |

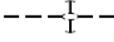
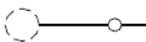
| RETENIDAS | | |
|------------------------------|--|---|
| Retenida de ancla |  | 8 |
| Dos retenidas con una ancla |  | 8 |
| Dos retenidas con dos anclas |  | 8 |
| Retenida de banqueta |  | 8 |
| Retenida de tempestad |  | 8 |
| Retenida de puntal |  | 8 |
| Retenida de estaca y ancla |  | 8 |
| Retenida de poste a poste |  | 8 |

Fig.2.4 simbología de redes de media tensión aérea (postes y retenidas).

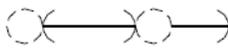
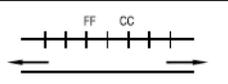
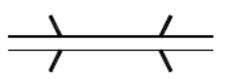
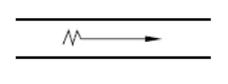
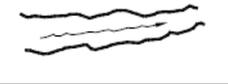
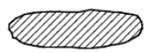
| | | |
|-----------------------------------|--|----|
| Retenida de poste a poste y ancla |  | 8 |
| VÍAS DE COMUNICACIÓN | | |
| Carretera pavimentada |  | 32 |
| Carretera de terracería |  | 32 |
| Brecha |  | 32 |
| Vía de ferrocarril |  | 33 |
| Puente |  | |
| Arroyo |  | |
| Canal de riego principal |  | |
| Río |  | |
| Pantano |  | |
| Tubos para agua |  | 34 |

Fig.2.5 simbología de líneas de media tensión (vías de comunicación).

| | | |
|---------------------------|--|----|
| Drenaje |  | 34 |
| Tubos para gas |  | 34 |
| Cable de televisión |  | 34 |
| Línea aérea telefónica |  | 34 |
| Canal de riego secundario |  | 34 |

| ELEMENTO A REPRESENTAR | SÍMBOLO | VER NOTAS |
|-----------------------------|---|-----------|
| Estanque o represa |  | |
| Área arbolada o de huertas |  | |
| Cercado con alambre de púas |  | |
| TIPO DE SERVICIO | | |
| Casa habitación |  | |
| Iglesia |  | |
| Escuela |  | |

| | | |
|--|--|----|
| Campamento |  | |
| Cementerio |  | |
| Molino de nixtamal |  | 31 |
| Bomba de agua potable o riego |  | |
| Pequeñas fabricas o talleres artesanales |  | 31 |
| Cárcamo |  | |

Fig. 2.6 simbología de líneas de media tensión (vías de comunicación y tipo de servicio).

2.1.2 Definición de algunos términos comúnmente utilizados en estas normas.

Acometida: Tramo de línea que conecta la instalación del usuario a la línea suministradora. **Aislar:** Interponer un elemento no conductor para evitar el flujo de la corriente eléctrica de un punto a otro. **Alinear:** Instalar postes o estacas en una trayectoria recta. **Amarre:** Alambre blando para sujetar los conductores a los aisladores de paso.

Amortiguar: Acción de atenuar en los conductores aéreos la amplitud de una onda causada por viento, golpe o vibración. **Área rural:** Son las localidades o áreas con menos de 5 000 habitantes. **Área urbana:** Son las localidades o áreas con 5 000 habitantes o más; o bien, las cabeceras municipales independientemente del número de habitantes. **Área de baja tensión:** Conjunto de transformador, línea de baja tensión y acometidas.

A tierra: Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

Accesible: Que admite acercarse; no está protegido por puertas con cerradura, ni por elevación, ni por otro medio eficaz. **Autoridad competente:** Secretaría de Energía; Dirección General de Gas L.P. y de Instalaciones eléctricas conforme con sus atribuciones.

Apisonar: Compactación del terreno para fijar un poste o ancla. **Balancear carga:** Distribuir equitativamente la carga entre las fases. **Bisectriz:** Línea imaginaria que divide un ángulo en dos partes iguales. **Boquilla:** Aislamiento rígido que sirve para conectar los conductores de entrada o salida al equipo eléctrico. **Brecha:** Franja de terreno libre de vegetación mínima necesaria para el trayecto de una línea. En vías de comunicación se debe entender como un acceso.

Conductor aislado: Conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos por la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización), como aislamiento eléctrico.

1) Conductores de cualquier tensión eléctrica que tengan cubierta o pantalla metálica continua efectivamente puesta a tierra, o bien cables diseñados para operar en un sistema de conexión múltiple a tierra de 22 kV o menos, que tengan una pantalla semiconductor sobre el aislamiento combinada con un adecuado sistema metálico para descarga, cuando estén soportados y cableados junto con un mensajero neutro desnudo puesto a tierra efectivamente.

2) Conductores de cualquier tensión eléctrica no incluidos en el subinciso anterior, que tengan una pantalla semiconductor continua sobre el aislamiento combinada con un adecuado sistema metálico para descarga, cuando estén soportados y cableados junto con un mensajero desnudo puesto a tierra efectivamente.

3) Conductores aislados sin pantalla sobre el aislamiento, que operen a tensiones eléctricas no mayores a 5 kV entre fases, o a 2,9 kV de fase a tierra.

Conductor forrado: Conductor rodeado de un material de composición o espesor no reconocidos por la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización), como aislamiento eléctrico. **Conductor desnudo:** Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor múltiple: Es el formado por un conductor desnudo o soporte y uno o varios conductores de aluminio o cobre aislados y dispuestos helicoidalmente alrededor del conductor desnudo. **Cable semiaislado:** Es un cable forrado, sin pantalla metálica que se debe usar en forma similar a un conductor desnudo.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: Conductor utilizado para conectar las partes Metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al electrodo de puesta a tierra. **Catenaria:** Curva que forma un conductor colgado de dos puntos. **Cepa:** Perforación en el terreno para hincar un poste o enterrar una ancla.

Cimentar: Agregar a una cepa materiales diferentes al extraído para mejorar la rigidez del terreno. **Coca:** Vuelta de un cable o hilo enredado. **Conector:** Dispositivo para unir electromecánicamente dos conductores. **Deflexión:** Cambio de dirección horizontal o vertical de una línea. El ángulo de deflexión es el que forma el eje de la nueva dirección con el eje de la anterior.

Densidad de rayos a tierra: Número de descargas atmosféricas en un km² que inciden en una región en un período de un año. **Derecho de vía:** Es una franja de terreno que se ubica a lo largo de la línea aérea cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha, y con la tensión eléctrica de operación. Ver NRF-014-CFE.

Desenergizar: Interrumpir la tensión eléctrica a una línea o equipo. **Distribución:** Parte del sistema eléctrico en alta, media y baja tensión, que tiene como objetivo el suministro de la energía eléctrica a los consumidores finales. **Empalme:** Conexión eléctrica y mecánica entre 2 conductores. **Empotrar:** Fijar un poste en el terreno. **Entorche:** Unión de dos cables o alambres trenzados entre sí.

Estacar: Señalar el punto donde se debe localizar una estructura. **Espaciamiento:** Distancia de centro a centro. **Estructura de transición:** Aquellos tramos de cable que estando conectados o formando parte de un sistema de líneas subterráneas, quedan arriba del nivel del suelo y están provistos de terminales, generalmente interconectadas a instalaciones aéreas, y que se soportan en estructuras.

Edificio: Construcción fija, hecha con materiales resistentes, para habitación humana o para otros usos. **Encerrado:** Rodeado por una carcasa, envolvente,

cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas **Energizado(a)**: Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferente potencial. **Equipo**: Término general que incluye dispositivos, aparatos y productos similares utilizados como partes de o en conexión con una instalación eléctrica.

Eslabón Fusible: Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobrecorriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica en un tiempo determinado. **Flecha**: Distancia medida verticalmente desde el punto más bajo del conductor hasta una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte.

Herraje: Accesorio, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función mecánica. **Hincar un poste**: Introducir un poste en su cepa. **Libramiento**: Altura mínima entre un conductor y el piso o alguna otra instalación. **Línea de Media tensión**: Línea cuya tensión eléctrica de operación está entre 1 000 y 34 500 V. **Línea de Baja tensión**: Línea cuya tensión eléctrica es menor de 1 000 V.

Línea rural: Línea de media tensión construida a campo traviesa (en despoblado). **Línea urbana**: Línea de Media Tensión construida en área urbana o población. **Línea aérea**: Aquella que está constituida por conductores desnudos, forrados o aislados, tendidos en el exterior de edificios o en espacios abiertos y que están soportados por postes u otro tipo de estructuras con los accesorios necesarios para su fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.

Línea de comunicación: Aquella que se usa para servicio de comunicación o de señales, que opera a no más de 1 kV entre fases. Entre las líneas de comunicación se incluyen las líneas de teléfonos, telégrafos, sistemas de señales de ferrocarriles, alarmas de bomberos y de policía, telecable, entre otros. **Longitud del claro**: Distancia horizontal entre dos estructuras consecutivas de una línea aérea.

Neutro: Punto de referencia eléctrico cuyo potencial con respecto a tierra es igual a cero en sistemas trifásicos balanceados. **Paramento**: Plano imaginario en el límite de una propiedad privada y una propiedad pública o derecho de vía. **Partes vivas**: Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, con potencial y que representan riesgo de descarga eléctrica.

Persona calificada: Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en la proyección, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.

Planchar un conductor: Eliminar deformaciones a un conductor. **Plomear**: Alinear el eje longitudinal de un poste con la vertical. **Puente**: Conexión aérea sin

tensión mecánica para unir eléctricamente dos conductores. **Ramal:** Línea que se deriva de otra principal. **Remate:** Fijación terminal de un conductor con tensión mecánica a una estructura. **Retenida:** Elemento que compensa la tensión mecánica de los conductores en la estructura. **Sobrecarga:** Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal.

Separación: Es la distancia de superficie a superficie. **Tendido de conductor:** Montaje de conductores en los apoyos de una estructura. **Tensar un cable:** Aplicarle la tensión mecánica correspondiente a la temperatura de instalación. **Tensión eléctrica:** Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, expresada en volts (V). **Tiempo de secas (estiaje):** Período del año en que el terreno tiene el mínimo de humedad.

Tierra: Punto de referencia cuyo potencial eléctrico es igual a cero. **Torzal:** Nombre dado a cada uno de los alambres que forman un cable. **Tramo flojo:** Tramo de línea menor a 40 m donde la tensión mecánica de los conductores es menor al 40 % de la indicada en la tabla de flechas y tensiones a la temperatura de instalación. **Trazar:** Definir una trayectoria de una línea.

Tensión eléctrica a tierra: Es la tensión eléctrica entre un conductor y tierra. **Tensión eléctrica nominal:** Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La profundidad de la cepa para empotrar postes está en función del tipo de terreno, de la altura, resistencia del poste y de su diámetro en el empotramiento. El diámetro de la cepa es de 50 cm como mínimo en todos los casos.

| EMPOTRAMIENTO POR TIPO DE SUELO (cm) | | | |
|---|---|--------------|------------------------|
| Altura (m) y resistencia (kg) del poste | Blando | Normal | Duro |
| | Arena, arcilla suelta y arcilla con arena | Tierra común | Tepetate, grava y roca |
| 7 - 600 | 140 | 120 | 100 |
| 9 - 450 | 160 | 140 | 120 |
| 12 - 750 | 190 | 170 | 150 |
| 13 - 600 | 200 | 180 | 160 |
| 14 - 700 | 210 | 190 | 170 |
| 15 - 800 | 220 | 200 | 180 |

Tabla 2.1 Empotramiento de postes por el tipo de suelo.

Análisis sobre tipos de terrenos.

1. Un terreno normal que se anega como tierra de cultivo se debe considerar como un terreno blando.

2. Un terreno blando es posible considerarlo como terreno normal si se compacta con piedras 30 cm en la base y 60 cm en la parte superior del empotramiento.
3. En áreas urbanas en que el poste está en banqueta terminada se considera como terreno normal.
4. Un terreno normal es posible considerarlo como terreno duro si se compacta con piedras de 30 cm en la base y 60 cm en la parte superior del empotramiento.
5. En zonas con actividad sísmica adicione 10 cm al empotramiento de la tabla anterior y si el terreno es blando proceda como se indica en el punto 2.
6. En líneas rurales con terreno blando o normal se debe agregar una capa de 30 cm de piedra en la parte superior de la cepa.
7. En caso de que no se tenga la tabla, se puede utilizar la fórmula siguiente para terreno normal:
Profundidad del empotramiento = Altura del poste en cm/10 + 50 cm.

2.1.3 CEPAS

1. La profundidad de las cepas debe ser de 140 cm para que la inclinación del perno ancla sea de 45°.
2. El perno ancla debe quedar 20 cm fuera del nivel del piso terminado y se hace una zanja para que el perno ancla quede alineado al punto de sujeción del cable de retenida en la estructura. El perno ancla a usar es el 1PA.
3. Para la ubicación de la cepa para la instalación de la retenida debe ser de acuerdo con las dimensiones indicadas en la siguiente figura 2.7.

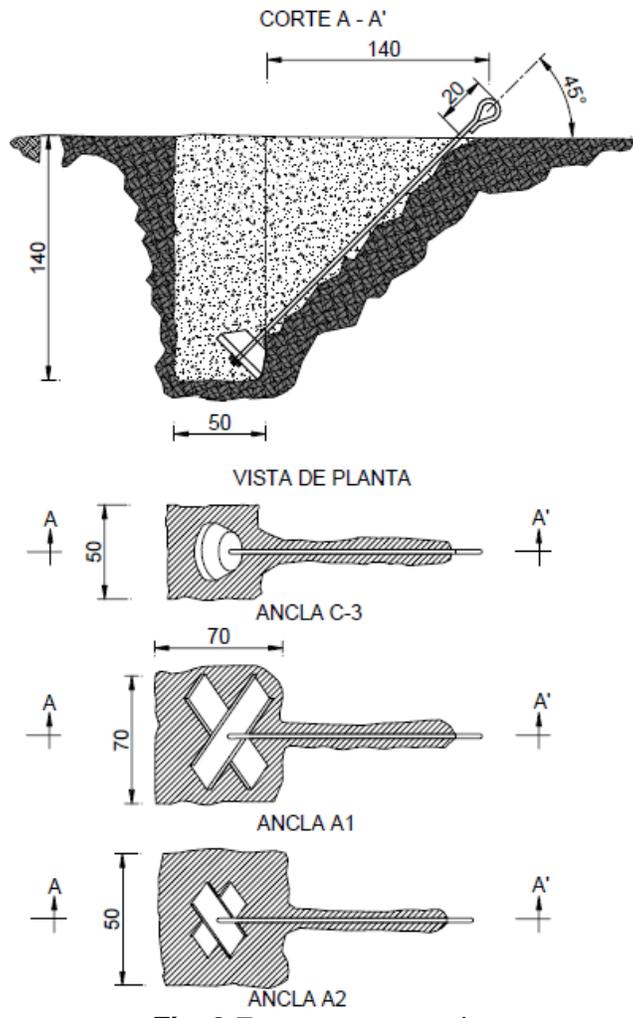


Fig. 2.7 *sepas para anclas.*

4. Las anclas deben quedar recargadas en la pared de la cepa.

Las dimensiones de las cepas deben ser de acuerdo al tamaño de las anclas, más 10 cm de tolerancia para su acomodo

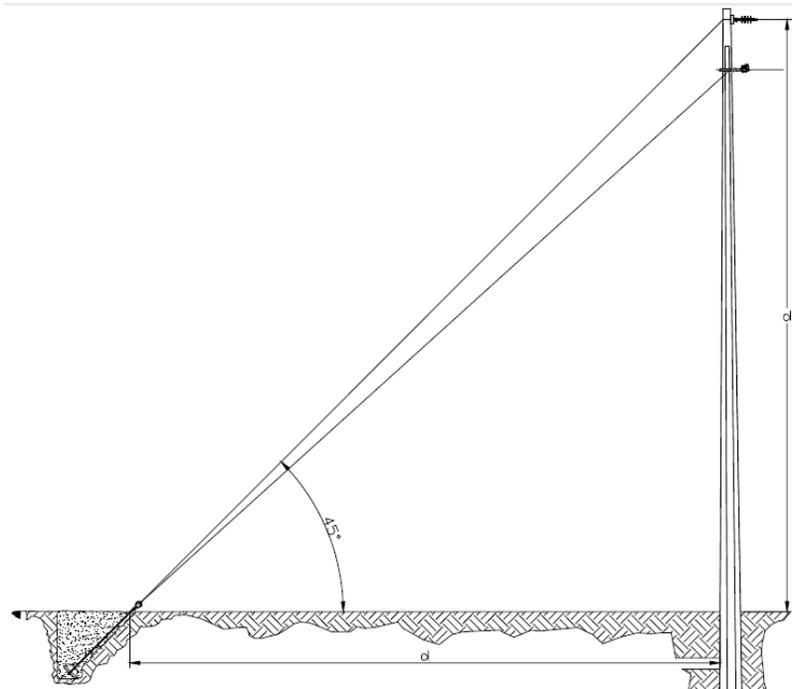


Fig.2.8 inclinación del perno ancla.

5. El relleno de la cepa debe hacerse con el mismo material extraído del terreno, compactándolo cada 20 cm.

6. En terreno blando, el relleno de la cepa del ancla se compacta con piedras de 10 cm de diámetro hasta formar una capa de 60 cm de espesor sobre la base de la cepa, como se muestra en la figura siguiente:

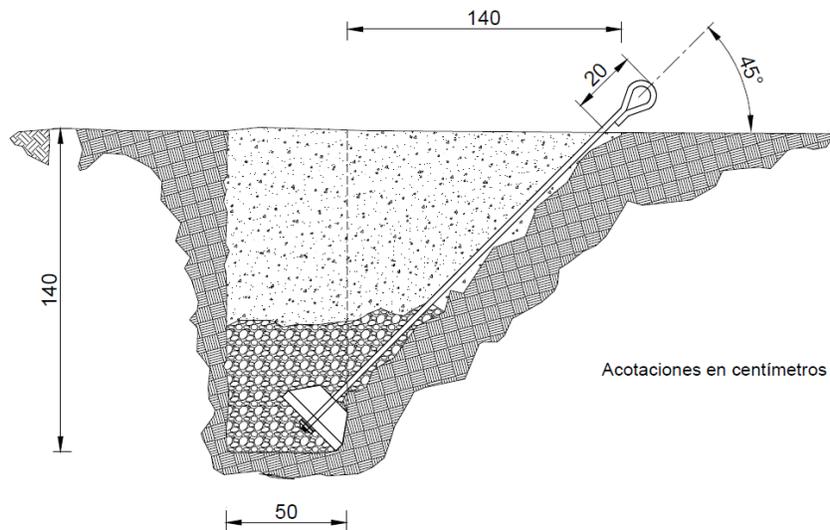


Fig.2.9 especificaciones de empotramiento del perno ancla.

EMPOTRAMIENTO DE POSTES

La cepa para hincar el poste debe tener un diámetro mínimo de 50 cm y una profundidad indicada en la norma **03 00 02** en función del tipo de terreno. Verifique que la cepa esté centrada con el eje de la línea.[1]

1. Inserte el poste en la cepa y céntralo en la misma.
2. Gire el poste para que la cara con las características del mismo quede del lado del tránsito.
3. Con el material extraído rellene la cepa con una capa de 20 cm alrededor del poste y compactelo.

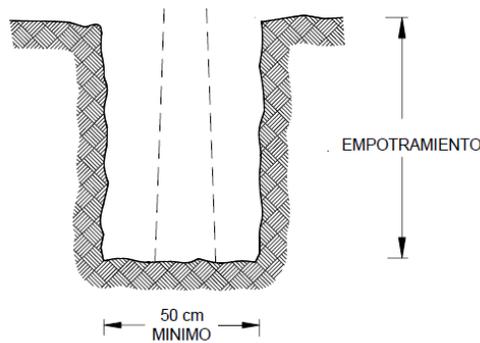


Fig.2.10 empotramiento de poste.

4. Plomear el poste y continúe relleno la cepa en capas de 20 cm compactando cada una de ellas.
5. En lugares donde no exista banqueta debe quedar un pequeño montículo de tierra sobre el nivel de piso, aproximadamente de 10 cm alrededor del poste y compactándolo.

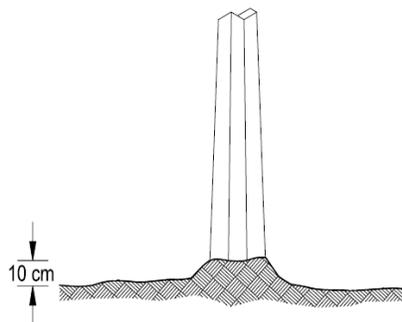


Fig.2.11 vista del empotramiento de un poste.

6. Cuando se utilice piedra en el empotramiento, deben añadir agregados finos (tierra y arena) para eliminar huecos entre las piedras y mejorar la compactación.

7. En terreno blando sobreponga el poste en una base de piedra de 30 cm de espesor.

CEPAS EN BANQUETA

Antes de hacer una cepa, compruebe con quien corresponda la existencia de instalaciones de agua, gas, drenaje, teléfono, cables eléctricos o fibra óptica, para no dañarlas.

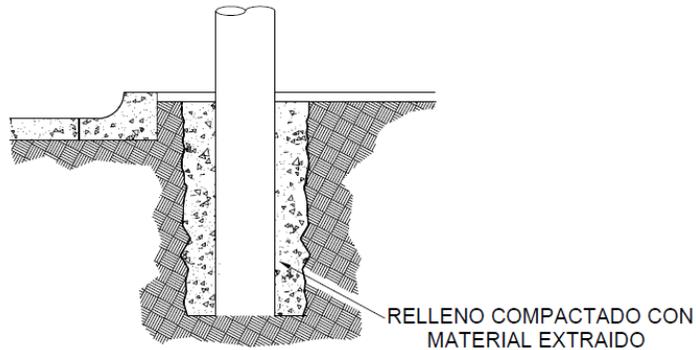
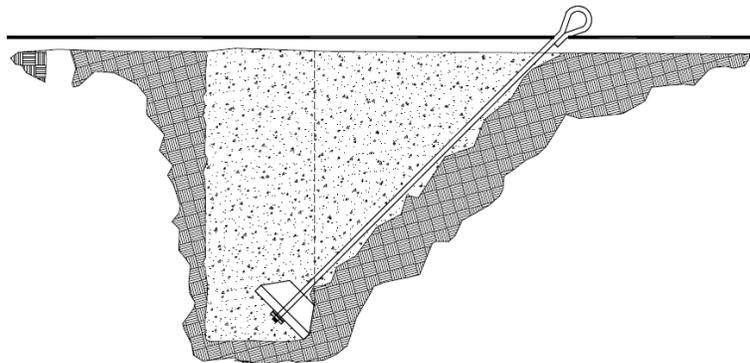


Fig.2.12 rellenado de una cepa.

Cuando la cepa se tenga que hacer sobre la banquetta, procure afectarla lo menos posible. Posteriormente debe repararla de manera similar a su estado original, esto mismo debe hacerse cuando se retire algún poste.



Cuando quite una retenida, nunca deje que el ojo del perno ancla sobresalga del suelo; córtelo y repare la banquetta procurando dejarla de manera similar a su estado original.

Fig.2.13 empotramiento de un perno.

Después de hacer la perforación neumática o mecánicamente, inserte el perno ancla previamente doblado con su tuerca y rellene con mortero, dejando un pequeño montículo en la superficie. Empleando las alternativas que se muestran en los dibujos según sea el caso, que la roca se encuentre superficial o a cierta profundidad. Como lo indica la figura 2.14.

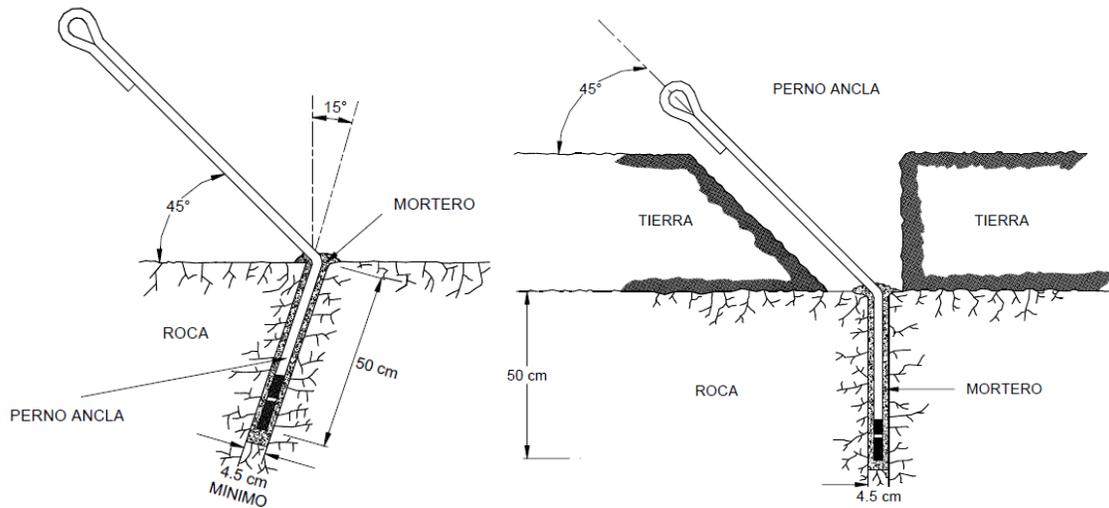


Fig.2.14 especificaciones de empotramiento de un perno ancla.

CIMENTACIÓN DE POSTES DE ACERO

El empotramiento de los postes de acero siempre está determinado por la distancia de la base al centro del refuerzo del poste. En caso de empotrarlo en terreno rocoso, se puede cortar en la base para empotrarlo a la profundidad indicada en la norma **03 00 02**. El centro del refuerzo debe quedar a nivel de piso.[1]

En caso de que el terreno sea muy húmedo o salitroso, cubra la parte del poste que queda empotrada con impermeabilizante y envuelva toda esa sección con mantas previamente impregnadas con el mismo impermeabilizante.

Cuando el terreno no sea rocoso o no exista una base firme, coloque el poste sobre un ancla de concreto como se muestra en la figura 2.15. No use este tipo de poste cuando el nivel freático sea menor a 2 m.

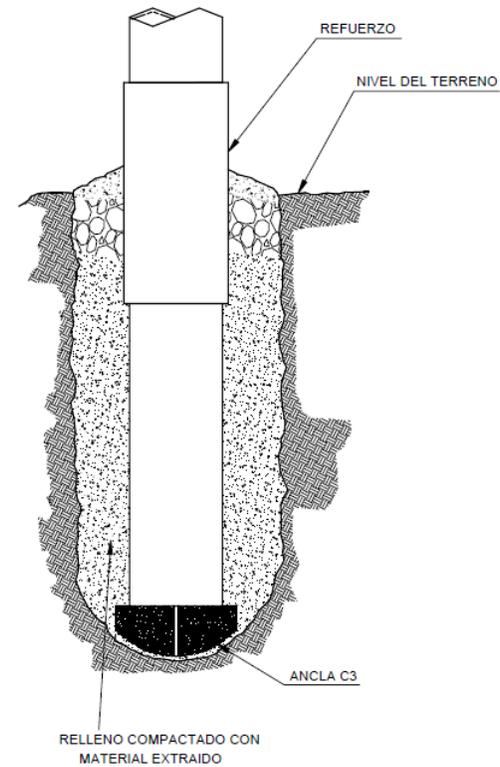


Fig.2.15 empotramiento de un poste de acero.

COMPACTACIÓN DE CEPAS

El poste debe quedar al centro de la ceba. La separación del poste a la pared de la ceba debe permitir la entrada libre del pisón y de la piedra que se adicione. El tamaño máximo de la piedra debe ser de la mitad de distancia S . Se debe efectuar una compactación uniforme alrededor del poste en cada capa de 20 cm de material de relleno en la ceba. Cuando se usen piedras, los huecos que se forman deben quedar bien rellenos de tierra o arena.

A la ceba para el ancla hacerle una cavidad para recargarla en terreno firme. Se debe hacer también una ranura para que el perno ancla quede instalado con el ángulo requerido por la retenida. Como se indican en las figuras 2.16 y 2.17.

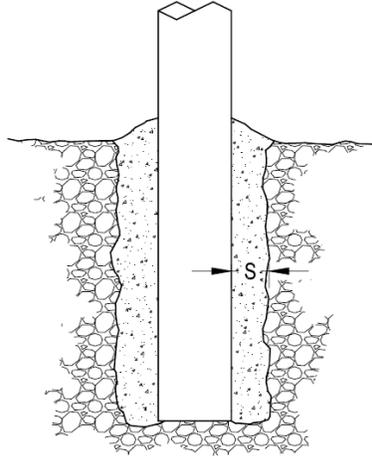


Fig.2.16 compactación de una cepa con poste de acero.

Para compactación en condiciones normales, el relleno para la cepa del ancla no requiere de otros materiales diferentes al extraído. Al finalizar el relleno de una cepa, deje un pequeño montículo de material compactado, para evitar encharcamiento y para que con el tiempo, el terreno quede en su nivel.

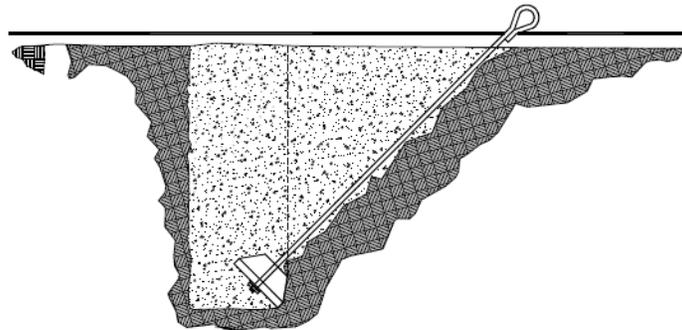


Fig.2.17 relleno para cepa de un ancla.

COMPACTACIÓN DE CEPAS

La compactación en las cepas para retenidas de banquetta debe hacerse relleno y apisonando la tierra extraída revuelta con piedras. El perno ancla debe quedar pegado a la pared de la cepa. La cepa para retenida de banquetta se debe cavar a partir de la colindancia del paramento con la banquetta, a una distancia máxima entre éste y la retenida de 5 cm. Para compactar en terrenos blandos utilice piedra de aproximadamente 20 cm de diámetro como se indica en la figura 2.18.

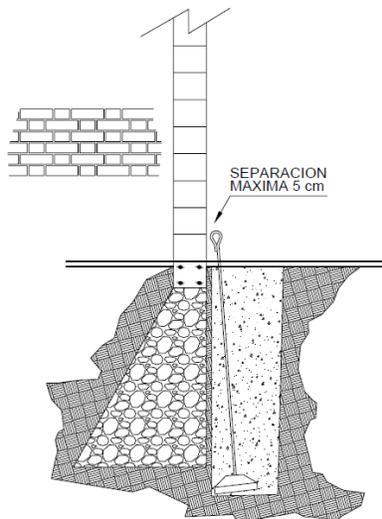


Fig.2.18 compactación de cepa para retenida de banqueteta.

PROTECCIÓN A POSTES

Utilice protectores para postes en aquellos lugares en que las condiciones de tránsito de vehículos sean riesgosas para las instalaciones o donde se tengan antecedentes al respecto. En especial se deben proteger las líneas troncales.

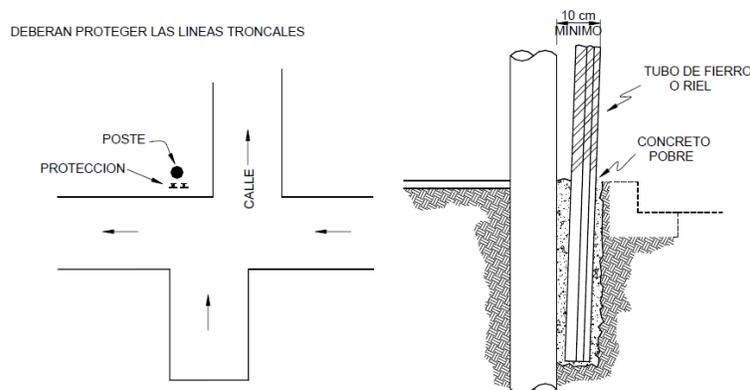


Fig.2.19 especificaciones de protección a postes.

Las protecciones deben ser de 2 m de longitud y empotrarse 1,2 m en concreto pobre, inclinándolas ligeramente en sentido contrario al tráfico. Posteriormente, pintarle franjas diagonales a 45° con pintura anticorrosiva negra y amarilla alternadamente. Separar el poste del cordón un mínimo de 20 cm.

1. Durante las actividades de construcción de líneas en áreas urbanas, es necesario tomar precauciones adicionales a las del trabajo para proteger a terceros o sus bienes, por lo que invariablemente el área de trabajo se debe acordonar, en especial áreas con intenso tráfico o el paso de peatones. 2. Cuando se tiendan conductores, instalar avisos de precaución para orientar al peatón y extremar las medidas de seguridad con los vehículos para evitar que se

enganchen con la línea. 3. Las cepas abiertas se deben cubrir con tarimas o tapas cuando no se instale de inmediato el poste o ancla.

4. Los cables de acero y los remates preformados que se utilicen para sujeción al perno ancla, deben estar bien enrollados sobre el cable de retenida sin dejar puntas sueltas que puedan rasgar o enganchar a los peatones.

5. Se debe cortar todo perno ancla que no tenga uso para que no sobresalga del nivel del piso.

6. Una vez terminado el trabajo, el lugar debe quedar limpio de los materiales producto de la construcción de la línea.

2.1.4 CORTACIRCUITO FUSIBLE

Los cortacircuitos fusible para equipo, se instalan en un nivel inferior y en una cruceta independiente a la cruceta de la línea. Los cortacircuitos fusible se instalan en la cruceta en el punto donde se ubican las perforaciones para los aisladores.

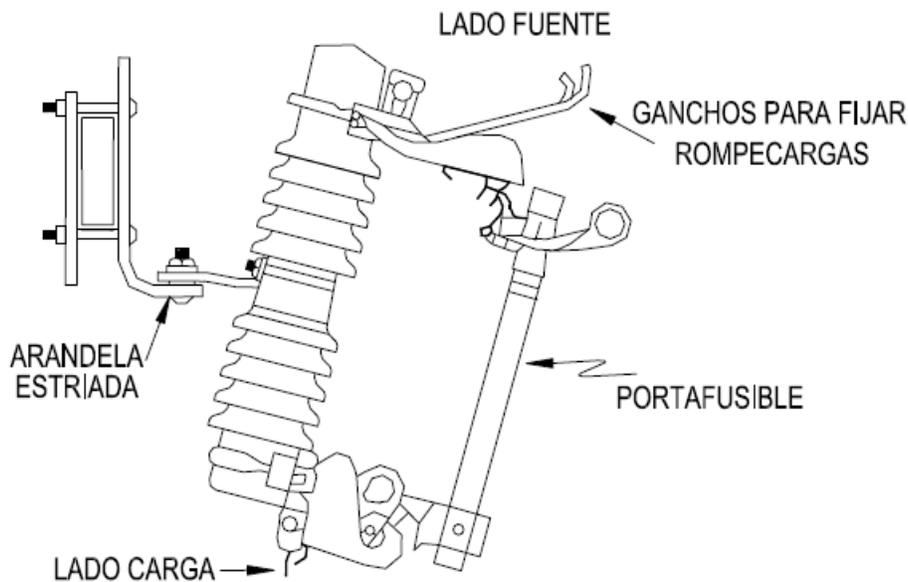


Fig.2.20 partes de un cortacircuito fusible.

Las conexiones eléctricas de las líneas al cortacircuito y de éste al equipo o línea que alimente, deben ser con conductor de cobre. La posición de los cortacircuitos debe quedar orientada de tal forma que facilite su operación (apertura o cierre) con el uso de la pértiga. Vea dibujo.

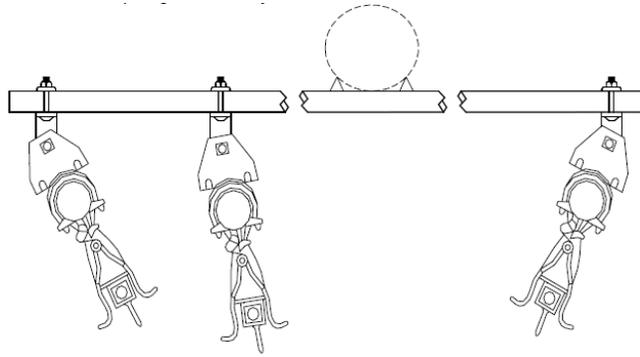


Fig.2.21 vista aérea de la posición de cortacircuitos.

La fijación y la posición del apartarrayo en la cruceta se muestran en el dibujo siguiente:

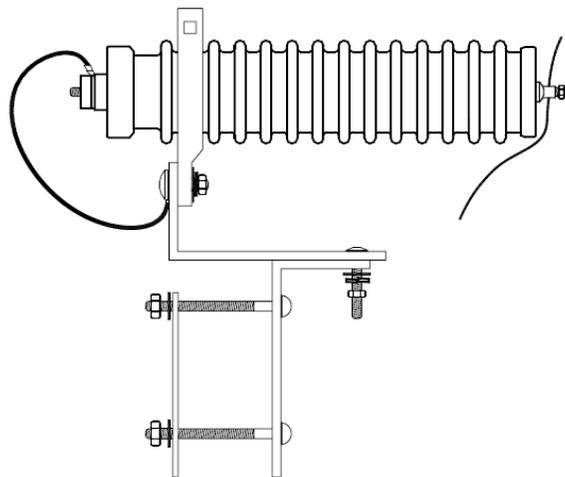


Fig.2.22 posición de la instalación de un apartarrayos.

La conexión de la fase al apartarrayo debe ser continúa de paso al cortacircuito o equipo, dejando una pequeña curva para que no quede rígida esta interconexión.

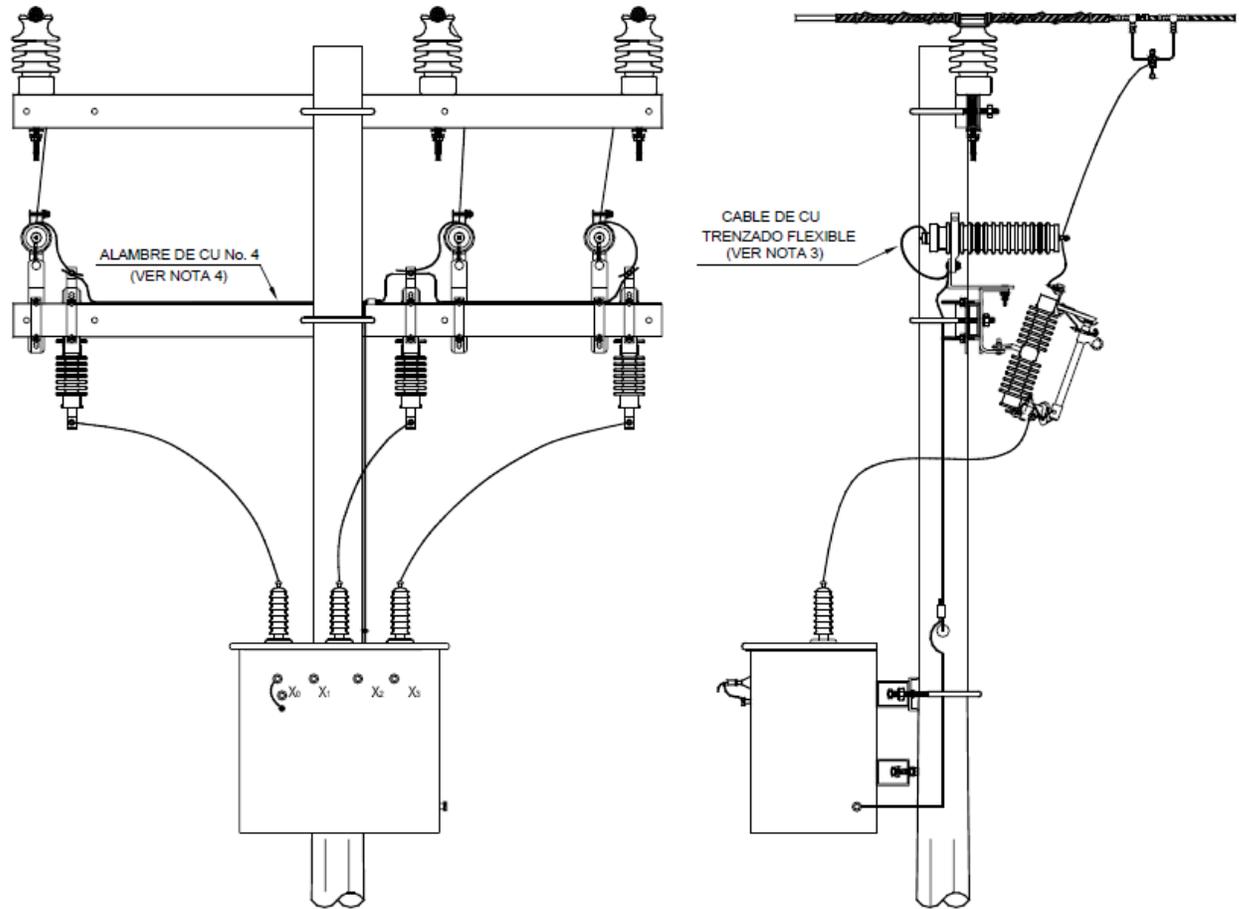


Fig.2.23 vista frontal y lateral de la instalación de un apartarrayos.

El cable de cobre trenzado flexible, incluido como accesorio para la conexión a tierra, se aprieta firmemente al herraje de sujeción del apartarrayo. La conexión para tierra se debe efectuar interconectando las colillas de los apartarrayos, mediante un alambre de cobre N° 4 de una sola pieza apoyado sobre la cruceta, el cual debe conectarse a la bajante para tierra mediante un conector.

2.2. LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN AEREAS.

2.2.1 Generalidades

Se consideran estructuras de líneas de media tensión todas aquellas que soporten conductores cuya operación sea de 13 hasta 33 kV. En líneas de media tensión se consideran tramos cortos los menores de 65 m y tramos largos los mayores de 65

m. Los primeros se construyen principalmente en zonas urbanas puesto que están determinados por los tramos en instalaciones de baja tensión, en tanto que los segundos se construyen por lo general en zonas rurales.

Se consideran conductores ligeros hasta:

| | |
|----------|-----|
| Cobre 2 | AWG |
| ACSR 1/0 | AWG |
| AAC 3/0 | AWG |

Conductores de calibre mayor se consideran pesados. El cable de guarda y el neutro corrido se instalan del lado del tránsito vehicular. La bajante a tierra debe quedar en la cara del poste del lado del tránsito vehicular. En líneas con cable de guarda o neutro corrido se debe instalar una bajante de tierra cada dos estructuras. En lugares con fuertes vientos, se debe instalar a las estructuras, retenidas tipo tempestad.

En una estructura en donde se construyan dos niveles del mismo circuito por cambios de dirección o deflexiones de la línea, el lado fuente debe estar en la parte superior de la misma. Se debe verificar manualmente que en el caso de movimiento de los puentes por efectos de viento no se reduzcan las distancias mínimas establecidas. En lugares donde exista vandalismo se recomienda la instalación del aislador tipo poste PD sintético en estructuras de paso.

En electrificación de colonias o fraccionamientos urbanos, las caídas de voltaje de la línea de media tensión desde el punto de conexión al punto extremo o crítico de esa electrificación, no debe exceder el 1%. El conductor mínimo a utilizar en líneas de media tensión, es el cable de cobre 1/0, ACSR 1/0 y AAC 1/0.

CODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSIÓN

Este sistema de codificación se usa para croquis, módulos de materiales y designación de estructuras de líneas de media tensión. La clave de codificación consta de cuatro dígitos para el primer nivel y de tres dígitos para los siguientes. Los dos primeros dígitos son alfabéticos e indican la forma o la función de la estructura, como se indica a continuación:

| DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|--------|-----------------------|
| | TS | Te, Sencilla |
| | TD | Te, Doble |
| | CT | Cadena en T |
| | PS | Puntaposte Sencillo |
| | PD | Puntaposte, Doble |
| | RD | Remate, Doble cruceta |
| | AD | Anclaje, Doble |

Fig.2.24 simbología y codificación de estructuras de líneas de media tensión.

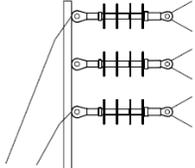
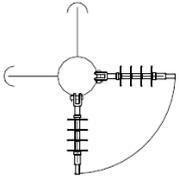
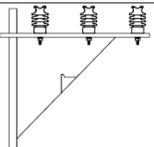
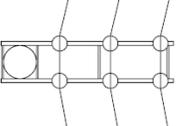
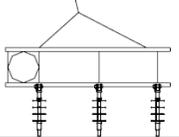
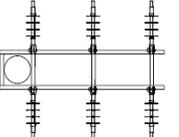
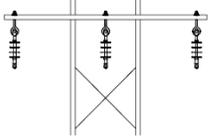
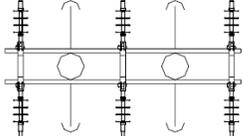
| | | |
|---|----|-----------------------|
|  | DP | Deflexión, de Paso |
|  | DA | Deflexión, de Anclaje |
|  | VS | Volada, Sencilla |
|  | VD | Volada, Doble |
|  | VR | Volada, Remate |
|  | VA | Volada, Anclaje |
|  | HS | Hache, de Suspensión |
|  | HA | Hache, de Anclaje |

Fig.2.25 simbología y codificación de estructuras de líneas de media tensión.

Fig.2.23

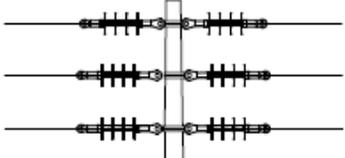
| DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
|---|--------|----------------|
|  | AP | Anclaje, Poste |

Fig.2.26 especificaciones de estructuras de media tension.

2. El tercer dígito indica el número de fases.

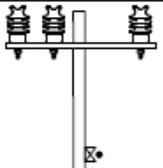
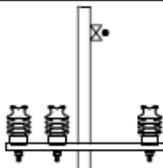
Ejemplo:

| DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
|---|--------|-----------------------|
|  | TS3 | Te, sencilla, 3 fases |

Fig.2.27 especificaciones de estructuras de media tension.

3. El cuarto dígito indica la posición del neutro o guarda.

Ejemplo:

| DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
|---|--------|---------------------------------------|
|  | TS3N | Te, sencilla, 3 fases, neutro corrido |
|  | TS3G | Te, sencilla, 3 fases, guarda |

4. Cuando la estructura tenga varios niveles, se codificará el primer nivel conforme lo indicado (excepto en las estructuras tipo D o AP, ya que se considera un nivel por circuito).

a) El segundo nivel debe codificarse únicamente con los tres primeros dígitos, puesto que el cuarto dígito es común para toda la estructura. La clave del segundo nivel se describe en seguida de la del primer nivel, separadas por una diagonal.

Ejemplo:

| DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|----------|--|
| | TS3N/RD3 | Te, Sencilla, 3 fases, Neutro corrido, Remate Doble cruceta, 3 fases |

Fig.2.28 especificaciones de estructuras de media tensión.

b) En los casos de tres niveles o más, se aplicará el mismo sistema de codificación.

| DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|--------------|--|
| | TS3N/RD3/TS2 | Te, Sencilla, 3 fases, Neutro corrido, Remate Doble cruceta, 3 fases, Te, sencilla, 2 fases. |

Fig.2.29 especificación de estructuras de media tensión.

5. En el caso de que en un mismo nivel se tengan diferentes condiciones en ambos lados de la estructura, utilizar un guion (-) para indicar la diferencia.

Ejemplo:

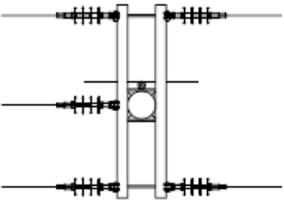
|  | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
|---|----------|--|
| | AD3N-AD2 | Anclaje, Doble, 3 fases, Neutro corrido, Anclaje, Doble, 2 fases. |

Fig.2.30 especificacion de estructuras de media tension.

| TABLA PARA CODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS | | | | | | |
|---|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
| Estructura | Fases | | | | | |
| | 1 | | 2 | | 3 | |
| | Neutro Corrido | Guarda | Neutro Corrido | Guarda | Neutro Corrido | Guarda |
|  | | | TS2N | TS2G | TS3N | TS3G |
|  | | | TD2N | TD2G | TD3N | TD3G |
|  | PS1N | | | | PS3N | |
|  | PD1N | | | | PD3N | |
|  | | | RD2N | RD2G | RD3N | RD3G |
|  | RP1N | RP1G | | | | |
|  | | | AD2N | AD2G | AD3N | AD3G |
|  | AP1N | AP1G | AP2N | AP2G | AP3N | AP3G |
|  | DA1N | DA1G | DA2N | DA2G | DA3N | DA3G |
|  | DP1N | DP1G | DP2N | DP2G | DP3N | DP3G |

Tab 2.2. tabla para codificacion de estructuras.

| TABLA PARA CODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS | | | | | | |
|---|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------------|
| Estructura | Fases | | | | | |
| | 1 | | 2 | | 3 | |
| | Neutro Corrido | Guarda | Neutro Corrido | Guarda | Neutro Corrido | Guarda |
|  | VS1N | | VS2N | | VS3N | |
|  | VD1N | | VD2N | | VD3N | |
|  | VR1N | | VR2N | | VR3N | |
|  | VA1N | | VA2N | | VA3N | |
|  | | CT1G | | CT2G | | CT1G/ CT2 |
|  | | | | | | HS3G |
|  | | | | | | HA3G |

Tab.2.3 tabla para codificacion de estructuras.

| ESTRUCTURA PARA REDES DE DISTRIBUCION | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| FASES | SISTEMA | TS | TD | PS | PD | RD | RP | AD | AP | VS | VD | VR | VA |
| 1 | Neutro corrido | | | PS1N | PD1N | | RP1N | | AP1N | VS1N | VD1N | VR1N | VA1N |
| 2 | Neutro corrido | TS2N | TD2N | | | RD2N | | AD2N | AP2N | VS2N | VD2N | VR2N | VA2N |
| 3 | Neutro corrido | TS3N | TD3N | PS3N | PD3N | RD3N | | AD3N | AP3N | VS3N | VD3N | VR3N | VA3N |

Tab.2.4 tabla de codificación de estructuras para redes de distribución.

| ESTRUCTURAS PARA LINEAS DE DISTRIBUCION | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|
| FASES | SISTEMA | TS | TD | PS | PD | RD | RP | AD | AP | DP | DA | CT | HS | HA |
| 1 | Neutro corrido | | | PS1N | PD1N | | RP1N | | AP1N | DP1N | DA1N | | | |
| | Neutro de guarda | | | | | | RP1G | | AP1G | DP1G | DA1G | CT1G | | |
| 2 | Neutro corrido | TS2N | TD2N | | | RD2N | | AD2N | AP2N | DP2N | DA2N | | | |
| | Neutro de guarda | TS2G | TD2G | | | RD2G | | AD2G | AP2G | DP2G | DA2G | CT2G | | |
| 3 | Neutro corrido | TS3N | TD3N | PS3N | PD3N | RD3N | | AD3N | AP3N | DP3N | DA3N | | | |
| | Neutro de guarda | TS3G | TD3G | | | RD3G | | AD3G | AP3G | DP3G | DA3G | CT1G/ CT2 | HS3G | HA3G |

Tab.2.5 tabla de codificación de estructuras para líneas de distribución.

Importante: Considerar para estructuras de líneas aéreas de media tensión de 13 a 33 kV, se debe usar como mínimo poste de concreto de 12 m.

2.2.2 CALCULOS DE CAÍDA DE TENSIÓN EN LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN

Para calcular la caída de tensión, utilice los datos de la siguiente tabla para todas las tensiones eléctricas nominales de las líneas de media tensión de distribución en todas las estructuras normales, menos en las estructuras tipo C y H. Se supone un sistema trifásico balanceado.

- Multiplique la caída de tensión correspondiente al calibre y material del conductor por la corriente de fase y por la longitud en kilómetros. La caída de tensión es entre fases.
- El conductor AAC se considera similar al ACSR en este parámetro.

| CAÍDA DE TENSIÓN POR AMPERE POR KILÓMETRO | | | | | | | |
|---|----------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Conductor | | Factor de potencia en % | | | | | |
| Calibre AWG o kCM | Material | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1/0 | CU | 0,964 | 0,946 | 0,920 | 0,881 | 0,808 | 0,595 |
| 3/0 | CU | 0,778 | 0,753 | 0,718 | 0,668 | 0,590 | 0,375 |
| 250 | CU | 0,657 | 0,628 | 0,588 | 0,537 | 0,460 | 0,252 |
| 1/0 | ACSR | 1,247 | 1,247 | 1,237 | 1,213 | 1,154 | 0,953 |
| 3/0 | ACSR | 0,962 | 0,946 | 0,922 | 0,882 | 0,811 | 0,6 |
| 266,4 | ACSR | 0,740 | 0,718 | 0,687 | 0,644 | 0,573 | 0,375 |
| 336,8 | ACSR | 0,673 | 0,647 | 0,614 | 0,567 | 0,493 | 0,297 |
| 477 | ACSR | 0,588 | 0,56 | 0,523 | 0,474 | 0,401 | 0,209 |

Tab.2.6 tabla de datos para calcular la caída de tensión.

Datos calculados en base a 25° C y una distancia media geométrica de 1.38 m (de los conductores). Frecuencia de 60 Hz.

$$\Delta V \approx \sqrt{3} I (R \cos\theta + X \sin\theta)$$

R y **X** son las resistencia y la reactancia total del conductor, en ohms. θ es el ángulo del factor de potencia de la carga.

Ejemplo: carga de 500 kW, factor de potencia de 90%, voltaje 13 kV, conductor ACSR 3/0 AWG y distancia de 2.5 Km, tres fases.

$$\text{Corriente en Amperes} = \frac{KW}{F.P. * 1.73 * kv} = \frac{500}{0.9 * 1.73 * 13.2} = 24.3A$$

$$\text{Caída de tensión} = 0.88222 * 24.3 * 2.5 = 53.58 V.$$

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA TIPO T

La estructura tipo TS sirve para soportar conductores de líneas de media tensión sin absorber el esfuerzo de la tensión mecánica, solo los debidos al efecto de viento o pequeñas tensiones mecánicas como las del tramo flojo o alguna pequeña deflexión, para este tipo de estructuras el claro máximo interpostal depende fundamentalmente de:

La estructura tipo TS se usa en líneas en medias tensiones urbanas y rurales. Esta estructura se utiliza siempre y cuando cumpla con la separación horizontal y vertical a construcciones indicados en la **02 00 04**, en caso contrario úsese estructuras VS.2. Para ángulos mayores a los limitados por la estructura TS, es necesario consultar las limitaciones de las estructuras tipo, para seleccionar la adecuada al requerimiento.[1]

La altura mínima del poste a utilizar en líneas de media tensión es de 12 m. En áreas urbanas verificar que la estructura T cumpla con los libramientos requeridos indicados en la Norma **02 00 03**, en caso contrario seleccionar la estructura adecuada. En líneas rurales con sistemas 3F-4H con conductores pesados, el neutro se deberá llevar como hilo de guarda.[1]

En líneas rurales de 3 fases construidas con estructuras tipo TS, la fase central se alternará en cada poste (en zig-zag). En áreas urbanas, la fase del centro siempre debe ir al lado de la calle. La posición de las crucetas en el poste se debe alternar, es decir, una del lado fuente y la siguiente en el lado de la carga.

La estructura tipo P se utilizará en líneas rurales cuando las características del terreno lo requieran. Por la separación entre fases que presenta esta estructura, puede tener un claro mayor al de la estructura TS, de acuerdo a los cálculos de esta norma este comportamiento se presenta para estructuras en zonas con viento de 120 km/h, no es posible aprovechar la utilización de estas estructuras, debido a que el poste es el que rige el claro máximo. Desde el punto de vista mecánico ésta estructura es similar a la TS, por lo tanto aplican los criterios de diseño de esas estructuras.

La estructura tipo P sólo se utilizará en áreas rurales. Ejemplo: en la siguiente figura se observa que la línea está construida con estructuras tipo TS, pero en éste caso, por limitación de separación entre fases, es necesario utilizar la estructura PS o PD.

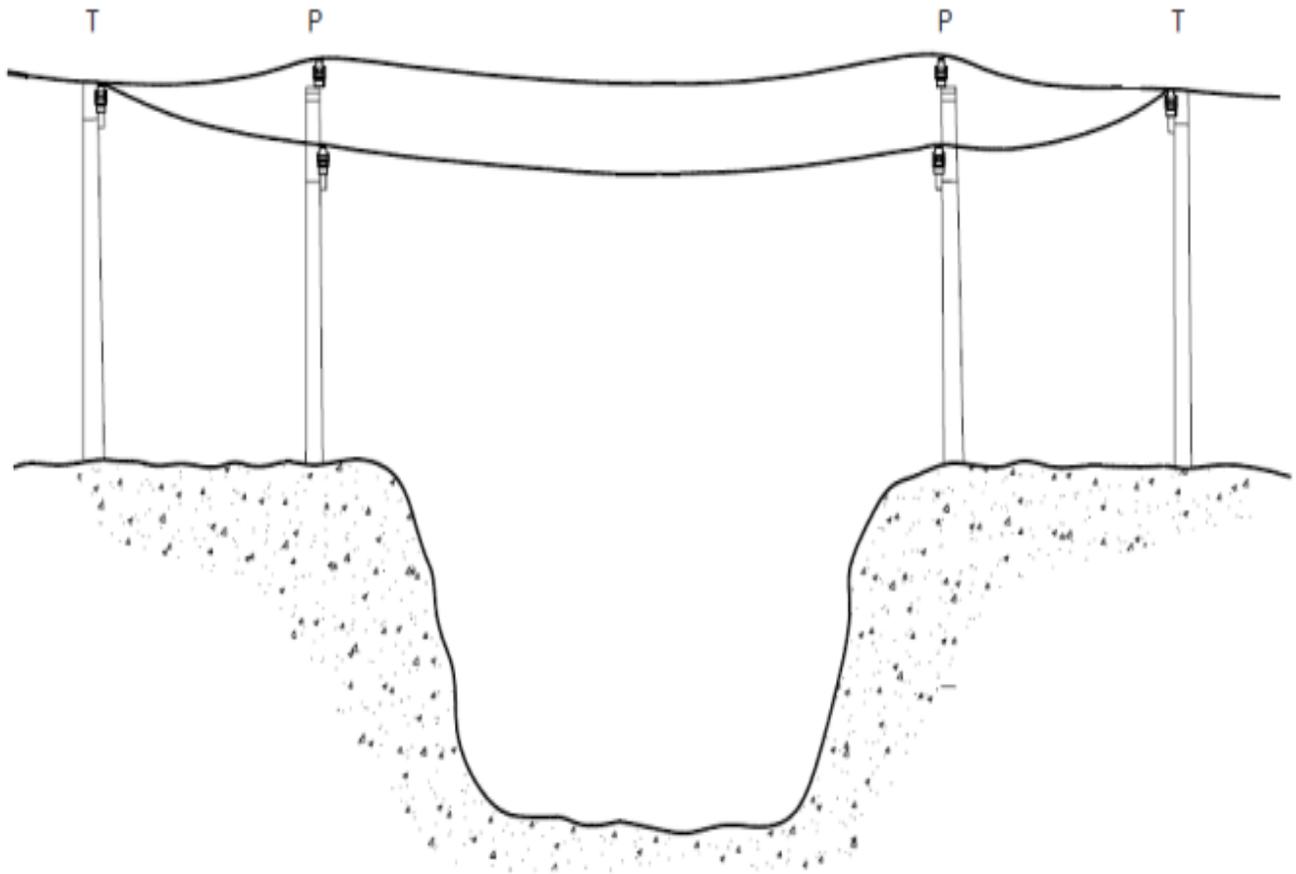


FIG.2.31 especificaciones de la estructura tipo PS, PD.

La estructura tipo H solo se utilizará en terrenos abruptos y/o para grandes tramos interpostales, como en el cruce de ríos donde no se pueda utilizar estructura P o C. En los claros horizontales que se proporcionan ya se revisó la separación entre fases de la estructura. a) Básicamente una línea de distribución construida con estructuras H es similar a una línea de subtransmisión. Debido a esto el diseñador de la línea deberá ser especialista en el diseño de líneas de subtransmisión.

b) El uso de estas estructuras requiere de un estudio topográfico para determinar el perfil del terreno. c) Una vez determinado el perfil del terreno, se localizaran las estructuras verificando los libramientos a piso.

RETENIDAS

La retenida es un elemento mecánico que sirve para contrarrestar las tensiones mecánicas de los conductores en las estructuras y así eliminar los esfuerzos de flexión en el poste. Las retenidas se instalan en sentido opuesto a la resultante de la tensión de los conductores por retener. Generalmente se deben de anclar en el piso con un ángulo de 45°; para colocarlas en ángulos diferentes se deben analizar los esfuerzos mecánicos.

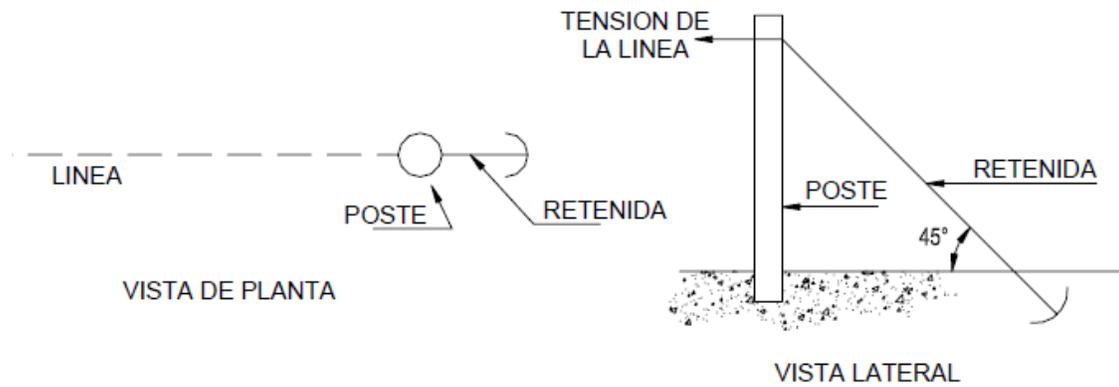


FIG.2.32 partes y especificaciones de retenidas.

La codificación de las retenidas está compuesta por tres dígitos alfabéticos. El primero será la letra R de retenida y los dos siguientes dígitos son indicativos del nombre del tipo de retenida, anotándose en estos la primera letra de las palabras que la describen, tal como se indica en las siguientes figuras.

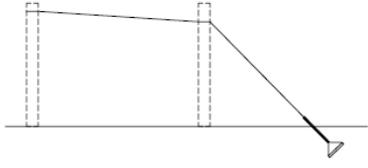
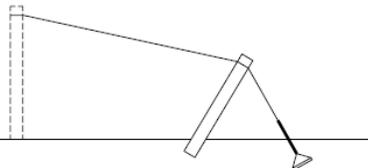
| DISPOSICIÓN DE RETENIDAS | CLAVE | NOMBRE |
|---|-------|---------------------------|
|  | RPA | Retenida a poste y ancla |
|  | REA | Retenida a estaca y ancla |

Fig.2.33. codificación de retenidas.

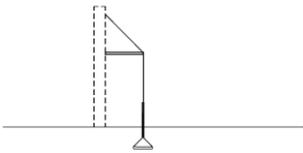
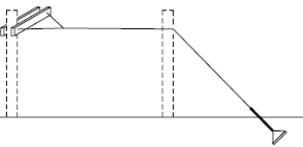
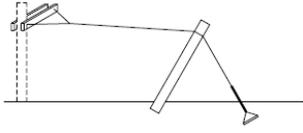
| | | |
|--|-----|----------------------------------|
|  | RBA | Retenida de banqueta y ancla |
|  | RVP | Retenida volada a poste y ancla |
|  | RVE | Retenida volada a estaca y ancla |
|  | RPP | Retenida poste a poste |

Fig.2.33 codificación y tipos de retenidas.

SISTEMAS DE TIERRA

La seguridad del personal y equipo es de primordial importancia en los sistemas de distribución, por lo que el neutro y la conexión a tierra tienen la misma importancia que las fases energizadas. Normalmente los sistemas de tierra deben construirse con alambre de cobre semiduro desnudo de 5.19 mm de diámetro (calibre N° 4 AWG) mínimo.

Nunca se deben utilizar conductores de ACSR o AAC. La bajante para tierra en nuevas instalaciones se debe de instalar en el interior del poste, para el caso de instalaciones existentes se podrá instalar por el exterior utilizando protector TS. La resistencia de tierra debe tener un valor máximo de 25Ω en tiempo de secas, cuando el terreno este húmedo debe tener un máximo de 10Ω .

Todos los neutros contiguos y bajantes de tierra deben estar interconectados, independientemente que no correspondan al mismo circuito o área en baja tensión. Para áreas de alta incidencia de vandalismo y cuando la bajante de tierra se instale por fuera del poste, se optará por utilizar alambre ACS 3 N° 9. Para áreas de contaminación, todos los conectadores a utilizar serán de cobre a compresión.

La bajante para tierra está compuesta por conductor de cobre conectado a uno o varios electrodos para tierra y equipos de la estructura. En conjunto, el sistema de tierra debe tener la resistencia máxima indicada en el punto 4 de la norma **09 00 01**. Si la resistencia es mayor de los valores indicados, aplicar la norma **09 00 04**. [1]

La bajante a tierra debe ser una, sin empalmes, el extremo inferior conectado al electrodo y el superior directamente al cable de guarda, equipo y/o neutro del transformador. A la bajante se deben conectar las terminales para tierra de los apartarrayos mediante un conector, así como también las pantallas metálicas de cables aislados; para transformadores ver norma **04 E0 04**. [1]

El orificio del ducto para la bajante a tierra en el poste se ubica a 1,8 m del extremo superior y otro a 1,5 m de la base. La bajante se instala en el poste antes de hincarlo en la cepa, dejando suficiente conductor libre para las conexiones.

SELECCIÓN DEL ESLABON FUSIBLE PARA TRANSFORMADORES

Nota: La siguiente tabla no es aplicable para transformadores particulares (industriales o de bombeo) cuyo tipo y ciclo de carga es diferente a la red de distribución.

| TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| kVA | TENSIÓN DEL PRIMARIO | | | | | | | | | | | |
| | Una boquilla | | | | | | Dos boquillas | | | | | |
| | 13200/7620 | | 22860/13200 | | 33000/19050 | | 13200 | | 23000 | | 33000 | |
| | I | F | I | F | I | F | I | F | I | F | I | F |
| 5 | 0,66 | 0,50 | 0,38 | 0,50 | 0,26 | 0,50 | 0,38 | 0,50 | 0,22 | 0,50 | 0,15 | 0,50 |
| 10 | 1,31 | 1,5 | 0,76 | 0,75 | 0,52 | 0,50 | 0,76 | 0,75 | 0,43 | 0,50 | 0,30 | 0,50 |
| 15 | 1,97 | 2 | 1,14 | 1 | 0,79 | 0,75 | 1,14 | 1 | 0,65 | 0,75 | 0,45 | 0,50 |
| 25 | 3,28 | 3 | 1,89 | 2 | 1,31 | 1,5 | 1,89 | 2 | 1,09 | 1 | 0,76 | 0,75 |
| 37,5 | 4,92 | 5 | 2,84 | 3 | 1,97 | 2 | 2,84 | 3 | 1,63 | 1,5 | 1,14 | 1 |
| 50 | 6,56 | 6 | 3,79 | 4 | 2,62 | 3 | 3,79 | 4 | 2,17 | 2 | 1,52 | 1,5 |
| 75 | 9,84 | 10 | 5,68 | 6 | 3,94 | 4 | 5,68 | 6 | 3,26 | 3 | 2,27 | 2 |
| 100 | 13,12 | 12 | 7,57 | 8 | 5,24 | 5 | 7,57 | 8 | 4,34 | 5 | 3,03 | 3 |
| 167 | 21,91 | 20 | 12,6 | 12 | 8,76 | 8 | 12,65 | 12 | 7,26 | 7 | 5,06 | 5 |

Tab.2.7. Tabla selectiva de eslabón fusible para protección contra sobrecorriente en transformadores de distribución monofásicos.

I. Corriente nominal en media tensión.

F. Capacidad nominal del eslabón fusible.

Nota: 1. Utilice eslabón fusible tipo universal, con velocidad estándar, K y fraccionario.

Nota: 2 La siguiente tabla no es aplicable para transformadores particulares (industriales o de bombeo) cuyo tipo y ciclo de carga es diferente a la de una red de distribución.

| TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|------|-------|------|-------|------|
| kVA | TENSIÓN DEL PRIMARIO | | | | | |
| | 13200 | | 23000 | | 33000 | |
| | I | F | I | F | I | F |
| 15 | 0,66 | 0,75 | 0,38 | 0,50 | 0,26 | 0,50 |
| 30 | 1,31 | 1,5 | 0,75 | 0,75 | 0,52 | 0,50 |
| 45 | 1,97 | 2 | 1,13 | 1 | 0,79 | 0,75 |
| 75 | 3,28 | 3 | 1,88 | 2 | 1,31 | 1 |
| 112,5 | 4,92 | 5 | 2,82 | 3 | 1,97 | 2 |
| 150 | 6,56 | 6 | 3,77 | 4 | 2,62 | 3 |

Tab.2.8. Tabla selectiva de eslabón fusible para protección contra sobrecorriente en transformadores de distribución trifásicos.

I.- Corriente nominal en media tensión.

F.- Capacidad nominal del eslabón fusible.

Nota: 1. Utilice eslabón fusible de tipo universal con velocidad estándar, K y fraccionario.

Todas las conexiones desde la línea de media tensión a los apartarrayos, cortacircuitos fusible y de estos al transformador, así como las conexiones a tierra de los apartarrayos y la bajante de tierra, serán con alambre de cobre semiduro desnudo, calibre N° 4 AWG. Todas las conexiones de los bornes secundarios de las fases y neutro del transformador a la línea de baja tensión deben ser con cable

de cobre especificación CFE E0000-03 CONDUCTORES CON AISLAMIENTO TERMOPLÁSTICO PARA INSTALACIONES HASTA 600 V, PARA 75° C. La sección transversal se seleccionará en base a la tabla siguiente:

| Transformadores monofásicos | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| kVA | Corriente nominal (A) | Calibre del conductor | |
| | | Fase (AWG o kCM) | Neutro (AWG) |
| 10 | 41 | 2 | 2 |
| 15 | 63 | 2 | 2 |
| 25 | 104 | 2 | 2 |
| 37,5 | 156 | 1/0 | 2 |
| 50 | 208 | 1/0 | 2 |
| 75 | 312 | 3/0 | 1/0 |
| 100 | 417 | 250 | 3/0 |
| Transformadores trifásicos | | | |
| kVA | Corriente nominal (A) | Calibre del conductor | |
| | | Fase (AWG o kCM) | Neutro (AWG) |
| 15 | 36 | 2 | 2 |
| 30 | 79 | 2 | 2 |
| 45 | 118 | 1/0 | 2 |
| 75 | 197 | 3/0 | 1/0 |
| 112,5 | 295 | 3/0 | 1/0 |
| 150 | 394 | 250 | 3/0 |

Tab. 2.9. tabla selectiva para la sección transversal de conductores de baja tensión, de los bornes secundarios de un transformador.

La conexión del neutro al tanque del transformador y de ahí a la bajante debe ser con cable semiduro, desnudo No. 4 AWG. Ver norma **04 E0 04**. En caso de cambiar un transformador, verifique que los conductores de conexión a la línea de baja tensión sean los adecuados para la capacidad del nuevo transformador.[1]

SELECCION DE FUSIBLE PARA BANCOS DE CAPACITORES

Tabla para la selección del eslabón fusible para protección contra sobrecorriente en bancos de capacitores. Use eslabón fusible tipo universal velocidad K.

| SELECCIÓN DE FUSIBLE PARA BANCOS DE CAPACITORES | | | | | | |
|---|---------|----|----------|----|----------|----|
| | 7 960 V | | 13 800 V | | 19 900 V | |
| kVAR | In | F | In | F | In | F |
| 300 | 12,56 | 12 | 7,24 | 6 | 5,02 | C |
| 600 | 25,12 | 25 | 14,49 | 12 | 10,04 | 10 |
| 900 | 37,69 | 40 | 21,74 | 20 | 15,06 | 12 |

Tab.2.10 tabla selectiva de fusible para bancos de capacitores.

In = Corriente Nominal.

F = Capacidad nominal del eslabón fusible.

El capacitor está diseñado para soportar un sobre voltaje de 10% sin pérdida de vida útil; esta sobretensión provocara una sobrecarga del 21%. Para abrir los cortacircuitos fusible de un banco de capacitores invariablemente utilice el rompecargas (loadbuster). Si existe desconectador, se debe abrir primero, y posteriormente con el rompecargas abrir los cortacircuitos. Utilice guantes dieléctricos.

Antes de trabajar en un banco de capacitores que haya estado energizado, es necesario esperar cinco minutos después de desconectarlo de la línea para que se descargue a través de su resistencia interna. Posteriormente, con un conductor aislado, coloque en corto circuito las boquillas de cada unidad monofásica. Para esta maniobra utilice guantes dieléctricos. Deje las boquillas conectadas en corto circuito hasta finalizar el trabajo. Para cerrar el banco, cierre los CCF y después el desconectador.



Fig.2.34. SEÑAL DE SEGURIDAD PARA BANCOS DE CAPACITORES

2.2.3 Generalidades Cables eléctricos.

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 plomo.

Conductor con revestido: conductor en el cual cada alambre consiste en una parte interna de un metal y una cascara 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 elastomérico 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 de aislamiento: pantalla que consta de dos elementos: una capa semiconductor no metálica que se aplica 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. Esta puede también proveer superficies suaves en los límites del aislamiento y ayuda en la eliminación de espacios en estas fronteras.

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, 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.

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.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar el (los) electrodo(s) 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 este alimentado desde una acometida común o a la fuente de un sistema derivado separadamente.

Conductor puesto a tierra: conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra.

2.2.4 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 a 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.

2.3 Análisis de las Normas de Distribución – Construcción – Instalaciones subterráneas en Media y Baja Tensión.

2.3.1 Generalidades

La elaboración de diseños de sistemas subterráneos, debe realizarse en forma eficiente, con la máxima economía, sin menoscabo del cumplimiento de los lineamientos incluidos en esta Norma. 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.

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.

Perspectivas y aplicaciones

Perspectiva

Las siguientes especificaciones son normas para el diseño y construcción de todos los Sistemas de Distribución Subterránea de la Comisión Federal de Electricidad. Deben seguirse lo más cerca posible por la CFE y contratistas. Para cualquier desviación derivada de una situación específica no contemplada en estas normas, 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 Norma, 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.

Aplicaciones

En general se aplicarán estas Normas 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.

2.3.2 Tipos de sistemas aplicables en instalaciones subterráneas Media tensión

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. 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.

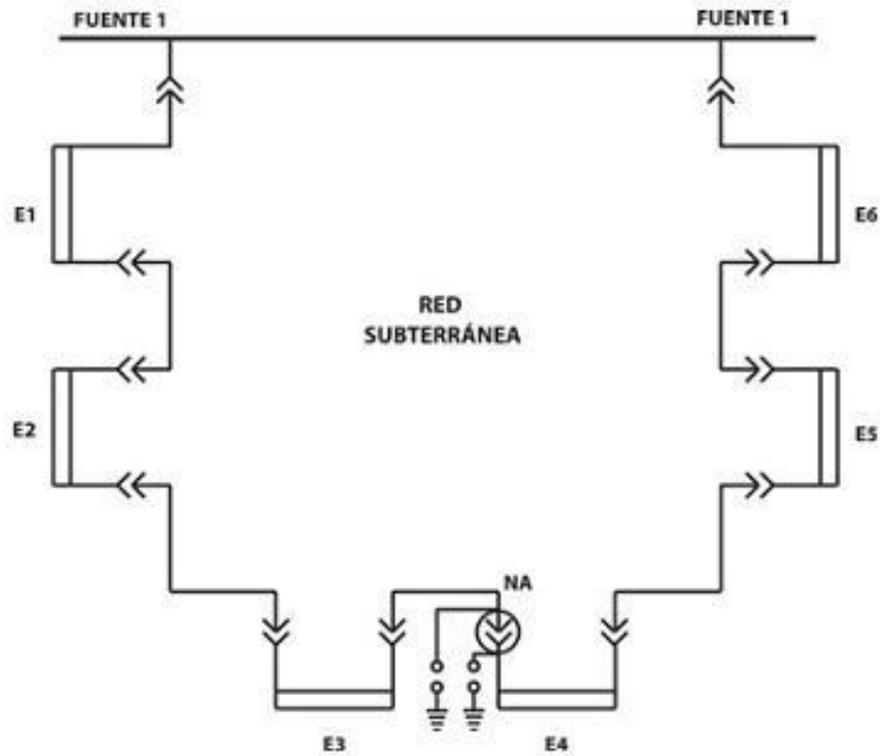


Fig.2.35 configuración anillo operación radial.

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.

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

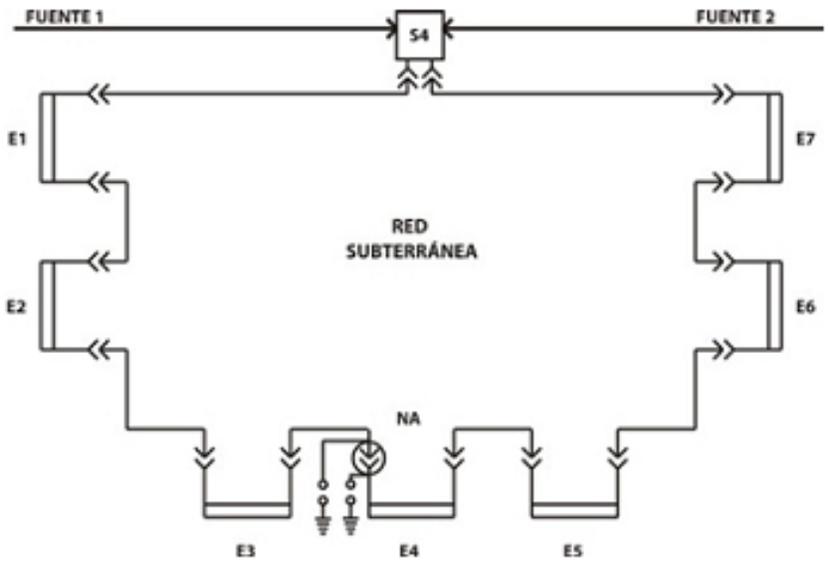


Fig.2.36. configuración anillo conectando las fuentes a un mismo equipo o accesorio de la red.

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

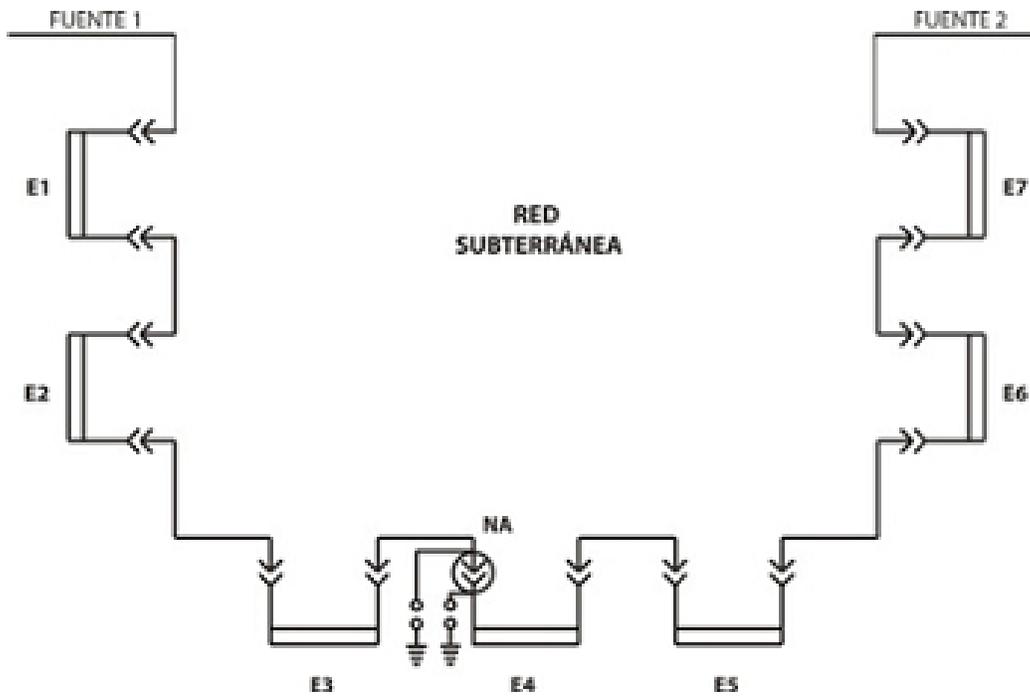


Fig.2.37. configuración anillo conectando las fuentes a diferentes equipos o accesorios de la red.

Configuración en anillo operación radial con tres fuentes de alimentación. Conectadas las fuentes a un mismo equipo de la red.

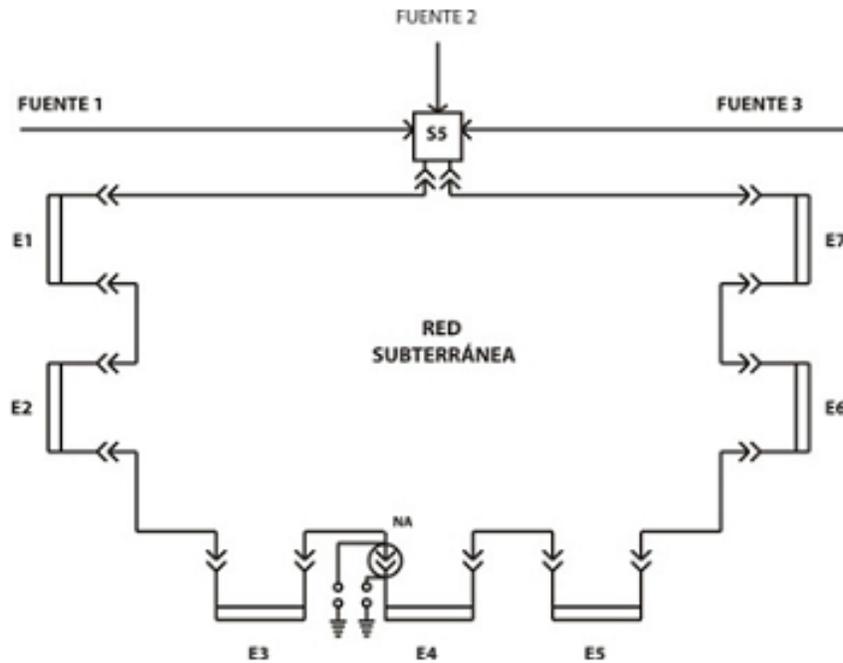


Fig.2.38. configuración en anillo operación radial con tres fuentes de alimentación, conectadas las fuentes a un mismo equipo de la red.

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

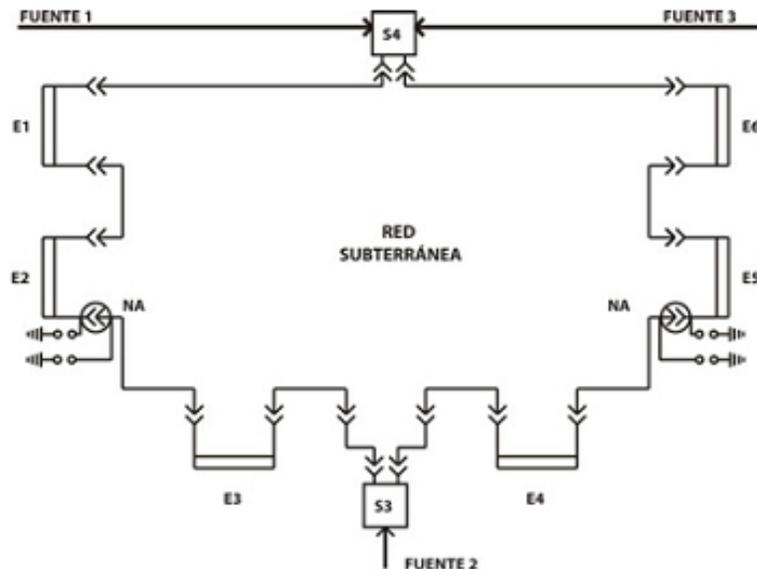


Fig.2.39 configuración en anillo conectando las fuentes a diferentes equipos o accesorios de la red.

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.

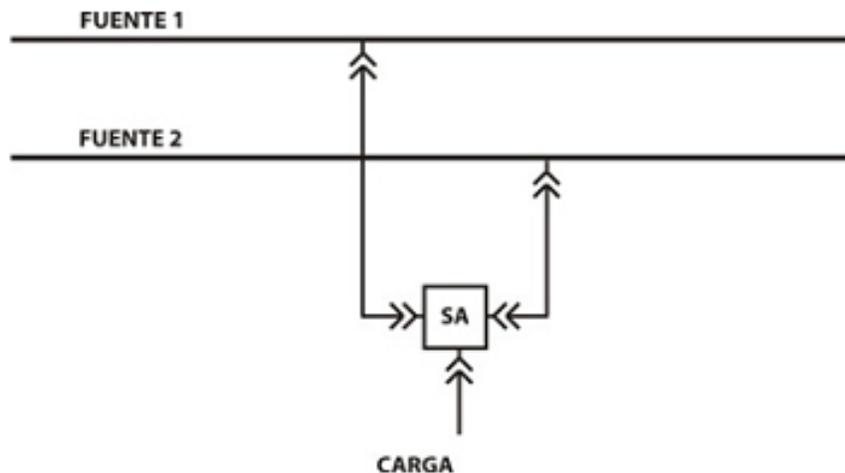


Fig.2.40. sistema en anillo operación radial con dos fuentes de alimentación.

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.

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

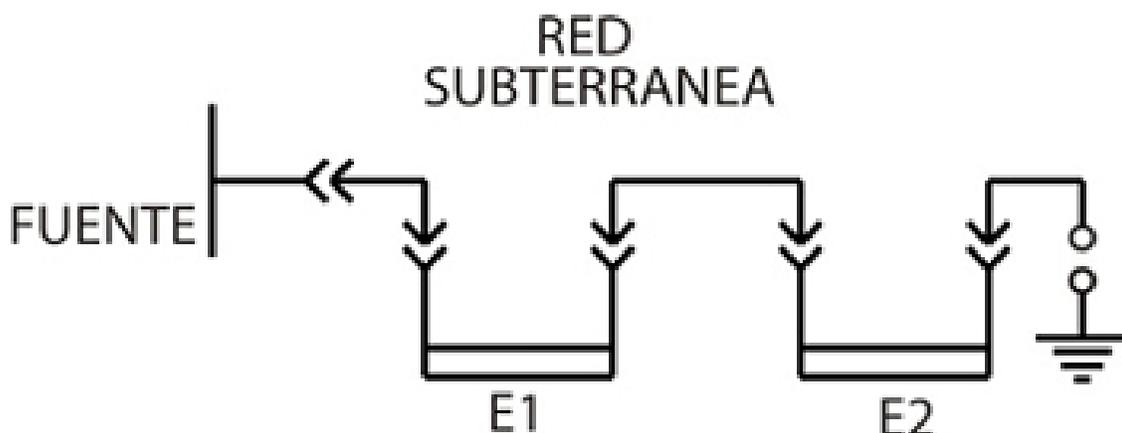


Fig.2.41. configuración radial.

2.3.3 Sistema de distribución de 200 a.

Es aquél en el cual la corriente alterna, 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 a 34,5 kV) aéreos o subterráneos, la configuración debe ser conforme se indica. 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 | CONFIGURACION |
|---------------|----------------------|
| RESIDENCIAL | 1F-2H O 3F-4H |
| COMERCIAL | 3F-4H |
| INDUSTRIAL | 3F-4H |

Tab 2.11. tipos de carga.

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

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. 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 Ω en época de estiaje y menor a 5 Ω en época de lluvia, debiendo ser todas las conexiones del tipo exotérmica o comprimible.

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. 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).

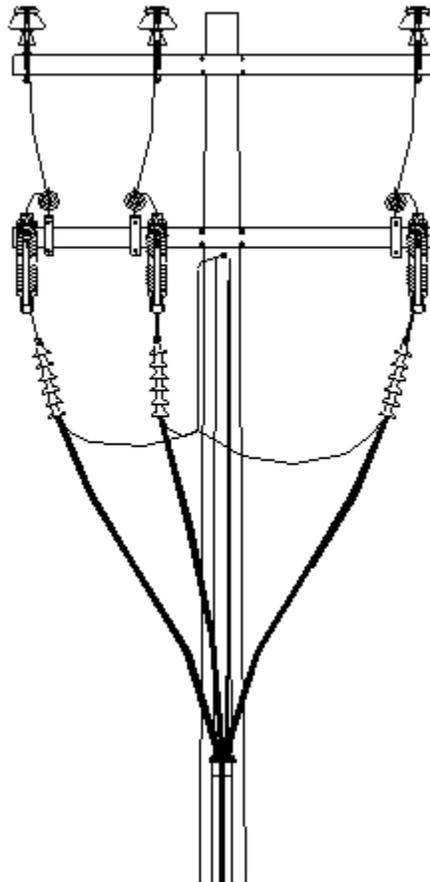


Fig.2.42 *Transiciones aéreo-subterráneas*

La sección transversal del cable debe determinarse de acuerdo al diseño del proyecto, el calibre mínimo debe ser 1/0 AWG y cumplir con la norma NRF-024-CFE. Deben emplearse conductores de aluminio y en casos especiales en que la CFE lo requiera, se podrán utilizar conductores de cobre. 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.

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. 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 Norma; considerando siempre, que se deben respetar los factores de relleno

recomendados en la NOM-001-SEDE. 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 accesorios. Cuando los transformadores no lleven registros, la reserva de cable debe dejarse en uno de los registros adyacentes

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: Cuando el seccionador cuente con protección electrónica. Cuando un codo porta fusible derive del conector múltiple.

Los indicadores de falla a instalar deben cumplir con la especificación CFE GCUIO-68. Se deben instalar apartarrayos de frente muerto en los puntos normalmente abiertos de los anillos y en el último transformador de cada ramal radial. No se debe utilizar la red subterránea como troncal para alimentar redes aéreas.

2.3.4 Baja tensión

Configuración radial: Es aquella que cuenta con una trayectoria entre la fuente y la carga, proporcionando el servicio de energía eléctrica.

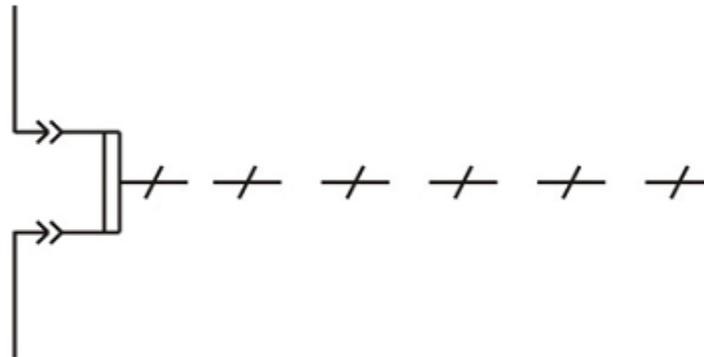


FIG.2.43.configuracion radial en baja tensión.

En áreas residenciales los circuitos de baja tensión monofásicos deben ser 2f-3h 240/120 V. Se emplearán tantos circuitos radiales como lo determine el CTRS. En cada uno de los circuitos se deben cumplir los valores de regulación y pérdidas indicados en esta Norma. En transformadores con boquillas rectas y sólo con el fin de optimizar los proyectos, se permite la conexión de acometidas directamente de la boquilla, debiéndose utilizar para ello, las perforaciones más alejadas de la pared del transformador, reservando las más cercanas para los circuitos.

Se deben instalar las boquillas tipo rectas de acuerdo a la cantidad de circuitos y acometidas que se deriven directamente. En áreas comerciales los circuitos de bajatensión deben ser 3f-4h 220/127 V. Se emplearán tantos circuitos radiales como lo determine el CTRS. En cada uno de los circuitos se deben cumplir los requisitos de regulación y pérdidas indicados en esta Norma.

Al igual que en las áreas residenciales también se permite utilizar transformadores con boquillas rectas, teniendo las mismas consideraciones de conexión y cantidad de circuitos y acometidas que se deriven directamente. A.1 La caída de tensión del transformador al registro más lejano no debe exceder del 3 % en sistemas monofásicos y del 5 % en sistemas trifásicos y los cálculos deben incluirse en la memoria técnica descriptiva.

A.2 Circuitos de baja tensión. Los registros de baja tensión se deben colocar, según lo permitan las acometidas, lo más retirado uno del otro, cuidando el cumplimiento de los criterios de regulación y pérdidas de la red de distribución. Los cables de baja tensión deben cumplir con la norma NRF-052-CFE. A.3 La configuración de los cables debe ser triplex para sistemas monofásicos y cuádruplex para sistemas trifásicos, con el neutro de sección reducida y de acuerdo con la norma NRF-052-CFE.

A.4 El neutro debe ponerse a tierra mediante el conector múltiple en el registro de final del circuito secundario y en el transformador mediante la conexión al sistema de tierras. A.5 Debe usarse una sección transversal de acuerdo a las necesidades del proyecto. A.6 Por regla general los circuitos de baja tensión no excederán una longitud de 200 m, permitiéndose en casos excepcionales longitudes mayores, siempre y cuando se satisfagan los límites de caída de tensión y pérdidas, las cuales no deben exceder el 2%.

A.7 La referencia de tierra del transformador, el neutro de la red de baja tensión y el neutro corrido deben interconectarse entre sí. A.8 Entre registros no deben usarse empalmes en el conductor. A.9 Los circuitos de baja tensión 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 Norma; considerando siempre, que se deben respetarse los factores de relleno recomendados en la NOM-001-SEDE-2012.

A.10 Debe instalarse un circuito de baja tensión por ducto. A.11 En el caso de que los circuitos de baja tensión alimenten exclusivamente concentraciones de medidores, el cable a utilizar podrá ser cobre tipo THHW-LS de 600 V sin conexiones intermedias, la longitud debe ser tal que no se excedan los límites de caída de tensión y pérdidas, las cuales no deben ser superiores al 2%.

A.12 Todos los sistemas de tierras deben tener una resistencia máxima equivalente a 10Ω en época de estiaje y 5Ω en época de lluvias, debiendo ser todas las conexiones del tipo exotérmica o comprimible.

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 voltajes 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 voltaje 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.

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.

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:

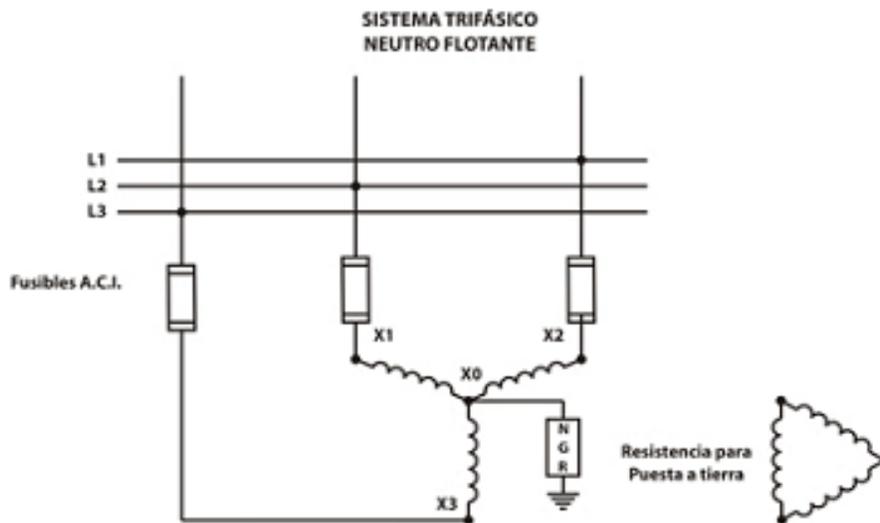


Fig.2.44. sistemas de tierras.

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:

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

* HOJA DE CÁLCULO DE BANCO DE TIERRAS.

Dónde:

KVA min= Capacidad mínima de transformador en KVA

I_p = Corriente del transformador = I_0 en Amperes

$3 I_0$ = Corriente de falla deseable en Amperes

V_{LL} = Tensión línea a línea del sistema (kV)

T= Constante

to= Duración de la corriente de falla.

El factor T para dimensionar el transformador corresponde a la sobrecarga de corto tiempo (30 segundos 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

- **Tensión = Voltaje 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 ó 10 minutos, 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:

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

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

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

La clasificación del tiempo de operación de la resistencia puede ser de 10 segundos, 1 minuto, 10 minutos o tiempo extendido dependiendo de las características de la protección utilizada. 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:

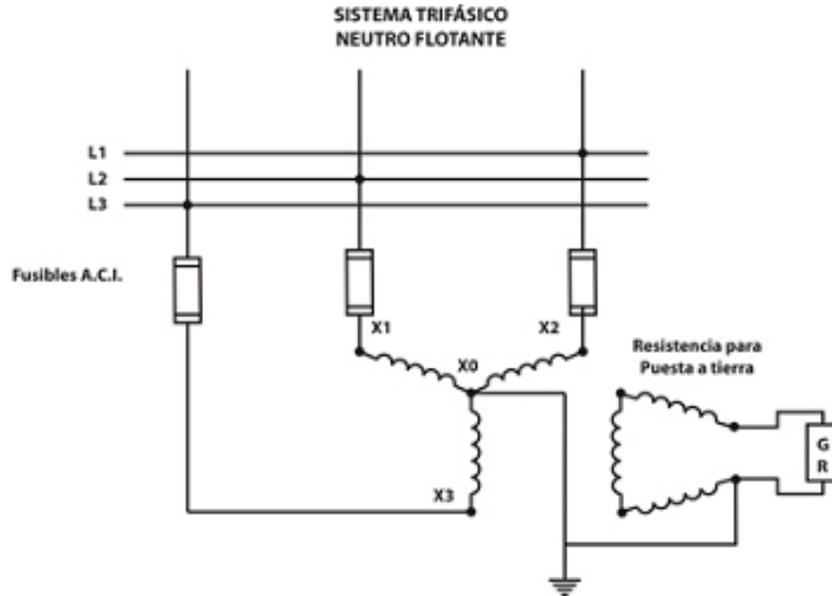


Fig.2.45. sistemas de tierras.

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:

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

La resistencia a tierra se dimensiona de la siguiente forma:

- La relación de transformación del transformador es **13.8 kV/0.120 kV=115**
- La corriente en cada devanado del transformador es **0.2 kA / 3 = 66.66 A.**
- La corriente en el secundario es **66.66*115=7665.9 A.**

- El voltaje en el resistor secundario es $120 * 1.7322 = 207.84 \text{ V}$.

Por lo tanto: $R (\Omega) = 207.84 \text{ V} / 7.66 \text{ kA} = .027 \Omega$

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

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.

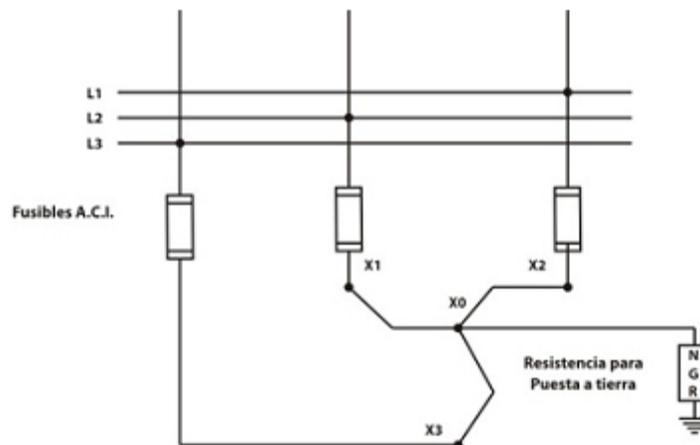


Fig.2.46.conexiones.

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 un voltaje entre fase y neutro, sin exceder los límites de elevación de temperatura para el tipo de aislamiento (clase “B” hasta 2,400 Volts, clase “H” para más de 2,400 Volts). El nivel de voltaje de saturación es normalmente 1.5 veces el voltaje entre fase y fase. La resistencia deberá dimensionarse con las mismas características de corriente y tiempo que el zigzag.

2.3.5 Diseño de la red de tierras.

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-2005). 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 Ω en épocas de lluvia y de 10 Ω 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 siguiente Tabla:

| TIPO DE SUELO | RESISTIVIDAD (Ω) |
|--------------------|---------------------------|
| ARCILLA | 2-100 |
| ARENA Y GRAVA | 50-1,000 |
| PIEDRA CALIZA | 100-10,000 |
| ESQUISTO O PIZARRA | 5-4,000 |
| PIEDRA ARENISCA | 20-2,000 |
| GRANITO | 1,000 |

TAB.2.12. Valores típicos de resistividad para diferentes tipos de suelos.

El valor de resistividad del terreno debe obtenerse con base en mediciones, las cuales se recomienda realizarlas en época de estiaje. **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 Ω -m. El hormigón, a su vez está inmerso en el terreno, cuya resistividad puede variar desde 1 hasta 1,000 Ω -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.

| 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) | | 3000 (-0 + 10 mm) | 3000 (-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 | |
| | Diámetro 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 | |
| | Numero de lote y año de fabricación | Debe estar contenido en la información | |
| | Empaque | 10 piezas, Atados con fleje galvanizado o plástico | |
| | Unidad | Pieza | |

TAB.2.13. Valores típicos de resistividad para diferentes tipos de suelos.

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 CFE-56100-16 “Electrodos para tierra” y son en términos generales, de acero con recubrimiento de cobre soldado o electrolítico.

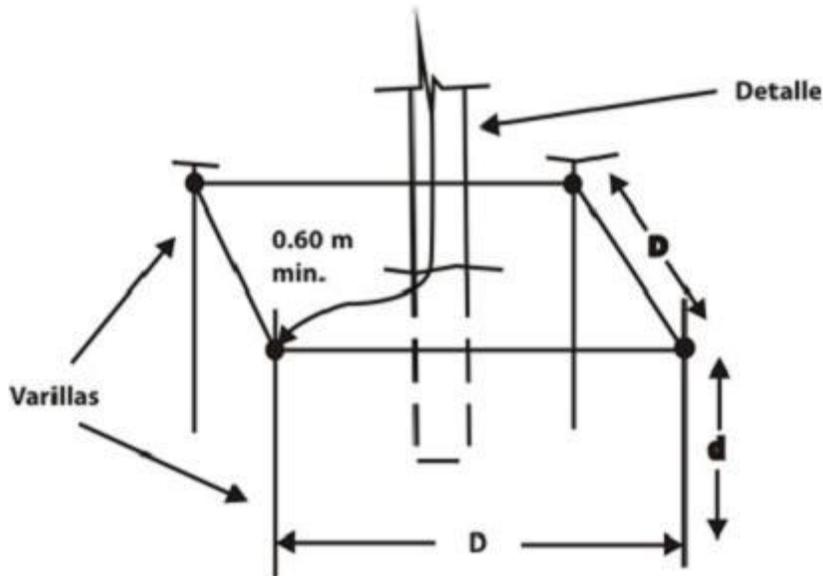


FIG.2.47. Instalación típica de una conexión a tierra para un arreglo de cuatro electrodos en paralelo.

2.3.5.1 TIPOS DE INSTALACIONES

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 ó por la propia CFE con cargo al fraccionador.

b) Se diseñará la puesta a tierra del sistema según se indique en el punto 2.2.4. 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 o 6.

TRANSFORMADORES

CAPACIDADES NORMALIZADAS.

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

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 |

TAB.2.14. Tipos y capacidades de transformadores trifásicos subterráneos.

2.4 SIMBOLOGÍA Y NOMENCLATURA

2.4.1 Simbología.

Para todos los planos de redes eléctricas subterráneas utilizar la siguiente simbología, la cual está contenida en el sistema Desarrollador de Proyectos DEPRORED. Estas tablas pueden ser utilizadas para levantamiento de instalaciones existentes.

| SÍMBOLOS PARA PLANOS | | | |
|------------------------|--|---------------------------------------|--------------|
| ELEMENTO A REPRESENTAR | | SIMBOLOGÍA | VER NOTAS A1 |
| LINEAS | SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN PARA SISTEMAS DE 200 A. | — · — · — · — · — | 1 |
| | SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN PARA SISTEMAS DE 600 A. | — · — · — · — · — · — · — · — · — · — | 1 |
| | DE BAJA TENSIÓN SUBTERRÁNEA | + + + + + | 2 |
| ACOMETIDAS | ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEA | — + — + — | 1 |
| | ACOMETIDA DE BAJA TENSIÓN SUBTERRÁNEA | # # # # # | - |
| TRANSICIONES | DE LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN ÁREA SUBTERRÁNEA | | 3 |
| | CON C. C. F. | | 3 |
| | CON C. O. P. | | 3 |
| | CON C. O. G. | | 3 |
| | CON SECCIONADOR | | 3 |
| | CON RESTAURADOR | | 3 |
| | CON C. O. G. U. | | 3 |
| | DE LÍNEA DE BAJA TENSIÓN ÁREA A SUBTERRÁNEA | | 3 |
| SECCIONADORES | PARA REDES SUBTERRÁNEAS | | 5 |
| | DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA | | 5 |
| | DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA CON TELECONTROL | | 5 |
| | CON TELECONTROL | | 5 |

Fig.2.48. simbología de redes subterráneas.

| | | | |
|---------------------------------|---|---|--------|
| | CON DERIVACIONES PROTEGIDO CON FUSIBLES |  | 5 |
| | DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA PROTEGIDO CON FUSIBLES |  | 5 |
| | DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA CON TELECONTROL PROTEGIDO CON FUSIBLES |  | 5 |
| | CON TELECONTROL PROTEGIDO CON FUSIBLES |  | 5 |
| | CON DERIVACIONES CON PROTECCIÓN ELECTRONICA |  | 5 |
| | DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA CON PROTECCIÓN ELECTRÓNICA |  | 5 |
| | DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA CON TELECONTROL Y PROTECCIÓN ELECTRÓNICA |  | 5 |
| | CON TELECONTROL Y PROTECCIÓN ELECTRÓNICA |  | 5 |
| CIRCUITOS | SUBTERRÁNEO DE ALUMBRADO | ++ ++ ++ ++ ++ | 2 |
| EMPALMES | RECTO PERMANENTE DE MEDIA TENSIÓN DE 600 A; TIPO PREMOLDEADO, TERMOCONTRÁCTIL O ENCINTADO |  | 6 |
| | DE MEDIA TENSIÓN DE 600 A; EN X, PARA DERIVACIONES DE 600, 200 A O 600 A |  | 6 |
| | DE MEDIA TENSIÓN DE 600 A; CUERPO EN T, SEPARABLE, PARA DERIVACIONES DE 600, 200 A O 600 A |  | 6 |
| | RECTO PERMANENTE DE MEDIA TENSIÓN DE 200 A; TIPO PREMOLDEADO, TERMOCONTRÁCTIL O ENCINTADO |  | 7 Y 8 |
| | RECTO SEPARABLE DE MEDIA TENSION DE 200 A TIPO PREMOLDEADO |  | 9 Y 10 |
| TRANSFORMADORES | TIPO PEDESTAL |  | 4 |
| | TIPO BÓVEDA |  | 4 |
| SÍMBOLOS PARA OBRA CIVIL | | | |

Fig.2.49. simbologia de redes subterráneas.

| ELEMENTO A REPRESENTAR | SIMBOLOGÍA | VER NOTAS A1 |
|---|--|--------------|
| REGISTRO DE BAJA TENSIÓN |  10 | 17 |
| REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN |  12 | 12 Y 16 |
| REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN CON MURETE |  12 | 12 Y 16 |
| REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN CON ACOMETIDA CON TAPA CUADRADA |  12 | 12 Y 16 |
| POZO DE VISITA TIPO X |  | 12 Y 14 |
| POZO DE VISITA TIPO X CON TAPA CUADRADA |  | 12 Y 14 |
| POZO DE VISITA TIPO L |  | 12 Y 14 |
| POZO DE VISITA TIPO P |  | 12 Y 14 |
| POZO DE VISITA TIPO T |  | 12 Y 14 |
| POZO DE VISITA MEDIA TENSIÓN CON MURETE |  12 | 12 Y 14 |
| BANCO DE DUCTOS | <u>S3B / P6B</u> | 18 |
| BÓVEDA PARA TRANSFORMADOR |  E | 12 Y 13 |
| BÓVEDA PARA SECCIONADOR |  S | 12 Y 13 |
| BASE PARA TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL |  E | 15 |
| BASE PARA SECCIONADOR TIPO PEDESTAL UN FRENTE |  S | 15 |
| BASE PARA SECCIONADOR TIPO PEDESTAL DOS FRENTE |  S | 15 |
| BASE MURETE |  MUR | - |
| BASE MEDICIÓN |  MED | - |
| BASE PARA TRANSFORMADOR MONOFÁSICO |  M | 15 |
| BÓVEDA PARA TRANSFORMADOR MONOFÁSICO |  M | 12 Y 13 |

Fig.2.50. simbologia de redes subterráneas.

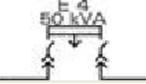
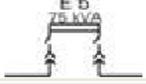
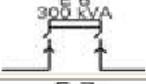
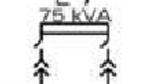
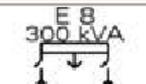
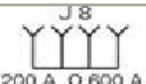
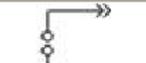
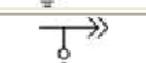
| SÍMBOLOS PARA DIAGRAMAS UNIFILARES | | |
|--|---|---------------------|
| ELEMENTO A REPRESENTAR | SIMBOLOGÍA | VER NOTAS A1 |
| TRANSFORMADOR MONOFÁSICO TIPO PEDESTAL PARA REDES SUBTERRÁNEAS |  | 19 Y 20 |
| TRANSFORMADOR MONOFÁSICO TIPO SUMERGIBLE PARA REDES SUBTERRÁNEAS |  | 19 Y 20 |
| TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO PEDESTAL PARA REDES SUBTERRÁNEAS |  | 19 Y 20 |
| TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO PEDESTAL PARA REDES SUBTERRÁNEAS |  | 19 Y 20 |
| TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO SUMERGIBLE PARA REDES SUBTERRÁNEAS |  | 19 Y 20 |
| TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO SUMERGIBLE PARA REDES SUBTERRÁNEAS |  | 19 Y 20 |
| CONECTADOR MULTIPLE DE MEDIA TENSIÓN DE 200 A. O DE 600 A. |  | 11, 19 Y 21 |
| CONECTADOR TIPO CODO 200 A OPERACIÓN CON CARGA |  | 19 |
| CONECTADOR TIPO CODO DE 600 A OPERACIÓN SIN TENSIÓN |  | 19 |
| APARTARRAYO TIPO CODO DE FRENTE MUERTO |  | 19 |
| APARTARRAYO TIPO INSERTO DE FRENTE MUERTO |  | 19 |
| APARTARRAYO TIPO BOQUILLA ESTACIONARIA DE FRENTE MUERTO |  | 19 |
| PORTAFUSIBLE PARA SISTEMAS DE 200 A. |  | 19 |

Fig2.51. Simbología de redes subterráneas.

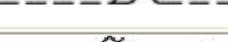
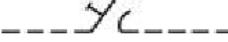
| | | |
|--|--|-------------|
| CODO DE PUESTA A TIERRA |  | 19 |
| DESCANSO DE PUESTA A TIERRA |  | 19 |
| INSERTO DOBLE BOQUILLA |  | 19 |
| TAPÓN AISLADO DE 200 A. |  | 19 |
| TAPÓN AISLADO DE 600 A. |  | 19 |
| SECCIONADOR |  | 19 |
| INDICADOR DE FALLA |  | 19 |
| LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN |  | 22, 24 Y 25 |
| LÍNEA AÉREA DE BAJA TENSIÓN |  | 23, 24 Y 25 |
| REMATE DE LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN |  | 22 Y 23 |
| LÍNEA AÉREA DE BAJA TENSIÓN CON CABLE MÚLTIPLE |  | 23, 24 Y 25 |
| TRANSFORMADOR TIPO POSTE |  | 28 |
| APARTARRAYOS |  | - |
| CORTACIRCUITO FUSIBLE PARA OPERACIÓN UNIPOLAR CON DISPOSITIVO PARA ABRIR CON CARGA |  | 34 Y 35 |
| SECCIONALIZADOR TIPO SECO |  | 33 |
| SECCIONALIZADOR EN ACEITE |  | 33 |
| RESTAURADOR |  | 32 |
| DESCONECTADOR |  | 37 |
| CUCHILLA DESCONECTADORA DE OPERACIÓN EN GRUPO, CON CARGA |  | 34 |
| CUCHILLA DESCONECTADORA DE OPERACIÓN EN GRUPO, SIN CARGA |  | 34 |

Fig.2.52. simbologia de redes subterráneas.

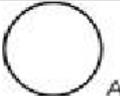
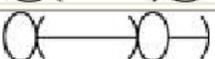
| | | |
|--|--|----|
| CUCHILLA SECCIONADORA PARA OPERACIÓN UNIPOLAR CON DISPOSITIVO PARA ABRIR CON CARGA |  | 34 |
| CUCHILLA SECCIONADORA, OPERACIÓN MONOFÁSICA CON PÉRTIGA SIN CARGA |  | 34 |
| FOTOCELDA |  | - |
| RELEVADOR PARA EL CONTROL DE ALUMBRADO PÚBLICO |  | - |
| POSTE DE CONCRETO REFORZADO DE SECCIÓN OCTAGONAL |  | - |
| POSTE DE MADERA TRATADA |  | - |
| POSTE TROCOPIRAMIDAL DE ACERO DE SECCIÓN CIRCULAR |  | - |
| POSTE EXISTENTE |  | - |
| RETENIDA DE ANCLA |  | 26 |
| DOS RETENIDAS CON UNA ANCLA |  | 26 |
| DOS RETENIDAS CON DOS ANCLAS |  | 26 |
| RETENIDA DE BANQUETA |  | 26 |
| RETENIDA DE PUNTAL |  | 26 |
| RETENIDA DE ESTACA Y ANCLA |  | 26 |
| RETENIDA DE POSTE A POSTE |  | 26 |
| RETENIDA DE POSTE A POSTE Y ANCLA |  | 26 |
| CARRETERA PAVIMENTADA |  | 36 |
| CARRETERA DE TERRACERÍA |  | 36 |
| VÍA DE FERROCARRIL |  | 36 |
| PUENTE |  | - |

Fig.2.53. simbología de redes subterráneas.

| | | |
|-------------------------------|--|----|
| ARROYO | | - |
| CANAL DE RIEGO PRINCIPAL | | - |
| RÍO | | - |
| TUBERÍA HIDRÁULICA | | - |
| DRENAJE | | - |
| TUBERÍA DE GAS | | - |
| CABLE DE TELEVISIÓN | | - |
| CANAL DE RIEGO SECUNDARIO | | - |
| CAESTANQUE O REPRESA | | - |
| ÁREA ARBOLADA O DE HUERTAS | | -- |
| CERCA DE ALAMBRE DE PUAS | | - |
| CASA HABITACIÓN | | - |
| IGLESIA | | - |
| ESCUELA | | - |
| CEMENTERIO | | - |
| BOMBA DE AGUA POTABLE O RIEGO | | - |
| CÁRCAMO | | - |

Fig2.54. simbología de redes subterráneas.

2.4.2 EQUIPO DEL SISTEMA INSTALACIÓN

Equipo subterráneo: El diseño 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 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: Conjunto 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.

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

Sistemas 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.

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 partes distintas de una superficie metálica o de 2 metales distintos, que en contacto con un electrólito, tienen una diferencia de potencial, formando una pila galvánica en la que el ánodo se corroe mientras que el cátodo no sufre corrosión.

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

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

Configuración radial: Aquella que cuenta con una trayectoria proporcionando el servicio de energía eléctrica.

Configuración anillo: Aquella que cuenta con varias trayectorias proporcionando el servicio de energía eléctrica. Los conductores normalmente están enrollados en

Tendidos de conductores.

Carretes de madera por lo que el manejo y almacenaje de los mismos requieren de cuidados. Los carretes se deben de izar mediante el uso de cadenas o

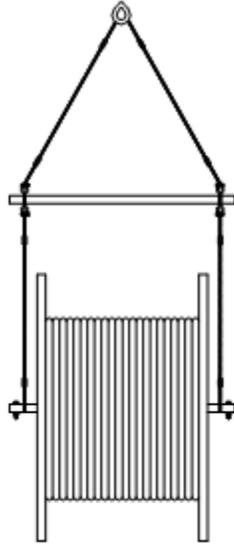


Fig.2.55. posición del carrete del conductor.

Estrobo como se indica en la siguiente figura. El uso de la barra o tubo de fierro es obligado para no estrangular las paredes o tapas del carrete y evitar su destrucción. Para desenrollar un carrete utilice soportes de apoyo con chumaceras o devanadora

Evitar asentar el carrete sobre superficies húmedas. Si se asienta en tierra instale calzas o tarimas para evitar daño a las tapas.

A continuación se dan características de algunos estrobo de acero.

| ESTROBOS DE ACERO | | | | | | |
|-------------------|----------|--------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| Diámetro | | Longitud (m) | Tipo | Carga de ruptura (Kg) | Carga de trabajo (Kg) | Aplicación |
| mm | Pulgadas | | | | | |
| 12,7 | 1/2 | 3 | Cobra | 17,400 | 3,480 | Levantar carretes |
| 11,11 | 7/16 | 1,4 | Superflex | 7,100 | 1,500 | Tensar conductores |
| 12,7 | 1/2 | 2 | Boa con argolla de 3/4 | 10,700 | 2,000 | Izar postes |

Tab.2.14 Tipos de estrobo de acero

Evite improvisar estrobos con cable de acero para retenida. Vigile que los ganchos y eslabones estén bien instalados en el cable de acero y que este no presente hilos sueltos.



Para desenrollar un carrete utilice soportes de apoyo con chumaceras o devanadora.

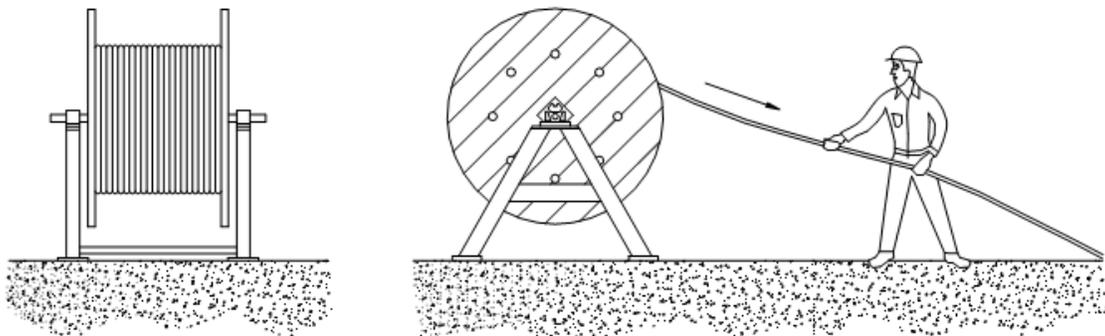


Fig.2.56. Especificaciones de tendido de conductor.

Nunca desenrolle el conductor con el carrete acostado, pues se forman cocas que pueden dañar el conductor

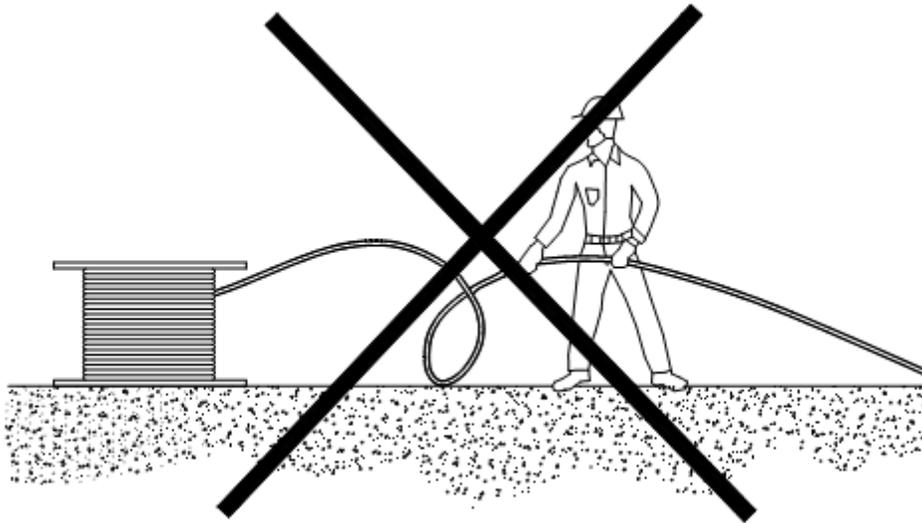


Fig.2.57 Especificaciones de tendido de conductor.

2.5 TRAMITES LEGALES ANTE C.F.E PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS.

2.5.1 Requisitos que integran el expediente para trámite y recepción de obras construidas por particulares tipo de servicio “Electrificación Rural”.

Primer paso:

1. Solicitud de factibilidad y bases de diseño.
2. Respuesta de factibilidad y bases de diseño.
 - 2.1 Respuesta de oficio de no factibilidad.
3. Solicitud de revisión y aprobación de proyecto eléctrico.
 - 3.1 Dictamen de alineamiento y uso de suelo.
 - 3.2 Croquis de localización con medidas de las calles de las cuales se van a electrificar firmado y sellado por la autoridad municipal (original).
 - 3.3 Relación de usuarios a beneficiar.
 - 3.4 Plano proyecto firmado por ingeniero eléctrico autorizado con numero de cedula profesional.
4. Respuesta de oficio aprobación de proyecto eléctrico.
5. Respuesta de oficio rechazo de proyecto eléctrico.
6. Asignación de contratista e inicio de obra.
 - 6.1 En caso de no ser autoridad municipal: carta poder con copia de credencial de elector de quien otorga y recibe el poder.
 - 6.2 Copia del oficio de aprobación y plano proyecto.
 - 6.3 Copia del contrato de obra del Municipio.
 - 6.4 Copia de fianza de anticipo y/o cumplimiento.
 - 6.5 Programa de ejecución.
 - 6.6 Clave de contratista ante CFE.
 - 6.6.1 Requisitos para alta de contratista.
 - 6.7 Permiso de servidumbre legal de paso (cuando aplique).
 - 6.8 Permiso de impacto ambiental.
 - 6.9 Permiso de la SCT (cuando aplique).
 - 6.10 Permiso de la INAH (cuando aplique)
 - 6.11 Título de concesión de la CONAGUA (cuando aplique).
 - 6.12 Copia de la credencial de quien asigna y contratista asignado.
7. Pago por interconexión de obra.
8. Copia de factura de pago de interconexión y/o libranza.
9. Convenio de Construcción debidamente firmado.
10. Oficio de asignación de supervisión.

Segundo Paso:

11. Bitácora de visita en campo (Check List).
12. Solicitud de números económicos.
13. Oficio de entrega de números económicos.

14. Comprobación de números económicos con datos de placas de transformadores.
15. Aviso de terminación de obra y solicitud de supervisión.
16. Inventario físico y plano definitivo.
17. Listado de materiales retirados e ingresados al almacén.
18. Dictamen de visita en campo sin detalles.
 - 18.1 Dictamen de visita en campo con detalles
 - 18.2 Detalles solventados contratista.
19. Oficio de no anomalías expedido por el área de distribución.

Tercer paso:

20. Solicitud de equipos de medición contratista.
21. Oficio de solicitud de equipos de medición al ISC.
22. Comprobación de equipos de medición contratista (copias de credenciales del IFE usuarios) no mayor a 10 días hábiles.
 - 22.1 Relación de usuarios nuevos y existentes.
 - 22.2 UVIE para el caso de lugares en concentración pública y bombas.
23. Oficio de contratación de usuarios ISC.
 - 23.1 Alta al sicom.

Cuarto paso:

24. Inventario físico valorizado.
25. Inventario físico simplificado (Donado y particular).
26. Protocolos de materiales y anexo 2 siglas 03.
27. Plano definitivo original.
28. Oficio de entrega de caja derivadoras de conexión directa de acometidas a la agencia y área.
29. Notas de entrega del materiales entregado al almacén.
30. CD de los planos en DEPRORED 4.1 y AUTOCAD 2000.
31. Álbum fotográfico de transformadores con número económico y panorámicas de la obra.
32. Copias de facturas de compra de materiales.
33. Copia de la factura notariada o copia al carbón expedida al municipio
34. Fianza de vicios ocultos.
35. Carta responsiva Firmada por la presidencia Municipal.
36. Oficio de donación de obra.
37. Copia de constancia de mayorías expedida por el IFE en el cual acredite al presidente municipal y/o acta de cabildo en la cual se haga expresa la donación de la obra en mención.

Quinto paso:

38. Acta de entrega-recepción.

39. Acta de entrega-recepción para alumbrado público.
40. Captura inventario de obra SIAD.
41. Envío expediente administración.
42. Administración capitaliza obra.
43. Entrega de expediente a distribución.

2.5.2 Requisitos de trámites para obras construidas por particulares tipo de servicio “INDIVIDUAL”.

Primer paso:

- 1 Carta poder del dueño de obra hacia el contratista (para realizar trámites)
- 2 Copia de identificaciones y comprobante domicilio dueño de obra y contratista
- 3 Solicitud de factibilidad (formato 1A)
- 4 Autorización uso de suelo o copia de escrituras o ctto de compraventa
- 5 Plano firmado por Depto Distribución, Oficina Medición, perito responsable (anexar copia cedula profesional)
- 6 Oficio de solicitud de revisión y aprobación de proyecto (formato 3 Y 3A)
- 7 Solicitud de energía eléctrica bajo el régimen de aportaciones (formato 1) en Fraccionamiento anexar relación de usuarios (firmado por contratista y dueño de obra)

Segundo paso:

- 8 Copia de factura por pago de supervisión de obra
- 9 Oficio designación de contratista e inicio de obra (informar plazo de ejecución) (Formato5) (Fecha después del pago de supervisión)
- 10 Oficio de solicitud de número económico (Anexar datos de placa)

Tercer paso:

- 11 Oficio Entrega Expedientes (doctos relacionados) Fecha Recepción Exp.
- 12 Oficio de terminación de obra (formato 8)
- 13 Acta Entrega-Recepción (formato 9)
- 14 Carta responsiva
- 15 Certificado UVIE
- 16 Inventario físico valorizado (Relación de material donado a CFE) (Formato 9A)
- 17 Reporte fotográfico de estructuras, td con núm. eco, murete de medición
- 18 Facturas de todo el equipo (copia fiel, si es fotostática notariada)
- 19 Avisos de prueba del material donado (Sigla 03)
- 20 Planos definitivos de construcción.
- 21 Planos digitalizados en Deprored 4.1
- 22 Contrato del servicio (Realiza Contratista)

2.5.3 Requisitos de trámites para obras construidas por particulares tipo de servicio “Fraccionamiento”.

Primer paso:

- 1 Carta poder del dueño de obra hacia el contratista (para realizar trámites)
- 2 Copia de identificaciones y comprobante domicilio dueño de obra y contratista
- 3 Solicitud de factibilidad (formato 1A)
- 4 Autorización uso de suelo o copia de escrituras o ctto de compraventa
- 5 Plano firmado por Departamento Distribución, Oficina Medición, perito responsable (anexar copiacedula profesional)
- 6 Oficio de solicitud de revisión y aprobación de proyecto (formato 3 Y 3A)
- 7 Solicitud de energía eléctrica bajo el régimen de aportaciones (formato 1) en Fraccionamiento anexar relación de usuarios (firmado por contratista y dueño de obra)

Segundo paso:

- 8 Copia de factura por pago de supervisión de obra
- 9 Oficio designación de contratista e inicio de obra (informar plazo de ejecución) (Formato5) (Fecha después del pago de supervisión)
- 10 Oficio de solicitud de número económico (Anexar datos de placa)

Tercer paso:

- 11 Oficio Entrega Expedientes (doctos relacionados) Fecha Recepción Exp.
- 12 Oficio de terminación de obra (formato 8)
- 13 Acta Entrega-Recepción (formato 9)
- 14 Carta responsiva
- 15 Certificado UVIE
- 16 Oficio del Ayuntamiento donde recibe Instalaciones de Alumbrado Publico
- 17 Inventario físico valorizado (Relación de material donado a CFE) (Formato 9A)
- 18 Reporte fotográfico de estructuras, td con núm. eco, murete de medición
- 19 Facturas de todo el equipo (copia fiel, si es fotostática notariada)
- 20 Avisos de prueba del material donado (Sigla 03)
- 21 Planos definitivos de construcción.
- 22 Planos digitalizados en Deprored 4.1
- 23 Contrato del servicio (Realiza Contratista).

2.5.4 Requisitos de trámites para obras construidas por particulares tipo de servicio “Alumbrado público”.

Primer paso:

- 1 Carta poder del dueño de obra hacia el contratista (para realizar trámites)
- 2 Copia de identificaciones y comprobante domicilio dueño de obra y contratista
- 3 Solicitud de factibilidad (formato 1A)
- 4 Autorización uso de suelo o copia de escrituras o ctto de compraventa
- 5 Plano firmado por Departamento Distribución, Oficina Medición, perito responsable (anexar copiacedula profesional)
- 6 Oficio de solicitud de revisión y aprobación de proyecto (formato 3 Y 3A)
- 7 Solicitud de energía eléctrica bajo el régimen de aportaciones (formato 1) en Fraccionamiento anexar relación de usuarios (firmado por contratista y dueño de obra).

Segundo paso:

- 8 Copia de factura por pago de supervisión de obra
- 9 Oficio designación de contratista e inicio de obra (informar plazo de ejecución) (Formato 5) (Fecha después del pago de supervisión)
- 10 Oficio de solicitud de número económico (Anexar datos de placa).

Tercer paso:

- 11 Oficio Entrega Expedientes (doctos relacionados) Fecha Recepción Exp.
- 12 Oficio de terminación de obra (formato 8)
- 13 Acta Entrega-Recepción (formato 9)
- 14 Carta responsiva
- 15 Certificado UVIE
- 16 Oficio del Ayuntamiento donde recibe Instalaciones de Alumbrado Publico
- 17 Inventario físico valorizado (Relación de material donado a CFE) (Formato 9A)
- 18 Reporte fotográfico de estructuras, td con núm. eco, murete de medición
- 19 Facturas de todo el equipo (copia fiel, si es fotostática notariada)
- 20 Avisos de prueba del material donado (Sigla 03)
- 21 Planos definitivos de construcción
- 22 Planos digitalizados en Deprored 4.1
- 23 Contrato del servicio (Realiza Contratista)

2.5.5 Requisitos de trámites para obras construidas por particulares tipo de servicio “Sistema bombeo, Aguas residuales, Riego agrícola.

Primer paso:

- 1 Carta poder del dueño de obra hacia el contratista (para realizar trámites)
- 2 Copia de identificaciones y comprobante domicilio dueño de obra y contratista
- 3 Solicitud de factibilidad (formato 1A)
- 4 Autorización uso de suelo o copia de escrituras o ctto de compraventa
- 5 memoria técnica (bases de diseño)
- 6 Plano firmado por Depto Distribución, Oficina Medición, perito responsable (anexar copiacedula profesional)
- 7 Solicitud de bases de diseño Aplica a obras mayores (mas de 10 postes, mas de 3 rmtb)(formato2)
- 8 Oficio de solicitud de revisión y aprobación de proyecto (formato 3 Y 3A)
- 9 Solicitud de energía eléctrica bajo el régimen de aportaciones (formato 1) en Fraccionamiento anexar relación de usuarios (firmado por contratista y dueño de obra)

Segundo paso:

- 10 Copia de factura por pago de supervisión de obra

- 11 Oficio designación de contratista e inicio de obra (informar plazo de ejecución) (Formato5) (Fecha después del pago de supervisión)
- 12 Oficio de solicitud de número económico (Anexar datos de placa)

Tercer paso:

- 13 Oficio Entrega Expedientes (doctos relacionados) Fecha Recepción Exp.
- 14 Oficio de terminación de obra (formato 8)
- 15 Acta Entrega-Recepción (formato 9)
- 16 Carta responsiva
- 17 Permiso Comisión Nacional del Agua en obras Aéreas
- 18 Inventario físico valorizado (Relación de material donado a CFE) (Formato 9A)
Reporte fotográfico de estructuras, td con núm. eco, murete de medición
- 19 Facturas de todo el equipo (copia fiel, si es fotostática notariada)
- 20 Avisos de prueba del material donado (Sigla 03)
- 22 Planos definitivos de construcción.
- 23 Planos digitalizados en Deprored 4.1
 - 24 Contrato del servicio (Realiza Contratista)

2.6 Google Earth.

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El programa fue creado bajo el nombre de EarthViewer 3D por la compañía Keyhole Inc, financiada por la Agencia Central de Inteligencia. La compañía fue comprada por Google en 2004 absorbiendo el programa. El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por Imagen satelital, fotografía aérea, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por ordenador. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para móviles, tabletas y PCs.

La primera versión de Google Earth fue lanzada en 2005 y actualmente está disponible en PCs para Windows, Mac y Linux. Google Earth también está disponible como plugin para visualizarse desde el navegador web. En 2013 Google Earth se había convertido en el programa más popular para visualizar cartografía, con más de mil millones de descargas.^{1 2}

Muchos usuarios utilizan la aplicación para añadir sus propios datos, haciéndolos disponibles mediante varias fuentes, tales como el Bulletin Board Systems o blogs. Google Earth es capaz de mostrar diferentes capas de imagen encima de la base y es también un cliente válido para un Web Map Service. Google Earth soporta

datos geospaciales tridimensionales mediante los archivos Keyhole Markup Lenguaje o .kml.



fig2.58

3. Desarrollo

3.1 levantamientos de Obra.

Para empezar con el análisis debemos comenzar con el levantamiento de la obra que se realizara. Como nuestro objetivo del capítulo 1 dice que usaremos tecnología GPS el dispositivo a usar se muestra en figura 3.1.

La obra consiste en el proyecto del barrio la Candelaria.

Para realizar el levantamiento necesitamos tener conocimiento de las normas vigentes de líneas de media tensión además saber qué tipo de servicio necesita el cliente. Materiales a usar en el levantamiento: cámara fotográfica, unidad GPS, distancio metro, señalamiento (conos de aviso).



Fig.3.1 GPS usado en el levantamiento

El primer paso para realizar el levantamiento es hacer un croquis de la colonia o poblado donde se realizara el proyecto. Incluyendo un levantamiento fotográfico de toda el área del proyecto para determinar si necesitamos algún tipo de permiso de uso de suelo o paso de servidumbre según sea el tipo de proyecto, (subterráneo o aéreo). En este paso determinamos el tipo de suelo que nos ayudara a seleccionar el tipo de poste, murete, pozo, etc. Los croquis de los levantamientos se ven en la figura 3.2 y 3.3.

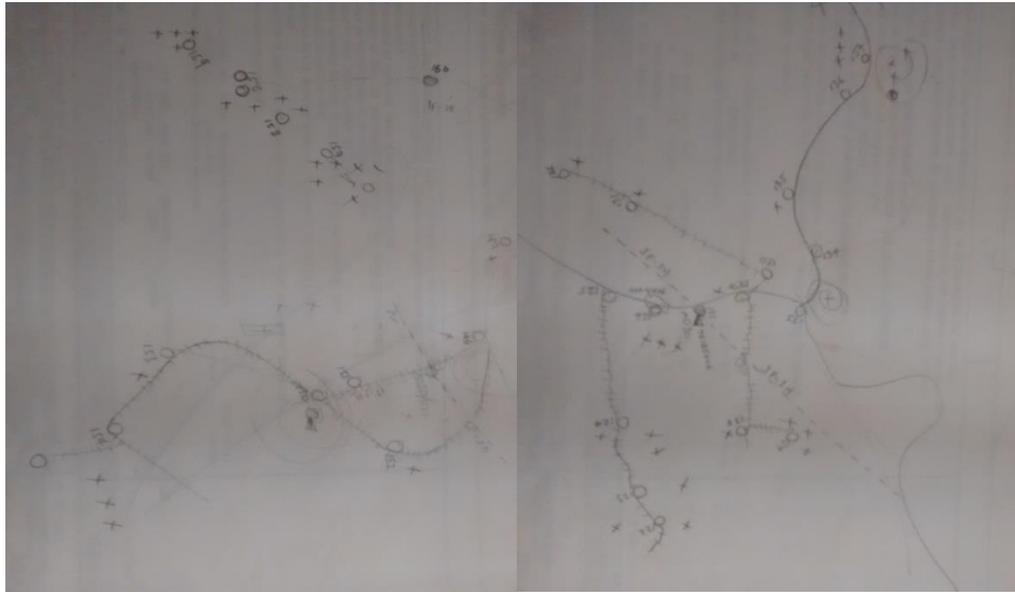


Fig.3.2 bocetos del levantamiento.

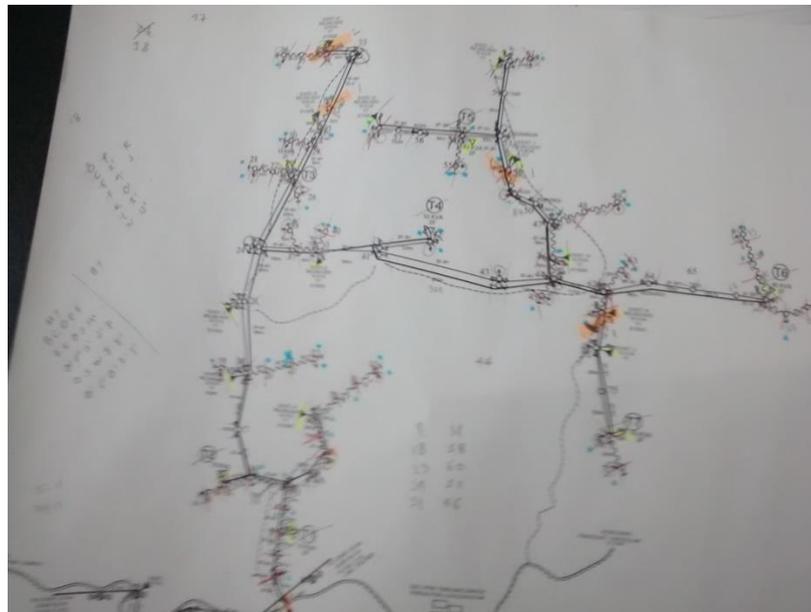


Fig.3.3 croquis formal del levantamiento.



Fig.3.4 estructura y pozo de visita típicos de entronque.

Segundo paso tomar una fotografía a la estructura de entronque más próxima al proyecto ya que de ahí se alimentara el proyecto además esta fotografía nos ayudara determinaremos el tipo de protección de nuestro proyecto. En caso de que el proyecto sea subterráneo el mismo levantamiento nos dirá el tipo de estructura de entronque de alimentación u pozo de visita si ya hubiera una instalación subterránea cerca. La figura 3.4 muestra la estructura típica de entronque de una red aérea y pozo de visita típico de entronque de red subterránea.

Tercer paso es tomar las coordenadas U.T.M del poste u pozo de visita con el modulo GPS cualquiera sea el caso. Ya que con esas coordenadas son necesarias para los trámites ante C.F.E

Cuarto pasó mediante un censo y con ayuda de representantes de las poblaciones determinaremos el número de usuarios nuevos y existentes y futuros ya que estos datos nos ayudaran para el cálculo de transformadores y la carga de la instalación. Este paso es importante porque con él nos daremos cuenta que tipo de servicio necesita la población, colonia ya que puede involucrar escuelas, hospitales, o algún tipo de servicio especial.

3.2 Diseño y elaboración de los proyectos.

Quinto paso diseño de los proyectos con el levantamiento indicado en el primer paso tenemos los datos siguientes. Distancias interpostales, claros de baja tensión, número de usuarios, tipo de suelo tipo de servicio y coordenadas del poste de entronque. Los proyectos se digitalizaran en el software Auto Cad.

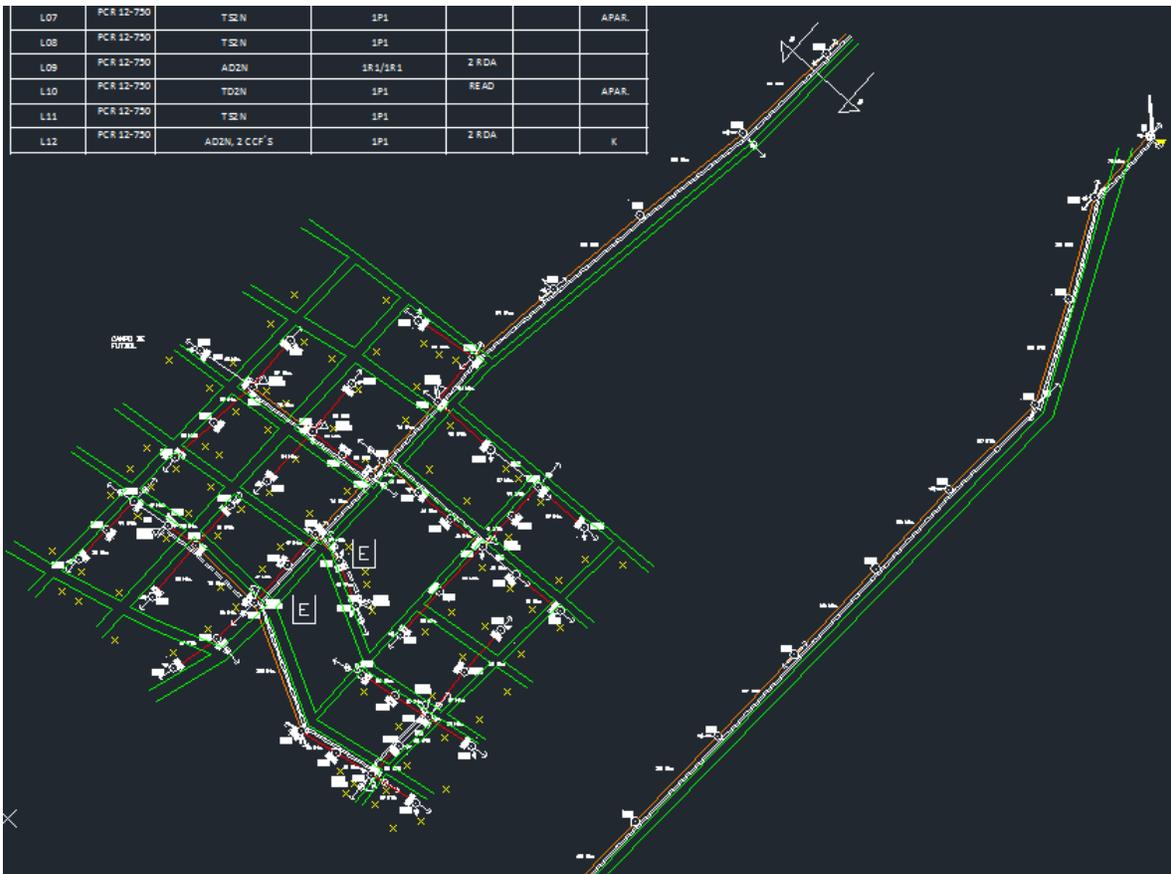


FIG.3.5 Digitalización del proyecto de media tensión aéreo.

Con el levantamiento de la obra descrito en el primer paso empezamos con el diseño de la red aérea. El diseño de este tipo de obra aérea depende mucho del dispositivo GPS, ya que con él nos va indicando las distancias inter postales según nos indica la norma de C.F.E, claros de baja tensión máximo 50 mts y claros de media tensión máximo 100 mts.

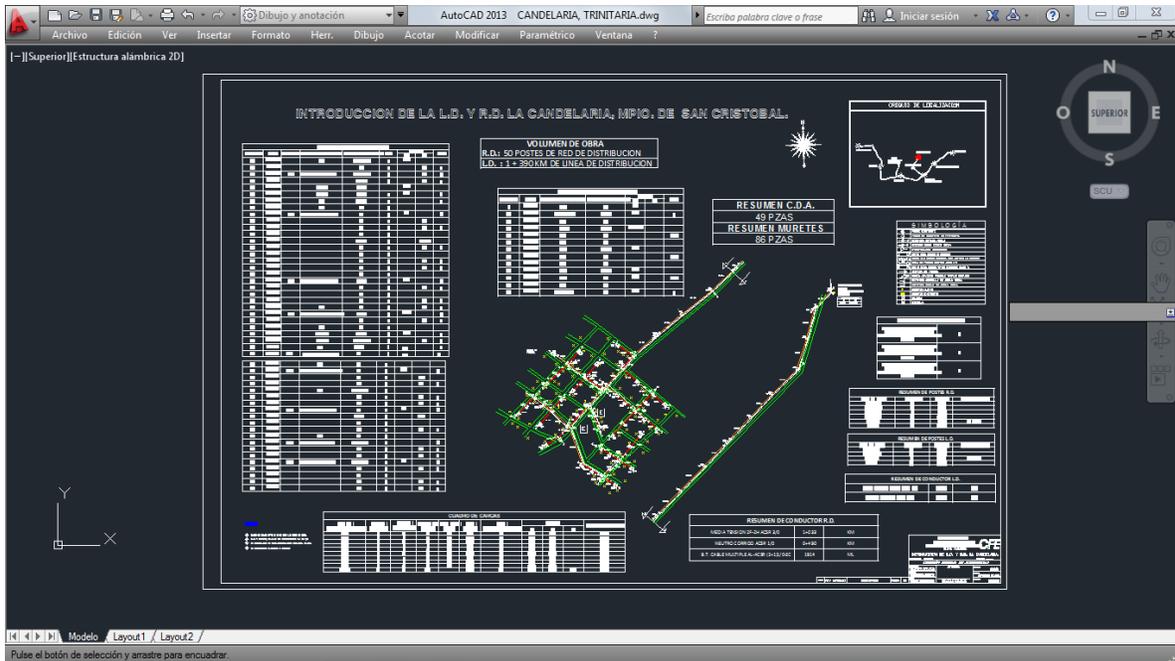


FIG.3.6 Plano definitivo del proyecto aéreo.

La selección de estructuras depende de las condiciones del terreno para este proyecto usaremos la estructura vs porque ya tenemos calles marcadas.

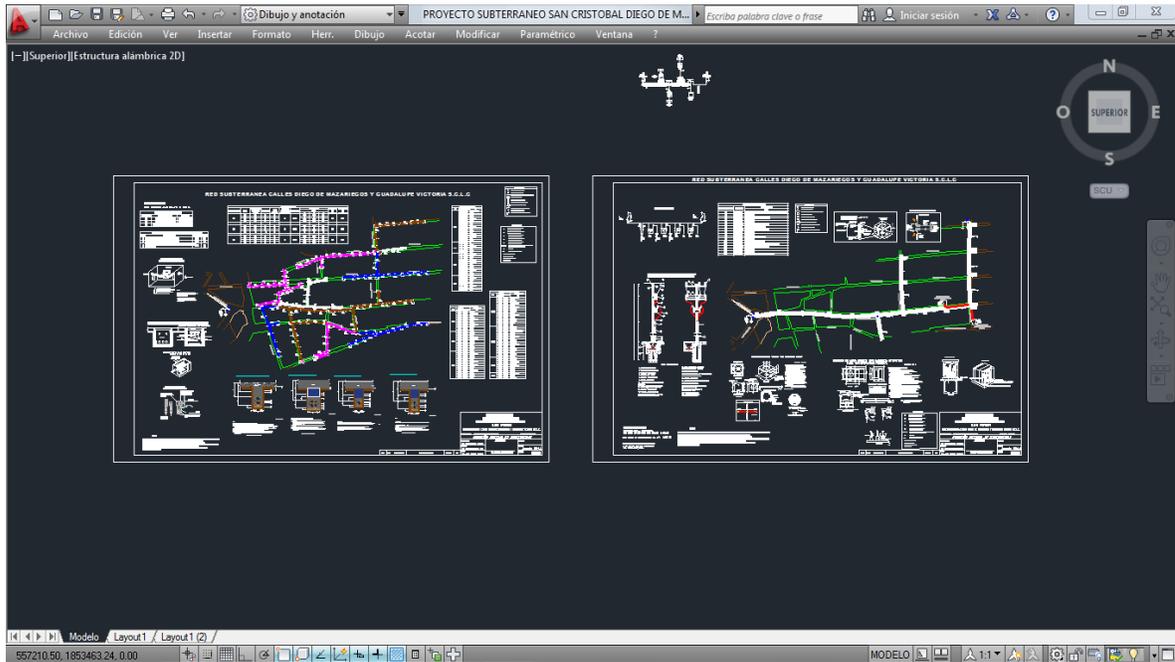


Fig. 3.7 Planos del proyecto subterráneo.

Selección del aislamiento este paso es importante ya que C.F.E utiliza el software google Earth para marcar sus circuitos dentro del estado de Chiapas. La figura 3.8 muestra el entorno de google Earth.

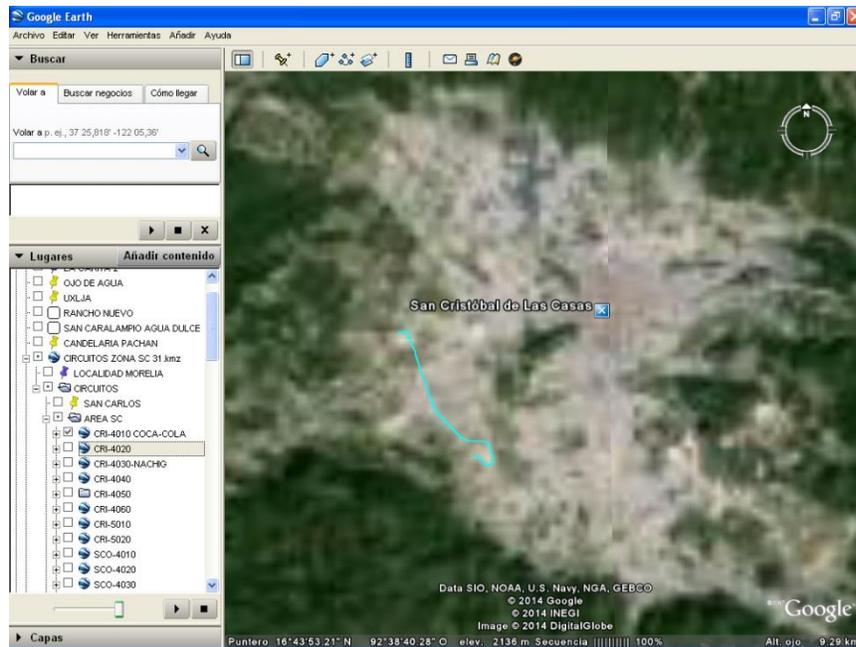


Fig.3.8 entorno google Earth.

La figura 3.9 muestra los circuitos marcados en el área de San Cristóbal, el dispositivo GPS es de mucha importancia en este paso ya que él toma las coordenadas UTM de nuestros puntos de entronque. Esto nos ayudara a determinar en qué circuito nos conectaremos y el voltaje que maneja dicho circuito.

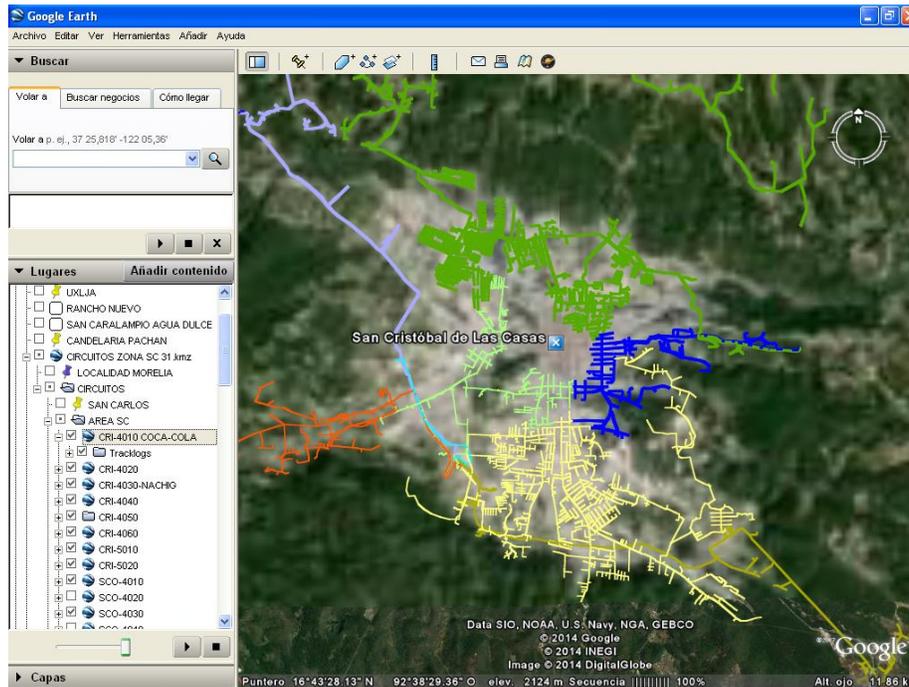


Fig.3.9 circuitos marcados del área san Cristóbal.

Los circuitos tomados serán el azul y el verde que se muestran en la fig.3.9

El azul es de 13200 Volts y el verde de 33000 volts ahora sabemos qué tipo de aislamiento necesitamos. El azul pertenece a la red subterránea y el verde a la red aérea.

3.3 Cálculo de los parámetros eléctricos.

3.3.1 Cálculos de los transformadores.

| CUADRO DE CARGAS | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------|------------------|----------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|------------------|
| No. DE TRANSFORMADOR | LOTES NUEVOS | LOTES EXISTENTES | TOTAL DE LOTES | KVA POR LOTE | KVA TOTAL | KVA TRANSFORMADOR | FASES | | | % DE UTILIZACION |
| | | | | | | | A | B | C | |
| TD-1 | 4 | 8 | 12 | 0.8 | 9.60 | 15 | 7.50 | 7.50 | | 64.00 |
| TD-2 | 5 | 8 | 13 | 0.8 | 10.40 | 15 | 7.50 | 7.50 | | 69.33 |
| TD-3 | 4 | 14 | 18 | 0.8 | 14.40 | 25 | 7.50 | 7.50 | | 57.60 |
| TD-4 | 2 | 5 | 7 | 0.8 | 5.60 | 10 | 7.50 | 7.50 | | 56.00 |
| TD-5 | 5 | 7 | 12 | 0.8 | 9.60 | 15 | 7.50 | 7.50 | | 64.00 |
| TD-6 | 4 | 14 | 18 | 0.8 | 14.40 | 25 | 12.50 | 12.50 | | 57.60 |
| TD-7 | 3 | 9 | 12 | 0.8 | 9.60 | 15 | 7.50 | 7.50 | | 64.00 |
| TD-8 | 6 | 8 | 14 | 0.8 | 11.20 | 15 | 7.50 | 7.50 | | 74.67 |
| TD-9 | 5 | 13 | 18 | 0.8 | 14.40 | 25 | 12.50 | 12.50 | | 57.60 |
| TOTAL | 38 | 86 | 124 | | 99.20 | 160 | 77.50 | 77.50 | 0.00 | 62.00 |

Tab.3.1 cuadro de cargas para el cálculo de transformadores.

Para empezar con el cálculo de los transformadores debemos comenzar con los datos obtenidos del censo de usuarios existentes especificado en el primer paso.

Para el proyecto tenemos 38 lotes nuevos y 86 lotes existentes.

Con el levantamiento de terminamos que el proyecto aéreo es de interés social lo cual consideraremos como 0.8kv por usuario o lote.

Con el levantamiento determinamos las distancias de los transformadores y cuantos usuarios utilizaran los transformadores.

Para el caso del transformador 1 tenemos 4 usuarios nuevos y 8 existentes.

$12 \times 0.8kVA = 9.6kVA$ Entonces TD-1 = 9.6kVA pero la norma nos dice que no puede que dar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-1 = 15kVA.**

Para el caso del transformador 2 tenemos 5 usuarios nuevos y 8 existentes.

$13 \times 0.8kVA = 10.4kVA$ Entonces TD-2 = 10,4kVA pero la norma nos dice que no puede quedar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-2 = 15kVA.**

Para el caso del transformador 3 tenemos 14 usuarios nuevos y 8 existentes.

$17 \times 0.8kVA = 13.6kVA$ Entonces TD-3 = 13.6kVA pero la norma nos dice que no puede quedar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-3 = 25kVA.**

Para el caso del transformador 4 tenemos 2 usuarios nuevos y 5 existentes.

$7 \times 0.8kVA = 5.6kVA$ Entonces TD-4 = 5.6 kVA pero la norma nos dice que no puede quedar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-4 = 10kVA.**

Para el caso del transformador 5 tenemos 5 usuarios nuevos y 7 existentes.

$12 \times 0.8kVA = 9.6kVA$ Entonces TD-5 = 9.6 kVA pero la norma nos dice que no puede que dar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-5 = 15kVA.**

Para el caso del transformador 6 tenemos 4 usuarios nuevos y 14 existentes.

$18 \times 0.8kVA = 14.4kVA$ Entonces TD-6 = 14.4 kVA pero la norma nos dice que no puede quedar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-6 = 25kVA.**

Para el caso del transformador 7 tenemos 3 usuarios nuevos y 9 existentes.

$12 \times 0.8kVA = 9.6kVA$ Entonces TD-7 = 9.6 kVA pero la norma nos dice que no puede quedar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-7 = 15kVA.**

Para el caso del transformador 8 tenemos 6 usuarios nuevos y 8 existentes.

$14 \times 0.8kVA = 11.2kVA$ Entonces TD-8 = 11.2 kVA pero la norma nos dice que no puede que dar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-8 = 15kVA.**

Para el caso del transformador 9 tenemos 5 usuarios nuevos y 13 existentes.

$18 \times 0.8kVA = 14.4kVA$ Entonces TD-9 = 5.6 kVA pero la norma nos dice que no puede quedar ajustado por crecimiento a futuro entonces **TD-9 = 10kVA.**

KVA de los transformadores = TD1+TD2+TD3+TD4+TD5+TD6+TD7+TD8+TD9=
160Kva.

Cálculo de la caída de tensión.

| RESUMEN DE CONDUCTOR L.D. | | |
|----------------------------------|-------|----|
| MEDIA TENSION 2F-2H ACSR 3/0 | 1+390 | KM |
| NEUTRO CORRIDO ACSR 1/0 | 1+390 | KM |

Tab 3.2 tabla para el cálculo de caída de tensión L.D.

Con el distancio metro determinamos la distancia del conductor que es del tipo ACSR 3/0

Nuestra carga es de 144 Kw, factor de potencia de 90%, voltaje 13 kV, conductor ACSR 3/0 AWG y distancia de 1.390 Km, tres fases.

Para empezar necesitamos calcular la corriente primero.

$$\text{Corriente en Amperes} = \frac{KW}{F.P.* 1.73 * kv} = \frac{144}{0.9 * 1.73 * 13.2} = 7.006A$$

La tabla 2.6 del capítulo 2 nos indica que la caída de tensión por ampere por kilómetro del material ACSR calibre 3/0 = 0.88222.

Entonces:

$$\text{Caída de tensión} = 0.88222 \times 7.006 \times 1.390 = 8.5913 \text{ V.}$$

Para calcular los transformadores subterráneos se considera 1.2 kVA por usuario. Para el transformador 1 tenemos 189 usuarios **189x1.2kva** E1= 226.8 no puede quedar ajustado. **E1=300Kva**

Para calcular los transformadores subterráneos se considera 1.2 kVA por usuario. Para el transformador 2 tenemos 191 usuarios **1x1.2kva** E2= 154.8 no puede quedar ajustado. **E2=225Kva**

Para calcular los transformadores subterráneos se considera 1.2 kVA por usuario. Para el transformador 3 tenemos 191 usuarios **191x1.2kva** E3= 229.2 no puede quedar ajustado. **E3=300Kva**

3.4 Presupuestos

Para el presupuesto tenemos una herramienta informática en Excel que con diversos estudios de mercado mensuales e investigación de páginas web sobre materiales, nos ayuda calcular el presupuesto tanto en L.D y R.D.

El primer ´proyecto tiene un precio total de L.D de \$334,800.00

El precio de la R.D es de \$1, 807,000.00

El proyecto subterráneo tiene un precio de \$2350,744.33

Nota: todos los cálculos se realizaron en la hoja de cálculo de Excel proporcionada en los Anexos del CD para las dos obras.

4. Resultados y Conclusiones

4.1 Resultados

Durante todo el análisis del proyecto se obtuvieron los siguientes resultados. Se logró la implementación de C.D.A. cajas derivadores antifraude en los siguientes proyectos aéreos para combatir el robo de luz esto se logró con investigaciones de páginas web y experiencias de los ingenieros que diseñan. La figura 4.1 muestra como se debe una instalada.



Fig4.1 C.D.A instalada.

Del análisis de las normas se obtuvieron los siguientes lineamientos para facilitar el diseño de redes de media tensión.

Demanda coincidente para el cálculo de transformadores.

- 1.1. Se considera como mínimo 0.3 KVA por lote para servicio rural.
- 1.2. Se considera como mínimo 0.6 KVA por lote para servicio de interés social.
- 1.3. Se considera como mínimo 1.0 KVA por lote para servicio de interés medio.
- 1.4. Se considera como mínimo 1.2 KVA por lote para servicio de interés alto

CARACTERISTICAS DE SERVICIO PARA REDES AEREAS Y SUBTERRANEAS.

- 1.5. La tolerancia en la tensión será de +- 10 %

- 1.6. La frecuencia será de 60 HZ +- 0.8 %
- 1.7. La caída de tensión en media tensión no deberá exceder al 1% en condiciones normales de operación
- 1.8. La caída de tensión en baja tensión será como máximo del 5 % en sistemas trifásicos y del 3% en sistemas monofásicos.
- 1.9. Las pérdidas eléctricas en media tensión no deberán exceder al 3 % en condiciones de demanda máxima de operación.
- 1.10. Las pérdidas eléctricas en baja tensión no deberán exceder al 2 % en condiciones de demanda máxima de operación.

MEDIA TENSION AEREO

- 1.11. Su configuración será del tipo radial.
- 1.12. La red de media tensión se proyectará utilizando el sistema de 2F-3H en redes rurales como máximo dos bancos, para un número mayor de bancos se construirá en 3F-4H, 3F-4H en redes urbanas.
- 1.13. Para construcciones de circuitos de media tensión en áreas rurales con una distancia mayor a 500 mts, la construcción de la línea será invariablemente en sistema 3F-4H.
- 1.14. Para todas las construcciones de circuitos se instalará invariablemente aislamiento 13 PD.
- 1.15. El calibre en redes urbanas será AAC 266.8 invariablemente.
- 1.16. Para redes rurales, el calibre mínimo del conductor será de 3/0 AWG en las fases, y de 1/0 AWG en el neutro corrido, utilizándose ACSR para el medio rural, para la parte de los circuitos troncales, se considerará calibre ACSR 266.8.
- 1.17. Las estructuras de soporte serán de concreto reforzado de 12 metros de altura y 750 kilogramos. de resistencia mecánica a la flexión.
- 1.18. La distancia máxima interpostal será de 50 metros en área urbana y de 100 metros a campo traviesa.
- 1.19. En la construcción de redes de distribución aéreas se considerará la construcción en estructuras tipo volada, en las líneas de distribución se construirá en estructuras tipo normales (TS3N, AD3N, etc.) quedando como opción para casos extraordinarios la construcción en tipo volada.
- 1.20. Para construcción de circuitos con una distancia mayor a 5 KMS se considerará la instalación de unas cuchillas de operación en grupo con carga, para distancias mayores a 10 KMS se considerará adicional a las cuchillas de operación en grupo la instalación de un equipo de restablecimiento automático tele controlado. Para cargas mínimas se considerará la instalación de cortacircuitos fusibles de triple disparo en el entronque
- 1.21. Los equipos de protección y seccionamiento será a través de cortacircuitos fusible hasta una carga de 125 KVA, para cargas mayores a 125 KVAS pero menores a 250 KVAS se protegerá con cortacircuitos fusibles de triple disparo, para cargas superiores será a través de equipos con recierre automático y operación trifásica.

- 1.22. En el entronque de ramales se instalará invariablemente equipo de protección.
- 1.23. En áreas arboladas se considerara la instalación de cable semiaislado, respetando los calibres mencionados en el punto 3.4 y 3.5.
- 1.24. Para redes urbanas se considerará la instalación de postes de acero autos soportados.
- 1.25. Para la red existente se considerará la rehabilitación a partir de distancias menores a 1 KM.

BAJA TENSION AEREO.

- 1.26. Su configuración será del tipo radial
- 1.27. El sistema a utilizar será de 2F-3H para alimentar servicios domésticos.
- 1.28. El sistema a utilizar para alimentar servicios trifásicos será 3f-4H procurando alimentación exclusiva.
- 1.29. El conductor en baja tensión será de aluminio del tipo forrado calibre mínimo 1/0.
- 1.30. La longitud máxima será de 50 metros radiales a partir del transformador en área urbana y de 100 metros radiales en áreas rurales.
- 1.31. La distancia interpostal máxima será de 50 metros en área urbana o rural.
- 1.32. El conductor de salida del transformador a la red será de cobre del tipo forrado para 600 volts, calibre mínimo 1/0.
- 1.33. Los postes de soporte serán los normalizados por CFE, y de concreto reforzado de 9 metros de altura y de 400 KG de resistencia mecánica a la flexión.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION TIPO AEREO.

- 1.34. Los transformadores de distribución para servicio doméstico o residencial serán del tipo monofásicos autoprotegidos.
- 1.35. En todos los transformadores se instalaran apartarrayos en B.T.
- 1.36. Los transformadores de distribución para proporcionar servicio 3F-4H en forma exclusiva serán del tipo trifásico.
- 1.37. El factor de utilización proyectado será entre el 90 al 100 %.
- 1.38. Los dispositivos de protección contra sobretensiones en media tensión será apartarrayos del tipo distribución de óxidos metálicos.
- 1.39. En transformadores autoprotegidos se instalarán cortacircuitos fusible para el corte visible de la energía eléctrica.
- 1.40. La capacidad máxima de los transformadores será de acuerdo a las necesidades del servicio con una capacidad máxima de 37.5 KVA.
- 1.41. La capacidad máxima de los transformadores trifásicos será de 45 KVA, a menos que el proyecto requiera de mayor capacidad, en cuyo caso se plasmará dicha necesidad.

MEDIA TENSION SUBTERRANEO

- 1.42. Su configuración será monofásico o trifásico, tipo radial, o en anillo abierto dependiendo de las condiciones del proyecto.
- 1.43. Para la interconexión a la red y distribución interna se utilizarán seccionadores tipo pedestal o sumergibles, o codos con fusible, con capacidad de acuerdo a la carga por alimentar.
- 1.44. En transiciones aéreo-subterráneas se considerará cortacircuito fusible de distribución hasta una carga de 250 kVA, y apartarrayos tipo riser-pole.
- 1.45. Para transiciones cercanas a la subestación se considerara la instalación de cortacircuito fusible de potencia a una distancia menor a 1 km de la subestación.
- 1.46. Los conductores de fase será de aluminio XLP y con calibre mínimo de 1/0 AWG.
- 1.47. El conductores de referencia de tierra será de cobre desnudo calibre mínimo 2 AWG
- 1.48. Solo en el registro donde exista equipo se dejará excedente de cable.
- 1.49. Se instalarán indicadores de falla de reposición automática.
- 1.50. La instalación de ductos PAD será directamente enterrados.
- 1.51. El diámetro mínimo para la red y acometidas en media tensión será de 2 pulgadas, respetando el factor de relleno del 53%.
- 1.52. Con el uso de ductos PAD hasta la base del transformador, se podrá eliminar la garganta y registro al pie
- 1.53. Todos los registros y las bases para equipo deberán ser prefabricados y podrán ser de concreto o de materiales poliméricos
- 1.54. Las transiciones deberán soportarse con una cruceta PV-75, o con el Kit de Soporte de la empresa 3M. (no se acepta la madera)
- 1.55. La acometida se derivará de un conector de media tensión instalado en un registro RMT4 y en estos casos se instalara la tapa cuadrada.
- 1.56. Para determinar el diámetro de los tubos se considera un factor de relleno de: para un conductor del 53%, para dos conductores del 30%, para más de 2 del 40%.
- 1.57. Para la derivación de acometidas con demandas menores o iguales a 750 KVAS se considerara la instalación de conectores tipo codo con fusibles, para demandas mayores se considera la instalación de MVI.

BAJA TENSION SUBTERRANEO

- 1.58. Su configuración será del tipo radial, en áreas residenciales 2F-3H con 4 circuitos y en áreas comerciales 3F-4H con 8 circuitos. Máximos.
- 1.59. Se utilizara cable de aluminio tripex o cuádruplex con aislamiento de 600 volts.
- 1.60. El calibre del conductor de baja tensión será como mínimo 3/0.

- 1.61. La longitud máxima de los circuitos de baja tensión desde las terminales del transformador hasta el remate del circuito no será mayor de 200 metros
- 1.62. se instalará solo un circuito por ducto.
- 1.63. Se podrán instalar hasta a 8 acometidas máximo en registros de baja tensión.
- 1.64. El calibre mínimo de acometida en baja tensión será como mínimo del No. 6
- 1.65. La longitud máxima de la acometida será de 35 y como excepción a 45 metros máximo en el último registro.
- 1.66. El diámetro de ductos, para baja tensión será mínimo de 1 pulgada.
- 1.67. Los registros podrán ser de concreto o de materiales poliméricos.
- 1.68. Para determinar el diámetro de los tubos se considera un factor de relleno de: para un conductor del 53%, para dos conductores del 30%, para más de 2 del 40%

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA

- 1.69. El factor de utilización será entre de 0.9 a 1.0
- 1.70. La capacidad máxima del transformador monofásico será de 100 kVA y el trifásico de 225 kVA.
- 1.71. Los transformadores de servicios suministrados en media tensión de un sistema subterráneo deben ser conexión Y-Y o YT en caso de monofásicos

CRITERIOS PARA CONSIDERAR ÁREAS DE SERVICIO SUBTERRÁNEAS.

- 1.72. Centros de poblaciones.
- 1.73. Áreas comerciales que requieren de una alta confiabilidad.
- 1.74. Zonas aboladas o consideradas como reservas ecológicas.
- 1.75. Áreas con una topología urbana irregular.
- 1.76. Avenidas y calles con alto tráfico vehicular.
- 1.77. Áreas de poblaciones consideradas turísticas e históricas.
- 1.78. Lugares de concentración masiva (estadios, mercados, centrales camioneras, etc.).
- 1.79. Poblaciones expuestas a ciclones y contaminación.
- 1.80. Desarrollos residenciales de nivel alto, medio e interés social.
- 1.81. Los lugares indicados en el Plan Rector de la ciudad de Oaxaca y en las poblaciones con mayor a 10,000 habitantes.
- 1.82. Zonas rurales donde no existan desniveles mayores al 20 % y exista un alineamiento emitido por la Autoridad.

CRITERIOS PARA CONSIDERAR ÁREAS DE SERVICIO HIBRIDAS.

- 1.83. Poblaciones Rurales y zonas pobladas sin electrificar (asentamientos regulares) que por las condiciones del terreno no puedan ser subterráneas.

10.2. Mejoras a redes de distribución pagadas y realizadas a través de terceros

ACOMETIDAS.

- 1.84. Todas las acometidas en baja tensión aérea se conectarán a través de conectores tipo L a compresión derivados con colillas (bigotes).
- 1.85. La conexión de la acometida en la base del medidor se realizará conectando el neutro proveniente de la fuente a la mordaza inferior derecha.
- 1.86. En fraccionamientos las acometidas se instalarán en muretes dobles o de preferencia en concentración de medidores para los fraccionamientos en los que se preste su instalación.

Comparación de redes de media tensión:

En general se concluye que para la ciudad de San Cristóbal es recomendable aplicar sistemas subterráneos ya que esta ciudad está en crecimiento de altura en la zona del centro de la ciudad y para el área periférica se necesitan sistemas aéreos. En general un sistema subterráneo es mejor que un aéreo no solo en seguridad sino en factibilidad.

Las ventajas de un sistema subterráneo son seguridad, factibilidad.

Desventajas : es caro y repercute en el tránsito vehicular

Recomendaciones: se recomienda el uso de tecnologías para el diseño de redes de media tensión así como el conocimiento de las normas mexicanas de instalaciones eléctricas.

5. Referencias

- [1] Normas De Distribución-Construcción-Instalaciones Aéreas En Media Y Baja Tensión C.F.E.**
- [2] Norma De Distribucion-Construccion- De Sistemas Subterráneos C.F.E.**
- [3] Nom-001-Sede-1999 (Utilización).**
- [4] Nmx-J-098, Sistemas Eléctricos De Potencia-Suministros-Tensiones Eléctricas Normalizadas.**
- [5] IEEE Electricity Meters for Coordinated Voltage Control in Medium Voltage Networks with Wind power.**

ANEXO A.

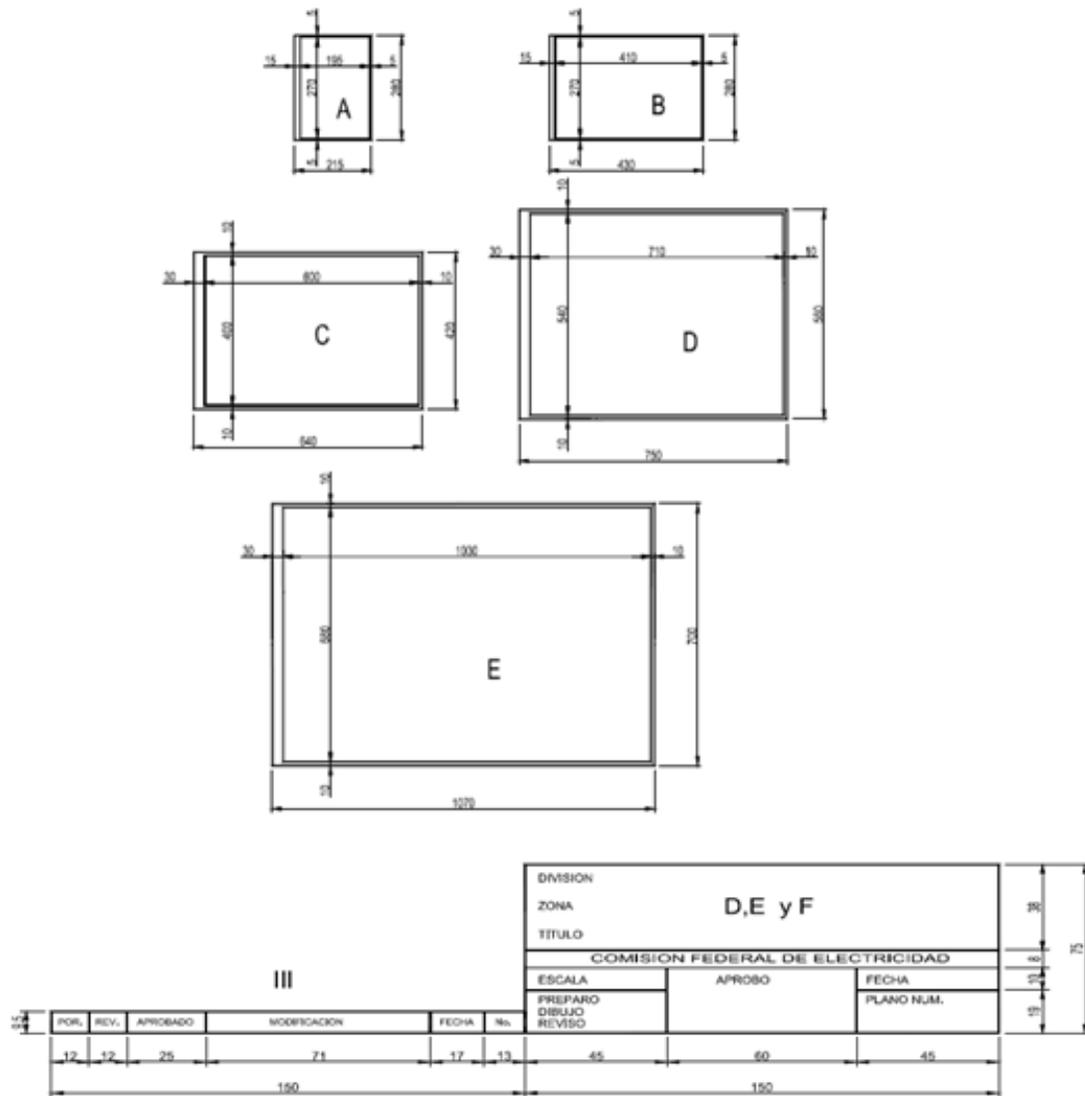


Fig.A1 Lineamientos y tamaños de planos.

Anexo B:

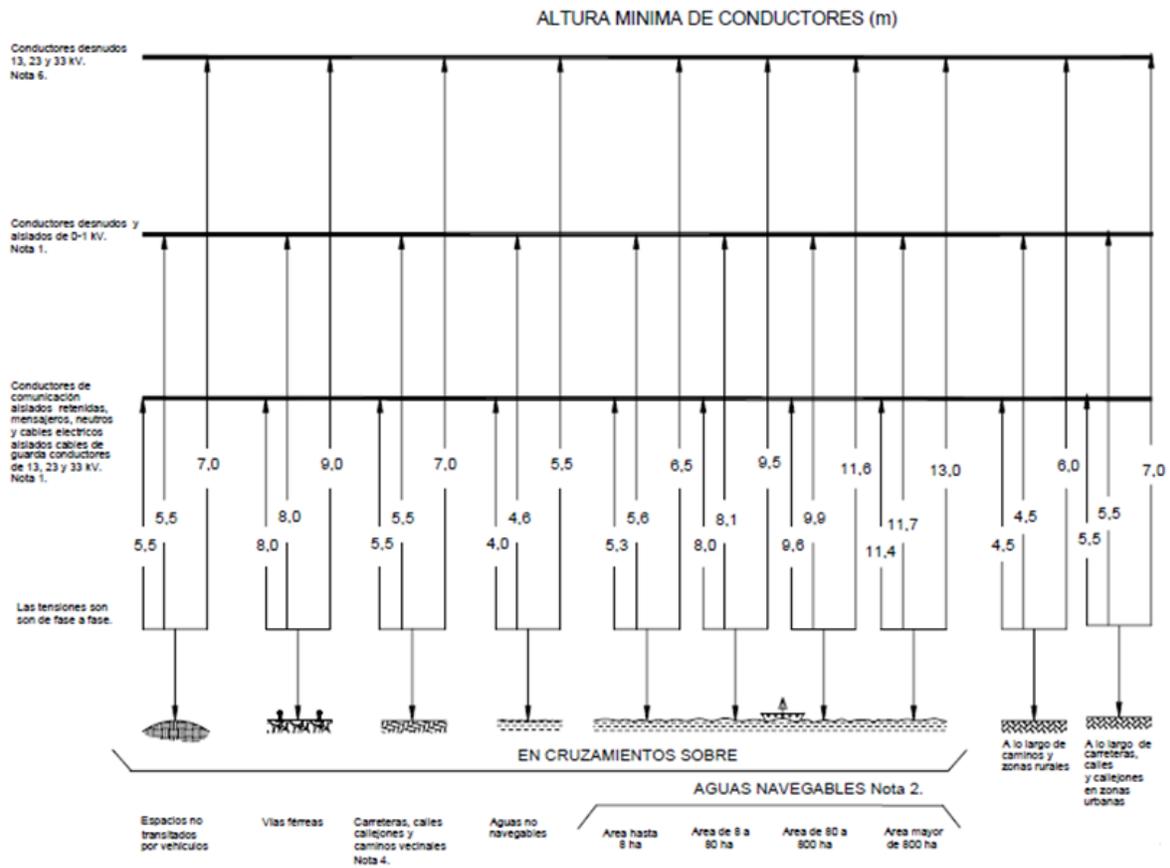
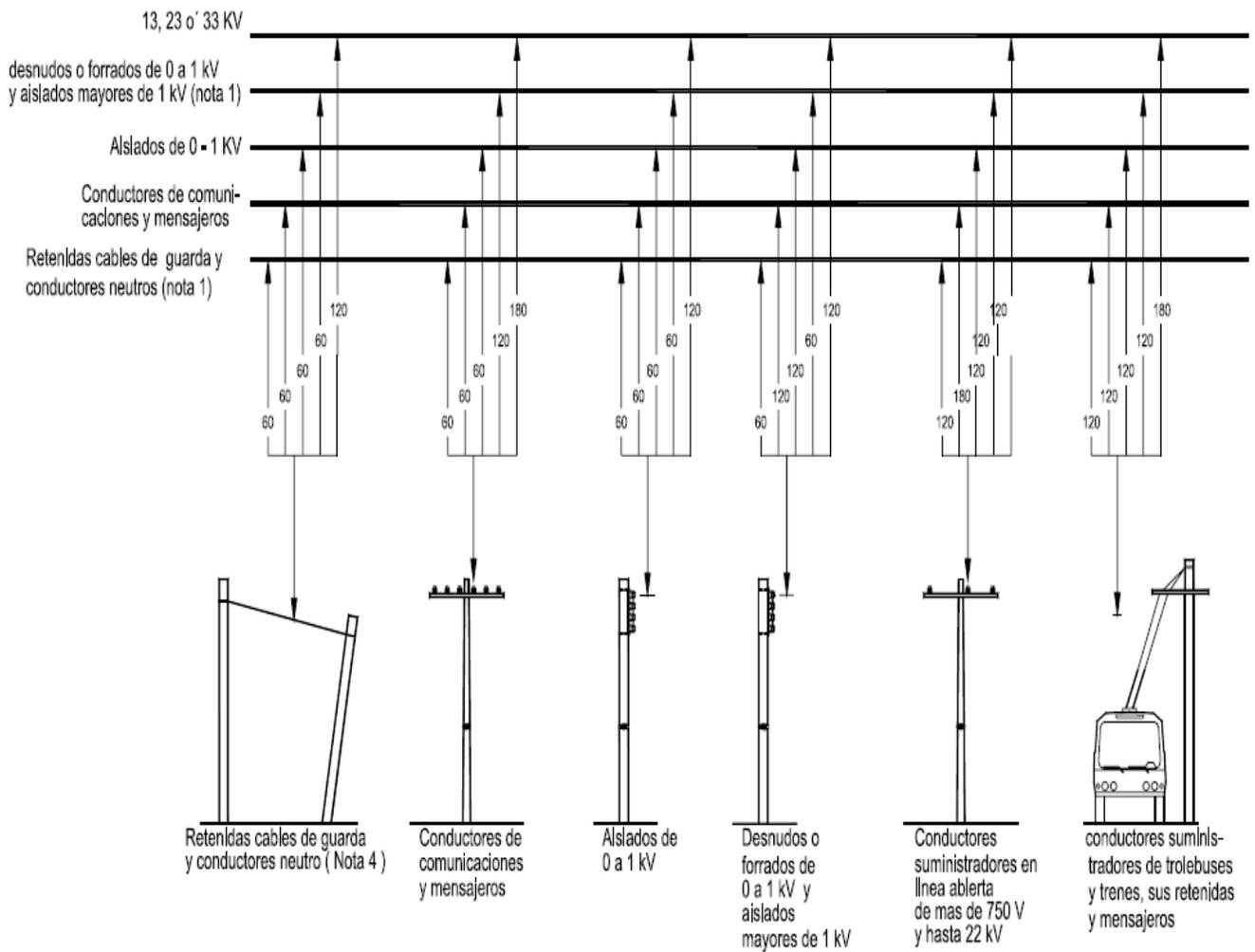


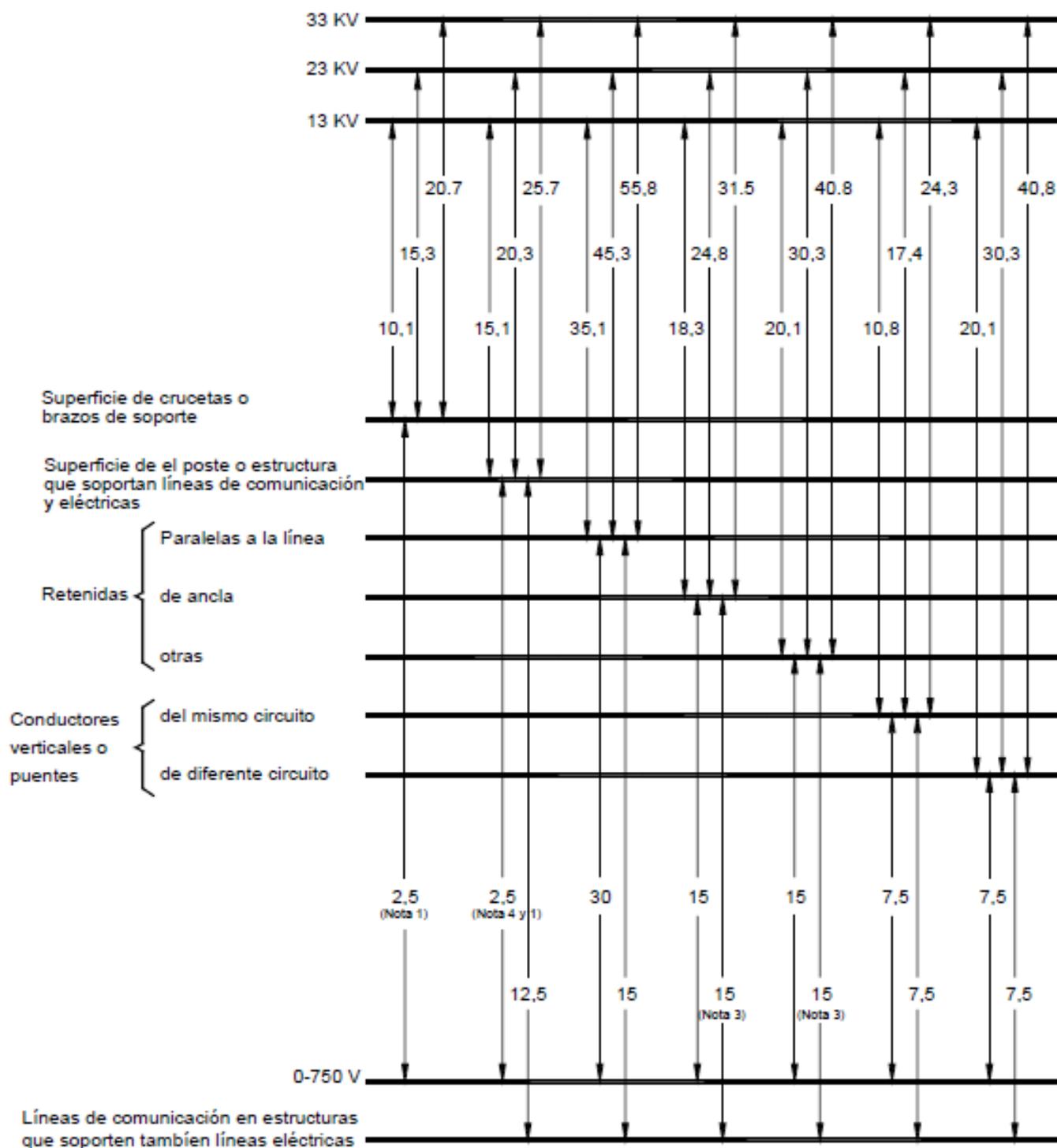
FIG A2. Altura mínima de conductores.

SEPARACIÓN VERTICAL (cm) ENTRE CONDUCTORES SOPORTADOS EN DIFERENTES ESTRUCTURAS



FigA3. Separación vertical

SEPARACIONES (cm)



FigA4. Separación de con ductores.