



**INFORME TÉCNICO
DE
RESIDENCIA PROFESIONAL**

INGENIERÍA ELÉCTRICA

NOMBRE DEL PROYECTO:

**INSTALACIONES DE BAJA TENSION EN EL FRACIONAMIENTO
RESIDENCIAL VALLE VERDE 2^A ETAPA**

ASESOR:

INTERNO: ING. FIDEL TOVILLA HERNANDEZ

RESIDENTE:

JOSE MAURICIO VAZQUEZ LOPEZ

EMPRESA:

IMI CIVILES DEL SUR, S.A DE C.V.

PERIODO DE REALIZACIÓN:

AGOSTO – DICIEMBRE 2019



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



RESUMEN

Se abarca este proyecto, cuyo objetivo es el diseño de la instalación de la forma más eficiente y apegada a las normas establecidas, NOM-001-SEDE-2012, LA ESPECIFICACION TECNICA DE CFE DISTRIBUCION (DCCSSUBT), LA ESPECIFICACION TECNICA DE CFE DISTRIBUCION DE ACOMETIDAS EN BAJA TENSION, NOM-031-ENER-2018.

La estructura de la Norma Oficial Mexicana responde a las necesidades técnicas que se requieren para la utilización de la energía eléctrica en las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional; se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales para evitar confusiones en los conceptos. Al igual que en estados unidos EL NEC refiere a los requisitos que debe cumplir las instalaciones eléctricas para la seguridad de las personas y de las propiedades para no sufrir una descarga eléctrica, electrocución.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

SUBSECRETARIA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Por todo el apoyo moral e incondicional durante mi formación académica, ya que ellos fueron una de las piezas importantes por lo cual me esforzaba en salir adelante a pesar de todas las dificultades y obstáculos ellos me apoyaron, velaron y preocuparon por mí. Pero sobre todo por darme todo su amor, cariño comprensión y enseñarme los valores más importantes.

A dios

Por darme la capacidad de forjarme en el ámbito del estudio, la capacidad de comprender, escuchar, sobre todo agradecido con la vida que me ha dado.

A mis profesores y asesores

Quisiera agradecer a mi amigo y profesor el ING. Fidel Tovilla Hernández por todo el apoyo durante estos meses de residencia, por ayudar a formarnos académicamente, compartir su sabiduría y apoyarnos para que seamos ingenieros calificados en la vida laboral.

A mis demás maestros por compartir su experiencia y sabiduría en cada asignación que pase por los 4 años y medio de la carrera.



ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Marco jurídico.....	2
2. Diseño y Proyecto en baja tensión	2
2.1. Introducción	2
2.1.1 Perspectivas y Aplicaciones	3
2.1.2 Perspectivas.....	3
2.2 Tipos de sistema aplicables en instalaciones subterráneas.....	5
2.2.1 Baja tensión.....	5
2.2.2 Baja tensión.....	5
Cables.....	6
2.2.3 Puestas a tierra de sistemas flotantes	7
Método de puesta a tierra:	7
Transformador estrella delta, puesto a tierra con una resistencia en el neutro.....	8
Diseño de la red de tierras	8
Métodos usados para mejorar los valores de resistencia de puesta a tierra:.....	10
2.3 Eficiencia energética para luminarios con led para iluminación de vialidades y áreas exteriores.....	12
2.3.1 Definiciones	12
2.3.2 Clasificación.....	15
2.4 Métodos de prueba	21
2.4.1 Eficacia luminosa	21
2.4.2 Especificación para servicio monofásico con carga hasta 5kw en baja tensión, área urbana, red subterránea, con barda frontal.	24
Especificaciones de materiales y equipo	24
2.4.3 Especificación para servicio monofásico con carga hasta 5kw en baja tensión, red subterránea, construcción al fondo de la propiedad.	29
2.4.4 Suministro con subestación compartida medidos en baja tensión.....	35
3. Instalacion del cable de baja tensión	38



3.1 Conexiones de baja tensión	38
4. Instalaciones destinadas al servicio público.....	49
4.1 Artículo 920: disposiciones generales.....	49
4.2 Puesta a tierra	50
4.2.1 Generalidades	50
4.2.2 Líneas subterráneas	59
4.3 Instalaciones y aplicación de cables subterráneos en la vía publica	62
4.3.1 Artículo 923 líneas subterráneas	62
4.3.2 Subestaciones (artículo 924)	78
Memoria descriptiva	82
Anexos	93
Referencia	96



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Siglas y Abreviaturas	3
Tabla 2: Siglas y Abreviaturas	4
Tabla 3: Valores típicos de resistividad para diferentes tipos de suelos	9
Tabla 4: Características de electrodos para puesta a tierra.....	11
Tabla 5: valores mínimos de eficacia luminosa y porcentaje de flujo luminoso por zona.	16
Tabla 6: valores de temperatura de color correlacionada.....	17
Tabla 7: valores mínimos de flujo luminoso total mantenido para luminarios led	17
Tabla 8: Valores máximos de flujo luminoso de deslumbramiento.....	19
Tabla 9: Niveles de prueba.....	20
Tabla 10.....	43
Tabla 11.....	44
Tabla 12.....	45
Tabla 13.....	46
Tabla 14.....	47
Tabla 15.....	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Configuración radial	5
Figura 2: Ángulos de medición del flujo luminoso máximo	19
Figura 3: Vista de conjunto	24
Figura 4: Vista lateral	25
Figura 5: Vista frontal	26
Figura 6: Detalle alambrado de la base e interruptor	26
Figura 7: Detalle de alambrado de la base e interruptor	27
Figura 8	28
Figura 9	28
Figura 10: vista de conjunto	29
Figura 11	29
Figura 12: Vista lateral'	30
Figura 13	31
Figura 14	32
Figura 15	33
Figura 16	35
Figura 17	37
Figura 18: En áreas de alta contaminación la conexión se realizara de acuerdo a como se indica	39
Figura 19: Registro de baja tensión en arroyo	41
Figura 20: Registro de baja tensión para banqueta tipo 1	42
Figura 22: Murete para servicio monofásico de baja tensión	43
Figura 23: Conector a compresión tipo zapata	44
Figura 24: Conectores múltiples	45
Figura 25: Conector múltiple aislado n para baja tensión	46
Figura 26: Sello para transiciones de baja tensión	47
Figura 27: Transformador trifásico tipo pedestal hasta 225 kva para distribución subterránea	48



1. Introducción

1.1 Antecedentes

El proyecto “INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN EN EL FRACCIONAMIENTO RESIDENCIAL VALLE VERDE 2ª ETAPA. “Se encuadra como un trabajo final en el que se demostrar que he adquirido los conocimientos, capacidades y aptitudes previstas en el plan de estudios.

Se ha optado por realizar como trabajo de final de grado un proyecto dirigido por Ing. Fidel Tovilla Hernández y el Ing. Samuel Velázquez Jiménez las personas que serán de apoyo para tener un trabajo final apto.

Los motivos que han llevado a la elección de este proyecto son que aunque abarca un tema sobradamente estudiado, cumple a la perfección con el objetivo con el que se ha concebido el trabajo final de grado.

Y es, que este proyecto no solo permite poner en práctica algunos de los conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera, sino que requiere desarrollar las aptitudes y capacidades necesarias como proyectista en un ingeniero eléctrico.

El diseño de una instalación eléctrica de esta índole es un proyecto básico de ingeniería, pero que no está exento de innovaciones y de nuevos propósitos. La creciente preocupación por la seguridad, ahorro en el consumo eléctrico, o incluso, porque no decirlo, por el afán de estilizar de la mejor forma la instalación.

El diseño de las instalaciones eléctricas han ido evolucionando a lo largo del tiempo por ejemplo la introducción de nuevos materiales para la conducción, nuevas formas de protección, la introducción de luminarias de tipo LED, etc.



1.2 Objetivo

El objetivo del presente proyecto es proyectar y construir la instalación eléctrica de baja tensión del fraccionamiento valle verde, desde la salida del centro de transformación (inicio de la instalación eléctrica de baja tensión) hasta el diseño de todos elementos necesarios para la puesta en marcha de cada uno de las residencias y condominios presentes en el fraccionamiento.

1.3 Marco jurídico

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

2. Diseño y Proyecto en baja tensión

2.1. Introducción

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

En la presente se incorporan apartados específicos para instalaciones subterráneas en terrenos con nivel freático muy alto y rocoso, se redujeron las profundidades en banco de ductos de polietileno de alta densidad directamente enterrados en cumplimiento con la NOM-001-SEDE-2012.

Así mismo se incluye un capítulo específico para el diseño de sistemas subterráneos en poblaciones rurales rehabilitadas, colonias, conjuntos habitacionales y fraccionamientos con vivienda de interés social, popular y económico. [1]

2.1.1 Perspectivas y Aplicaciones

2.1.2 Perspectivas

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

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

La descripción de los equipos materiales y accesorios que se incluyen en la presente Especificación, son con la finalidad de proporcionar una referencia rápida para consulta. Para la construcción o fabricación de los mismos, debe recurrirse a las especificaciones del producto correspondiente. [1]

A	AMPERE
ANSI	American National Standard Institute
AWG	American Wire Gage
CENAM	Centro Nacional de Metrología
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CTRS	Conjunto Transformador Red Secundaria
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación
DEPRORED	Sistema Desarrollador de Proyectos de Redes
Dmax	Demanda Máxima
Fc	Factor de Carga en Concreto
KA	Kiloampere
Kcmil	Mil Circular Mil
KVA min	Capacidad mínima de transformador en KVA
Kv	Kilovolt
KVA	Kilovoltampere
KWH	Kilowatt hora
LAPEM	Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales
M	Metro
MCOV	Tensión Máxima de Operación Continua
Mm	Milímetro
MP	Margen de Protección
NMX	Norma Mexicana
NBAI	Nivel Básico de Aislamiento al Impulso

Tabla 1: Siglas y Abreviaturas

NOM	Norma Oficial Mexicana
NRF	Norma de Referencia
PAD	Polietileno de Alta Densidad
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PROASOL	Procedimiento para la Atención de solicitud de Servicio
PROTER	Procedimiento para Construcción de Obras por Terceros
Rmc	Radio Medio Cuadrático
Tmft	Tensión máxima del sistema de fase a tierra
VR	Tensión de descarga residual
V	Volt
Wb	Weber
XLP	Polietileno de Cadena Cruzada

Tabla 2: Siglas y Abreviaturas

2.2 Tipos de sistema aplicables en instalaciones subterráneas.

2.2.1 Baja tensión

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

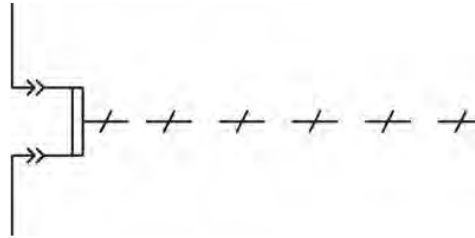


Figura 1: Configuración radial

2.2.2 Baja tensión

En áreas residenciales los circuitos de baja tensión monofásicos deben ser 2F-3H 240/120 V. Se emplearán tantos circuitos radiales como lo determine el CTRS. En cada uno de los circuitos se deben cumplir los valores de regulación y pérdidas indicados en esta Especificación.

En transformadores con boquillas rectas y sólo con el fin de optimizar los proyectos, se permite la conexión de acometidas directamente de la boquilla, debiéndose utilizar para ello, las perforaciones más alejadas de la pared del transformador, reservando las más cercanas para los circuitos. Se deben instalar las boquillas tipo rectas de acuerdo a la cantidad de circuitos y acometidas que se deriven directamente.

En áreas comerciales los circuitos de baja tensión deben ser 3F-4H 220/127 V. Se emplearán tantos circuitos radiales como lo determine el CTRS. En cada uno de los circuitos se deben cumplir los requisitos de regulación y pérdidas indicados en esta Especificación.

Al igual que en las áreas residenciales también se permite utilizar transformadores con boquillas rectas, teniendo las mismas consideraciones de conexión y cantidad de circuitos y acometidas que se deriven directamente.

La caída de tensión del transformador al registro más lejano no debe exceder del 3% en sistemas monofásicos y del 5% en sistemas trifásicos. [1]



Cables

- Circuitos de baja tensión. Los registros de baja tensión se deben colocar, según lo permitan las acometidas, lo más retirado uno del otro, cuidando el cumplimiento de los criterios de regulación y pérdidas de la red de distribución.
- La configuración de los cables debe ser triplex para sistemas monofásicos y cuádruplex para sistemas trifásicos, con el neutro de sección reducida y de acuerdo con la norma NRF-052-CFE.
- El neutro debe ponerse a tierra mediante el conector múltiple en el registro de final del circuito secundario y en el transformador mediante la conexión al sistema de tierras.
- Debe usarse una sección transversal de acuerdo a las necesidades del proyecto.
- Por regla general los circuitos de baja tensión no excederán una longitud de 200 m, permitiéndose en casos excepcionales longitudes mayores, siempre y cuando se satisfagan los límites de caída de tensión y pérdidas, las cuales no deben exceder el 2%.
- La referencia de tierra del transformador, el neutro de la red de baja tensión y el neutro corrido deben interconectarse entre sí.
- Entre registros no deben usarse empalmes en el conductor.
- Los circuitos de baja tensión deben instalarse en ductos de PADC o PAD. Se pueden emplear ductos de sección reducida como se indica en las tablas 2.4.5 de esta Especificación; considerando siempre, que se deben respetar los factores de relleno recomendados en la NOM-001-SEDE-2012.
- Debe instalarse un circuito de baja tensión por ducto.
- En el caso de que los circuitos de baja tensión alimenten exclusivamente concentraciones de medidores, el cable a utilizar podrá ser cobre tipo THHW-LS de 600 V sin conexiones intermedias, la longitud debe ser tal que no se excedan los límites de caída de tensión y pérdidas, las cuales no deben ser superiores al 2%.
- Todos los sistemas de tierras deben tener una resistencia máxima equivalente a 10Ω en época de estiaje y 5Ω en época de lluvias, debiendo ser todas las conexiones del tipo exotérmica o comprimible.[1]

2.2.3 Puestas a tierra de sistemas flotantes

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

Consecuentemente, un sistema flotante es puesto a tierra por la capacitancia distribuida del sistema. Durante condiciones normales de operación un sistema flotante no presenta problemas, pero estos pueden surgir ante la presencia de fallas. Al ocurrir una falla de línea a tierra aparecen tensiones de línea a línea en todo el sistema con el consecuente deterioro del aislamiento.

Por otra parte, la interacción entre el sistema fallado y su capacitancia distribuida puede causar la presencia de sobretensiones transitorias entre línea y tierra al operar interruptores en el sistema fallado.

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

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

La puesta a tierra de un sistema flotante se aborda desde dos áreas: el método de puesta a tierra y el diseño de la red de tierras. [1]

Método de puesta a tierra:

Los métodos más comunes para puesta a tierra son:

- Transformador con conexión en estrella - delta con el neutro de la estrella puesto a tierra mediante una resistencia.
- Transformador con conexión en estrella- delta con el neutro de la estrella conectado sólidamente a tierra una resistencia en el secundario de la delta.
- Transformador con conexión en zigzag con resistencia en el neutro.[1]

Transformador estrella delta, puesto a tierra con una resistencia en el neutro.

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

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

Como estas tres corrientes iguales en fase y en tiempo y en virtud que el secundario es un circuito serie cerrado, la corriente de falla sólo ve la reactancia de fuga del transformador pudiendo regresar al sistema. [1]

Diseño de la red de tierras

Los sistemas de puesta a tierra son componentes importantes de los sistemas eléctricos, puesto que deben permitir la conducción hacia el suelo de cargas eléctricas no deseadas, originadas por las fallas en los equipos del sistema eléctrico y las producidas por las descargas atmosféricas.

Deben poseer una capacidad de dispersión sin que se presenten potenciales peligrosos en la superficie del suelo que puedan dañar los equipos eléctricos y poner en riesgo la seguridad de los trabajadores.

Por razones de seguridad en sistemas subterráneos las pantallas metálicas de los conductores deben estar siempre puestas a tierra al menos en un punto con el objeto de limitar las tensiones inducidas 55 V, (NOM-001-SEDE-2012).

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

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

- Una es su propia resistencia, la cual puede ser despreciable para efectos de cálculo. Pero las conexiones entre electrodo y conductor de bajada pueden llegar a tener una resistencia considerable con el tiempo.
- La resistencia de contacto entre electrodo y suelo, cuando el electrodo está libre de grasa o pintura, es despreciable. Sin embargo la resistencia de contacto puede aumentar significativamente en terrenos secos, aumentando rápidamente cuando el contenido de humedad disminuye por debajo de un 15 %.
- La resistividad del terreno alrededor del electrodo. Introduciendo un electrodo en un terreno uniforme, la corriente se dispersará uniformemente alrededor del electrodo.
- La resistividad del terreno varía ampliamente según su composición y zonas climáticas, también varía estacionalmente, debido a que la resistividad se determina en gran proporción por el contenido de electrolito, consistente de agua, minerales y sales.[1]

VALORES TÍPICOS DE RESISTIVIDAD PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELOS

TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD (Ωm)
ARCILA	2 - 100
ARENA Y GRAVA	50 - 1 000
PIEDRA CALIZA DE SUPERFICIE	100 - 10 000
PIEDRA CALIZA	5 - 4 000
ESQUISTO O PIZARRA	5 - 100
PIEDRA ARENISCA	20 - 2 000
GRANITO	1 000

Tabla 3: Valores típicos de resistividad para diferentes tipos de suelos

Métodos usados para mejorar los valores de resistencia de puesta a tierra:

- Electrodo profundos

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

- Electrodo múltiples en paralelo

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

- Contra antenas

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

- Hormigón armado

El hormigón armado puede considerarse como electrodo metálico inmerso en un medio razonablemente homogéneo (el hormigón), cuya resistividad está en el orden de los 30 Ω -m. El hormigón, a su vez está inmerso en el terreno, cuya resistividad puede variar desde 1 hasta 1000 Ω -m. La relación de resistividades de hormigón y terreno determina la resistencia de dispersión a tierra resultante.

- Reducción de la resistividad del suelo mediante procedimientos artificiales.

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

La resistencia de conexión a tierra es afectada principalmente por cuatro factores: la resistividad del suelo, la longitud, el número de electrodos y el espaciamiento entre ellos.

Las Resistencias de conexión a tierra en situaciones críticas pueden mejorarse por varios métodos, utilizando electrodos más largos, ya que usualmente reducen la resistencia de conexión a tierra. [1]

CARACTERISTICAS DE ELECTRODOS PARA PUESTA A TIERRA			
Uso		Electrodos con profundidad para conexiones a tierra en terrenos de alta resistencia electrica	
Descripción corta		ACE – 16	ASC – 16
Abreviaturas en la descripción		A = Acero. C = Cobre E = Electrolítico	A = Acero, C = Cobre S = Soldado
Codigo MySAP		649181	445302
Longitud (L) mm (tolerancia)		3 000 (-0 + 10 mm)	3 000 (-0 + 10 mm)
Masa aproximada en kg		4.4	4.4
Rectitud cm/m		0.083	0.083
Núcleo	Material	Acero estirado en frio AISI 1018, 1035 O 1045	
	Diámetro en mm	14 .3 min 15 .5 Max	16
Recubrimiento	Material	Cobre electrolítico ASTM-B-152	Acero y cobre soldado
	Espesor mínimo (mm)	0.25	0.25
	Adherencia	Ningún desprendimiento del recubrimiento del núcleo	
Información	Logotipo de lote o marca de fabricación	Debe ser permanente en forma circular o longitudinal a 300 mm a partir del extremo de artistas redondeadas	
	Número de lote y año de fabricación	Debe estar contenido en la información	
	Empaque	10 piezas, atados con fleje galvanizado o plástico	
	Unidad	piezas	

Tabla 4: Características de electrodos para puesta a tierra

2.3 Eficiencia energética para luminarios con led para iluminación de vialidades y áreas exteriores.

2.3.1 Definiciones

1. Áreas exteriores públicas :

Áreas expuestas a la intemperie en donde las superficies públicas o privadas de uso común a iluminar son normalmente plazas, parques, jardines, áreas deportivas, estacionamientos, etc.

2. Diodo led:

Dispositivo de estado sólido que incorpora una unión p-n, emitiendo radiación óptica cuando se excita por una corriente eléctrica.

3. Eficacia luminosa :

Relación del flujo luminoso total emitido por la fuente de luz, entre la potencia eléctrica de la misma fuente luminosa. Se expresa en lumen por watt [lm/W].

4. Factor de potencia (\hat{I}).

Relación de la potencia activa (P) y entre la potencia aparente (S), en un circuito de corriente alterna.

5. Flujo luminoso de deslumbramiento.

Flujo luminoso parcial que emite un luminario, que incide en el campo visual que produce un mayor nivel de iluminación que el del entorno, provocando fastidio, molestia o pérdida en rendimiento visual y visibilidad, en tanto los ojos se adaptan a éste.

6. Flujo luminoso total

Energía radiante en forma de luz visible al ojo humano, emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad de medida es el lumen [lm].

7. Flujo luminoso total inicial

Aquella energía radiante total emitida por una fuente de luz, medida al inicio de su vida y después de un periodo de estabilización.

8. Flujo luminoso total mantenido

Relación del flujo luminoso total después de un determinado tiempo de uso de la fuente de luz, en condiciones de operación específicas, dividido por su flujo luminoso inicial, expresado como porcentaje.

9. Flujo luminoso total nominal

Aquella energía radiante total emitido de una fuente de luz, en su posición ideal, que declara el fabricante.

10. Iluminación

Aplicación de luz en una escena, superficies, objetos y sus alrededores para que éstos sean visibles.

11. Iluminación decorativa u ornamental

Aquella que se concentra y dirige para enfatizar un objeto particular o algunas características o superficie o para llamar la atención hacia alguna porción del campo visual.

12. Iluminación general

Aquella que se proyecta para un área específica, sin previsión para requisitos especiales locales.

13. Índice de rendimiento de color

Medida cuantitativa sobre la capacidad de la fuente luminosa para reproducir fielmente los colores de diversos objetos comparándolo con una fuente de luz ideal.

14. Lado calle

Parte frontal de un luminario respecto a su plano vertical transversal.

15. Lado casa

Parte posterior de un luminario respecto a su plano vertical transversal.

16. Luminario con led.

Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por uno o varios diodos emisores de luz (led) y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estos led y lo necesario para conectarlos al circuito de utilización eléctrica.

17. Punta de poste

Luminario para uso de exteriores montado en la punta poste insertado en el suelo con una altura igual o mayor a 1,2 metros sobre el nivel del suelo.

18. Temperatura de color correlacionada (TCC)

Expresa la apariencia cromática de una fuente de luz por comparación con la apariencia cromática de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura absoluta determinada, su unidad de medida es el kelvin [K].

19. Vialidad

Área definida y dispuesta adecuadamente para el tránsito vehicular, incluyendo túneles y pasos a desnivel.

20. Vida útil nominal

Periodo de tiempo en horas especificado por el fabricante del luminario desde el primer encendido, hasta la reducción del 30% del flujo luminoso inicial de una muestra estadística de unidades de led, en condiciones de encendido y operación controladas.

2.3.2 Clasificación

Los luminarios con led se clasifican de la manera siguiente:

- 5.1 De acuerdo con su aplicación
 - Vialidades
 - Punta de poste
 - Pared
 - Túneles o pasos a desnivel
- De acuerdo con su flujo luminoso total nominal.
- De acuerdo con el tipo de tensión de alimentación.
 - Corriente Alterna
 - Corriente Directa
 -
- De acuerdo con su vida útil nominal.
 - Menor o igual que 40 000 h
 - Mayor que 40 000 h y menor o igual que 50 000 h
 - Mayor que 50 000 h y menor o igual que 75 000 h
 - Mayor que 75 000 h

Especificaciones

- Eficacia luminosa
- Todos los luminarios con led para iluminación de vialidades con vida útil nominal igual o menor que 75 000 horas deben cumplir con una eficacia luminosa mínima inicial de 95,00 lm/W.
- Todos los luminarios con led para iluminación de vialidades con vida útil nominal mayor que 75 000 horas deben cumplir con una eficacia luminosa mínima inicial de 105,00 lm/W.
- Los luminarios con LED para iluminación de túneles y pasos a desnivel, deben cumplir con una eficacia mínima inicial de 100,00 lm/W.
- Los luminarios con led para iluminación de áreas exteriores públicas, deben cumplir con los valores de eficacia establecidos en la Tabla 5.

Luminario para instalarse en	Eficacia luminosa mínima [lm/W]	Porcentaje de flujo luminoso en la zona, respecto al flujo luminoso total
Pared	75	No más de 48.00% hacia el lado de la calle en la zona de 60° a 80° (FH)
		No más de 3.00% hacia el lado calle en la zona de 80° a 90°(FVH)
		No más de 1.00% hacia el lado casa y lado calle en la zona de 90° a 100° (UL) y hacia arriba en la zona de 100° a 180° (UH)
Punta de poste	90	Al menos el 30.00% de la suma hacia el lado calle en la zona de 60° a 80° y hacia el lado casa en la zona de 60° a 80° (FH + BH)
		No más del 20.00% de la suma hacia el lado calle en la zona de 80° a 90°,hacia el lado casa en la zona de 80° a 90° hacia el lado casa y lado calle en la zona 90° a 100° y hacia arriba en la zona de 100° a 180° (FVH + BVH + UL + UL + UH)

Tabla 5: valores mínimos de eficacia luminosa y porcentaje de flujo luminoso por zona.

- **Variación del flujo luminoso total nominal.**

El flujo luminoso total inicial medido de todos los luminarios con led para iluminación de vialidades, túneles, pasos a desnivel y áreas exteriores públicas no debe ser menor al 90,00% del valor nominal marcado.

- **Temperatura de color correlacionada.**

Todos los luminarios con led para iluminación de vialidades, túneles, pasos a desnivel y áreas exteriores públicas deben cumplir con la TCC establecida en la Tabla 6.

TCC nominal [K]	Intervalo de TCC objetivo [K]	Duv objetivo	Tolerancia de Duv objetivo
2 200	2 238 ± 102	0,0000	±0,0080
2 500	2 480 ± 120	0,0000	±0,0080
2 700	2 725 ± 145	0,0000	±0,0080
3 000	3 045 ± 175	0,0001	±0,0080
3 500	3 485 ± 245	0,0005	±0,0080
4 000	3 985 ± 275	0,0010	±0,0080
4 500	4 503 ± 243	0,0015	±0,0080
5 000	5 029 ± 283	0,0020	±0,0080
5 700	5 667 ± 355	0,0025	±0,0080
6 500	6 532 ± 510	0,0031	±0,0080
Valores no incluidos y que se encuentran en el intervalo de 2 300 a 6 400 K	TF ±ΔT	Duv(TF)	±0,0080

Tabla 6: valores de temperatura de color correlacionada

- **Flujo luminoso total mantenido.**

Todos los luminarios con led para iluminación general de vialidades, túneles, pasos a desnivel y áreas exteriores públicas deben cumplir con los valores mínimos de flujo luminoso total mantenido establecidos en la Tabla 7, de acuerdo con las horas de prueba indicadas en la misma.

Vida útil nominal (h)	Flujo luminoso total mínimo mantenido medido a las 3 000 h (%)	Flujo luminoso total mínimo mantenido medido a las 6 000 h (%)
Menor o igual que 40 000	96.50	94,80
Mayor que 40 000 y menor o igual que 50 000	96.90	95.40
Mayor que 50 000 y menor o igual que 75 000	97.20	95.80
Mayor que 75 000	98.40	97.90

Tabla 7: valores mínimos de flujo luminoso total mantenido para luminarios led

- **Índice de rendimiento de color.**

Todos los luminarios con led para iluminación general de vialidades, túneles, pasos a desnivel y áreas exteriores públicas deben tener un valor mínimo del índice de rendimiento de color de 70.

- **Factor de potencia.**

Todos los luminarios con led para iluminación general de vialidades, túneles, pasos a desnivel y áreas exteriores públicas, que utilizan para su alimentación la energía eléctrica del servicio público, deben tener un valor mínimo del factor de potencia de 0,90.

- **Distorsión armónica total en corriente.**

Todos los luminarios con led para iluminación general de vialidades, túneles, pasos a desnivel y áreas exteriores públicas, que utilizan para su alimentación la energía eléctrica del servicio público, deben tener un valor máximo de distorsión armónica total en corriente de 20,00%.

- **Flujo luminoso de deslumbramiento.**

Esta prueba no aplica a luminarios para uso en túneles y pasos a desnivel.

- Los valores de flujo luminoso de deslumbramiento respecto al ángulo vertical y su porcentaje respecto al flujo luminoso total de todos los luminarios con led para iluminación general de vialidades deben ser menor o igual a los establecidos en la Tabla 8 y de acuerdo con la Figura 2.

- **Flujo luminoso lado calle bajo (FL)**

- El flujo luminoso del lado calle en la zona de 0° a 30° (FL), debe ser menor que el flujo luminoso del lado calle en la zona de 30° a 60° (FM).
- El flujo luminoso del lado calle en la zona de 0° a 30° (FL), debe ser menor que el flujo luminoso del lado calle en la zona de 60° a 80° (FH).

Angulo respecto a la vertical (ver figura 2)	Flujo luminoso de deslumbramiento máximo	
	En lúmenes (lm)	Respecto al flujo luminoso total (%)
Entre 60° y 80° lado de calle (FH)	12 000	48
Entre 60° y 80° lado casa (BH) [Asimétrico]	5 000	20
Entre 60° y 80° lado casa (BH) [Simétrico]	12 000	48
Entre 80° y 90° lado calle (FVH)	750	3
Entre 80° y 90° lado casa (BVH)	750	3
Entre 90° y 100° lado calle y lado casa (UL)	1 000	4
Entre 100° y 180° lado calle y lado casa (UH)	1 000	4
Entre 0 y 30° lado casa (BL)	5 000	20
Entre 30° y 60° lado casa (BM)	8 500	34

Tabla 8: Valores máximos de flujo luminoso de deslumbramiento

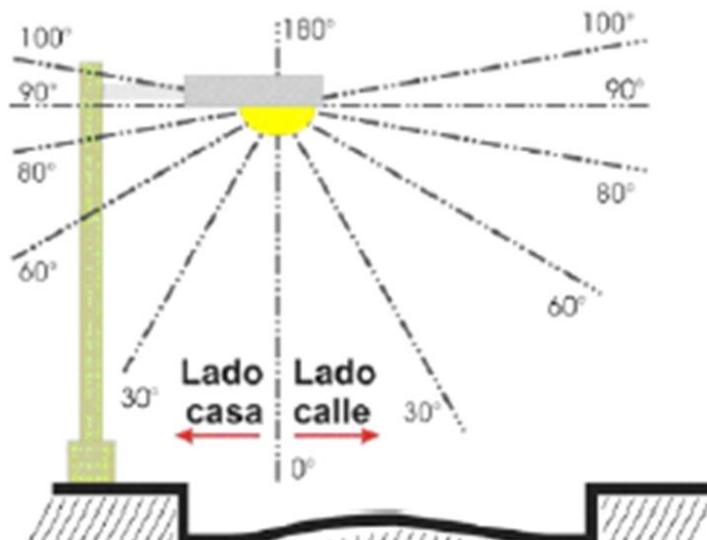


Figura 2: Ángulos de medición del flujo luminoso máximo

- **Resistencia al choque térmico y a la conmutación.**

Todos los luminarios con led para iluminación general de vialidades, túneles, pasos a desnivel y áreas exteriores públicas deben someterse a un número de ciclos de choque térmico y conmutación, de acuerdo con lo establecido en el Apéndice C, posteriormente los luminarios con led deben operar y permanecer encendidos 15 min.

- **Resistencia a las descargas atmosféricas.**

Todos los luminarios con led para iluminación general de vialidades, túneles, pasos a desnivel y áreas exteriores públicas, que utilizan para su alimentación la energía eléctrica del servicio público, deben resistir cinco pulsos positivos y cinco pulsos negativos de valor de cresta.

En los puntos de cruce por cero y noventa grados de la onda de tensión del suministro de energía eléctrica, de acuerdo con los niveles de prueba establecidos en la Tabla 9, posteriormente los luminarios con led deben operar y permanecer encendidos 15 min.

CARACTERISTICAS DE LA FORMA DE ONDA Y NIVELES DE PRUEBA

DATOS DE LA FORMA DE ONDA	1.2/50 μ s
NIVEL DE PRUEBA LINEA A LINEA	4.0 KV
NIVEL DE PRUEBA LINEA A TIERRA	6.0 KV

Tabla 9: Niveles de prueba

2.4 Métodos de prueba

2.4.1 Eficacia luminosa

Para determinar la eficacia luminosa del luminario con led se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$\text{eficacia luminosa} = \frac{\text{flujo luminoso total inicial medio}}{\text{potencia eléctrica medida}} = \frac{lm}{w}$$

- Variación del flujo luminoso total nominal.

Para determinar la relación del flujo luminoso total nominal de los luminarios con led del inciso 6.2, se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$\Delta\varphi_{vn} = \frac{\varphi_{vo}}{\varphi_{vn}} \times 100$$

Donde:

$\Delta\varphi_{vn}$: Variación del flujo luminoso total nominal en [%].

φ_{vo} : Flujo luminoso total inicial medido en [lm]

φ_{vn} : Flujo luminoso total nominal marcado en el producto en [lm]

- **Temperatura de color correlacionada.**

La temperatura de color correlacionada de los luminarios con led del inciso tabla 2.

- **Flujo luminoso total mantenido**

Para determinar el flujo luminoso total mantenido de los luminarios con led de la tabla 3, se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$M\varphi = \frac{\varphi_{vf}}{\varphi_{vo}} \times 100$$

Donde:

$M\phi$: Flujo luminoso total mantenido en [%]

ϕ_{vf} : Flujo luminoso total final medido en [lm]

ϕ_{vo} : Flujo luminoso total inicial medido en [lm]

- **Factor de potencia.**

Para determinar el factor de potencia de los luminarios con led, se debe aplicar la ecuación siguiente:

$$\lambda = \frac{P}{VXI}$$

Donde:

\hat{I} : Factor de potencia

P : Potencia eléctrica medida en [W]

V : Tensión eléctrica medida en [V]

I : Corriente eléctrica medida en [A]

- **Flujo luminoso de deslumbramiento.**

El flujo luminoso de deslumbramiento y el porcentaje de flujo luminoso en la zona, respecto al flujo luminoso total de los luminarios con led.

- **Resistencia al choque térmico y a la conmutación.**

La resistencia al choque térmico y a la conmutación de los luminarios con led.

- **Resistencia a las descargas atmosféricas.**

La resistencia a las descargas atmosféricas de los luminarios con led se debe determinar de acuerdo con el método de prueba establecido en la NMX-J-610/4-5-ANCE-2013. [2]



NMX-J-610/4-5-ANCE-2013:

Esta Norma Mexicana se relaciona con los requisitos de inmunidad, métodos de prueba y niveles de impulsos unidireccionales de prueba por descarga atmosférica y maniobra recomendados para equipos.

Se definen varios niveles de prueba relativos a distintos ambientes y condiciones de instalación. Estos requisitos se desarrollan para aplicarse a equipos electrotécnicos.

El objetivo de la presente norma es establecer una referencia común para evaluar la inmunidad de los equipos electrotécnicos cuando son sujetos a descargas por maniobra o por descargas atmosféricas.

El método de prueba documentado en esta Norma Mexicana describe un método consistente para asegurar la inmunidad de un equipo o sistema contra un fenómeno definido.

Esta norma define:

- a) El intervalo de niveles de prueba.
- b) Los equipos de prueba.
- c) La configuración de prueba.
- d) El procedimiento de prueba.

El cometido de las pruebas de laboratorio descritas es buscar la reacción del equipo bajo prueba (EBP) bajo condiciones operacionales específicas, a impulsos de tensión causados por maniobra y descargas eléctricas atmosféricas para ciertos niveles de peligro.^[3]

2.4.2 Especificación para servicio monofásico con carga hasta 5kw en baja tensión, área urbana, red subterránea, con barda frontal.

Especificaciones de materiales y equipo

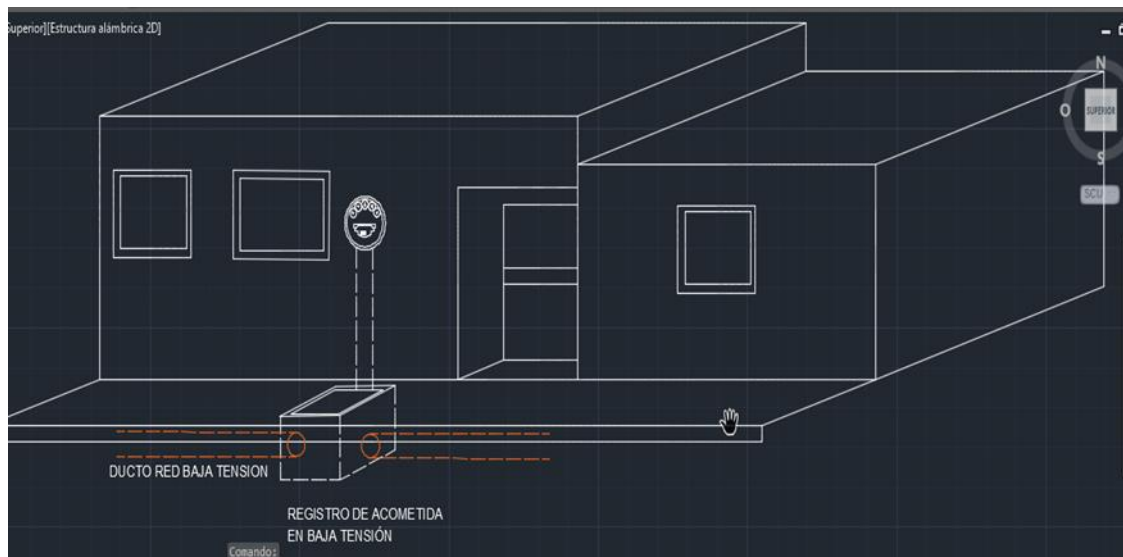


Figura 3: Vista de conjunto

1. CODO DE PVC 32 mm (1/4") DE DIAMETRO.
2. TUBO RIGIDO DE PVC 32 mm (1 ¼") DE DIAMETRO
3. CABLE DE COBRE THW CALIBRE 8.367 mm (8AWG) MINIMO DESDE LA BASE HASTA EL INTERRUPTOR, CON FORRO DEL CONDUCTOR NEUTRO DE COLOR BLANCO Y EL DE LA FASE DIFERENTE AL BLANCO .
4. BASE DE ENCHUFE DE 4 TERMINALES, 100 AMPERES.
5. INTERRUPTOR TERMO MAGNETICO (PREFERENTEMENTE) O DE CARTUCHO FUSIBLE 2 POLOS, 1 TIRO, 250 VOLTS, 30 AMPERES, A PRUEBA DE AGUA QUEDE A LA INTEMPERIE.
6. REDUCCION DE PVC DE 32 mm (1 ¼)" A 12.7 mm (1/2")
7. TUBO RIGIDO DE PVC DE 12,7 mm (1/2")
8. ALAMBRE O CABLE DE COBRE CLIBRE 8.367 mm² (8 AWG) MINIMO

9. CONECTOR PARA VARILLA DE TIERRA
10. VARILLA DE TIERRA PARA UNA RESISTENCIA MÁXIMA DE 25 OHMS
11. MEDIDOR TIPO ENCHUFE DE 15M AMPERES, 1 FASE, 2 HILOS, 120 VOLTS
12. ARO PARA BASE ENCHUFE DE ACERO INOXIDABLE
13. SELLO DE PLÁSTICO
14. CABLE MONOPOLAR XLP
15. CONECTOR EMPALME A COMPRESIÓN, TENSION MÍNIMA, TIPO ZAPATA
16. MANGA TERMOCONTRÁTIL O REMOVIL^[4]

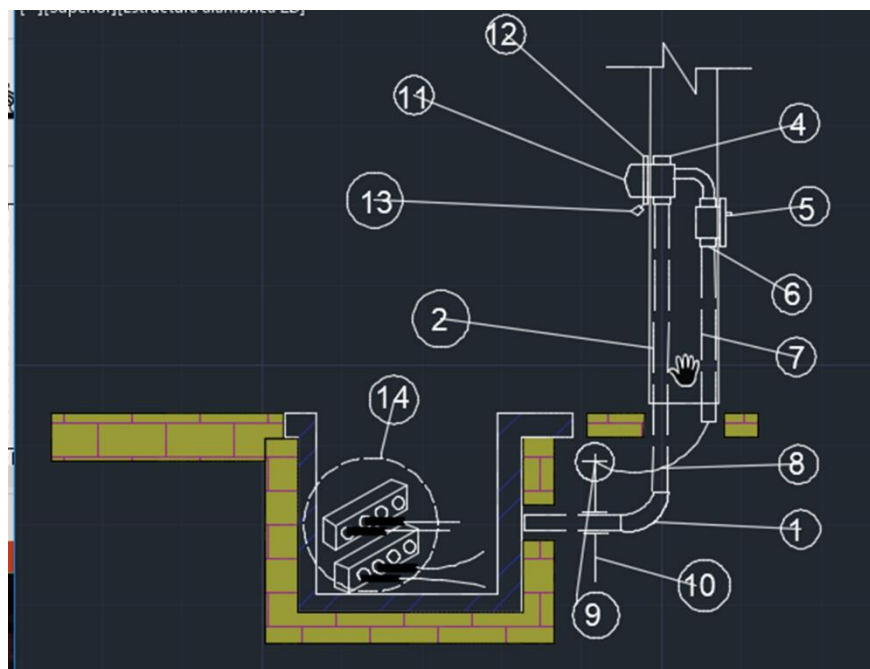


Figura 4: Vista lateral

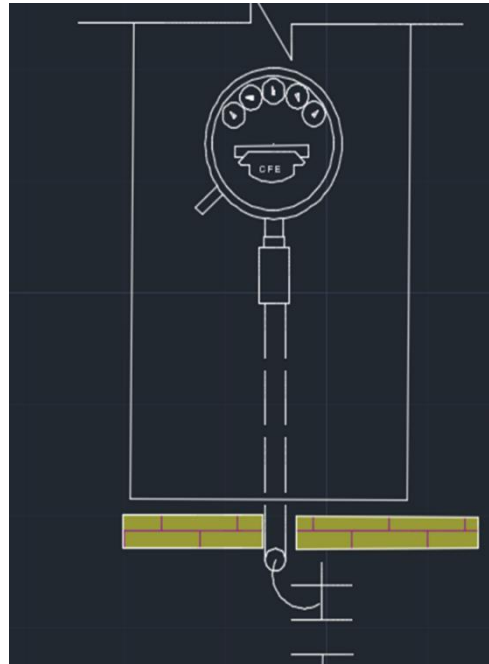


Figura 5: Vista frontal

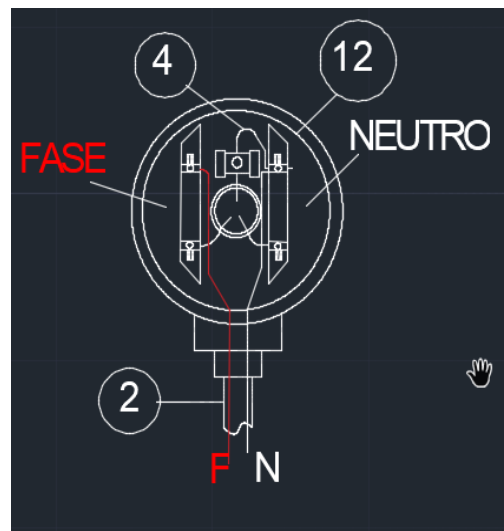


Figura 6: Detalle alambrado de la base e interruptor

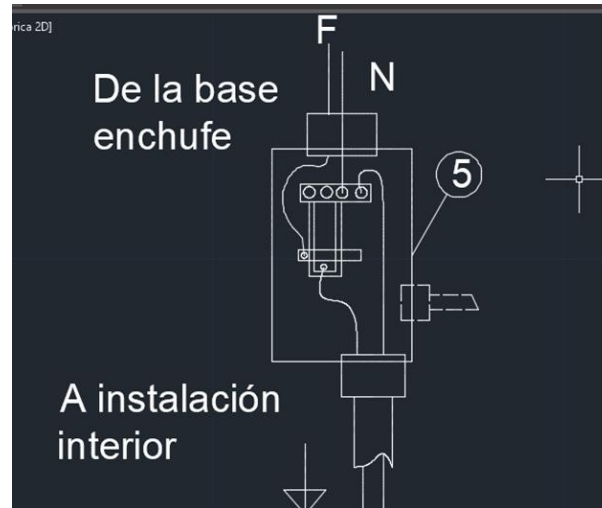


Figura 7: Detalle de alambrado de la base e interruptor

- La preparación para recibir la acometida debe estar como máximo a 50 metros del poste desde el cual se dará el servicio
- El conductor del neutro debe de conectarse directo a la carga sin medio pasar por algún medio de protección (fusible o termo magnético).
- La preparación para recibir la acometida debe estar al límite de propiedad, empotrada o sobrepuesta.
- Evitar que la acometida cruce otro terreno o construcción, la altura de la mufa para recibir la acometida es de 4800mm.
- El interruptor estará a una distancia no mayor a 500 mm del medidor. marcar el número oficial del domicilio en forma permanente.[4]

AL EMPOTRAR LA BASE ENCHUFE,
ESTA DEBE SALIR COMO MÍNIMO
5mm DEL MURO PARA COLOCAR EL
MEDIDOR Y EL ARO.

BASE ENCHUFE

ARO

MURO DE CONCRETO

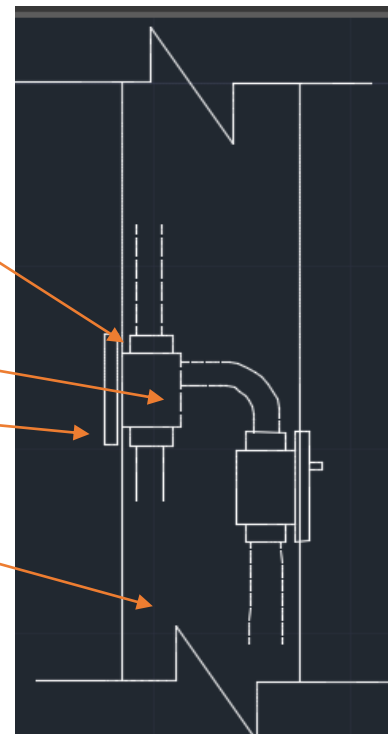
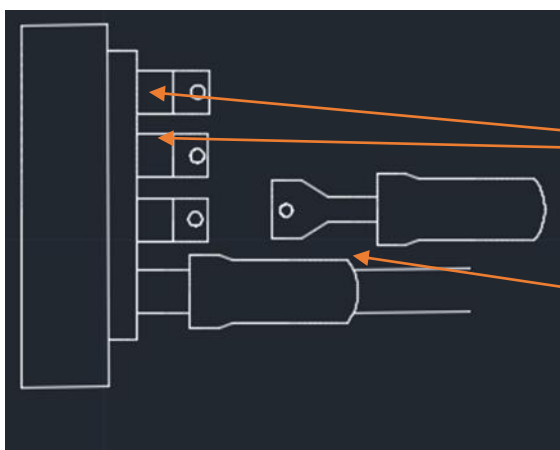


Figura 8



DETALLE DE EMPOTRADO
DE LA BASE DISPONIBLE

ACOMETIDA

Figura 9

2.4.3 Especificación para servicio monofásico con carga hasta 5kw en baja tensión, red subterránea, construcción al fondo de la propiedad.

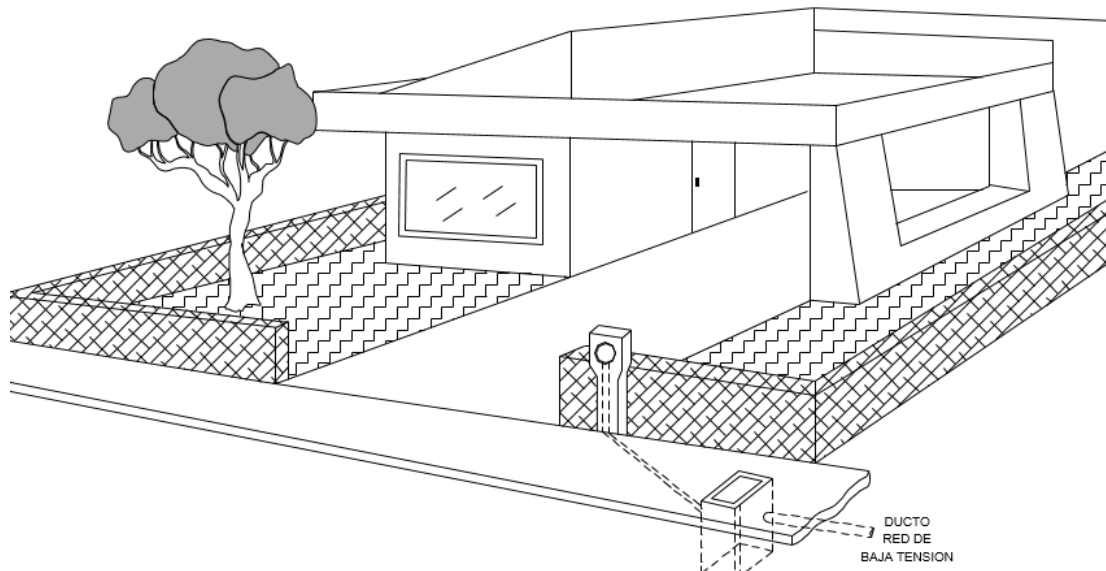


Figura 10: vista de conjunto

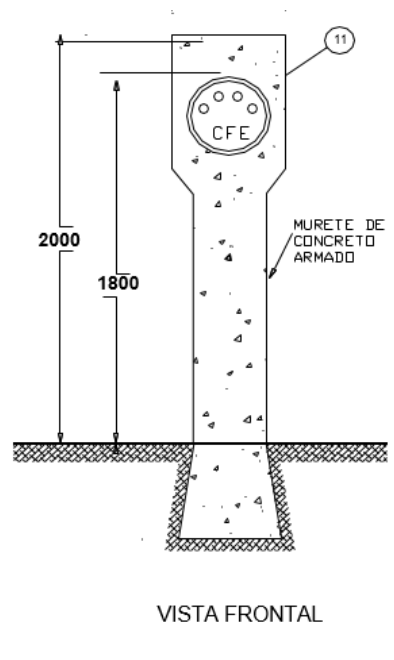


Figura 11

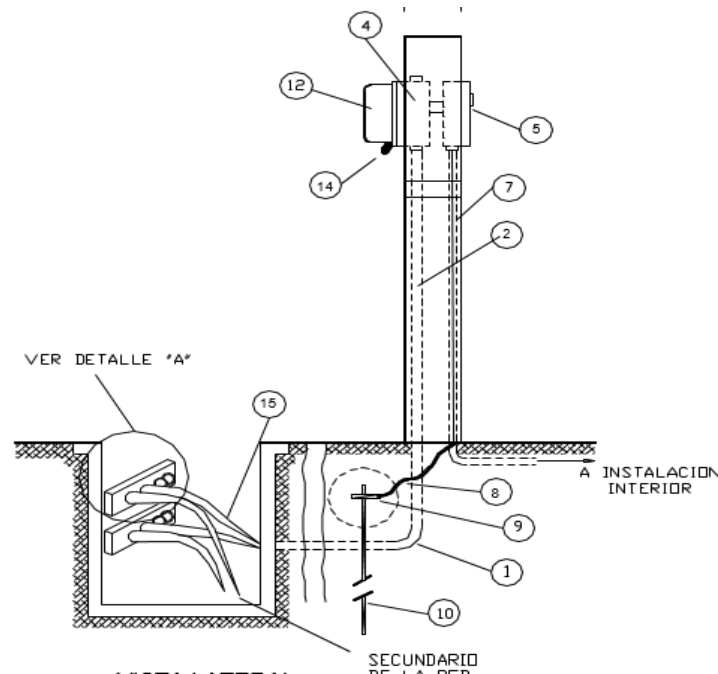


Figura 12: Vista lateral'

1. Codo de pvc 32 mm (1 1/4") de diámetro.
2. Tubo rígido de pvc 32 mm (1 1/4") de diámetro.
3. Cable de cobre thw calibre 8.367 mm² (8 awg) desde la base hasta el interruptor, el forro del conductor neutro de color blanco y el de la fase diferente al blanco.
4. Base enchufe de 4 terminales, 100 amperes.
5. Interruptor termomagnético (preferente) o de cartucho fusible de 2 polos. 1 tiro, 250 volts, 39 amperes. A prueba de agua quede a la intemperie.
6. Reducción de pvc 32 mm (1 1/4") a 12,7 mm (1/2").
7. Tubo rígido pvc de 12.7 mm (1/2") de diámetro.

8. Alambre o cable de cobre calibre 8.367 mm² (8 awg) mínimo.
9. Conector para varilla de tierra.
10. Varilla de tierra para una resistencia máxima de 25 ohms.
11. Murete de acuerdo a lo indicado.
12. Medidor tipo enchufe de 15 amperes, 1 fase, 2 hilos, 120 volts (f121).
13. Aro para base enchufe de acero inoxidable.
14. Sello de plástico.
15. Cable de aluminio xlp.
16. Conector empalme a compresión, tensión mínima, tipo zapata.
17. Manga termocontractil o removible.^[4]

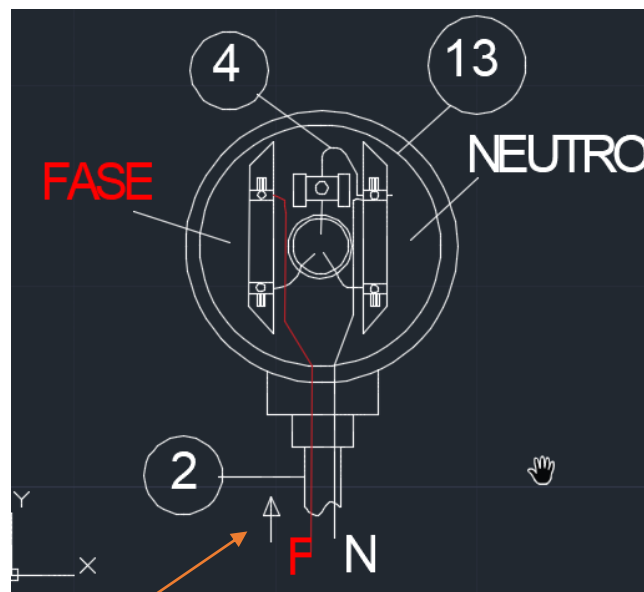


Figura 13

De la red de baja tensión

La base de enchufe

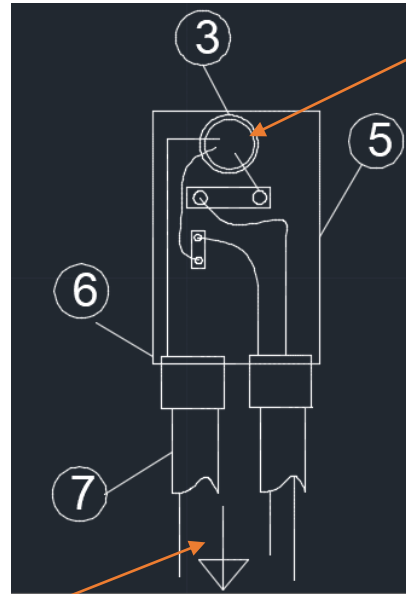


Figura 14

VARILLA DE TIERRA

La preparación debe estar máximo a 35 Mts. del registro.

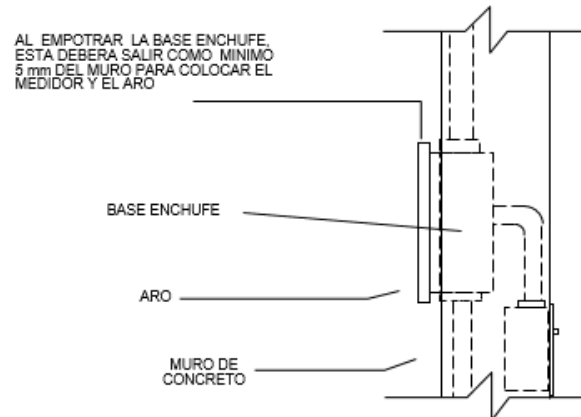
El conductor del neutro debe conectarse directo a la carga sin pasar por algún medio de protección (fusible o termomagnético).

La preparación para recibir la acometida debe estar al límite de la propiedad empotrada.

El interruptor estará a una distancia no mayor a 5000 mm del medidor.

Marcar el número oficial del domicilio en forma. Permanente. [4]

DETALLE DE ALAMBRADO DE LA BASE
E INTERRUPTOR



DETALLE DE EMPOTRADO DE LA BASE

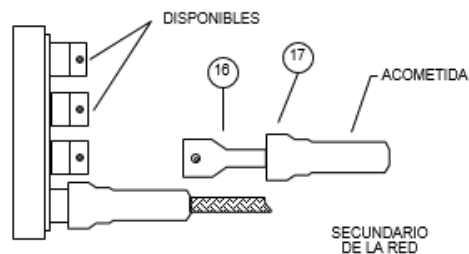


Figura 15

1. Codo de pvc 32 mm (1 1/4") de diámetro.
2. Tubo rígido de pvc 32 mm (1 1/4") de diámetro.
3. Cable de cobre thw calibre 8.367 mm^2 (8 awg) desde la base hasta el interruptor, el forro del conductor neutro de color blanco y el de la fase diferente al blanco.
4. Base enchufe de 4 terminales, 100 amperes.
5. Interruptor termomagnético (preferentemente) o de cartucho fusible de 2 polos, 1 tiro, 250 volts, 30 amperes, a prueba de agua cuando quede a la intemperie.

6. Reducción de pvc 32 mm (1 1/4") a 12,7 mm (1/2").
7. Tubo rígido pvc de 12.7 mm (1/2") de diámetro.
8. Alambre o cable de cobre calibre 8.367 mm² (8 awg) mínimo
9. Conector para varilla de tierra.
10. Varilla de tierra para una resistencia máxima de 25 ohms
11. Murete de acuerdo a lo indicado.
12. Medidor tipo enchufe de 15 amperes, 1 fase, 2 hilos, 120 volts (f121).
13. Aro para base enchufe de acero inoxidable.
14. Sello de plástico.
15. Cable de aluminio xlp.
16. Conector empalme a compresión, tensión mínima, tipo zapata.
17. Manga termocontractil o removible.^[4]

2.4.4 Suministro con subestación compartida medidos en baja tensión

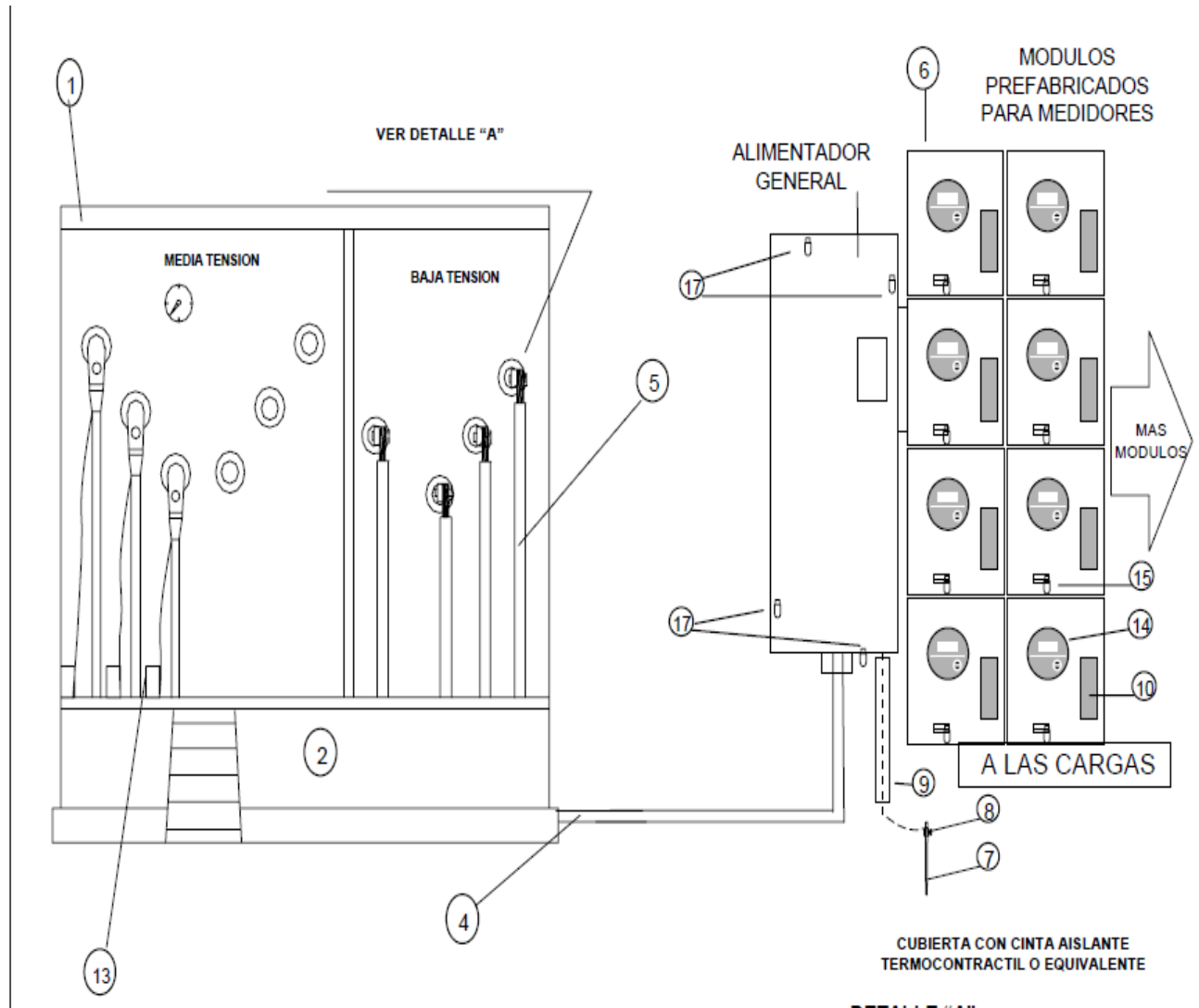


Figura 16



1. Transformador tipo pedestal.
2. Base para transformador.
3. Tapa y aro de fierro fundido para registro de media tensión.
4. Tubo conduit pared gruesa según el calibre de los conductores.
5. Cable de cobre THW de acuerdo a la carga a instalar.
6. Modulo prefabricado para medidores de 7 terminales, de acuerdo a la cantidad de suministro.
7. Varilla para tierra de (3 m de longitud x 5/8”).
8. Conector para varilla a tierra.
9. Tubo conduit de 19mm (3/4) para proteger el cable a tierra.
10. Interruptor termo magnético.
11. Dren para agua.
12. Registro de media tensión.
13. Acometida en media tensión.
14. Medidor multifunción.
15. Sello de platico tipo candado.
16. cinta aislante termo contráctil.
17. Dispositivo de seguridad para gabinete de alimentador.

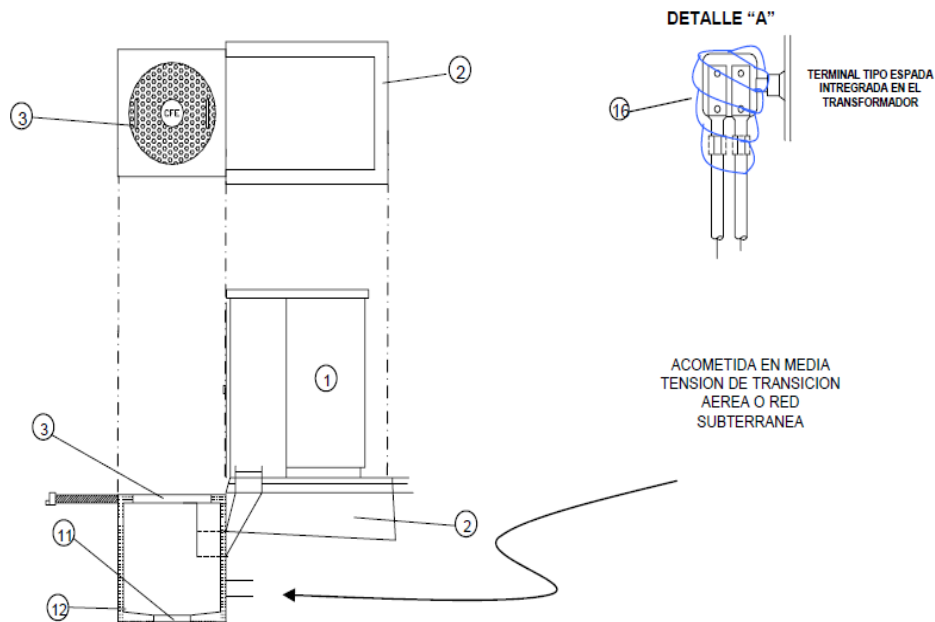


Figura 17

- La configuración y diseño de la subestación es responsabilidad del usuario, cumpliendo con la NOM-001-SEDE-2012 y sujeta a Dictamen de una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas aprobada por la Secretaría de Energía.
- La Resistencia de tierra no debe ser mayor a 10 Ohms.
- La tierra física del medidor no debe ser la misma que la de la subestación (Apartarrayos) por protección del medidor y el conductor debe ser como mínimo calibre 1/0 AWG.
- Cuando el proyecto incluye dos transformadores se deberá consultar con el Departamento de Medición de Zona.
- La tubería que va de las terminales del transformador a la base del medidor debe ser visible sobre la superficie y no debe llevar registros, la distancia no debe ser mayor a 15 metros.
- Las terminales secundarias del transformador deben quedar aisladas con cinta termocontráctil o equivalente

- El módulo de concentración debe localizarse al límite de propiedad y puede quedar sobrepuesto.
- C.F.E. definirá el poste o el registro donde se efectuará la transición.
- Los materiales y equipos de acuerdo a las especificaciones del PROASOL para la transición son a cargo del usuario.
- La falta de cumplimiento de esta especificación será motivo que C.F.E. no proporcione el suministro.[5]

3. Instalación del cable de baja tensión

El tendido del conductor normalmente se realiza a mano, ya que por lo general los tramos de cable son de longitudes cortas (90 a 120 m).

El cable utilizado en los sistemas subterráneos de B. T. con aislamiento para 600 V cumpliendo con la Norma de

Referencia NRF-052–CFE, debiendo ser de configuración triplex (2C-1N) para sistemas monofásicos y de configuración cuádruplex (3C-1N) para sistemas trifásicos.

Una vez que el fraccionador o el contratista reciban en campo los carretes de cable de B.T. se debe verificar su estado confirmando que sea el indicado en el proyecto.

Al igual que en M.T., para las maniobras de subir, bajar y transportar los carretes, se utilizará el equipo adecuado para no dañar el cable, mientras no se instale el mismo, los carretes deben almacenarse bajo techo para protegerlos del intemperismo.

Los tramos deben ser de una sola pieza entre transformador y registro de conexión o de registro a registro.

Cuando la red esté construida con base al sistema murete-caja de conexión (Especificación CFE EM- BT112) el cable de baja tensión debe ser de un solo tramo del transformador al último registro y no tendrá empalmes intermedios. Es muy importante vigilar que durante el tendido no se dañe el cable y que se ejecute de acuerdo a lo señalado en el proyecto. [1]

3.1 Conexiones de baja tensión

Para proporcionar las acometidas y para interconectar los tramos de cada circuito, se utilizarán conectadores múltiples aislados para 600 V de 4, 6, 8, 10 o 12 salidas, conectadas cada una de ellas mediante un juego conexión formado por tornillo, zapata y manga removible, termocontractil o contráctil en frío.

El neutro debe ponerse a tierra mediante el conector múltiple en el último registro del circuito secundario, en todos los registros para Baja Tensión la tapa debe contar con el tornillo de seguridad para evitar el vandalismo.

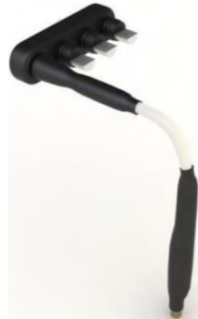


Figura 18: En áreas de alta contaminación la conexión se realizara de acuerdo a como se indica

En áreas con ambientes secos la conexión se realizará a través de cable de cobre desnudo de designación 33.6 mm (2 AWG) como mínimo.

Para el caso del sistema murete-caja de conexión (Especificación CFE EM- BT112) las derivaciones a los medidores se realizarán con conectores derivadores tipo mordaza, como se indica en la especificación de referencia.

La conexión de la acometida a la red, se debe realizar sin abrir los conductores de la red de distribución secundaria, sólo retirando la porción de aislamiento necesario.

Esta conexión debe ser aislada y en áreas costeras o de alta contaminación el aislamiento debe ser hermético mediante una manga, sello inhibidor o alguno similar aprobado por el LAPEM.

Una vez concluido lo anterior y antes de conectar los circuitos al transformador, efectúe las pruebas eléctricas necesarias y verifique el balanceo de cargas con las acometidas.

Para conectar los cables del circuito a las zapatas del transformador, instale en los cables los conectores tipo espada o rectos adecuados.

Las conexiones entre los cables de baja tensión y sus zapatas deben mantener la hermeticidad del aislamiento.

En equipos tipo pedestal que utilicen conectores rectos la conexión debe ser aislada.

En equipos sumergibles las conexiones de los cables de red a los transformadores deben ser aisladas, herméticas y sumergibles.

Una vez conectados los circuitos al transformador y antes de energizar, revise todos los conectores múltiples o derivaciones para verificar que no existan partes vivas expuestas.

Para instalar los conectores múltiples se procederá como sigue:

- 1) Identifique las fases en las cuales se instalarán los conectores.
- 2) Retire el tapón aislado de la salida elegida para hacer la conexión.
- 3) Limpie con solvente la cubierta del cable, aproximadamente 40 cm a partir del extremo del mismo.
- 4) Mida la profundidad del conector zapata para retirar el aislamiento necesario, dejando como tolerancia 3.75 mm más, cuide no marcar ni dañar el conductor al retirar el aislamiento.
- 5) Introduzca la manga removible o termo ajustable en el cable recorriéndolo 40 cm.
- 6) Verifique que el conector tenga suficiente grasa inhibidora, en caso contrario aplíquela. Cepille perfectamente el conductor expuesto e introdúzcalo inmediatamente en el conector.
- 7) Comprima el conector con la herramienta de compresión adecuada, traslapando las compresiones.
- 8) Revise que el conector haya quedado firmemente instalado en el cable y que no presente fracturas por compresión, si presentara fracturas, instale uno nuevo.

Verifique antes si el conector se fracturó por no usar la herramienta adecuada o por mala calidad del conector, si éste es el caso y lo mismo sucede en varios conectores devuelva todo el lote para que le sean repuestos.

- 9) Limpie muy bien la superficie metálica del conector múltiple donde se va a hacer la conexión y la superficie de la zapata que entrará en contacto con la del conector múltiple, para efectuar esto utilice lija de óxido de aluminio.
- 10) Con un tornillo de 9.52 mm y una rondana de presión (de fierro galvanizado) fije fuertemente la zapata instalada en el cable al conector múltiple, cuidando que los cables lado fuente y lado carga queden conectados en la primera y segunda salida respectivamente, dejando las demás salidas del conector para las acometidas.
- 11) Los cables deben permitir que el conector múltiple salga del registro 70 cm arriba del nivel del piso.

- 12) Remueva la manga a su lugar definitivo, si es removible verifique que quede bien instalada, debiendo quedar a tope con el aislamiento del cuerpo del conector múltiple.

Si la manga es termo ajustable, remuévala a que quede a tope con el aislamiento del cuerpo del conector y aplique calor por medio de un soplete adecuado, iniciando en la parte inferior de la manga moviendo constantemente la flama para distribuir uniformemente el calor alrededor de la manga. Deberá cuidarse de no dejar burbujas de aire atrapadas.

Nunca se debe aplicar el calor en un sólo punto porque se daña la manga y su agarre no es uniforme. En caso de ser mangas removibles o contráctiles en frío se instalarán de acuerdo a las recomendaciones indicadas por el fabricante. [1]



Figura 19: Registro de baja tensión en arroyo



Figura 20: Registro de baja tensión para banqueta tipo 1



Figura 21: Registro baja tensión para banqueta tipo 2



Figura 22: Murete para servicio monofásico de baja tensión

CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES	
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Murete con una sección para medidores y otra para caja de conexiones, fabricado en concreto hidráulico, con resistencia de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$. Armado en malla electro soldada con refuerzo de varilla con diámetro de 9.525 mm o fabricado en concreto polimérico con resistencia de $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$.
ESPECIFICACIONES	CFE EM-BT112 Especificación para Servicio Monofásico Tipo II con Carga hasta 5 kW en Baja Tensión, Red Subterránea.
USO Y APLICACIÓN	Murete de concreto para conexión de dos servicios en red monofásica trifilar.
EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	Proteger contra impacto y humedad.
PRUEBAS	MECANICAS Y ELECTRICAS

Tabla 10



Figura 23: Conector a compresión tipo zapata

CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES	
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Conector a compresión tipo zapata de cobre electrolítico estañado, de 1 y 2 perforaciones
ESPECIFICACIONES	CFE-55000-41 Conector Zapata a Compresión
USO Y APLICACIÓN	Conectar cables de Baja Tensión a la terminal tipo espada del transformador pedestal. Conectar terminales de Media Tensión poliméricas o termo contráctiles a equipos.
EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	Manéjese con cuidado, proteger contra impacto y humedad.
PRUEBAS	Mecánicas y Eléctricas

Tabla 11

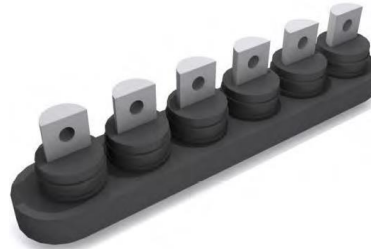


Figura 24: Conectores múltiples

CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES	
MATERIAL,FORMA Y ACABADO	Conector de aluminio tipo múltiple con Aislamiento a base de etileno propileo para 600 V, con A derivaciones adaptables a juego de conexiones tipo CM-600
ESPECIFICACIONES	NMX-J-519
USO Y APLICACIÓN	Conectar cables aislados en Sistemas de Distribución Subterráneos de Baja Tensión y acometidas.
EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	Manéjese con cuidado, proteger contra impacto y humedad en bolsa de plástico cerrada.
PRUEBAS	Mecánicas y Eléctricas

Tabla 12



Figura 25: Conector múltiple aislado n para baja tensión

CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES	
MATERIAL,FORMA Y ACABADO	Conectador de aluminio tipo múltiple con aislamiento a base de etileno propileno para 600 V, con derivaciones adaptables directamente a cable de Baja Tensión.
ESPECIFICACIONES	NMX-J-519
USO Y APLICACIÓN	Conectar cables aislados en Sistemas de Distribución Subterráneos de Baja Tensión y acometidas.
EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	Manéjese con cuidado, proteger contra impacto y humedad en bolsa de plástico cerrada.
PRUEBAS	Mecánicas y Eléctricas

Tabla 13



Figura 26: Sello para transiciones de baja tensión

CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES	
MATERIAL,FORMA Y ACABADO	Sello termocontractil o contráctil en frío para transiciones en baja y media tensión.
USO Y APLICACIÓN	Conectar cables aislados en Sistemas de Distribución Subterráneos de Baja Tensión y acometidas.
EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	Manéjese con cuidado, proteger contra impacto y humedad en bolsa de plástico cerrada.
PRUEBAS	Mecánicas y Eléctricas

Tabla 14



Figura 27: Transformador trifásico tipo pedestal hasta 225 kva para distribución subterránea

CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES	
MATERIAL, FORMA Y ACABADO	Transformador trifásico tipo pedestal para operación en anillo, capacidad A kVA, conexión en Media Tensión estrella-estrella aterrizada B volt. Conexión en Baja Tensión 220Y/127 V, con 4 derivaciones 2 arriba y 2 abajo del tensión nominal, con 2.5% cada una, 60 Hz, con enfriamiento natural en aceite con fusibles en Media Tensión, con seccionador en anillo, con o sin interruptor termomagnético en Baja Tensión. 2300 MSNM, y clase de aislamiento A65.
ESPECIFICACIONES	CFE K0000-08 Transformadores trifásico tipo pedestal hasta 225 kVA para Distribución Subterránea..
USO Y APLICACION	Transformación de tensión de Redes de Distribución Residencial Subterránea.
PRUEBAS	Mecánicas y Eléctricas

Tabla 15

4. Instalaciones destinadas al servicio público.

4.1 Artículo 920: disposiciones generales.

- **920 -1** Objetivo y Campo de aplicación:

El objetivo de este Capítulo es establecer las disposiciones para salvaguardar a las personas y sus propiedades de los riesgos originados por las líneas y subestaciones eléctricas, líneas de comunicación y su equipo asociado, durante su instalación, operación y mantenimiento.

Los requisitos aquí establecidos se consideran como los mínimos necesarios para la seguridad y salud del público y de los trabajadores, la preservación del ambiente y el uso racional de la energía.

Se aplica a las líneas eléctricas de suministro público, subestaciones eléctricas, alumbrado público y otras líneas eléctricas y de comunicación ubicadas en la vía pública, así como a instalaciones similares propiedad de los usuarios, para fines de este Capítulo y cuando así se especifique en éste.

Al establecer estos requisitos se ha considerado, en principio, que dichas líneas deben estar operadas y mantenidas por personas calificadas.

- **920-2** Definiciones

Empalme:

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

Línea de suministro eléctrico:

Aquella que se usa para transmisión, distribución y utilización general de la energía eléctrica.

Tensión de aguante de baja frecuencia:

Para un aislador, es el valor eficaz de la tensión a 60 Hz que bajo condiciones normalizadas puede aplicarse sin causar flameo o perforación del aislador.

Tensión de flameo de baja frecuencia:

Para un aislador es el valor eficaz de la tensión a 60 Hz que bajo condiciones normalizadas causa flameo sostenido a través del medio circundante. [6]

4.2 Puesta a tierra

4.2.1 Generalidades

- **921 – 1 : Generalidades**

El objeto de este Artículo es proporcionar métodos prácticos de puesta a tierra, como uno de los medios de salvaguardar al público y a los operarios del daño que pudiera causar el potencial eléctrico en las líneas de servicio público de energía eléctrica.

Este Artículo se refiere a los métodos para conectar a tierra los conductores y el equipo de líneas eléctricas y de comunicación; los requisitos que establecen en qué casos estos elementos deben estar conectados a tierra, se encuentran en otras secciones de esta NOM.

- **921 – 2: Definiciones**

Electrodo:

Cuerpo metálico conductor o conjunto de cuerpos conductores agrupados, en contacto último con el suelo y destinado a establecer una conexión con el mismo.

Guarda:

Elemento protector para prevenir un contacto accidental con un conductor eléctrico.

- **921 – 3: Medición de la resistencia del sistema a tierra.**

La medición de la resistencia del sistema de tierra debe efectuarse desconectado el electrodo, del neutro del sistema.

- **921 – 4:** Puesta a tierra durante reparaciones.

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

- **921 – 5:** Punto de conexión del conductor a tierra en sistemas de corriente continua

- 1) Hasta de 750 volts:

En sistema de corriente continua hasta de 750 volts, 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.

- 2) Más de 750 volts:

En sistemas de corriente continua de más de 750 volts, 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 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 inconveniente en el conductor de puesta a tierra. Si se tiene un flujo de corriente en un conductor de puesta a tierra, se debe a tomar una o más de las siguientes medidas para localizar el origen del flujo:

- a) Eliminar una o más 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, de acuerdo con un estudio confiable.

Las conexiones de puesta a tierra en el transformador de alimentación no deben 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 de falla, durante el tiempo que dure la falla sin sobrecarga térmica o sin sobretensiones peligrosas. [6]

- **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 dobleces cerrados como sea posible.

La estructura de un edificio o construcción, puede servir como conductor de puesta a tierra y como un aceptable electrodo de tierra.

- **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 exotérmicas, conectores mecánicos o de compresión y zapatas o abrazaderas de puesta a tierra.

- **921 – 10:** Ampacidad y resistencia mecánica.

La ampacidad de tiempo corto" de un conductor desnudo de puesta a tierra, es la corriente 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 con aislamiento es la corriente 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 ampacidad de corto tiempo para la corriente de falla.

Se puede circular por el propio conductor durante el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema, si este valor no puede determinarse la ampacidad permanente del conductor de puesta a tierra debe ser igual o mayor que la corriente a plena carga del transformador o de otra fuente de alimentación.

b) Para sistemas de corriente alterna con múltiples conexiones de puesta a tierra:

El conductor de puesta a tierra para un sistema de corriente alterna con conexiones múltiples a tierra, excluyendo las puestas a tierra en los servicios a usuarios, debe tener una ampacidad continua en cada conexión, mayor que un quinto de la ampacidad de los conductores del sistema al que está conectado.

c) Para Apartarrayos primarios :

El conductor de puesta a tierra debe tener ampacidad de tiempo corto bajo las condiciones de corriente causada por un disturbio. El conductor individual de puesta a tierra de un Apartarrayos debe ser tamaño no menor que 13.3 mm² (6 AWG) de cobre o de 21.2 mm² (4AWG) de aluminio o un conductor equivalente en conductividad.

Cuando la flexibilidad del conductor de puesta a tierra vital en la operación del Apartarrayos, deben emplearse conductores flexibles adecuados.

El punto de referencia de puesta a tierra del Apartarrayos se sujeta al tanque del transformador del cual parte un puente que conecta el neutro del transformador y en su uso una de las terminales de media tensión junto con las cuales se conectan al electrodo de puesta 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, retenida, cubiertas metálicas de cables y otras cubiertas metálicas de conductores, debe tener la ampacidad de tiempo corto para la corriente de falla y para el tiempo de operación del dispositivo de protección del sistema.

Si no se proporciona protección contra sobrecorriente o falla, la ampacidad del conductor de puesta a tierra debe determinarse con base en las condiciones de diseño y operación del circuito pero no debe ser tamaño menor que 8.37 mm^2 (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 ampacidad :

El límite de capacidad de corriente del conductor de puesta a tierra es el siguiente:

1. La de los conductores de fase que alimentaría la corriente de falla a tierra.
2. La corriente máxima que pueda circular por el conductor, hacia el electrodo a que esté conectado. Para un conductor individual de puesta a tierra, esta corriente es aproximadamente igual a la tensión de suministro dividida entre la resistencia del electrodo.

f) Resistencia mecánica:

Todo conductor de puesta a tierra debe resistir la tensión mecánica para las condiciones a que este 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 de 8.37 mm^2 (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, debe protegerse. No requieren protegerse donde no estén fácilmente accesibles al público ni donde conecten a tierra circuitos o equipo con múltiples conexiones puesta a tierra.
 - b) Cuando se requiera protección, los conductores de puesta a tierra deben protegerse donde no estén fácilmente accesible al público ni donde conecten a tierra circuitos o equipo con múltiples conexiones puestas a tierra.
 - 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 estructura menos expuesta.
 - d) Las guardas usadas para conductores de puesta a tierra de equipo de protección contra descargas atmosféricas, deben ser 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.
 - 1) Apartarrayos de circuitos de más de 600 volts y armazones de equipos que operen a más de 600 volts.
 - 2) Circuito de alumbrado y fuerzas hasta 600 volts.
 - 3) Puntas de pararrayos (protección contra descargas atmosféricas), a menos que estén conectadas a una estructura metálica puesta.

Como alternativa, los conductores de puesta a tierra pueden correr separadamente hasta una barra 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 metros 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, estos pueden unirse entre sí y conectarse a un solo conductor de puesta a tierra.

- d) Los electrodos artificiales para Apartarrayos de sistemas eléctricos no conectados a tierra, que operen a tensiones superiores a 15 Kilovolt entre fases, se recomienda que estén separados 6.00 metros 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.

- **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 una tubería metálica para agua

Los sistemas subterráneos de tubería metálica para agua fría pueden usarse con electrodos de puesta a tierra.

- b) Sistemas locales de tubería de agua.

Las tuberías metálicas enterradas, conectados 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 base 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 1.00 metro 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 proporcionan 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 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 proporcionar la adecuada sujeción mecánica, permanencia y capacidad de conducción de corriente, tal como los siguientes:

- a) Una abrazadera, accesorio o soldadura permanente 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 adecuado para satisfacer el requisito indicado en la sección 921-13, pero no menor que 21.2 mm² (4 AWG) que se conecte a las varillas de refuerzo o al alambón, mediante un conector adecuado para cable de acero.

El conector y la parte expuesta del conductor de cobre se deben cubrir completamente con masticque 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 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 3.00 metros de líneas de tubería usadas para la transmisión de líquidos o gases inflamables que operen a altas presiones (10.50 Pascales o más), a menos que estén unidos eléctricamente y protegidos catódicamente como una sola unidad.

Debe evitarse la instalación de electrodos a menos de 3.00 metros 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 corriente alterna 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 cuando se requiera, a fin de obtener una buena conexión.

- **921-18** Resistencia a tierra de electrodos.

Disposiciones generales. El sistema de tierra 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 de paso y de contacto (se considera aceptable un valor de 10 ohms; en terrenos con alta resistividad este valor puede llegar a ser hasta de 25 ohms). Para los tipos de electrodos véase el Artículo 250 parte C.

a) Plantas generadoras y subestaciones.

Cuando estén involucradas tensiones y corrientes eléctricas altas, se requiere de una malla 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 ohms en las condiciones más críticas. Para instalaciones subterráneas el valor recomendado de resistencia a tierra es 5 ohms o menos.

c) Sistemas con neutro multiterrizado. El neutro, debe estar conectado a un electrodo en cada transformador y sobre la línea, cada 400.00 metros máximo independiente del sistema del servicio de los usuarios.

- **921-19** Conexión a tierra de partes metálicas de transformadores:

Aplicar lo correspondiente al tipo de instalación. [6]

4.2.2 Líneas subterráneas

- **921-20** Punto de conexión del conductor de puesta a tierra en sistemas de corriente alterna:

a) Hasta 600 volts La conexión de puesta a tierra de un sistema de 3 fases, 4 hilos, conexión estrella o de un sistema de 1 fase, 3 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 volts.

- 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.

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) Conexión a electrodos. 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) Empalmes y derivaciones. 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) Pantallas:

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) Elementos magnéticos:

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) Metales:

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 efecto galvánico. El aluminio no está aprobado para este uso.

- f) Pantallas o armaduras:

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) Conexiones:

Las conexiones de transposición y los puentes de unión deben tener aislamiento para 600 volts, para tensiones mayores el aislamiento debe ser adecuado para la tensión a tierra existente.

h) Puentes de unión:

Los puentes de unión y sus medios de conexión deben ser de tamaño y diseño para soportar la corriente de falla, sin dañarse el aislamiento de los puentes o las conexiones de la pantalla. [6]

4.3 Instalaciones y aplicación de cables subterráneos en la vía pública

4.3.1 Artículo 923 líneas subterráneas

- **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.

- **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 enterrada, 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, intensidad de corriente, corriente 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 de 5 kilo volts 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 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 volts.
- 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 valores 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 ampacidad, 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 centímetros 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 0.90 metros y las verticales deben ser como mínimo de 1.80 metros.
- b) Se recomienda no instalar 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 que 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.

Tensión entre fases kV	Separación metros
Hasta 15	0.15
Más de 15 hasta 50	0.23
Más de 50 hasta 120	0.30
Más de 120	0.60

Tabla 923 – 3: separación mínima entre cables eléctricos y de comunicación suministrada dentro de un mismo registro, pozo o bóveda

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 que 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 15 y 16.

El material de identificación debe ser resistente a la corrosión y a las condiciones del medio ambiente.

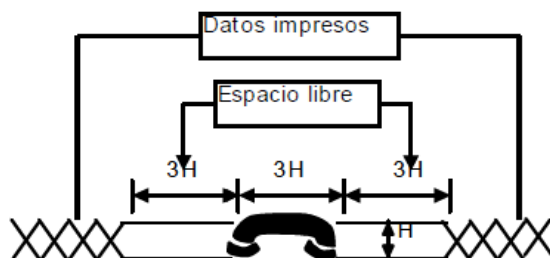


Figura 15: Simbología para cable de comunicaciones

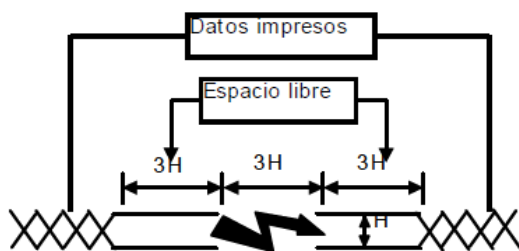


Figura 16: simbología para cable de comunicaciones

- 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 mayores a 400 volts a tierra y utilizados para alimentar energía solamente a equipos de comunicaciones, pueden considerarse como cable de comunicaciones bajo las condiciones siguientes:

- 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 en el circuito de comunicación no exceda 400 volts 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.

j) Cables submarinos

1) Trayectoria:

Los cables submarinos deben ir enterrados en una trinchera de un metro de profundidad, hasta que se alcancen 10.00 metros de profundidad en zonas de arena, o estar protegidos con medias cañas de material resistente a la corrosión y de suficiente resistencia mecánica, en zonas de roca.

2) Empalmes:

Los cables submarinos en su tramo marino, al ser instalados, no deben tener empalmes hechos en campo. Sólo se deben instalar con empalmes hechos en fábrica.

3) Protección:

La armadura del cable debe diseñarse para soportar adecuadamente los esfuerzos mecánicos a los que está sujeto el cable durante la instalación y operación. La armadura debe estar protegida contra la corrosión para cumplir adecuadamente su función durante la vida útil del cable.

Los cables de reserva deben mantenerse siguiendo las recomendaciones del fabricante.

- **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 metros sobre el nivel del suelo y cuando menos hasta una profundidad de 30.00 centímetros 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 del equipo, de manera que no se dañen sus cubiertas.

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

- **923-5** Terminales en vía pública.

a) Generalidades:

Debe cumplirse con lo siguiente:

- 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 de aguante al impulso por rayo (nivel básico de aislamiento al impulso-NBAI), de la terminal. Cuando las terminales se coloquen en postes.
- 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 nivel básico de aislamiento al impulso, 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).

Lugar de instalación	En líneas con tensión entre conductores	
	Hasta 750 v	De 750 a 22 000 v
Expuesto a tránsito de vehículos.	5.0	5.6
No expuesto a tránsito de vehículos	3.8	4.4

Tabla 923-5: Altura mínima de partes vivas de terminales en metros.

Observaciones

1. Para tensiones mayores a 22 kilovolts, las alturas especificadas en la última columna deben incrementarse 1.00 centímetro por cada kilovolts en exceso de 22 kilovolts.
2. Cuando se instalen terminales de baja tensión en paredes, la altura mínima debe ser de 2.90 metros.

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 a 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 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) Generalidades;

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 envoltentes.

Excepción:

Podrán quedar localizados directamente enterrados para el caso de cables directamente enterrados.

- **923-7** Equipo subterráneo en vía pública.

- a) Generalidades

- 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 porta fusibles 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.
 - 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 mayores a 600 volts 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 primera 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 20 centímetros 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.

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.

- 923-8. Instalación en túneles.

a) Generalidades:

Las instalaciones en túneles de cables y equipos eléctricos y de comunicación.

b) Protección a las personas.

Cuando el túnel sea accesible al público o cuando se requiera que entre personal para instalar, operar y mantener los cables y el equipo, el diseño del túnel debe incluir medios de protección a las personas y, donde sea necesario, barreras, detectores, alarmas, ventilación, bombas y dispositivos de seguridad adecuados.

Los medios de protección que deben considerarse son los siguientes:

- 1) Contra atmósferas venenosas o asfixiantes.
- 2) Contra fuego, explosión, altas temperaturas y fallas de tuberías de presión.
- 3) Contra tensiones eléctricas inducidas.
- 4) Contra posible inundación del túnel.
- 5) Medios seguros de salida rápida del túnel, cuando menos en dos direcciones.

- 6) Espacios libres de trabajo, con una dimensión mínima horizontal de 90 centímetros y vertical de 1.80 metros, dejando una distancia mínima libre de 60 centímetros con respecto al paso de vehículos o máquina en movimiento.
 - 7) Banquetas libres de obstáculos para el tránsito de trabajadores dentro del túnel.
 - 8) Equipos de protección para prevenir a los trabajadores de riesgos debidos a la operación de vehículos u otras maquinarias en los túneles.
 - 9) Banquetas sin obstrucciones para los trabajadores dentro del túnel.
- c) Protección a las instalaciones:

En túneles que contengan instalaciones eléctricas y de comunicación deben considerarse medidas de protección contra el medio desfavorable en que se encuentren. Estas medidas pueden ser:

- 1) Contra el efecto de la humedad o la temperatura.
- 2) Contra el efecto de líquidos y gases.
- 3) Contra el efecto de la corrosión.

4.3.2 Subestaciones (artículo 924)

- **924-1** Objetivo y campo de aplicación.

Este Artículo contiene requisitos que se aplican a las subestaciones de usuarios 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 provisionales (que pueden requerirse en el proceso de construcción de fábricas o en subestaciones que están siendo reestructuradas o reemplazadas), el cumplimiento de alguno de estos requisitos se pueden lograr por otros medios, siempre que se brinde la debida seguridad.

- **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 Kilovoltampere

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

- **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 malla, muros o bien en locales especiales para evitar la entrada de personas no calificadas. Los resguardos deben tener una altura mínima de 2.10 metros.

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 resistentes al fuego de al menos una hora.

b) No deben emplearse como almacenes, talleres o para otra actividad que no esté relacionada con el funcionamiento y operación del equipo.

Excepción: Se permite colocar en el mismo local la planta generadora de emergencia o respaldo.

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 y para minimizar los contaminantes en el aire bajo cualquier condición de operación.

La restricción de acceso a las subestaciones tipo abierta y azotea.

- 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.

Tipo de lugar	Iluminancia
Frente de tablero 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
Cuartos de baterías	110
Pasillos y escaleras (medida del piso)	55
Alumbrado de emergencia en cualquier área	11
Áreas maniobra	160
Áreas de tránsito de personal y vehículos	110
General	22

Tabla 924-5: Niveles mínimos de iluminación requeridos

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) Contactos y unidades de alumbrado.

Los contactos 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 contactos 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 las luminarias y sus conexiones.

e) Alumbrado de emergencia. Debe colocarse en el local, cuando menos, una lámpara para alumbrado de emergencia en 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 por ciento) 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 centímetros de altura, deben estar provistos de barreras, de 1.20 metros 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.

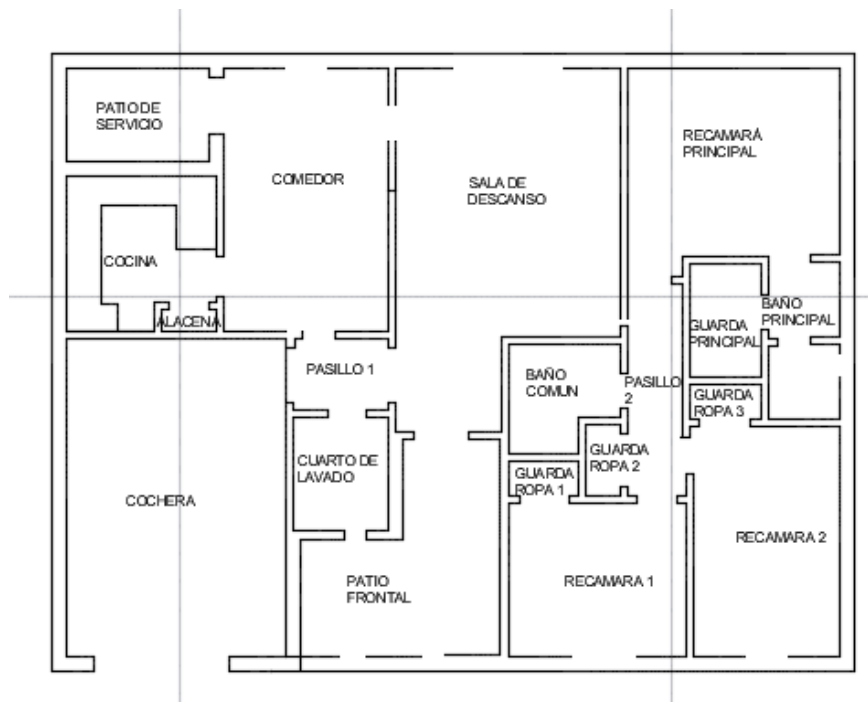
- **924-7** Accesos y salidas.

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 proporcionar un segundo acceso y salida, indicando una ruta de evacuación.

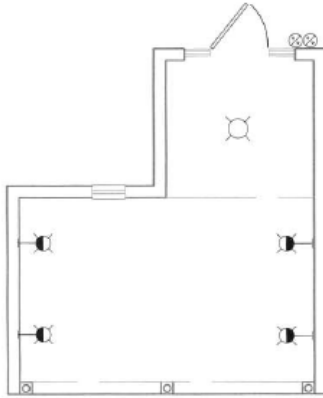
La puerta de acceso y salida de un local debe abrir hacia afuera y estar provista de un seguro que permita su apertura, desde adentro. En subestaciones interiores, cuando no exista espacio suficiente para que el local cuente con puerta de abatimiento, se permite el uso de puertas corredizas, siempre que éstas tengan claramente marcado su sentido de apertura y se mantengan abiertas mientras haya personas dentro del local. [6]

Memoria descriptiva

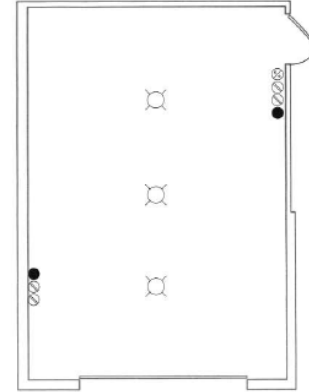


Plano de distribución

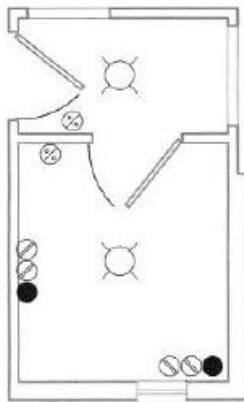
Plano de una casa de valle verde a la cual se le hará su instalación eléctrica de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012 la cual nos ayuda a proteger tanto a las personas que ocuparán la vivienda como a sus aparatos electrodomésticos para evitar todo tipo de accidente, desde un corto circuito hasta una descarga eléctrica hacia los usuarios.



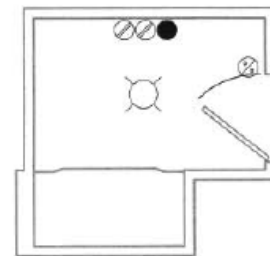
Patio frontal



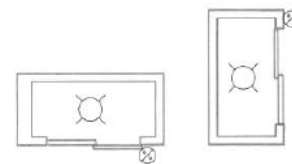
Cochera



Pasillo uno y cuarto de lavado

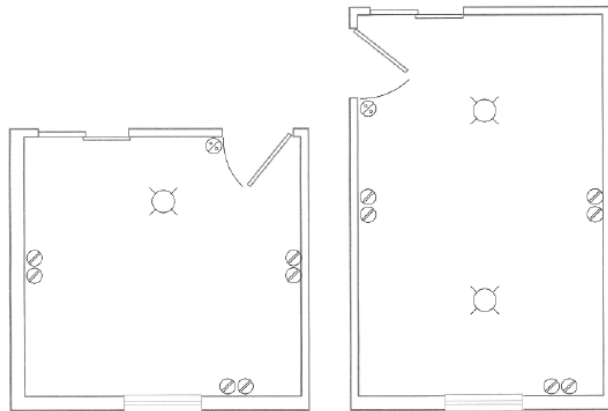


Baño común

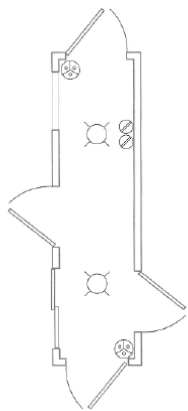


Guardarropa 1 y 2

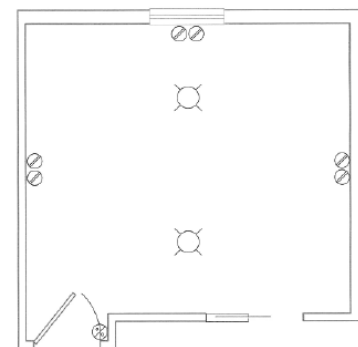
Distribución de lámparas, apagadores sencillos, arbotante incandescente intemperie, receptáculos, pulsadores en cada una de las áreas de la vivienda.



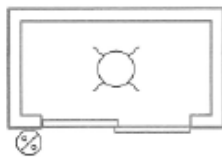
Recamaras 1 y 2



Pasillo dos

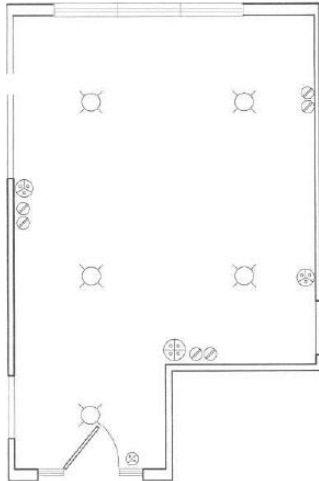


Recámara principal

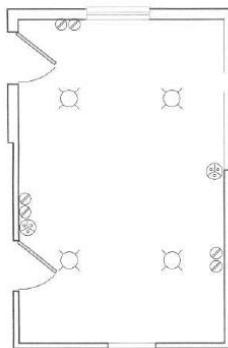


Guardarropa

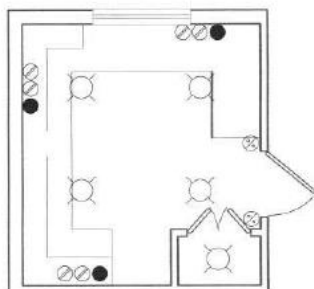
Distribución de lámparas, apagadores sencillos, receptáculos, pulsadores en cada una de las áreas de la vivienda.



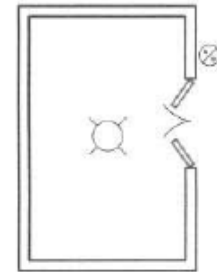
Sala de descanso



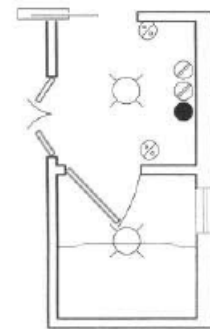
Comedor



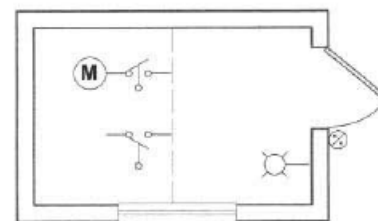
Cocina



**Guardarropa
principal**

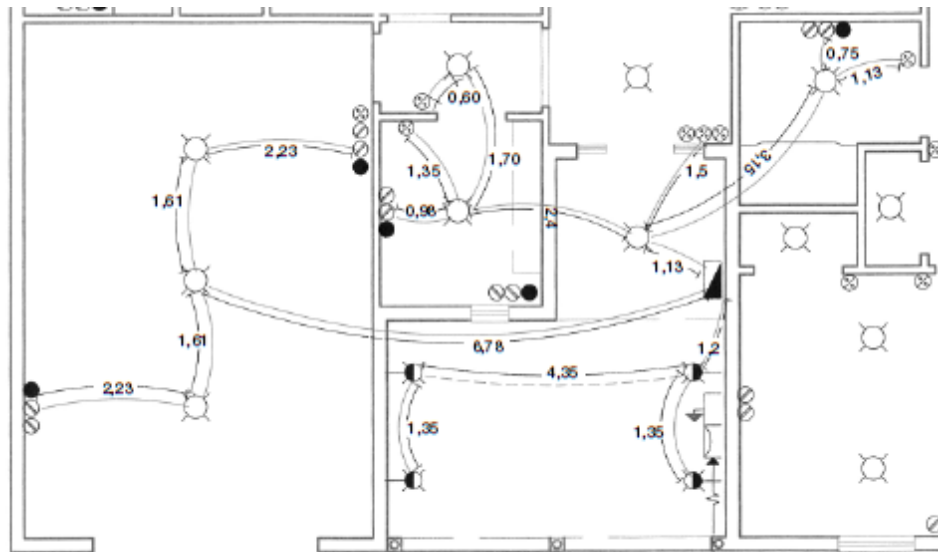


Baño principal



Patio de servicio

Distribución de lámparas, apagadores sencillos, receptáculos, pulsadores, interruptores en cada una de las áreas de la vivienda.

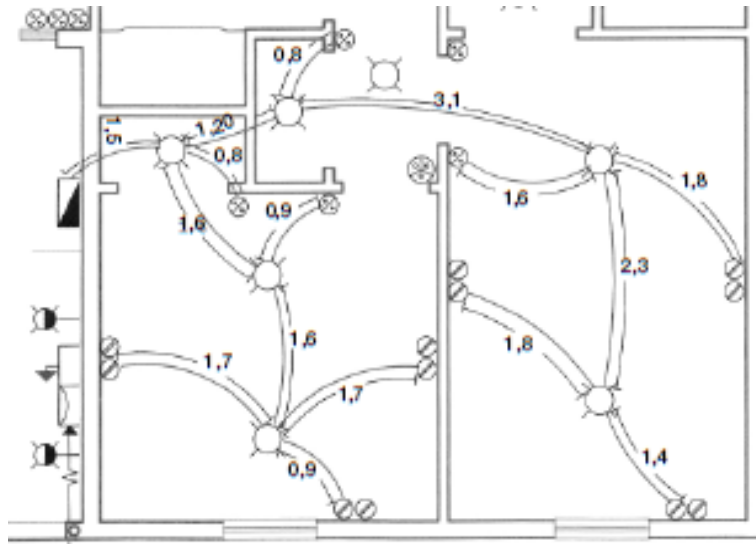


Alambrado del circuito 1

Todo el alambrado sale del centro de la carga y se distribuye por las siguientes áreas:

- Cuarto de lavado
- Pasillo 1
- Patio frontal
- Baño común

En este circuito comunica a la cuarto de lavado, pasillo 1, patio frontal, baño común y después a las lámparas con un interruptor sencillo, cada lámpara debe estar alimentada por una fase y neutro el cual se encarga de cerrar el circuito, el recorrido del cable neutro llega a la caja de registro deja una terminal para la lámpara y continua a la siguiente lámpara así sucesivamente el cable neutro solo va de lámpara a lámpara, el cable fase llega a la caja de registro y baja a el interruptor.

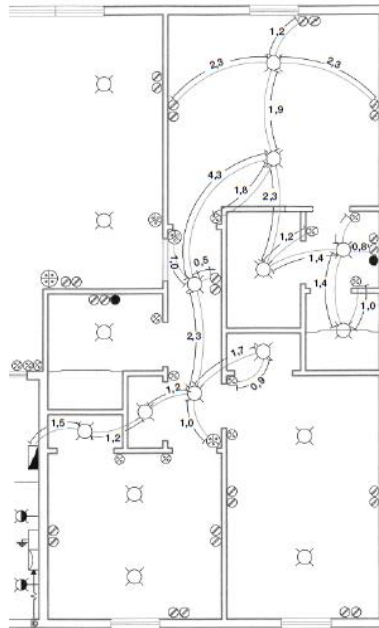


Alambrado del circuito 2

Todo el alambrado sale del centro de la carga y se distribuye por las siguientes áreas:

- Recamara 1
- Recamara 2
- Guardarropa 1
- Guardarropa 2

Al igual que el alambrado del circuito 1 se hace lo mismo para este alambrado además en cada caja de salida, empalme y punto de cambio debe dejarse al menos 15 cm de longitud en los conductores disponibles para hacer las uniones o la conexión de dispositivos o equipos, a excepción de los conductores que no son empalmados o que terminan en cajas de salida o puntos de conexión.

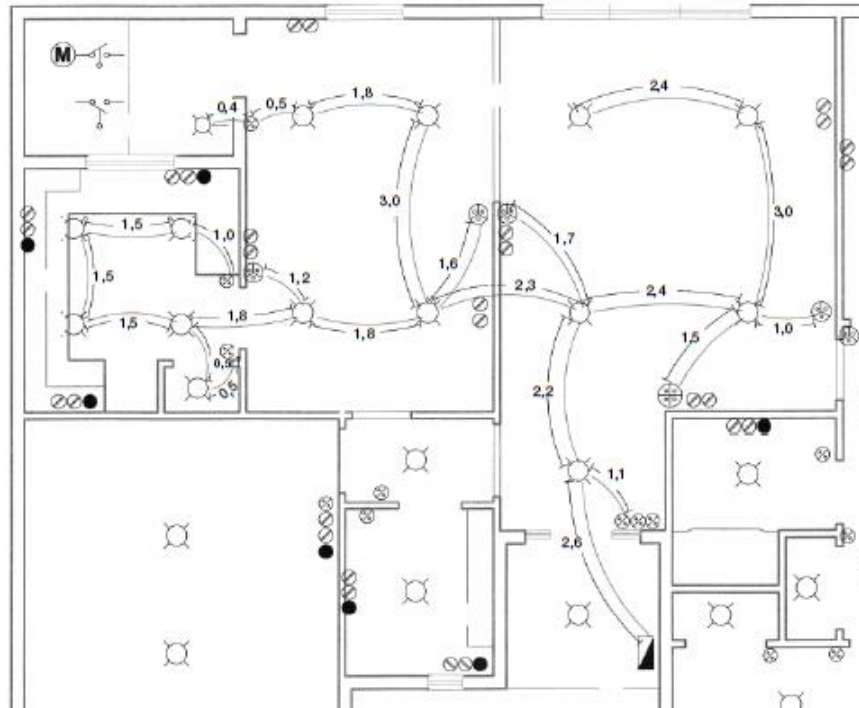


Alambrado de circuito 3

Todo el alambrado sale del centro de la carga y se distribuye por las siguientes áreas:

- Pasillo 2
- Guardarropa 3
- Guardarropa principal
- Baño principal
- Recamara principal

En este alambrado tuvimos más dobleces en ángulo. Por lo tanto la distancia entre la entrada de cada canalización a la caja y la pared opuesta de la misma no debe ser menor a seis veces el mayor diámetro nominal. Los cables que usamos para contactos fue calibre 12 AWG y para los apagadores 14 AWG.



Alambrado circuito 4

Todo el alambrado sale del centro de la carga y se distribuye por las siguientes áreas:

- Cocina
- Comedor
- Sala de descanso

En este alambrado se realizó lo antes mencionado y se llevó a cabo las medidas de precaución se distribuyó los cables en diferentes tipos de distancia desde 1 mt a 3 mts se pasaron 1 fase, 1 neutro y 1 tierra ya que es una instalación monofásica además toda la tubería es por el techo.

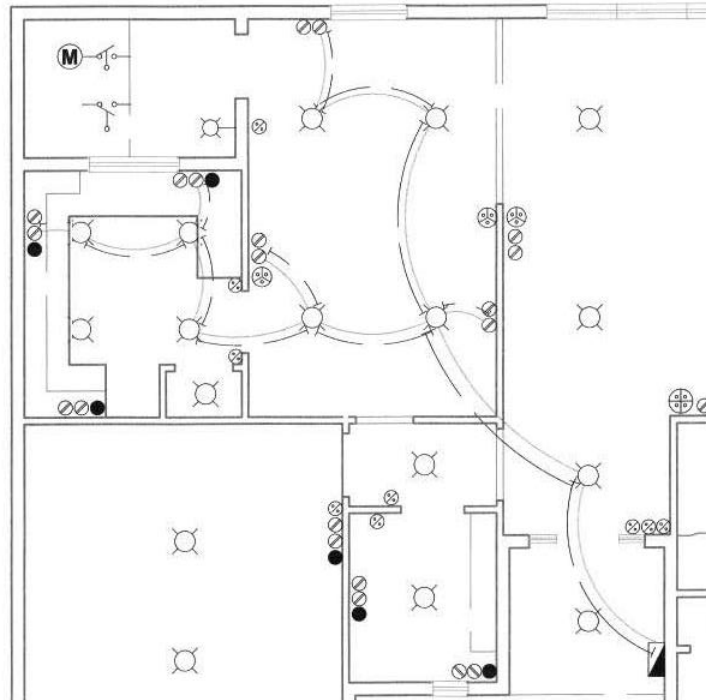


Alambrado del circuito 5

Todo el alambrado sale del centro de la carga y se distribuye por las siguientes áreas:

- Cochera

Para la instalación de este circuito deben instalarse cajas de registro en cada punto de empalme de conductores, salida, punto de cambio o de unión. Debe instalarse una caja de registro en el punto de conexión entre tal sistema de cables y un sistema de canalización, y entre cada salida. Todo se hizo bajo las condiciones de la NOM-001-SEDE-2012 la cual sirve como guía y especifica el tipo de cable, interruptor termomagnético, receptáculos debe instalarse para seguridad de los usuarios.

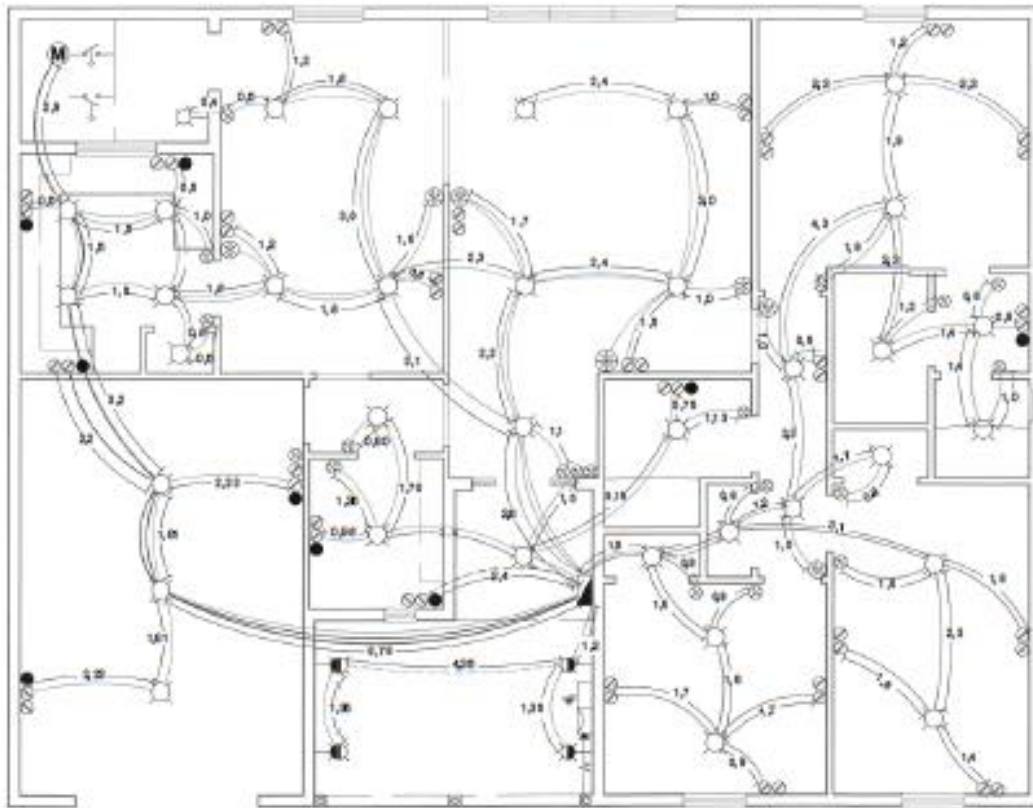


Alambrado del circuito 6

Todo el alambrado sale del centro de la carga y se distribuye por las siguientes áreas:

- Cocina
- comedor

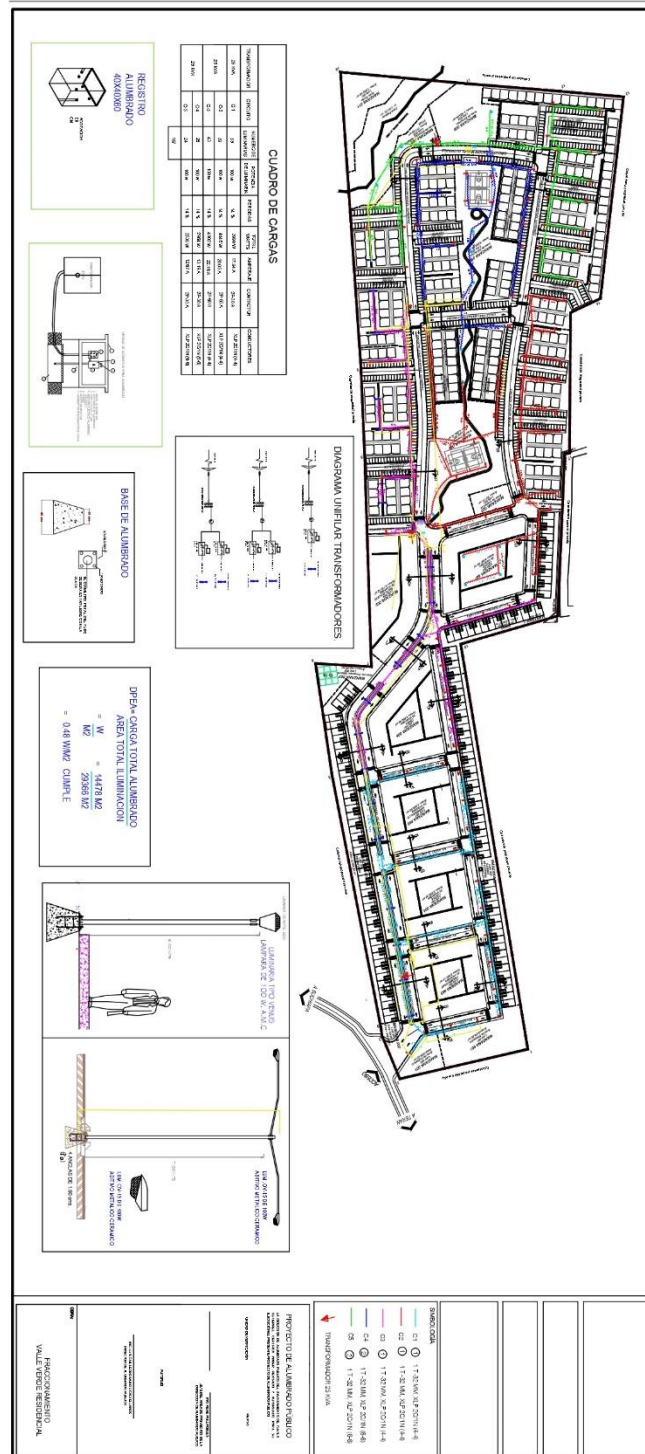
Para la instalación de toma corrientes de la cocina como son para el refrigerador, la estufa, horno de microondas y demás electrodomésticos de la cocina a 1.10 mts, el toma corriente de la campa extractora de humo debe estar a 1.70 mts, el cableado de los toma corrientes se obtiene la fase y neutro, la fase se conecta a una terminal del toma corriente y se puentea a otro borne y de igual manera el neutro, los toma corrientes no deben ir ocultos, deben estar visibles para su desconexión y conexión por parte del usuario.

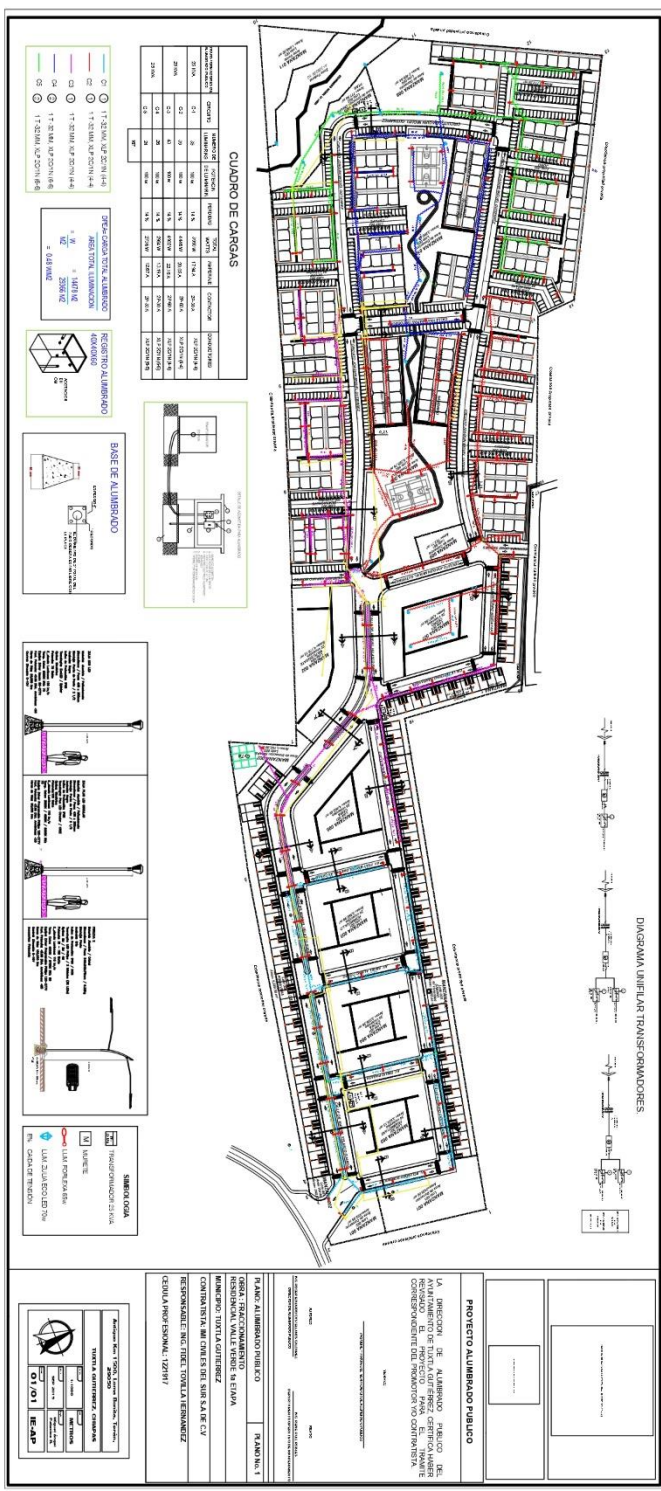


Alambrado general

Alambrado general de la vivienda se hizo con asesorías de la NOM-001-SEDE-2012 para seguridad de los usuarios y aparatos a utilizar, ya que es importante para obtener mejor rendimiento de energía y de igual forma evitar fugas que podrían ser gastos excedentes por el uso del servicio eléctrico, así como eventuales cortocircuitos por excesivas conexiones.

Anexos







Referencia

- 1. Técnica de CFE Distribución (DCCSSUBT).**
- 2. NOM-O31-ENER-2018.**
- 3. NMX-J-610/4-5-ANCE-2013.**
- 4. CFE EM-BT (Especificación de medición para acometidas monofásicas).**
- 5. Especificación de medición en baja tensión con subestación compartida.**
- 6. NOM-001-SEDE-2012**