



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

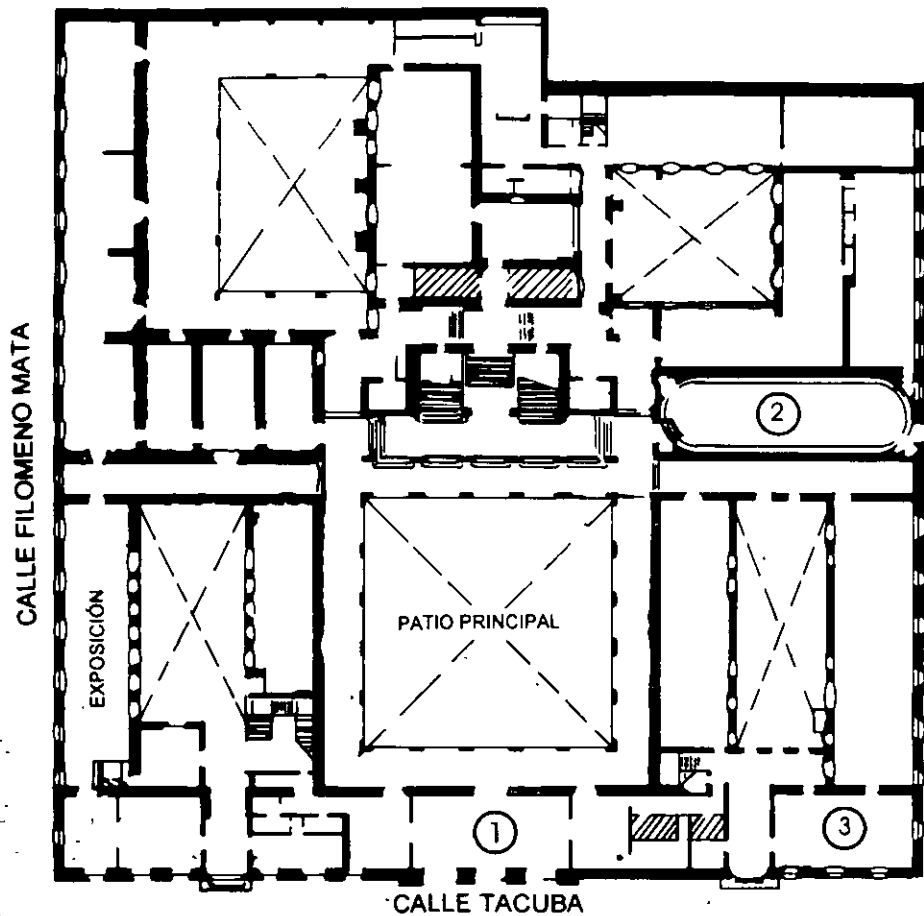
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

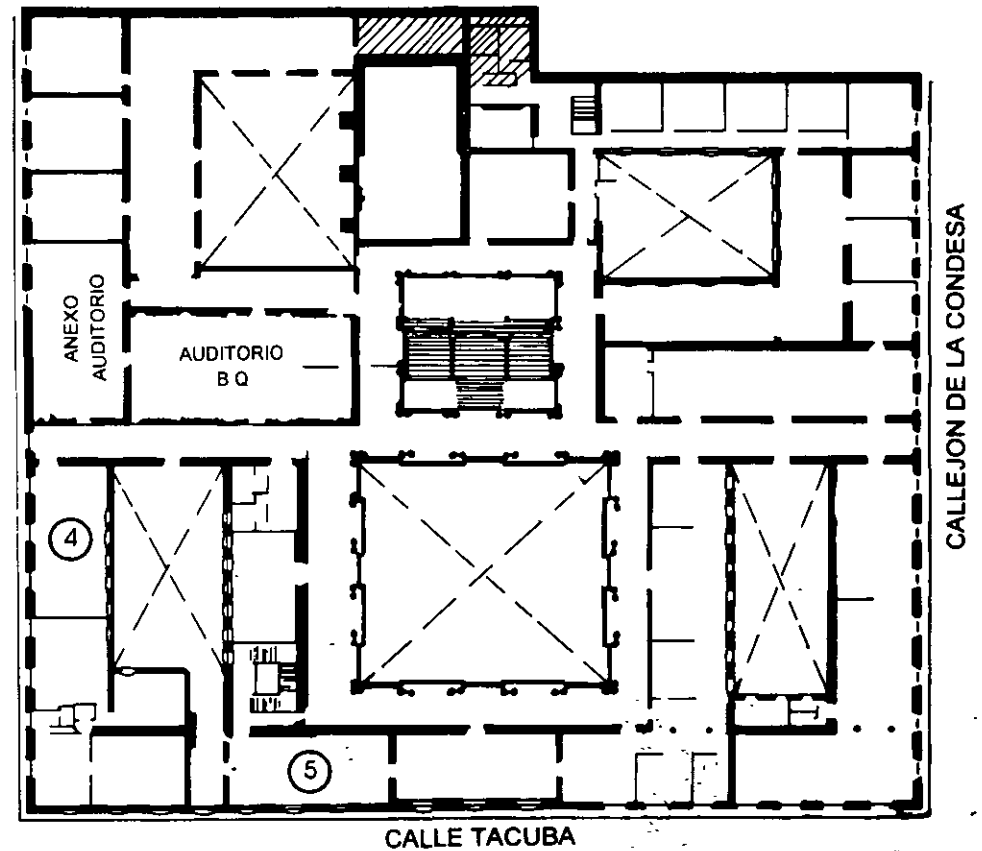
**Atentamente
División de Educación Continua.**



PALACIO DE MINERIA

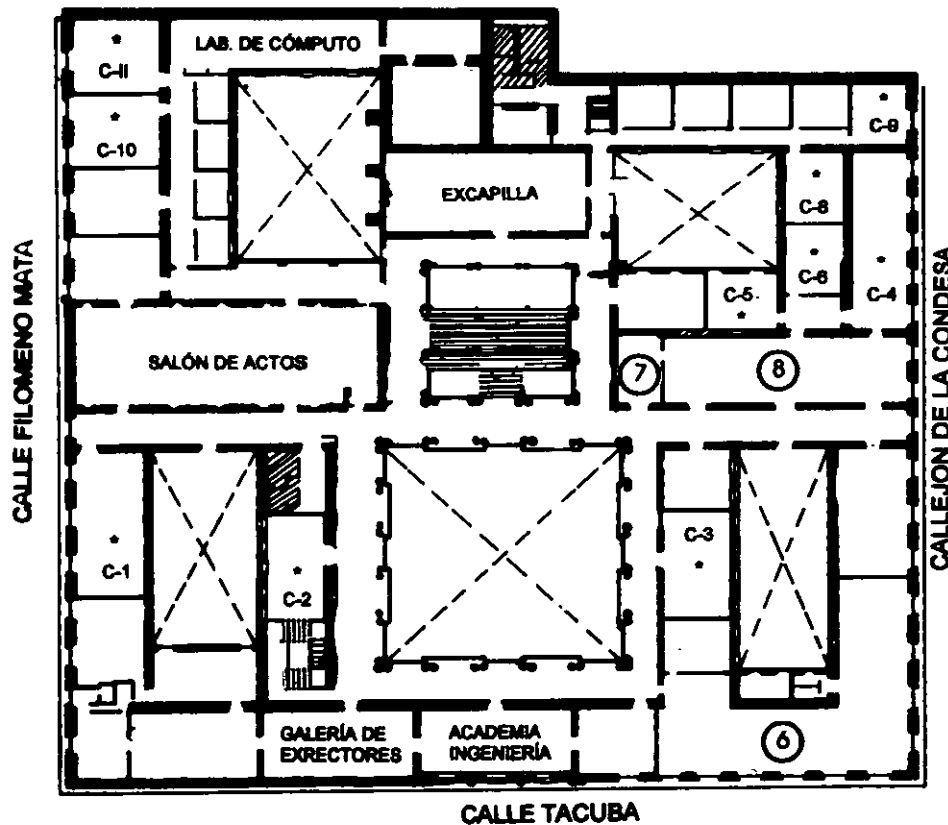


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

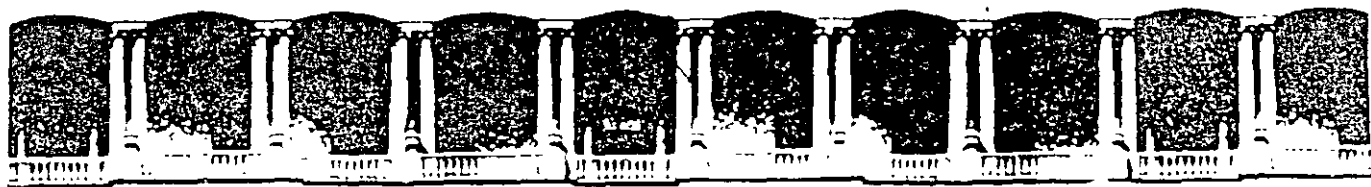
* AULAS

1er. PISO



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

**SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS URBANOS
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL**

**SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DE ALTA TENSIÓN.**

Del 21 de Agosto al 1º. de Septiembre 2000.

APUNTES GENERALES

**Ing. Silvano Juan Pérez
Gobierno del Distrito Federal
Agosto - Sep/ 2000**

SEGURIDAD E INSTALACIONES ELECTRICAS DE ALTA TENSION.

I. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.

Código Nacional de Seguridad Eléctrica (National Electrical Safety CODE NESC).

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 "INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)".

Especificación Comisión Federal de Electricidad CFE L 0000-06.

II. METODOS DE CONEXION A TIERRA EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA Y SERVICIOS DE COMUNICACION.

Sistemas que deben aterrizarse.

Cables, mensajeros y guías.

Cercas.

Disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 "INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)".

III. REGLAS PARA LA INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES PARA SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD Y EQUIPOS.

Resguardos de equipos y áreas de seguridad.

Espacios de utilización.

Mantenimiento, inspección, pruebas.

Barreras para partes móviles y espacios de trabajo.

Locales clasificados.

Equipos.- baterías, transformadores, interruptores y reguladores.

Distancias de seguridad.

IV. REGLAS DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO DE LINEAS ELECTRICAS AEREAS Y DE LINEAS DE COMUNICACION.

Aplicación, inspección y prueba.

Relación entre varios claros de líneas y equipos.

Circuitos de comunicación.

V. REGLAS DE SEGURIDAD PARA LA INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA Y LINEAS DE COMUNICACION SUBTERRANEAS.

Requerimientos generales, inspección y prueba.

Sistemas de protección.

Requerimientos de protección de los sistemas de comunicación.

Canalizaciones de sistemas bajo tierra.

ING. SILVANO JUAN PEREZ.

17/ agosto /2000.

SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS DE ALTA TENSION

CAPITULO I.

DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.

El Código Nacional de Seguridad Eléctrica (National Electrical Safety Code NESC) del Instituto de Ingenieros en electricidad y Electrónica en su norma IEEE std 100-1992, define términos utilizados para la seguridad en instalaciones eléctricas, de los cuales se reproducen algunos enseguida:

Autoridad administrativa.- Es la que ejerce dentro de su jurisdicción la aplicación de este código.

Ampacidad.- Es la capacidad en amperes que soporta un conductor eléctrico en las condiciones térmicas que se establezcan.

Automático.- Operación de un mecanismo sin la participación de personal, por ejemplo: cambio de esfuerzos en la corriente, control remoto de algún mecanismo, etcétera.

Cable.- Un conductor o grupo de conductores con o sin aislamiento o una combinación de conductores aislados uno de otro (cable con conductores múltiples).

Cubierta de cable.- Las cubiertas de protección sobre el aislamiento coraza o blindaje de un cable.

Blindaje de cable.- Una cubierta protectora conductiva cubriendo a los cables.

Terminal de cable.- Un dispositivo que provee la salida aislante para los conductores.

Circuito.- Un conductor o un sistema de conductores a través de los cuales una corriente eléctrica puede fluir.

Interruptor.- Un dispositivo capaz de conducir e interrumpir corrientes bajo condiciones normales de un circuito, o para un tiempo específico y para desconectar la corriente bajo condiciones anormales, como es el caso de corto circuito.

Claro.- La distancia entre dos objetos medidos sobre una misma superficie.

Para una línea aérea.- La parte comprendida entre los soportes consecutivos.

DEFINICIONES ESTABLECIDAS POR LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999. "INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)".

Esta norma establece en su contenido definiciones que corresponden a las distintas partes de las instalaciones eléctricas y atendiendo al tipo de instalación, así se tienen:

- Conductores para media tensión en los artículos 326, 328, 330, 333, 334, 354, 356 y 358.
- Sistemas de puesta a tierra artículo 921.
- Para líneas aéreas, suministro de energía eléctrica y sistemas de comunicación artículo 922.
- Para suministro de energía eléctrica y líneas subterráneas artículos 923 y 924.

La especificación de la Comisión Federal de Electricidad CFE L 0000-06 establece una clasificación de voltajes en las categorías A, B y C:

La categoría A comprende voltajes de 4.4 hasta 52 KV eficaz.

La categoría B, comprende tensiones entre 69 y 230 KV eficaz.

En la categoría C se tienen voltajes de 400 y 765 KV eficaz.

Desde el punto de vista de coordinación de aislamiento se tienen algunas definiciones las que reproducimos enseguida:

TABLA 1 - Niveles de aislamiento normalizados para equipo de la categoría "A"

Tensión nominal del sistema kV (eficaz)	Tensión máxima de diseño kV (eficaz)	Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) de fase a tierra ⁶⁾ kV (cresta)		Tensión resistente nominal a 60 Hz de fase a tierra kV (eficaz)
		hasta 500 kVA	arriba de 500 kVA	
4.4 ¹⁾	4.4	60	75	19
6.9 ¹⁾	7.2	75	95	26
13.8 ²⁾	15.5	95	110	34
24 ²⁾	26.4	150 ⁴⁾		50
34 ⁵⁾	38	200 ⁵⁾		70
52 ³⁾	52	250		95

NOTAS

- 1) Tensiones congeladas según especificación CFE L0000-02
- 2) Tensiones normalizadas preferentes según especificación CFE L0000-02
- 3) Tensión no normalizada en la especificación CFE L0000-02.
- 4) Para sistemas de 3 fases 4 hilos (sistema multiterrizado) úsese 125 kV.
- 5) Para sistemas de 3 fases, 4 hilos (sistema multiterrizado) úsese 150 kV.
- 6) Para esta categoría los niveles básicos de aislamiento al impulso de fase a fase son los mismos que los niveles básicos de aislamiento al impulso de fase a tierra.

TABLA 2 - Niveles de aislamiento normalizados para equipos de la categoría "B"

Tensión nominal del sistema kV (eficaz)	Tensión máxima de diseño kV (eficaz)	Nivel básico de aislamiento al impulso(NBAI) de fase a tierra kV (cresta)	Nivel básico de aislamiento al impulso(NBAI) de fase a fase kV (cresta)	Tensión resistente nominal a 60 Hz de fase a tierra kV (eficaz)
69 ¹⁾	72.5	325	325	140
		350	350	
115 ¹⁾	123	450	450	185
		550	550	230
138 ²⁾	145	450	550	185
		550	550	230
		650	650	275
161 ²⁾	170	550	550	230
		650	650	275
		750	750	325
230 ¹⁾	245	650	750	275
		750	850	325
		850	950	360
		950	1050	395
		1050	1125	460

NOTAS:

- 1) Tensiones normalizadas preferentes según especificación CFE L0000-02.
- 2) Tensiones restringidas según especificación CFE L0000-02.

TABLA 3 - Niveles de aislamiento normalizados para equipos de la categoría "C"

Tensión nominal del sistema kV (eficaz)	Tensión máxima de diseño kV (eficaz)	Nivel básico de aislamiento al impulso (NBAI) de fase a tierra kV (cresta)	Nivel básico de aislamiento por maniobra (NBAM) de fase a tierra kV (cresta)	Nivel básico de aislamiento por maniobra (NBAM) de fase a fase kV (cresta)
400 ¹⁾	420	1050 1175 1300 1425	950 1050	1425 1550
765 ²⁾	800	1800 1950 2100 2400	1425 1550	2400 2550

NOTAS

- 1) Tensiones normalizadas preferentes según especificación CFE L0000-02.
- 2) Tensiones no normalizadas según especificación CFE L0000-02.

Distancias dieléctricas.

Las distancias dieléctricas en los sistemas eléctricos deben tener valores que den en la operación una confiabilidad aceptable de acuerdo con las especificaciones que se usen.

Para definir las distancias dieléctricas se deben considerar los distintos parámetros que influyen sobre su comportamiento, los criterios que se utilicen y la experiencia desarrollada en este campo tanto Nacional como Internacional.

Los parámetros que definen las distancias dieléctricas se agrupan en esfuerzos (tensiones o sobretensiones) de origen interno del sistema, los esfuerzos de origen externo, las características del medio ambiente y las características del suelo.

Los esfuerzos de origen interno son generados por el propio sistema, los esfuerzos de origen externo son los originados por las descargas atmosféricas.

Las características principales del medio ambiente que influyen en las distancias dieléctricas son: la contaminación, la presión barométrica, la lluvia, la humedad y la temperatura.

El suelo afecta en sus características resistivas al paso de la corriente de descarga atmosférica y ocasiona deterioro a las estructuras cuando tiene valores de resistencia menores de cierto rango.

Tensión nominal y sobretensiones.

Los sistemas eléctricos se someten a los esfuerzos de origen interno siguientes:

Las tensiones permanentes a la frecuencia del sistema.

Las sobretensiones temporales a la frecuencia del sistema.

Las sobretensiones de maniobra.

Los esfuerzos de origen externo son las sobretensiones originadas por las descargas atmosféricas.

Los equipos sometidos a los esfuerzos eléctricos mencionados deben soportarlos de acuerdo con las Normas de Seguridad que se apliquen. Lo anterior define a las "TENSIONES RESISTENTES" que son las tensiones de soporte de los equipos para las diferentes sobretensiones que se apliquen.

Para cada una de las tensiones y sobretensiones mencionadas, existen las correspondientes tensiones resistentes de los diferentes equipos y aislamientos o de las Líneas de Transmisión.

Tensiones permanentes a la frecuencia del sistema.

Son las que se tienen en el sistema durante su operación normal siendo ondas senoidales a la frecuencia de 60 ciclos por segundo y que se definen por su valor eficaz entre fases.

Para efectos de normalización de los diferentes niveles de tensión comprendidos en este grupo de esfuerzos en los sistemas eléctricos, se deberán tomar en cuenta las siguientes definiciones:

Coordinación de aislamiento.

Conjunto de las disposiciones tomadas para que los materiales eléctricos de una misma instalación tengan un margen de seguridad apropiado respecto de las sobretensiones y que las descargas de arco puedan ser ubicadas en puntos donde no originen daños. En la práctica, se basa en la correlación necesaria entre la rigidez (o resistencia) dieléctrica del equipo eléctrico, las sobretensiones supuestas y las características de los dispositivos de protección.

Tensión nominal de un Sistema Trifásico.

Es la tensión eficaz entre fases con que se designa el sistema y a la que están referidas ciertas características de operación del mismo.

.....

Tensión máxima de un Sistema Trifásico.

Es el valor eficaz de tensión más alto entre fases que ocurre en el sistema en condiciones normales de operación en cualquier momento y en cualquier punto. Esta definición excluye las tensiones transitorias (tales como aquéllas debidas a operaciones de maniobra del sistema) y variaciones de tensión

temporales debidas a condiciones anormales del sistema (como aquéllas debidas a fallas o a la desconexión brusca de grandes cargas).

Tensión máxima de diseño del equipo (V_m).

Es el valor máximo de tensión entre fases para el cual está diseñado el equipo con relación a su aislamiento, así como para otras características que se refieren a esta tensión en las normas relativas al equipo.

Esta tensión es el valor máximo de la tensión más alta del sistema (tensión de operación máxima) para la cual el equipo se puede usar.

Aislamiento externo.

Comprende las superficies aislantes externas de los aparatos, el aire ambiente que los rodea y las distancias en aire. La rigidez dieléctrica del aislamiento externo depende de las condiciones atmosféricas tales como: contaminación, humedad, etcétera.

Aislamiento interno.

Comprende aislamientos internos sólidos, líquidos o gaseosos que forman parte del aislamiento de los equipos y que están protegidos de los efectos atmosféricos tales como: contaminación, humedad y otras condiciones externas.

Aislamiento externo tipo interior.

Es el aislamiento externo que está diseñado para operar dentro de los edificios y consecuentemente no está expuesto a las condiciones de la intemperie.

Aislamiento externo tipo exterior.

Es el aislamiento externo que está diseñado para operar fuera de los edificios y consecuentemente está expuesto a las condiciones de intemperie.

Aislamiento autorecuperable.

Es el aislamiento que recupera totalmente sus propiedades aislantes después de una descarga disruptiva causada por la aplicación de una tensión de prueba;

un aislamiento de este tipo es por lo general, aunque no necesariamente, un aislamiento externo.

Aislamiento no autorecuperable.

Es el aislamiento que pierde sus propiedades aislantes o que no las recupera completamente después de una descarga disruptiva causada por la aplicación de una tensión de prueba; un aislamiento de este tipo es por lo general, aunque no necesariamente, un aislamiento interno.

Sistema con neutro aislado.

Es un sistema cuyo neutro no tiene ninguna conexión intencional a tierra, excepto a través de aparatos de señalización, de medición o de protección de muy alta impedancia.

Sistema con neutro conectado a tierra.

Es un sistema cuyo neutro está conectado a tierra ya sea directamente o a través de una resistencia o una reactancia de un valor suficientemente bajo, con el propósito de reducir al máximo las oscilaciones transitorias y para mejorar las condiciones de una protección selectiva de falla a tierra”.

Sobretensión.

Cualquier valor de tensión (función del tiempo) entre una fase y tierra o entre fases, que tenga un valor cresta igual o mayor a $\sqrt{2}V_m / \sqrt{3}$ y $\sqrt{2} V_m$ respectivamente, obtenidos de la tensión máxima de diseño del equipo.

Sobretensión por maniobra.

Es una sobretensión de fase a tierra o fase a fase en un punto dado del sistema debido a una operación específica de maniobra de interruptores, falla u otra causa. La forma como puede referirse para los propósitos de coordinación de aislamiento es semejante a aquella del impulso normalizado usada para las pruebas de impulso por maniobra. Tales sobretensiones tienen por lo general un alto amortiguamiento y corta duración.

NOTA: La onda normalizada es de 250/2500 μ s. (Ver norma NOM-J- 271).

Sobretensión por rayo.

Es una sobretensión de fase a tierra o de fase a fase en un punto dado del sistema, debida a una descarga atmosférica (rayo) o alguna otra causa. La forma como puede referirse para los propósitos de coordinación de aislamiento es semejante a aquella del impulso normalizado usado para las pruebas de impulso por rayo.

Tales sobretensiones son por lo general unidireccionales y de muy corta duración.

NOTA: La onda normalizada es de $1.2/50 \mu s$. (Ver norma NOM-J-271).

Sobretensión Temporal.

Es una sobretensión oscilatoria de fase a tierra o de fase a fase en un punto dado de un sistema que tiene una duración relativamente grande, la cual no está amortiguada o tiene un débil amortiguamiento.

Las sobretensiones temporales, por lo general, se originan por operaciones de maniobras o fallas (rechazo de carga, fallas de fase a tierra), y/o por fenómenos no lineales (como efectos de ferresonancia y armónicas.)

Estas sobretensiones se pueden caracterizar por su amplitud, su frecuencia de oscilación. Por el tiempo total de duración o por su decremento.

Criterios para la determinación de las distancias dieléctricas en aire.

Las distancias en aire de fase a tierra y de fase a fase deben garantizar estadísticamente una probabilidad de flameo tal, que resulte baja desde el punto de vista de los criterios de diseño adoptados. Esto conduce al establecimiento de distancias mínimas de no flameo entre fase y tierra o entre fases y que se determina principalmente para los impulsos por rayo y por maniobra según los niveles de aislamiento.

El concepto de distancia dieléctrica en aire es general y desde el punto de vista del diseño parte de la relación entre la tensión crítica de flameo por rayo (TCF) o por maniobra (TCM) y el nivel básico de aislamiento al impulso por rayo (NBAI) o por maniobra (NBAM).

NOTA: Ver norma NOM-J-271.

La tensión crítica de flameo es el valor de tensión al cual se tiene una probabilidad de flameo del 50% y los valores usados para diseño corresponden a los niveles básicos de aislamiento (al impulso por rayo o por maniobra) que son cantidades inferiores al TCF ó al TCM y que darían probabilidades de flameo del 10%, es decir se espera que no se produzca flameo en un 90% de las veces.

CAPITULO II.

METODOS DE CONEXIÓN A TIERRA EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA Y SERVICIOS DE COMUNICACIÓN.

En la sección 9 del NESC proporciona recomendaciones a este respecto como uno de los medios para salvaguardar a las personas que trabajan en estas instalaciones y evitar daños públicos que pueden ser causados por la energía eléctrica. Cubriendo los métodos de aterrizaje para el suministro de energía eléctrica y para conductores de comunicación y equipos.

Sistemas de corriente alterna que deben ser aterrizados.

1. - PARA 750 VOLTS Y MENOS.

El punto de conexión para la tierra en un sistema trifásico Y para 4 hilos o en un sistema monofásico 3 hilos con un conductor neutro. O de otra manera sistemas de 2 o 3 fases con un circuito de iluminación asociado, el punto de conexión a tierra debe ser común con el conductor asociado a la iluminación.

La conexión a tierra debe ser hecha del lado de la fuente y del lado de la línea para todos los equipos.

2.- 750 VOLTS Y SUPERIORES.

- No blindado:

Conductores aislados (cables o barras aisladas no blindados).

La conexión a tierra debe hacerse en el neutro de la fuente. Conexiones adicionales pueden hacerse si se desea a lo largo del cable neutro cuando se usa este tipo de conductor.

- Blindado:

- Cables blindados de interconexión de apartarrayos, con cables blindados.

La tierra del cable blindado debe conectarse a la tierra del apartarrayo cuando se tiene en los puntos de conexión con las líneas aéreas.

- Cable sin cubierta de aislamiento.

Las conexiones deben hacerse al neutro del transformador de alimentación y el punto de terminación del cable.

- Cable con cubierta aislante.

Es recomendable una conexión adicional entre el blindaje del cable o cubierta y sistema de tierra en un sistema de cables blindados, el blindaje incluyendo la cubierta debe ser aterrizado en cada junta expuesto a contacto de personal, donde el blindaje de un multisistema de tierra no puede aterrizar por efectos electrolíticos o corrientes de blindaje, la funda del blindaje y los dispositivos de empalme deben aislarse del voltaje que puede aparecer durante la operación.

La conexión de los transformadores o reactores pueden substituirse por una conexión a tierra directa en una terminal de cable.

- CONDUCTORES ATERRIZADOS SEPARADOS.

Para conductores aterrizados en forma separada como cables bajo tierra, deben conectarse directamente o a través del neutro del sistema al transformador de alimentación, accesorios de transformadores y cables accesorios cuando estos son aterrizados. Estos conductores aterrizados deben localizarse en un mismo sistema directamente enterrado o a través de un banco de ductos.

CABLES, MENSAJEROS Y GUIAS.

Cables mensajeros.

Los cables mensajeros que requieren aterrizar se deben conectar a los conductores de tierra en los postes o estructuras a un intervalo máximo siguiente:

Donde los cables mensajeros se adecuan a conductores de un sistema de tierras, 4 conexiones en cada 1.6 Kilómetros.

Donde los cables mensajeros no se adecuan para sistemas conductores de tierra, 8 conducciones en cada 1.6 Kilómetros.

Guías.

Las guías que requieren aterrizar se conectarán a:

- Estructura metálica aterrizada.
- Una tierra efectiva en estructura no metálica efectivamente aterrizado.

A una línea de conducción que tiene cuando menos 4 conexiones a tierra en cada 1.6 Kilómetros de la línea en adición a las conexiones a tierra de los servicios individuales.

Aterrizaje común de mensajeros y guías en la misma estructura.

- Donde los mensajeros y las guías en una misma estructura soporte requieren aterrizarse deberán conectarse juntos con una tierra a las siguientes conexiones:

- Un conductor aterrizado, que aterriza a su vez a la estructura, o.
- Conductores aterrizados separados o mensajeros aterrizados que son conectados juntos y a la tierra de la estructura, o.
- Uno o más conductores aterrizados o mensajeros aterrizados que se conectan a esta estructura o también multiconductores aterrizados.

Las estructuras que se utilizan para mensajeros y guías y que requieren aterrizarse deberán conectarse junto en la estructura y la tierra de acuerdo con la regla 92C3a.

Corriente en conductores aterrizados.

Los puntos de conexión de las tierras deben arreglarse en condiciones normales de tal forma que no impidan el flujo de corriente en el conductor de tierra.

Cercas.

Las conexiones a tierra deberán realizarse ya sea a través del sistema de tierras de los equipos que resguarden o en tierras separadas.

- Deberán aterrizarse a ambos lados de los accesos u otras aberturas.
- Las puertas deberán conectarse al conductor de tierra o a la cerca.
- Los puentes de conexión que se entierran deberán instalarse a través de la puerta u otras aberturas de la cerca.
- Si se usan cables arriba de las instalaciones estas deberán aterrizarse o conectarse a la cerca.
- Si se utilizan postes de material conductor estos postes deberán aterrizarse o conectarse a través de la cerca.
- Cuando los postes no son de material conductor deberán colocarse puentes para enlazar a las mallas que formen la cerca.

CONDUCTORES Y MEDIOS DE CONEXIÓN PARA LA TIERRA.

Composición de los conductores.

En todos los casos los conductores deberán ser de cobre u otros metales o combinación de metales que no se corroan excesivamente durante la vida del servicio que se espera. Para apartarrayos y para detectores de tierra los conductores deberán ser cortos y rectos. Las estructuras metálicas de los edificios pueden servir como conductores de tierra con electrodos de tierra aceptables.

Conexión de conductores de tierra.

Las conexiones de conductores de tierra deben realizarse con características de uniones adecuados para su exposición ambiental, esto significa que pueden soldarse o conectarse a través de dispositivos de compresión.

Ampacidad y esfuerzo.

Para las barras de aterrizaje la ampacidad es la corriente que el conductor puede llevar sin derretir o afectar las características de diseño del conductor.

Se pueden considerar los siguientes sistemas de tierra:

- . Conductores con un simple sistema de conexión a tierra.
- . Un grupo de conductores para sistemas de corriente alterna.
- . Conductores para transformadores de instrumentos.
- . Conductores para apartarrayos.
- . Conductores para equipos, cables mensajeros y guías.
- . Aterrizaje de cercas o bardas.
- . Conexiones para resguardos de equipos.

Limite de ampacidad.

Los conductores requieren de una capacidad para conducir corriente de falla no mayor que la de una fase del sistema, los electrodos también requieren de las mismas características.

Esfuerzo.- Todos los conductores aterrizados deben soportar esfuerzos mecánicos a los que deberán sujetarse.

Guarda y protección.- Los conductores de guarda o de protección también deberán aterrizarse.

Conductores enterrados.- Los conductores enterrados deberán ser suficientemente fuertes para soportar los movimientos de la tierra en donde se instalen.

ELECTRODOS.

Los electrodos de tierra deberán ser adecuados para los sistemas eléctricos que protejan.

Los electrodos de tierra deberán ser permanentes y adecuados para el sistema eléctrico que correspondan por lo que se pueden enumerar los siguientes:

- . Tuberías metálicas.
- . Barras de acero de cimentaciones.
- . Barras fabricadas especialmente para este uso.
- . Cables enterrados o placas.
- . Métodos de conexión de electrodos:
 - Por medio de conectores o soldados.
 - Por medio de tornillos de bronce.
 - Por conexión a las estructuras metálicas.
 - Puntos de conexión a las tuberías de agua.

RESISTENCIA DE LOS CONDUCTORES DE TIERRA.

La resistencia de los conductores de tierra o de los sistemas de tierra se encuentran normalizados para los servicios de baja tensión.

Para los servicios de alta tensión deberán ser calculados de acuerdo con los métodos que se tienen para tal caso.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 "INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)" en su artículo 921 proporciona las disposiciones generales para los sistemas de tierra, también el artículo

250

CAPITULO III.

REGLAS PARA LA INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES PARA SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD Y EQUIPOS.

El propósito de esta parte es salvaguardar en forma práctica a las personas durante la instalación, operación y mantenimiento de las subestaciones eléctricas y sus equipos asociados. Esta parte cubre lo correspondiente a los conductores de suministro, los equipos y los arreglos de las estructuras asociadas en las estaciones de suministro de electricidad y que son accesibles solamente para personal calificado, se refiere a las instalaciones usadas por las compañías suministradoras de electricidad.

REQUERIMIENTOS GENERALES.

Resguardos de los equipos.

Los resguardos pueden ser cuartos y espacios en los cuales se instalan los conductores y equipos que suministran la electricidad, los que deben arreglarse con cercas o bardas o paredes que confinen los límites, la entrada será permitida solamente a personas autorizadas.

Areas de seguridad.

Las cercas o muros cuando se instalan para limitar a personas no autorizadas deben localizarse en tal forma que las partes vivas tengan claros superiores a los valores de seguridad indicados en la figura 110-1 y la tabla correspondiente:

CUARTOS Y ESPACIOS.

Construcción.- Deben ser de características no inflamables.

Uso.- Deben estar libres de materiales combustibles, basura y gases, se deben considerar exclusivamente materiales de mantenimiento.

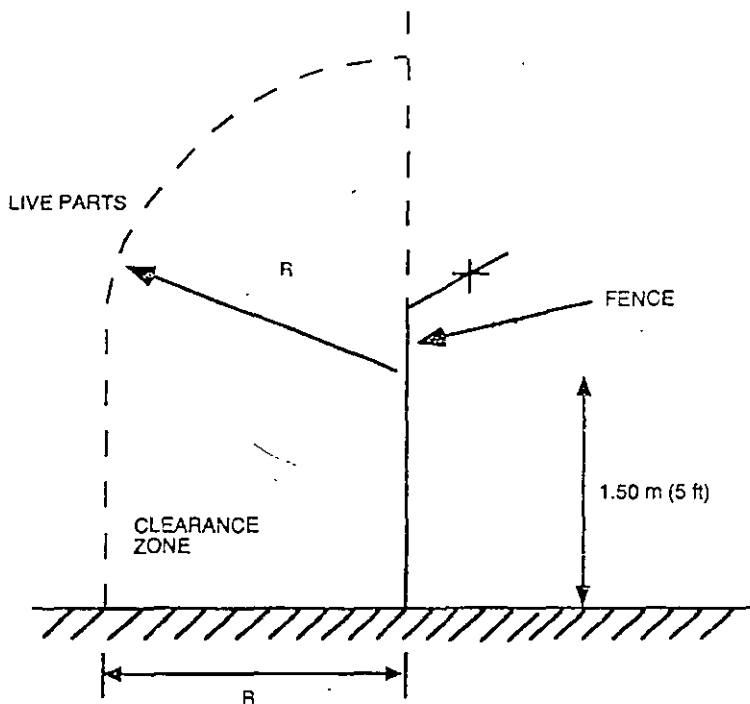


Fig 110-1
Safety Clearance to Electric Supply Station Fences

Table 110-1
Values for Use with Fig 110-1

Nominal Voltage Between Phases	Typical BIL	Dimension "R"	
		m	ft
151-7200	95	3.0	10.0
13 800	110	3.1	10.1
23 000	150	3.1	10.3
34 500	200	3.2	10.6
46 000	250	3.3	10.9
69 000	350	3.5	11.6
115 000	550	4.0	13.0
138 000	650	4.2	13.7
161 000	750	4.4	14.5
230 000	825	4.5	14.9
230 000	900	4.7	15.4
345 000	1050	5.0	16.4
500 000	1175	5.3	17.3

14-1

Ventilación.- Debe haber suficiente ventilación para mantener temperaturas de operación dentro de sus rangos, arreglados para minimizar la acumulación de contaminantes bajo cualquier condición de operación.

Humedad y atmósfera.- El ambiente debe ser seco y en las subestaciones exteriores o subestaciones en túneles con alta humedad, los equipos deben ser diseñados para soportar dichas condiciones.

Equipos eléctricos.- Los equipos estacionarios deben ser soportados y asegurados de tal manera que soporten las condiciones de servicio esperados, consideraciones especiales deben ser dados por ciertos equipos pesados tales como transformadores que deben instalarse en lugares que soporten su peso, los equipos de generación que generan fuerzas dinámicas durante la operación pueden requerir mediciones adicionales apropiadas.

ILUMINACION.

Condiciones normales.

Los cuartos y espacios deben tener iluminación artificial, los niveles de iluminación no deben ser menores que los que se indican en la tabla 111-1, que se recomiendan por la seguridad en las tareas de mantenimiento.

Iluminación de emergencia.

Una fuente de iluminación de emergencia separada con arranque automático, tales como generador, baterías o cualquier otra fuente adecuada deben ser considerados en cada subestación. Un nivel de iluminación de emergencia 11 lux (1 footcandle) debe considerarse en todas las salidas de las áreas de atención de la subestación con una duración mínima de una hora y media, el alambrado de emergencia debe hacerse en forma independiente de las otras alimentaciones.

Contactos.

Deben considerarse receptáculos fijos para evitar que se utilicen extensiones que puedan pasar por las proximidades de las partes vivas.

Table 111-1
Illumination Levels

Location	lux	footcandles
Generating Station		
Air-conditioning equipment, air preheater and fan floor, ash sluicing	55	5
Auxiliaries, battery areas, boiler feed pumps, tanks, compressors, gage area	110	10
Boiler platforms	55	5
Burner platforms	110	10
Cable room, circulator, or pump bay	55	5
Chemical laboratory	270	25
Coal conveyor, crusher, feeder, scale area, pulverizer, fan area, transfer tower	55	5
Condensers, deaerator floor, evaporator floor, heater floors	55	5
Control rooms		
Vertical face of switchboards		
Simplex or section of duplex operator:		
Type A — Large centralized control room 1.68 m (66 in) above floor	270	25
Type B — Ordinary control room 1.68 m (66 in) above floor	160	15
Section of duplex facing away from operator	160	15
Bench boards (horizontal level)	270	25
Area inside duplex switchboards	55	5
Rear of all switchboard panels (vertical)	55	5
Dispatch boards		
Horizontal plane (desk level)	270	25
Vertical face of board (1.22 m [48 in] above floor, facing operator):		
System load dispatch room	270	25
Secondary dispatch room	160	15
Hydrogen and carbon dioxide manifold area	110	10
Precipitators	55	5
Screen house	110	10
Soot or slag blower platform	55	5
Steam headers and throttles	55	5
Switchgear, power	110	10
Telephone equipment room	110	10
Tunnels or galleries, piping	55	5
Turbine bay sub-basement	110	10
Turbine room	160	15
Visitors' gallery	110	10

15-

PISOS ABIERTOS, PASADISOS Y ESCALERAS.

Pisos.- Estos deben ser con características seguras para caminar.

Pasadizos.- Los pasadizos incluyendo los caminos a las escaleras deben ser sin obstrucciones.

Pasamanos.- Todos los espacios abiertos sin protección y cuando tienen andadores construidos a más de 300 milímetros deben proveerse de pasamanos.

Salidas.- Las salidas de emergencia deben estar sin obstrucciones, en condiciones de mayor seguridad y deben existir dos salidas, cuando se prevé problemas de obstrucción en una de ellas.

Puertas de emergencia.- Las puertas de emergencia deben ser de tipo abatible.

Equipos de extinción de fuego.- Los extinguidores de fuego aprobados deben instalarse convenientemente localizados y marcados.

INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO.

Todos los equipos eléctricos deben ser construidos, instalados y con mantenimiento de tal manera que deben salvaguardar al personal.

Inspección.

Equipo en servicio.- El equipo eléctrico debe ser inspeccionado y mantenido en tales intervalos como la experiencia haya demostrado, un equipo o una instalación que se encuentre defectuoso deberá repararse o desconectarse.

Estos equipos deberán ser inspeccionados y probados antes de usarlos, un equipo sin uso, pero energizado, pero sin conectarse ninguna carga, deberá ser inspeccionado y mantenido, deberá ser conservado en tales condiciones como la experiencia indique.

Equipos de emergencia.- Los equipos y cables para emergencia deben inspeccionarse y probarse en intervalos como la experiencia lo demuestre.

Equipo nuevo.- Deben inspeccionarse y probarse antes de ponerse en servicio. Estos equipos deben ser probados de acuerdo con los estándares que la industria recomiende.

BARRERAS PARA TERMINALES DE FLECHAS, POLEAS, BANDAS Y PARTES MOVILES ESPORADICAS.

Todas estas partes deberán contar con barreras de guarda.

Tierras de protección.

Todos los equipos eléctricos tienen partes metálicas que no conducen corriente, tales como carcasas de generadores, tableros, tanques de transformadores o interruptores y palancas con tierras efectivas o aislados físicamente. Todas las guardas metálicas, incluyendo rieles, bardas, etcétera, deben ser aterrizados efectivamente.

Método de aterrizaje.

Todos los aterrizajes que son permanentes y efectivos, tales como los de los apartarrayos, los circuitos aterrizados, los equipos o cables de canalizaciones deberán tratarse de acuerdo con la sección 9 de este código.

Colocación de tierra a los equipos durante el mantenimiento.

Los equipos eléctricos y conductores operando a más de 600 volts entre conductores, y en donde ocasionalmente deberá trabajarse mientras este aislado de la fuente de energía eléctrica por un interruptor de aislamiento solamente, deberá proveerse con algún medio de aterrizaje, tal como interruptor, conectores o un medio rápido para conectar un conductor a una tierra portable.

GUARDA EN PARTES VIVAS.

Las guardas deberán instalarse alrededor de partes vivas que operen arriba de 150 volts a tierra sin un aislamiento adecuado a menos que su localización se ubique en un claro horizontal o vertical o una combinación de estos para limitar un probable contacto accidental humano. Los claros de las partes vivas a superficies soportes permanentes para trabajadores deberán ser iguales o mayores que los que se muestran en la tabla 124.1, de acuerdo con la figura 124.1. En la figura 124.2 se dan recomendaciones para uso de barandales.

.....

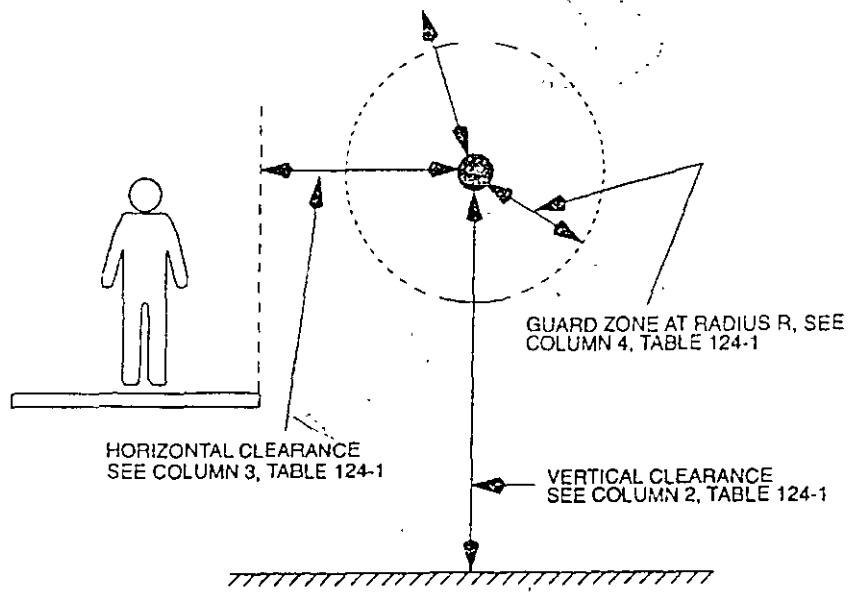


Fig 124-1
Clearance From Live Parts

Las partes cercanas al tránsito de materiales, o cerca de corredores, bodegas, cuarto de calderas, donde existen trabajos no eléctricos deben ser resguardados o tener claros en exceso de los especificados para dar una seguridad razonable. Las guardas deben ser substancialmente blindados para cerrar las partes vivas sin abrirse, en los espacios utilizados para trabajos no eléctricos, las guardas deben ser removidas solamente por medio de herramientas o llaves.

Cada porción o parte indeterminada de potencial, tales como cables telefónicos expuestos a inducción de líneas de alto voltaje, condiciones neutras no aterrizados, carcasas no aterrizados, aisladores no aterrizados o apartarrayos, o carcasas de instrumentos no aterrizados, conectados directamente a un circuito de alto voltaje debe ser resguardados de acuerdo con la regla mencionada en el primer párrafo de esta sección (guarda de partes vivas).

Table 124-1
Clearances From Live Parts

Part A—Low, Medium, and High Voltages (based on BIL factors)

Maximum Design Voltage between Phases (1)	Basic Impulse Insulation Level ⁵ (BIL)	Vertical clearance of unguarded parts (2) ¹	Horizontal clearance of unguarded parts (3) ¹	Clearance guard to live parts (4) ¹
kV	kV	m	m	mm
0.151–0.6	—	2.64	1.02	50
2.4	—	2.67	1.02	76
7.2	95	2.69	1.02	101
15	95	2.69	1.02	101
15	110	2.74	1.07	152
25	125	2.77	1.09	177
25	150	2.82	1.14	228
35	200	2.90	1.22	304
48	250	3.00	1.32	406
72.5	250	3.00	1.32	406
72.5	350	3.18	1.50	584
121	350	3.18	1.50	584
121	550	3.53	1.85	939
145	350	3.18	1.50	584
145	550	3.53	1.85	939
145	650	3.71	2.03	1117
169	550	3.53	1.85	939
169	650	3.71	2.03	1117
169	750	3.91	2.24	1320
242	550	3.53	1.85	939
242	650	3.71	2.03	1117
242	750	3.91	2.24	1320
242	900	4.19	2.51	1600
242	1050	4.52	2.84	1930

iii

Table 124-1 (Continued)
 PART B — Extra-High Voltages (based on switching-surge factors)²

Maximum design voltage between phases (1)	Switching-surge factor per unit (A) ⁴	Switching surge line to ground (B) ⁴	Vertical clearance of unguarded parts (2) ¹	Horizontal clearance of unguarded parts (3) ¹	Clearance guard to live parts (4) ¹
		kV	m	m	m
362 000	2.2 or below	650	4.7	3.0	2.13
	2.3	680	4.9	3.2	2.30
	2.4	709	5.0	3.4	2.45
	2.5	739	5.2	3.6	2.60
	2.6	768	5.4	3.7	2.80
	2.7	798	5.6	3.9	3.0
	2.8	828	5.8	4.1	3.2
	2.9	857	6.0	4.3	3.4
	3.0	887	6.1	4.5	3.6
	550 000	1.8 or below	808	5.7	4.1
1.9		853	5.9	4.3	3.4
2.0		898	6.2	4.6	3.6
2.1		943	6.6	4.9	4.0
2.2		988	6.9	5.2	4.3
2.3		1033	7.2	5.5	4.6
2.4		1078	7.5	5.8	4.9
2.5		1123	7.9	6.2	5.3
2.6		1167	8.2	6.6	5.6
2.7		1212	8.6	7.0	6.0
800 000	1.5	980	6.8	5.1	4.2
	1.6	1045	7.3	5.6	4.7
	1.7	1110	7.8	6.1	5.2
	1.8	1176	8.3	6.6	5.7
	1.9	1241	8.8	7.2	6.2
	2.0	1306	9.4	7.7	6.8
	2.1	1372	10.0	8.3	7.4
	2.2	1437	10.6	8.9	8.0
	2.3	1502	11.2	9.5	8.6
	2.4	1567	11.8	10.0	9.2

m

Table 124-1 (Continued)
PART C — Extra-High Voltages (based on BIL factors)²

Maximum design voltage between phases (1)	Basic impulse insulation level ⁵ (BIL) (C) ⁴	Vertical clearance of unguarded parts (2) ¹	Horizontal clearance of unguarded parts (3) ¹	Clearance guard to live parts (4) ¹
	kV	m	m	m
362 000	1050	4.7	3.0	2.13
362 000	1300	5.2	3.6	2.60
550 000	1550	5.7	4.1	3.2
550 000	1800	6.2	4.6	3.6
800 000	2050	6.8	5.2	4.2

¹ Interpolate for intermediate values. The clearances in column 4 of this table are solely for guidance in installing guards without definite engineering design and are not to be considered as a requirement for such engineering design. For example, the clearances in the tables above are not intended to refer to the clearances between live parts and the walls of the cells, compartments, or similar enclosing structures. They do not apply to the clearances between bus bars and supporting structures nor to clearances between the blade of a disconnecting switch and its base. However, where surge-protective devices are applied to protect the live parts, the vertical clearances, column 2 of Table 124-1 Part A may be reduced provided the clearance is not less than 2.6 m (8.5 ft) plus the electrical clearance between energized parts and ground as limited by the surge-protective devices.

² Clearances shall satisfy either switching-surge or BIL duty requirements, whichever are greater.

³ Switching-Surge Factor—an expression of the maximum switching-surge crest voltage in terms of the maximum operating line-to-neutral crest voltage of the power system.

⁴ The values of columns A, B, and C are power system design factors that shall correlate with selected clearances. Adequate data to support these design factors should be available.

⁵ The selection of station BIL shall be coordinated with surge-protective devices when BIL is used to determine clearance. BIL—Basic Impulse Insulation Level—For definition and application, see IEEE Std 1313-1993.

15-3

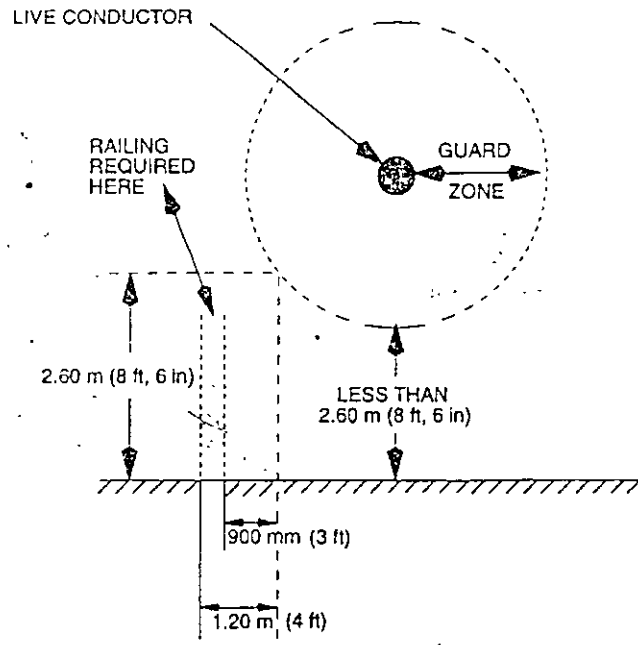


Fig 124-2
Ralling Used as Guards

15-4

ESPACIOS DE TRABAJO ALREDEDOR DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS.

Espacios de trabajo para voltajes de 600 volts y menos.

Deben haber accesos y espacios de trabajo suficientes para dar mantenimiento al equipo eléctrico y permitir rápida operación segura y mantenimiento de tales equipos.

Claros requeridos.- Los espacios de trabajo requeridos no se deben obstruir por almacenajes, cuando son encerradas las partes energizadas y expuestas a inspecciones o servicios deben ser resguardados.

Accesos y entradas de trabajo.- Cuando menos una entrada debe proveerse para dar acceso a los espacios de trabajo.

Espacios de trabajo.

Los espacios de trabajo para las partes energizadas a 600 volts y menos y que requieren ajustes, supervisión, servicio o mantenimiento mientras estén energizados no deben ser mayores que los indicados en la tabla 125.1.

Las distancias deben ser medidas de las partes energizadas, si están expuestas en cubículos.

Table 125-1
Working Space

Voltage to ground	Condition:	Clear Distance					
		(mm) 1	(ft) 1	(mm) 2	(ft) 2	(mm) 3	(ft) 3
0-150		900	3	900	3	900	
151-600		900	3	1070	3-1/2	1200	

Where the *Conditions* are as follows:

1. Exposed energized parts on one side and no energized or grounded parts on the other side of the working space, or exposed energized parts on both sides effectively guarded by suitable wood or other insulating materials. Insulated wire or insulated bus bars operating at not over 300 V shall not be considered energized parts.
2. Exposed energized parts on one side and grounded parts on the other side.
3. Exposed energized parts on both sides of the work space (not guarded as provided in Condition 1) with the operator between.

EXCEPTION: Working space shall not be required in back of assemblies, such as dead-front switchboards or motor control centers where there are no renewable or adjustable parts such as fuses or switches on the back and where all connections are accessible from locations other than the back.

Espacios de trabajo en las partes superiores.

Los espacios de trabajo arriba de los gabinetes de potencia o de control no deben ser menores que 2.13 metros.

Espacios de trabajo frontales.

En todos los casos de las partes energizadas normalmente expuestos enfrente de los gabinetes blindados o centros de control de motores, no deben ser menores de 900 milímetros.

ESPACIOS DE TRABAJO PARA VOLTAJES SUPERIORES A 600 VOLTS.

Los espacios de trabajo deben ser de acuerdo con la tabla 124.1.

Equipos de trabajo para partes energizadas.- Cuando es necesario que el personal mueva o utilice materiales o herramientas dentro de la zona de guarda de partes energizadas no aisladas, debe proveérseles de equipo de protección adecuado. Este equipo debe inspeccionarse periódicamente y guardarse en condiciones seguras, el aislamiento de este equipo debe ser mayor que el voltaje con el que se maneje, mas adelante se harán las especificaciones de estos equipos.

Locales clasificados.

Las instalaciones eléctricas en áreas clasificadas tienen requerimientos establecidos por el Código Nacional Eléctrico (NEC) (NFPA 70-1993.).

En nuestro país la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION). En su capítulo 5 (4.5) da una relación de ambientes especiales y dentro de este capítulo proporciona disposiciones para las diferentes áreas clasificadas:

Artículo 500. - Areas peligrosas (clasificadas).

Artículo 501. - Areas clase I.

Artículo 502. - Areas clase II.

Artículo 503. - Areas clase III.

Artículo 504. - Sistemas intrínsecamente seguros.

Artículo 505. - Areas clase I, zonas 0,1 y 2.

Artículo 510. - Areas peligrosas (clasificadas)- específicas.

Artículo 511. - Talleres de servicio, de reparación y estacionamientos para vehículos automotores.

Artículo 513. - Hangares de aviación.

Artículo 514. - Surtidores (dispensarios) y estaciones de servicio y autoconsumo.

Artículo 515. - Plantas de almacenamiento.

Artículo 516. - Procesos de acabado.

EQUIPOS ROTATORIOS.

Los equipos rotatorios incluyen generadores, motores, motogeneradores y convertidores rotatorios.

Dispositivos de control de velocidad y paro.

Para los primo motores se debe contar con dispositivos de disparo automático por sobrevelocidad, que puede ocurrir en el primo motores que impulsan a los equipos de generación, con el que automáticamente operará el paro en adición a sus respectivos reguladores de velocidad.

Dispositivos de paro manual.

Un dispositivo de paro operado manualmente debe proveerse en las máquinas que impulsan generadores, debiendo ser accesibles al operador durante una operación normal.

Limite de velocidad para motores.- Las máquinas siguientes deben estar provistas con dispositivos para limitar la velocidad a menos que sus características de carga o conexiones mecánicas incluyan esta seguridad: motores con excitación separada, motores serie.

También deben considerarse los siguientes equipos: motores de velocidad ajustables, circuitos de control y protección.

CONTROL DE MOTORES.

Si el arranque es automático tales como un switch flotadores o interruptores que no son visibles o que se encuentran a distancias superiores a 15 metros del motor, el circuito de control debe estar accesible para poder operarlo en caso necesario.

Protección para corto circuito.- Deberá proveerse dispositivos de desconexión automáticos contra cortos circuito que pueda ocurrir en los motores.

Baterías.

Los espacios para la instalación de estos equipos deben considerar la inspección, mantenimiento, prueba y remplazo de celdas.

Localización.- Los espacios de estos equipos deben ser cerrados o en áreas accesibles solamente para personal calificado. Los espacios pueden estar dentro de algún cuarto o un local con protección cercada que proteja contra un contacto probable o inadvertido con las partes energizadas.

Ventilación.- Debe considerar la ventilación del área ya sea en forma natural o artificial para limitar la acumulación de hidrógeno y evitar una mezcla explosiva. Una falla de la ventilación debe considerar la limitación de la acumulación de hidrógeno y mezcla explosiva.

Bastidores.- Se refiere a soportes para las celdas o depósitos, deben ser firmemente anclados y de preferencia en el piso, no es recomendable que se peguen a la pared y al piso y deben ser de metal debidamente aterrizados.

Pisos para las baterías.- Estos deberán ser resistentes a los ácidos, o ser pintados con pinturas resistentes a los ácidos.

Iluminación.- La iluminación debe estar protegida de daños físicos, los receptáculos y los interruptores deben ser localizados fuera de las áreas de baterías.

Servicios.- En las áreas para las baterías debe proveerse de protección para la vista y ropa especial para el mantenimiento y la instalación, que consiste en lo siguiente: protecciones para la vista (goggles), guantes resistentes al ácido, delantales también conocidos como mandiles protectores, zapatos de hule, agua o agentes neutralizadores para los ojos y la piel.

SEÑALIZACIONES DE SEGURIDAD DENTRO Y FUERA DE LA SALA DE BATERIAS Y EN LA PROXIMIDAD DE LA SALA O DEL AREA PROHIBIENDO FUMAR, ENCENDER ALGO O ACERCAR COSAS FLAMABLES.

Transformadores y reguladores.

Protección de circuitos secundarios de transformadores de corriente cuando exceda de 600 volts.

Los circuitos secundarios cuando el voltaje primario sea superior a 600 volts, con excepción de terminales de cortos, deben de tener protección adecuada por medio de conduit o cubiertas metálicas aterrizadas. Los circuitos secundarios.

Aterrizaje de circuitos secundarios de transformadores de instrumentos. Los secundarios de estos equipos deben ser aterrizados.

LOCALIZACION Y ARREGLO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y REGULADORES.

Instalaciones exteriores.

Estos equipos se deben instalar de tal forma que todas sus partes energizadas queden resguardadas para evitar un probable o inadvertido contacto, debiendo ser esto de acuerdo con la regla correspondiente, las carcasas deben ser aterrizadas o resguardadas.

La instalación de los transformadores que usen algún líquido aislante debe considerar los cuidados para reducir el peligro de fuego por medio de espacios y barreras resistentes al fuego y sistemas de extinción correspondientes así como camas de absorción y confinamiento de líquido en caso de ruptura del tanque.

Instalaciones interiores.

Los transformadores y reguladores de 75 kva y mayores conteniendo líquidos flamables debe instalarse en cuartos o fosas ventilados y separados con muros resistentes al fuego, las partes deben también ser capaces de contener el líquido.

Los transformadores o reguladores de tipo seco o conteniendo líquidos o gases no inflamables pueden instalarse en los edificios en espacios sin prueba de fuego.

Cuando se instalan en edificios que se usan con subestaciones, el espacio debe diseñarse en cuanto a las partes energizadas en tal forma que se siga las normas correspondientes para evitar un probable inadvertido contacto con personas, cuando se instalan válvulas de alivio que generen líquidos no biodegradables se deben considerar medios de absorción de gases tóxicos.

Los transformadores que contengan poco líquido inflamable pueden instalarse en subestaciones de edificios minimizando riesgos de fuego.

PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Estos equipos deben tener equipos dispositivos de desconexión automáticos contra corto circuito, los que pueden ser interruptores, desconectores, fusibles, tryistores o cualquier otro método ya sea como operación local o remota.

CONDUCTORES.

Los conductores deben ser adecuados para la localización, uso y voltaje; así mismo deberán tener la ampacidad adecuada para su aplicación.

PROTECCION ELECTRICA.

Protección de sobre corriente. Los conductores y el aislamiento deben estar protegidos contra un excesivo calentamiento diseñando en el sistema dispositivos de disparo, alarma o indicación contra sobrecorriente.

ATERRIZAJE DE CONDUCTORES.

Los conductores para aterrizaje deben estar arreglados sin protección de sobrecorriente u otros medios que puedan interrumpir su continuidad a tierra para que den protección a las personas.

CABLES DE POTENCIA AISLADOS.

Deben estar provistos de protecciones contra corto circuito para que sean aislados de esta falla en el circuito de suministro.

PROTECCION MECANICA Y SOPORTE.

Todos los conductores deben ser adecuados para soportar las fuerzas causadas por las corrientes máximas de corto circuito, cuando los conductores se instalen fuera de la subestación sus soportes y los mismos conductores deben cumplir con las características de construcción normalizados.

Donde los conductores, su aislamiento o su soporte pueden estar sujetos a daños mecánicos deben utilizarse ductos, armaduras o cualquier otro medio normalizado para evitar daños.

AISLAMIENTO.

Todos los conductores aislados no blindados para voltajes mayores a 2500 volts a tierra y barras conductivas con voltajes mayores a 150 volts a tierra deben instalarse a ciertas alturas de elevación o resguardados de acuerdo con la norma correspondiente.

INTERRUPTORES, RESTAURADORES, DESCONECTORES Y FUSIBLES.

Todos estos equipos deben instalarse para ser accesibles solamente a personas calificadas para su operación y mantenimiento; muros, barreras, puertas deben instalarse para dar protección a las personas de las partes energizadas o arcos. Cuidadosos letreros deberán utilizarse en los dispositivos y puntos de operación remota identificando el equipo controlado; cuando los contactos de los interruptores no son visibles deben tener un indicador para reconocer la posición de operación normal.

APLICACIONES.

Los interruptores, dispositivos de desconexión, restauradores y fusibles deben tener su capacidad para el voltaje nominal y las corrientes continuas y momentáneas; así mismo deberán tener la capacidad para interrumpir las corrientes de falla para los valores máximos de corriente de corto circuito, esta capacidad deberá realizarse cada que allá un cambio de sistema significativo.

INTERRUPTORES, RESTAURADORES Y DESCONECTORES CON ACEITE.

Cuando estos equipos contienen líquidos flamables deberán ser adecuadamente segregados de otros equipos y edificios para limitar daños en caso de explosión o fuego; esta segregación puede ser por espacio, por barreras resistentes al fuego o por cubículos metálicos, las salidas de las

válvulas de seguridad deben ser equipadas con dispositivos de separación de aceite o tubos con una localización segura, deben proveerse medios de control del aceite que descarguen de las salidas o por ruptura de tanques, esto puede estar acompañado por camas, fosas o drenes o cualquier combinación de ellos, los cuartos para estos equipos debe tener una construcción resistente.

DISPOSITIVOS DE DESCONEXION.

Capacidad.- Estos equipos deben tener capacidad para el voltaje y amperaje de operación, los cuales se deben marcar en dicho equipo.

Prohibiciones para desconectar.- Estos equipos deberán estar arreglados de tal forma que puedan bloquearse en su apertura y cierre o señalizados plenamente donde no es práctico el bloqueo, esto esta normalizado también en su uso; para dispositivos que son operados automáticamente y en forma remota, sus circuitos de control deben proveerse con medios de desconexión cerca del equipo para evitar una operación accidental.

Desconectador visible.- Un interruptor visible debe instalarse en cada alimentación no aterrizado entre el equipo o línea alimentada y la fuente de energía de mayor de 600 volts, si el equipo o línea deben estar sometidos a trabajo y no existe protección a tierra mientras el suministro es energizado.

Cuando se usan gabinetes blindados la posición de abierto del interruptor, donde se encuentra claramente indicado, constituye un desconectador visible.

DESCONECTADORES FUSIBLES.

Los fusibles en circuitos de mas de 150 volts a tierra o más de 60 amperes se deben clasificar como desconectadores fusibles o estar instalados antes de su operación de tal forma que los fusibles puedan desconectarse de todas las fuentes eléctricas. Los fusibles deben poderse remover por medios manuales o aislados.

GABINETES BLINDADOS.

Instalación de los gabinetes blindados.

Deben considerar los requerimientos generales siguientes: para minimizar los movimientos, sus cables no deben estar forzados, los tubos conteniendo

líquidos o gases corrosivos no deben estar cerca de estos equipos a menos que hayan barreras de protección.

No deben localizarse dentro de ambientes flamables o gases corrosivos.

No deben instalarse en espacios en proceso de construcción.

Deben tomarse precauciones para protegerlos de daños cuando haya mantenimiento en el área.

No deben utilizarse para soportar objetos.

No deben instalarse en áreas de almacenes.

Sus cubiertas deben ser aterrizadas debidamente.

INTERRUPTORES DE POTENCIA EN GABINETES BLINDADOS.

Todos estos equipos deben considerar las normas que para ellos se han elaborado tanto para su construcción, como para su instalación y pueden contener interruptores, centros de control de motores, dispositivos de control de calderas, cuadro de alarmas, computadoras, inversores, medición telemedición y otros más.

BARRAS EN CUBIERTAS METÁLICAS.

Se deben instalar solamente en áreas accesibles por lo que se debe evitar su instalación en áreas corrosivas o que esté sujeto a las áreas clasificadas como peligrosas.

APARTARRAYOS.

Si se requieren apartarrayos deben ser localizados lo más cerca como práctico, de los equipos que protejan.

Si se instalan en el interior de edificios deben ser encerrados o localizados lejos de pasillos y partes combustibles.

Los conductores de tierra deben ser directos entre el apartarrayo teniendo una capacidad suficiente para conducir corriente de acuerdo con la norma correspondiente.

Debe considerarse también su localización de tal forma que ni la expulsión de gases, ni su desconexión sea directa de las partes vivas.

CAPITULO IV.

REGLAS DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO DE LINEAS ELECTRICAS AEREAS Y DE LINEAS DE COMUNICACIÓN.

El propósito de este capítulo es para salvaguardar a las personas durante la instalación, operación y mantenimiento de las líneas aéreas de suministro de energía eléctrica y líneas de comunicación, así como sus equipos asociados.

Cubre lo correspondiente a las líneas propiamente sus estructuras asociadas y la extensión de tales sistemas a los edificios. Las reglas incluyen las separaciones, los claros y los esfuerzos de construcción.

REGLAS DE APLICACIÓN.

Los requerimientos en general para la aplicación de estas reglas están contenidos en las normas correspondientes, lo que también debe considerarse cuando una estructura se reemplaza.

SECCIONES

Este capítulo comprende las definiciones, las referencias y los métodos de aterrizaje que se aplicarán.

INSPECCION Y PRUEBA DE LINEAS Y EQUIPO.

Cuando una línea se encuentra en servicio deberá cumplir las reglas de diseño y seguridad correspondientes, así mismo deberán realizarse inspecciones a intervalos como la experiencia lo demuestre. Deberá hacerse pruebas para determinar el mantenimiento que requiera llevando un registro de los defectos que pudieran encontrarse para que sean corregidos durante el mantenimiento, debiendo corregirse de inmediato o lo mas pronto posible cuando son defectos graves.

LINEAS FUERA DE SERVICIO.

También deberá inspeccionarse y probarse antes de ponerse en servicio. Las líneas que temporalmente se ponen fuera de servicio deberán mantenerse en condiciones seguras. Las líneas abandonadas permanentemente deberán desmantelarse o mantenerse en condición segura.

CIRCUITOS DE TIERRA, ESTRUCTURAS DE SOPORTE Y EQUIPOS.

Las reglas para aterrizaje deberán ser de acuerdo con lo tratado en la sección correspondiente.

CIRCUITOS DE TIERRA.

Los circuitos de tierra pueden consistir en: un conductor usado como neutro común para los circuitos primarios y secundarios que deben aterrizarse efectivamente. Otros neutros, las líneas primarias secundarias y los conductores neutros deben ser aterrizados como se especifica en la sección correspondiente. Las líneas y los neutros que deben ser aterrizados intencionalmente deben obedecer a las reglas indicadas en la sección correspondiente.

PARTES QUE NO LLEVAN CORRIENTE ELECTRICA.

Las estructuras metálicas, incluyendo postes de lamparas, conduits metálicos y canalizaciones, cables para blindaje, mensajeros, cubiertas metálicas gabinetes, soportes de equipos colgados de interruptores, barras de operación, todos deben ser efectivamente aterrizados.

GUIAS.

Deben ser efectivamente aterrizados si se amarran de una estructura que carga conductores de voltaje mayor de 300 volts.

MENSAJEROS MULTIPLES EN LA MISMA ESTRUCTURA.

Los mensajeros de cables de comunicación expuestos hacer contacto de potencia o inducirse, o expuestos a rayos deben ser interconectados a intervalos especificados en las normas correspondientes.

ARREGLO DE INTERRUPTORES.

Los interruptores y sus controles deberán instalarse para ser accesibles solamente a personas autorizadas; deberán tener sus posiciones indicadas, visibles con toda claridad. El mecanismo de operación del interruptor que resulta accesible a personas no autorizadas deberá estar provisto para bloquearse en cada posición operacional.

ESTRUCTURAS DE SOPORTES.

Deberán estar protegidos contra daños mecánicos para evitar a que estén expuestos a la abrasión por emanaciones de vehículos.

Deberán estar colocados y mantenidos para exponerse a pequeñas abrasiones o fuegos de edificios.

Las estructuras cercanas a los puentes y que soportan conductores con voltajes mayores a 60 volts deberán tener sus indicaciones de peligro.

ACCESO A LAS ESTRUCTURAS.

Las estructuras deben contar con barreras para evitar que personas no calificadas se suban a ellas, adicionalmente deben tener sus avisos de peligro.

PODA DE ARBOLES.

Los árboles que pueden causar interferencias con conductores no aterrizados deben podarse o removerse. Y donde la poda o remoción no es práctico el conductor debe separarse del árbol.

CRUCE DE LINEAS SOBRE VIAS Y LIMITACION DE ACCESO A VIAS DE ALTA VELOCIDAD.

Los claros de cruce y los claros anexos deben estar libres de caída de árboles o cualquier otra falla que pueda ocurrir en la línea.

RELACION ENTRE VARIAS CLASES DE LINEAS Y EQUIPOS.

NIVELES RELATIVOS.

Los niveles para diferentes clases de conductores deben ser de acuerdo con las normas de las compañías suministradoras correspondientes.

NIVELES RELATIVOS PARA CONDUCTORES DE SUMINISTRO DE ENERGIA Y CONDUCTORES DE COMUNICACIÓN.

Para conductores de suministro de energía y comunicación que cruzan uno sobre otro o son instalados en la misma estructura.

Los conductores de suministro deberán ponerse en el nivel superior. Con excepción de los alimentadores de vehículos eléctricos que pueden localizarse de acuerdo con las necesidades del vehículo.

Circuitos de suministro para voltajes de 600 volts o menos con potencias menores de 5 kilowatts. Para la instalación de estos circuitos se recomienda seguir las indicaciones de la tabla 235.5 en su nota número 1 y de acuerdo con condiciones que se establecen en esta sección.

NIVELES RELATIVOS PARA LINEAS DE SUMINISTRO DE DIFERENTES VOLTAJES.

En la tabla número 235.5 se da recomendaciones hasta para 50 kv. Para conductores que se cruzan uno de otro o conflictos en estructuras existentes, la línea de voltaje mayor debe colocarse en nivel superior.

La Comisión Federal de Electricidad en sus normas de construcción y especificaciones de medición acometidas establece las características y condiciones requeridas para las líneas en los distintos voltajes de distribución y transmisión. La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, "INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)", establece disposiciones para estos sistemas en sus artículos: Artículo 921. - Puesta a tierra, artículo 922. - Línea aérea.

PROTECCION DE LINEAS DE COMUNICACIÓN.

Para los aparatos de comunicación manejados por personas no calificadas deberán tener protecciones de acuerdo con las normas correspondientes, cuando están sujetos a descarga atmosférica, contacto con conductores que suministran energía arriba de 300 volts, transitorios que excedan de 300 volts y voltajes inducidos.

CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN LOCALIZADOS DENTRO DEL ESPACIO DE SUMINISTRO Y CIRCUITOS DE SUMINISTRO LOCALIZADOS DENTRO DE LOS ESPACIOS DE LOS CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN.

CIRCUITOS UTILIZADOS EXCLUSIVAMENTE PARA OPERAR CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN.

Deberán considerar lo siguiente:

Table 235-5
Vertical Clearance Between Conductors at Supports

(When using column and row headings, voltages are phase to ground for effectively grounded circuits and those other circuits where all ground faults are cleared by promptly de-energizing the faulted section, both initially and following subsequent breaker operations. See the definitions section for voltages of other systems. See also Rules 235C1, 235C2, and 235F.)

Conductors and cables usually at lower levels	Conductors and cables usually at upper levels			
	Supply cables meeting Rule 230C1, 2, or 3; neutral conductors meeting Rule 230E1, communications cables meeting Rule 224A2a (m)	Open supply conductors		
		0 to 8.7 kV (m)	Over 8.7 to 50 kV	
	Same utility ⁸ (m)		Different utilities ⁹ (m)	
1. Communication conductors and cables				
a. Located in the communication space	1.00 ^{1,6}	1.00	1.00	1.00 plus 0.01 per kV ⁷ over 8.7 kV
b. Located in the supply space	0.41 ^{10,11}	0.41 ^{2,11}	1.00 ¹¹	1.00 plus 0.01 per kV ⁷ over 8.7 kV
2. Supply conductors and cables				
a. Open conductors 0 to 750 V; supply cables meeting Rule 230C1, 2, or 3; neutral conductors meeting Rule 230E1	0.41 ¹⁰	0.41 ³	0.41 plus 0.01 per kV ⁷ over 8.7 kV	1.00 plus 0.01 per kV ⁷ over 8.7 kV
b. Open conductors over 750 V to 8.7 kV		0.41 ³	0.41 plus 0.01 per kV ^{5,7} over 8.7 kV	1.00 plus 0.01 per kV ^{A7} over 8.7 kV
c. Open conductors over 8.7 to 22 kV				
(1) If worked on alive with live-line tools and adjacent circuits are neither de-energized nor covered with shields or protectors			0.41 plus 0.01 per kV ⁷ over 8.7 kV	1.00 plus 0.01 per kV ⁷ over 8.7 kV
(2) If not worked on alive except when adjacent circuits (either above or below) are de-energized or covered by shields or protectors, or by the use of live-line tools not requiring line workers to go between live wires			0.41 plus 0.01 per kV ^{4,7} over 8.7 kV	0.41 plus 0.01 per kV ^{4,7} over 8.7 kV
d. Open conductors exceeding 22 kV, but not exceeding 50 kV			0.41 plus 0.01 per kV ^{4,7} over 8.7 kV	0.41 plus 0.01 per kV ^{4,7} over 8.7 kV

¹ Where supply circuits of 600 V or less, with transmitted power of 5000 W or less, are run below communication circuits in accordance with Rule 220B2, the clearance may be reduced to 0.41 m.

² This shall be increased to 1.00 m when the communication conductors are carried above supply conductors unless the communication-line-conductor size is that required for Grade C supply lines.

³ Where conductors are operated by different utilities, a vertical clearance of not less than 1.00 m is recommended.

⁴ These values do not apply to conductors of the same circuit or circuits being carried on adjacent conductor supports.

⁵ May be reduced to 0.41 m where conductors are not worked on alive except when adjacent circuits (either above or below) are de-energized or covered by shields or protectors, or by the use of live-line tools not requiring line workers to go between live wires.

⁶ May be reduced to 0.75 m for supply neutrals meeting Rule

230E1 and cables meeting Rule 230C1 where the supply neutral or messenger is bonded to the communication messenger.

⁷ The greater of phasor difference or phase-to-ground voltage; see Rule 235A3.

⁸ Example: For a 50 kV-to-ground conductor above a 22 kV-to-ground conductor, the required clearance is 0.41 m + 0.64 m = 1.05 m when the conductors are 180° out of phase.

⁹ Example: For a 50 kV-to-ground conductor above a 22 kV-to-ground conductor, the required clearance is 1.00 m + 0.64 m = 1.64 m when the conductors are 180° out of phase.

¹⁰ No clearance is specified between neutral conductors meeting Rule 230E1 and insulated communication cables located in the supply space and supported by an effectively grounded messenger.

¹¹ No clearance is specified between fiber-optic—supply cables meeting Rule 230F1b and supply cables and conductors.

Los circuitos abiertos deberán considerar en su construcción los claros aislamientos de acuerdo con las reglas que correspondan.

Los circuitos que operen en voltajes arriba de 400 volts a tierra y usan solamente para suministrar la potencia del equipo de comunicación debe incluirse dentro de los cables de comunicación, con las siguientes recomendaciones.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. "INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)", establece disposiciones al respecto en:

El capítulo 8 (4.8). - Sistema de comunicación.

Artículo 800. - Circuitos de comunicación.

Artículo 810. - Equipos de radio y televisión.

Artículo 820. - Antenas de televisión comunitarias y sistemas de distribución de radio.

Artículo 822 Disposiciones Generales

CONSTRUCCION DE LINEAS ELECTRICAS PARA VEHICULOS ELECTRICOS.

Conductores que alimentan a los vehículos eléctricos.- Todos los conductores aéreos que soportan y hacen contacto con la alimentación al vehículo deben instalarse arriba de 3 metros de la tierra o de cualquier plataforma accesible al público, y deberán seguir las recomendaciones de las normas correspondientes. Cuando el voltaje es arriba de 750 volts, la distancia mencionada deberá ser arriba de 3.6 metros a la tierra o cualquier plataforma accesible al público.

El tercer riel deberá ser protegido por guardas compuestas de madera o cualquier material aislante.

PREVENSION DE PERDIDA DE CONTACTO EN CRUCES DE RIELES.

Deberán considerarse las reglas establecidas en esta misma sección.

CLAROS.

Esta sección cubre todos los claros incluyendo espacios para subir a las líneas aéreas de suministro y líneas de comunicación.

CLAROS VERTICALES DE CABLES, CONDUCTORES Y EQUIPOS ARRIBA DE LA TIERRA O DE CALLES O DE VIAS Y SUPERFICIES DE AGUA

La tabla 232.1 da recomendaciones a este respecto como se indica en la misma de acuerdo con las reglas 232 B1, 232Ca y 234 en donde entre otros parámetros se considera temperatura máxima de 50 grados centígrados sin desplazamiento del viento; para las condiciones de viento y de hielo existen los métodos propios de cálculo.

En la tabla 232.2 se dan recomendaciones para claros de partes rígidas vivas arriba de la tierra para calles o superficies del agua.

CLAROS ENTRE CABLES CONDUCTORES PARA DIFERENTES ESTRUCTURAS SOPORTE.

Los cruces pueden hacerse con estructuras soportes comunes, cuando sea práctico. En otros casos los claros entre cables adyacentes o conductores pueden soportarse en diferentes estructuras para lo cual se recomienda la utilización de la regla 233 A2 o 233 A1. La figura 233-1 es una ilustración gráfica de la aplicación de estas reglas.

En la tabla 233.1 se dan las recomendaciones para la separación de cables soportados en diferentes estructuras.

La tabla 233.2 da los claros para alturas superiores a 450 metros sobre el nivel del mar.

CLAROS DE CABLES, CONDUCTORES Y EQUIPOS DE EDIFICIOS, PUENTES, RIELES, ALBERCAS Y OTRAS INSTALACIONES.

Las figuras 234.1 A, B y C señalan los espacios de seguridad para estos diferentes cruces y las tablas que se indican corresponden a los espacios de seguridad mencionados y la tabla 234.1 proporciona los diferentes valores de seguridad.

m

Table 232-1

Vertical Clearance of Wires, Conductors, and Cables Above Ground, Roadway, Rail or Water Surfaces²⁵

(Voltages are phase to ground for effectively grounded circuits and those other circuits where all ground faults are cleared by promptly de-energizing the faulted section, both initially and following subsequent breaker operations. See the definitions section for voltages of other systems. See Rules 232B1, 232C1a, and 232D4.)

Nature of surface underneath wires, conductors, or cables	Insulated communication conductors and cable; messengers; surge-protection wires; grounded guy and ungrounded guys exposed to 0 to 300 V ^{11, 15} ; neutral conductors meeting Rule 230E1; supply cables meeting Rule 230C1 (m)	Noninsulated communication conductors; supply cables of 0 to 750 V meeting Rules 230C2 or 230C3 (m)	Supply cables over 750 V meeting Rules 230C2 or 230C3; open supply conductors, 0 to 750 V; ungrounded guys exposed to over 300 V to 750 V 14 (m)	Open supply conductors, over 750 V to 22 kV; ungrounded guys exposed to 750 V to 22 kV 14 (m)	Trolley and electrified railroad contact conductors and associated span or messenger wires	
					0 to 750 V to ground (m)	Over 750 V to 22 kV to ground (m)
Where wires, conductors, or cables cross over or overhang						
1. Track rails of railroads (except electrified railroads using overhead trolley conductors) ^{2, 16, 20}	7.2	7.3	7.5	8.1	6.7 ⁴	6.7 ⁴
2. Roads, streets, and other areas subject to truck traffic ²¹	4.7	4.9	5.0	5.6	5.5 ⁵	6.1 ⁵
3. Driveways, parking lots, and alleys	4.7 ^{7, 13}	4.9 ^{7, 13}	5.0 ⁷	5.6	5.5 ⁵	6.15
4. Other land traversed by vehicles, such as cultivated, grazing, forest, or orchard, etc. ²⁵	4.7	4.9	5.0	5.6	—	—
5. Spaces and ways subject to pedestrians or restricted traffic only ⁹	2.9	3.6 ⁸	3.8 ⁸	4.4	4.9	5.5
6. Water areas not suitable for sailboating or where sailboating is prohibited ¹⁹	4.0	4.4	4.6	5.2	—	—
7. Water areas suitable for sailboating including lakes, ponds, reservoirs, tidal waters, rivers, streams, and canals with an unobstructed surface area of ^{17, 18, 19}						
a. Less than 8 ha	5.3	5.5	5.6	6.2	—	—
b. Over 8 to 80 ha	7.8	7.9	8.1	8.7	—	—
c. Over 80 to 800 ha	9.6	9.8	9.9	10.5	—	—
d. Over 800 ha	11.4	11.6	11.7	12.3	—	—

Table 232-1 (Continued)

Vertical Clearance of Wires, Conductors, and Cables Above Ground, Roadway, Rail or Water Surfaces²⁵

(Voltages are phase to ground for effectively grounded circuits and those other circuits where all ground faults are cleared by promptly de-energizing the faulted section, both initially and following subsequent breaker operations. See the definitions section for voltages of other systems. See Rules 232B1, 232C1a, and 232D4.)

Nature of surface underneath wires, conductors, or cables	Insulated communication conductors and cable; messengers; surge-protection wires; grounded guy and ungrounded guys exposed to 0 to 300 V ^{11,15} ; neutral conductors meeting Rule 230E1; supply cables meeting Rule 230C1 (m)	Noninsulated communication conductors; supply cables of 0 to 750 V meeting Rules 230C2 or 230C3 (m)	Supply cables over 750 V meeting Rules 230C2 or 230C3; open supply conductors, 0 to 750 V; ungrounded guys exposed to over 300 V to 750 V 14 (m)	Open supply conductors, over 750 V to 22 kV; ungrounded guys exposed to 750 V to 22 kV ¹⁴ (m)	Trolley and electrified railroad contact conductors and associated span or messenger wires	
					0 to 750 V to ground (m)	Over 750 V to 22 kV to ground (m)
8. Public or private land and water areas posted for rigging or launching sailboats	Clearance above ground shall be 1.5 m greater than in 7 above, for the type of water areas served by the launching sites					
Where wires, conductors, or cables run along and within the limits of highways or other road rights-of-way but do not overhang the roadway						
9. Roads, streets, or alleys	4.7 ^{13,24}	4.9 ¹³	5.0	5.6	5.5 ⁵	6.1 ⁵
10. Roads in rural districts where it is unlikely that vehicles will be crossing under the line	4.1 ^{10,12}	4.3 ¹⁰	4.4 ¹⁰	5.0	5.5 ⁵	6.1 ⁵

¹ Where subways, tunnels, or bridges require it, less clearance above ground or rails than required by Table 232-1 may be used locally. The trolley and electrified railroad contact conductor should be graded very gradually from the regular construction down to the reduced elevation.

² For wires, conductors, or cables crossing over mine, logging, and similar railways that handle only cars lower than standard freight cars, the clearance may be reduced by an amount equal to the difference in height between the highest loaded car handled and 6.1 m, but the clearance shall not be reduced below that required for street crossings.

³ This footnote not used in this edition.

⁴ In communities where 6.4 m has been established, this clearance may be continued if carefully maintained. The elevation of the contact conductor should be the same in the crossing and next adjacent spans. (See Rule 225D2 for conditions that must be met where uniform height above rail is impractical.)

⁵ In communities where 4.9 m has been established for trolley and electrified railroad contact conductors 0 to 750 V to ground, or 5.5 m for trolley and electrified railroad contact conductors exceeding 750 V, or where local conditions make it impractical to obtain in the clearance given in the table, these reduced clearances may be used if carefully maintained.

⁶ This footnote not used in this edition

⁷ Where the height of a building or other installation does not permit service drops to meet these values, the clearances over residential driveways only may be reduced to the following: (meters)

- (a) Insulated supply service drops limited to 300 V to ground 3.8
- (b) Insulated drip loops of supply service drops limited to 300 V to ground 3.2
- (c) Supply service drops limited to 150 V to ground and meeting Rules 230C1 or 230C3 3.6
- (d) Drip loops only of service drops limited to 150 V to ground and meeting Rules 230C1 or 230C3 3.0
- (e) Insulated communication service drops 3.5

⁸ Where the height of a building or other installation does not permit service drops to meet these values, the clearances may be reduced to the following: (meters)

- (a) Insulated supply service drops limited to 300 V to ground 3.2
- (b) Insulated drip loops of supply service drops limited to 300 V to ground 3.2
- (c) Supply service drops limited to 150 V to ground and meeting Rules 230C1 or 230C3 3.0
- (d) Drip loops only of supply service drops limited to 150 V to ground and meeting Rules 230C1 or 230C3 3.0

34-2

Footnotes for Table 232-1 (m)

⁹ Spaces and ways subject to pedestrians or restricted traffic only are those areas where riders on horseback, vehicles, or other mobile units exceeding 2.45 m in height, are prohibited by regulation or permanent terrain configurations or are otherwise not normally encountered nor reasonably anticipated.

¹⁰ Where a supply or communication line along a road is located relative to fences, ditches, embankments, etc., so that the ground under the line would not be expected to be traveled except by pedestrians, the clearances may be reduced to the following values:

	(meters)
(a) Insulated communication conductor and communication cables	2.9
(b) Conductors of other communication circuits	2.9
(c) Supply cables of any voltage meeting Rule 230C1, supply cables limited to 150 V to ground meeting Rules 230C2 or 230C3, and neutral conductors meeting Rule 230E1	2.9
(d) Insulated supply conductors limited to 300 V to ground	3.8
(e) Guys	2.9

¹¹ No clearance from ground is required for anchor guys not crossing tracks, rails, streets, driveways, roads, or pathways.

¹² This clearance may be reduced to 4.0 m for communication conductors and guys.

¹³ Where this construction crosses over or runs along alleys, driveways, or parking lots, this clearance may be reduced to 4.6 m.

¹⁴ Ungrounded guys and ungrounded portions of span guys between guy insulators shall have clearances based on the highest voltage to which they may be exposed due to a slack conductor or guy.

¹⁵ Anchor guys insulated in accordance with Rule 279 may have the same clearance as grounded guys.

¹⁶ Adjacent to tunnels and overhead bridges that restrict the height of loaded rail cars to less than 6.1 m, these clearances may be reduced by the difference between the highest loaded rail car handled and 6.1 m, if mutually agreed to by the parties at interest.

¹⁷ For controlled impoundments, the surface area and corresponding clearances shall be based upon the design high-water level. For other waters, the surface area shall be that enclosed by its annual high-water mark, and clearances shall be based on the normal flood level. The clearance over rivers, streams, and canals shall be based upon the largest surface area of any 1.6 km-long segment that includes the crossing. The clearance over a canal, river, or stream normally used to provide access for sailboats to a larger body of water shall be the same as that required for the larger body of water.

¹⁸ Where an overwater obstruction restricts vessel height to less than the applicable reference height given in Table 232-3, the required clearance may be reduced by the difference between the reference height and the overwater obstruction height, except that the reduced clearance shall be not less than that required for the surface area on the line-crossing side of the obstruction.

¹⁷ Where the US Army Corps of Engineers, or the state, or surrogate thereof has issued a crossing permit, clearances of that permit shall govern.

²⁰ See Rule 234I for the required horizontal and diagonal clearances to rail cars.

²¹ For the purpose of this rule, trucks are defined as any vehicle exceeding 2.45 m in height. Areas not subject to truck traffic are areas where truck traffic is not normally encountered nor reasonably anticipated.

²² This footnote not used in this edition.

²³ This footnote not used in this edition.

²⁴ Communication cables and conductors may have a clearance of 4.6 m where poles are back of curbs or other deterrents to vehicular traffic.

²⁵ The clearance values shown in this table are computed by adding the applicable Mechanical and Electrical (M & E) value of Table A-1 to the applicable Reference Component of Table A-2a of Appendix A.

Table 232-2
Vertical Clearance of Equipment Cases and
Unguarded Rigid Live Parts Above Ground, Roadway, or Water Surfaces⁸

(Voltages are phase to ground for effectively grounded circuits and those other circuits where all ground faults are cleared by promptly de-energizing the faulted section, both initially and following subsequent breaker operations. See the definitions section for voltages of other systems. See Rules 232B2, 232B3, 232C1a, and 232D4.)

Nature of surface below	Effectively grounded equipment cases (m)	Unguarded rigid live parts of 0 to 750 V and ungrounded cases that contain equipment connected to circuits of more than 750 V (m)	Unguarded rigid live parts of over 750 V to 22 kV and ungrounded cases that contain equipment connected to circuits of over 750 V to 22 kV (m)
1. Where rigid parts overhang			
a. Roads, streets, and other areas subject to truck traffic ⁴	4.6	4.9	5.5
b. Driveways, parking lots, and alleys	4.6	4.9 ¹	5.5
c. Other land traversed by vehicles such as cultivated land, grazing land, forest, orchard, etc.	4.6 ⁷	4.9	5.5
d. Spaces and ways subject to pedestrians or restricted traffic only ⁵	3.4 ⁷	3.6 ^{1(b)}	4.3
2. Where rigid parts are along and within the limits of highways or other road rights-of-way but do not overhang the roadway			
a. Roads, streets, and alleys	4.6	4.9	5.5
b. Roads in rural districts where it is unlikely that vehicles will be crossing under the line	4.0 ⁷	4.3 ²	4.9
3. Water areas not suitable for sailboating or where sailboating is prohibited ⁹	4.3	4.4	4.6

¹ This clearance may be reduced to the following values:

(a) Insulated live parts limited to 300 V to ground . . . 3.6 (meters)

(b) Insulated live parts limited to 150 V to ground . . . 3.0

² Where a supply line along a road is limited to 300 V to ground and is located relative to fences, ditches, embankments, etc., so that the ground under the line would not be expected to be traveled except by pedestrians, this clearance may be reduced to 3.6 m.

³ This footnote not used in this edition.

⁴ For the purpose of this rule, trucks are defined as any vehicle exceeding 2.45 m in height. Areas not subject to truck traffic are areas where truck traffic is not normally encountered nor reasonably anticipated.

⁵ Spaces and ways subject to pedestrians or restricted traffic only are those areas where riders on horseback, vehicles, or other mobile units exceeding 2.45 m in height, are prohibited by regulation or permanent terrain configurations or are otherwise not normally encountered nor reasonably anticipated.

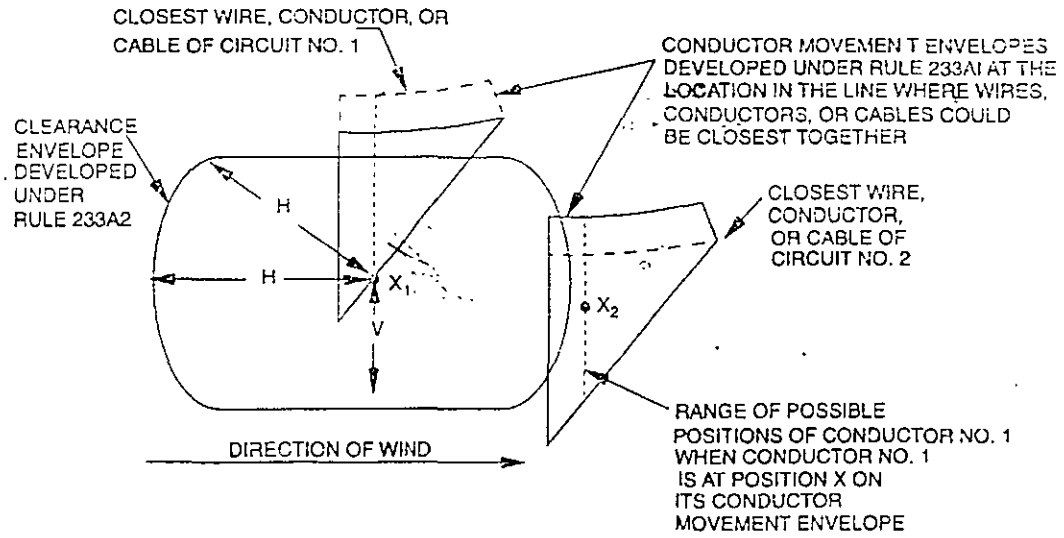
⁶ This footnote not used in this edition.

⁷ Effectively grounded supply or communication equipment cases (such as fire alarm boxes, control boxes, communication terminals, meters or similar equipment cases) may be mounted at a lower level for accessibility, provided such cases do not unduly obstruct a walkway.

^{NOTE:} See also Rule 234J2c.

⁸ The clearance values shown in this table are computed by adding the applicable Mechanical and Electrical (M & E) value of Table A-1 to the applicable Reference Component of Table A-2a of Appendix A.

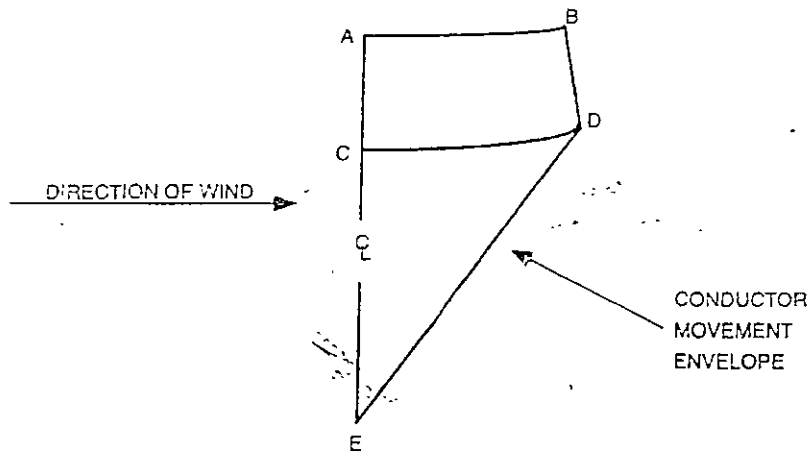
⁹ Where the US Army Corps of Engineers, or the state, or surrogate thereof has issued a crossing permit, clearances of that permit shall govern.



NOTE: In this illustration, Conductor No. 2 is closest at position X_2 to Conductor No. 1, where the latter is at position X_1 .

Fig 233-1
Use of Clearance Envelope and Conductor Movement Envelopes to Determine Applicable Clearance

34-5



Point	Conductor Temperature	Sag	Ice Loading	Wind Displacement ¹
A	15 °C ⁵	initial	none	none
B	15 °C ⁵	initial	none	290 Pa (note 2)
C	15 °C ⁵	final	none	none
D	15 °C ⁵	final	none	290 Pa (note 2)
E ₁ ^{3,4}	The greater of 50 °C or maximum operating temperature	final	none	none
E ₂ ^{3,4}	0 °C	final	as applicable	none

¹ The direction of the wind shall be that which produces the minimum distance between conductors. The displacement of the wires, conductors, or cables includes the deflection of suspension insulators and flexible structures.

² Wind loading may be reduced to 190 Pa in areas sheltered by buildings, terrain, or other obstacles.

³ Point E shall be determined by whichever of the conditions described under E₁ and E₂ produces the greatest sag.

⁴ Line D-E shall be considered to be straight unless the actual concavity characteristics are known.

⁵ When one conductor movement envelope is lower than that of the other conductor, the lower envelope shall be developed with points A, B, C, and D at a conductor temperature equal to the ambient temperature used in determining E of the upper conductor movement envelope.

Fig 233-2
Conductor Movement Envelope

m

34-6

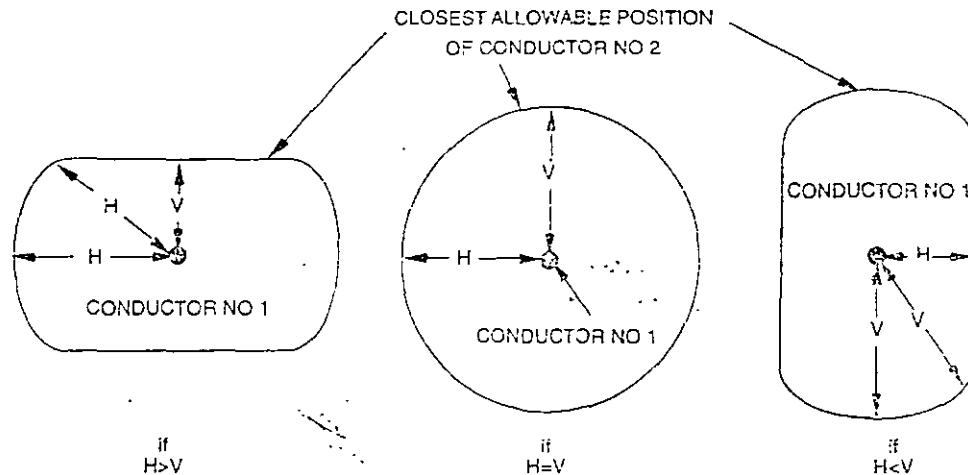


Fig 233-3
Clearance Envelope

B. Horizontal Clearance

1. Clearance Requirements

The horizontal clearance between crossing or adjacent wires, conductors, or cables carried on different supporting structures shall be not less than 1.50 m (5 ft). For voltages between the wires, conductors, or cables exceeding 129 kV, additional clearance of 10 mm (0.4 in) per kV over 129 kV shall be provided.

EXCEPTION: The horizontal clearance between anchor guys of different supporting structures may be reduced to 150 mm (6 in) and may be reduced to 600 mm (2 ft) between other guys, span wires, and neutral conductors meeting Rule 230E1.

2. Alternate Clearances for Voltages Exceeding 98 kV Alternating Current to Ground or 139 kV Direct Current to Ground

The clearances specified in Rule 233B1 may be reduced for circuits with known switching-surge factors, but shall be not less than the alternate clearance derived from the computations required in Rules 235B3a and 235B3b.

C. Vertical Clearance

1. Clearance Requirements

The vertical clearance between any crossing or adjacent wires, conductors, or cables carried on different supporting structures shall be not less than that shown in Table 233-1.

EXCEPTION: No vertical clearance is required between wires, conductors, or cables that are electrically interconnected at the crossing.

2. Voltages Exceeding 22 kV

- The clearance given in Table 233-1 shall be increased by the sum of the following: For the upper-level conductors between 22 and 470 kV, the clearance shall be increased at the rate of 10 mm (0.4 in) per kV in excess of 22 kV. For the lower-level conductors exceeding 22 kV, the additional clearance shall be computed at the same rate. For voltages exceeding 470 kV, the clearance shall be determined by the method given in Rule 233C3. The additional clearance shall be computed using the maximum operating voltage if above 50 kV and nominal voltage if below 50 kV.

Table 233-1

Vertical Clearance Between Wires, Conductors, and Cables Carried on Different Supporting Structures

Voltages are phase to ground for effectively grounded circuits and those other circuits where all ground faults are cleared by promptly de-energizing the faulted section, both initially and following subsequent breaker operations.

See the definitions section for voltages of other systems. See Rules 233C1 and 233C2a.)

Lower level	Upper level				
	Supply guys, span wires, neutral conductors meeting Rule 230E1, and surge-protection wires (m)	Communication conductors and cables, and messengers (m)	Supply cables meeting Rule 230C1, and supply cables of 0 to 750 V meeting Rule 230C2 or 230C3 (m)	Open supply conductors 0 to 750 V, and supply cables over 750 V meeting Rule 230C2 or 230C3 (m)	Open supply conductors over 750 V to 22 kV (m)
1. Supply guys ⁷ , span wires, neutral conductors meeting Rule 230E1, and surge-protection wires	0.60 ^{1,2}	0.60 ^{1,2}	0.60 ²	0.60	0.60
2. Communication guys ⁷ , conductors and cables, and messengers	0.60 ¹	0.60 ^{1,2}	0.60	1.20 ⁸	1.50 ⁵
3. Supply cables meeting Rule 230C1, and supply cables of 0 to 750 V meeting Rules 230C2 or 230C3	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
4. Open supply conductors, 0 to 750 V; supply cables over 750 V meeting Rule 230C2 or 230C3	0.60	1.20 ⁹	0.60	0.60	0.60
5. Open supply conductors, 750 V to 22 kV	0.60	1.50 ^{5,9}	0.60 ⁹	0.60 ⁹	0.60
6. Trolley and electrified railroad contact conductors and associated span and messenger wires	1.20 ³	1.20 ³	1.20 ³	1.20 ^{3,4}	1.80

¹ This clearance may be reduced where both guys are electrically interconnected.

² The clearance of communication conductors and their guy, span, and messenger wires from each other in locations where no other classes of conductors are involved may be reduced by mutual consent of the parties concerned, subject to the approval of the regulatory body having jurisdiction, except for fire-alarm conductors and conductors used in the operation of railroads, or where one set of conductors is for public use and the other used in the operation of supply systems.

³ Trolley and electrified railroad contact conductors of more than 750 V should have at least 1.80 m of clearance. This clearance should also be provided over lower-voltage trolley and electrified railroad contact conductors unless the crossover conductors are beyond reach of a trolley pole leaving the trolley-contact conductor or are suitably protected against damage from trolley poles leaving the trolley-contact conductor.

⁴ Trolley and electrified railroad feeders are exempt from this clearance requirement for contact conductors if they are of the same nominal voltage and of the same system.

⁵ This clearance may be reduced to 1.20 m where supply conductors of 750 V to 8.7 kV cross a communication line more than 6 ft horizontally from a communications structure.

⁶ This footnote not used in this edition.

⁷ These clearances may be reduced by not more than 25% to a guy insulator, provided that full clearance is maintained to its metallic end fittings and the guy wires. The clearance to an insulated section of a guy between two insulators may be reduced by not more than 25% provided that full clearance is maintained to the uninsulated portion of the guy.

⁸ This clearance may be reduced to 0.60 m for supply service drops.

⁹ In general, this type of crossing is not recommended.

34-8

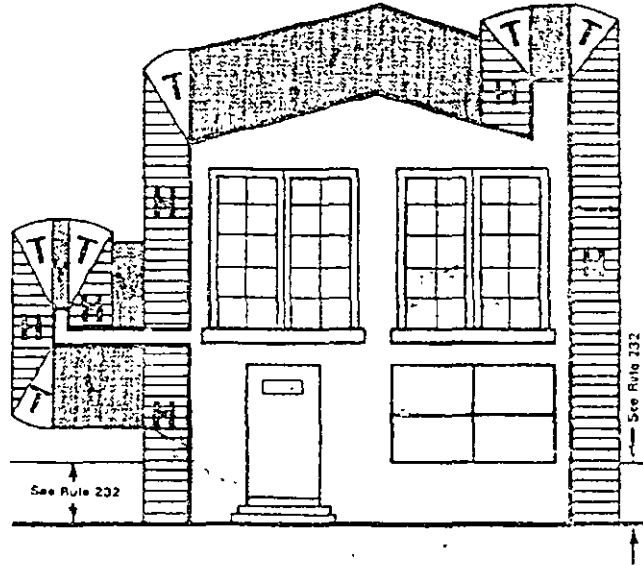
Table 233-2
 Clearance Between Supply Wires, Conductors, and Cables in Rule 233C3b(1)
 (Add 3% for each 300 m in excess of 450 m above mean sea level.)

Higher-voltage circuit		Lower-voltage circuit						
Maximum operating voltage phase to phase (kV)	Switching-surge factor (per unit)	Maximum operating voltage phase to phase (kV)						
		121 (m)	145 (m)	169 (m)	242 (m)	362 (m)	550 (m)	800 (m)
242	3.3 or less	2.13 ¹	2.13 ¹	2.13 ¹	2.16 ¹			
362	2.4	2.80 ¹	2.80 ¹	2.80 ¹	2.80 ¹	2.90		
	2.6	2.80 ¹	2.80 ¹	2.80 ¹	2.80 ¹	3.1		
	2.8	2.80 ¹	2.80 ¹	2.80 ¹	3.0	3.4		
	3.0	2.80 ¹	2.90	3.0	3.3	3.7		
550	1.8	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.1	
	2.0	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.7	
	2.2	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.3	5.2	
	2.4	4.0 ¹	4.0 ¹	4.0 ¹	4.3	4.8	5.7	
	2.6	4.1 ²	4.3 ²	4.4	4.8	5.3	6.3	
800	1.6	5.4 ¹	5.4 ¹	5.4 ¹	5.4 ¹	5.4 ¹	5.6	6.9
	1.8	5.4 ¹	5.4 ¹	5.4 ¹	5.4 ¹	5.4 ¹	6.4	7.7
	2.0	5.4 ¹	5.4 ¹	5.4 ¹	5.6	6.2	7.0	8.4
	2.2	5.6 ²	5.8 ²	5.9 ²	6.3 ²	7.0 ²	8.1 ²	9.4 ²

¹ Limited by Rule 233C3c.

² Need not be greater than the values specified in Rules 233C1 and 233C2.

34-9



LEGEND

Regions Where Conductors Are Prohibited	Controlling Clearance
H	Horizontal
V	Vertical
T	Transitional - Vertical (Arc)

Fig 234-1(a)
Clearance Diagram for Building

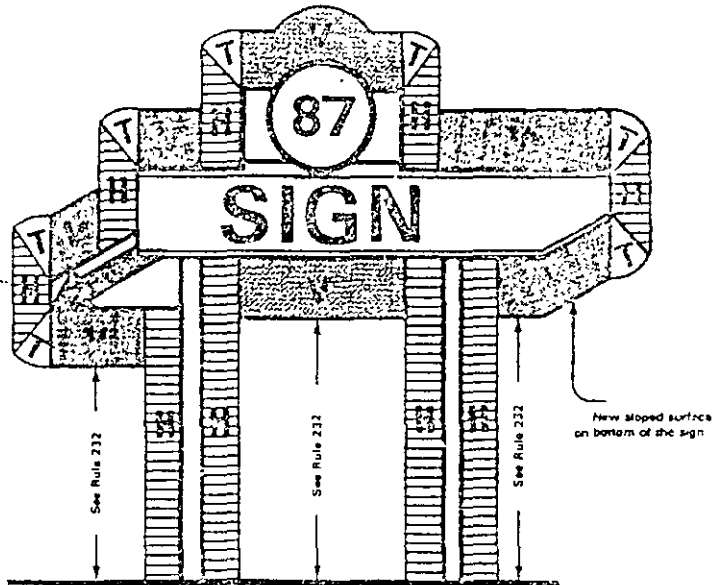


Fig 234-1(b)
Clearance Diagram for Other Structures

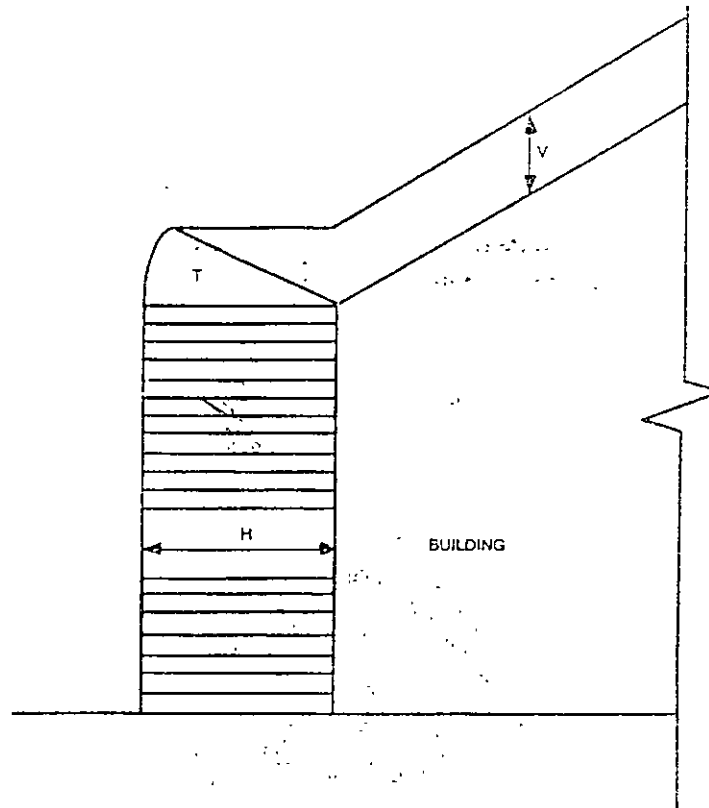


Fig 234-1(c)
Transitional Clearance When H is Greater Than V

When the following conductors and cables are displaced from rest under the wind conditions of Rule 234A2, horizontal clearances from such conductors or cables to other supporting structures shall be not less than those shown below:

Conductor or cable	Horizontal clearance required when displaced by wind	
	(m)	(ft)
Open supply conductor, 0 to 750 V	1.1	3.5
230C2 cable, above 750 V	1.1	3.5
230C3 cable, above 750 V	1.1	3.5
Open supply conductors, over 750 V to 22 kV	1.4	4.5

See footnotes 9 and 10 to Table 234-1.

2. A vertical clearance of 1.40 m (4.5 ft) for voltages up to 50 kV. EXCEPTIONS 1 and 2 shall not be applied cumulatively.

EXCEPTION 1: For guys, messengers, and neutrals meeting Rule 230E1 and for cables of 300 V or less to ground meeting the requirements of Rule 230C1, 230C2, or 230C3, the vertical clearance may be reduced to 600 mm (2 ft).

NOTE: Clearances of wires, conductors, and cables from adjacent line structure guy wires are given in Rule 233.

EXCEPTION 2: The vertical clearances may be reduced by 600 mm (2 ft) if both of the following conditions are met:

34-11

CAPITULO V.

REGLAS DE SEGURIDAD PARA LA INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA Y LINEAS DE COMUNICACIÓN SUBTERRANEAS.

El propósito de este código es salvaguardar a las personas durante la instalación, operación o mantenimiento de cables de suministro y comunicación en instalaciones subterráneas o enterradas; así como sus equipos asociados. Las reglas cubren también las estructuras asociadas y las extensiones de estos sistemas a los edificios.

REQUERIMIENTOS GENERALES.

Las personas responsables de los servicios para las instalaciones subterráneas deben ser aptas para indicar la localización de tales instalaciones.

El conocimiento de estos sistemas debe ser dado a los dueños y operadores de otros servicios que pueden afectar a las nuevas construcciones y a los cambios en los servicios existentes.

Todas las partes que son examinadas o ajustadas durante la operación deben arreglarse en tal forma que sean accesibles fácilmente, para las personas autorizadas para proveer los espacios de trabajo adecuados y los servicios que se requieran.

INSPECCION Y PRUEBAS DE LINEAS Y EQUIPOS.

Sistemas en servicio.- Las líneas y equipos deben cumplir con las reglas de seguridad cuando se pongan en servicio.

Se deben hacer inspecciones en intervalos de acuerdo con la experiencia.

Cuando sea necesario las líneas y equipos deben sujetarse a pruebas para determinar los requerimientos de mantenimiento, cualquier defecto que afecta y que sea revelado por esta inspección deberá tomarse en cuenta para corregirse.

Las líneas y equipos que pueden estar afectados en su vida o presentar peligros debe repararse de inmediato o desconectarse.

SISTEMAS FUERA DE SERVICIO.

Las líneas y equipos fuera de servicio deben inspeccionarse y probarse antes de ponerse en operación.

Las líneas y equipos que se pongan fuera de servicio temporalmente deben mantenerse en condición segura.

Las líneas y equipos permanentemente abandonados deben quitarse o mantenerse en condición segura.

ATERRIJAJE DE CIRCUITOS Y EQUIPOS.

Los métodos usados para aterrizaje se dan en la sección correspondiente que ya se mencionó con anterioridad, incluyendo la disposición de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. "INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)".

LAS PARTES CONDUCTIVAS QUE DEBEN SER ATERRIZADAS.

En los cables blindados, el blindaje debe ser aterrizado; así mismo las armaduras o gabinetes, lo mismo para los postes de iluminación tipo conductivo. Los ductos y las guardas de líneas encerradas también deben aterrizar.

CIRCUITOS.

Los neutros de los primarios y secundarios y los neutros comunes deben aterrizar como lo indica la norma correspondiente, así mismo para los conductores de otros neutros.

APARTARRAYOS.

También deberá aterrizar de acuerdo como se ha mencionado en la parte correspondiente.

REQUERIMIENTOS PARA PROTECCION DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.

Los aparatos de comunicación que son manejados por personas no calificadas, deben protegerse para los siguientes fenómenos: descargas atmosféricas, contacto con conductores cuyo voltaje exceda de 300 volts, transitorios que se

eleven a potenciales arriba de 300 volts, y voltajes inducidos en estado estable que puedan causar daños.

CANALIZACIONES DE SISTEMAS BAJO TIERRA.

La Comisión Federal de Electricidad ha establecido sus normas para los bancos de ductos que se utilizan especificando de acuerdo con la siguiente lista, en donde se pueden observar los tipos de bancos de acuerdo con la ubicación, ya sea en banquetas o en arroyo; Se anexan también copias de las características de ductos de tipo DCS.3-01, DCS.3-04 y DRS.3-14.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION), en sus artículos 354,356 y 358 establece los requerimientos para estos tipos de instalaciones, en los siguientes artículos:

-
- Artículo 354.- Canalizaciones bajo el piso.
 - Artículo 356.- Canalizaciones en pisos metálicos aislados.
 - Artículo 362.- Ductos metálicos y no metálicos con tapa.

REGISTROS Y BOBEDAS.

La Comisión Federal de Electricidad dentro de sus especificaciones mencionadas da algunas características para estos registros.

En este código se dan algunas recomendaciones para las áreas sujetas a pasos de vehículos en donde también se dan recomendaciones para los registros, las cubiertas de los registros y las fosas, los drenajes, la ventilación.

CABLES DE SUMINISTRO.

Para los cables de suministro la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION), da indicaciones en sus artículos 326,328,330,333,334 y 339.

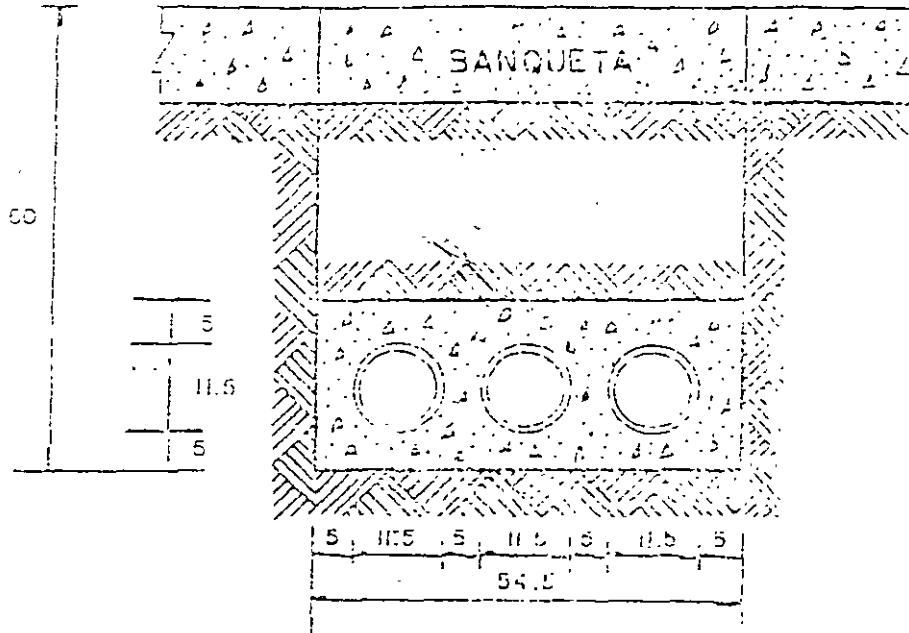
ABRIL/81

SECCION DS.3-BANCO DE DUCTOS	Especificación	Fecha
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA TENSION TIPOS I-3B y I-4B, BAJO BANQUETA	DCS.3-01	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA TENSION TIPOS I-6B y I-8B, BAJO BANQUETA(CANCELAR)	DCS.3-02	Sept./74
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA TENSION TIPOS I-3A y I-4A, BAJO ARROYO	DCS.3-03	Sept./74
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-9B, BAJO BANQUETA	DCS.3-04	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-10B, BAJO BANQUETA	DCS.3-05	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-12E, BAJO BANQUETA	DCS.3-06	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-9A, BAJO ARROYO	DCS.3-07	Sept./74
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-10A, BAJO ARROYO	DCS.3-08	Sept./74
PENDIENTES EN BANCO DE DUCTOS	DCS.3-09	Sept./74
COLOCACION DE COPLES Y SEPARADORES EN BANCO DE DUCTOS	DCS.3-10	Oct./74
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN ALTA TENSION, BAJO BANQUETA	DRS.3-11	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN BAJA TENSION, BAJO BANQUETA	DRS.3-12	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN ALTA Y BAJA TENSION, BAJO BANQUETA	DRS.3-13	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN ALTA TENSION, BAJO ARROYO	DRS.3-14	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN BAJA TENSION, BAJO ARROYO	DRS.3-15	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN ALTA Y BAJA TENSION, BAJO ARROYO	DRS.3-16	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CABLES DE 69-115 KV BAJO ARROYO	LTS.3-17	Marzo/81

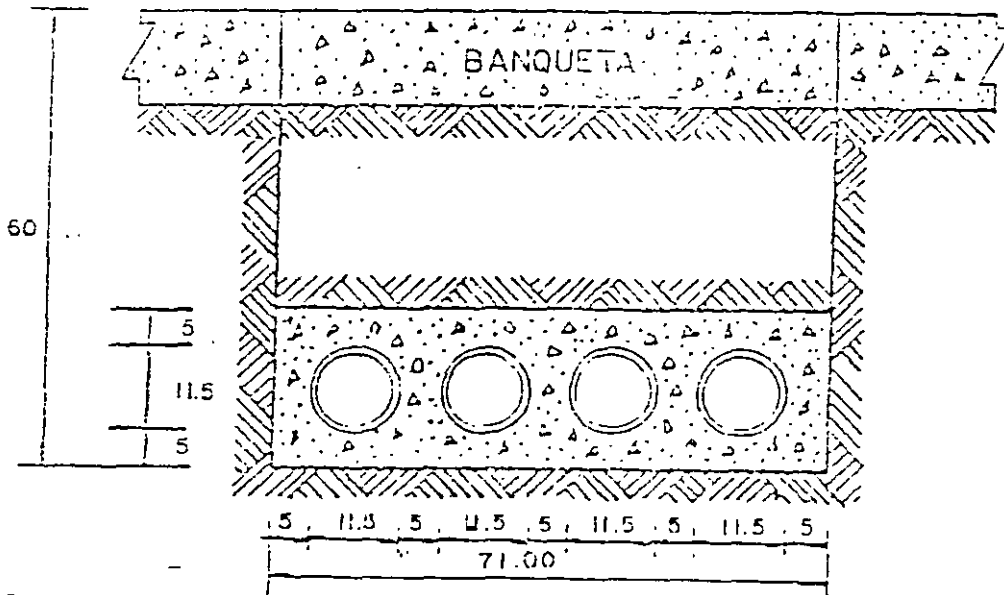
➤ ADICION O REVISION DESDE EL ULTIMO INDICE

☒ SE CANCELA REMOVERLA DEL LIBRO

TIPO I-3B



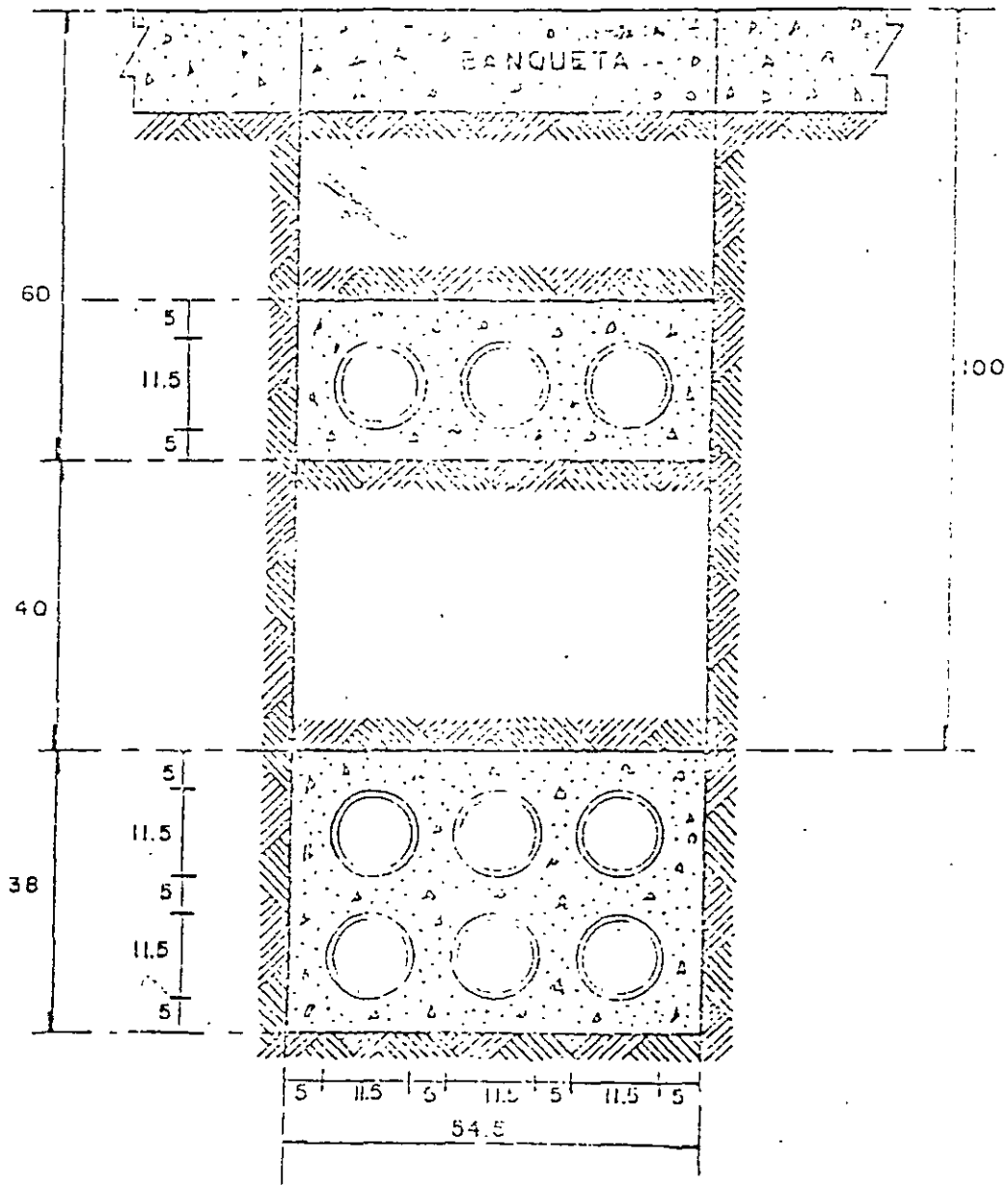
TIPO I-4B



ACOTACIONES EN CENTIMETROS

- 1-DUCTOS DE ASBESTO-CEMENTO o PVC RIGIDO DE 10 cms (4") DE DIAMETRO
- 2-CONCRETO DE BANCO DE DUCTOS DE $f_c' = 100 \text{ Kg/cm}^2$
AGREGADO MAXIMO DE 19.1 mm. (3/4") ESPECIFICACION DCS.10-04
- 3-PENDIENTE MINIMA EN DUCTOS, DE 0.25 % ESPECIFICACION DCS 3-09
- 4-RELLENO Y COMPACTADO (95 % MINIMO) ESPECIFICACION DCS. 10-04

TIPO II - S B



ACOTACIONES EN CENTIMETROS

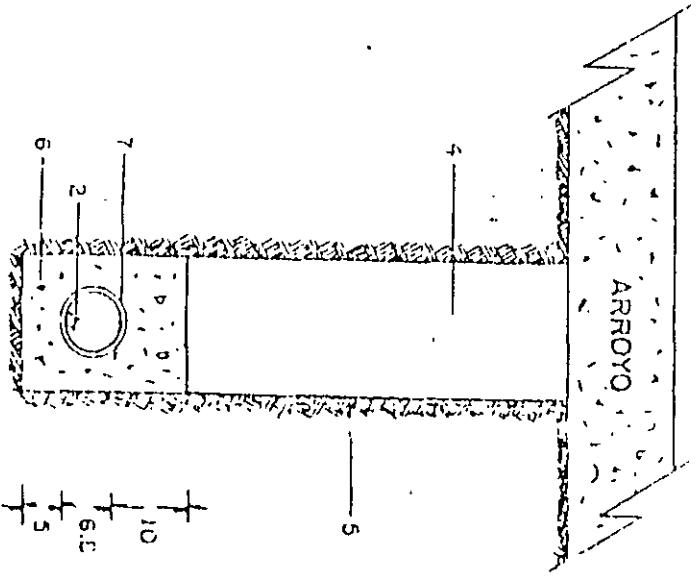
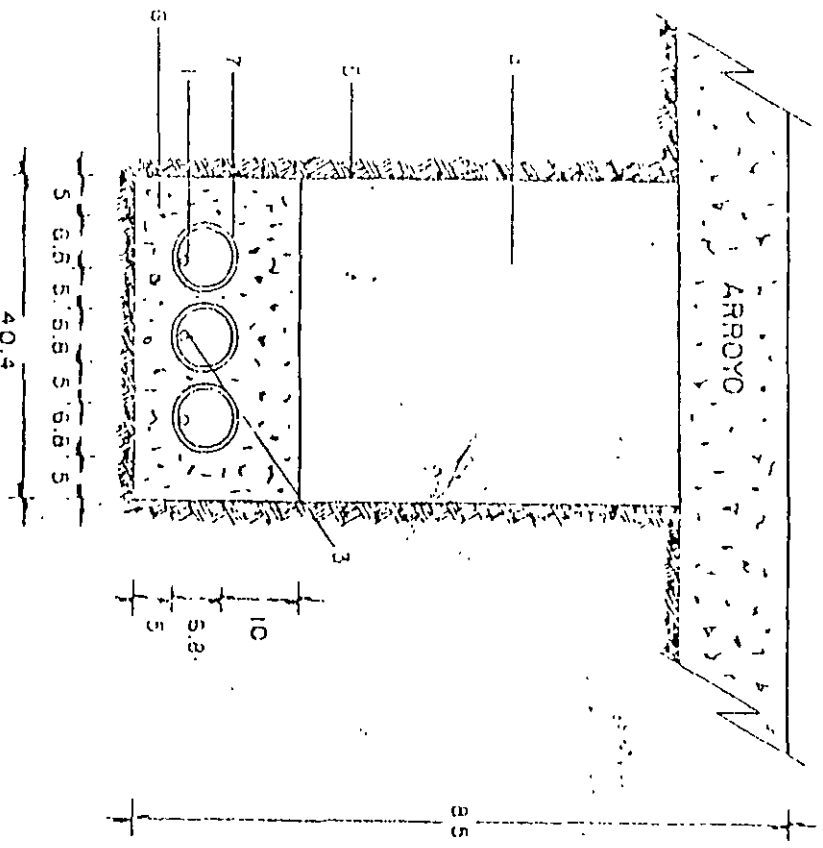
- 1- DUCTOS DE ASBESTO-CEMENTO ó PVC RIGIDO DE 10 cms (4") DE DIAMETRO
- 2- CONCRETO DE BANCO DE DUCTOS, DE $f_c = 100 \text{ Kg./cm}^2$
AGREGADO MAXIMO DE 19mm (3/4") ESPECIFICACION DCS. 10-04
- 3- PENDIENTE MINIMA EN DUCTOS, DE 0.25%, ESPECIFICACION DCS. 3-09
- 4- RELLENO Y COMPACTADO (95% MINIMO) ESPECIFICACION DCS. 10-04

BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F Y DRS. 3-14
 IE EN ALTA TENSION BAJO ARROYO

(5)

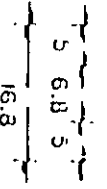
MANZANA

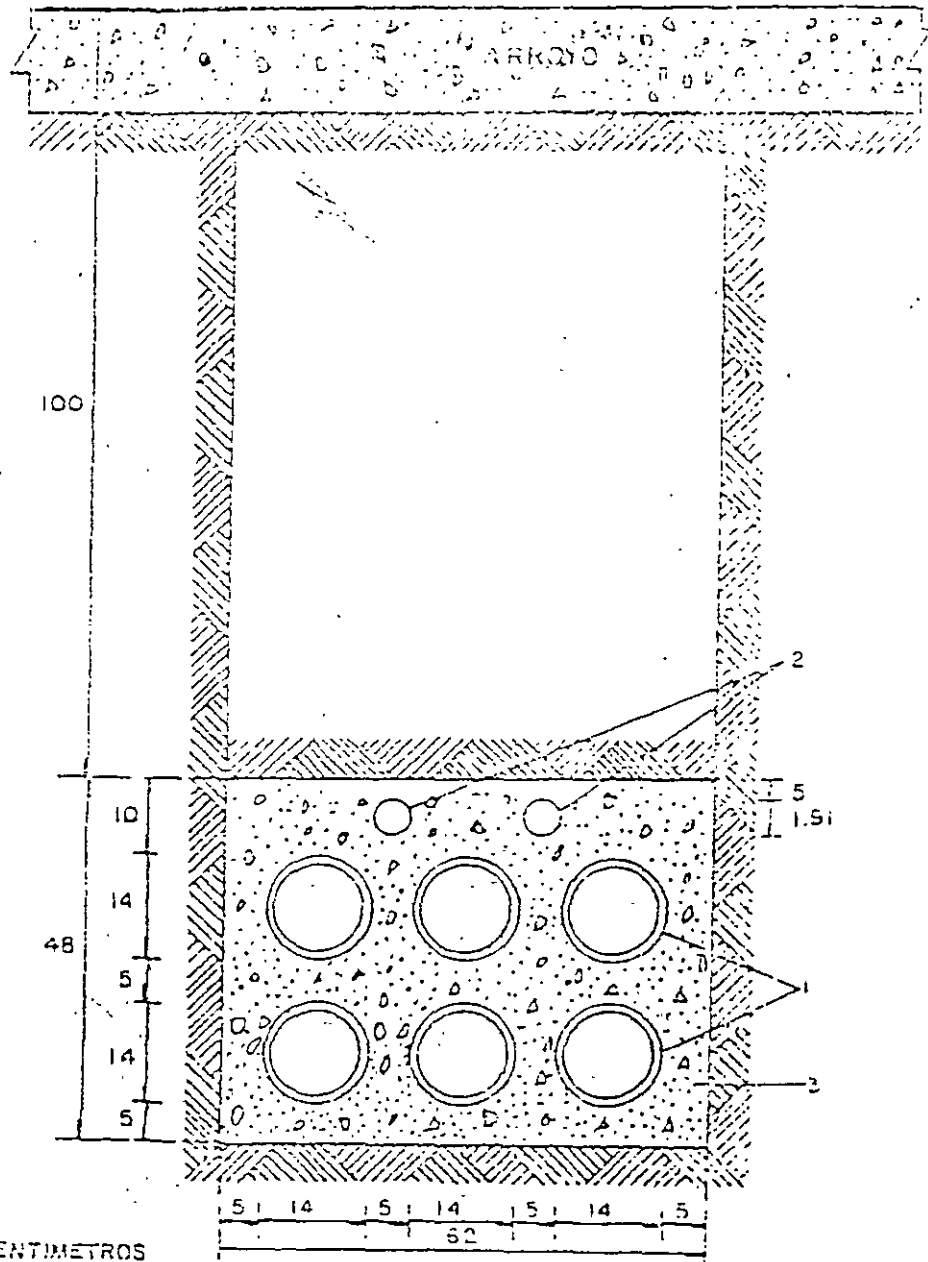
FOJA 1 de 1



ANOTACIONES EN CENTIMETROS

- 1 CABLE PARA ALTA TENSION TIPO DS.
- 2 CABLE PARA ALTA TENSION TIPO DRS.
- 3 NEUTRO DESNUBO DE COBRE.
- 4 RELLENO DE MATERIAL COMPACTADO (95% MINIMO).
- 5 PISO COMPACTADO.
- 6 CONCRETO $f_c=150 \text{ kg/cm}^2$ AGREGADO MAXIMO 19.1mm (3/4").
- 7 DUCTO DE ASBESTO-CEMENTO 6 PVC RIGIDO DE 50mm (2") DE DIAMETRO.





ACOTACIONES EN CENTIMETROS

- 1- DUCTOS DE ASBESTO-CEMENTO o PVC RIGIDO DE 12.7 cms (5") DE DIAMETRO
- 2- DUCTOS DE PVC DE 1.91 cms (3/4") DE DIAMETRO PARA NEUTROS
- 3- CONCRETO DE BANCO DE DUCTOS DE $f_c' = 150 \text{ Kg/cm}^2$
 AGREGADO MAXIMO DE 1.91 cms (3/4") ESPECIFICACION DCS 10-04
- 4- PENDIENTE MINIMA EN DUCTOS DE 0.25% ESPECIFICACION DCS 3-09
- 5- RELLENO Y COMPACTADO (95% MINIMO) ESPECIFICACION DCS 10-04

NORMAS PARA SISTEMAS
DE DISTRIBUCION SUBTERRANEOS
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

CAPITULO 2 CONSTRUCCION

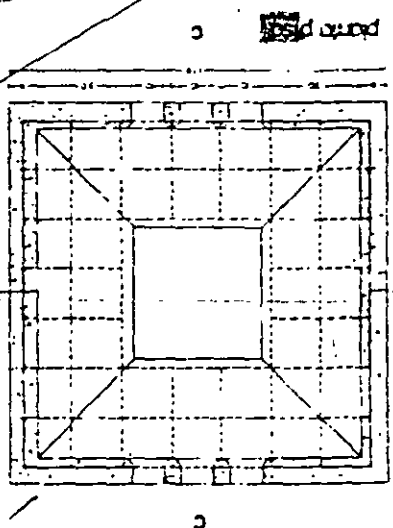
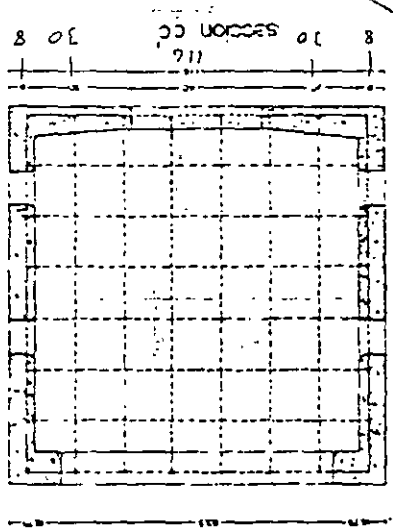
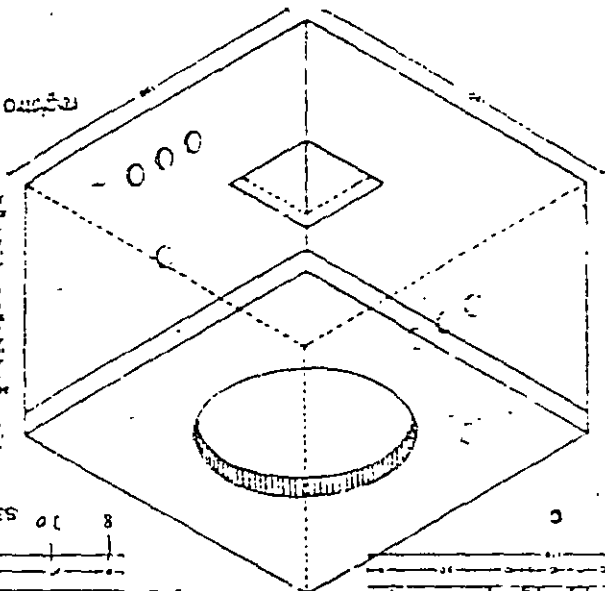
I N D I C E

SECCION DS.4 - ESTRUCTURAS	Especificación	Fecha
REGISTRO DE BAJA TENSION	> DCS.4-01	Oct./76 (R)
POZO DE VISITA	DCS.4-02	Sept./74
POZO DE VISITA PARA EQUIPO DESCONECTADOR	DCS.4-03	Sept./74
BOVEDA PARA TRANSFORMADOR	DCS.4-04	Sept./74
ARO S4 DE FIERRO FUNDIDO	DCS.4-05	Sept./74
MARCO S4 DE FIERRO FUNDIDO	DCS.4-06	Sept./74
TAPA S4 DE FIERRO FUNDIDO	DCS.4-07	Sept./74
TAPA DE LAMINA DE ACERO PARA POZO DE VISITA PARA EQUIPO DESCONECTADOR	DCS.4-08	Sept./74
TAPA DE LAMINA DE ACERO PARA BOVEDA PARA TRANSFORMADOR	DCS.4-09	Sept./74
REJILLA PARA BOVEDA PARA TRANSFORMADOR	DCS.4-10	Sept./74
REGISTRO SECUNDARIO PARA DRS	> DCS.4-11	Mar./81
REGISTRO ALTA TENSION PARA DRS PRECOLADOS O CONSTRUI- DOS EN SITIO	> DRS.4-12	Mar./81
REGISTRO SECUNDARIO PARA DRS CON TAPA DE CONCRETO	> DRS.4-14	Mar./81
TAPA S4 DE CONCRETO	> DS.4-14	Mar./81

> ADICION O REVISION DESDE EL ULTIMO INDICE
(R) REVISION

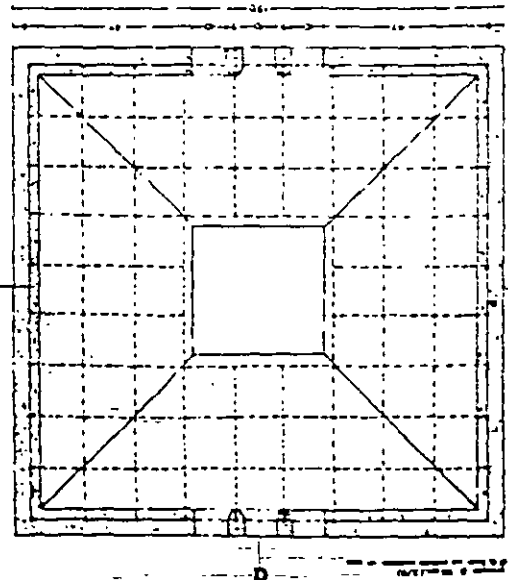
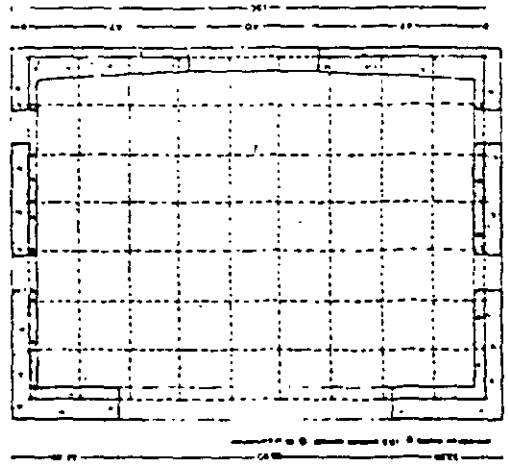
simétrico

registro tipo 1



registro tipo 2

ESCALA 1:10



registro tipo 1

seccion dd

planta piso

ARTÍCULO 353 - ENSAMBLE DE RECEPTÁCULOS MÚLTIPLES

- 353-1. Otros Artículos.** Un ensamble de receptáculos múltiples debe cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.
- 353-2. Uso.** Se permite el uso del ensamble de receptáculos múltiples en lugares secos. No se deben instalar (1) ocultos, pero se permite rodear la parte posterior y los laterales de un conjunto metálico de este tipo por las paredes del edificio o meter un conjunto no-metálico con un ensamble de receptáculos múltiples en un tablero eléctrico; (2) cuando estén expuestos a daño físico; (3) cuando la tensión eléctrica entre conductores sea de 300 V o más, excepto si el ensamble es de metal y tiene un espesor no-menor a 1 mm; (4) si están expuestos a vapores corrosivos; (5) en los huecos de los ascensores, ni (6) en lugares peligrosos (clasificados), excepto los de Clase I División 2, como lo permite la Excepción de 501-4(b).
- 353-3. Ensamble de receptáculos múltiples metálicos a través de tabiques de mampostería.** Se permite extender un ensamble de receptáculos múltiples metálico a través de tabiques de mampostería (pero no tenderlos por el interior de los mismos), si se instalan de modo que se pueda quitar la tapa o tapas de todas las partes expuestas y no se instala ningún receptáculo en el interior de los tabiques.

ARTÍCULO 354-CANALIZACIONES BAJO EL PISO

- 354-1. Otros Artículos.** Las canalizaciones bajo el piso deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.
- 354-2. Uso.** Se permite instalar canalizaciones bajo el piso debajo de la superficie de concreto u otro material del piso en edificios de oficinas, siempre que queden a nivel con el piso de concreto y cubiertas por linóleo u otro revestimiento equivalente. No se deben instalar canalizaciones bajo el piso: (1) donde puedan estar expuestas a vapores corrosivos ni (2) en lugares peligrosos (clasificados), excepto lo permitido en 504-20 y en los lugares de Clase I División 2, como se permite en la Excepción de 501-4(b). A menos que estén hechas de un material que se estime adecuado para esas condiciones, o a menos que estén protegidas contra la corrosión a un nivel aprobado para esas condiciones, no se deben instalar canalizaciones de metales ferrosos o no-ferrosos, cajas de terminales ni accesorios en concreto ni en zonas expuestas a la influencia de factores corrosivos severos.
- 354-3. Cubiertas.** Las cubiertas de las canalizaciones deben cumplir con los siguientes apartados
- a) Canalizaciones de no-más de 10 cm de ancho.** Las canalizaciones semicirculares con la parte superior plana, de no-más de 10 cm de ancho, deben tener una cubierta de concreto o madera de un espesor no-menor a 19 mm de concreto o madera sobre la canalización.
Excepción: Lo permitido en los siguientes apartados (c) y (d) para canalizaciones con la parte superior plana.
 - b) Canalizaciones de más de 10 cm, pero de no-más de 20 cm de ancho.** Las canalizaciones con la parte superior plana, de más de 10 cm, pero no-más de 20 cm de ancho, con una separación mínima entre canalizaciones de 25,4 mm, se deben cubrir con concreto de un espesor no-menor a 25,4 mm. Las canalizaciones con una separación menor a 25,4 mm se deben cubrir con concreto de un espesor no-menor a 38 mm.
 - c) Canalizaciones de tipo zanja a nivel con el concreto.** Se permite que las canalizaciones de tipo zanja con tapas removibles queden al nivel de la superficie del piso. Dichas canalizaciones aprobadas deben estar diseñadas de modo que las chapas de la tapa les proporcionen una protección mecánica y una rigidez adecuadas y equivalentes a las tapas de las cajas de empalme.
 - d) Otras canalizaciones a nivel con el concreto.** En edificios de oficinas se permite instalar canalizaciones aprobadas con parte superior metálica y plana, de no-más de 10 cm de ancho, a nivel con la superficie del piso de concreto, siempre que estén cubiertas con una capa importante de linóleo o similar, de espesor no-menor a 1,6 mm. Cuando se instalen a nivel con el concreto más de una canalización, pero no-más de tres, deben situarse una al lado de otra y unirse de modo que formen un conjunto rígido.
- 354-4. Tamaño nominal de conductores.** En las canalizaciones subterráneas no se deben instalar conductores de tamaño nominal mayor que aquél para el que está diseñado la canalización.
- 354-5. Número máximo de conductores en una canalización.** La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe exceder 40% de la correspondiente interior de la canalización.
- 354-6. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones se deben hacer únicamente en cajas de empalme.

Para los fines de esta sección, el alambrado tipo anillo (conductores continuos no-seccionados que conectan varias salidas individuales) no se consideran empalmes ni derivaciones.

Excepción: Se permite empalmes y derivaciones en canalizaciones de tipo zanja a nivel con el piso, que tengan tapa removible y sean accesibles después de la instalación. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal interior de la canalización en ese punto.

- 354-7. Salidas fuera de servicio.** Cuando una salida se abandone, se elimine o se deje de utilizar, los conductores del circuito que suministraban energía a la salida se deben quitar de la canalización. No se permite que haya en las canalizaciones empalmes o conductores aislados con cinta, como sería el caso de las salidas fuera de servicio en los alambrados tipo anillo.
- 354-8. En línea recta.** Las canalizaciones subterráneas deben hacerse de modo que si se traza una línea recta que una el centro de una caja de empalme con el centro de la siguiente caja de empalme, coincida con el eje central del sistema de canalización. Las canalizaciones se deben sujetar firmemente de tal modo que no pierdan la alineación durante la construcción.
- 354-9. Marcas en los extremos.** En el extremo de cada tramo recto de una canalización o lo más cerca posible del mismo, se debe localizar una marca adecuada que permita localizar la última inserción.
- 354-10. Extremos finales.** Los extremos finales de las canalizaciones se deben cerrar.
- 354-13. Cajas de terminales.** Las cajas de terminales se deben instalar a nivel con el piso y sellar para evitar la entrada de agua o concreto. Las cajas de terminales que se utilicen con canalizaciones metálicas deben ser metálicas y no perder la continuidad eléctrica con la canalización.
- 354-14. Insertos.** Los insertos se deben situar a nivel con el piso y sellar para evitar la entrada de concreto. Los insertos utilizados en canalizaciones metálicas deben ser metálicos y mantener la continuidad eléctrica con la canalización. Los insertos colocados en o sobre canalizaciones de fibra antes de tapar el piso, deben sujetarse mecánicamente a la canalización. Los insertos colocados en canalizaciones de fibra después de tapar el piso, se deben atornillar a la canalización. Cuando se corten las paredes de la canalización, y los insertos, se debe evitar que las partículas y la suciedad queden dentro de la canalización y se debe procurar utilizar herramientas diseñadas de modo que no entren en la canalización, para que no afecten a los cables que pudiera haber instalados.
- 354-15. Conexiones con gabinetes y salidas de pared.** Las conexiones de las canalizaciones con los centros de distribución y salidas de pared, se deben hacer por medio de tubo (*conduit*) metálico flexible cuando no estén instaladas en concreto y de tubo (*conduit*) tipo pesado, semipesado o ligero y accesorios aprobados. Cuando un sistema subterráneo de canalizaciones metálicas lleve terminales para los conductores de puesta a tierra de equipo, se permite utilizar tubo (*conduit*) rígido metálico, no-metálica o no-metálico flexible y herméticos a los líquidos, siempre que no estén instalados en concreto.

ARTÍCULO 356-CANALIZACIONES EN PISOS METÁLICOS CELULARES

- 356-1. Definiciones.** Para los propósitos de este Artículo, una "canalización en piso metálico celular" se define como los espacios huecos de los pisos metálicos celulares, junto con los accesorios adecuados, que se puedan aprobar como cubiertas de conductores eléctricos. Una "celda" se define como un espacio sencillo, de forma tubular y cerrado en una sección del piso metálico celular, cuyo eje es paralelo al de la sección del piso metálico. Un "cabezal" se define como una canalización transversal para conductores eléctricos que da acceso a determinadas celdas de un piso metálico celular, permitiendo así el tendido de conductores eléctricos desde un centro de distribución hasta las celdas.
- 356-2. Usos no permitidos.** No se deben instalar conductores eléctricos en canalizaciones en pisos metálicos celulares: (1) si están expuestos a vapores corrosivos; (2) en lugares peligrosos (clasificados) excepto lo permitido por 504-20 y en lugares de Clase I División 2, como se permite en la Excepción de 501-4(b); (3) en estacionamientos públicos, excepto para salidas en el techo o extensiones por debajo del piso, pero no por encima.

NOTA: Para la instalación de conductores con otros sistemas, véase 300-8.

- 356-3. Otros Artículos.** Las canalizaciones en pisos metálicos celulares deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

A. Instalación

- 356-4. Tamaño nominal de los conductores.** No se debe instalar conductores de tamaño nominal mayor a $53,48 \text{ mm}^2$ (1/0 AWG), excepto con permiso especial.
- 356-5. Número máximo de conductores en una canalización.** La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe superar 40% del área de la sección transversal interior de la celda o del cabezal.
- 356-6. Empalmes y derivaciones.** Los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en las unidades de acceso a los cabezales o en cajas de empalme.

Para los propósitos de esta sección, se considera que los llamados alambrados tipo anillo (conductores continuos que conectan distintas salidas sin ser segmentados) no se consideran empalmes ni derivaciones.

- 356-7. Salidas fuera de servicio.** Cuando una salida quede fuera de servicio, se elimine o se deje de utilizar, los conductores del circuito que suministraban energía a la salida se deben quitar de la canalización. No se permite que en las canalizaciones haya empalmes o conductores aislados con cinta, como sería el caso de las salidas abandonadas en los alambrados tipo anillo.
- 356-8. Marcas.** Para la localización de las celdas futuras, se debe instalar una cantidad adecuada de marcas.
- 356-9. Cajas de empalme.** Las cajas de empalme se deben instalar a nivel con el piso y sellar para evitar la entrada de agua o concreto. Las cajas de empalme que se utilicen con canalizaciones metálicas deben ser metálicas y no perder la continuidad eléctrica con la canalización.
- 356-10. Insertos.** Los insertos se deben situar a nivel con el piso y sellar para evitar la entrada de concreto. Los insertos utilizados en canalizaciones metálicas deben ser metálicos y mantener la continuidad eléctrica con la canalización. Cuando se corten las paredes de la canalización y los insertos, se debe evitar que las partículas y la suciedad queden dentro de la canalización, y se debe procurar utilizar herramientas diseñadas de modo que no entren en la canalización, para que no afecten a los cables que pudiera haber instalados.
- 356-11. Conexiones desde las celdas con gabinetes y extensiones.** Las conexiones de las canalizaciones con los centros de distribución y salidas de pared, se deben hacer por medio de tubo (*conduit*) metálico flexible cuando no estén instaladas en concreto y de tubo (*conduit*) tipo pesado, tipo semipesado, tipo ligero y accesorios aprobados. Cuando las canalizaciones lleven terminales para los conductores de puesta a tierra de equipo, se permite utilizar tubo (*conduit*) rígido no-metálicos, tubo (*conduit*) no-metálico o tubo (*conduit*) no-metálico flexible y hermético a los líquidos, siempre que no estén instalados en concreto.

B. Especificaciones de construcción

- 356-12. Disposiciones generales.** Las canalizaciones en pisos metálicos celulares deben estar construidas de modo que se asegure la adecuada continuidad eléctrica y mecánica de todo el sistema. Sus superficies interiores deben estar libres de rebabas y bordes cortantes y las superficies sobre las que se tiendan los conductores deben estar lisas. Cuando los conductores pasen a través de una canalización se deben instalar boquillas o accesorios adecuados con bordes lisos redondeados.

ARTÍCULO 358-CANALIZACIONES EN PISOS DE CONCRETO CELULAR

- 358-1. Alcance.** Este Artículo trata de las canalizaciones en pisos de concreto celular, en los espacios huecos de los pisos construidos con baldosas prefabricadas de concreto celular y sus accesorios metálicos diseñados para permitir el acceso a las celdas del piso.
- 358-2. Definiciones.** Una "celda" se define como un espacio sencillo, cerrado y tubular en un piso hecho de baldosas prefabricadas de concreto celular, cuyo eje es paralelo a la dirección del miembro del piso. Un "cabezal" se define como una canalización transversal para conductores eléctricos que da acceso a determinadas celdas de un piso de concreto celular, permitiendo así el tendido de conductores eléctricos desde un centro de distribución hasta las celdas.
- 358-3. Otros Artículos.** Las canalizaciones en pisos de concreto celular deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.
- 358-4. Usos no permitidos.** No se deben instalar conductores eléctricos en canalizaciones en pisos de concreto celular: (1) si están expuestos a vapores corrosivos; (2) en lugares peligrosos (clasificados), excepto lo permitido en 504-20 y en lugares de Clase I División 2, como se permite en la Excepción de 501-4(b), ni (3) en estacionamientos públicos, excepto para salidas en el techo o extensiones por debajo del piso, pero no por encima.

NOTA: Para la instalación de conductores con otros sistemas, véase 300-8

- 358-5. Cabezales.** Los cabezales se deben instalar en línea recta y perpendiculares a las celdas. Los cabezales se deben sujetar mecánicamente a la mayor parte del piso prefabricado de concreto celular. Las juntas de los extremos se deben cerrar con un cierre metálico y sellar para impedir la entrada de concreto. El cabezal debe ser eléctricamente continuo y estar firmemente conectado al envolvente del centro de distribución.
- 358-6. Conexiones con gabinetes y otras envolventes.** La conexión de los cabezales con los gabinetes y otras envolventes se debe hacer por medio de canalizaciones metálicas aprobadas y listadas con sus accesorios igualmente aprobados y listados.
- 358-7. Cajas de empalme.** Las cajas de empalme se deben instalar a nivel con el piso y sellar para evitar la entrada de agua o concreto. Las cajas de empalme deben ser de metal y tener continuidad mecánica y eléctrica con los cabezales.
- 358-8. Marcas.** Para la localización de las celdas se deben instalar marcas en una cantidad adecuada.
- 358-9. Insertos.** Los insertos se deben situar a nivel con el piso y sellar para evitar la entrada de concreto. Los insertos deben ser metálicos y estar dotados de bases de contacto con puesta a tierra. Un conductor de puesta a tierra debe conectar las bases de contactos a la conexión de puesta a tierra del cabezal. Cuando se corten las paredes de la canalización, por ejemplo, para hacer los insertos y para otros casos

(por ejemplo, para acceder a las aberturas entre el cabezal y las celdas), se debe evitar que las partículas y la suciedad queden dentro de la canalización, y se debe procurar utilizar herramientas diseñadas de modo que no entren en la canalización, para que no afecten a los cables que pudiera haber instalados.

358-10. Tamaño nominal de los conductores. No se deben instalar conductores de tamaño nominal mayor a 53.48 mm² (1/0 AWG), excepto con permiso especial.

358-11. Número máximo de conductores en una canalización. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe exceder 40% del área de la sección transversal interior de la celda o cabezal.

358-12. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones sólo se deben hacer en las unidades de acceso a los cabezales o cajas de empalmes.

Para los propósitos de esta sección, se considera que los llamados alambrados tipo anillo (conductores continuos que conectan las distintas salidas sin ser segmentados) no son empalmes ni derivaciones.

358-13. Salidas fuera de servicio. Cuando una salida quede fuera de servicio, se elimine o se deje de utilizar, los conductores del circuito que alimentaban a la salida se deben quitar de la canalización. No se permite que haya en las canalizaciones empalmes o conductores aislados con cinta, como sería el caso de las salidas abandonadas en los alambrados tipo anillo.

ARTÍCULO 362 - DUCTOS METÁLICOS Y NO-METÁLICOS CON TAPA

A. Ductos metálicos

362-1. Definición. Los ductos metálicos son ductos de placa metálica con tapa a presión removible, o con bisagras para alojar y proteger cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de haber instalado el ducto, como un sistema completo.

362-2. Uso. Sólo se permite usar los ductos metálicos en instalaciones expuestas. Los ductos metálicos instalados en lugares mojados deben ser herméticos a la lluvia. No se debe instalar ductos metálicos: (1) cuando estén expuestos a daño físico o a vapores corrosivos ni (2) en ningún lugar peligroso (clasificado), excepto lo permitido en 501-4(b), 502-4(b) y 504-20.

Excepción: Se permite instalar ductos en espacios ocultos según lo establecido en el inciso c) de la Excepción 640-4.

362-3. Otros Artículos. Las instalaciones de ductos deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300.

362-4. Tamaño nominal de los conductores. No se debe instalar en un ducto ningún conductor de mayor tamaño nominal que aquél para el cual fue diseñado.

362-5. Número de conductores. Los ductos no deben contener más de 30 conductores de fase en ninguna parte. No se consideran conductores de fase los de circuitos de señalización o los conductores de control y su controlador, utilizados únicamente para el arranque del motor.

La suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del ducto no debe superar 20% del área de la sección transversal interior del mismo.

No se deben aplicar los factores de corrección del Artículo 310 Nota 8(a) de las Notas de las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, a los 30 conductores de fase que ocupen 20% del espacio, como se especificó anteriormente.

Excepción 1: Cuando se aplique los factores de corrección especificados en el Artículo 310 8(a) de las Notas a las Tablas de capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, no se debe limitar el número de conductores de fase, pero la suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier lugar del ducto no debe exceder 20% del área de la sección transversal interior del mismo.

Excepción 2: Como se establece en 520-6, la limitación a 30 conductores no se debe aplicar en teatros ni locales similares.

Excepción 3: Como se establece en 620-32, la limitación de 20% de ocupación no se debe aplicar para elevadores y montacargas.

362-6. Conductores aislados doblados. Cuando en un ducto se doblen conductores aislados, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones o cables entren o salgan del conducto, o cuando la dirección del ducto varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones correspondientes indicadas en 373-6.

362-7. Empalmes y derivaciones. En los ductos se permite hacer derivaciones que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del ducto en ese punto.

362-8. Soportes. Los ductos se deben sujetar de acuerdo con lo siguiente:

- a) **Soporte horizontal.** Cuando se instalen horizontalmente, los ductos se deben sujetar a intervalos que no excedan 1,5 m o para tramos que excedan 1,5 m, en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. La distancia entre los soportes no debe exceder de 3 m.
- b) **Soporte vertical.** Los tramos verticales de ductos se deben sujetar firmemente a intervalos que no excedan de 4,5 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de los ductos se deben sujetar firmemente, de modo que constituyan una junta rígida.

362-9. Extensión a través de paredes. Se permite que los ductos metálicos pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

362-10. Extremos finales. Los extremos finales de los ductos para cables deben estar cerrados.

362-11. Extensiones a partir de ductos. Las extensiones que salen de los ductos se deben efectuar usando cordones o cualquier método de alambrado indicado en el Capítulo 3 que incluya un medio de puesta a tierra del equipo. Cuando se utilice un conductor independiente de puesta a tierra del equipo, la conexión de los conductores de puesta a tierra del alambrado de la instalación con el ducto debe cumplir lo establecido en 250-113 y 250-118. Cuando se emplee tubo (*conduit*) no-metálico tipo pesado, tipo ligero o no-metálico flexible y hermético a los líquidos, la conexión del conductor de puesta a tierra del equipo de la canalización no-metálica al ducto metálico debe cumplir lo establecido en 250-113 y 250-118.

362-12. Marcado. Los ductos se deben marcar de modo que después de su instalación quede claramente visible el nombre del fabricante o su marca comercial y el área de su sección transversal interior en mm^2 .

362-13. Puesta a tierra. La puesta a tierra debe cumplir las disposiciones del Artículo 250.

B. Ductos no-metálicos

362-14. Definición. Los ductos no-metálicos son ductos de material no-metálico retardante a la flama, con tapa con bisagras o removible, para alojar y proteger cables eléctricos y en los cuales se instalan los conductores después de instalado el conducto, como un sistema completo.

362-15. Usos permitidos. Se permite el uso de ductos no-metálicos aprobados y listados:

- 1) Sólo en instalaciones expuestas.

Excepción: Se permite instalar ductos en espacios ocultos según lo establecido en 640-4, Excepción, inciso c.

- 2) Donde estén expuestos a vapores corrosivos.
- 3) En lugares mojados, cuando estén aprobados y listados para ese fin.

NOTA: Las temperaturas muy bajas pueden hacer que algunos tubos no-metálicos se vuelvan frágiles y por tanto sean más susceptibles de daño por contacto físico.

362-16. Usos no permitidos. No se deben utilizar ductos no-metálicos:

- 1) Cuando estén expuestos a daño físico.
- 2) En lugares peligrosos (clasificados).

Excepción: Lo permitido en 504-20.

- 3) Cuando estén expuestos a la luz del Sol, excepto si están aprobados e identificados para ese uso.
- 4) Cuando estén expuestos a temperatura ambiente distinta para la que fue aprobado el ducto no-metálico.
- 5) Con conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen aquéllos para los que está aprobado y listado el ducto no-metálico.

362-17. Otros Artículos. Las instalaciones de ductos no-metálicos para cables deben cumplir las disposiciones aplicables del Artículo 300. Cuando en el Artículo 250 se exija la puesta a tierra del equipo, en el ducto no-metálico se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra de equipo.

362-18. Tamaño nominal de los conductores. En un ducto no se debe instalar ningún conductor de mayor tamaño nominal que aquél para el cual fue diseñado el conducto.

362-19. Número de conductores. La suma del área de la sección transversal de todos los conductores de activos contenidos en cualquier parte de un ducto no-metálico no debe exceder 20% del área de la sección transversal del mismo. No se consideran conductores activos los de los circuitos de señalización o los conductores entre un motor y su control de arranque, utilizados únicamente para el arranque del motor.

A los conductores portadores de corriente eléctrica que ocupen 20% del espacio, como se acaba de indicar, se les deben aplicar los factores de corrección del Artículo 310, Nota 8(a) de las Notas de las Tablas de capacidad de conducción de corriente, de 0 a 2000 V

- 362-20. Conductores aislados doblados.** Cuando dentro de un ducto se doblen conductores aislados, bien en sus extremos o donde los tubos, accesorios u otras canalizaciones o cables entren o salgan del conducto o cuando la dirección del ducto varíe más de 30°, se deben aplicar las dimensiones correspondientes indicadas en 373-6.
- 362-21. Empalmes y derivaciones.** Se permite hacer derivaciones en los ductos que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más de 75% del área de la sección transversal del ducto en ese punto.
- 362-22. Soportes.** Los ductos se deben sujetar de acuerdo con lo siguiente:
- a) Soporte horizontal.** Cuando vayan instalados horizontalmente, los ductos se deben sujetar a intervalos que no excedan de 1 m y en cada extremo o unión, excepto si están aprobados y listados para otros intervalos. En ningún caso la distancia entre los soportes debe exceder de 3 m.
 - b) Soporte vertical.** Los tramos verticales de ductos se deben sujetar de forma firme a intervalos que no excedan de 1,2 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de los ductos se deben sujetar de forma segura de modo que constituyan una junta rígida.
- 362-23. Juntas de expansión.** Cuando en un ducto no-metálico se esperen variaciones de longitud en un tramo recto de 6 m o más, se deben instalar dispositivos de dilatación que compensen la expansión térmica y contracción.
- 362-24. Extensión a través de paredes.** Se permite que los ductos no-metálicos para cables pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.
- 362-25. Extremos finales.** Los extremos finales de los ductos deben quedar cerrados.
- 362-26. Extensiones de los ductos.** Las extensiones de los ductos para cables se deben hacer mediante cordones colgantes o cualquier método de alambrado indicado en el Capítulo 3. Se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra del equipo por cualquiera de los métodos aplicados al alambrado de la extensión.
- 362-27. Marcado.** Los ductos no-metálicos deben ir marcados de modo que, después de su instalación, se vea claramente el nombre del fabricante o su marca comercial y el área de su sección transversal en mm². Se permite identificar con el sufijo LS los ductos no-metálicos con baja emisión de humos, resistentes a la propagación de incendio y baja acidez.

ARTÍCULO 363 - CABLES PLANOS TIPO FC

- 363-1. Definición.** Los cables planos tipo FC consisten en varios conductores paralelos fabricados integralmente con una malla de material aislante específicamente diseñada para su instalación en canalizaciones metálicas superficiales.
- 363-2. Otros Artículos.** Además de las disposiciones de este Artículo, las instalaciones de cables tipo FC deben cumplir las disposiciones aplicables de los Artículos 210, 220, 250, 300, 310 y 352.
- 363-3. Usos permitidos.** Se permite utilizar cables planos únicamente como circuitos derivados que alimenten dispositivos para alumbrado, pequeños aparatos eléctricos o pequeñas cargas. Los cables planos sólo se deben instalar en instalaciones expuestas. Los cables planos sólo se deben instalar en lugares donde no estén expuestos a daño físico.
- 363-4. Usos no permitidos.** No se deben instalar sistemas de cables planos: (1) si están sometidos a vapores corrosivos, a menos que sean adecuados para esa aplicación; (2) en huecos de elevadores; (3) en lugares peligrosos (clasificados) o (4) en exteriores o en lugares húmedos o mojados, excepto si están aprobados e identificados para su uso en lugares mojados.
- 363-5. Instalación.** En la obra, los cables planos sólo se deben instalar en canalizaciones metálicas superficiales aprobadas e identificadas para ese uso. La parte acanalada de la canalización metálica superficial se debe instalar como un sistema completo antes de introducir en su interior los cables planos.
- 363-6. Número de conductores.** Los sistemas de cables planos constan de dos, tres o cuatro conductores.
- 363-7. Tamaño de los conductores.** Los sistemas de cables planos deben tener conductores de hilos de cobre especialmente trenzados de tamaño nominal de 5,26 mm² (10 AWG).
- 363-8. Aislamiento de los conductores.** Todo el sistema de cables planos debe estar formado de modo que ofrezca una cubierta aislante adecuada de todos sus conductores, por medio de uno de los materiales que aparecen en la Tabla 310-13 para instalaciones de circuitos derivados.
- 363-9. Empalmes.** Los empalmes deben hacerse en cajas de empalme aprobadas y listadas.
- 363-10. Derivaciones.** Las derivaciones deben hacerse entre cualquier fase y el conductor puesto a tierra o cualquier otra fase, por medio de dispositivos y accesorios aprobados e identificados para ese uso. Los dispositivos de empalme deben tener una capacidad de conducción de corriente no-menor a 15 A o más de 300 V a tierra y deben ser de los colores que se exige en 363-20.

- 363-11. Terminales del cable.** Cada extremo terminal de cables planos debe cubrirse con un capuchón u otro dispositivo aprobado e identificado para ese uso.
El accesorio del extremo de las canalizaciones metálicas superficiales debe estar también aprobado e identificado para ese uso.
- 363-12. Soportes para equipos.** Los soportes para equipos conectados con los cables planos deben estar aprobados e identificados para ese uso.
- 363-13. Accesorios.** Los accesorios que se instalen con los cables planos deben estar diseñados e instalados de modo que protejan a los cables contra daño físico.
- 363-14. Extensiones.** Todas las extensiones de los cables planos se deben hacer por métodos de alambrado aprobados, en las cajas de empalme instaladas en cualquier extremo de la trayectoria de los cables planos.
- 363-15. Soportes.** Los cables planos se deben sujetar en las canalizaciones metálicas de superficie por medios diseñados especialmente para ese uso.
Las canalizaciones metálicas de superficie se deben sujetar según lo requerido para ese tipo de canalizaciones.
- 363-16. Capacidad de conducción de corriente nominal.** La capacidad de conducción de corriente nominal de un circuito derivado no debe exceder los 30 A.
- 363-17. Marcado.** Además de lo establecido en 310-11, los cables tipo FC deben llevar marcada de modo duradero en su superficie su temperatura de operación nominal, a intervalos no-mayores a 60 cm.
- 363-18. Cubiertas protectoras.** Cuando los cables planos se instalen a menos de 2,4 m sobre el piso o plataforma fija de trabajo, se deben proteger con una cubierta metálica aprobada e identificada para ese uso.
- 363-19. Identificación.** El conductor puesto a tierra se debe identificar en toda su longitud por medio de una marca clara y duradera de color blanco o gris claro.
- 363-20. Identificación del tablero de terminales:** Los tableros de terminales adecuados para este uso deben tener marcas claras y duraderas de color o con letras. La parte del bloque terminal correspondiente del conductor puesto a tierra debe llevar una marca blanca o una designación adecuada. La siguiente sección adyacente al tablero de terminales debe llevar una marca negra o una designación adecuada. La siguiente sección debe llevar una marca roja o una designación adecuada. La última sección o externa (opuesta al conductor puesto a tierra), debe llevar una marca azul o una designación adecuada.

ARTÍCULO 364-DUCTOS CON BARRAS (ELECTRODUCTOS)

A. Disposiciones generales

- 364-1. Alcance.** Este Artículo cubre los ductos con barras (electroductos) y sus accesorios, usados como circuitos de entrada de acometida, alimentadores y derivaciones.
- 364-2. Definición.** Para el propósito de este Artículo, un electroducto es un ducto metálico puesto a tierra que contiene conductores desnudos o aislados, usualmente de cobre o aluminio en forma de barras, alambres o tubos, ensamblados en fábrica.

NOTA: Para canalizaciones prealambradas en campo, véase el Artículo 365.

- 364-3. Otros Artículos aplicables.** Las instalaciones de electroductos deben cumplir con los requisitos aplicables del Artículo 300.

364-4. Usos

- a) **Usos permitidos.** Los electroductos deben instalarse en forma visible y en lugares despejados.

Excepción 1: Se permite la instalación de electroducto detrás de paneles, si están accesibles y se cumple con todas las siguientes condiciones:

- a. *Que no haya dentro del electroducto dispositivos de protección contra sobrecorriente, excepto los correspondientes a los equipos individuales o a otras cargas.*
- b. *Que el espacio detrás de los paneles no se use para ventilación o manejo de aire*
- c. *Que el electroducto sea del tipo no ventilado, totalmente cerrado.*
- d. *Que el electroducto se instale de tal manera que las uniones entre secciones y los accesorios, sean accesibles para fines de mantenimiento.*

Excepción 2: Se permite instalar electroductos detrás de paneles de acceso, de acuerdo con lo indicado en 300-22(c).

b) Usos no permitidos. Los electroductos no deben instalarse: (1) cuando puedan estar sometidos a daño físico o a vapores corrosivos; (2) en cubos de elevadores, (3) en lugares clasificados como peligrosos, a menos que estén aprobados para ese uso en particular. (Véase 501-4(b)), ni (4) a la intemperie o en lugares mojados o húmedos, a menos que estén aprobados e identificados para ese uso

Los electroductos para alumbrado o para trole de equipo móvil no deben instalarse a menos de 2,5 m sobre el piso o plataforma de trabajo, a menos que estén provistos de una cubierta protectora adecuada.

364-5. Soportes. Los electroductos deben estar firmemente soportados a distancias no-mayores de 1,50 m a menos que por diseño se marque otro espaciamiento entre soportes.

364-6. Paso a través de paredes y pisos. Los electroductos pueden pasar a través de paredes secas, siempre que el paso se haga con tramos continuos de una sola pieza. También pueden extenderse verticalmente a través de pisos secos, siempre y cuando los ductos estén completamente cerrados (no ventilados), y hasta una altura sobre el nivel del piso de 1,80 m como mínimo, para proveer una adecuada protección contra daños mecánicos.

NOTA: Véase 300-21, propagación del fuego y de los productos de la combustión.

364-7. Extremos de los electroductos. Los extremos de los electroductos deben estar cerrados.

364-8. Derivaciones desde los electroductos. Las derivaciones desde los electroductos pueden hacerse como se indica a continuación:

a) Con canalizaciones de los tipos indicados en los Artículos 331, 345, 346, 347, 348, 350, 351, 352, 364, o con cables tipo MC, Artículo 334. Cuando se utiliza una canalización no-metálica, la conexión de los conductores para la puesta a tierra de equipo, contenidos en la canalización, al electroducto debe cumplir con lo indicado en 250-113 y 250-118.

b) Pueden usarse conjuntos de cordones o cables para uso rudo para la conexión de equipo portátil o de equipo fijo para facilitar su conexión si se desplazan ocasionalmente, siguiendo lo establecido en 400-7 y 400-8 y las siguientes condiciones:

1) El cordón o cable debe fijarse al edificio por medios aprobados.

2) La longitud del cordón o cable desde la conexión de clavija en el electroducto hasta el dispositivo que proporciona la tensión eléctrica en el cordón o cable, no debe ser mayor de 1,80 m.

Excepción: Solamente en establecimientos industriales y cuando el mantenimiento y la supervisión se realicen por personal calificado, se permite el uso de longitudes de cordón mayores de 1,80 m entre la conexión al electroducto y el dispositivo de tensión eléctrica, si el cordón o cable se sujeta a intervalos que no excedan de 2,40 m.

3) El cordón o cable debe instalarse en forma vertical desde el dispositivo compensador de tensión hasta el equipo alimentado.

4) Se deben colocar abrazaderas relevadoras de esfuerzos para el cable o cordón, en las conexiones al electroducto y en las terminales de los equipos alimentados.

364-9. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente debe hacerse de acuerdo con lo indicado en 364-10 a 364-13.

364-10. Capacidad nominal de la protección contra sobrecorriente en alimentadores. Cuando la capacidad de conducción de corriente de un electroducto no coincida con una capacidad normalizada de un dispositivo de protección de sobrecorriente, debe seleccionarse uno con el valor superior más cercano a ésta, sólo si esa capacidad no excede de 800 A.

364-11. Reducción del tamaño nominal del electroducto. Se requiere de un dispositivo de protección contra sobrecorriente cuando algún tramo del electroducto tiene menor capacidad de conducción de corriente que el electroducto general.

Excepción: En instalaciones industriales puede omitirse la protección adicional contra sobrecorriente en los puntos del electroducto de menor capacidad de conducción de corriente, siempre y cuando la longitud del electroducto más pequeño no sea mayor de 15 m, desde el punto de reducción, y que su capacidad de conducción de corriente sea igual o mayor que la tercera parte del tamaño o ajuste del dispositivo de sobrecorriente que protege a la línea. Se requiere además que el electroducto no esté en contacto con materiales combustibles.

364-12. Alimentadores o circuitos derivados. Cuando el electroducto se utiliza como alimentador y las derivaciones o subalimentadores se inician en dispositivos, o conectores enchufables que se conectan a las barras del electroducto, los elementos de protección contra sobrecorriente para los circuitos derivados o subalimentadores deben estar incluidos en dichos dispositivos. Los dispositivos enchufables deben tener un interruptor automático o uno con fusibles, de operación externa. Cuando tales

Excepción: No es necesaria comiente de interrupción en los interruptores automáticos de circuitos utilizados como protección suplementaria.

Si se utiliza un interruptor en un circuito que tenga una corriente eléctrica de falla superior a la marcada en su corriente de interrupción máxima, si éste es conectado del lado de la carga de un dispositivo aceptable con mayor intervalo de intensidad nominal, se debe marcar esta mayor corriente de interrupción máxima en serie, en todos los equipos de utilización, tales como tableros de distribución y paneles de alumbrado y control.

d) Usados como desconectores. Los interruptores automáticos de circuitos usados como medios de desconexión en instalaciones de lámparas fluorescentes de 120 V, 127 y 277 V deben estar identificados con las letras "SWD".

e) Marcado de la tensión eléctrica. Los interruptores se deben marcar con una tensión eléctrica nominal no inferior a la tensión nominal del sistema, que sea indicativa de su capacidad de interrumpir corrientes eléctricas de falla entre fases o entre fase y tierra.

240-85. Aplicaciones. Se permite la instalación de un interruptor con tensión eléctrica nominal de 240 V o 480 V, en un circuito en el que la tensión eléctrica nominal entre dos conductores cualesquiera no supere la tensión nominal del interruptor automático. Un interruptor de dos polos no debe ser usado para proteger circuitos de tres fases conectados en delta con una esquina puesta a tierra, si el interruptor no lleva las marcas 1F- 3H que indiquen dicha capacidad.

Se permite la instalación de un interruptor con capacidad separada por una diagonal como 120/240 V; 220Y/127 V; 440Y/254 480Y/277 V, en un circuito en el que la tensión eléctrica nominal de cualquier conductor a tierra no exceda el valor inferior de los dos valores de tensión y la correspondiente entre dos fases cualesquiera no supere la mayor del interruptor.

H. Protección contra sobrecorriente a más de 600 V nominales

240-100. Alimentadores. Los alimentadores deben tener un dispositivo de protección contra cortocircuito en cada conductor de fase o cumplir el Artículo 710, Parte C. El equipo utilizado para proteger los conductores de suministro debe cumplir los requisitos indicados en 710-20 y 710-21. El dispositivo o dispositivos de protección deben ser capaces de detectar e interrumpir corrientes eléctricas de todos los valores que se puedan producir en la instalación por encima de su ajuste de disparo o punto de fusión. En ningún caso la capacidad de corriente eléctrica nominal continua del fusible debe ser mayor que tres veces la capacidad de conducción de corriente del conductor. El ajuste del elemento de disparo con retardo de tiempo de un interruptor o el mínimo ajuste de disparo de un fusible accionado electrónicamente, no debe ser mayor a seis veces la capacidad de conducción de corriente del conductor.

Excepción: Véase 695-3, Excepciones 1 y 2.

Se permitirá que los conductores en derivación de un alimentador sean protegidos por el dispositivo de sobrecorriente del alimentador cuando dicho dispositivo proteja también a los conductores en derivación.

NOTA: Se deben coordinar el tiempo de funcionamiento del dispositivo protector, la corriente eléctrica de corto circuito y el conductor utilizado, para evitar daños o temperaturas peligrosas en los conductores o a su aislamiento si se produjera un cortocircuito.

240-101. Circuitos derivados. Los circuitos derivados deben tener un dispositivo protector contra cortocircuito en cada conductor de fase o cumplir lo indicado en el Artículo 710, Parte C. El equipo utilizado para proteger los conductores de suministro debe cumplir los requisitos establecidos en 710-20 y 710-21. El dispositivo o dispositivos de protección deben ser capaces de detectar e interrumpir corrientes eléctricas de todos los valores que se puedan producir en la instalación por encima de su ajuste de disparo o punto de fusión.

ARTÍCULO 250 - PUESTA A TIERRA

A. Disposiciones generales

250-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos generales para la puesta a tierra y sus puentes de unión en las instalaciones eléctricas y, además, los requisitos específicos que se indican a continuación:

- En sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o donde no se permite que estén puestos a tierra.
- El conductor del circuito que es puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
- Ubicación de las conexiones a tierra.
- Tipos y tamaños nominales de los conductores, puentes de unión y electrodos de conexión para puesta a tierra.
- Métodos de puesta a tierra y puentes de unión.
- Condiciones en las que se puede sustituir a los resguardos, separaciones o aislamiento por la puesta a tierra.

NOTA 1: Los sistemas se conectan a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debidas a descargas atmosféricas, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión, y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y que faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra.

NOTA 2: Los materiales conductores que rodean a conductores o equipo eléctricos o que forman parte de dicho equipo, se conectan a tierra para limitar la tensión a tierra de esos materiales y para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra Véase 110-10

250-2. Aplicación de otros Artículos. En otros Artículos relativos a casos particulares de instalación de conductores y equipo, hay otros requisitos adicionales a los de este Artículo o que modifican a los mismos:

	Artículo	Sección
Acometidas	230	
Albercas, fuentes e instalaciones similares	680	
Anuncios luminosos y alumbrado de realce	600	
Antenas de televisión comunitarias y sistemas de distribución de radio		820-33, 820-40
Aparatos eléctricos		422-16
Aparatos eléctricos y equipo de alumbrado		410-17, 410-18, 410-19, 410-21, 410-105(b)
Áreas peligrosas (clasificadas)		500-517
Cables y cordones flexibles		400-22, 400-23
Canalizaciones prealambradas		365-9
Capacitores		460-10, 460-27
Casas móviles, casas prefabricadas y sus estacionamientos	550	
Celdas electrolíticas	668	
Circuitos Clase 1, Clase 2 y Clase 3 para control remoto, señalización y de potencia limitadas		725-6
Circuitos de comunicación	800	
Circuitos derivados		210-5, 210-6, 210-7
Circuitos y equipos que operan a menos de 50 V		
Conductores para alambrado en general	720 310	
Construcciones agrícolas		547-8
Construcciones flotantes		553-8, 553-10, 553-11
Desconectadores		380-12
Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas y pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas de ruedas	620	
Equipos de acometida		230-63
Equipos de calentamiento por inducción y por pérdidas dieléctricas	665	427-21, 427-29
Equipo eléctrico fijo para calentamiento de tuberías y recipientes		427-48,
Equipo eléctrico fijo para descongelar y derretir nieve		426-27
Equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente		424-14
Equipos de grabación de sonido y similares		640-4
Equipos de procesamiento de datos y de cómputo electrónico		645-15
Equipos de radio y televisión	810	
Equipos de rayos X	660	517-77
Estudios de cine, televisión y lugares similares		530-20, 530-66
Gruas y polipastos	610	
Instalaciones en lugares de atención de la salud	517	
Instalaciones con tensiones eléctricas nominales mayores de 600 V		710-4(b)(1)
Maquinaria industrial	670	
Máquinas de riego operadas o controladas eléctricamente		675-11(c); 675-12, 675-13, 675-14 675-15
Marinas y muelles		555-7
Motores, circuitos de motores y sus controladores	430	
Órganos tubulares	650	
Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control		384-20
Luminarias, portalamparas, lámparas y receptáculos		410-58, 210-7

Salidas, dispositivos, cajas de jalado y de empalmes, cajas de paso y accesorios		370-4, 370-25 780-3
Sistemas de distribución programada		504-50
Sistemas intrínsecamente seguros		760-6
Sistemas de señalización para protección contra incendios		690-41, 690-42,
Sistemas solares fotovoltaicos		690-43, 690-45 690-47
Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control		384-3(d), 384-11
Teatros, áreas de audiencia en cines y estudios de televisión y lugares similares		520-81 450-10
Transformadores y bóvedas de transformadores		
Uso e identificación de los conductores puestos a tierra	200	
Vehículos de recreo y sus estacionamientos	551	

B. Puesta a tierra de circuitos y sistemas eléctricos

250-3. Sistemas de corriente eléctrica continua (c.c.)

a) **Sistemas de corriente eléctrica continua de dos conductores.** Los sistemas de c.c. de dos conductores que suministren energía al sistema de alambrado de usuarios, deben estar puestos a tierra.

Excepción 1: Un sistema equipado con un detector de toma de tierra y que suministre energía sólo a equipos industriales en zonas limitadas

Excepción 2: Un sistema que funcione a 50 V o menos entre conductores.

Excepción 3: Un sistema que funcione a más de 300 V entre conductores.

Excepción 4: Un sistema de c.c. derivado de un rectificador y alimentado desde un sistema de c.a. que cumpla con 250-5.

Excepción 5: Los circuitos de c.c. de alarma contra incendios con una corriente eléctrica máxima de 0,030 A, como se especifica en el Artículo 760 Parte C.

b) **Sistemas de corriente eléctrica continua de tres conductores.** Se debe poner a tierra el conductor neutro de todos los sistemas de c.c. de tres conductores que suministren energía al sistema de alambrado de usuarios.

250-5. Circuitos y sistemas de c.a. que se deben poner a tierra.

Los circuitos y sistemas de c.a. se deben poner a tierra, según se establece en los siguientes incisos:

NOTA: Un ejemplo de sistema que se puede poner a tierra es un transformador en delta con conexiones en un vértice. Para el conductor que se debe poner a tierra, véase 250-25 (4).

a) **Circuitos de c.a. de menos de 50 V.** Los circuitos de c.a. de menos de 50 V se deben poner a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- 1) Cuando estén alimentados por transformadores, si el sistema de suministro del transformador excede de 150 V a tierra
- 2) Cuando estén alimentados por transformadores si el sistema que alimenta al transformador no está puesto a tierra.
- 3) Cuando estén instalados como conductores aéreos fuera de los inmuebles.

b) **Sistemas de c.a. de 50 a 1000 V.** Los sistemas de c.a. de 50 a 1000 V que suministren energía a instalaciones y a sistemas de alambrado de usuarios, deben estar puestos a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- 1) Cuando el sistema puede ser puesto a tierra de modo que la tensión eléctrica máxima a tierra de los conductores no-puestos a tierra no exceda 150 V.
- 2) Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en estrella el neutro se utilice como conductor del circuito.
- 3) Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en delta el punto medio del devanado de una fase se utilice como conductor del circuito.
- 4) Cuando un conductor de acometida puesto a tierra no esté aislado, según las excepciones de 230-22, 230-30 y 230-41.

Excepción 1: Los sistemas eléctricos usados exclusivamente para suministrar energía a hornos eléctricos industriales para fundición, refinado, templado y usos similares.

Excepción 2: Los sistemas derivados independientes utilizados exclusivamente para rectificadores que alimenten sólo a motores industriales de velocidad variable.

Excepción 3: Eléctrica nominal del primario sea inferior a 1000 V, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- a. Que el sistema se use exclusivamente para circuitos de control.
- b. Que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personas calificadas atienden la instalación.
- c. Que haya continuidad de la energía en el control.
- d. Se instalan detectores de falla a tierra en el sistema de control.

Excepción 4: Los sistemas aislados, tal como lo permiten los Artículos 517 y 668.

NOTA: El uso de detectores adecuados de tierra en instalaciones sin aterrizar, puede ofrecer mayor protección

Excepción 5: Los sistemas con neutro a tierra a través de una alta impedancia en el que la impedancia a tierra, generalmente una resistencia, limite al mínimo el valor de la corriente eléctrica de falla a tierra. Se permiten sistemas con neutro a tierra a través de una alta impedancia en instalaciones trifásicas de c.a. de 480 a 1000 V, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- a. Que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personas calificadas atienden la instalación.
- b. Que se requiera continuidad en la energía.
- c. Que se instalen detectores de falla a tierra en el sistema.
- d. Que el sistema no alimente cargas de línea a neutro.

c) **Sistemas c.a. de 1 kV y más.** Los sistemas de c.a. que suministren energía a equipos móviles o portátiles, se deben poner a tierra como se especifica en 250-154. Si suministra energía a otros equipos que no sean portátiles, se permite que tales sistemas se pongan a tierra. Cuando esos sistemas estén puestos a tierra, deben cumplir las disposiciones de este Artículo que les sean aplicables.

d) **Sistemas derivados separadamente.** Un sistema de alambrado de usuario cuya alimentación se deriva de los devanados de un generador, transformador o convertidor y no tenga conexión eléctrica directa, incluyendo un conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, para alimentar conductores que se originan en otro sistema, si se debe poner a tierra según lo anteriormente indicado en (a) o (b). Se debe poner a tierra como se indica en 250-26.

NOTA 1: Una fuente alterna de energía de c.a., por ejemplo un generador, no es un sistema derivado separadamente si el neutro está sólidamente interconectado al neutro de la instalación que parte de una acometida.

NOTA 2: Para los sistemas que no son derivados separadamente y que no se exige que estén puestos a tierra como se especifica en 250-26, véase en 445-5 el tamaño nominal mínimo de los conductores que deben transportar la corriente eléctrica de falla.

250-6. Generadores portátiles y montados en vehículos

a) **Generadores portátiles.** No se exige que la armazón de un generador portátil se ponga a tierra, y si se permite que sirva como electrodo de puesta a tierra de una instalación alimentada por el generador, con las siguientes condiciones:

- 1) Que el generador alimente sólo al equipo montado en el propio generador o al equipo conectado a través de cordón y clavija en receptáculos montados en el generador, o ambas cosas.
- 2) Que las partes metálicas no conductoras del equipo y las terminales puestas a tierra de los receptáculos se conecten a la armazón del generador.

b) **Generadores montados en vehículos.** Se permite que el chasis del vehículo sirva como electrodo de puesta a tierra del sistema alimentado por el generador montado en el vehículo, con las siguientes condiciones:

- 1) Que el armazón del generador esté conectado al chasis del vehículo, y
- 2) Que el generador alimente sólo a equipo montado sobre el vehículo o a equipo conectado a través de cordón y clavija en receptáculos montados en el vehículo o en el generador o a un equipo montado en el vehículo y otro conectado con cordón y clavija en receptáculos montados en el vehículo o en el generador.
- 3) Que las partes metálicas no conductoras del equipo y de las terminales puestas a tierra de los receptáculos se conecten al armazón del generador.
- 4) Que el sistema cumpla todas las demás disposiciones de este Artículo.

c) **Conexión del conductor neutro (Puente de unión).** Un conductor neutro se debe conectar al armazón del generador cuando el generador sea un componente de un sistema derivado separadamente. No se exige la conexión al armazón del generador de ningún otro conductor, excepto el neutro.

NOTA: Para la puesta a tierra de generadores portátiles que alimenten a instalaciones fijas, véase 250-5(d).

250-7. Circuitos que no se deben poner a tierra. No se deben poner a tierra los siguientes circuitos:

- a) **Grúas.** Los circuitos de grúas eléctricas que funcionen sobre fibras combustibles en locales Clase III, como establece 503-13.
- b) **Instituciones de salud (clínicas y hospitales).** Los circuitos que establece el Artículo 517.
- c) **Celdas electrolíticas.** Los circuitos que establece el Artículo 668.

C. Ubicación de las conexiones de puesta a tierra de los sistemas

250-21. Corrientes eléctricas indeseables en los conductores de puesta a tierra

a) **Arreglo del sistema para evitar corrientes eléctricas indeseables.** La puesta a tierra de sistemas eléctricos, conductores de circuitos, apartarrayos y partes conductoras de equipo y materiales normalmente sin energía, se debe hacer y disponer de modo que se evite el flujo de corrientes eléctricas indeseables por los conductores de puesta a tierra o por la trayectoria de puesta a tierra.

b) **Modificaciones para evitar corrientes eléctricas indeseables.** Si la instalación de varias conexiones de tierra produce un flujo de corrientes eléctricas indeseables, se permite hacer una o más de las siguientes modificaciones, siempre que se cumplan los requisitos de 250-51:

- 1) Cortar una o más de dichas conexiones a tierra, pero no todas.
- 2) Cambiar la posición de las conexiones a tierra.
- 3) Interrumpir la continuidad del conductor o de la trayectoria conductora de las conexiones a tierra
- 4) Tomar otras medidas adecuadas.

c) **Corriente eléctrica temporal que no se considera indeseable.** A efectos de lo especificado en los anteriores incisos, no se consideran corrientes eléctricas indeseables a las temporales que se produzcan accidentalmente, como las debidas a fallas a tierra, y que se presentan sólo mientras los conductores de puesta a tierra cumplen sus funciones de protección previstas.

d) **Limitaciones a las alteraciones permitidas.** Las disposiciones de esta Sección no se deben tomar como permiso de utilización de equipo electrónico en instalaciones o circuitos derivados de c.a. que no estén puestos a tierra como lo exige este Artículo. Las corrientes eléctricas que originan ruidos o errores en los datos de equipos electrónicos no se consideran como las corrientes eléctricas indeseables de las que trata esta Sección.

250-22. Punto de conexión de sistemas de c.c. Los sistemas de c.c. que se ponen a tierra deben tener sus conexiones de puesta a tierra en una o más de sus fuentes de alimentación. No deben hacerse en acometidas individuales ni en ningún otro punto del sistema de alambrado del usuario.

Excepción: Cuando la fuente de alimentación del sistema de c.c. esté situada en el sistema de alambrado del usuario, se debe hacer una puesta a tierra (1) en la fuente de alimentación o en el primer medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente del sistema o (2) mediante cualquier otro medio que ofrezca una protección equivalente al sistema y que utilice equipos aprobados e identificados para ese uso.

250-23. Puesta a tierra de sistemas de c.a. alimentados desde una acometida

a) **Puesta a tierra del sistema.** Un sistema de alambrado de usuarios que se alimenta por medio de una acometida de c.a. conectada a tierra debe tener en cada acometida un conductor conectado a un electrodo de puesta a tierra que cumpla lo establecido en la Parte H del Artículo 250. El conductor debe estar conectado al conductor puesto a tierra de la acometida en cualquier punto accesible del lado de la carga de la acometida aérea o lateral hasta, e incluyendo, la terminal o barra a la que esté conectado el conductor puesto a tierra de la acometida en el medio de desconexión de la acometida. Cuando el transformador de alimentación de la acometida esté situado fuera del edificio, se debe hacer como mínimo otra conexión de tierra desde el conductor puesto a tierra de la acometida hasta el electrodo de puesta a tierra, ya sea en el transformador o en cualquier otro punto fuera del edificio. No se debe hacer ninguna puesta a tierra a ningún conductor puesto a tierra de circuitos en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida.

NOTA: Véase 230-21.

Excepción 1: Un conductor para electrodo de puesta a tierra se debe conectar al conductor puesto a tierra de un sistema derivado separadamente según, lo establecido en 250-26(b).

Excepción 2: Se debe hacer una conexión a un conductor de puesta a tierra en cada edificio independiente cuando lo requiera la Sección 250-24.

Excepción 3: En las estufas, estufas montadas en barras, hornos montados en la pared, secadoras de ropa y equipo de medición, según lo permite 250-61.

Excepción 4: En las acometidas con doble conexión a la red (doble terminación) en un envolvente común o agrupadas en envolventes distintos con una conexión al secundario, se permite una sola conexión al electrodo de puesta a tierra del punto de conexión de los conductores puestos a tierra de cada fuente de alimentación.

Excepción 5: Cuando el puente de unión principal descrito en 250-53(b) y 250-79 sea un cable o una barra instalado (a) desde la barra o conexión del neutro a la terminal de tierra del equipo de la acometida, se permite que el electrodo de puesta a tierra se conecte a la terminal de tierra del equipo al que vaya conectado el puente de unión principal.

Excepción 6: Lo que se establece en 250-27 para conexiones a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

b) **Conductor puesto a tierra conectado al equipo de la acometida.** Cuando un sistema de c.a. de menos de 1000 V se conecte a tierra en cualquier punto, el conductor puesto a tierra se debe llevar hasta cada medio de desconexión de acometida y conectarlo al envolvente de cada uno de ellos. Este conductor se debe llevar junto con los conductores de fase y no debe ser inferior al conductor de puesta a tierra requerido en la Tabla 250-94 y, además, para los conductores de fase de acometidas de más

de 1100 kcmils (cobre) o 1750 kcmils (aluminio), la tamaño nominal del conductor puesto a tierra no debe ser inferior a 12,5% del tamaño nominal mayor de los conductores de fase de las acometidas. Cuando los conductores de fase de entrada a la acometida vayan en paralelo, el tamaño nominal del conductor puesto a tierra se debe calcular sobre la base de una sección transversal equivalente para conductores en paralelo, como se indica en esta Sección.

NOTA: Para la puesta a tierra de conductores conectados en paralelo, vease 310-4

Excepción 1: No se exige que el conductor puesto a tierra sea de mayor área de sección transversal que el del mayor conductor de fase de entrada a la acometida que no vaya puesto a tierra.

Excepción 2: Lo que establece la Sección 250-27 para conexiones a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

Excepción 3: Cuando haya más de un medio de desconexión de la acometida en un conjunto aprobado y listado como equipo de acometida, debe llevarse un conductor puesto a tierra hasta ese conjunto y conectarse al envolvente del equipo.

250-24. Suministro de energía desde la misma acometida a dos o más edificios o estructuras

a) **Sistemas puestos a tierra.** Cuando se suministre energía desde la misma acometida de c.a. a dos o más edificios o estructuras, el sistema puesto a tierra en cada edificio o estructura debe tener un electrodo de puesta a tierra como se describe en la Parte H, conectado al envolvente metálico del medio de desconexión del edificio, y al conductor puesto a tierra de la instalación de c.a., a la entrada del medio de desconexión del edificio. Cuando el conductor de puesta a tierra del equipo, descrito en 250-91(b), no vaya junto con los conductores del circuito de suministro, el tamaño nominal del conductor puesto a tierra de la instalación de c.a. a la entrada del medio de desconexión, no debe ser inferior al tamaño nominal especificado en la Tabla 250-95 para los conductores de puesta a tierra de equipo.

Excepción 1: No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera ser puesto a tierra.

Excepción 2: No será necesario conectar el conductor puesto a tierra de un circuito al electrodo de puesta a tierra en un edificio o estructura independiente, si se tiende un conductor de puesta a tierra de equipo junto con los conductores del circuito para poner a tierra cualquier equipo metálico no energizado normalmente, sistemas interiores de tubería metálica y estructuras metálicas del edificio, y si el conductor de puesta a tierra del equipo va conectado al electrodo de puesta a tierra del medio de desconexión de otro edificio o estructura, como se describe en la Parte H. Si no hay electrodos y el edificio o estructura recibe el suministro de más de un circuito derivado, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra que cumpla los requisitos de la Parte H. En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que va subterránea hasta el medio de desconexión debe ser de cobre aislado o forrado.

NOTA: En cuanto a los requisitos especiales para puesta a tierra de edificios agrícolas, véase la Excepción de 547-8(a)

b) **Sistemas no-puestos a tierra.** Cuando dos o más inmuebles o estructuras estén alimentados por un sistema no-puesto a tierra desde un solo equipo de acometida, cada inmueble o estructura debe tener un electrodo de puesta a tierra, como se especifica en la Parte H, conectado a la envolvente metálica de los medios de desconexión del inmueble o estructura.

Excepción 1: No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera ser puesto a tierra.

Excepción 2: No se requiere electrodo de puesta a tierra ni conexión del electrodo de puesta a tierra a la envolvente metálica del medio de desconexión del edificio o estructura, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- a. *Se instale un conductor de puesta a tierra de equipo con los conductores del circuito hasta el medio de desconexión del edificio o estructura para poner a tierra cualquier equipo metálico no destinado a la conducción de corriente, sistemas de tuberías metálicas interiores y estructuras metálicas del edificio.*
- b. *No existan electrodos de puesta a tierra como se describen en la Parte H.*
- c. *El edificio o estructura reciba energía sólo de un circuito derivado.*
- d. *En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.*

NOTA: Véase la Excepción de 547-8(a), para los requisitos especiales de puesta a tierra en edificios agrícolas.

c) Medios de desconexión situados en diversos sistemas de alumbrado de usuarios. Cuando haya uno o más medios de desconexión que suministren energía a uno o más edificios o estructuras bajo la misma administración y esos medios de desconexión estén situados fuera de esos edificios o estructuras según lo establecido en 225-8(b), Excepciones 1 y 2, se deben cumplir las siguientes condiciones.

- 1) No se debe realizar la conexión del conductor puesto a tierra del circuito al electrodo de puesta a tierra en un edificio o estructura independiente.
- 2) Se debe tender un conductor de puesta a tierra para equipo metálico no energizado normalmente, para sistemas interiores de tubería metálica y para estructuras metálicas de edificios, junto con los conductores del circuito hasta un edificio o estructura independiente y para conectar a los electrodos de puesta a tierra existentes descritos en la Parte H o, si no existieran esos electrodos, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra que cumpla los requisitos de la Parte H, cuando se suministre energía desde un edificio o estructura independiente a más de un circuito derivado.
- 3) La conexión del conductor de puesta a tierra del equipo al conductor del electrodo de puesta a tierra a un edificio o estructura independiente, se debe hacer en una caja de conexión, panel de alumbrado y control o elemento similar situado inmediatamente dentro o fuera del otro edificio o estructura.

Excepción 1: No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera ser puesto a tierra.

Excepción 2: En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.

d) Conductor de puesta a tierra. El tamaño nominal del conductor de puesta a tierra hasta el electrodo o electrodos de puesta a tierra, no debe ser inferior a lo indicado en la Tabla 250-95 y su instalación debe cumplir con lo establecido en 250-92(a) y (b).

Excepción 1: No se exige que el conductor de puesta a tierra tenga un tamaño nominal mayor que el mayor de los conductores no-puestos a tierra del suministro.

Excepción 2: Cuando se conecte a electrodos, como se indica en 250-83(c) o (d), no se exige que la parte del conductor de puesta a tierra que constituya la única conexión entre el electrodo o electrodos y el conductor de puesta a tierra o puesto a tierra o la envolvente metálica del medio de desconexión del edificio, sea de mayor tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) en cobre o que 21,15 mm² (4 AWG) en aluminio.

250-25. Conductor que se debe poner a tierra en sistemas de c.a. En sistemas de c.a. en sistemas de alumbrado de usuarios, el conductor que se debe poner a tierra es el que se especifica a continuación:

- 1) Sistemas monofásicos de dos conductores: un conductor.
- 2) Sistemas monofásicos de tres conductores: el neutro.
- 3) Sistemas de varias fases con un común a todas las fases: el conductor común.
- 4) Sistemas de varias fases en las que se deba poner a tierra una fase: el conductor de una fase.
- 5) Sistemas de varias fases en las que una fase se utilice como la (2) anterior: el neutro.

Los conductores puestos a tierra deben identificarse como se especifica en el Artículo 200.

250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente. Una instalación de c.a. derivada separadamente que deba ser puesta a tierra, debe hacerse según se especifica a continuación:

a) Puesto de unión. Se debe instalar un puesto de unión, de tamaño nominal que cumpla lo establecido en 250-79 (d) para los conductores de fase derivados para conectar los conductores de puesta a tierra del equipo del sistema derivado al conductor puesto a tierra. Excepto como se permite en las Excepciones 4 o 5 de 250-23(a), esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado separadamente, desde su fuente hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema o en la fuente del sistema derivado separadamente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

Excepción 1: El tamaño nominal del puesto de unión de un sistema que suministre energía a un circuito de Clase 1, Clase 2 o Clase 3 y que se derive de un transformador de no-más de 1000 VA nominal, no debe ser inferior al de los conductores de la fase derivada y en ningún caso inferior a 2,08 mm² (14 AWG).

Excepción 2: Lo establecido en 250-27, 250-153 y 250-5(b), Excepción 5 para los requisitos de puesta a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

b) Conductor al electrodo de puesta a tierra. Se debe emplear un conductor de tamaño nominal acorde con lo establecido en 250-94 para conectar el conductor puesto a tierra del sistema derivado con el electrodo de puesta a tierra, como se especifica a continuación en (c), para los conductores de fase del sistema derivado. Excepto lo que se permita en 250-23(a), Excepción 4, esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado separadamente, desde su fuente hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema o en la fuente del sistema derivado separadamente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

CAPÍTULO 9 (4.9) INSTALACIONES DESTINADAS AL SERVICIO PÚBLICO

ARTÍCULO 920 - DISPOSICIONES GENERALES

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

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

920-2. Definiciones

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

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

Tensión eléctrica de aguante de baja frecuencia: Para aislador, es el valor eficaz de la tensión de baja frecuencia que bajo condiciones especificadas, puede ser aplicado sin causar flameo o perforación del aislador.

Tensión eléctrica de flameo de baja frecuencia: Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión eléctrica de baja frecuencia que bajo condiciones especificadas causa una descarga disruptiva sostenida a través del medio circundante.

ARTÍCULO 921 - PUESTA A TIERRA

A. Disposiciones generales

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

Algunas de las conexiones a tierra aquí indicadas que estarán ubicadas en las plantas generadoras o en las subestaciones, deben considerarse como se indica en otras Partes del Artículo 250.

921-2. Definiciones

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

Guarda: elemento protector contra contacto a un conductor eléctrico.

921-3. Medición de la resistencia del sistema de tierra. La medición de la resistencia del sistema de tierra, debe efectuarse desconectando el sistema de neutro corrido del suministrador, en su caso

921-4. Puesta a tierra durante reparaciones. El equipo o los conductores que operen a más de 600 V entre fases y que se deban reparar cuando se desconecten de su fuente de abastecimiento, deben conectarse a tierra, antes y durante la reparación.

921-5. Punto de conexión del conductor de puesta a tierra en sistemas de c.c.

a) Hasta de 750 V En sistemas de c.c. hasta de 750 V, que requieran estar conectados a tierra, la conexión debe hacerse sólo en la fuente de alimentación. Para sistemas de tres hilos, esta conexión debe hacerse al neutro.

b) Más de 750 V En sistemas de c.c. de más de 750 V, que requieran estar conectados a tierra, la conexión debe hacerse tanto en la fuente de alimentación como en los centros de carga. Esta conexión debe hacerse al neutro del sistema. El electrodo de tierra puede estar ubicado dentro o externamente a los centros de carga.

921-6. Corriente eléctrica en el conductor de puesta a tierra. Los puntos de conexión de puesta a tierra deben estar ubicados en tal forma que, bajo condiciones normales, no haya un flujo de corriente eléctrica inconveniente en el conductor de puesta a tierra. Si por el uso de múltiples conexiones a tierra, se tiene un flujo de corriente eléctrica inconveniente en un conductor de puesta a tierra, se recomienda tomar una o más de las siguientes medidas:

a) Eliminar una o más de las conexiones de puesta a tierra.

b) Cambiar la localización de las conexiones puesta a tierra.

c) Interrumpir la continuidad del conductor entre las conexiones de puesta a tierra.

d) Otras medidas efectivas para limitar la corriente eléctrica, de acuerdo con un estudio confiable.

La conexión de puesta a tierra en el transformador de alimentación, no debe ser removida

Las corrientes eléctricas instantáneas que se presentan bajo condiciones anormales, mientras los conductores de puesta a tierra están desempeñando sus funciones de protección, no se consideran como inconvenientes.

El conductor debe tener capacidad para conducir la corriente eléctrica de falla, prevista en el tiempo que dure la falla sin sobrecarga térmica o sin la formación de tensión eléctrica excesiva. Véase 921-10.

921-7. Material de los conductores de puesta a tierra. En todos los casos, los conductores de puesta a tierra deben ser de cobre o de aluminio y de ser posible, no deben tener empalmes. Si los empalmes son inevitables, deben estar hechos y conservados de forma que no se incremente considerablemente la resistencia del conductor, y deben tener adecuadas características mecánicas y de resistencia a la corrosión. Para apartarrayos y detectores de tierra, el conductor de puesta a tierra debe ser tan corto y exento de curvas cerradas (ángulos menores a 90°) como sea posible.

La estructura metálica de un edificio o de otra construcción, puede servir como conductor de puesta a tierra y como un aceptable electrodo de tierra, si cumple con lo indicado en 921-25.

921-8. Desconexión del conductor de puesta a tierra. En ningún caso debe insertarse un dispositivo de desconexión en el conductor de puesta a tierra, excepto cuando su operación ocasione también la desconexión automática de los conductores del circuito que alimenta al equipo, conectado a tierra por medio de dicho conductor.

Excepción: Se permite la desconexión temporal del conductor de puesta a tierra para propósitos de prueba, hecha bajo supervisión de personal calificado.

921-9. Medios de conexión. La conexión del conductor de puesta a tierra y los diferentes elementos a que está unido, debe hacerse por medios que igualen las características del propio conductor y que sean adecuados para la exposición ambiental. Estos medios incluyen soldaduras, conectadores mecánicos o de compresión y zapatas o abrazaderas de puesta a tierra.

921-10. Capacidad de conducción de corriente y resistencia mecánica. "La capacidad de conducción de corriente de tiempo corto" de un conductor desnudo de puesta a tierra, es la corriente eléctrica que éste puede soportar durante el tiempo que circula la corriente eléctrica, sin fundirse o cambiar su estado, bajo las tensiones eléctricas aplicadas. Si el conductor de puesta a tierra está aislado, su "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo" es la corriente eléctrica que puede conducir durante el tiempo prescrito, sin que se dañe el aislamiento. Cuando en un local existan conductores de puesta a tierra en paralelo, puede considerarse la capacidad de corriente total incrementada.

a) **Para sistemas conectados a tierra en un solo punto.** El conductor de puesta a tierra para un sistema conectado a tierra en un solo punto, por medio de un electrodo o grupo de electrodos debe tener una "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo" adecuada para la corriente eléctrica de falla, que pueda circular por el propio conductor durante el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema. Si este valor no puede ser fácilmente determinado, la capacidad de conducción de corriente permanente del conductor de puesta a tierra no debe ser menor que la corriente eléctrica a plena carga del transformador o de otra fuente de alimentación.

b) **Para sistemas de c.a. con múltiples conexiones de puesta a tierra.** El conductor de puesta a tierra para un sistema de c.a. con tierras en más de un lugar, excluyendo las tierras en los servicios a usuarios, debe tener una capacidad continua de conducción de corriente, en cada localización, cuando menos igual a un quinto de la capacidad de los conductores del sistema al que esté unido. (Véase el inciso (e) de esta Sección).

c) **Para apartarrayos primarios.** El conductor de puesta a tierra debe tener adecuada "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo", bajo las condiciones de corriente eléctrica excesiva causada por una onda. En ningún caso, el conductor de puesta a tierra de un apartarrayos individual debe ser de tamaño nominal menor a 13,30 mm² (6 AWG) de cobre, o a 21,15 mm² (4 AWG) de aluminio.

Cuando la flexibilidad del conductor de puesta a tierra es vital en la operación del apartarrayos, tal como cerca de la base del mismo, deben emplearse conductores flexibles adecuados.

d) **Para equipo, mensajeros y retenidas.** El conductor de puesta a tierra para equipo, canalizaciones, mensajeros, retenidas, cubiertas metálicas de cables y otras cubiertas metálicas de conductores, debe tener la "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo" adecuada para la corriente eléctrica de falla disponible y para el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema. Si no se provee protección contra sobrecorriente o falla, la capacidad de conducción de corriente del conductor de puesta a tierra debe determinarse con base en las condiciones de diseño y operación del circuito, pero no debe ser de tamaño nominal menor a 8,37 mm² (8 AWG) de cobre.

Cuando las cubiertas metálicas de conductores y sus uniones a las cubiertas de equipo tienen la continuidad y capacidad de corriente requeridas, se pueden usar como medio de puesta a tierra del equipo.

e) **Limite de la capacidad de conducción de corriente.** El conductor de puesta a tierra no necesita tener mayor capacidad de conducción de corriente que cualquiera de las siguientes:

- 1) La de los conductores de fase que suministrarían la corriente eléctrica de falla a tierra
- 2) La corriente eléctrica máxima que pueda circular por el conductor, hacia el electrodo a que esté unido. Para un conductor simple de puesta a tierra, esta corriente eléctrica sería igual a la tensión eléctrica de suministro dividida entre la resistencia del electrodo (aproximadamente).

f) **Resistencia mecánica.** Todo conductor de puesta a tierra debe tener resistencia mecánica adecuada para las condiciones a que esté sometido, dentro de límites razonables. Además, los conductores de puesta a tierra sin protección, deben tener una resistencia a la tensión no-menor a la del tamaño nominal de 8,37 mm² (8 AWG) de cobre.

921-11. Guardas y protección

- a) Los conductores de puesta a tierra para sistemas conectados a tierra en un solo punto y aquellos conductores expuestos a daño mecánico, deben protegerse. Sin embargo, no requieren protegerse donde no estén fácilmente accesibles al público ni donde conecten a tierra circuitos o equipo con múltiples conexiones puestas a tierra.
- b) Cuando se requiera protección, los conductores de puesta a tierra deben protegerse por medio de guardas adecuadas al riesgo razonable a que estén expuestos. Se recomienda que las guardas se extiendan por lo menos 2,50 m arriba del suelo o plataforma en que los conductores son accesibles al público.
- c) Los conductores de puesta a tierra que no tengan guardas, deben protegerse fijándolos estrechamente a la superficie del poste o a otro tipo de estructura, en áreas donde estén expuestos a daño mecánico y, de ser posible, colocándolos en la parte de la estructura menos expuesta.
- d) Las guardas usadas para conductores de puesta a tierra de equipo de protección contra descargas atmosféricas, deben ser de material no-magnético si envuelven completamente al conductor o si no están unidas en ambos extremos al propio conductor de puesta a tierra.

921-12. Separación de conductores de puesta a tierra

- a) Excepto como lo permite el inciso (b) siguiente, los conductores de puesta a tierra para equipo y circuitos de las clases indicadas a continuación, deben correr separadamente hasta sus propios electrodos.
 - 1) Apartarrayos de circuitos de más de 750 V y armazones de equipo que opere a más de 750 V.
 - 2) Circuitos de alumbrado y fuerza hasta de 750 V.
 - 3) Puntas de pararrayos (protección contra descargas atmosféricas), a menos que estén conectadas a una estructura metálica puesta a tierra.

Como alternativa, los conductores de puesta a tierra pueden correr separadamente hasta una barra colectora de tierra o un cable puesta a tierra del sistema, que esté conectado a tierra en varios lugares.

- b) Los conductores de puesta a tierra para cualquiera de las clases de equipo indicadas en (a)(1) y (a)(2) anteriores, pueden conectarse entre sí, utilizando un solo conductor, siempre que:

- 1) Haya una conexión directa a tierra en cada localización de apartarrayos.
- 2) El conductor neutro secundario sea común con el conductor neutro primario, o los dos estén conectados entre sí.

- c) Los circuitos primario y secundario que utilicen un conductor neutro común, deben tener cuando menos una conexión de puesta a tierra por cada 400 m de línea, sin incluir las conexiones puesta a tierra en los servicios de usuarios.

- d) Cuando se usen electrodos independientes para sistemas separados, deben emplearse conductores de puesta a tierra separados. Si se usan electrodos múltiples para reducir la resistencia a tierra, estos pueden unirse entre sí y conectarse a un solo conductor de puesta a tierra.

- e) Se recomienda que los electrodos artificiales para apartarrayos de sistemas eléctricos no-conectados a tierra, que operen a tensiones eléctricas que excedan de 15 kV entre fases, estén separados cuando menos 6 m de cables de comunicación subterráneos

921-13. Electrodos de puesta a tierra. El electrodo de puesta a tierra debe ser permanente y adecuado para el sistema eléctrico de que se trate. Un electrodo común (o sistema de electrodos) debe emplearse para conectar a tierra el sistema eléctrico y las envolventes metálicas de conductores y al equipo servido por el mismo sistema. El electrodo de tierra debe ser alguno de los especificados en 921-14 y 921-22

921-14. Electrodos existentes. Para efectos de esta Sección, se entiende por "electrodos existentes" aquellos elementos metálicos instalados para otros fines diferentes al de puesta a tierra.

- a) **Sistemas de tubería metálica para agua.** Los sistemas subterráneos de tubería metálica para agua fría, pueden usarse como electrodos de puesta a tierra.

NOTA: Estos sistemas normalmente tienen muy baja resistencia a tierra. Se recomienda su uso cuando estén fácilmente accesibles

Las tuberías de agua con uniones aislantes no son adecuadas para usarse como electrodos de puesta a tierra.

- b) **Sistemas locales de tuberías de agua.** Las tuberías metálicas enterradas, conectadas a pozos y que tengan baja resistencia a tierra, pueden usarse como electrodos de puesta a tierra.

- c) **Varillas de refuerzo de acero en cimientos o bases de concreto.** El sistema de varillas de refuerzo de un cimiento o base de concreto, que no esté aislado del contacto directo con la tierra y se extienda cuando menos 1 m abajo del nivel del terreno, constituye un efectivo y aceptable electrodo de puesta a tierra.

Cuando la estructura de acero (como columna, torre, poste) soportada sobre dicho cimiento o base, se use como un conductor de puesta a tierra, debe ser conectada a las varillas de refuerzo por medio de la unión de éstas con los tornillos de anclaje, o por medio de cable que una directamente a las varillas de refuerzo con la estructura arriba del concreto.

Los amarres de acero comúnmente usados, se considera que proveen una adecuada union entre las varillas del armado de refuerzo.

NOTA: Cuando las varillas de refuerzo no están conectadas adecuadamente a una estructura arriba del concreto, y ésta queda sometida a corrientes electricas de descarga a tierra (aun conectada a otro electrodo que no sean las varillas), hay posibilidad de daño al concreto interpuesto, debido a la corriente eléctrica que busca camino hacia tierra a través del concreto, que es mal conductor.

921-15. Medios de conexión a electrodos. Hasta donde sea posible, las interconexiones a los electrodos deben ser accesibles. Los medios para hacer estas conexiones deben proveer la adecuada sujecion mecánica, permanencia y capacidad de conducción de corriente, tal como los siguientes:

a) Una abrazadera, accesorio o soldadura permanentes y efectivos.

b) Un conector de bronce con rosca, que penetre bien ajustado en el electrodo.

c) Para construcciones con estructura de acero, en las que se empleen como electrodo las varillas de refuerzo embebidas en concreto (del cimientto), debe usarse una varilla de acero similar, para unirla, mediante soldadura a otra provista de un tornillo de conexión. El tornillo debe ser conectado sólida y permanentemente a la placa de asiento de la columna de acero soportada en el concreto. El sistema eléctrico puede conectarse entonces, para su puesta a tierra, a la estructura del edificio, usando soldadura o un tornillo de bronce que se sujete en algún elemento de la misma estructura.

d) Para construcciones con estructuras de concreto armado, en las que se emplee un electrodo consistente en varillas de refuerzo o alambre embebidos en concreto (del cimientto), se debe usar un conductor de cobre desnudo de tamaño nominal adecuado para satisfacer el requisito indicado en 921-13, pero no menor a $21,15 \text{ mm}^2$ (4 AWG) que se conecte a las varillas de refuerzo o al alambren, mediante un conector adecuado para cable de acero. El conector y la parte expuesta del conductor de cobre se deben cubrir completamente con mastique o compuesto sellador, antes de que el concreto sea vaciado, para minimizar la posibilidad de corrosión galvánica. El conductor de cobre debe sacarse por arriba de la superficie del concreto en el punto requerido por la conexión con el sistema eléctrico. Otra alternativa es sacar al conductor por el fondo de la excavación y llevarlo por fuera del concreto para la conexión superficial, en este caso el conductor de cobre desnudo debe ser de tamaño nominal no menor a $33,62 \text{ mm}^2$ (2-AWG).

921-16. Punto de conexión a sistemas de tubería

a) El punto de conexión de un conductor de puesta a tierra a un sistema de tubería metálica para agua fría, debe estar lo más cerca posible de la entrada del servicio de agua al edificio o cerca del equipo a ser conectado a tierra donde resulte más accesible. Entre este punto de conexión y el sistema subterráneo de tubería, debe haber continuidad eléctrica permanente, por lo que deben instalarse puentes de unión donde exista posibilidad de desconexión, tal como en los medidores de agua y en las uniones del servicio.

b) Los electrodos artificiales o las estructuras conectadas a tierra deben separarse por lo menos 3 m de líneas de tubería usadas para la transmisión de líquidos o gases inflamables que operen a altas presiones (10,5 Pa o más), a menos que estén unidos eléctricamente y protegidos catódicamente como una sola unidad.

Debe evitarse la instalación de electrodos a menos de 3 m de distancia de dichas líneas de tubería, pero en caso de existir, deben ser coordinados de manera que se asegure que no se presenten condiciones peligrosas de c.a. y no sea nulificada la protección catódica de las líneas de tubería.

921-17. Superficies de contacto. Cualquier recubrimiento de material no-conductor, tal como esmalte, moho o costra, que esté presente sobre las superficies de contacto de electrodos en el punto de la conexión, debe ser removido completamente donde se requiera, a fin de obtener una buena conexión.

921-18. Resistencia a tierra de electrodos. Disposiciones generales. El sistema de tierras debe consistir de uno o más electrodos conectados entre sí. Este sistema debe tener una resistencia a tierra suficientemente baja para minimizar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto (se considera aceptable un valor de 10Ω ; en terrenos con alta resistividad este valor puede llegar a ser hasta de 25Ω . Si la resistividad es mayor a $3000 \Omega/\text{m}$ se permiten 50Ω) para permitir la operación de los dispositivos de protección.

a) **Plantas generadoras y subestaciones.** Cuando estén involucradas tensiones y corrientes eléctricas muy altas, se requiere de un sistema enmallado de tierra con múltiples electrodos y conductores enterrados y otros medios de protección.

b) **Sistemas de un solo electrodo.** Los sistemas con un solo electrodo deben utilizarse cuando el valor de la resistencia a tierra no exceda de 25Ω en las condiciones más críticas. Para instalaciones subterráneas el valor recomendado de resistencia a tierra es 5Ω .

c) **Sistemas con múltiples conexiones de puesta a tierra.** El neutro, cuya capacidad de conducción de corriente debe ser adecuada al servicio de que se trate, debe estar conectado a un electrodo artificial en cada transformador y en otros puntos de la línea, de tal manera que se tenga una conexión de puesta a tierra como mínimo, en cada 400 m de línea sin incluir las conexiones de puesta a tierra en los servicios de usuarios.

NOTA: Los sistemas de múltiples conexiones de puesta a tierra que se extiendan a través de distancias considerables, dependen más de la cantidad de los electrodos de tierra que de la resistencia a tierra de cualquier electrodo individual.

921-19. Conexión a tierra de partes metálicas de transformadores. Aplicar lo indicado en 450-10 y lo correspondiente al tipo de instalación

B. Líneas aéreas

921-20. Disposiciones generales. El objeto de esta Parte B es proponer métodos prácticos de puesta a tierra, como uno de los medios de salvaguardar al público y a los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico en las líneas de servicio público de energía eléctrica. Esta Parte se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de líneas eléctricas y de comunicación, los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deben estar conectados a tierra, se encuentran en otras disposiciones de esta NOM.

Algunas de las conexiones a tierra aquí indicadas que estarán ubicadas en las plantas generadoras o en las subestaciones, deben considerarse en el diseño y construcción de estas instalaciones.

921-21. Cables mensajeros y retenidas

a) Cables mensajeros. Los cables mensajeros que requieran estar conectados a tierra deben conectarse a los conductores de puesta a tierra en los postes o en las torres, a los intervalos máximos indicados a continuación.

1) Cuando el cable mensajero sea adecuado para utilizarse como conductor de puesta a tierra del sistema (vease 921-10), una conexión como mínimo, en cada 400 m de línea.

2) Cuando el cable mensajero no sea adecuado para utilizarse como conductor de puesta a tierra del sistema, una conexión como mínimo, en cada 200 m de línea, sin incluir las tierras en los servicios a usuarios.

b) Retenidas. Las retenidas que requieran estar puestas a tierra deben conectarse a:

1) Estructuras de acero puestas a tierra, o a una conexión efectiva de puesta a tierra en postes de madera o concreto.

2) Un conductor de línea (neutro) que tenga cuando menos una conexión de puesta a tierra como mínimo en cada 400 m, además de las conexiones de puesta a tierra en los servicios a usuarios.

921-22. Electrodo artificiales

a) General. Cuando se usen electrodos artificiales, éstos deben penetrar, tanto como sea posible, dentro del nivel de humedad permanente.

Los electrodos deben ser de un metal o aleación que no se corra excesivamente bajo las condiciones existentes y durante la vida útil de los mismos.

Toda la superficie externa de los electrodos debe ser conductora, esto es, que no tenga pintura, esmalte u otra cubierta aislante.

b) Barras enterradas (clavadas). Las barras deben tener una longitud de 2,40 m como mínimo, y estar enterradas hasta una profundidad no menor que esta longitud. El extremo superior de las barras debe quedar al mismo nivel que el terreno o abajo de éste, a menos que tenga una protección adecuada. Cuando se usen barras múltiples para reducir la resistencia a tierra, se recomienda que su separación no sea menor que el doble de su longitud.

Las barras de fierro o acero deben tener un diámetro mínimo de 16 mm. Las barras de acero inoxidable y las que tengan revestimiento de cobre o acero inoxidable, deben tener un diámetro mínimo de 12,7 mm.

c) Alambre, tiras o placas. En áreas de alta resistividad del suelo o con capas de roca superficiales, o cuando se requiera menor resistencia que la asequible con barras enterradas, puede ser más útil el uso de uno o varios de los siguientes electrodos:

1) Alambre desnudo de 4,5 mm de diámetro o mayor, enterrado a una profundidad de 50 cm como mínimo, y de longitud total no menor a 30 m, tendido lo más recto posible, constituye un aceptable electrodo artificial. El alambre puede ser de un solo tramo o de varios tramos conectados entre sí por sus extremos o en cualquier punto. El alambre puede tomar la forma de una malla con muchos tramos paralelos distribuidos en un arreglo de dos dimensiones. En este caso, donde se encuentre lecho de roca, la profundidad puede ser menor a 50 cm.

2) Tiras metálicas con longitud total no menor a 3 m y superficie total (teniendo en cuenta ambos lados) no menor a 0,50 m², enterradas a una profundidad de 50 cm como mínimo, constituyen aceptables electrodos artificiales. Las tiras de metal ferroso deben tener un espesor no menor a 6 mm y las de metal no-ferroso, no menor a 2 mm.

3) Placas o láminas metálicas que tengan 0,20 m² o más de superficie en contacto con la tierra, enterradas a una profundidad de 1,50 m como mínimo, constituyen aceptables electrodos artificiales. Las placas o láminas de metal ferroso deben tener un espesor no menor a 6 mm y las de metal no-ferroso, no menor a 2 mm.

d) Placas o alambres colocados al extremo de postes

1) General. En áreas de muy baja resistividad del suelo se pueden aceptar como electrodos artificiales los descritos en (d)(2) y (d)(3) siguientes, aunque son inadecuados en la mayoría de otros lugares.

Donde se ha probado que estos electrodos tienen baja resistencia a tierra, pueden usarse para las aplicaciones establecidas en 921-21 (a)(1) y (b)(2), en 921-12(c) y en 921-18(c); sin embargo, estos tipos de electrodos no deben ser los únicos existentes en lugares donde hay transformadores.

2) **Placas al extremo de postes.** Con las limitaciones indicadas en (d)(1) anterior, una placa doblada sobre la base de un poste de madera, puede considerarse como un aceptable electrodo de tierra. La placa debe ser de un espesor no-menor a 6 mm si es de metal ferroso y no-menor a 2 mm, si es de metal no-ferroso. Además, la superficie de la placa en contacto directo con la tierra, no debe ser menor a 500 cm².

3) **Alambres enrollados al extremo de postes.** Con las limitaciones indicadas en (d)(1) anterior, el electrodo de puesta a tierra puede ser alambre fijado al extremo de un poste previamente a su colocación. El alambre debe tener una longitud no-menor a 3,70 m en contacto directo con la tierra y ser tamaño nominal no-menor de 13,30 mm² (6 AWG) de cobre. Dicho alambre debe extenderse hasta la base del poste.

e) **Electrodos embebidos en concreto.** Un alambre, varilla o placa estructural metálicos que cumplan con lo indicado en 921-24(e), embebidos en concreto que no esté aislado del contacto directo con la tierra, constituyen aceptables electrodos de puesta a tierra. La profundidad del concreto, con respecto a la superficie del terreno, no debe ser menor a 30 cm, recomendándose una profundidad de 75 cm. El alambre debe ser cuando menos de un área de sección transversal de 21,15 mm² (4 AWG) si es de cobre, o de diámetro no-menor a 13 mm si es de acero. La longitud mínima del mismo debe ser de 6 m, la cual debe estar completamente dentro del concreto, excepto en la conexión exterior. El conductor debe estar tendido tan recto como sea posible. Los elementos metálicos pueden estar colocados en tramos cortos, ordenados dentro del concreto y conectados entre sí (como es el caso del armado de refuerzo de una base de estructura).

NOTA 1: La menor resistencia a tierra por unidad de longitud del alambre, será resultado de una instalación recta del mismo.

NOTA 2: No se requiere que la configuración exterior del concreto sea regular, sino que puede moldearse en una excavación irregular, como en terreno rocoso.

NOTA 3: Los electrodos embebidos en concreto son, con frecuencia, más prácticos y efectivos que las varillas, tiras o placas directamente enterradas.

C. Líneas subterráneas

921-23. Punto de conexión del conductor de puesta a tierra en sistemas de c.a.

a) **Hasta de 750 V.** La conexión de puesta a tierra de un sistema trifásico conexión estrella de cuatro hilos, o de un sistema monofásico de tres hilos, que requiera estar conectado a tierra, debe hacerse al conductor neutro. En otros sistemas de una, dos o tres fases, asociados con circuitos de alumbrado, la conexión de puesta a tierra debe hacerse al conductor común asociado con los circuitos de alumbrado.

La conexión de puesta a tierra de un sistema trifásico de tres hilos, derivado de un transformador conectado en delta, o conectado en estrella sin conexión de puesta a tierra, el cual no sea para alimentar circuitos de alumbrado, puede hacerse a cualquiera de los conductores del circuito o bien a un neutro derivado en forma separada.

La conexión de puesta a tierra debe hacerse en la fuente de alimentación y en el lado de la carga de todo equipo de servicio.

b) Más de 750 V

1) **Conductor sin pantalla (ya sea desnudo, forrado o aislado sin pantalla).** La conexión de puesta a tierra debe hacerse al neutro, en la fuente de alimentación. Se pueden hacer, si se desea, conexiones adicionales a lo largo de la trayectoria del neutro, cuando éste sea uno de los conductores del sistema.

2) Cable con pantalla

a. **Conexión de la pantalla del cable con la puesta a tierra de apartarrayos.** Las pantallas de los cables deben unirse con el sistema de tierras de apartarrayos.

b. **Cable sin cubierta exterior aislante.** La conexión debe hacerse al neutro del transformador de alimentación y en las terminales del cable.

c. **Cable con cubierta exterior aislante.** Se recomienda hacer conexiones adicionales entre la pantalla sobre el aislamiento del cable (o armadura) y la tierra del sistema. En líneas de cable con pantalla de múltiples conexiones a tierra, la pantalla (incluyendo armadura) debe conectarse a tierra en cada unión del cable expuesta al contacto del personal.

c) **Conductor de puesta a tierra separado.** Si se usa un conductor de puesta a tierra separado, añadido a una línea subterránea, debe conectarse en el transformador de alimentación y en los accesorios del cable cuando se requiera que éstos vayan conectados a tierra. Este conductor debe estar colocado en la misma trinchera o banco de ductos (o en el mismo ducto si éste es de material magnético) que los conductores del circuito.

Excepción: El conductor de puesta a tierra para un circuito instalado en un ducto magnético puede estar en otro ducto si el que contiene al circuito está unido a dicho conductor en ambos extremos.

921-24. Sistemas subterráneos

a) Los conductores de puesta a tierra usados para conectarse a los electrodos y que se coloquen directamente enterrados, deben ser tendidos flojos o tener suficiente resistencia mecánica para evitar que se rompan fácilmente por movimientos de la tierra o asentamientos normales del terreno.

b) Los empalmes y derivaciones sin aislamiento de conductores de puesta a tierra directamente enterrados, deben ser hechos con soldadura o con dispositivos de compresión, para minimizar la posibilidad de alojamiento o corrosión. Se debe reducir al mínimo el número de estos empalmes o derivaciones.

c) Las pantallas sobre aislamiento de cables conectadas a tierra, deben unirse con todo aquel equipo eléctrico accesible conectado a tierra en los registros, pozos o bóvedas

Excepción: Esta conexión puede omitirse cuando exista protección catódica.

d) Debe evitarse que elementos magnéticos, tales como acero estructural, tuberías, varillas de refuerzo, etc., no queden interpuestos entre el conductor de puesta a tierra y los conductores de fase del circuito

e) Los metales usados para fines de puesta a tierra, que estén en contacto directo con la tierra, concreto o mampostería, deben estar aprobados y listados como adecuados para tal uso.

NOTA 1: En la actualidad, no está aprobado que el aluminio sea adecuado para este uso.

NOTA 2: Los metales de diferentes potenciales galvánicos, que se unan eléctricamente, pueden requerir de protección contra corrosión galvánica.

f) Cuando las pantallas o armaduras sobre el aislamiento de cables, que generalmente van conectadas a tierra, se aislen de ésta para minimizar las corrientes eléctricas circulantes en la pantalla, deben aislarse donde estén accesibles al contacto del personal.

g) Las conexiones de transposición y los puentes de unión deben tener aislamiento para 600 V, a menos que la tensión eléctrica normal en la pantalla exceda de este nivel, en cuyo caso el aislamiento debe ser adecuado para la tensión eléctrica a tierra existente.

h) Los puentes de unión y sus medios de conexión deben ser de tamaño y diseño adecuados para soportar la corriente eléctrica disponible de falla, sin dañarse el aislamiento de los puentes o las conexiones de la pantalla.

D. Subestaciones

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

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

En subestaciones tipo pedestal se requiere que el sistema de tierra quede confinado dentro del área que proyecta el equipo sobre el suelo.

Excepción: En las subestaciones tipo poste o pedestal se acepta como sistema de tierra la conexión del equipo a uno o más electrodos. La resistencia del sistema a tierra total debe cumplir con los valores indicados en el inciso (b) de esta Sección.

b) Resistencia a tierra del sistema. La resistencia eléctrica total del sistema de tierra incluyendo todos los elementos que lo forman, debe conservarse en un valor menor a lo indicado en la tabla siguiente:

Resistencia (Ω)	Tensión eléctrica máxima (kV)	Capacidad máxima (kVA)
5	mayor a 34,5	mayor a 250
10	34,5	mayor a 250
25	34,5	250

Excepción: Para terrenos con resistividad eléctrica mayor a 3000 Ω -m, se permite que los valores anteriores de resistencia de tierra sean el doble para cada caso.

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

c) Sistemas con transformador. Cuando se requiera de un transformador para obtener la referencia a tierra aplicar lo indicado en 450-5.

921-26. Puesta a tierra de cercas metálicas. Las cercas metálicas pueden ocupar una posición sobre la periferia del sistema de tierra. Debido a que los gradientes de potencial son más altos, se deben tomar las medidas siguientes:

a) Si la cerca se coloca dentro de la zona correspondiente a la malla, debe ser puesta a tierra

b) Si la cerca se encuentra fuera de la zona correspondiente a la malla debe colocarse por lo menos a 2 m del límite de la malla.

921-27. Puesta a tierra de rieles y tubos para agua y gas

a) Rieles. Los rieles de escape (espuelas) de ferrocarril que entren a una subestación no deben conectarse al sistema de tierra de la subestación. Deben aislarse uno o más pares de juntas de los rieles donde éstos salen del área de la red de tierra.

b) Tubos para agua y gas. Los tubos metálicos para agua, gas y las cubiertas metálicas de cables que estén enterrados dentro del área de la subestación deben conectarse al sistema de tierra, en varios puntos.

NOTA: Primero se debe instalar el sistema de tierras de acuerdo a su valor óptimo para la instalación eléctrica y después conectar los tubos para gas al sistema

921-28. Puesta a tierra de partes no-conductoras de corriente eléctrica

a) Las partes metálicas expuestas que no conducen corriente eléctrica, y las defensas metálicas del equipo eléctrico, deben conectarse a tierra.

b) Con excepción de equipo instalado en lugares húmedos o lugares peligrosos, las partes metálicas que no conducen corriente eléctrica, pueden no conectarse a tierra, siempre que sean inaccesibles o que se protejan por medio de resguardos.

Esta última protección debe impedir que se puedan tocar inadvertidamente las partes metálicas mencionadas y simultáneamente algún otro objeto puesto a tierra.

c) Las estructuras de acero de la subestación deben ser puestas a tierra.

921-29. Conexión de puesta a tierra de cercas metálicas. Toda cerca metálica que se cruce con líneas suministradoras en áreas no urbanizadas, debe conectarse a tierra, a uno y otro lado del cruce, a una distancia sobre el eje de la cerca y no mayor a 45 m. En caso de existir una o más puertas o cualquier otra condición que interrumpa la continuidad de la cerca, ésta debe aterrizar en el extremo más cercano al cruce con la línea

Esta conexión de puesta a tierra debe efectuarse uniendo todos los elementos metálicos de la cerca.

921-30. Conductor de puesta a tierra común para el circuito, canalizaciones metálicas y equipo. Si la capacidad de conducción de corriente del conductor de puesta a tierra del circuito, satisface también el requerimiento para la conexión de puesta a tierra del equipo, este conductor puede usarse para ambos fines. Dentro de dicho equipo se incluyen los armazones y cubiertas de los componentes auxiliares y de control del sistema eléctrico, canalizaciones metálicas, pantallas de cables y otras cubiertas.

E. Otros

921-31. Método de puesta a tierra para teléfonos y otros aparatos de comunicación en circuitos expuestos al contacto con líneas de suministro eléctricos y a descargas atmosféricas. Los protectores y, cuando se requiera, las partes metálicas no-portadoras de corriente eléctrica expuestas, ubicadas en las centrales telefónicas o en instalaciones exteriores, deben conectarse a tierra en la forma siguiente:

a) Electrodo. El conductor de puesta a tierra debe conectarse a un electrodo aceptable, como los descritos en 921-14 y 921-22. Otra alternativa es hacer esta conexión a la cubierta metálica del equipo del servicio eléctrico o al conductor del electrodo de puesta a tierra, cuando el conductor neutro del servicio eléctrico esté conectado a un aceptable electrodo de puesta a tierra en el edificio.

b) Conexión del electrodo. El conductor de puesta a tierra debe ser preferentemente de cobre, de tamaño nominal no-menor a 2,08 mm² (14 AWG) o de cualquier otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente que no sufra corrosión bajo las condiciones de uso. La conexión de este conductor al electrodo de puesta a tierra debe hacerse por medio de un conector adecuado

c) Unión de electrodos. Debe colocarse un puente de unión de tamaño nominal no-menor a 13,30 mm² (6 AWG) de cobre, u otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente entre el electrodo del equipo de comunicación y el electrodo del neutro del sistema eléctrico, cuando se usen electrodos separados en la misma edificación

ARTÍCULO 922 - LÍNEAS AÉREAS

A. Disposiciones generales

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

922-2. Definiciones

Estructura (aplicado a líneas aéreas): Unidad principal de soporte, generalmente un poste o una torre.

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 líneas aéreas, y que se soportan en postes o estructuras.

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

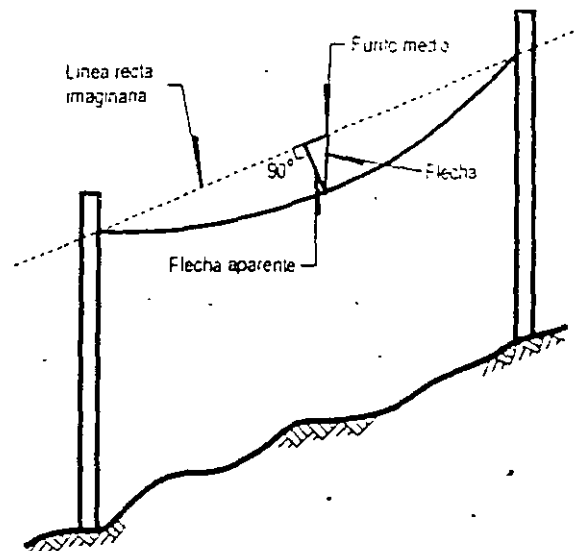


Figura 922-2

Flecha inicial sin carga: La que tiene el conductor antes de aplicarle cualquier carga externa.

Flecha final: Flecha de un conductor bajo condiciones específicas de carga y temperatura aplicadas, después de que dicho conductor ha estado sujeto, durante un apreciable periodo de tiempo, a las condiciones de carga prescritas para la zona de carga en la que está instalado, o bien después de que se le ha aplicado, durante un lapso mínimo de tiempo, una carga equivalente. La flecha final incluye el efecto de la deformación inelástica.

Flecha final sin carga: Flecha de un conductor después de que ha estado sujeto, durante un apreciable periodo de tiempo, a las condiciones de carga prescritas para la Zona de Carga en la que está instalado, o bien después de que se le ha aplicado, durante un lapso mínimo de tiempo, una carga equivalente y que ésta ha sido removida, la flecha final sin carga incluye el efecto de la deformación inelástica.

Flecha aparente. Distancia máxima entre el conductor y una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte, medida perpendicularmente a la línea recta.

Flecha del conductor en cualquier punto. Distancia medida verticalmente desde un punto en particular del conductor, hasta la línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte.

Línea abierta: Tipo de construcción de línea eléctrica o de comunicación con conductores desnudos o forrados que estén individualmente soportados en la estructura, ya sea directamente o mediante aisladores que al hacer contacto con cualquier elemento a diferente potencial puede ocasionar una descarga eléctrica.

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 la 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 400 V a tierra o 750 V entre dos puntos cualesquiera del circuito. Entre las líneas de comunicación se incluyen las líneas de teléfonos, telégrafos, sistemas de señales de ferrocarriles, alarmas de bomberos y de policía, cables de televisión, entre otros.

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

Línea en conflicto: En la presente NOM se entenderá que existe conflicto entre dos líneas aéreas próximas, cuando están situadas en tal forma que, de ocurrir el volteo de una de ellas, sus estructuras o conductores pueden llegar a tocar los conductores de la otra línea, suponiendo que ninguna de ellas se rompe y que ambas líneas no se cruzan.

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

Longitud del claro: Distancia horizontal entre dos soportes consecutivos de una línea aérea

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

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

Tensión eléctrica de flameo de baja frecuencia: Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión eléctrica de baja frecuencia que bajo condiciones especificadas causa una descarga disruptiva sostenida a través del medio circundante.

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

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

Tensión eléctrica de aguante de baja frecuencia: Para aislador, es el valor eficaz de la tensión de baja frecuencia que bajo condiciones especificadas, puede ser aplicado sin causar flameo o perforación del aislador.

922-3. Posición relativa de líneas

- a) La posición que ocupen los conductores de líneas eléctricas de diferente tensión eléctrica, en una misma estructura, debe ser tal que los conductores de mayor tensión eléctrica queden arriba de los de tensión menor.
- b) Cuando se instalen conductores de líneas eléctricas y de comunicación en una misma estructura, los primeros deben estar en los niveles superiores.
- c) De lo indicado en los dos incisos anteriores, se exceptúan los alimentadores de troles, que por conveniencia pueden estar aproximadamente al nivel de los conductores de contacto del trole.
- d) En cruzamientos o líneas en conflicto, debe utilizarse la misma disposición descrita en los incisos (a) y (b) anteriores.
- e) Se debe evitar, hasta donde sea posible, la existencia de líneas en conflicto.

922-4. Consideraciones generales sobre la separación de conductores

a) **Medición de separaciones y espaciamentos.** Para referirse a las distancias entre conductores y a sus soportes, estructuras, construcciones, nivel del suelo, se usan en este Artículo los términos separación y espaciamento. Debe entenderse que una separación es la distancia de superficie a superficie y un espaciamento la distancia de centro a centro.

Para propósito de medición de las separaciones, los herrajes y accesorios que estén energizados debido a su conexión eléctrica a los conductores de la línea, se deben considerar como parte integral de los mismos conductores. Las bases metálicas de las mufas, apartarrayos y de equipo similar, deben ser consideradas como parte de la estructura de soporte.

b) **Cables eléctricos aislados.** Las separaciones para los tipos de cables descritos en los siguientes subincisos, así como para sus empalmes y derivaciones, pueden ser menores que las establecidas para conductores desnudos de la misma tensión eléctrica, siempre que sean aprobados (véase 110-2).

1) Cables 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) Cables 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) Cables 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.

c) **Conductores forrados.** Los conductores forrados deben ser considerados como desnudos para todos los requisitos de separaciones, excepto en lo que se refiere al espaciamento entre conductores de la misma fase o de diferentes circuitos, incluyendo conductores conectados a tierra.

El espaciamento para conductores forrados puede ser menor que el mínimo requerido para conductores desnudos, siempre y cuando sean propiedad de la misma empresa suministradora y que su cubierta proporcione suficiente resistencia dieléctrica para prevenir cortocircuitos en caso de contacto momentáneo entre conductores, o entre éstos y el conductor conectado a tierra.

d) **Conductores neutros.** Los conductores neutros deben tener la misma separación y altura que los conductores de fase de sus respectivos circuitos. Se exceptúan los conductores neutros efectivamente conectados a tierra a lo largo de la línea, cuando estén asociados con circuitos hasta de 22 kV a tierra, los cuales pueden considerarse, para fines de fijar su separación y altura, como conductores de circuitos de hasta 750 V entre fases.

e) Circuitos de c.a. o c.c. Las disposiciones de este Artículo son aplicables tanto a circuitos de c.a. como de c.c. En los circuitos de c.c. se deben aplicar las mismas separaciones establecidas para los circuitos de c.a., que tengan la misma tensión eléctrica de cresta a tierra

f) Circuitos de corriente eléctrica constante. Para fijar las separaciones que deben guardar los circuitos de corriente eléctrica constante, se debe tomar como base la tensión eléctrica nominal del circuito a plena carga.

922-5. Arreglo de conductores

a) Identificación. Se recomienda que todos los conductores de líneas eléctricas y de comunicación que vayan tendidos en las mismas estructuras, conserven una misma posición en todo su trayecto y de ser posible, se marquen en algunos de los soportes para complementar su identificación. Esto no prohíbe la transposición sistemática de los conductores.

b) Conexiones y derivaciones. Las conexiones, derivaciones y equipos de líneas aéreas deben ser fácilmente accesibles a personas calificadas. Los conductores que se usen para dichas derivaciones deben soportarse y colocarse de manera que no lleguen a tocar a otros conductores, por movimientos laterales o por colgarse demasiado, ni reduzcan el espacio para subir a trabajar.

922-6. Árboles próximos a conductores. En la proximidad de los conductores, los árboles deben ser podados para evitar que el movimiento de las ramas o de los propios conductores, pueda ocasionar fallas a tierra o entre fases. También se deben podar los árboles para prevenir que sus ramas, al desprenderse, puedan caer sobre los conductores, especialmente en cruzamientos y claros adyacentes. Esta poda debe llevarse a cabo atendiendo las recomendaciones de protección al medio ambiente con objeto de combinar la necesidad de coexistencia de líneas y árboles. Se recomienda que la siembra de árboles bajo líneas existentes, se realice con especies cuya altura de crecimiento se pueda mantener sin afectación a su aspecto y sin riesgo para el propio árbol o para la línea existente.

922-7. Aisladores

a) Material y construcción. Los aisladores que se usen en líneas eléctricas deben ser aprobados (vease 110-2).

b) Consideraciones generales sobre la selección de aisladores. En circuitos de corriente eléctrica constante, los aisladores deben seleccionarse basándose en la tensión eléctrica nominal a plena carga del circuito.

922-8. Equipo eléctrico conectado a las líneas

a) Accesibilidad. Todo equipo eléctrico conectado a las líneas, como transformadores, reguladores, interruptores automáticos, cortacircuitos fusibles, desconectores, apartarrayos, capacitores, así como sus equipos de control, debe estar dispuesto en tal forma que sea fácilmente accesible a personas calificadas, para lo cual se deben proveer los espacios adecuados para operarlos y proporcionarles mantenimiento.

b) Indicación de posición de operación. Los interruptores automáticos, cortacircuitos y desconectores deben indicar claramente su posición de "abierto" o "cerrado", ya sea que se encuentren dentro de envolventes o estén descubiertos.

c) Fijación de posición. Los interruptores automáticos o desconectores conectados a las líneas en lugares accesibles a personas no calificadas, deben estar provistos de mecanismos de seguridad que permitan asegurar su posición de "abierto" o "cerrado" para evitar operaciones no deseadas.

En lo posible, estos equipos deben tener uniformidad en la disposición de sus manijas u otros medios de operación, de tal manera que siempre exista una misma posición física para la condición de abierto y otra diferente para la de cerrado. De no ser posible esta uniformidad en su diseño, los equipos deben marcarse convenientemente para evitar errores de operación.

Los dispositivos de desconexión de líneas aéreas de distribución y transmisión controlados remotamente o en forma automática deben estar provistos de medios locales que hagan inoperable el control remoto o automático.

d) Transformadores y equipo montado en postes. La parte más baja de los transformadores instalados en postes debe estar a una altura no-menor a 4,45 m en lugares transitados solamente por peatones, y no-menor a 4,60 m en lugares transitados por vehículos.

922-9. Conexión de puesta a tierra de circuitos, estructuras y equipo

a) Métodos. Las conexiones de puesta a tierra especificada en esta Sección deben efectuarse de conformidad con los métodos indicados en el Artículo 921(Parte B).

b) Partes no portadoras de corriente eléctrica. Las estructuras metálicas, incluyendo postes de alumbrado; las canalizaciones metálicas; los marcos, tanques y soportes del equipo de líneas; las cubiertas metálicas de los cables aislados; las manijas y palancas metálicas para operación de equipo, así como los cables mensajeros, deben estar puestos a tierra efectivamente de tal manera que durante su operación no ofrezcan peligro a personas o animales.

Puede omitirse esta conexión de puesta a tierra en casos especiales, cuando así lo requiera la operación del equipo, siempre que existan protecciones que impidan el contacto de personas o animales con dichas partes metálicas, o bien cuando éstas queden fuera de su alcance, a una altura mayor de 2,5 m

**CAPÍTULO 5 (4.5) AMBIENTES ESPECIALES
ARTÍCULO 500 - ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS)**

500-1. Alcance. Artículos 500 a 505. Los Artículos 500 a 505 cubren los requisitos para equipo eléctrico, electrónico y alambrado, para todas las tensiones eléctricas, en áreas donde pueda existir peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras inflamables dispersas en el aire.

500-2. Ubicación y requisitos generales. Los ambientes se clasifican dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables, o de polvos o fibras combustibles que puedan estar presentes, así como la posibilidad de que se encuentren en cantidades o concentraciones inflamables o combustibles. Cuando los materiales pirofóricos son los únicos usados o manipulados, estas áreas no deben ser clasificadas.

Cada cuarto, sección o área debe ser considerada individualmente al determinar su clasificación.

NOTA 1: Los materiales pirofóricos son aquellos que se inflaman espontáneamente en el aire.

NOTA 2: Ejerciendo un juicio apropiado durante el diseño de las instalaciones eléctricas para áreas peligrosas (clasificadas), frecuentemente es posible situar la mayoría del equipo en áreas menos peligrosas y, por tanto, reducir la cantidad de equipo especial requerido.

Para recordar el significado que se da en estos Artículos a las definiciones "Aprobado" y "Aparato a prueba de explosión", véase el Artículo 100; en la Sección 502-1 se define "A prueba de ignición de polvo".

Cualquier otro requerimiento contenido en esta NOM debe aplicarse a equipo eléctrico y alambrado, instalado en áreas clasificadas como peligrosas.

Excepción: Como se modifique en los Artículos 500 a 505.

Todo tubo (*conduit*) roscado a que se hace referencia, debe ser roscado con una tarraja de corte normalizado con un dado que proporcione una rosca con una conicidad de 19 mm por cada 305 mm de cuerda. El tubo (*conduit*) debe ser apretado con llaves para (1) minimizar la producción de chispas en caso de que una corriente eléctrica de falla fluya por el sistema de canalización, y (2) asegurar la integridad del sistema de canalización a prueba de explosión, o a prueba de ignición de polvo donde aplique. Cuando no sea posible hacer la unión roscada apretada, debe utilizarse un puente de unión.

NOTA: Cierta equipo proporcionado con cuerdas métricas necesita adaptadores compatibles para permitir la conexión con tubo (*conduit*) de cuerdas NPT.

Los cables de fibra óptica y dispositivos para fibra óptica aprobados como un sistema intrínsecamente seguro diseñado para áreas clasificadas como peligrosas involucradas, deben instalarse de acuerdo con los requerimientos indicados en 504-20 y 770-52.

Excepción: Cables de fibra óptica o dispositivos para fibra óptica que son conductivos, deben ser instalados de acuerdo con lo indicado en los Artículos 500 a 503.

a) Técnicas de protección. Los siguientes incisos deben considerarse técnicas de protección aceptables para equipo eléctrico y electrónico en áreas clasificadas como peligrosas.

1) Aparatos a prueba de explosión. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase I, División 1 y 2 para las cuales estos aparatos estén aprobados.

NOTA: Los equipos a prueba de explosión se definen en el Artículo 100.

2) Equipo a prueba de ignición de polvo. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase II, División 1 y 2 para las cuales estos aparatos estén aprobados.

NOTA: Los aparatos a prueba de ignición de polvo se definen en el Artículo 502-1.

3) Purgado y presurizado. Esta técnica de protección se permite para equipo en cualquier área peligrosa (clasificada) para la cual el mismo esté aprobado.

NOTA: En algunos casos pueden reducirse los peligros o limitar las áreas clasificadas peligrosas, o eliminarlas, por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva con tomas de aire desde una fuente de aire limpio, conjuntamente con un dispositivo eficiente para evitar fallas en la ventilación.

4) Sistemas intrínsecamente seguros. El equipo y alambrados intrínsecamente seguros se permiten en cualquier área clasificada como peligrosa para la cual han sido aprobados. No deben ser considerados aplicables para tales instalaciones, los Artículos 501 al 503, 505 y del 510 al 516. Para la instalación de equipo y alambrados intrínsecamente seguros deben cumplir los requerimientos del Artículo 504. El alambrado y los circuitos intrínsecamente seguros deben estar separados físicamente del alambrado de otros circuitos que no sean intrínsecamente seguros. Se deben tomar las medidas necesarias para prevenir y minimizar el paso de gases y vapores.

5) Circuitos no-inflamables. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase I, División 2, Clase II, División 2 y Clase III para las cuales el equipo esté aprobado.

NOTA: Los circuitos no-inflamables se definen en el Artículo 100.

6) **Componentes no-inflamables.** Es un componente que tiene contactos para cerrar o abrir un circuito inflamable y el mecanismo de contacto es construido de tal manera que el componente es incapaz de incendiar la mezcla gas-aire o vapor-aire inflamable. La envolvente de un componente no-inflamable no está diseñada para (1) excluir la atmósfera inflamable o (2) contener una explosión. Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en aquellas áreas Clase I, División 2, Clase II, División 2 y Clase III para las cuales el equipo esté aprobado.

7) **Inmersión en aceite.** Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en áreas Clase I, División 2 como se describe en 501-6(b)(1)(2).

8) **Herméticamente sellado.** Un dispositivo herméticamente sellado debe sellarse para evitar la penetración de atmósferas externas y el sello debe ser por fusión, es decir, por soldadura de latón, cobre, hierro o cualquier otro material o método, o por la fusión del vidrio al metal.

Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en áreas Clase I, División 2.

NOTA: Vease 501-3(b)(1) Excepción b; 501-5(a)(1) Excepción a; 501-6(b)(1); y 501-14(b)(1) Excepción b.

b) **Referencias.** Para la clasificación de áreas peligrosas deberá realizarse un análisis de cada local, área o sección individualmente, atendiendo a la concentración de los gases, vapores y polvos y a sus características de explosividad. Existen estudios de referencia por diversas asociaciones de protección contra incendios, las cuales podrán tomarse como referencia. Este análisis deberá realizarse bajo supervisión de ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados. Es responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones que la clasificación de las áreas sea realizada con la mayor precisión.

500-3. Precauciones especiales. Los Artículos 500 al 504 requieren que la construcción del equipo y de la instalación garantice un funcionamiento seguro bajo condiciones de uso y mantenimiento adecuados. Cuando se aplique el Artículo 505, la clasificación de áreas, alambrado y selección de equipo debe ser realizada bajo la supervisión de Ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados.

NOTA 1: Es importante que los usuarios ejerzan un cuidado mayor que el ordinario con respecto a este tipo de instalaciones y su mantenimiento.

NOTA 2: Las condiciones de bajas temperaturas ambientales requieren una consideración especial. El equipo a prueba de explosión o a prueba de ignición de polvo puede no ser apropiado para usarse en temperaturas menores de -25 °C, a menos que esté aprobado para servicio en bajas temperaturas. Sin embargo, a bajas temperaturas ambientales, pueden no existir concentraciones inflamables de vapores en áreas clasificadas Clase I, División 1, a temperatura ambiente normal.

Con el propósito de prueba, aprobación y clasificación de un área, se han clasificado mezclas con aire (no enriquecidas con oxígeno) las cuales deberán ser agrupadas de acuerdo con lo indicado en 500-3 (a) y 500-3 (b).

Excepción 1: Equipo aprobado para un gas, vapor o polvo específico.

Excepción 2: Equipo destinado a usarse específicamente para áreas Clase I, Zona 0, Zona 1 o Zona 2 deben ser agrupados de acuerdo con lo indicado en 505-5.

NOTA 3: Esta agrupación está basada en las características de los materiales. El equipo que ha sido aprobado, está disponible para usarse en los diversos grupos de atmósfera

a) **Clasificación por grupos Clase I.** Los grupos Clase I deben ser los siguientes:

1) **Grupo A:** Atmósferas que contengan acetileno.

2) **Grupo B:** Atmósferas que contengan hidrógeno, combustibles y procesos de gases combustibles que contengan más de 30% de hidrógeno en volumen, o gases o vapores de peligrosidad equivalente, tales como butadieno, óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína.

Excepción 1: El equipo para grupo D puede ser usado en atmósferas que contengan butadieno, si tal equipo está aislado de acuerdo con lo indicado en 501-5 (a), sellando todo tubo (conduit) de 13 mm de tamaño nominal o mayor.

Excepción 2: El equipo para grupo C puede ser usado en atmósferas que contengan óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína, si el equipo está aislado de acuerdo con lo indicado en 501-5 (a) sellando todo tubo (conduit) de 13 mm de tamaño nominal o mayor.

3) **Grupo C:** Atmósferas tales como éter etílico, etileno, o gases o vapores de peligrosidad equivalente

4) **Grupo D:** Atmósferas tales como acetona, amoníaco, benceno, butano, ciclopropano, etanol, gasolina, hexano, metanol, metano, gas natural, nafta, propano, o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Excepción: Para atmósferas que contengan amoníaco, se permite reclasificar el área a una menos peligrosa o a una no-peligrosa

NOTA 1: Las características de explosión de la mezcla de aire con gases o vapores, varían de acuerdo con el tipo de material involucrado. Para áreas Clase I, Grupos A, B, C y D, la clasificación involucra determinar la máxima presión de explosión y la máxima distancia de seguridad entre las juntas de unión de la envolvente. Entonces, es necesario que el equipo esté aprobado no sólo para esta clase, sino también para un grupo específico de gas o vapor que pueda estar presente.

NOTA 2: Algunas atmósferas químicas pueden tener características que requieren salvaguardas mayores, que aquellas requeridas por cualquiera de los grupos antes mencionados. El bisulfuro de carbono es uno de estos productos químicos, debido a su baja temperatura de ignición (100 °C) y al pequeño claro de junta permitido para detener su flama

b) Clasificación por grupos Clase II. Los grupos Clase II deben ser los siguientes.

1) Grupo E: Atmosferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros polvos combustibles, donde el número de partículas, de abrasivos y conductividad, presenten peligro similar en la utilización del equipo eléctrico

NOTA: Ciertos polvos metálicos pueden tener características que requieren salvaguardas mayores, a aquellas para atmosferas que contienen polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales. Por ejemplo, los polvos de circonio, torio y uranio tienen temperaturas de ignición extremadamente bajas (tan bajas como 20 °C) y las energías mínimas de ignición menores que cualquier otro material clasificado en cualquiera de los grupos de Clase I o de Clase II.

2) Grupo F: Atmosferas que contengan polvos de carbones combustibles, incluyendo carbón negro, carbón mineral, carbón vegetal, o polvos sensibilizados por otros materiales, de forma que aquellos presenten un peligro de explosión.

3) Grupo G: Atmosferas que contengan polvos combustibles no incluidos en los grupos E o F, incluyendo flúor, granos, madera, plástico y químicos.

NOTA 1: Las características de explosión de las mezclas de aire con polvo, varían de acuerdo con los materiales involucrados. Para áreas Clase II, grupos E, F y G, la clasificación involucra ajuste, apriete o estrechez de las uniones o juntas de ensamble y las aberturas entre la flecha y buje para prevenir la entrada de polvos en envolventes a prueba de ignición de polvo, el efecto de acumulación de las capas de polvo sobre el equipo, que puede causar sobrecalentamiento y la temperatura de ignición del polvo. Entonces, es necesario que el equipo sea aprobado no solo para esta clase, sino también para el grupo específico del polvo que está presente.

NOTA 2: Ciertos polvos pueden requerir precauciones adicionales debido a fenómenos químicos que pueden resultar en la generación de gases inflamables.

c) Aprobación para clases y propiedades. El equipo a pesar de la clasificación del área en que se instale, que depende de un simple sello de compresión, diafragma, o tubería para prevenir la entrada de fluidos combustibles o inflamables al equipo, debe estar aprobado para áreas Clase I, División 2.

Excepción: El equipo instalado en áreas Clase I, División 1 debe estar aprobado para áreas División 1.

NOTA: Para requerimientos adicionales véase 501-5(f)(3).

El equipo debe estar aprobado no sólo para la clase del área, sino también para las propiedades explosivas, combustibles o inflamables específicamente del gas, vapor, polvo, fibra o partículas volátiles que estén presentes. Además, el equipo Clase I no debe tener ninguna superficie expuesta que opere a una temperatura que exceda de la temperatura de ignición del gas o vapor específico.

NOTA: Fibras y partículas volátiles, significa que: Los materiales normalmente no se encuentran suspendidos en el aire; tales materiales son partículas de tamaño mayor que los polvos. Fibras y partículas volátiles incluyen materiales tales como fibras de residuo de algodón desmontado, aserrín, fibras textiles y otras partículas mayores que usualmente son de mayor peligro de fuego que un peligro de explosión.

El equipo Clase II no debe tener una temperatura externa más alta que la especificada en 500-3(f)

El equipo Clase III no debe exceder las temperaturas máximas superficiales especificadas en 503-1

El equipo aprobado para un área clasificada como División 1 puede ser instalado en un área clasificada como División 2 de la misma clase y grupo.

El equipo de uso general, o equipo en envolventes de uso general permitidos en los Artículos 501 al 503, se puede instalar en áreas División 2, si el equipo, bajo condiciones normales de operación, no constituye una fuente de ignición.

A menos que se especifique otra cosa, se debe asumir que las condiciones normales de operación para motores se valoran como condiciones constantes a plena carga

Cuando gases inflamables o polvos combustibles estén o puedan estar al mismo tiempo, la presencia simultánea de ambos debe considerarse en el momento de determinar la temperatura segura de funcionamiento del equipo eléctrico.

NOTA: Las características de las distintas mezclas atmosféricas de gases, vapores y polvos dependen del material específico involucrado.

Los cables de fibra óptica o los dispositivos para fibra óptica aprobados para áreas clasificadas como peligrosas deben ser instalados de acuerdo con lo indicado en 504-20 y 770-52.

Excepción: Cables de fibra óptica o sus dispositivos que sean conductivos también deben ser instalados de acuerdo con lo indicado en los Artículos 500 a 503.

d) Marcado. El equipo aprobado se debe marcar para indicar la clase, el grupo y la temperatura de operación o rango de temperatura con referencia a una temperatura ambiente de 40 °C

NOTA: El equipo que no esté marcado para indicar una división específica, o marcado "División 1" o "Div. 1", se considera adecuado para áreas División 1 y 2. El equipo marcado "División 2" o "Div. 2" se considera adecuado únicamente para áreas División 2

En caso de que se proporcione la capacidad de temperatura de operación del equipo, ésta debe ser indicada por medio de los números de identificación, como se muestra en la Tabla 500-3 (d)

Excepción: Como se requiere en 505-10(b).

Los números de identificación marcados sobre las placas de datos de equipo, deben estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 500-3 (d).

Excepción: Como se requiere en 505-10(b).

El equipo aprobado para Clase I y Clase II debe estar marcado con la temperatura máxima segura de operación que se determina por medio de la exposición simultánea a las combinaciones de las condiciones Clase I y Clase II.

Excepción 1: Equipo de tipo no productor de calor, tal como cajas de conexiones, tubo (conduit) y sus accesorios y equipo productor de calor cuya máxima temperatura no exceda de 100 °C, no es necesario que se les marque la temperatura de operación o la capacidad de temperatura.

Excepción 2: Los aparatos de alumbrado marcados para usarse sólo en áreas Clase I, División 2, o Clase II, División 2, no requieren marcarse para indicar su grupo.

Excepción 3: El equipo de tipo fijo para uso general en áreas Clase I, diferente a los aparatos de alumbrado fijos que se aceptan para uso en áreas Clase I, División 2, no requiere marcarse con Clase, Grupo, División o temperatura de operación.

Excepción 4: El equipo de tipo fijo hermético al polvo, diferente a las luminarias fijas, aceptado para usarse en áreas Clase II, División 2 y Clase III, no requiere marcarse con la Clase, Grupo, División o temperatura de operación.

Excepción 5: El equipo eléctrico adecuado para temperaturas ambiente que excedan de 40 °C, debe marcarse tanto con la máxima temperatura ambiente de operación, como con la temperatura de operación o capacidad de temperatura para aquella temperatura ambiente.

Tabla 500-3(d). Números de identificación

Temperatura máxima °C	Número de identificación
450	T1
300	T2
280	T2A
260	T2B
230	T2C
215	T2D
200	T3
180	T3A
165	T3B
160	T3C
135	T4
120	T4A
100	T5
85	T6

Nota: Debido a que no existe una relación consistente entre las propiedades de explosión y la temperatura de ignición, ambas propiedades son requisitos independientes.

e) **Temperatura Clase I:** Las temperaturas marcadas, especificadas en (d) anterior, no deben exceder la temperatura de ignición del gas o vapor específico que se vaya a encontrar en el área.

Excepción: Donde la clasificación del área esté de acuerdo con lo indicado en el Artículo 505, la temperatura marcada en la Sección 505-10(b), no debe exceder la temperatura de ignición del gas o vapor específico involucrado.

f) **Temperatura Clase II.** La temperatura indicada en (d) anteriormente, debe ser menor que la temperatura de ignición del polvo específico que se vaya a encontrar. Para los polvos orgánicos que se deshidratan o carbonicen, la temperatura de marcado no debe exceder de la temperatura de ignición o 165 °C.

La temperatura de ignición para la cual estaban anteriormente aprobados los equipos para este requisito, debe suponerse que es como se indica en la Tabla 500-3(f)

Tabla 500-3(f). Temperatura de ignición

Equipo que no está sujeto a sobrecarga		Equipo que puede sobrecargarse, tal como motores o transformadores	
Clase II Grupo	°C	Operación normal °C	Operación anormal °C
E	200	200	200
F	200	150	200
G	165	120	165

500-4. **Locales específicos.** Los Artículos 510 al 517 cubren requisitos para los siguientes locales: Talleres de servicio automotriz, hangares de aviación, surtidores (dispensarios) y estaciones de servicio y autoconsumo, plantas de almacenamiento, plantas de procesos de acabado e instalaciones para el cuidado y asistencia de la salud.

CAPÍTULO 8 (4.8) SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

ARTÍCULO 800 - CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN

A. Disposiciones generales

800-1. Alcance. Este Artículo trata de los sistemas telefónicos, telegráficos (excepto radio) instalaciones exteriores de alarmas contra incendio y contra robo y otros sistemas similares dependientes de una estación central; y de sistemas telefónicos no conectados a alguna central pública, pero que utilizan equipo, métodos de instalación y de mantenimiento similares.

NOTA 1: Para mayor información sobre sistemas de alarmas contra incendio, de rociadores y de supervisión y vigilancia, véase el Artículo 760.

NOTA 2: Para instalaciones de cable de fibra óptica, véase el Artículo 770.

800-2. Definiciones. Véase el Artículo 100. Para propósitos de este Artículo adicionalmente se aplican las siguientes definiciones:

Alambre: Montaje de fábrica de uno o más conductores aislados sin una cubierta común.

Cable: Ensamble hecho en fábrica de dos o más conductores aislados con cubierta exterior.

Forro de cable: Cubierta sobre el ensamble del conductor que puede incluir una o mas cubiertas metálicas, refuerzos o envolturas.

Punto de entrada: El punto de entrada a un edificio es el lugar donde los conductores o cables emergen a través de un muro exterior, de una losa de concreto o de un tubo (*conduit*) metálico tipo pesado o semipesado puesto a tierra a un electrodo de acuerdo con lo indicado en 800-40 (b).

800-3. Cables híbridos para fuerza y comunicaciones. Las disposiciones de la Sección 780-6 aplican para los cables híbridos de fuerza y comunicaciones en circuito cerrado y en distribución de energía programada, los cuales deben ser aprobados.

NOTA: Véase 800-51 (i) para otras aplicaciones de los cables híbridos de fuerza y comunicaciones.

800-4. Equipo. El equipo destinado a ser conectado eléctricamente a redes de comunicación debe estar aprobado y listado para ese uso

Excepción: Este requerimiento de aprobación no se aplica al equipo de prueba destinado a conexión temporal a la red de telecomunicaciones por personal calificado durante el curso de la instalación, mantenimiento o reparación de equipo o sistemas de telecomunicaciones.

800-5. Acceso a equipo eléctrico localizado atrás de paneles diseñados para permitir el acceso. El acceso a ese equipo no debe impedirlo una acumulación de alambres y cables que eviten la remoción de paneles, incluyendo los plafones suspendidos del techo.

800-6. Ejecución mecánica de los trabajos. Los circuitos y equipo de comunicaciones deben instalarse de manera limpia, profesional y procurando identificar todo el alambrado. Los cables se deben soportar sobre la estructura del edificio de forma que no puedan ser dañados por el uso normal del mismo

B. Cables en exteriores y entrada a edificios

800-10. Cables y alambres aéreos de comunicaciones. Los conductores aéreos que entren en edificios deben cumplir con lo siguiente:

a) **Sobre postes y claros.** Cuando los conductores de comunicaciones, de alumbrado o de fuerza estén soportados en el mismo poste o corran paralelos en tramos, deben cumplir con las siguientes condiciones.

1) **Ubicación relativa.** Cuando sea posible, los conductores de comunicaciones deberán estar ubicados abajo de los conductores de alumbrado o fuerza.

2) **Fijación a las crucetas.** Los conductores de comunicaciones no se deben fijar a crucetas que lleven conductores de alumbrado o de fuerza.

3) **Espacio de ascenso.** El espacio de ascenso, a través de los conductores de comunicación deben cumplir con los requisitos indicados en 225-14 (d).

4) **Separación.** Las bajadas de acometidas aéreas de 0 a 750 V, instaladas por encima y en paralelo a las bajadas de acometidas aéreas de comunicación, deberán tener una separación mínima de 30 cm en cualquier punto del claro, incluyendo el punto de fijación al edificio, siempre que los conductores activos estén aislados y que se mantenga una separación de 100 cm entre las dos acometidas, en el poste.

b) **Sobre azoteas.** Los conductores de comunicaciones deben tener una separación vertical mínima de 240 cm de cualquier punto de la azotea sobre la que pasen.

Excepción 1: Edificios auxiliares, tales como cocheras y similares.

Excepción 2: Se permite una reducción en el claro colgante sobre la azotea a no menos de 46 cm si.

- 1) *Solamente pasan sobre la azotea no-más de 1,2 m de cable de bajada de acometida de comunicación.*
- 2) *Terminan en una canalización o soporte a través o arriba del techo.*

Excepción 3: Si el techo tiene una pendiente no-menor a 10 cm por cada 30 cm, se permite una reducción en el claro a un mínimo de 90 cm.

800-11. Acometidas subterráneas a edificios. Los conductores subterráneos de circuitos de comunicación que entren en los edificios, deben cumplir con (a) y (b) siguientes:

a) **Con conductores de alumbrado o fuerza.** Los conductores subterráneos instalados en canalizaciones, registros o cajas de registro en los que haya conductores de alumbrado o fuerza, conductores de circuitos Clase I o de alarma contra incendios que no sean de potencia limitada, deben estar separados de estos conductores por medio de un muro divisorio de tabique, ladrillo o concreto.

b) **Distribución subterránea en la manzana.** Cuando el circuito entero de la calle sea subterráneo y el circuito dentro de la manzana esté colocado de manera tal que no haya riesgo de contacto accidental con circuitos de alumbrado o fuerza de más de 300 V a tierra, los requisitos de aislamiento indicados en 800-12 (a) y 800-12 (c) no se aplican, los conductores no necesitan colocarse sobre soportes aislantes ni se necesitan conectores en la acometida.

c) **Con conductores de alumbrado y fuerza.** Los conductores de señal (control, informática, supervisión, telefonía, etc.), no deben instalarse en los mismos ductos, registros, escalerillas o seguir trayectorias idénticas en donde la separación entre dichos cables sea menor a 30 cm.

Excepción: Si dicha instalación cumple con lo indicado, por la tecnología de alambrado estructurado.

800-12. Circuitos que necesitan protectores primarios. Los circuitos que requieren protectores primarios como los descritos en 800-30, deben cumplir los siguientes requisitos:

a) **Aislamiento, alambres y cables.** Los alambres y cables de comunicaciones sin blindaje metálico, tendidos desde el último soporte exterior hasta el protector primario, deben estar aprobados y listados como adecuados para este propósito y tener una capacidad de conducción de corriente como se especifica en 800-30 (a) (1) (b) o 800-30 (a) (1) (c).

b) **Sobre edificios.** Los conductores de comunicación, que cumplan lo establecido en 800-12 (a), deben estar separados por lo menos 10 cm de los conductores de fuerza y alumbrado que no estén en una canalización o cable, o estar permanentemente separados de los conductores de los demás sistemas mediante una barrera continua y bien sujetos de material no-conductor, tal como tubo de porcelana o flexible, además del aislamiento de los cables. Los conductores de comunicaciones que cumplan con lo indicado en 800-12 (a) y que se encuentren expuestos a contactos accidentales con conductores de alumbrado y fuerza operando a tensiones eléctricas mayores de 300 V a tierra y fijados a los edificios, deben separarse de la estructura del edificio mediante aisladores de vidrio, porcelana u otro material aislante.

Excepción: La separación de acabados de madera no es necesaria cuando se omiten los fusibles, como está previsto en 800-31(a), o donde se usen los conductores para extender circuitos a un edificio desde un cable que tenga pantalla metálica puesta a tierra.

c) **Entrada a edificios.** Cuando se instale un protector primario dentro del edificio, los conductores de comunicación deben entrar al edificio ya sea por medio de una boquilla aislante, no absorbente e incombustible, o por medio de una canalización metálica. Puede omitirse la boquilla aislante en los conductores que entran cuando los conductores: (1) son cables con cubierta metálica; (2) pasan a través de mampostería; (3) satisfacen los requisitos indicados en 800-31(a); o (4) cumplen con los requisitos especificados en 800-12 (a) y se utilizan para prolongar circuitos al edificio desde un cable con cubierta metálica puesta a tierra. Las canalizaciones o boquillas deben tener una pendiente hacia arriba desde el exterior o, cuando esto no es posible, hacer curvas de goteo en los conductores inmediatamente antes de su entrada al edificio.

Las canalizaciones deben estar equipadas con una mufa de acometida aprobada. Por una canalización o boquilla pueden entrar más de un conductor. Tubo (*conduit*) u otras canalizaciones metálicas colocadas adelante del protector deben estar puestos a tierra.

800-13. Conductores de pararrayos. Cuando sea factible, se debe mantener una separación de por lo menos de 180 cm entre los conductores visibles de sistemas de comunicación y los conductores de pararrayos.

C. Protección

800-30. Dispositivos de protección

a) **Aplicación.** En cada circuito que se encuentre parcial o completamente aéreo y que no se limite a la manzana o edificio, se debe colocar un protector primario aprobado y listado. También se debe colocar un protector primario aprobado y listado en cada circuito, aéreo o subterráneo, que esté situado en la manzana a la que pertenezca el edificio, si está expuesto a contacto accidental con conductores de

alumbrado o fuerza con tensiones eléctricas mayores a 300 V a tierra. Además, donde exista exposición a descargas atmosféricas, cada circuito inter-edificio en un predio, debe protegerse con un protector primario aprobado y listado en cada extremo del circuito inter-edificio.

NOTA 1: La palabra "manzana" en este Artículo, significa una parte de una ciudad, pueblo o población, rodeada de calles, incluyendo los callejones que están en ella, pero ninguna calle o avenida. La palabra "predio" como se usa en este Artículo, significa terreno o edificio de un usuario.

NOTA 2: La palabra "expuesto" en este Artículo, significa que el circuito está en posición de que, en caso de falla de los soportes o del aislamiento, podría ocurrir un contacto con otro circuito.

NOTA 3: En un circuito no expuesto a contacto accidental con conductores de fuerza, el instalar un protector primario aprobado de acuerdo con lo indicado en este Artículo ayuda a protegerlo contra otros peligros, como descargas atmosféricas y sobretensiones anormales inducidas por corrientes eléctricas de falla en los circuitos de fuerza próximos a los circuitos de comunicación.

NOTA 4: Los circuitos inter-edificios están expuestos a descargas atmosféricas a menos que exista alguna de las siguientes condiciones:

- 1) Los circuitos en grandes áreas metropolitanas donde los edificios están juntos y son suficientemente altos para interceptar las descargas atmosféricas.
- 2) Cables de 40 m de longitud o menores instalados entre edificios o directamente enterrados o en tubo (*conduit*) subterráneo, donde un blindaje metálico continuo o un tubo (*conduit*) metálico que contenga al cable esté unido al sistema de electrodos de puesta a tierra de cada edificio.
- 3) Áreas que tengan un promedio de cinco días de tormenta o menos por año y la resistividad del terreno menor a 100 Ω -m.

1) **Protectores primarios sin fusibles.** Puede utilizarse un protector primario del tipo sin fusibles en cualquiera de las condiciones siguientes:

a) Donde los conductores que entren a un edificio por medio de un cable con cubierta metálica puesta a tierra y si los conductores en el cable se funden sin peligro, para todas las corrientes mayores a la capacidad de corriente eléctrica del protector primario y del conductor de puesta a tierra del protector.

b) Donde se utilicen conductores aislados de acuerdo con lo indicado en 800-12 (a) para extender circuitos a un edificio desde un cable, con cubierta metálica puesta a tierra eficazmente y si los conductores en el cable, o las conexiones entre los conductores aislados y la planta expuesta, se funden sin peligro para todas las corrientes eléctricas mayores a la capacidad de conducción de corriente del protector primario, o los conductores aislados asociados y del conductor de puesta a tierra del protector primario.

c) Donde se utilicen conductores aislados acordes con lo indicado en 800-12(a) o (b) para extender circuitos a un edificio desde otro que no sea un cable con cubierta metálica si (1) el protector primario está aprobado y listado para este propósito, y (2) las conexiones de los conductores aislados a la planta expuesta se funden sin presentar peligro para corrientes eléctricas mayores a la capacidad de conducción de corriente del protector primario, o la de los conductores aislados asociados y la del conductor de puesta a tierra del protector.

d) Donde se utilicen conductores aislados, de acuerdo con lo indicado en 800-12 (a) para extender circuitos en forma aérea a un edificio desde un circuito no expuesto, enterrado o subterráneo.

e) Donde se usen conductores aislados, de acuerdo con lo indicado en 800-12 (a) para extender circuitos a un edificio desde un cable con cubierta puesta a tierra eficazmente y si (1) la combinación del protector conductor aislado está aprobado y listado para ese uso y (2) los conductores aislados se funden sin peligro para todas las corrientes eléctricas mayores a la capacidad de conducción de corriente del protector primario y la del conductor de puesta a tierra del protector primario.

NOTA: "Puesto a tierra eficazmente" significa conectado intencional y permanentemente a tierra a través de una conexión de baja impedancia y con suficiente capacidad de conducción de corriente para impedir la formación de tensiones eléctricas que puedan significar un peligro para las personas o al equipo conectado.

2) **Protectores primarios a fusibles.** Cuando no se cumplan los requisitos indicados anteriormente se deben usar protectores primarios a fusible. Un protector primario a fusible consiste en un protector contra sobretensión eléctrica conectado entre cada conductor de fase y tierra, un fusible en serie con cada conductor de fase y un montaje adecuado. Las terminales del protector deben estar claramente marcadas para identificar las conexiones de fase, equipo y tierra.

b) **Ubicación.** El protector primario debe ubicarse dentro, encima o inmediatamente adyacente a la estructura o edificio servido y tan cerca como sea posible del punto en el cual los conductores descubiertos entren o estén fijados.

Para los propósitos de este Artículo, el punto en el cual los conductores expuestos entran se considera el punto de salida a través de un muro exterior, una losa de concreto o desde un tubo (*conduit*) metálico tipo pesado o semipesado puesto a tierra en un electrodo, de acuerdo con lo indicado en 800-40 (b).

Para propósitos de este Artículo, cumplen con los requisitos, los protectores primarios localizados en el equipo de acometida de casas móviles a la vista y a no-más de 9 m desde la pared exterior de la casa móvil que sirve; o a un medio de desconexión en la casa móvil puesto a tierra acorde con lo especificado en 250-24 y a la vista y no-más de 8 m de la casa móvil que sirve.

NOTA: Si se selecciona la ubicación del protector primario para lograr que el conductor de puesta a tierra del protector sea lo más corto posible, se ayuda a eliminar las diferencias de potencial entre los circuitos de comunicación y otros sistemas metálicos.

c) Lugares peligrosos (clasificados). El protector primario no debe ubicarse en ninguno de los lugares peligrosos (clasificados) de acuerdo con lo definido en el Artículo 500 ni en la proximidad de materiales fácilmente inflamables.

Excepción: Como se permite en 501-14, 502-14 y 503-12.

800-31. Requisitos del protector primario. El protector primario debe consistir de una protección contra sobretensiones eléctricas conectadas entre cada conductor de línea y tierra en montaje apropiado. Las terminales del protector estarán claramente marcadas para identificar las conexiones de línea y tierra.

800-32. Requisitos del protector secundario. Cuando un protector secundario se instale en serie con el alambre y el cable interior de comunicación entre el protector primario y el equipo, éste debe estar aprobado y listado para dicho propósito. El protector secundario debe incluir medios para limitar la corriente eléctrica a valores menores a la capacidad de conducción de corriente del cable y del alambre de comunicación interior aprobado y listado, de cordones de línea telefónica aprobados y listados y terminales de comunicación aprobadas y listadas, que tengan entradas para circuitos de comunicación con alambre exterior. Cualquier protección contra sobretensiones, apartarrayos o conexión de puesta a tierra, debe estar conectada en el lado de la protección limitadora de corriente eléctrica del protector secundario.

NOTA: Los protectores secundarios en circuitos expuestos no están diseñados para usarse sin protectores primarios.

800-33. Puesta a tierra de cables. Las cubiertas metálicas de los cables de comunicación que entren a los edificios deben ser puestas a tierra tan cerca como sea posible del punto de entrada o interrumpirse tan cerca del punto de entrada como sea practicable, por una junta aislada o por un dispositivo equivalente.

Para propósitos de este Artículo, se considera como punto de entrada el lugar donde emerge, a través de un muro exterior, una losa de concreto o de un tubo (*conduit*) metálico conectado a un electrodo de puesta a tierra de acuerdo con lo indicado en 800-40 (b).

D. Métodos de puesta a tierra

800-40. Puesta a tierra del cable y del protector primario. La cubierta metálica de los cables, cuando lo exija la Sección 800-33 y los protectores primarios se deben poner a tierra como se indica a continuación.

a) Conductor de puesta a tierra

1) **Aislamiento.** El conductor de puesta a tierra debe estar aislado con forro en color verde con raya amarilla y aprobado y listado para este uso.

2) **Material.** El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre u otro material conductor resistente a la corrosión, sólido o cableado.

3) **Tamaño nominal.** El conductor de puesta a tierra no debe tener un tamaño nominal menor a 3,307 mm² (12 AWG) y de preferencia ser cable.

4) **Recorrido.** El recorrido del conductor de puesta a tierra debe ser lo más recto y directo posible hasta el electrodo de puesta a tierra.

5) **Daño físico.** Cuando sea necesario, el conductor de puesta a tierra debe estar protegido contra daño físico. Cuando este conductor de puesta a tierra esté dentro de una canalización metálica, ambos extremos de la canalización deben unirse al conductor de puesta a tierra, o a la misma terminal o electrodo al cual está conectado el conductor de puesta a tierra.

b) Electrodo. El conductor de puesta a tierra debe conectarse como sigue:

1) Al lugar más cercano y accesible en: (1) al sistema de electrodos de puesta a tierra del edificio o estructura de acuerdo con lo indicado en 250-81; (2) al sistema interno de tuberías metálicas de agua acorde con 250-80(a); (3) a los medios externos accesibles a las envolventes de la acometida de energía como se indica en 250-71(b); (4) a la canalización metálica de la acometida de energía; (5) a la envolvente del equipo de la acometida de energía; (6) al conductor del electrodo de puesta a tierra o el conductor del electrodo de puesta a tierra de la envolvente metálica, o (7) al conductor o al electrodo de puesta a tierra del medio de desconexión de un edificio o estructura puesta a tierra según lo indicado en 250-24.

Para propósitos de esta sección, el equipo de acometida o medio de desconexión de una casa móvil, como se describe en 800-30(b), se considera accesible.

2) Si el edificio o estructura servidos no tienen medios de puesta a tierra como se describe en (b)(1), o a cualquiera de los otros electrodos individuales descritos en 250-81.