

Análisis Y Verificación De Subestaciones Y Alimentadores A Sus Diferentes Edificios.

ASESOR: ING. FIDEL TOVILLA HERNÁNDEZ

INDICE

OBJETIVO:	<u>5</u>
JUSTIFICACION:	<u>5</u>
CAPITULO I. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	<u>6</u>
1.1.-ANTECEDENTES	<u>6</u>
1.2. MISIÓN	<u>7</u>
1.3. VISION	<u>7</u>
1.4. VALORES	<u>7</u>
1.5. LOCALIZACIÓN.	<u>7</u>
<u>CAPITULO II. PLANTIAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>8</u>
2.1.- PROPUESTA A RESOLVER	8
2.2.- OBJETIVO:	8
2.3.-JUSTIFICACION:	8
CAPITULO III. MARCO TEORICO.	<u>99</u>
3.1.- INTRODUCCION	9
CAPITULO IV: TIPOS DE CONDUCTORES Y CARACTERISTICAS	10
4.1 AISLANTE	10
4.2 PAPEL IMPREGNADO	11
4.3 CAMBRAY BARNIZADO	11
4.4 TERMOPLÁSTICOS	12
4.5 TERMOFIJOS	12
4.6 CUBIERTA SEMICONDUCTORA Y PANTALLA	14
CAPITULO V: ARTÍCULOS DE LA NOM001-SEDE-2005	15
5.1 TRANSFORMADORES Y BOVEDAS PARA TRANSFORMADORES	15
5.2 PUESTA A TIERRA	25
5.3 LINEAS SUBTERRANEA	35
5.4 ARTICULO 924-SUBESTACIONES	54
CAPITULO VI: DESARROLLO DEL PROYECTO	61
6.1 MEMORIA TECNICA	61
6.2 UBICACIÓN FISICA DE SUBESTACIONES Y TABLEROS DE CONTROL	70

5.3 DESARROLLO DE PROPUESTA DE ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE SUBESTACIONES Y ALIMENTADORES A SUS DIFERENTES EDIFICIOS	70
5.4 REPORTE DE ACTIVIDADES REALIZADAS	70.
CONCLUSION	<u>72</u>
BIBLIOGRAFIA	<u>73</u>

ING. FIDEL TOVILLA HERNÁNDEZ

ALUMNO:

RODRIGO JUAREZ ONTIVEROS

SEMESTRE:

NOVENO

INGENIERIA ELECTRICA

NOMBRE DE PROYECTO: Análisis Y Verificación De Subestaciones Y Alimentadores A Sus Diferentes Edificios

JUSTIFICACIÓN

Revisar y actualizar las subestaciones como las líneas subterráneas de media y baja tensión del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de acuerdo con las nuevas normas (nom-001) para tener un mejor control de las posibles fallas.

OBJETIVO

Realizar un estudio técnico sobre los tipos de conductores que van desde las distintas subestaciones a los diferentes edificios del "INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ", así como establecer la ubicación geográfica de cada uno de los registros. Como parte del objetivo, cabe mencionar que se sentarán las bases para la implementación de las nuevas normas de líneas subterráneas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1; Realizar un levantamiento digital a través de un plano.
- 2; diseñar diagramas unifilares de cada uno de los registros que se utilicen para las líneas subterráneas.
- 3; elaborar cuadro de cargas del plano realizado.
- 4; de acuerdo con las normas de líneas subterráneas, ver los nuevos tipos de registros.
- 5; ubicar centros de carga, alimentación de circuitos, interruptores de circuitos de alimentación.
- 6; realizar un conteo de registro y de centros de cargas.
- 7; proponer nuevos tipos de conductores, nuevos tipos de tuberías, nuevos tipos de registros, todo de acuerdo a las normas de líneas subterráneas.

CAPITULO I. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1.-ANTECEDENTES

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional extensión educativa, por intervención del Gobierno del Estado de Chiapas ante la federación. Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto sería el Centro Educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.

El día 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de 2 edificios con 8 aulas, 2 laboratorios y un edificio para talleres abre sus puertas el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con las carreras de Técnico en Máquinas de Combustión Interna, Electricidad, Laboratorista Químico y Máquinas y Herramientas.

En el año 1974 dio inicio la modalidad en el nivel superior, ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial en Producción y Bioquímica en Productos Naturales. En 1980 se amplió la oferta educativa al incorporarse las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica e Ingeniería Industrial Química.

En 1987 se abre la carrera de Ingeniería en Electrónica y se liquidan en 1989 las carreras del sistema abierto del nivel medio superior y en el nivel superior se reorientó la oferta en la carrera de Ingeniería Industrial Eléctrica y se inicia también Ingeniería Mecánica.

En 1991 surge la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Desde 1997 el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la Especialización en Ingeniería Ambiental como primer programa de postgrado.

En 1998 se estableció el programa interinstitucional de postgrado con la Universidad Autónoma de Chiapas para impartir en el Instituto Tecnológico la Maestría en Biotecnología.

En el año 1999 se inició el programa de Maestría en Administración como respuesta a la demanda del sector industrial y de servicios de la región.

A partir de 2000 se abrió también la Especialización en Biotecnología Vegetal y un año después dio inicio el programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y la Licenciatura en Informática.

1.2. MISIÓN

Formar de manera integral profesionales de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

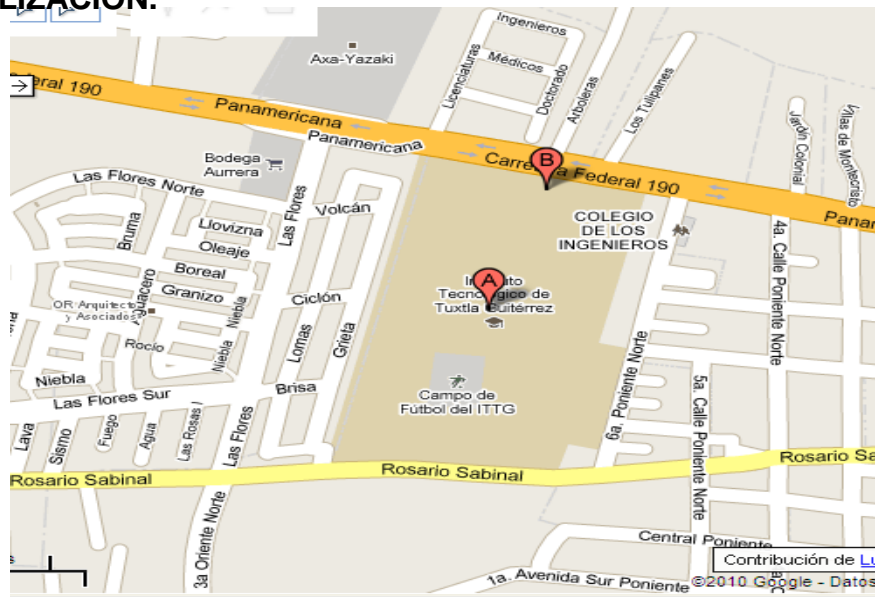
1.3. VISION

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socio-económico sustentable de la región

1.4. VALORES

- El ser humano
- El espíritu de servicio
- El liderazgo
- El trabajo en equipo
- La calidad
- El alto desempeño

1.5. LOCALIZACIÓN.



CAPITULO II. PLANTIAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.- PROPUESTA A RESOLVER

A través de los tiempos el hombre se ha valido de múltiples servicios que le han proporcionado confort a su subsistencia, tal es el caso de la energía eléctrica que ha tenido un papel preponderante en el desarrollo de la sociedad porque permite el avance de la tecnología en la vida moderna, y a su vez ésta ofrece equipos cada vez más sofisticados que brindan recreación, entretenimiento y comodidades, demandando mayor cantidad de energía, como lo son los electrodomésticos, los aires acondicionados, etc., que en el ámbito residencial representan un papel primordial, ya que cada día son más necesarios para facilitar las labores tanto en el hogar como en el trabajo.

2.2.- OBJETIVO:

Realizar un estudio técnico sobre los tipos de conductores que van desde las distintas subestaciones a los diferentes edificios del "INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ", así como establecer la ubicación geográfica de cada uno de los registros. Como parte del objetivo, cabe mencionar que se sentaran las bases para la implementación las nuevas normas de líneas subterráneas.

2.3.-JUSTIFICACION:

Revisar y actualizar las subestaciones como las líneas subterráneas de media y baja tensión del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de acuerdo con las nuevas normas (nom-001) .para si tener un mejor control de las posibles fallas.

CAPITULO III. MARCO TEORICO.

3.1.- INTRODUCCION

La energía eléctrica se ha convertido en parte de nuestra vida diaria. Sin ella, difícilmente podríamos imaginarnos los niveles de progreso que el mundo ha alcanzado. la energía puede ser conducida de un lugar o de un objeto a otro . Eso mismo ocurre con la electricidad. Es válido hablar de la "corriente eléctrica", pues a través de un elemento conductor, **la energía fluye y llega a nuestras lámparas, televisores, refrigeradores y demás equipos domésticos** que la consumen.

También conviene tener presente que la energía eléctrica que utilizamos está sujeta a distintos procesos de **generación, transformación, transmisión y distribución**, ya que no es lo mismo generar electricidad mediante combustibles fósiles que con energía solar o nuclear. Tampoco es lo mismo transmitir la electricidad generada por pequeños sistemas eólicos y/o fotovoltaicos que la producida en las grandes hidroeléctricas, que debe ser llevada a cientos de kilómetros de distancia y a muy altos voltajes.

La primera transmisión a distancia de la corriente alterna trifásica fue la transmisión de la energía eléctrica de una central hidroeléctrica de 200 kW. en Alemania, en 1891, a una distancia de 170 km. La tensión del generador se elevaba de 95 a 15000 V., tensión de transmisión y luego se reducía hasta 113 V. y se aplicaba a un motor asincrónico trifásico de 75 kW. Que accionaba a una unidad de bombeo. El desarrollo de las aplicaciones industriales de la electricidad que iniciaron a fines del siglo XIX, se oriento sobre dos caminos, la corriente continua y la corriente alterna, esta ultima en distintas frecuencias exigidas en algunos casos por distintas necesidades 15, 25, 42, 45, 50 Hz, 60 Hz... estas se fueron unificando en las hoy difundidas 50 y 60 Hz, ciertas aplicaciones mas modernas hicieron aparecer los 400 Hz...

Las primeras Normas Nacionales se editaron en 1974 y estuvieron vigentes hasta el 20 de noviembre de 1992, la segunda edición estuvo vigente hasta el 5 de marzo de 1997, la tercera edición estuvo vigente hasta 1 de mayo del 2002, la cuarta edición estuvo vigente hasta 11 de marzo del 2005, la quinta edición estuvo vigente hasta el 21 de agosto del 2008; actualmente a treinta y cuatro años de la implantación de las primeras Normas Nacionales se presenta su sexta edición, la cual incorpora los avances tecnológicos que han permitido la modernización de las técnicas de construcción, así como el empleo de materiales, equipos y accesorios más eficientes, que permiten abatir costos, sin menoscabo de la confiabilidad y seguridad que proporcionan los Sistemas Subterráneos.

Para la optimización de los proyectos, se incorpora la herramienta de diseño y configuración de redes de distribución subterránea de baja tensión asistida por

computadora “Conjunto Transformador Red Secundaria” CTRS, la cual facilita el diseño de redes optimizadas, considerando demanda, pérdidas de energía eléctrica, costos de inversión y operación. En la sección correspondiente a alta tensión se incluyen consideraciones técnicas para su diseño, obra civil y electromecánica, así como animaciones que muestran la elaboración de empalmes y terminales de las principales tecnologías que actualmente se emplean en CFE.

La elaboración de diseños de Sistemas subterráneos, debe realizarse en forma eficiente, con la máxima economía, sin menoscabo del cumplimiento de los lineamientos incluidos en esta Norma (NOM-001).

CAPITULO IV: TIPOS DE CONDUCTORES Y CARACTERISTICAS

Un trozo de material esta dispuesto de muchos átomos dispuestos de una manera peculiar de acuerdo al material. Algunos materiales, principalmente los metales, tienen un gran número de electrones libres que pueden moverse a través del material. Estos materiales tienen la facilidad de transmitir carga de un objeto a otro y se llaman conductores.

Constitución de los cables subterráneos

Cada cable puede estar provisto de uno, dos, tres o cuatro conductores. Anteriormente se empleaban en las líneas monofásicas y trifásicas conductores concéntricos, pero por las dificultades de fabricación y aislamiento cayeron en desuso, fabricándose exclusivamente en la actualidad con conductores tranzados o arrollados en hélice.

4.1 AISLANTE

Es un material que se resiste al flujo de carga, algunos ejemplos de aislante son la ebonita, el plástico la mica, la baquelita, el azufre y el aire.

Los cables aislados consisten esencialmente en uno o mas conductores mediante materiales enrollados o extruidos sobre los conductores; ademas, dependiendo del tipo de cable y de la tensión para la que este diseñado, existen otros elementos que tiene por objeto lograr el mejor aprovechamiento de las cualidades de los aislamientos y la preservación de esas cualidades, en el caso general pueden distinguirse las partes componentes de un cable en la siguiente figura.

4.2 PAPEL IMPREGNADO

Los papeles impregnados fue uno de los primeros materiales utilizados para el aislamiento de los cables para la transmisión de energía eléctrica y continua siendo el mejor aislamiento para cables de alta tensión.

Sus principales características son las siguientes

- Alta rigidez dieléctrica
- Bajas pérdidas dieléctricas
- Resistencia elevada a las descargas parciales (ionización)
- Posee buenas características térmicas

Su gran desventaja consiste en que es muy higroscópico y que la absorción de la humedad deteriora considerablemente sus cualidades dieléctricas, por esta razón el aislamiento de papel debe secarse perfectamente durante el proceso de fabricación del cable y protegerse con un forro hermético.

Para realizar este tipo de aislamiento se enrolla sobre el conductor cintas de papel, helicoidalmente, en capas superpuestas, hasta obtener el espesor de aislamiento deseado; A continuación se seca y se desgasifica el aislamiento calentándolo y sometándolo a un vacío elevado y se impregna con aceite mineral.

En los cables llamados de tipos sólidos que se usan para tensiones entre fases de hasta 69 Kv en cables monopares y 46 Kv en cables tripolares, el aceite mineral para la impregnación se mezcla con una resina vegetal para aumentar su viscosidad y evitar así la migración del aceite aislante por gravedad hacia las partes mas bajas de la instalación. En cables para tensiones mas elevadas, el aislamiento se mantiene bajo presión por diferentes medios.

Se han realizado cables con aislamiento para tensiones hasta de 50 Kv (voltaje entre fases) y están en proceso de investigación cable para 750 Kv

4.3 CAMBRAY BARNIZADO

Es una cinta de algodón barnizado con varias capas de barniz aislantes. Entre cada capa de aislamiento hay una sustancia lubricante de alta viscosidad. Constituye un aislamiento mas flexible, aunque de menor calidad, que el papel impregnado y se aplicado en casos de cables colocados verticalmente o con pendientes pronunciadas, ya que no representa el inconveniente de los cables del papel impregnado, en los que el aceite puede escurrirse por gravedad.

El cambray barnizado se ha usado en tensiones de 600 volts a 23000 volts pero actualmente ha sido desplazado por cables de aislamiento sintético que resultan mas económicos.

4.4 TERMOPLÁSTICOS

Son materiales orgánicos sintéticos obtenidos por polimerización. Se vuelve plástico al aumentar la temperatura lo que permite aplicarlos por extrusión en caliente sobre los conductores, solidificándose después al hacer pasar el cable por un baño de agua fría.

Los termoplásticos mas utilizados como aislamientos de cables eléctricos son el cloruro de polivinil (PVC) y el polietileno.

El PVC mezclado con otra sustancia se utiliza extensamente como aislante sobre todo en cables de baja tensión, debido a su bajo costo, a su mayor resistencia a la ionización comparado con otros aislamientos orgánicos sintéticos y a poder obtenerse con mezclas adecuadas, temperaturas de operación que van desde 60° C a 150° C. Tiene el inconveniente de tener una constante dieléctrica elevada y en consecuencia pérdidas eléctricas altas, lo que limita su empleo en tensiones mas elevadas.

Sin embargo en Alemania e Italia se han desarrollado compuestos de PVC que, a la temperatura de operación del cable, tiene pérdidas dieléctricas relativamente bajas. Actualmente se fabrica cable con aislamiento de PVC para tensiones hasta de 23000 volts.

El polietileno que se obtiene por polimeración de gas etileno, tiene excelentes características como aislante eléctrico: rigidez dieléctrica comparable a la del papel impregnado y pérdidas dieléctricas menores. Tienen también una conductividad térmica mayor que el papel impregnado, lo que facilita la disipación del calor.

Las desventajas del polietileno es que puede producirse deterioro del aislamiento debido a descargas parciales producidas por ionización, su punto de fusión es bastante bajo del orden de los 110° C lo que limita la temperatura de operación de los cables aislados con polietileno a 75° C. Para mejorar las características térmicas se han desarrollado el polietileno de alta densidad y el polietileno vulcanizado o de cadena cruzada.

El polietileno de alta densidad tiene un punto de fusión de 130° C mejores cualidades mecánicas y un costo menor. El polietileno de alta densidad extruido se ha utilizado en cables hasta de 63 Kv a medida que se va perfeccionando la tecnología de la extrusión de este material su uso se extiende a tensiones mas elevadas habiendo puesto en servicio en 1980 un cable para 225 Kv.

4.5 TERMOFIJOS

Los Aislamiento agrupados bajo el nombre de termofijos están constituidos por materiales que se caracterizan porque, mediante un proceso de vulcanización, se hace desaparecer su plasticidad y se aumente su elasticidad y la consistencia mecánica.

Estos aislamientos se aplican generalmente por extrusión y se someten a un proceso de vulcanización elevando la temperatura a los valores requeridos.

Los aislantes termofijos mas usados son el hule natural y los hules sintéticos, conocidos con el nombre genérico de elastómeros y más reciente algunos derivados del polietileno.

El hule natural fue, con el papel, uno de los materiales usados para el aislamiento de cables. Se obtiene del látex de un árbol tropical originario de Brasil. Para utilizarlo como aislamiento se mezcla con otras sustancias: plastificantes, agentes de vulcanización (1 a 2% de azufre) y modificadores y vulcanizado se emplea mucho en baja tensión y con menos frecuencia para tensiones mas elevadas hasta de 25 Kv

los hules sintéticos mas utilizados como aislamientos de cable son el estireno-butadieno (SBR) el butilo, el neopreno, y el etileno-propileno (EPR)

El estireno-butadieno conocido comercialmente con las iniciales SBR sus cualidades eléctricas y mecánicas son ligeramente inferiores a las del hule natural. En cambio sus cualidades de resistencia a los agentes químicos y al envejecimiento son algo superiores, por sus características y su bajo precio se ha utilizado principalmente en el aislamiento de cables de baja tensión.

El butilo es un hule sintético cuya propiedad principal es poder trabajar a temperaturas mas elevadas que el hule natural su temperatura de operación es de 85° C. También ofrece una mayor resistencia a la ionización lo que permite usarlo para tensiones mas altas, una gran flexibilidad y resistencia a la humedad superior a la del hule natural. Aunque la materia prima para este tipo de aislamiento es barato su proceso de fabricación es elevado por lo que el precio final es costoso. Tiene aplicaciones para corta longitud, para aplicaciones especiales.

El neopreno es un hule sintético de bajas propiedades dieléctricas pero superior a los elastómeros antes citados en lo que respecta a la resistencia a los aceites, a la flama, a la abrasión y a la intemperie por esta razón y su gran flexibilidad se usa principalmente en forros o cubiertas de cables aislados con otros elastómeros.

El etileno-propileno es un hule sintético de desarrollo reciente que tiene cualidades dieléctricas próximas a las de polietileno pero mayor resistencia ala ionización y una temperatura de operación de 90° C, se aplican especialmente a circuitos de alta tensión en instalaciones industriales. Actualmente se fabrican cables con este tipo de aislamiento para tensiones de hasta 60000 volts.

El polietileno sulfoclorado se obtiene sometiendo el polietileno a la acción simultanea del cloro y del anhídrido sulfuroso; se obtiene un producto que, después es vulcanizado, tiene una gran resistencia a los agentes químicos y al ozono. Sus propiedades eléctricas son intermedias entre las del hule natural y el neopreno y puede trabajar a temperaturas mas altas, del orden de 90° C, su aplicación principal es en cubiertas de cables.

El polietileno vulcanizado también llamado polietileno de cadena cruzada o polietileno reticulado, se obtiene mediante la adición de un peroxido que a la temperatura elevada del proceso de vulcanización reacciona con el polietileno, produciendo la liga de las cadenas moleculares del polietileno. El polietileno vulcanizado puede trabajar

continuamente a 90° C. En cambio la vulcanización aumenta la rigidez del polietileno y esa pérdida de flexibilidad dificulta el manejo del cable

4.6 CUBIERTA SEMICONDUCTORA Y PANTALLA

La cubierta semiconductora que se coloca inmediatamente sobre el conductor, tiene por objeto uniformar el gradiente eléctrico en la superficie del conductor, eliminando las distorsiones del campo eléctrico debidas a las protuberancias constituidas por los hilos de la capa exterior. (el uso de materiales semiconductores se debe a que en esta forma se reduce la intensidad de las cargas eléctricas que pueden producir ionización, con respecto a la que se tendrá si se utilizasen cubiertas metálicas).

La cubierta semiconductora puede estar constituida por una cinta de papel de papel saturado en carbón coloidal, enrollada directamente sobre el conductor. Esta disposición se usa, por ejemplo, en los cables aislados con papel impregnado. En cables con aislamientos extruidos de construcción moderna, la cubierta semiconductora se aplica por extrusión usando un material semiconductor adecuado.

La pantalla esta constituida por una capa conductora colocada sobre el aislamiento y conectada a tierra, que tiene por objeto principal crear una superficie equipotencial para obtener un campo eléctrico radial en el dieléctrico. (La pantalla sirve también para blindar el cable contra potenciales inducidos por campos eléctricos externos y como protección para el personal, mediante su conexión efectiva en tierra). Puede realizarse mediante una cinta de papel metalizado o una cinta de un metal no magnético (cobre o aluminio) de un espesor del orden de los .8 mm, enrollada sobre el aislamiento. En cables con aislamiento extruido se usan pantallas semiconductoras aplicadas por extrusión, colocadas entre la pantalla y el aislamiento, incluso con materiales aislantes como el polietileno que tiene un alto coeficiente de expansión térmica; en estos casos la pantalla metálica suele estar constituida por hilos de cobre o aluminio enrollados sobre la pantalla semiconductora.

En los cables para alta tensión en los que los gradientes eléctricos aplicados al aislamiento son bajos, no se requiere un control de la distribución del campo eléctrico y por lo tanto puede prescindirse de la pantalla metálica; sin embargo ésta se usa en ocasiones e cables de baja tensión, para evitar la inducción de potenciales en los conductores, debidos a los campos eléctricos externos.

CAPITULO V: ARTÍCULOS DE LA NOM001-SEDE-2005

5.1 TRANSFORMADORES Y BOVEDAS PARA TRANSFORMADORES

ARTÍCULO 450 - TRANSFORMADORES Y BOVEDAS PARA TRANSFORMADORES

450-1. Alcance. Este Artículo se aplica a la instalación de transformadores.

Excepción 1: Transformadores de corriente.

Excepción 2: Transformadores tipo seco que formen parte de aparatos y que cumplan con los requisitos de dichos aparatos.

Excepción 3: Transformadores que sean parte integral de equipo de rayos X, de aparatos de alta frecuencia o de aparatos de revestimiento por proceso electrostático.

Disposiciones generales

450-2. Definiciones. Para el propósito de este Artículo:

Transformador: La palabra “transformador” se entiende como un transformador individual de una o múltiples fases, identificado por una sola placa de datos a menos que se identifique de otra forma en este Artículo.

450-3. Protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de los transformadores debe cumplir con lo indicado en (a), (b) o (c) descritos a continuación. Se permite que el dispositivo de protección en el secundario consista de no más de seis interruptores automáticos o no más de seis juegos de fusibles agrupados en un solo lugar. Cuando se usen varios dispositivos contra sobrecorriente, el valor total de todas las capacidades o ajustes de estos dispositivos, no debe exceder el valor que se permita para un solo dispositivo de sobrecorriente. Si se instalan tanto interruptores automáticos como fusibles, el valor total de todas las capacidades o ajustes de estos dispositivos, no debe exceder el valor que se permita para fusibles.

Como se usa en esta Sección, la palabra “transformador” significa un transformador o un banco polifásico de dos o más transformadores monofásicos que operen como una unidad.

NOTA 1: Véanse 240-3, 240-21, 240-100 para la protección contra sobrecorriente de los conductores.

NOTA 2: Las cargas no lineales pueden incrementar la temperatura en el transformador, sin que su protección de sobrecorriente opere.

a) Transformadores de tensión eléctrica nominal mayor que 600 V

1) Primario y secundario. Cada transformador de más de 600 V nominales debe tener dispositivos de protección para el primario y para el secundario, de capacidad o ajuste para abrir a no más de los valores anotados en la Tabla 450-3

(a)(1). Los fusibles que actúen electrónicamente y que puedan ajustarse para abrir con una corriente eléctrica específica, deben ajustarse de acuerdo con el valor de ajuste para los interruptores automáticos.

Excepción 1: Cuando la capacidad nominal del fusible requerido o el ajuste del interruptor automático no corresponda a la capacidad o ajuste normalizado, se permite usar el valor o ajuste normalizado próximo más alto sólo en el primario.

Excepción 2: Como se especifica en (a) (2) a continuación.

TABLA 450-3 (a)(1).- Transformadores de más de 600 V

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Primario			Secundario		
Más de 600 V			Más de 600 V		600 V o menos
Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No más del 6%	600%	300%	300%	250%	125%
Más del 6% y no más del 10%	400%	300%	250%	225%	125%

2) Instalaciones supervisadas. Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personal calificado proporcionará servicio y controlará la instalación del transformador, se permite que la protección de sobrecorriente sea como se especifica en (a)(2)a.

a. Primario. Cada transformador de más de 600 V nominales debe estar protegido por un dispositivo individual de sobrecorriente en el lado del primario. Cuando se usen fusibles, su corriente eléctrica nominal continua no debe exceder 250% de la corriente primaria nominal del transformador. Cuando se usen interruptores automáticos o fusibles con actuadores electrónicos, deben ajustarse a no más de 300% de la corriente primaria nominal del transformador.

Excepción 1: Cuando la capacidad nominal del fusible requerido o el ajuste del interruptor automático no correspondan a la capacidad o ajuste normalizado, se permite la capacidad o ajuste normalizado próximo superior.

Excepción 2: No se requiere un dispositivo individual de sobrecorriente cuando el dispositivo de sobrecorriente del circuito primario proporciona la protección especificada en esta Sección.

Excepción 3: Como se indica en (a) (2) b siguientes.

b. Primario y secundario. Un transformador con tensión eléctrica nominal mayor que 600 V, que tenga un dispositivo de sobrecorriente en el secundario, de capacidad o ajuste para abrir no mayor que los valores indicados en la Tabla 450-3(a)(2)b o un transformador equipado con una protección térmica coordinada contra sobrecarga proporcionada por el fabricante, no requiere tener un dispositivo

de sobrecorriente individual en la conexión del primario, siempre que el dispositivo de sobrecorriente del alimentador tenga la capacidad o esté calibrado para abrir a un valor de corriente eléctrica no mayor que los valores anotados en la Tabla 450-3 (a)(2)b.

TABLA 450-3 (a)(2)(b).- Transformadores de más de 600 V en lugares supervisados

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Primario			Secundario		
Más de 600 V			Más de 600V		600 V o
					menos
Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No más de 6%	600%	300%	300%	250%	250%
Más de 6% y no más de 10%	400%	300%	250%	225%	250%

b) Transformadores de tensión eléctrica de 600 V o menos. La protección de sobrecorriente de los transformadores de 600 V, nominales o menos, debe cumplir con (1) o (2) siguientes:

1) Primario. Cada transformador con tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, debe protegerse en el primario con un dispositivo de sobrecorriente individual con capacidad o ajustado a no más de 125% de la corriente primaria nominal del transformador.

Excepción 1: Cuando la corriente primaria nominal de un transformador es de 9 A o mayor y 125% de esta corriente no corresponde a la capacidad nominal de un fusible o de un interruptor automático no ajustable, se permite el valor nominal próximo superior indicado en la Sección 240-6. Cuando la corriente primaria nominal sea menor que 9 A, se permite que la capacidad o el ajuste del dispositivo de sobrecorriente sea de un valor no mayor que 167% de la corriente primaria. Para corriente primaria nominal menor que 2 A se permite que la capacidad o el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente sea de un valor no mayor que 300%.

Excepción 2: No se requiere un dispositivo de sobrecorriente individual cuando el dispositivo de sobrecorriente del circuito primario proporciona la protección especificada en esta Sección.

Excepción 3: Cuando el transformador esté instalado en un circuito de control de motores, de acuerdo con lo indicado en una de las excepciones de 430-72(c)

Excepción 4: Lo indicado en (b)(2) siguiente.

2) Primario y secundario. Un transformador de tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, que tenga un dispositivo de sobrecorriente en el secundario, de capacidad o ajuste no mayor que 125% la corriente nominal del secundario del transformador, no requiere tener un dispositivo de protección individual contra sobrecorriente en el lado del primario, si el dispositivo de sobrecorriente del alimentador primario tiene un valor nominal o está ajustado a un valor de corriente eléctrica no mayor que 250% de la corriente nominal primaria del transformador. Un transformador con tensión eléctrica nominal de 600 V o menos, equipado con una protección térmica contra sobrecarga coordinada dada por el fabricante y dispuesto para interrumpir la corriente eléctrica primaria, no requiere tener un dispositivo individual de sobrecorriente en el primario, si el dispositivo de sobrecorriente del alimentador primario tiene un valor nominal o se ajusta a un valor de corriente no mayor que seis veces la corriente nominal del transformador, para transformadores con impedancia no mayor que 6%, y no mayor que cuatro veces la corriente nominal del transformador, para transformadores con impedancia mayor que 6% y no más de 10%.

Excepción: Cuando la corriente nominal secundaria de un transformador es de 9 A o mayor y 125% de esta corriente no corresponde a un valor nominal de un fusible o de un interruptor automático no ajustable, se permite escoger el valor próximo superior indicado en la Sección 240-6. Cuando la corriente nominal del secundario es menor que 9 A, se permite un dispositivo de sobrecorriente de valor nominal o de ajuste no mayor que 167% del valor nominal de la corriente nominal secundaria.

c) Transformadores de potencial. Los transformadores de potencial instalados en interiores o encerrados deben protegerse con fusibles primarios.

NOTA: Para la protección de circuitos de instrumentos incluyendo transformadores de potencial, véase 384-32.

450-4. Autotransformadores de 600 V nominales o menos

a) Protección contra sobrecorriente. Cada autotransformador de 600 V nominales o menos debe protegerse por un dispositivo individual de protección contra sobrecorriente instalado en serie con cada conductor de fase en la entrada. Tal dispositivo de sobrecorriente debe tener un valor nominal o estar ajustado a no más de 125% de la capacidad de corriente de entrada a plena carga del autotransformador. Un dispositivo de corriente no debe instalarse en serie con el devanado en derivación (el devanado común, tanto para los circuitos de entrada o de salida) del transformador entre los puntos A y B como se muestra en la Figura 450-4.

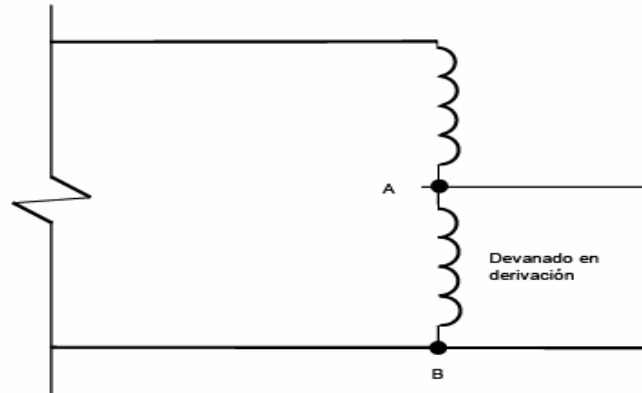


FIGURA 450-4.- Autotransformador

Excepción: Cuando la corriente nominal de entrada del auto transformador es menor que 9 A, se per un dispositivo de sobrecorriente ajustado a no más de 167% de la corriente de entrada.

b) Transformador conectado en campo como autotransformador. Un transformador conectado en campo como autotransformador debe estar identificado para usarse a la tensión eléctrica elevada.

NOTA: Para información sobre los usos permitidos de los autotransformadores, véase 210-9.

450-5. Autotransformadores para conexión a tierra. Los autotransformadores para conexión a tierra cubiertos por esta Sección son transformadores conectados en zig-zag o en T, conectados a sistemas trifásicos de tres hilos de fase, con el propósito de obtener un sistema de distribución de tres fases, cuatro hilos, o para proveer una referencia de neutro para fines de puesta a tierra. Tales autotransformadores deben tener una capacidad de corriente nominal de servicio continuo por fase y una para la corriente de servicio continuo del neutro.

a) Sistema trifásico, cuatro hilos. Un autotransformador de puesta a tierra usado para crear un sistema de distribución de tres fases, cuatro hilos, a partir de un sistema no aterrizado de tres fases, tres hilos, debe cumplir con lo siguiente:

1) Conexiones. El transformador debe conectarse directamente a los conductores de fase no puestos a tierra y no debe ser controlado por un desconectador, ni provisto de una protección contra sobrecorriente independiente del desconectador principal y de la protección contra sobrecorriente de disparo común del sistema trifásico de cuatro hilos.

2) Protección contra sobrecorriente. Se debe instalar un dispositivo sensible a las sobrecorrientes, que provoque la apertura del interruptor principal o de la protección contra sobrecorriente de disparo común indicada en (a)(1) anterior, cuando la carga del autotransformador alcance o sobrepase 125% de la corriente nominal de fase o la del neutro. Se permite el retardo del disparo del dispositivo contra sobrecorrientes temporales, con el fin de asegurar el funcionamiento correcto de los dispositivos de protección del circuito derivado o del alimentador del sistema de cuatro hilos.

3) Detector de fallas en transformadores. Se debe prever un sistema de detección de fallas que provoque el disparo de un interruptor principal o del dispositivo de protección contra sobrecorriente de disparo común, para sistemas

trifásicos de cuatro hilos, para proteger contra fallas internas o del funcionamiento en una sola fase.

450-6. Enlace secundario. Un enlace secundario es un circuito que opera a tensión eléctrica nominal de 600 V o menos entre fases, el cual conecta dos fuentes de alimentación o dos puntos de suministro de energía, tales como los secundarios de dos transformadores. El enlace puede estar formado por uno o más conductores por fase.

450-7. Funcionamiento en paralelo. Los transformadores pueden funcionar en paralelo y conectarse y desconectarse como una unidad, siempre que la protección contra sobrecorriente en cada transformador cumpla con los requisitos indicados en 450-3(a)(1) o 450-3(b)(2).

450-8. Protección. Los transformadores se deben proteger como se indica a continuación:

a) Protección mecánica. Deben tomarse todas las medidas para reducir a un mínimo la posibilidad de daño a los transformadores por causas externas, cuando estén expuestos a daño físico.

b) Envoltente o cubierta. Los transformadores de tipo seco deben estar dotados de una cubierta o envoltente resistente a la humedad e incombustible, que dé una protección razonable contra la entrada accidental de objetos extraños.

c) Partes energizadas expuestas. Los transformadores deben estar instalados de modo que las partes vivas estén resguardadas de acuerdo con lo indicado en 110-17 y 110-34.

d) Advertencia de la tensión eléctrica. La tensión eléctrica de operación de las partes vivas expuestas en las instalaciones de transformadores se debe indicar por medio de señales o marcas visibles sobre el equipo o estructuras.

450-9. Ventilación. La ventilación debe ser adecuada para disipar las pérdidas a plena carga del transformador, sin que se produzca un aumento de temperatura que exceda la nominal del transformador.

NOTA: En algunos transformadores pueden presentarse pérdidas adicionales, cuando estén presentes corrientes no senoidales causando un incremento de temperatura dentro del transformador, por arriba de su valor nominal.

Los transformadores con aberturas para ventilación deben instalarse de manera que no sean bloqueados por paredes u otras obstrucciones. Las separaciones necesarias deben estar marcadas claramente en el transformador.

450-10. Puesta a tierra. Las partes metálicas de las instalaciones de transformadores, que no transporten corriente y estén expuestas, incluyendo las cercas, resguardos, etc., se deben poner a tierra en las condiciones y en la forma prevista en el Artículo 250 para equipo eléctrico y para otras partes metálicas expuestas. Para puesta a tierra de cercas metálicas ver además la Sección 921-26.

450-11. Marcado. Cada transformador debe estar provisto de una placa de datos en la que se indique el nombre del fabricante, la capacidad nominal en kVA; la frecuencia; la tensión eléctrica en el primario y en el secundario; la impedancia para transformadores de 25 kVA y mayores; el espacio requerido para

transformadores con aberturas de ventilación, y la cantidad y clase de líquido aislante, cuando se use. La placa de cada transformador tipo seco debe indicar además la clase de temperatura para el sistema de aislamiento.

450-12. Espacio de alambrado para terminales. Debe proporcionarse el espacio para formar curvas, de las guías de línea o en carga del transformador fijo de 600 V o menos. El espacio de alambrado para empalmes torcidos debe estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 370-16 (b).

450-13. Ubicación. Los transformadores y bóvedas de transformadores deben ser fácilmente accesibles al personal calificado para inspección y mantenimiento.

Excepción 1: Los transformadores tipo seco de 600 V nominales o menos, localizados en espacio abierto sobre paredes, columnas o estructuras, no es necesario que estén fácilmente accesibles.

Excepción 2: Los transformadores de tipo seco, de menos de 600 V nominales y que no excedan de 50 kVA, se permiten en espacios huecos de edificios, resistentes al fuego, que no estén permanentemente cerrados por estructuras, siempre y cuando se reúnan las condiciones de ventilación indicadas en 450-9. Los transformadores instalados de esta manera no se requiere que sean fácilmente accesibles A menos que sea especificado de otra manera en este Artículo, el término “resistente al fuego” se refiere a una construcción que tenga una resistencia al fuego de una hora como mínimo.

NOTA: La ubicación de los diferentes tipos de transformadores está cubierta en la Parte B del Artículo 450. La ubicación de bóvedas de transformadores está cubierta en 450-41.

B. Disposiciones específicas aplicables a los diferentes tipos de transformadores

450-21. Transformadores de tipo seco instalados en interiores

a) No mayores a 112,5 kVA. Los transformadores de tipo seco con una capacidad de 112,5 kVA o menos, instalados en interiores, deben tener una separación no menor que 30 cm de cualquier material combustible.

Excepción 1: Cuando estén separados del material combustible por una barrera resistente al fuego y aislante al calor.

Excepción 2: Transformadores de 600 V nominales o menos y que estén totalmente cerrados, con o sin aberturas de ventilación.

b) Mayores a 112,5 kVA. Los transformadores individuales de tipo seco de una capacidad mayor que 112,5 kVA se deben instalar en un cuarto de transformadores resistente al fuego.

Excepción 1: Los transformadores con aislamiento para una elevación de temperatura de 80°C o mayor y separados de cualquier material combustible por una barrera resistente al fuego y aislante del calor, o separados de cualquier material combustible por una distancia no menor 1,80 m horizontalmente y 3,70 m verticalmente.

Excepción 2: Los transformadores contruidos con aislamiento para una elevación de temperatura de 80 °C o mayor que estén completamente encerrados, excepto por las aberturas de ventilación.

c) Mayores de 35 000 V. Los transformadores de tipo seco para más de 35 000 V se deben instalar en una bóveda que cumpla con la parte C de este Artículo.

450-22. Transformadores secos instalados en exteriores. Los transformadores secos instalados en exteriores deben tener una envolvente a prueba de intemperie. Los transformadores de capacidad mayor que 112,5 kVA deben estar situados a una distancia mayor que 305 mm de cualquier material combustible de los inmuebles.

Excepción: Los transformadores construidos con aislamiento para una elevación de temperatura de 80°C o mayor que estén completamente encerrados, excepto por las aberturas de ventilación.

450-23. Transformadores en líquidos de alto punto de ignición. Se permite la instalación de transformadores aislados con líquidos de alto punto de ignición (aprobados) que tengan un punto de ignición no menor que 300°C, de acuerdo con lo indicado en a) o b), siguientes:

a) Instalaciones interiores, de acuerdo con lo indicado en (1), (2) o (3) siguientes:

1) En edificios, en áreas donde se cumplan todos los requerimientos siguientes:

a. La tensión eléctrica nominal del transformador sea de 35 000 V o menos.

b. No se almacenen materiales combustibles.

c. Se tenga un área de confinamiento del líquido.

d. El área cumpla con todas las restricciones previstas en la aprobación del líquido.

2) Para transformadores con tensión eléctrica nominal de 35 000 V o menos, se cuenta con un sistema automático de extinguidores de fuego y un área de confinamiento de líquidos.

3) De acuerdo con lo indicado en 450-26.

b) Instalaciones en exteriores. Se permite instalar transformadores aislados con líquidos de alto punto de ignición fuera de, adjunto a, o en techo de edificios, de acuerdo con lo siguiente:

1) La instalación debe cumplir con las restricciones de la aprobación de estos líquidos.

NOTA: Instalaciones adjuntas a materiales combustibles, salidas de emergencia o puertas y ventanas deben requerir avisos de emergencia adicionales tales como los indicados en 450-27.

2) De acuerdo con lo indicado en 450-27.

450-24. Transformadores aislados con fluidos no inflamables. Los transformadores aislados con un fluido dieléctrico no inflamable pueden ser instalados en interiores o exteriores. Cuando estos transformadores instalados en interiores sean de tensión eléctrica nominal superior a 35 000 V deben instalarse en bóvedas. Cuando se instalen, deben contar con un área para el confinamiento del líquido y una válvula de alivio de la presión. El transformador debe estar equipado con medios para absorber cualquier gas generado por arqueo eléctrico dentro del transformador, o la válvula de alivio debe estar conectada a una chimenea o conducto, que lleve estos gases hasta un área segura. Para el propósito de esta Sección, un fluido dieléctrico no inflamable es aquel que no posee punto de ignición o punto de inflamación y no es inflamable en el aire.

450-25. Transformadores en Askarel. No se permite el uso de bifenilospoliclorados -PCB (Askarel) como medio aislante en transformadores.

450-26. Transformadores en aceite instalados en interiores. Los transformadores en aceite deben instalarse en una bóveda construida como se especifica en la Parte C de este Artículo.

Excepción 1: Cuando la capacidad total no exceda de 112,5 kVA, las bóvedas de transformadores especificadas en la Parte C de este Artículo pueden estar construidas de concreto reforzado de un espesor no menor que 10 cm.

Excepción 2: Cuando la tensión eléctrica nominal no es mayor que 600 V no se requiere una bóveda, si se han tomado las provisiones necesarias para impedir que el fuego producido por el aceite del transformador se extienda a otros materiales y cuando la capacidad total de transformadores en un lugar no es mayor que 10 kVA, en una sección del inmueble clasificada como combustible; o 75 kVA cuando la estructura que lo rodea es de construcción clasificada como resistente al fuego.

Excepción 3: Los transformadores para hornos eléctricos de una capacidad total no mayor que 75 kVA pueden estar instalados sin bóvedas, dentro de un inmueble o local resistente al fuego, siempre que se hayan tomado las medidas necesarias para impedir que el fuego producido por el aceite pueda extenderse a otros materiales combustibles.

Excepción 4: Los transformadores pueden instalarse en un edificio separado que no cumpla con las disposiciones especificadas en la Parte C de este Artículo, siempre que este edificio o su contenido no presenten peligro de fuego a otros edificios y el edificio citado se use únicamente para el suministro del servicio eléctrico y que su interior sea accesible solamente a personal calificado.

Excepción 5: Se permite el uso de transformadores sumergidos en aceite sin bóveda en equipos portátiles y móviles de minería en superficie (tales como las excavadoras eléctricas), si se satisface cada una de las condiciones siguientes:

- a. Se han tomado las provisiones para el drenaje de las fugas de fluido.
- b. Se provee un medio de salida seguro para el personal.
- c. Se dispone de una barrera de acero de un espesor mínimo de 6,35 mm para protección del personal.

450-27. Transformadores en aceite instalados en exteriores. Los materiales combustibles, los inmuebles y partes de inmuebles combustibles, puertas, ventanas y salida de emergencia para caso de incendio, deben estar resguardadas contra incendios que se originen en los transformadores aislados con aceite, instalados sobre techos, que estén cercanos a, o adyacentes a un inmueble o material combustible.

En casos donde la instalación del transformador presente peligro de incendio deben aplicarse uno o más de los siguientes resguardos según el grado de riesgo involucrado:

- a).- Espacios para aislar del fuego.
- b).- Barreras separadoras resistentes al fuego.
- c).- Sistemas automáticos extinguidores de incendio.
- d).- Confinamientos para contener el aceite en caso de ruptura del tanque del transformador.

Los confinamientos para el aceite deben consistir en diques, brocales, trincheras, depósitos resistentes al fuego para la captación del aceite, deben de estar llenas de bola (de 12 cm a 20 cm), cascajo, tezontle, piedra o materiales similares y estar

dotadas de medios para drenar el aceite hacia fosas de captación. La cantidad de aceite debe de tratarse o eliminarse para cumplir con las leyes y normas de ecología.

450-28. Modificación de transformadores. Cuando se hacen modificaciones a un transformador en una instalación existente, la cual cambia el tipo de transformador con respecto a la Parte B de este Artículo, dicho transformador debe marcarse para mostrar el tipo de líquido aislante puesto y la instalación modificada del transformador debe cumplir con los requisitos aplicables para este tipo de transformador.

C. Bóvedas de Transformadores

450-41. Ubicación. Las bóvedas deben ubicarse donde puedan ser ventiladas al aire exterior sin el uso de tubos extractores o conductos, siempre que sea posible.

450-42. Paredes, techos y piso. Las paredes y el techo de las bóvedas deben construirse de materiales que tengan la resistencia estructural adecuada a las condiciones que puedan presentarse y una resistencia mínima al fuego de tres horas. Los pisos de las bóvedas en contacto con la tierra deben ser de concreto de un espesor mínimo de 10 cm y cuando la bóveda se construya sobre un espacio libre o arriba de otros pisos, el piso debe tener la adecuada resistencia estructural para la carga soportada y una resistencia mínima al fuego de tres horas. Para los propósitos de esta Sección no se permiten construcciones atornilladas ni con paredes de paneles.

NOTA: Una construcción típica que posee una resistencia al fuego de tres horas es una construcción de concreto reforzado de 15 cm de espesor.

Excepción: Se permite la construcción de bóvedas para transformadores de resistencia al fuego de una hora, cuando los transformadores estén protegidos con rociadores automáticos, rociadores de agua, dióxido de carbono o gas halón o equivalente.

450-43. Entradas. Las entradas de las bóvedas deben estar protegidas como sigue:

a) Tipo de puerta. Cada espacio que conduzca a una bóveda desde el interior de un inmueble debe estar provisto de una puerta de cierre hermético, de un tipo que tenga una resistencia mínima al fuego de tres horas. Este tipo de puerta debe instalarse en una abertura de una pared exterior, cuando las condiciones lo justifiquen.

Excepción: Se permite la construcción de bóvedas para transformadores de resistencia al fuego de una hora cuando los transformadores estén protegidos con rociadores automáticos, rociadores de agua, dióxido de carbono, gas halón o equivalente.

b) Murete. Cada una de las puertas debe proveerse de un murete de altura suficiente para confinar dentro de la bóveda el aceite del transformador de mayor volumen y en ningún caso debe ser menor que 10 cm.

c) Cerraduras. Las puertas de entrada deben tener cerraduras y deben mantenerse cerradas. Permitiendo el acceso solamente a personal calificado. Las puertas para el personal deben abrir hacia afuera y estar equipadas con barras de

pánico, placas de presión o cualquier medio que las mantenga cerradas, pero que puedan abrirse desde adentro bajo presión simple.

450-45. Abertura de ventilación. Donde lo exija la Sección 450-9, deben proveerse aberturas de ventilación de acuerdo con lo siguiente:

a) Ubicación. Las aberturas de ventilación deben ubicarse lo más lejos posible de puertas, ventanas, salidas de incendio y materiales combustibles.

b) Disposición. Una bóveda ventilada por circulación natural de aire puede tener la mitad, aproximadamente, del área total de aberturas necesarias para la ventilación en una o más aberturas cerca del suelo y el resto en una o más aberturas en el techo o en las paredes cerca del techo; toda el área que se requiera para la ventilación se permite en una o más aberturas en o cerca del techo.

c) Tamaño. En el caso de bóvedas con ventilación natural hacia el exterior, el área neta combinada de todas las aberturas de ventilación, después de restar áreas ocupadas por pantallas, rejas o celosías, no debe ser menor que 20 cm² por cada kVA de capacidad de los transformadores en servicio, excepto el caso de transformadores de capacidad menor que 50 kVA, donde el área neta no debe ser menor que 10 cm².

d) Cubiertas. Las aberturas de ventilación deben estar cubiertas con pantallas, rejas o celosías de tipo duradero, de acuerdo con las condiciones requeridas para evitar condiciones inseguras.

450-46. Drenaje. Cuando sea factible en las bóvedas que contengan más de 100 kVA de capacidad de transformadores, se debe construir un drenaje u otro medio que evacue hacia un depósito especial de confinamiento cualquier acumulación de líquido aislante o agua, a menos que las condiciones del local lo impidan; en este caso, el piso debe tener una inclinación hacia dicho drenaje.

450-47. Tubería y accesorios de agua. Ningún sistema de tubería o conductos extraños a la instalación eléctrica debe entrar o atravesar una bóveda de transformadores. La tubería u otros medios previstos para la protección contra incendios de las bóvedas o para el enfriamiento de los transformadores, no se consideran extraños a la instalación eléctrica.

450-48. Almacenamiento dentro de las bóvedas. No deben almacenarse materiales dentro de las bóvedas de los transformadores.

5.2 PUESTA A TIERRA

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

921-2. Definiciones

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

Guarda: elemento protector 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 electrodo, del neutro del sistema.

921-4. Puesta a tierra durante reparaciones. El equipo o los conductores que operen a más de 110 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.

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 se tiene un flujo de corriente eléctrica en un conductor de puesta a tierra, se debe tomar una o más de las siguientes medidas para localizar el portador de flujo:

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

b) Cambiar la localización de las conexiones de 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 removerse. 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 para estos casos.

El conductor debe tener capacidad para conducir la corriente eléctrica de falla, durante el tiempo que dure la falla sin sobrecarga térmica o sin sobretensiones peligrosas. Véase 921-10.

921-7. Material de los conductores de puesta a tierra. El material de los conductores de puesta a tierra debe garantizar la adecuada conducción de corrientes a tierra, preferentemente sin empalmes. Si los empalmes son inevitables, deben ser resistentes mecánicamente y a la corrosión, y estar hechos y mantenidos de tal modo que no se incremente la resistencia del conductor. Para

apartarrayos, 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 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.

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, conectores 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 (establecido en el cálculo correspondiente durante el cual se tiene circulación de corriente), sin fundirse o cambiar su estado, y para un conductor aislado es la corriente eléctrica que puede conducir, sin que se dañe el aislamiento.

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 exclusivo para servicios individuales debe tener una "capacidad de conducción de corriente de corto tiempo" 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 determinarse, la capacidad de conducción de corriente permanente del conductor de puesta a tierra debe ser igual o mayor 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 conexiones múltiples a tierra, excluyendo las tierras en los servicios a usuarios, debe tener una capacidad continua de conducción de corriente, en cada conexión, mayor que un quinto de la capacidad de los conductores del sistema al que esté conectado. (Véase el inciso (e) de esta Sección).

c) Para apartarrayos primarios. El conductor de puesta a tierra debe tener "capacidad de conducción de corriente de tiempo corto", bajo las condiciones de corriente eléctrica causada por un disturbio. El conductor individual de puesta a tierra de un apartarrayos debe ser de tamaño nominal no menor que 13,3 mm² (6 AWG) de cobre, o de 21,2 mm² (4 AWG) de aluminio o un conductor equivalente en conductividad.

Cuando la flexibilidad del conductor de puesta a tierra es vital en la operación del apartarrayos, deben emplearse conductores flexibles adecuados. El punto de referencia de tierra del apartarrayos se sujeta al tanque del transformador del cual parte un puente que conecta el neutro del transformador y, en su caso, una de las

terminales de media tensión, junto con las cuales se conectan a tierra. El tanque del transformador no debe utilizarse como un medio de puesta a tierra.

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 tiempo corto" para la corriente eléctrica de falla 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 que 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) Límite de la capacidad de conducción de corriente. El límite de capacidad de corriente del conductor de puesta a tierra es el siguiente:

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 conectado. Para un conductor individual de puesta a tierra, esta corriente eléctrica es aproximadamente igual que el producto de la tensión eléctrica de suministro dividida entre la resistencia del electrodo.

f) Resistencia mecánica. Todo conductor de puesta a tierra debe tener resistencia mecánica para las condiciones a que esté sometido. Además, los conductores de puesta a tierra sin protección, deben tener una resistencia a la tensión mecánica mayor o igual que la correspondiente al 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. 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 contra el riesgo a que estén expuestos. Las guardas deben tener un altura mínima de 2,50 m sobre el suelo o plataforma en que los conductores son accesibles al público.

c) Los conductores de puesta a tierra sin guardas expuestos a daño mecánico, deben protegerse fijándolos a la superficie del poste o estructura, 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) Los conductores de puesta a tierra para equipo y circuitos de las clases indicadas a continuación, deben correr separadamente hasta sus propios electrodos. Excepto como lo permite el inciso (b) siguiente.

1) Apartarrayos de circuitos de más de 600 V y armazones de equipo que opere a más de 600 V.

2) Circuitos de alumbrado y fuerza hasta 600 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 de puesta a tierra del sistema, que esté conectado a tierra en varios lugares.

b) 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 de puesta a tierra en los servicios de usuarios.

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

Lunes 13 de marzo de 2006 DIARIO OFICIAL (Séptima Sección) 31

d) Los electrodos artificiales para apartarrayos de sistemas eléctricos no conectados a tierra, que operen a tensiones eléctricas superiores a 15 kV entre fases, se recomienda que estén separados 6 m mínimo de los 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 unión 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 eléctricas 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 sujeción 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 cimient), 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 cimient), se debe usar un conductor de cobre desnudo de tamaño nominal adecuado para satisfacer el requisito indicado en 921-13, pero no-menor que 21,2 mm² (4 AWG) que se conecte a las varillas de refuerzo o al alambción, 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 que 33,6 mm² (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. Debe tener una resistencia a tierra baja para minimizar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto (se considera aceptable un valor de 10 Ω ; en terrenos con alta resistividad este valor puede llegar a ser hasta de 25 Ω . Para los tipos de electrodos véase 250-84.

a) Plantas generadoras y subestaciones. Cuando estén involucradas tensiones y corrientes eléctricas 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 25 Ω en las condiciones más críticas. Para instalaciones subterráneas el valor recomendado de resistencia a tierra es 5 Ω .

c) Sistemas con múltiples conexiones de puesta a tierra. El neutro, debe estar conectado a un electrodo en cada transformador y sobre la línea, cada 400 m máximo independiente del sistema del servicio de los usuarios.

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

Líneas subterráneas

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

a) Hasta 600 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. El conductor neutro debe ser puesto a tierra eficazmente en cada registro, equipo de transformación y acometida. 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 600 V

1) Conductor sin pantalla (ya sea desnudo, forrado o aislado sin pantalla). El conductor neutro debe ser eficazmente puesto a tierra en el transformador y en cada una de las acometidas.

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.

NOTA: Debe preverse que al estar puestas a tierra en más de un punto, la corriente circulante por pantalla provoca un calentamiento adicional.

c) Conductor de puesta a tierra separado. Si se usa un conductor de puesta a tierra separado adicional

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 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 aflojamiento 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, tubo, varillas de refuerzo, no queden interpuestos entre el conductor de puesta a tierra y los conductores de fase del circuito.

e) Los metales utilizados para fines de puesta a tierra, que estén en contacto directo con la tierra, concreto o mampostería, deben estar aprobados para tal uso. Los metales de diferentes potenciales galvánicos, que se unan eléctricamente, pueden requerir de protección contra corrosión galvánica. El aluminio no está aprobado para este uso.

f) Cuando las pantallas o armaduras sobre el aislamiento de cables, conectadas a tierra, se conecten 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, para tensiones mayores y 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 para soportar la corriente eléctrica 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, de conexión estrella-estrella, se requiere que el sistema de tierra quede confinado dentro del área que proyecta el equipo sobre el suelo. 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, deben conservarse en un valor menor que lo indicado en la tabla siguiente:

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

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, para comprobar que se conservan las condiciones originales, a través del tiempo y de preferencia en época de estiaje.

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

Lunes 13 de marzo de 2006 DIARIO OFICIAL (Séptima Sección) 35

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 áreas peligrosas, 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 que 45 m. En caso de existir una o más puertas o cualquier otra condición que interrumpa la continuidad de la cerca, ésta debe estar puesta a tierra 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, 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, como los descritos en 921-14, 921-22 y 250 Parte H, o 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 electrodo de puesta a tierra en el edificio.

b) Conexión de los equipos al electrodo. El conductor de puesta a tierra de los teléfonos y otros aparatos expuestos a contacto con líneas de suministro eléctrico y a descargas atmosféricas, debe ser de cobre, de tamaño mínimo de 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 o con soldadura exotérmica.

c) Unión de electrodos. Cuando se usen electrodos separados en la misma edificación, se deben interconectar el electrodo del equipo de comunicación y el electrodo de neutro del sistema eléctrico, con un conductor de tamaño nominal no menor que 13,3 mm² (6 AWG) de cobre, u otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente.

5.3 LINEAS SUBTERRANEA

ARTICULO 923-LINEAS SUBTERRANEA

A. Instalación y aplicación de cables subterráneos en la vía pública

923-1. Objetivo y Campo de aplicación. Este Artículo contiene requisitos mínimos de seguridad que Deben cumplir las instalaciones subterráneas para redes eléctricas de comunicación y sus equipos asociados, para salvaguardar a las instalaciones y a las personas durante la instalación, operación y mantenimiento, conservando o mejorando el entorno ecológico del lugar donde se lleven a cabo. Esta Parte A aplica a instalaciones subterráneas en la vía pública, las cuales deben estar en conformidad con las normas de la compañía suministradora y con las disposiciones establecidas en los siguientes párrafos.

923-2. Definiciones

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

Bóveda: Recinto subterráneo de amplias dimensiones, accesible desde el exterior, donde el personal puede ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento de cables, accesorios y equipos.

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

Ducto: Canal cerrado (o tubo) que se utiliza para alojar uno o varios cables.

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.

Equipo subterráneo: El diseñado y construido para quedar instalado dentro de pozos o bóvedas y el cual debe ser capaz de soportar las condiciones de operación.

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

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

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 bancos de ductos.

Pozo: Recinto subterráneo accesible desde el exterior al personal para ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento de equipos, cables y sus accesorios.

Registro: Recinto subterráneo de dimensiones reducidas donde está instalado equipo, cables y accesorios y el personal puede ejecutar maniobras de instalación, operación y mantenimiento.

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

923-3. Cables subterráneos. Los requisitos mínimos que deben satisfacer los cables subterráneos en vía pública son los siguientes:

a) Diseño y construcción. El diseño, construcción y materiales de los cables subterráneos deben estar de acuerdo con la tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica, corriente eléctrica de cortocircuito, elevación de temperatura y condiciones mecánicas y ambientales a que se sometan durante su instalación y operación. Cuando los cables estén expuestos a ambientes húmedos y corrosivos es conveniente que sean diseñados y se usen con cubiertas protectoras.

Cuando técnicamente el diseño lo permita, debe evitarse el uso de materiales en las pantallas y cubiertas de los cables que, en contacto directo o como resultado de su combustión, sean dañinos para la salud de los seres vivos.

b) Pantallas sobre el aislamiento. Los cables que operen a una tensión eléctrica de 5 kV entre fases o mayor, deben tener una pantalla semiconductor en contacto con el aislamiento y una pantalla metálica no magnética en contacto con dicha pantalla semiconductor. El material de la pantalla metálica debe ser resistente a la corrosión o bien estar adecuadamente protegido.

Excepción: Tramos cortos usados como barra de amarre que no hagan contacto con superficies o materiales puestos a tierra.

c) Conexión de puesta a tierra de las pantallas metálicas. Las pantallas o cubiertas metálicas de los cables deben estar puestas a tierra. Las pantallas metálicas pueden ser seccionadas siempre y cuando cada sección sea puesta a tierra.

Excepción: Puede omitirse esta conexión de puesta a tierra sólo cuando así lo requiera la operación de los cables y siempre que existan protecciones que impidan el contacto de personas con las mismas partes metálicas o que queden fuera de su alcance. Las conexiones de las pantallas metálicas hacia los cables para su puesta a tierra deben asegurar un buen contacto, evitando que se aflojen o se suelten. Estas pueden hacerse por medio de conectores del mismo metal u otro material adecuado para el propósito y las condiciones de uso, o por medio de soldadura, cuidando que ésta y los fundentes aplicados sean los adecuados. Los conectores para unir las pantallas metálicas de cables en empalmes y terminales deben ser los adecuados para asegurar un buen contacto mecánico y eléctrico, usando el tamaño y material conveniente a fin de evitar pérdidas de energía por calentamientos. Estos conectores pueden ser del tipo para soldar o a presión. En el caso de conductores de tamaño nominal 8,37 mm² (8 AWG) y menores, la conexión puede hacerse trenzando adecuadamente los conductores o mediante un conector de tornillo adecuado.

d) Tensiones inducidas en la pantalla metálica. Se recomienda que las tensiones inducidas en condiciones normales de operación no sean mayores de 55 V.

e) Instalación de cables en canalizaciones subterráneas

1) Todos los cables deben instalarse en ductos.

Excepción: Esto no es aplicable al conductor de puesta a tierra, el cual puede instalarse directamente enterrado.

2) Debe evitarse que los cables sean doblados con radios menores al mínimo señalado por el fabricante (en ningún caso este radio debe ser menor que 12 veces el diámetro externo del cable) durante su manejo, instalación y operación.

3) Las tensiones de jalado y las presiones sobre las paredes que se presenten durante la instalación de los cables, no deben alcanzar valores que puedan dañar a los mismos. Deben limitarse a los recomendados por el fabricante.

4) Los ductos deben limpiarse previamente a la instalación de los cables.

5) Cuando se use lubricante durante el jalado de los cables, éste no debe afectar a los cables ni a los ductos.

6) En instalaciones verticales o con pendientes, los cables deben soportarse adecuadamente para evitar deslizamientos y deformaciones debido a su masa.

7) Los cables eléctricos y de comunicación no deben instalarse dentro del mismo conducto.

8) Cuando en un banco se instale más de un circuito debe analizarse la capacidad de conducción de corriente, con el objeto de reducir las pérdidas de energía por agrupamiento de conductores.

f) Instalación de cables en registros, pozos y bóvedas

1) Soportes

a. Los cables dentro de los registros, pozos o bóvedas deben quedar fácilmente accesibles y soportados de forma que no sufran daño debido a su propia masa, curvaturas o movimientos durante su operación.

b. Los soportes de los cables deben estar diseñados para resistir la masa de los propios cables y de cargas dinámicas; mantenerlos separados en claros específicos y ser adecuados al medio ambiente.

c. Los cables deben quedar soportados cuando menos 10 cm arriba del piso, o estar adecuadamente protegidos.

Excepción: Este requisito no se aplica a conductores neutros y de puesta a tierra.

d. La instalación debe permitir el movimiento del cable sin que haya concentración de esfuerzos destructivos.

2) Separación entre cables eléctricos y de comunicación

a. Los pozos de visita deben reunir los requisitos siguientes respecto a las dimensiones. Debe mantenerse un espacio de trabajo limpio, suficiente para desempeñar las labores. Las dimensiones del área de trabajo horizontales deben ser como mínimo de 0,9 m y las verticales deben ser como mínimo de 1,8 m.

b. No deben instalarse cables eléctricos y de comunicación dentro de un mismo registro, pozo o bóveda.

c. Cuando no sea posible cumplir con el punto anterior, se pueden instalar en un mismo registro, pozo o bóveda, cables eléctricos y de comunicación, siempre que se cumpla con los siguientes requisitos:

1. Que exista acuerdo entre las partes involucradas.

2. Que los cables queden soportados en paredes diferentes, evitando cruzamientos.

3. Si no es posible instalarlos en paredes separadas, los cables eléctricos deben ocupar niveles inferiores a los de comunicación.

4. Deben instalarse permitiendo su acceso sin necesidad de mover a los demás.

5. Que la separación mínima entre cables eléctricos y de comunicación propia del suministrador, dentro del registro, pozo o bóveda, sea la indicada en la Tabla 923-3(f)-(1).

TABLA 923-3(f)(1).- Separación mínima entre cables eléctricos y de comunicación propia del suministrador dentro de un mismo registro, pozo o bóveda Tensión eléctrica entre fases kV Separación m

Tensión eléctrica entre fases kV	Separación m
Hasta 15	0,15
Más de 15 hasta 50	0,23
Más de 50 hasta 120	0,30
Más de 120	0,60

Excepción 1: Estas separaciones no se aplican a conductores de puesta a tierra.

Excepción 2: Estas separaciones pueden reducirse previo acuerdo entre las partes involucradas, siempre y cuando se instalen barreras o protecciones adecuadas.

NOTA: Cuando ambos tipos de cables queden colocados en la misma pared del recinto se recomienda que los cables de electricidad ocupen niveles inferiores a los de comunicación.

d. Identificación. Los cables dentro de los registros, pozos o bóvedas, deben estar permanentemente identificados por medio de placas, o algún otro tipo de identificación, como se indican en la Figura 923-3(f)-(2). El material de identificación debe ser resistente a la corrosión y a las condiciones del medio ambiente.

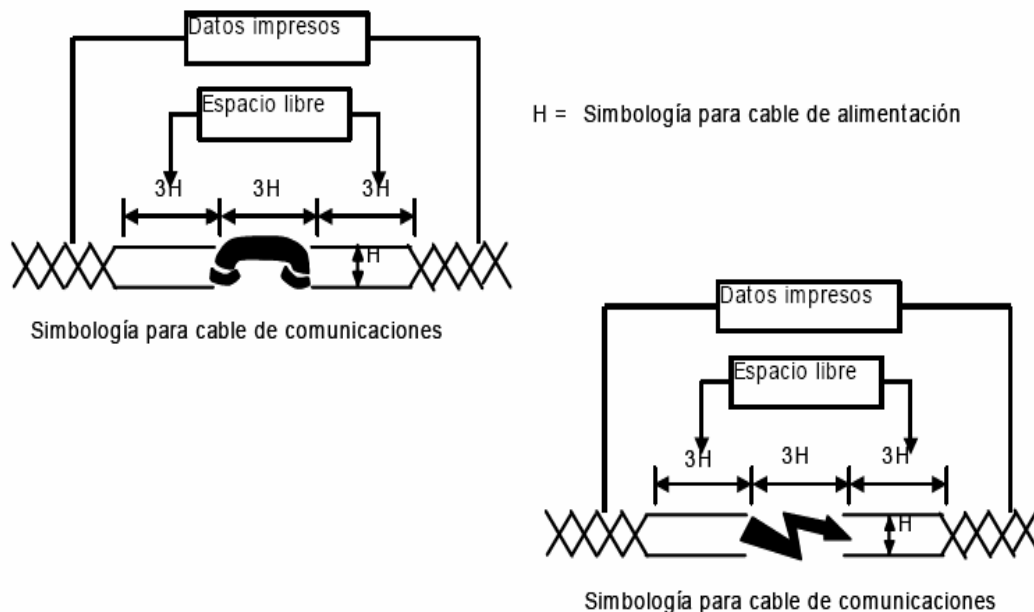


FIGURA 923-3(f)(2)

g) Protección contra fuego. Aunque no es requisito la condición a prueba de fuego, de acuerdo con las prácticas de confiabilidad de servicio normal de las empresas, puede proporcionarse una protección contra fuegos externos.

h) Cables de comunicación conteniendo circuitos especiales de alimentación. A los circuitos especiales que operen en tensiones eléctricas mayores a 400 V a tierra y utilizados para alimentar energía solamente a equipos de comunicaciones, pueden considerarse como cable de comunicaciones bajo las condiciones siguientes (los cables deben tener pantallas conductoras o pantallas que deben estar puesta a tierra y cada uno de tales circuitos debe llevarse en un conductor individualmente encerrado con una pantalla puesta a tierra):

- 1) Los circuitos en los cables deben ser operados y su mantenidos por persona o personas calificadas.
- 2) las terminales de los circuitos deben ser accesibles sólo a la persona o personas calificadas.
- 3) los circuitos de comunicación sacados de los cables, si no terminan en una estación repetidora u oficina terminal, deben protegerse de manera que en el evento de una falla dentro del cable la tensión eléctrica en el circuito de comunicación no exceda 400 V a tierra.
- 4) los aparatos terminales para la alimentación de energía deben ser arreglados para que las partes vivas sean inaccesibles, cuando los circuitos de alimentación estén energizados.
- 5) los cables deben identificarse con placas en cada registro, pozo de visita o bóveda.

i) Puesta a tierra y conexiones

- 1) Las pantallas de aislamiento del cable y empalmes deben ser puestos a tierra.
- 2) Las cubiertas y pantallas que estén puestas a tierra en los pozos y bóvedas deben ser conectadas a una tierra común.
- 3) Los cables de conexión y de puesta a tierra deben ser de material resistente a la corrosión y adecuados al ambiente o bien estar protegidos de éste.

923-4. Estructuras de transición de líneas aéreas en vía pública a cables subterráneos o viceversa

a) Protección. Las estructuras de transición de cables eléctricos deben estar provistas de una protección mecánica que rodee completamente al cable hasta una altura mínima de 2,45 m sobre el nivel del suelo y cuando menos hasta una profundidad de 30 cm dentro del mismo suelo. Cuando la protección conste de un tubo (conduit) o cubierta metálica, ésta debe ser puesta a tierra de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250.

Los cables deben subir verticalmente desde el suelo y sólo con la desviación que sea necesaria para fijarlos en la estructura, sin que se rebase el radio de curvatura permisible de los cables.

b) Instalación. La instalación de las estructuras de transición debe hacerse de tal manera que el agua no permanezca dentro de la protección mecánica de los cables.

Los cables deben estar soportados de forma que se evite su daño o el de las terminales. Los cables deben instalarse o fijarse de forma que se evite el daño de los mismos en los extremos de la protección mecánica, debido al movimiento relativo entre ésta y el cable. Las estructuras de transición de cables deben localizarse en el poste o estructura en la posición más segura, teniendo en cuenta el espacio para que suban las personas y el posible riesgo de daño por vehículos.

c) Estructuras de transición en equipos tipo pedestal. Los cables que lleguen a transformadores, interruptores u otros equipos instalados en pedestal, deben colocarse y arreglarse dentro del registro que corresponde a la acometida al equipo, de manera que no se dañen sus cubiertas.

La entrada de los cables a equipos instalados en pedestal deben mantenerse a la profundidad adecuada para su clase de tensión eléctrica hasta que queden protegidos abajo del pedestal, a menos que se coloque una protección mecánica adecuada.

923-5. Terminales en vía pública

1) Las terminales de los cables deben ser diseñadas para resistir los esfuerzos mecánicos, térmicos ambientales y eléctricos esperados durante su operación.

2) La separación entre partes vivas de una terminal o de diferentes terminales o con respecto a su propia estructura debe ser la adecuada para la tensión eléctrica de aguante al impulso por rayo (nivel básico de aislamiento al impulso-NBAI), de la terminal. Cuando las terminales se coloquen en postes, la separación entre partes vivas debe estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 922-12(a)(1).

3) Las terminales deben diseñarse para evitar la penetración de humedad hacia el cable.

4) En aquellos lugares donde la separación entre partes con diferente potencial eléctrico se reduzca abajo de la adecuada para la tensión y NBAI, deben proporcionarse barreras aislantes o terminales completamente aisladas que reúnan los requisitos equivalentes a las separaciones.

5) Altura. Las partes vivas de las terminales deben cumplir con lo indicado en la Tabla 923-5(a).

TABLA 923-5(a).- Altura mínima de partes vivas de terminales (m)

Lugar de instalación	En líneas con tensión eléctrica entre conductores	
	Hasta de 750 V	De 750 V a 22 000 V
Expuesto a tránsito de vehículos.	5,0	5,6
No expuesto a tránsito de vehículos.	3,8	4,4

Observaciones:

1. Para tensiones eléctricas mayores a 22 kV, las alturas especificadas en la última columna deben incrementarse 1 cm por cada kV en exceso de 22 kV.

2. Cuando se instalen terminales de baja tensión en paredes, la altura mínima debe ser de 2,9 m.

6) Conexión a terminales. La conexión de los conductores a terminales debe asegurar un buen contacto sin dañar a los mismos conductores, no deben existir conexiones flojas o sueltas. La conexión puede hacerse con conectores soldados, de presión o con cualquier otro medio que asegure una amplia superficie de contacto. Los conectores deben sellarse para evitar el ingreso de humedad hacia el cable. Los conectores y los conductores deben ser del mismo metal a menos que el accesorio sea adecuado para el propósito y las condiciones de uso.

7) Cuando se utilicen soldaduras fundentes o compuestos, éstos deben ser adecuados para tal uso y no deben dañar a los conductores o al equipo.

b) Soportes. Las terminales de los cables deben instalarse de forma que mantengan su posición de instalación. Cuando sea necesario, los cables deben soportarse de manera que no sufran daños por transferencia de esfuerzos mecánicos hacia las terminales, al equipo o a la estructura.

c) Identificación. Los cables o terminales de las estructuras de transición deben estar permanentemente identificados por medio de placas o algún otro tipo de identificación.

d) Separación en gabinetes o bóvedas

1) Las terminales deben estar con una separación adecuada entre conductores y hacia tierra, de acuerdo con el tipo de terminal a utilizar.

2) En las partes vivas expuestas dentro de envolventes, debe mantenerse la separación o usarse barreras aislantes adecuadas para las tensiones eléctricas y tensión de aguante que se requiera.

3) Para terminales en bóvedas se permiten partes vivas sin aislar siempre que se proporcionen los medios de protección adecuados.

e) Conexión de puesta a tierra. Las partes conductoras de las terminales (excepto las partes vivas), el equipo al que se fijan y las estructuras conductoras que soportan a las terminales, deben ser puestos a tierra.

923-6. Empalmes y accesorios para cables en vía pública

a) Disposiciones generales. Los empalmes y accesorios para cables en vía pública:

1) Deben soportar los esfuerzos mecánicos, térmicos, eléctricos y del medio ambiente a que estén expuestos durante su operación.

NOTA: Los empalmes terminales y accesorios que se usen en líneas subterráneas deben cumplir con las pruebas y requisitos que se indican en las normas de producto correspondientes.

2) Deben ser compatibles al tipo de cable y a las condiciones del medio ambiente, para evitar efectos dañinos en sus componentes.

3) Deben soportar sin dañarse la magnitud y duración de corrientes eléctricas de falla que se presenten durante su operación, instalándose de tal manera que cuando uno falle no afecte a las otras instalaciones.

4) Deben evitar la penetración de humedad dentro de los cables.

5) Deben quedar localizados dentro de los registros, pozos, bóvedas y envolventes.

923-7. Equipo subterráneo en vía pública

a) Disposiciones generales

1) Equipo subterráneo. Se considera como equipo subterráneo el siguiente:

a. Transformadores, interruptores, indicadores de falla, barras conductoras, entre otros, instalados para la operación de las líneas eléctricas subterráneas.

b. Repetidoras, bobinas de carga y otras, instaladas para la operación de las líneas subterráneas de comunicación.

c. Equipo auxiliar, como bombas, salidas para alumbrado o contactos, entre otros, instalados como complemento de las líneas subterráneas eléctricas o de comunicación.

2) Ubicación de equipos eléctricos y de comunicación. Los equipos eléctricos y de comunicación no deben instalarse en un mismo pozo o bóveda. Cuando no sea posible cumplir esta disposición, será necesario un acuerdo entre las partes involucradas.

3) Sujeción de equipos dentro de pozos o bóvedas. Los equipos deben ser colocados dentro de los pozos o bóvedas, en soportes u otros dispositivos que los fijen y resistan su masa y el de las cargas a que estén sometidos, así como los esfuerzos que se presenten durante su operación.

b) Características

1) Los equipos subterráneos deben seleccionarse e instalarse de acuerdo con las condiciones térmicas, químicas, mecánicas y ambientales del lugar.

2) Los equipos, incluyendo dispositivos auxiliares, fusibles y portafusibles deben diseñarse para soportar los efectos de condiciones normales, de emergencia y de falla que se presenten durante su operación.

3) Los equipos subterráneos que se instalen dentro de pozos y bóvedas deben ser del tipo sumergible. Asimismo, aquellos que sean susceptibles de un proceso de corrosión deben tener una protección adecuada para evitar este problema.

4) Cuando se conecten o desconecten partes vivas utilizando herramientas, debe contarse con espacio suficiente a tierra o entre fases, o colocar barreras adecuadas.

5) Los interruptores deben tener indicado en forma visible y permanente:

(1) el diagrama unifilar de su operación;

(2) la posición de sus contactos, y

(3) la dirección de operación de las palancas o mecanismo activador.

NOTA: La palanca o mecanismo de control de los interruptores debe operar en una dirección para abrir y en otra para cerrar con objeto de evitar confusiones.

6) El equipo que pueda ser operado a control remoto o en forma manual, debe tener un medio de bloqueo local que impida su operación, para evitar riesgos al trabajador.

7) Los equipos tipo pedestal deben estar cerrados con llave o provistos con un dispositivo para candado.

8) El acceso a partes vivas con tensiones eléctricas mayores a 600 V requiere de una barrera o puerta con llave, para evitar la entrada de personas no calificadas.

9) También se recomienda el uso de señales de advertencia visibles al abrir la primer barrera.

10) Los equipos tipo pedestal deben colocarse sobre una base de concreto.

11) Las cajas, cámaras u otros dispositivos de los equipos que contengan fusibles, interruptores u otras partes susceptibles de producir gases, deben estar construidas en tal forma que resistan las presiones interiores que se produzcan para no causar daños a personas u otros equipos próximos.

c) Localización. Los equipos y sus estructuras no deben obstruir el acceso o salida del personal en los pozos o bóvedas.

Los equipos de pozos o bóvedas no deben instalarse a distancias menores a 0,20 m de la parte de atrás de escaleras fijas y no deben interferir con su uso.

Los equipos deben acomodarse en los pozos o bóvedas de tal forma que permitan la instalación, operación y mantenimiento de todas las partes de sus estructuras.

Los interruptores de operación manual o eléctrica deben accionarse en forma segura, esto puede realizarse con dispositivos auxiliares portátiles que se fijen temporalmente. Los equipos no deben interferir con estructuras de drenaje. Los equipos no deben obstaculizar la ventilación de estructuras o envolventes.

d) Instalación. Todos los equipos deben contar con dispositivos de suspensión adecuados a su masa, para facilitar su instalación y montaje.

Las partes vivas deben quedar instaladas, aisladas o protegidas, que se evite el contacto accidental de personas o del agua con el equipo.

Los dispositivos de operación, inspección y pruebas deben estar visibles y fácilmente accesibles cuando el equipo se encuentre instalado en su posición definitiva y sin tener que remover ninguna conexión permanente.

Las partes vivas deben aislarse o protegerse de la exposición a líquidos conductores u otros materiales que puedan presentarse en la estructura que contiene el equipo.

Cuando los controles de los equipos sean accesibles a personal no calificado, deben asegurarse con pernos, candados o sellos.

e) Conexión de puesta a tierra. Los tanques, envolventes y cubiertas metálicas de los equipos deben ser puestos a tierra como se indica en el Artículo 250.

f) Identificación. Los equipos instalados en pozos o bóvedas deben contar con placas o algún otro medio que los identifique permanentemente para su correcta instalación y operación.

923-9. Puesta a tierra

Para disposiciones para puesta a tierra, véase el Artículo 921

B. Obra civil

923-10. Trayectoria

a) Disposiciones generales

1) La obra civil para instalaciones subterráneas debe seguir, en lo posible, una trayectoria recta entre sus extremos; cuando sea necesario puede seguir una trayectoria curva, siempre que el radio de curvatura sea lo suficientemente grande para evitar el daño de los cables durante su instalación.

Nota: Se recomienda que el cambio máximo de dirección en un tramo recto de un banco de ductos aplicando el dobléz natural de éstos, no sea mayor que cinco grados.

2) Si la trayectoria de las instalaciones subterráneas sigue una ruta paralela a otras canalizaciones o estructuras subterráneas ajenas, no debe localizarse directamente arriba o abajo de dichas canalizaciones o estructuras; cuando esto no sea posible, debe cumplirse con la separación indicada en la Tabla 923-12(b).

3) En cada caso debe formarse un comité con un representante por cada institución que haga uso del suelo para instalaciones subterráneas con la finalidad de optimizar el uso del mismo, reglamentando la ubicación de las instalaciones subterráneas en la vía pública, atendiendo en lo aplicable lo indicado por esta NOM. Véase la Figura 923-10(a)(3).

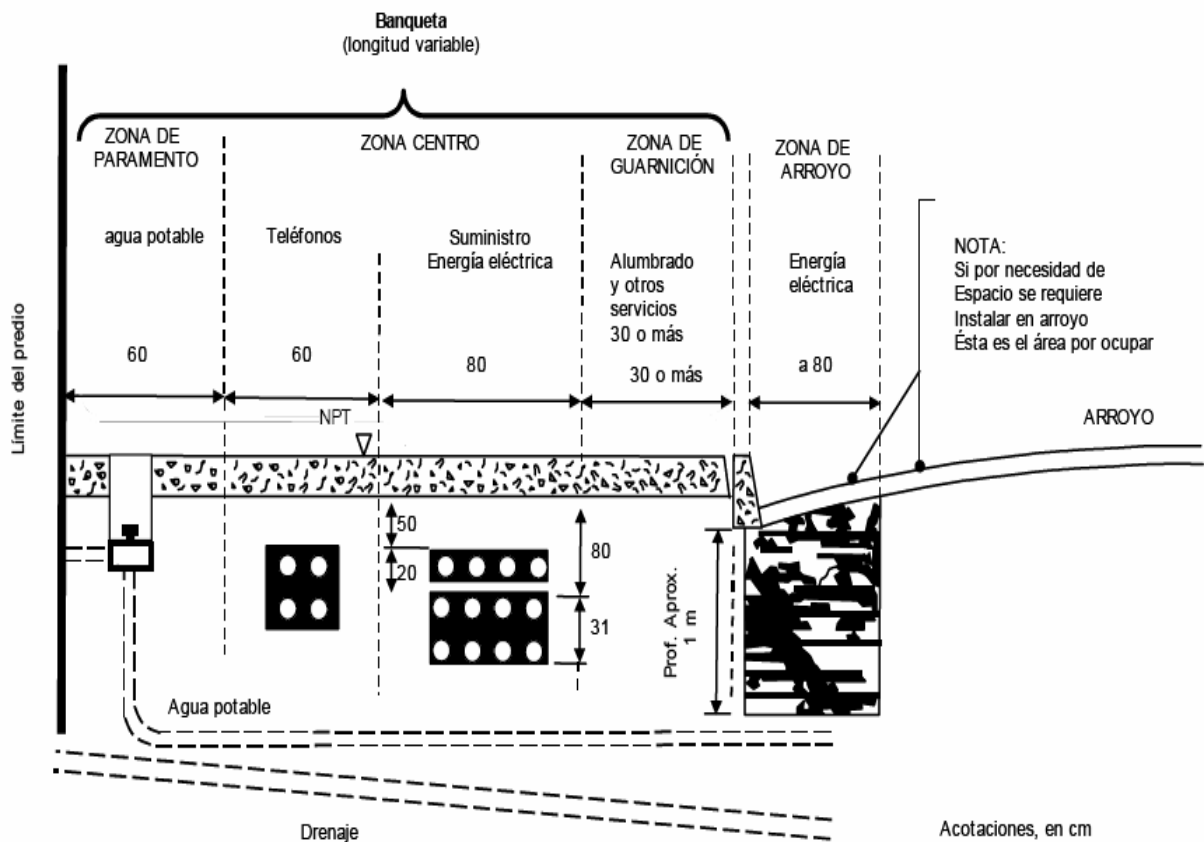


FIGURA 923-10(a)(3).- Zonificación recomendada de instalaciones en banqueta

b) Riesgos naturales del terreno. Debe evitarse en lo posible que la trayectoria de las canalizaciones subterráneas atraviese terrenos inestables (pantanosos, lodosos, entre otros) o altamente corrosivos. Si es necesario construir a través de

estos terrenos, debe hacerse de tal manera que se evite o reduzca al mínimo el movimiento o la corrosión.

c) Autopistas y calles

1) Calles. Cuando los bancos de ductos deban enterrarse a lo largo de calles en donde no existan banquetas, debe utilizarse como trayectoria la guarnición, en su defecto utilizar el límite de predio.

2) Autopistas. Cuando los bancos deban enterrarse a lo largo de autopistas, éstos deben ubicarse dentro del derecho de vía a 1,0 m fuera del acotamiento, como se indica en la Figura 923-10(c).

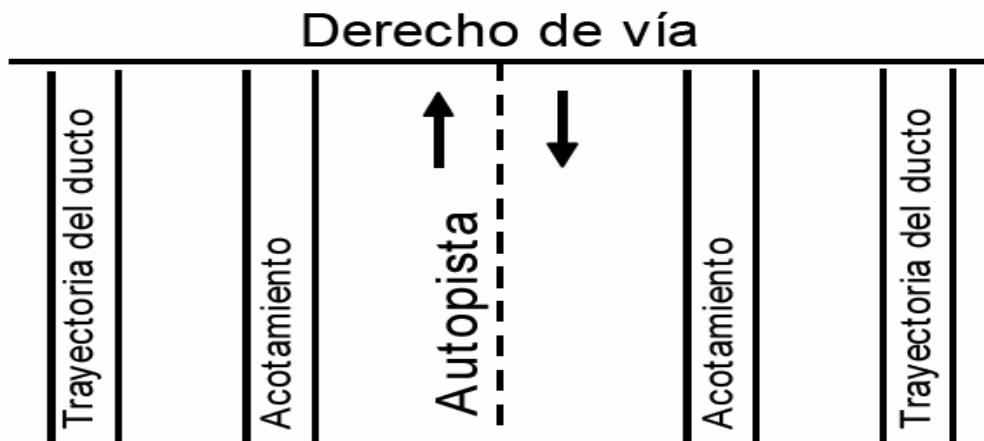


FIGURA 923-10(c).- Banco de ductos a lo largo de autopistas

TABLA 923-11.- Profundidad mínima de los ductos o bancos de ductos

Localización	Profundidad mínima (m)
En lugares no transitados por vehículos.	0,3
En lugares transitados por vehículos.	0,5
Bajo carreteras.	1,0
Bajo la base inferior de rieles en vías de ferrocarril ubicadas en calles pavimentadas.	0,9
Bajo la base inferior de rieles en vías de ferrocarril ubicadas en calles o caminos no pavimentados.	1,3

NOTAS:

1. Cuando se instalen cables para diferentes tensiones eléctricas en una misma trinchera, los cables de mayor tensión deben estar a mayor profundidad.
2. Los cables submarinos deben enterrarse en una trinchera de 1 m de profundidad hasta alcanzar 10 m de calado en zonas de arena. En zonas de roca debe protegerse con medias cañas de fierro; en partes más profundas deben ir depositadas en el lecho marino a fondo perdido.
3. Cuando no sea posible cumplir con estas profundidades, éstas pueden reducirse previo acuerdo entre las partes involucradas.

923-12. Separación de otras instalaciones subterráneas

a) Disposiciones generales. La separación entre el sistema de canalizaciones subterráneas y otras estructuras subterráneas ubicadas en forma paralela debe tener el ancho necesario para permitir el mantenimiento de los sistemas sin dañar las estructuras paralelas. Un banco de ductos que cruce sobre otra estructura debe tener una separación suficiente que evite el daño de ésta, estas separaciones deben ser determinadas por las partes involucradas.

NOTA: Cuando un banco de ductos cruce un pozo, una bóveda o por el techo de túneles de tránsito vehicular, éstos pueden estar soportados directamente en el techo, si las partes involucradas están de acuerdo.

b) Separaciones mínimas. La separación mínima entre ductos o bancos de ductos, y entre ellos y otras estructuras se indica en la Tabla 923-12(b).

TABLA 923-12(b).- Separación mínima entre ductos o bancos de ductos y con respecto a otras estructuras subterráneas

Medio separador	Separación mínima m
Tierra compactada	0,30
Tabique	0,10
Concreto	0,05

NOTAS:

1. Para cables submarinos la separación debe ser de 1,5 veces la profundidad.
2. Previo acuerdo entre las partes involucradas, pueden reducirse estas separaciones.

c) Separación de instalaciones de drenaje, tuberías de agua, vapor o combustible. Los ductos o bancos de ductos de líneas eléctricas y de comunicación, no deben quedar en contacto con ninguna de estas instalaciones; su separación debe ser tan grande como sea posible, a fin de permitir trabajos de reparación o mantenimiento. En el caso de cruzamientos sobre dichas instalaciones, deben colocarse en ambos lados soportes adecuados para evitar que el peso de los ductos pueda dañar a las instalaciones. La separación mínima entre ductos o bancos de ductos de líneas eléctricas y de comunicación con instalaciones de combustible debe ser 1 m.

d) Terrenos rocosos. Cuando el terreno sea rocoso y no permita respetar la profundidad mínima, el banco de ductos debe hacerse de concreto con la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos a que se encuentran sometidos. El banco de ductos puede colocarse inmediatamente bajo del piso terminado.

923-13. Excavación y material de relleno

a) Trincheras. El fondo de las trincheras debe estar limpio, relativamente plano y compactado a 90% para banquetas y a 95% para calles. Cuando la excavación se haga en terreno rocoso, el ducto o banco de ductos debe colocarse sobre una capa protectora de material de relleno limpio y compactado.

b) Material de relleno. El relleno debe estar libre de materiales que puedan dañar a los ductos o bancos de ductos y compactado a 90%.

923-14. Ductos y sus acoplamientos

a) Disposiciones generales

1) El material de los ductos debe ser resistente a esfuerzos mecánicos, a la humedad y al ataque de agentes químicos del medio donde quede instalado.

2) El material y la construcción de los ductos debe seleccionarse y diseñarse en forma que la falla de un cable en un conducto no se extienda a los cables de ductos adyacentes.

3) Los ductos o bancos de ductos deben estar diseñados y construidos para soportar las cargas exteriores a que pueden quedar sujetos, de acuerdo con los criterios que se establecen en 923-16, excepto que la carga de impacto puede ser reducida un tercio por cada 30 cm de profundidad, de forma que no necesita considerarse carga de impacto cuando la profundidad es de 90 cm o mayor.

4) El acabado interior de los ductos debe estar libre de asperezas o filos que puedan dañar los cables.

5) El área de la sección transversal de los ductos debe ser tal que, de acuerdo con su longitud y curvatura, permita instalar los cables sin causarles daño.

b) Instalación

1) En alta tensión eléctrica debe usarse un ducto no metálico por cable y en baja tensión un ducto por circuito. Cuando se instalen tres cables de baja tensión en un ducto, la suma de sus diámetros no debe ser igual al diámetro interior del ducto.

Excepción: Se permite utilizar hasta tres conductores en una canalización en transiciones aéreas/subterráneas.

2) Los ductos incluyendo sus extremos y curvas deben quedar fijos por el material de relleno, envolvente de concreto, anclas u otros medios, en tal forma que se mantengan en su posición original bajo los esfuerzos impuestos durante la instalación de los cables u otras condiciones.

3) Los tramos de ductos deben quedar unidos de forma que no queden escalones entre uno y otro tramo. No deben usarse materiales que puedan penetrar al interior de los ductos, formando protuberancias al solidificarse y que puedan causar daño a los cables.

4) Cuando se tengan condiciones tales que se requiera usar tubos con revestimiento exterior, el revestimiento de éstos debe ser resistente a la corrosión y debe ser inspeccionado y probado, verificando que el revestimiento sea continuo y esté intacto antes de rellenar; debe tenerse la precaución de no dañar el revestimiento al hacer el relleno y compactado.

5) Cuando se tengan bancos de ductos instalados en puentes metálicos, el banco de ductos debe tener la capacidad de permitir la expansión y contracción de la estructura del puente. Los bancos de ductos que pasen a través de los estribos del puente deben instalarse de forma que se evite o resista cualquier hundimiento debido a un asentamiento del suelo.

6) Los ductos a la entrada de registros, pozos, bóvedas y otros recintos, deben quedar en terreno perfectamente compactado o quedar soportados adecuadamente para evitar esfuerzos cortantes en los mismos.

7) El extremo de los ductos dentro de los registros, pozos, bóvedas y otros recintos, debe tener los bordes redondeados y lisos para evitar daño a los cables.

8) Se recomienda que los ductos se instalen con una pendiente de 0,25% como mínimo, para facilitar el drenado.

9) Para evitar la posibilidad de que por los ductos entren líquidos, gases o animales, se recomienda utilizar sellos que impidan su paso. Esta medida puede complementarse con la instalación de dispositivos de ventilación y drenaje.

923-15. Registros, pozos y bóvedas

a) Localización. La localización de los registros, pozos y bóvedas debe ser tal que su acceso desde el exterior quede libre y sin interferir con otras instalaciones. Debe evitarse, en lo posible, que en carreteras queden localizados en la carpeta asfáltica y en vías de ferrocarril en el terraplén.

b) Protección. Cuando los registros, pozos y bóvedas estén con el acceso abierto, deben colocarse medios adecuados de protección y advertencia para evitar accidentes.

c) Desagüe. En los registros, pozos y bóvedas, cuando sea necesario, debe instalarse un medio adecuado de desagüe. No debe existir comunicación con el sistema de drenaje.

d) Ventilación. Cuando los pozos, bóvedas y túneles tengan comunicación con galerías o áreas cerradas transitadas por personas, deben tener un sistema adecuado de ventilación hacia el exterior.

e) Detección de gases. Cuando se requiera entrar en algún pozo o bóveda, debe ventilarse previamente, si se sospecha que existen en el ambiente gases explosivos o tóxicos, debe determinarse y comprobarse mediante equipo adecuado si el ambiente es tolerable por el ser humano.

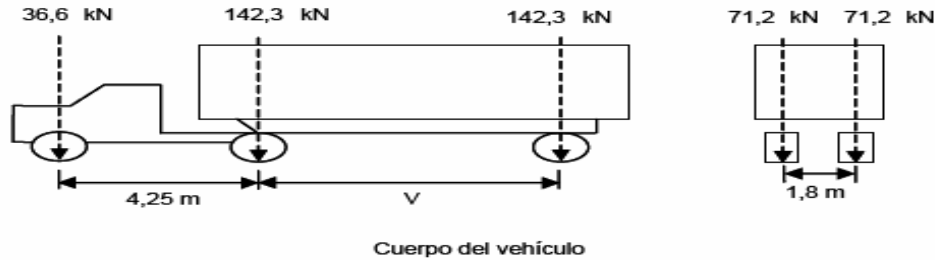
f) Obstrucción de accesos. Los accesos a registros, pozos o bóvedas no deben ser obstruidos por construcciones, estructuras, instalaciones provisionales, equipos semifijos o cualquier otra instalación.

923-16. Resistencia mecánica. Los registros, pozos y bóvedas deben estar diseñados y construidos para soportar todas las cargas estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre su estructura.

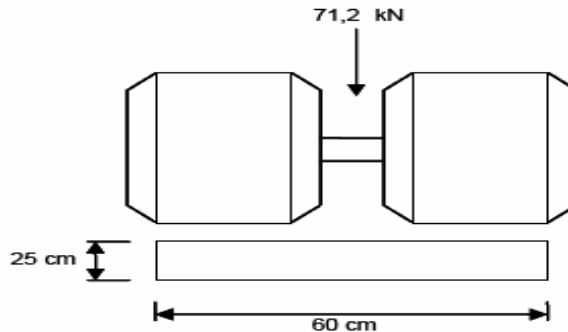
Las cargas estáticas incluyen el peso propio de la estructura, el del equipo, el del agua sobre la cubierta interior, el del hielo y otras cargas que tengan influencia sobre la misma estructura.

Las cargas dinámicas incluyen principalmente el peso de vehículos en movimiento y cargas por impacto que actúen sobre la estructura.

a) En las zonas de tránsito de vehículos debe tenerse en cuenta, para el cálculo, el vehículo más pesado que pueda transitar por el lugar y debe considerarse que su masa se reparte en cuatro ruedas, pero que sólo una de ellas transmite su carga a la cubierta y a la estructura del registro, pozo o bóveda, en un área vertical de 25 cm x 60 cm; excepto el caso en que, por las dimensiones del recinto, la estructura y su cubierta deban soportar la carga transmitida por dos ruedas separadas 2 m en línea transversal al eje del vehículo.



V = Dimensión que varía entre 4,25 y 9,0 m La dimensión a usar debe ser aquella que dé por resultado (La carga lateral y vertical que produzca los máximos momentos flexionantes en la estructura)



- a) Masa y dimensiones de un vehículo
- b) Area de carga de una rueda

NOTA: Como referencia, la carga dinámica que puede considerarse para el cálculo anterior, corresponde a un vehículo cuyo masa y dimensiones se indican en (a).

FIGURA 923-16.- Características del vehículo para determinar la carga dinámica

- b) En zonas que no tienen tránsito de vehículos debe considerarse una carga dinámica mínima de 15 000 N/m² (15 kPa).
- c) Las cargas dinámicas deben incrementarse en 30% por impacto.
- d) Cuando en los registros, pozos y bóvedas se coloquen anclas para el jalado de los cables, éstas deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas, con un factor de seguridad mínimo de 2.

923-17. Dimensiones. Las paredes interiores de los registros deben dejar un espacio libre cuando menos igual que el que deja su tapa de acceso, y su altura debe ser tal que permita a una persona trabajar desde el exterior o parcialmente introducida en ellos. En los pozos y bóvedas, además del espacio ocupado por cables y equipo, debe dejarse espacio libre suficiente para trabajar. La dimensión horizontal de este espacio debe ser cuando menos de 0,9 m y la vertical de 1,8 m. En el caso de líneas de comunicación, las dimensiones mínimas de dicho espacio deben ser: la horizontal de 0,8 m y la vertical de 1,2 m.

923-18. Acceso a pozos y bóvedas

a) El acceso a los pozos debe tener un espacio libre mínimo de 56 cm x 65 cm si es rectangular, o de 84 cm de diámetro si es circular. En el caso de líneas de comunicación dicho espacio debe ser de 40 cm x 50 cm si es rectangular. El acceso debe estar libre de protuberancias que puedan lesionar al personal o que impidan una rápida salida.

b) El acceso a pozos y bóvedas no debe ser localizado directamente sobre los cables o equipo. Cuando el acceso interfiera con algún obstáculo, puede quedar localizado sobre los cables, si se cumple con alguna de las siguientes medidas:

- (1) una señal de advertencia adecuada;
- (2) una barrera de protección sobre los cables; o
- (3) una escalera fija.

c) En bóvedas puede tenerse otro tipo de aberturas localizadas sobre el equipo, para facilitar su operación desde el exterior.

923-19. Tapas. Las tapas de los registros, pozos y bóvedas deben ser de masa y diseño para que asienten y cubran los accesos, así como para evitar que puedan ser fácilmente removidas sin herramientas. Cuando las tapas de bóvedas y pozos para acceso del personal sean ligeras, deben estar provistas de aditamentos para la colocación de candados. Las tapas deben ser de un diseño tal que no puedan caer accidentalmente dentro de los registros, pozos o bóvedas. No deben tener protuberancias dentro de los pozos de visita suficientemente grandes para tener contacto con los cables o equipos.

Las tapas y sus soportes deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas que se mencionan en 923-16. Las tapas deben ser de un material o contar con un recubrimiento adecuado a las condiciones térmicas, químicas, mecánicas y ambientales del lugar. Las tapas deben ser antiderrapantes y tener una identificación visible desde el exterior que indique el tipo de instalación o la empresa a la que pertenecen. En el caso de transformadores instalados en bóvedas, las tapas deben contar con una rejilla apropiada para permitir la ventilación. La separación del enrejado no debe permitir el paso de objetos que puedan dañar a los cables o equipos.

923-20. Puertas de acceso a túneles y bóvedas

a) Las puertas de acceso deben localizarse de forma que se provea un acceso seguro.

b) Las puertas de acceso del personal a las bóvedas no deben localizarse o abrir directamente sobre el equipo o cables. Las aperturas de otros tipos (no para acceso del personal) en las bóvedas, pueden ubicarse sobre el equipo para facilitar el trabajo, reemplazo o instalación del mismo.

c) Cuando las puertas de túneles y bóvedas dentro de edificios estén accesibles al público, deben estar cerradas con llave, a menos que persona autorizada impida la entrada al público.

d) Estas puertas deben diseñarse de forma que una persona pueda salir rápidamente, aun cuando la puerta esté cerrada desde el exterior.

923-21. Protección en áreas de trabajo

a) Tráfico de peatones y vehículos

1. Antes de iniciar cualquier trabajo que pueda poner en peligro al público o a los trabajadores, deben colocarse avisos preventivos o barreras normalizadas, o conos fosforescentes, de tal manera que sean perfectamente visibles al tráfico que se acerca al lugar de trabajo; en estos mismos casos, el personal de piso a cargo de estos trabajos debe usar chalecos de color fosforescente y debe poner en funcionamiento los faros giratorios del vehículo. Durante la noche, adicionalmente deben utilizarse señales luminosas o reflejantes.

Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones de tráfico lo justifiquen, una persona debe dedicarse exclusivamente a advertir al tráfico sobre los riesgos existentes, utilizando banderolas rojas o señales luminosas según sea de día o de noche. Los preventivos mencionados deben estar a una distancia adecuada considerando la topografía y configuración de las vías de circulación en el área de trabajo, así como la velocidad de circulación.

2. Se recomienda que los avisos sean de la siguiente manera:

- En los "avisos de precaución" el fondo de color ámbar con señales y letreros de advertencia color negro.

- En los "avisos de peligro" el fondo de color blanco con señales y letreros de advertencia color rojo.

3. Durante el día, los hoyos, cepas, registros sin tapa u obstrucciones, deben identificarse con señales de peligro, tales como avisos preventivos y acordonamiento, conos fosforescentes o barreras. Durante la noche deben usarse señales luminosas o reflejantes. De ser necesario dejar desatendido temporalmente algún hoyo o cepa, debe colocarse una tapa provisional, para evitar accidentes al público.

4. Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones del tráfico lo justifiquen, debe solicitarse el auxilio de las autoridades de tránsito competentes, para advertir al tráfico sobre los riesgos existentes.

b) Trabajadores

1. Cuando por razón de los trabajos se expongan partes energizadas o en movimiento, deben colocarse avisos preventivos y guardas, para advertir a los otros trabajadores en el área.

2. Cuando se trabaje en áreas con secciones múltiples muy semejantes, como es el caso de una sección de una subestación, la sección de trabajo debe marcarse en forma notoria, acordonándola o usando barreras, con avisos preventivos, a fin de evitar contactos accidentales con partes vivas tanto de la propia sección de trabajo como de secciones adyacentes.

c) Conductores

Todo trabajador que encuentre cables o alambres que representen peligro, debe informar de la situación peligrosa a su jefe inmediato, colocando avisos preventivos y debe quedarse a vigilar. De estar facultado y contar con los medios necesarios debe corregir la condición que representa peligro.

4.4 SUBESTACIONES

ARTICULO 924-SUBESTACIONES

924-1. Objetivo y campo de aplicación. Este Artículo contiene requisitos que se aplican a las subestaciones de usuarios (véase 110-30 y 110-31), y a las instalaciones que forman parte de sistemas instalados en la vía pública.

Estos requisitos se aplican a toda instalación, en el caso de instalaciones temporales (que pueden requerirse en el proceso de construcción de fábricas o en subestaciones que están siendo reestructuradas o reemplazadas), la autoridad competente puede eximir al usuario del cumplimiento de alguno de estos requisitos, de acuerdo con la justificación que exista para ello y siempre que se obtenga la debida seguridad por otros medios.

924-2. Medio de desconexión general. Toda subestación particular debe tener en el punto de enlace entre el suministrador y el usuario un medio de desconexión general, ubicado en un lugar de fácil acceso y en el límite del predio, para las subestaciones siguientes:

a) Compactas

Excepción: En subestaciones compactas con un solo transformador que requieran ampliarse y no cuenten con espacio suficiente, se permite colocar un segundo transformador en el mismo medio de desconexión general, siempre que cada transformador tenga su propio medio de protección.

b) Abiertas o pedestal mayores a 500 kVA

Abiertas o pedestal, se permite colocar un segundo transformador en el mismo medio de desconexión general, siempre que cada transformador tenga su propio medio de protección.

924-3. Resguardos de locales y espacios. Los locales y espacios en que se instalen subestaciones deben tener restringido y resguardado su acceso; por medio de cercas de tela de alambre, muros o bien en locales especiales para evitar la entrada de personas no calificadas. Los resguardos deben tener una altura mínima de 2,10 m y deben cumplir con lo indicado en la Sección 110-34, espacio de trabajo y protección.

Excepción: En subestaciones tipo pedestal y compactas es suficiente una delimitación de área.

924-4. Condiciones de los locales y espacios. Los locales donde se instalen subestaciones deben cumplir con lo siguiente:

- a) Deben estar hechos de materiales no combustibles.
- b) No deben emplearse como almacenes, talleres o para otra actividad que no esté relacionada con el funcionamiento y operación del equipo.
- c) No debe haber polvo o pelusas combustibles en cantidades peligrosas ni gases inflamables o corrosivos.
- d) Deben tener ventilación adecuada para que el equipo opere a su temperatura nominal y para minimizar los contaminantes en el aire bajo cualquier condición de operación.

La restricción de acceso a las subestaciones tipo abierta y azotea debe cumplir con lo indicado en la Sección 110-31.

- e) Deben mantenerse secos.

924-5. Instalación de alumbrado. Los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo, para locales o espacios, se muestran en la Tabla 924-5.

TABLA 924-5.- Niveles mínimos de iluminancia requeridos

Tipo de lugar:	Iluminancia (lx)
Frente de tableros de control con instrumentos, diversos e interruptores, etc.	270
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros "dúplex"	55
Pupitres de distribución o de trabajo	270
Cuarto de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)	55
Alumbrado de emergencia, en cualquier área	11
Áreas de maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

Excepción 1: No se requiere iluminación permanente en celdas de desconectores y pequeños espacios similares ocupados por aparatos eléctricos.

Excepción 2: Las subestaciones de usuarios de tipo poste o pedestal quedan excluidas de los requerimientos a que se refiere esta Sección y pueden considerarse iluminadas con el alumbrado existente para otras áreas adyacentes.

a) Receptáculos y unidades de alumbrado. Los receptáculos para conectar aparatos portátiles deben situarse de manera que, al ser utilizados, no se acerquen en forma peligrosa a cordones flexibles o a partes vivas.

Las unidades de alumbrado deben situarse de manera que puedan ser controladas, repuestas y limpiadas desde lugares de acceso seguro. No deben

instalarse usando conductores que cuelguen libremente y que puedan moverse de modo que hagan contacto con partes vivas de equipo eléctrico.

b) Circuito independiente. En subestaciones, el circuito para alumbrado y receptáculos debe alimentar exclusivamente estas cargas y tener protección adecuada contra sobrecorriente independiente de los otros circuitos.

c) Control de alumbrado. Con objeto de reducir el consumo de energía y facilitar la visualización de fallas en el área de equipos, barras y líneas, el alumbrado debe permanecer al mínimo valor posible, excepto en los momentos de maniobras.

d) Eficiencia. Para optimizar el uso de la energía, se recomienda proporcionar mantenimiento e inspeccionar los luminarios y sus conexiones.

e) Debe colocarse en el local, cuando menos, una lámpara para alumbrado de emergencia por cada puerta de salida del local.

924-6. Pisos, barreras y escaleras

a) Pisos. En las subestaciones los pisos deben ser planos, firmes y con superficie antiderrapante, se debe evitar que haya obstáculos en los mismos. Los huecos, registros y trincheras deben tener tapas adecuadas.

El piso debe tener una pendiente (se recomienda una mínima de 2,5%) hacia las coladeras del drenaje.

b) Barreras. Todos los huecos en el piso que no tengan tapas o cubiertas adecuadas y las plataformas de más de 50 cm de altura, deben estar provistos de barreras, de 1,20 m de altura, como mínimo. En lugares donde se interrumpa una barrera junto a un espacio de trabajo, para dar acceso a una escalera, debe colocarse otro tipo de barrera (reja, cadena).

c) Escaleras. Las escaleras que tengan cuatro o más escalones deben tener pasamanos. Las escaleras con menos de cuatro escalones deben distinguirse convenientemente del área adyacente, con pintura de color diferente u otro medio. No deben usarse escaleras tipo "marino", excepto en bóvedas.

924-7. Accesos y salidas. Los locales y cada espacio de trabajo deben tener un acceso y salida libre de obstáculos.

Si la forma del local, la disposición y características del equipo en caso de un accidente pueden obstruir o hacer inaccesible la salida, el área debe estar iluminada y debe proveerse un segundo acceso y salida, indicando una ruta de evacuación. La puerta de acceso y salida de un local debe abrir hacia afuera y estar provista de un seguro que permita su apertura, desde adentro. En subestaciones interiores, cuando no exista espacio suficiente para que el local cuente con puerta de abatimiento, se permite el uso de puertas corredizas, siempre que éstas tengan claramente marcado su sentido de apertura y se mantengan abiertas mientras haya personas dentro del local. La puerta debe tener fijo en la parte exterior y en forma completamente visible, un aviso con la leyenda: **"PELIGRO ALTA TENSION ELECTRICA"**

924-8. Protección contra incendio. Independientemente de los requisitos y recomendaciones que se fijen en esta Sección, debe cumplirse la reglamentación en materia de prevención de incendios.

a) Extintores. Deben colocarse extintores, tantos como sean necesarios en lugares convenientes y claramente marcados, situando dos, cuando menos, en puntos cercanos a la entrada de las subestaciones.

Para esta aplicación se permiten extintores de polvo químico seco. Los extintores deben revisarse periódicamente para que estén permanentemente en condiciones de operación y no deben estar sujetos a cambios de temperatura mayores que los indicados por el fabricante.

En las subestaciones de tipo abierto o pedestal instalados en redes de distribución no se requiere colocar extintores de incendio.

b) Sistemas integrados. En tensiones eléctricas mayores de 69 kV, se recomienda el uso de sistemas de protección contra incendio tipo fijo que operen automáticamente por medio de detectores de fuego que, al mismo tiempo, accionen alarmas.

c) Contenedores para aceite. En el equipo que contenga aceite, se deben tomar alguna o algunas de las siguientes medidas:

1) Proveer medios adecuados para confinar, recoger y almacenar el aceite que pudiera escaparse del equipo, mediante recipientes o depósitos independientes del sistema de drenaje. Para transformadores mayores que 1 000 kVA, el confinamiento debe ser para una capacidad de 20% de la capacidad del equipo y cuando la subestación tiene más de un transformador, una fosa colectora equivalente al 100% del equipo de mayor capacidad.

2) Construir muros divisorios, de tabique o concreto, entre transformadores y entre éstos y otras instalaciones vecinas, cuando el equipo opere a tensiones eléctricas iguales o mayores a 69 kV.

3) Separar los equipos en aceite con respecto a otros aparatos, por medio de barreras incombustibles, o bien por una distancia suficiente para evitar la proyección de aceite incendiado de un equipo hacia los otros aparatos.

924-9. Localización y accesibilidad

a) Los tableros deben colocarse donde el operador no esté expuesto a daños por la proximidad de partes vivas o partes de maquinaria o equipo en movimiento.

b) No debe haber materiales combustibles en la cercanía.

c) El espacio alrededor de los tableros debe conservarse despejado y no usarse para almacenar materiales, de acuerdo con lo indicado en 110-34.

d) El equipo de interruptores debe estar dispuesto de forma que los medios de control sean accesibles al operador.

924-10. Dispositivo general de protección contra sobrecorriente. Toda subestación debe tener en el lado primario un dispositivo general de protección contra sobrecorriente para la tensión eléctrica y corriente del servicio, referentes a la corriente de interrupción y a la capacidad nominal o ajuste de disparo, respectivamente. En subestaciones con dos o más transformadores, o en subestaciones receptoras con varias derivaciones para transformadores remotos u otras cargas.

924-11. Requisitos generales del sistema de protección del usuario. La protección del equipo eléctrico instalado en la subestación de un usuario no debe depender del sistema de protección del suministrador. Las fallas por cortocircuito en la instalación del usuario no deben ocasionar la apertura de las líneas suministradoras, lo cual puede afectar el servicio a otros usuarios, para tal fin el usuario debe consultar con el suministrador con objeto de obtener la coordinación correspondiente.

924-12. Equipo a la intemperie o en lugares húmedos. En instalaciones a la intemperie o en lugares húmedos, el equipo debe estar diseñado y construido para operar satisfactoriamente bajo cualquier condición atmosférica existente.

924-13. Consideraciones ambientales

a) Las subestaciones con tensiones eléctricas mayores a 69 kV deben considerar la limitación de los esfuerzos sísmicos y dinámicos que soporta el equipo a través de sus conexiones.

b) Los equipos deben ser capaces de soportar los esfuerzos sísmicos que se le transmiten del suelo a través de sus bases de montaje y que resultan de las componentes de carga vertical y horizontal, más la ampliación debida a la vibración resonante.

c) El proyecto de las subestaciones urbanas con tensiones eléctricas mayores a 69 kV deben considerar el efecto del impacto ambiental, de manera que sus inconvenientes se reduzcan a un nivel tolerable.

En las subestaciones ubicadas en áreas urbanas se deben tomar medidas tendientes a limitar el ruido audible a 60 dB, medido en el límite del predio en la colindancia a la calle o a predios vecinos.

924-14. Instalación y mantenimiento del equipo eléctrico. El equipo de las subestaciones debe ser instalado y mantenido para reducir al mínimo los riesgos de accidentes del personal, así como el consumo de energía.

a) Equipo de uso continuo. Antes de ser puesto en servicio, debe comprobarse que el equipo eléctrico cumple con los requisitos establecidos en los diferentes Artículos aplicables de esta norma. Posteriormente, debe ser mantenido en condiciones adecuadas de funcionamiento, haciendo inspecciones periódicas para comprobarlo. El equipo defectuoso debe ser reparado o reemplazado.

b) Equipo de uso eventual. Se recomienda que el equipo o las instalaciones que se usen eventualmente, sean revisados y probados antes de usarse en cada ocasión. Los equipos deben soportarse y fijarse de manera consistente a las condiciones de servicio esperadas.

Los equipos pesados como transformadores quedan asegurados por su propio peso, pero aquellos donde se producen esfuerzos por sismo o fuerzas dinámicas durante su operación, pueden requerir medidas adicionales.

924-15. Partes con movimientos repentinos. Todas las partes que se muevan repentinamente y que puedan lastimar a personas que se encuentren próximas, deben protegerse por medio de resguardos.

924-16. Identificación del equipo eléctrico. Para identificar al equipo eléctrico en subestaciones se recomienda pintarlo y numerarlo, usando placas, etiquetas o algún otro medio que permita distinguirlo fácilmente, tanto respecto de su

funcionamiento como del circuito al que pertenece. Es conveniente establecer un método de identificación uniforme en todo el equipo instalado en una subestación o en un grupo de instalaciones que correspondan a un mismo usuario. Esta identificación no debe colocarse sobre cubiertas removibles o puertas que puedan ser intercambiadas.

924-17. Transformadores de corriente. Los circuitos secundarios de los transformadores de corriente deben tener medios para ponerse en cortocircuito y conectarse a tierra simultáneamente. Cuando exista relación múltiple y con salidas no conectadas, éstas se deben poner en cortocircuito.

924-18. Protección de los circuitos secundarios de transformadores para instrumentos

a) Conexión de puesta a tierra. Los circuitos secundarios de transformadores para instrumentos (transformadores de corriente y de potencial) deben tener una referencia efectiva y permanente de puesta a tierra. Véase 250-121.

b) Protección mecánica de los circuitos secundarios cuando los primarios operen a más de 6600 V.

Los conductores de los circuitos secundarios deben alojarse en tubo (conduit) metálico, permanentemente puesto a tierra, a menos que estén protegidos contra daño mecánico y contra contacto de personas.

924-19. Instalación de transformadores de potencia y distribución. Los requisitos siguientes aplican a transformadores instalados al nivel del piso, en exteriores o interiores:

a) Instalación. Deben cumplirse las disposiciones establecidas en 450-8.

b) Transformadores que contengan aceite. En la instalación de transformadores que contengan aceite deben tenerse en cuenta las recomendaciones sobre protección contra incendio que se indican en 924-8 y el Artículo 450.

c) Edificios de subestaciones. En edificios que no se usen solamente para subestaciones, los transformadores deben instalarse en lugares especialmente destinados a ello de acuerdo con lo indicado en 450-9 y que sean solamente accesibles a personas calificadas.

d) Selección de los transformadores. Deben trabajar lo más próximo a 100% de su capacidad, conforme a los límites marcados por la confiabilidad operativa y requisitos de la carga que alimentan.

924-20. Medio aislante. Deben tomarse las medidas siguientes:

a) Cumplir con lo establecido en 450-25 y en áreas peligrosas, debe cumplir adicionalmente con lo indicado en el Capítulo 5.

b) Los líquidos aislantes deben ser biodegradables, no dañinos a la salud.

924-21. Ajuste de la protección contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente de transformadores (excepto los de medición y control) debe cumplir con lo establecido en 450-3.

924-22. Locales para baterías. Los locales deben ser independientes con un espacio alrededor de las baterías para facilitar el mantenimiento, pruebas y reemplazo de celdas, cumpliendo con lo siguiente:

a) Local independiente. Las baterías se deben instalar en un local independiente. Dentro de los locales debe dejarse un espacio suficiente y seguro alrededor de las baterías para la inspección, el mantenimiento, las pruebas y reemplazo de celdas.

b) Conductores y canalizaciones. No deben instalarse conductores desnudos en lugares de tránsito de personas, a menos que se coloquen en partes altas para quedar protegidos. Para instalar los conductores aislados puede usarse canalización metálica con tapa, siempre que estén debidamente protegidos contra la acción deteriorante del electrolito. En los locales para baterías, los conductores con envolturas barnizadas no deben usarse.

c) Terminales. Si en el local de las baterías se usan canalizaciones u otras cubierta metálicas, los extremos de los conductores que se conecten a las terminales de las baterías deben estar fuera de la canalización, por lo menos a una distancia de 30 cm de las terminales, y resguardarse por medio de una boquilla aislante. El extremo de la canalización debe cerrarse herméticamente para no permitir la entrada del electrolito.

d) Pisos. Los pisos de los locales donde se encuentren baterías y donde sea probable que el ácido se derrame y acumule, deben ser de material resistente al ácido o estar protegidos con pintura resistente al mismo. Debe existir un recolector para contener los derrames de electrolito.

e) Equipos de calefacción. No deben instalarse equipos de calefacción de flama abierta o resistencias incandescentes expuestas en el local de las baterías.

f) Iluminación. Los locales de las baterías deben tener una iluminación natural adecuada durante el día. En los locales para baterías, se deben usar luminarios con portalámparas a prueba de vapor y gas protegidos de daño físico por barreras o aislamientos. Los receptáculos y apagadores deben localizarse fuera del local.

924-23. Puesta a tierra

Para disposiciones para puesta a tierra, véase el Artículo 921.

924-24. Tarimas y tapetes aislantes

Estos medios de protección no deben usarse como substitutos de los resguardos indicados en las

Secciones anteriores. Las tarimas deben ser de material aislante sin partes metálicas, con superficie antiderrapante y con orillas biseladas. Los tapetes también deben ser de material aislante.

En subestaciones de tipo interior, las tarimas y tapetes deben instalarse cubriendo la parte frontal de los equipos de accionamiento manual, que operen a más de 1000 V entre conductores; su colocación no debe presentar obstáculo en la apertura de las puertas de los gabinetes. Para subestaciones tipo pedestal o exteriores no se requieren tapetes o tarimas aislantes.

CAPITULO VI: DESARROLLO DEL PROYECTO

Para tener una visión general de las lámparas instaladas en la institución fue necesario lo siguiente:

- 1; desarrollar una memoria técnica de las distintas subestaciones en ittg.
- 2; desarrollar una ubicación espacial de cada uno de los registros en el ittg a fin de conocer su ubicación exacta para mantenimientos futuros.
- 3: definir tipo de conductores.
- 4; diseñar un croquis a fin de conocer la ubicación de cada delos registros que se encuentran actualmente en el instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
- 5; definir la alimentación general de cada uno de los edificio de ittg.
- 6; diseñar diagramas unifilares, cuadros de carga.
- 7; proponer una mejora en cuanto las normas actuales que nos rigen

6.1 MEMORIA TECNICA

INSTITUCION: INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

Alimentación del circuito de iluminación exterior:

Subestación num.1.

Características del transformador: transformador en aceite, 300 kva.

Ubicación de subestación: Edificio "I".

Interrupter principal: square D, 3 x 2000 A, 220/127 volts.

Ubicación de tablero de control: edificio "D".

Circuitos controlados

- (1) "TALLERES": interruptor termo magnético, 2 x 30 A, 220/127 volts.
- (2) "ENTRADA PRINCIPAL": interruptor termo magnético, 2 x 30 A, 220/127 volts.
- (3) "EDIFICIOS E,H,G": interruptor termo magnético, 2 x 30 A, 220/127 volts.
- (4) "FRENTE ESTACIONAMIENTO": interruptor termo magnético, 2 x 30 A, 220/127 volts.
- (5) "EDIFICIO M,P,S": interruptor termo magnético, 2 x 50 A, 220/127 volts.

- (6) "EDIFICIO K,L": interruptor termo magnético, 2 x 30 A, 220/127 volts.
- (7) "EDIFICIO D,I": interruptor termo magnético, 2 x 30 A, 220/127 volts.

INSTITUCION: INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

Alimentación del circuito de iluminación exterior:

Subestación num.2.

Características del transformador: transformador en aceite, 500 kva.

Ubicación de subestación: costado "Edificio Q".

Interruptor principal: square D, 3 x 2000 A, 220/127 volts.

Ubicación de tablero de control: edificio "A".

Circuitos controlados:

Edificios "Q, A": interruptor termo magnético, 2 x 30 A, 220/127 volts.

Alumbrado frontal: interruptor termo magnético, 1 x 30 A, 220/127 volts.

Alumbrado frontal edificio "Q": interruptor termo magnético, 2 x 30 A, 220/127 volts.

INSTITUCION: INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

Alimentación del circuito de iluminación exterior:

Subestación num.3.

Características del transformador: transformador en aceite, 300 kva.

Ubicación de subestación: costado "Edificio Z".

Interruptor principal: square D, 3 x 800 A, 220/127 volts.

Ubicación de tablero de control: edificio "Z".

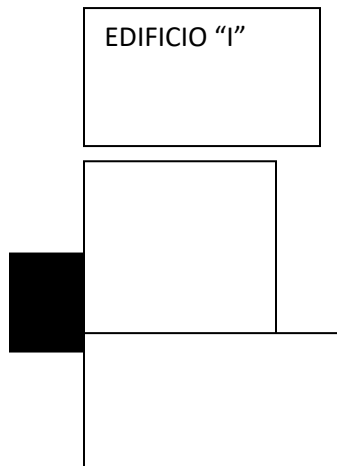
Circuitos controlados:

Alumbrado frontal "Z": interruptor termo magnético, 2 x 15 A, 220/127 volts.

6.2 UBICACIÓN FISICA DE SUBESTACIONES Y TABLEROS DE CONTROL

SUBESTACION 1:

EDIFICIO 1



SUBESTACION 1



Transformador subestación 1.



Tablero de control general.



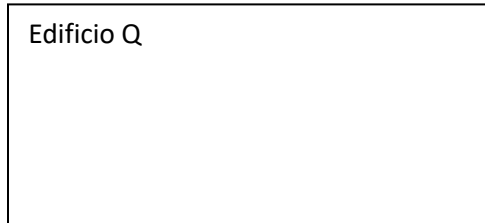
Ubicación de tablero de control de luminarias.



Transición aéreo - subterránea de C.F.E a ITTG.

SUBESTACION 2

UBICACIÓN:
Costado edificio "Q"



Subestación 2



Transformador subestación 2.



Tablero de control subestación 2



Transición aéreo- subterránea de CFE a ITTG.



Tablero de control de luminarias tipo exterior
Edificio a.

SUBESTACION 3

UBICACIÓN:
Costado edificio "Z"

EDIFICIO Z



Transformador subestación 4



Tablero de control subestación 4



“Edificio z”

6.3 DESARROLLO DE PROPUESTA DE ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE SUBESTACIONES Y ALIMENTADORES A SUS DIFERENTES EDIFICIOS

La propuesta es de actualizar las mini subestaciones y el sistema subterráneo del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de acuerdo con la NOM001-SEDE-2005, ya que actualmente funciona, pero no cumple con la norma ya mencionada.

En la actualidad las mini subestaciones funcionan así como las líneas subterráneas funciona y hacen bien su trabajo, pero no cumplen con las normas actuales, así de simple como una norma de seguridad, que protege a una persona o el mismo equipo. Esto nos lleva a tomar los artículos de la NOM001-SEDE-2005 (450, 921, 923, 924.) estos nos mencionan como debe de estar una subestación, transformadores, puesta a tierra, conductores.

6.4 REPORTE DE ACTIVIDADES REALIZADAS.

“MANTENIMIENTO A REGISTROS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ”

Los registros del instituto tecnológico de Tuxtla gutierrez se encuentran en deterioro físico por el factor tiempo-ambiente. Aunado a que no se les ha brindado el mantenimiento y limpieza que estos deberían tener. En el transcurso de la ubicación de registros alimentadores se procedió a limpiar los registros. Algunos de los registros encontrados en la elaboración del croquis se encuentran en completo deterioro.

A los registros le falta un sistema de drenaje, ya que en épocas de lluvia tienden a inundarse, y esto puede causar problema o accidentes.

MANTENIMIENTO A LAS MINISUBESTACIONES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.

Las mini subestaciones del ITTG se encuentran en un *deterioro*, ya que no les han brindado el mantenimiento correctivo, ni preventivo, en la subestación uno por ejemplo, hay contaminación por polvo, humedad, la puerta de entrada a las subestaciones están siempre abiertas (cualquier persona puede entrar), no tiene extintor.

En la minisubestación dos se encuentra con un mal estado, ya que donde esta ubicado es en el exterior, esto causa que tenga polvo, humedad, oxido, filtración de agua en el techo, que la malla que protege esta con maleza, así mismo la maleza se esta introduciendo en la parte de la carcasa de la subestación y podría causar fallas en el sistema, la puerta de entrada a las subestaciones están siempre abiertas (cualquier persona puede entrar), no tiene extintor.

Conclusión

Podemos concluir que las minisubestaciones así como las líneas subterráneas del instituto tecnológico están en un gran deterioro, que si están operando, pero no como la NOM001-SEDE-2005 nos menciona en sus artículos (450, 921, 923, 924).

Se debe tomar en cuenta muy bien estos artículos ya que con ellos podemos mejorar las minisubestaciones así como las líneas subterráneas, que están en el instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

No se debe de olvidar los registros, ya que son muy importantes por que en ellos se muestran los conductores, como están distribuidos en todo el ITTG. En los registros se debe de tener un sistema de drenaje por que en épocas de lluvia tienden a inundarse y esto puede generara fallas en el sistema, en conclusión deben estar con forme a la NOM001-SEDE-2005. Ya que actualmente, no cumplen con la norma. A estos registros No se les a dado el mantenimiento correctivo, ni preventivo. Así que se encuentran el un mal estado.

BIBLIOGRAFIA

- NOM001-SEDE-2005
- -. Código Eléctrico Nacional (1981). Capítulo dos. Sección 220-22. Carga del neutro del alimentador. Codelectra. P. 57.
- -. Consumo. (1999). Consumo de energía eléctrica. Disponible: http://WWW.escelsa.com.br/investigadores/merc.energ./consumo_energía/. Consulta: 2002, Marzo 18.
- -. Covenin, "Iluminancias en tareas y áreas de trabajos". 2249-1991.
- -. Electrotecnia. Revista internacional. Año 8, (68), Artículo sobre calidad de la energía. pp 55-57.
- -. Electrotecnia. Revista internacional. Año 8, (88), Artículo sobre el mejoramiento del factor de potencia. pp 21-24.
- -. Especificaciones técnicas para la adquisición de un sistema centralizado de medición de energía eléctrica, Pequiven - Oriente.
- -. Hernández S, R. Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill. México 1991.
- -. Insumo industrial. Revista de la Asea Brown Boveri (ABB). Año 3, N° 35, Artículo sobre costos de la energía eléctrica. pp 12-17.
- -. IEEE, "Recommended practice for energy conservation and cost effective planing in industrial facilities". IEEE std 739-1984.
- -. IEEE Guide, "Test procedure for synchronous machines". IEEE std 115-1983.
- -. J.R. Ortiz. Proyecto de ahorro de energía en el edificio sede Pequiven Caracas. Dto. Federal.
- -. L.W. Matsch. Máquinas electromagnéticas y electromecánicas. Editorial Alfaomega, S.A. México 1990, Cap 3, pp 83-130.
- -. León, M. (2002, Enero 30). Sube la factura eléctrica. El universal, p. 2-1.
- -. Manual del ingeniero mecánico, Marks. 8va Ed., McGraw Hill, Volumen II, Cap. 15, pp 41-52.
- -. Maracara, C. I. (2002, Febrero 26). Ahorrar electricidad en tiempos de crisis. Ultimas Noticias, p. 18.
- -. Montero, M. y Hochman, E. Investigación Documental. Editorial Panapo. Caracas 1996.