



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

DISEÑO E INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO DE
OFICINAS UBICADO EN SANTA FE, BAJO LA NOM-001-SEDE-
2012.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIEROS ELÉCTRICOS ELECTRÓNICOS

P R E S E N T A:

MC. DONALD BUJ MISHELLE

LÓPEZ GARCÍA FERNANDO DARÍO



DIRECTOR DE TESIS:

ING. VERDE CRUZ ABEL

CIUDAD NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Índice

Objetivo	5
Justificación	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICA	8
1.1 Sistema eléctrico de distribución.....	8
1.2 Definición de una instalación eléctrica	8
1.3 Clasificación y elementos de una instalación eléctrica	9
1.3 Tensiones eléctricas	18
1.4 Resistencia, impedancia y reactancia	25
1.5 Factor de potencia	27
1.6 Normas de las instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2012	28
CAPÍTULO 2. SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS	33
2.1 Parámetros que influyen en la selección de un conductor	33
2.2 Tablas más importantes bajo las normas.....	45
2.3 Fórmulas.....	48
2.4 Selección de conductor	50
2.5 Colores de los cables eléctricos en las instalaciones eléctricas.	50
CAPÍTULO 3. CANALIZACIONES	52
3.1 Clasificación.....	52
3.2 Elementos	58
3.3 Parámetros en la selección de una tubería.....	63
CAPÍTULO 4 ALUMBRADO	68
4.1 Comparativo general con los métodos de iluminación.....	72
4.2 Tipos de lámparas	91
4.3 Factores de selección de una luminaria	92
4.5 Método de cavidad zonal e índice de cuarto	93
CAPITULO 5. APLICACIÓN A UN EDIFICIO DE OFICINAS EN SANTA FE	94
5.1 Descripción de la obra.....	94
5.2 Descripción del proyecto eléctrico.....	94
5.3 Diseño de la instalación	109
5.4 Memoria de cálculo.....	135
CONCLUSIONES	149
ANEXOS	150
Anexo 1, Tipos de lámparas y características.....	150
Anexo 2, Equipos.....	156

Anexo 3, Diagramas unifilares general.....	160
Índice de figuras	164
Índice de tablas.....	165
BIBLIOGRAFÍA	167

Objetivo: planteamiento, diseño, aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes a un sistema eléctrico para que el mantenimiento sea seguro, confiable y tenga la flexibilidad para poder adecuarlo a las modificaciones que requiera el sistema.

Justificación: proponer una de las formas en que se pueda realizar una instalación eléctrica, considerando los elementos no solo de construcción, sino también de aplicación para reducir los incidentes o incendios provocados por el mal uso de la energía eléctrica bajo los sistemas de calidad que la sociedad requiera.

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica tiene una influencia directa en el desarrollo de la sociedad, en la actualidad la realización de cualquier actividad humana hace uso de ella, está presente en casi todas partes debido principalmente a su limpieza y sencillez a la hora de su generación, fácil transporte a lugares lejanos, conversión en otras formas de energía (energía luminosa, energía térmica y energía mecánica) y siempre está lista para usarse.

Algo tan cotidiano como la energía eléctrica en nuestras vidas, es un tema que se apega a una serie de leyes, reglamentos y normas diseñados e implementados a fin de promover un uso eficiente y seguro.

En México se cuenta con leyes y normas aplicables a las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica en propiedades industriales, comerciales, residenciales y de oficina; en general a cualquier instalación que tenga por finalidad el uso de la energía eléctrica

Actualmente se cuenta con tres Normas Oficiales Mexicanas que regulan las instalaciones eléctricas:

1. NOM-001-SEDE-20012.

Instalaciones eléctricas (utilización).

Establece las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben cumplir las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra choques eléctricos, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios entre otros.

2. NOM-007-ENER-2014.

Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Establece niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales, nuevos, ampliaciones, modificaciones de los ya existentes, con el propósito que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante: la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética.

3. NOM-013-ENER-2013.

Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas.

Establece los niveles de eficiencia energética en términos de valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA), así como la iluminancia promedio para vialidades en las diferentes aplicaciones con el propósito de que se diseñen o construyan bajo un criterio de uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la

optimización de diseños y la aplicación de equipos y tecnologías que incrementen la eficacia sin menoscabo de los requerimientos visuales.

En este trabajo se presenta un caso práctico de una instalación eléctrica a un edificio de oficinas bajo las normas vigentes, basado principalmente en la utilización de la NOM-001-SEDE-20012.

La información aquí expuesta es una recopilación de varias fuentes, lo cual implica que es una tesis completamente citada tanto de las normas de instalaciones como de fuentes donde se explican características y tecnicismos desarrollada en cinco capítulos.

En el capítulo uno se define las bases teóricas, características, clasificaciones y elementos generales que conforman las instalaciones eléctricas. En el capítulo dos se desarrolla la selección de los conductores bajo sus diferentes parámetros. En el tercer capítulo se describe lo correspondiente a canalizaciones eléctricas (tuberías, cajas, accesorios, etc.). En el capítulo cuatro se muestra la parte de alumbrado y los métodos de iluminación y concluimos en el quinto capítulo con la aplicación de una instalación eléctrica a un edificio.

Establecidos estos parámetros podemos proseguir con lo que pretendemos hacer en el caso práctico de la instalación.

CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICA

1.1 Sistema eléctrico de distribución.

Un sistema de distribución de potencia, es el medio para distribuir la energía eléctrica desde los bloques de suministro hasta los puntos de utilización. Pueden variar desde una simple línea que conecte un generador con un solo consumidor, hasta una red automática que alimente la zona más importante de la ciudad.

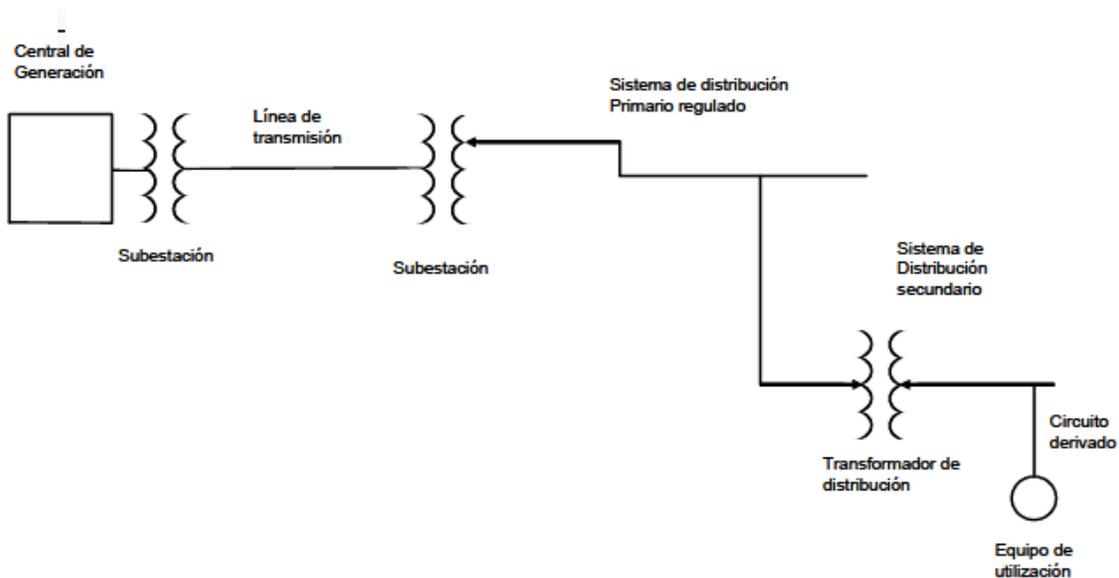


Fig.1.1. Sistema eléctrico típico para la generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica. (Fig. 110-4 NOM-001-SEDE-2012)

En dicho esquema de la NOM-001-SEDE-2012 podemos apreciar de forma gráfica el conjunto de elementos que tiene un sistema para la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica de una forma muy general.

1.2 Definición de una instalación eléctrica

Se entiende por instalación eléctrica, al conjunto de tuberías conduit o tuberías y canalizaciones de otro tipo y forma, cajas de conexión, registros, elementos de unión entre tuberías, y entre las tuberías y las cajas de conexión o los registros, conductores eléctricos, accesorios de control y protección, etc., necesarios para conectar o interconectar una o varias fuentes o tomas de energía eléctrica con los receptores.

Los receptores de la energía eléctrica son de tan diversa índole, que tratando de englobarlos en forma rápida y sencilla, se puede decir que son los siguientes:

Todo tipo de lámparas, todos los aparatos y equipos electrodomésticos, de oficinas, de comercios, aparatos y equipos de calefacción, de intercomunicación, señales luminosas, señales audibles, elevadores, montacargas, motores y equipos eléctricos en general.

1.3 Clasificación y elementos de una instalación eléctrica

Clasificación

Las instalaciones eléctricas pueden clasificarse tomando como base varios criterios. Si se consideran las etapas de generación, transformación, transmisión y distribución tendríamos que hablar de las centrales eléctricas, de los transformadores elevadores, de las líneas de transmisión, de las subestaciones reductoras y de las redes de distribución.

Si clasificamos a las instalaciones eléctricas en función de sus voltajes de operación, necesariamente habría que mencionarse: alta tensión, mediana tensión y baja tensión. En relación con la aplicación, pueden clasificarse en instalaciones eléctricas como residenciales, comerciales e industriales, las cuales se explicaran brevemente.

Instalación eléctrica residencial

Es un conjunto de obras e instalaciones realizadas con el fin de hacer llegar electricidad a todos los aparatos eléctricos de una casa habitación, que trabajan con bajo voltaje: 120V.

Instalación eléctrica comercial

Las instalaciones eléctricas comerciales son aquellas que trabajan con bajo voltaje: 120v, 220v, 440v, en sus diferentes conexiones: monofásicos, bifásicos y trifásicos. Todos en corriente alterna.

Las instalaciones eléctricas comerciales son principalmente para: oficinas, tiendas departamentales, restaurantes, farmacias, tiendas, talleres, sucursales bancarias,....

Instalación eléctrica industrial

Las instalaciones eléctricas industriales, son el conjunto de elementos, aparatos y equipos que se encargan de la recepción, conducción, transformación, control, medición, protección, distribución y utilización de la energía eléctrica.

Las instalaciones eléctricas Industriales son aquellas que trabajan con los siguientes voltajes: 120v, 220v, 440v, 575v, 4100V, en sus diferentes conexiones: monofásicos, bifásicos y trifásicos. Todos en corriente alterna.

Las instalaciones eléctricas Industriales son principalmente para: fábricas, almacenes, centro de distribución, parques industriales, industria textilera, industria automotriz, industria de los alimentos, cámaras frigoríficas, industria farmacéutica, Instalaciones de Pemex, aeropuertos...

Instalación de transmisión y generación

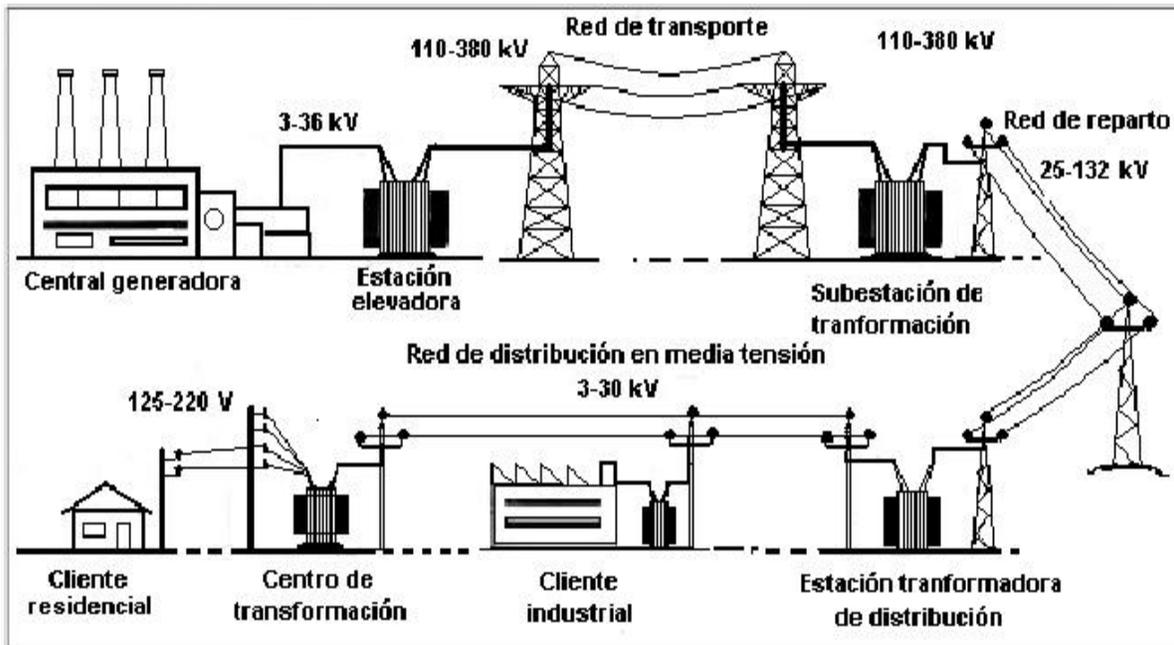


Fig.1.2. Sistema de suministro eléctrico.

Tomando en cuenta las tensiones para instalaciones eléctricas en México la norma NOM-SEDE-001-2012 las especifica en el artículo 110-4. (Ver fig. 1.3)

110-4. Tensiones. En toda esta NOM, las tensiones consideradas deben ser aquellas a las que funcionan los circuitos. Las tensiones utilizadas de corriente alterna son: 120, 127, 120/240, 208Y/120, 220Y/127, 240, 480Y/277, 480, 600Y/347 ó 600 volts. La tensión nominal de un equipo no debe ser menor a la tensión real del circuito al que está conectado.

Fig.1.3. Tensiones bajo la NOM-SEDE-001-2012.

La generación y transporte de electricidad, es el conjunto de instalaciones que se utilizan para transformar otros tipos de energía en electricidad y transportarla hasta los lugares donde se consume. La generación y transporte de energía en forma de electricidad tiene importantes ventajas económicas debido al costo por unidad generada. Las instalaciones eléctricas también permiten utilizar la energía hidroeléctrica a mucha distancia del lugar donde se genera. Estas instalaciones suelen utilizar corriente alterna, ya que es fácil reducir o elevar el voltaje con transformadores. De esta manera, cada parte del sistema puede funcionar con el voltaje apropiado. Las instalaciones eléctricas tienen seis elementos principales:

-
- La central eléctrica.
 - Los transformadores, que elevan el voltaje de la energía eléctrica generada a las altas tensiones utilizadas en las líneas de transporte.
 - Las líneas de transmisión.
 - Las subestaciones donde la señal baja su voltaje para adecuarse a las líneas de distribución.
 - Las líneas de distribución.
 - Los transformadores que bajan el voltaje al valor utilizado por los consumidores.

Para esta tesis se considera solo las instalaciones residencial, comercial e industrial, cuyos elementos son:

Conductores

Según la norma NOM-001-SEDE-2012 en el artículo 110.5 los conductores normalmente utilizados para transportar corriente deben ser de cobre, a no ser que en esta NOM, se indique otra cosa. Si no se especifica el material del conductor, el material y las secciones transversales que se indiquen en esta NOM se deben aplicar como si fueran conductores de cobre. Si se utilizan otros materiales, los tamaños deben cambiarse conforme a su equivalente en cobre como se señala en el art. 310-15.

Canalizaciones eléctricas

Se entiende por canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que queden protegidos contra deterioro mecánico y contaminación, y que además protejan a las instalaciones contra incendios por arcos eléctricos que se presentan en condiciones de cortocircuito.

Los medios de canalización más comunes en las instalaciones eléctricas son:

- -Tubos conduit.
- -Ductos.
- - Charolas.

Tubos conduit

El tubo conduit es usado para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones. Estos tubos pueden ser de aluminio, acero o aleaciones especiales. Los tubos de

acero a su vez se fabrican en los tipos pesado, semipesado y ligero, distinguiéndose uno de otro por el espesor de la pared.

Por mencionar algunos tubos conduit:

Tubo conduit de acero pesado

Tubo conduit metálico de pared delgada (Thin Wall)

Tubo conduit flexible

Tubo conduit de plástico rígido (PVC)

Mismos que más adelante se describirán.

Alojamiento de conductores en tuberías conduit

Normalmente los conductores en las instalaciones eléctricas se encuentran alojados ya sea en tubos conduit o en otro tipo de canalizaciones. Como se ha mencionado, los conductores se encuentran limitados en su capacidad de conducción de corriente debido al calentamiento, ya que se tienen limitaciones para la disipación del calor y también porque el aislamiento mismo representa limitaciones de tipo térmico.

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento y manipulación durante la instalación. Para obtener la cantidad de aire necesaria para disipar el calor, se debe establecer la relación adecuada entre la sección del tubo y la sección ocupada por los conductores.

Charolas

En el uso de charolas se tienen aplicaciones parecidas a las de los ductos con algunas limitantes propias de los lugares en los que se hace la instalación.

En cuanto a la utilización de charolas se dan las siguientes recomendaciones:

Procurar alinear los conductores de manera que queden siempre en posición relativa en todo el trayecto, especialmente los de grueso calibre.

En el caso de tenerse un gran número de conductores delgados, es conveniente realizar amarres a intervalos de 1.5 a 2 metros aproximadamente, procurando colocar etiquetas de identificación cuando se trate de conductores pertenecientes a varios circuitos. En el caso de conductores de grueso calibre, los amarres pueden hacerse cada 2 ó 3 metros.

En la fijación de conductores que viajan a través de charolas por trayectorias verticales largas es recomendable que los amarres sean hechos con abrazaderas especiales.



Fig. 1.4. Charola

Sistemas de protección

Se utilizan en los sistemas eléctricos de potencia para evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada. Los sistemas de protección deben aislar la parte donde se ha producido la falla, buscando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, minimizar la posibilidad de un incendio, minimizar el peligro para las personas, minimizar el riesgo de daños de equipos eléctricos adyacentes.

Los sistemas de protección de un sistema de potencia se componen generalmente de los siguientes elementos: elementos de medición que permiten saber en qué estado está el sistema. En esta categoría se clasifican los transformadores de corriente y los transformadores de voltaje.

Estos equipos son una interfaz entre el sistema de potencia y los relés de protección. Reducen las señales de intensidad de corriente y tensión, respectivamente, a valores adecuados que pueden ser conectados a las entradas de los relés de protección.

Los relés de protección o relevadores que ordenan disparos automáticos en caso de falla. Son la parte principal del sistema de protección. Contienen la lógica que deben seguir los interruptores. Se comunican con el sistema de potencia por medio de los elementos de medida y ordenan operar a dispositivos tales como interruptores, reconectores u otros.

Los interruptores que hacen la conexión o desconexión de las redes eléctricas. Son gobernados por los relés y operan directamente el sistema de potencia.

Sistema de alimentación del sistema de protecciones se acostumbra alimentar, tanto interruptores como relés con un sistema de alimentación de energía eléctrica independiente del sistema protegido con el fin de garantizar autonomía en la operación. De esta forma los relés e interruptores puedan efectuar su trabajo sin interferir. Es común que estos sistemas sean de tensión continua y estén alimentados por baterías o pilas.

Sistema de comunicaciones es el que permite conocer el estado de interruptores y relés con el fin de poder realizar operaciones y analizar el estado del sistema eléctrico de potencia. Existen varios sistemas de comunicación. Algunos de estos son:

Nivel 0. Sistema de comunicaciones para operación y control en sitio.

Nivel 1. Sistema de comunicaciones para operación y control en cercanías del sitio.

Nivel 2. Sistema de comunicaciones para operación y control desde el centro de control local.

Nivel 3. Sistema de comunicaciones para operación y control desde centros de control nacional.

Tableros de distribución, centros de carga

El origen de los tableros y centros de carga fue como consecuencia de las siguientes necesidades:

- Dividir grandes sistemas eléctricos en varios circuitos para reducir calibres de conductores.
- Tener medios de conexión y de protección para cada circuito eléctrico de un sistema.
- Localizar en un solo lugar los dispositivos mencionados en el punto anterior.

Circuito alimentador: refiriéndonos a tableros y centros de carga, el circuito alimentador o línea de alimentación será aquel circuito que proporcione la energía eléctrica al tablero.

Circuito derivado: se da ese nombre a cada uno de los que alimentan el tablero a través de cada uno de sus interruptores, los cuales también reciben el nombre de derivados.

Fases, hilos y número de polos: cuando a un tablero lo alimenta una línea de corriente o dos, se dice que es de una fase, siendo en estos dos casos absolutamente necesaria la conexión del hilo neutro.

Cuando al tablero llegan las tres líneas de corriente, se dice que es de tres fases.

El número de hilos en el tablero queda definido por la suma de los cables de línea y neutro que lo alimentan. Se tienen las siguientes combinaciones:

- Una fase, tres hilos.
- Tres fases, tres hilos.
- Tres fases, cuatro hilos.

Tipos de montaje

- Empotrado: cuando el tablero va embebido en los muros.
- Sobrepuesto: cuando el tablero se fija sobre el muro.
- Autosoportado: el tablero se fija directamente sobre el piso.

Funciones del tablero

- Dividir un circuito eléctrico en varios circuitos derivados.
- Proveer de un medio de conexión y desconexión manual a cada uno de los circuitos derivados.
- Proteger cada uno de los circuitos contra sobrecorrientes.
- Concentrar en un solo punto todos los interruptores.

Tableros con zapatas principales

La alimentación del tablero se realiza directamente a las barras del bus por medio de zapatas de conexión.

Se debe contar con un medio de protección externo.

Tableros con interruptor principal

La alimentación del tablero se realiza a través de un interruptor termomagnético que forma parte integral de él y le brinda un medio de protección y conexión general.



Fig. 1.5. Tablero de distribución eléctrico

Elementos de transformación (subestación)

Una subestación es un punto dentro del sistema de potencia, en el cual se cambian los niveles de tensión y corriente con el fin de minimizar pérdidas y optimizar la distribución de la potencia por todo el sistema.

Es, además, el centro donde se recibe y reparte la energía producida en las centrales generadoras, maniobrando y controlando su destino final a los diferentes centros de consumo, con determinados requisitos de calidad.

Características de operación de las subestaciones

Características tales como flexibilidad, confiabilidad, seguridad, y modularidad, determinan la forma de una subestación, y se definen de la forma siguiente:

- **Flexibilidad:** es la propiedad de la instalación para acomodarse a las diferentes condiciones que se puedan presentar, bien sea por mantenimiento, por cambios en el sistema o por fallas.
- **Confiabilidad:** se define como la propiedad de que una subestación pueda mantener el suministro de energía, bajo la condición que al menos un componente de la subestación pueda repararse durante la operación.
- **Seguridad:** es la propiedad de una instalación de operar adecuadamente bajo condiciones normales y anormales de manera que se evite el daño en los equipos o riesgo para las personas.
- **Modularidad:** es la facilidad que tiene una subestación para cambiar de configuración cuando sus necesidades o el sistema lo requieran.

Estas características pueden conjugarse en el momento de decidir la configuración de una subestación, dependiendo de la ubicación de esta dentro del sistema de potencia, de acuerdo con su función o por su capacidad. Si la subestación es de una capacidad e importancia tales que su salida del sistema de potencia produzca suspensiones y problemas de racionamiento en todo este, entonces la subestación requiere de un alto grado de seguridad. Si la subestación tiene un gran número de circuitos y ellos pertenecen a diferentes sistemas, dicha subestación requiere de un alto grado de flexibilidad. Si la subestación tiene como objetivo primordial el suministro de energía la necesidad principal de esta subestación es la confiabilidad.

Clasificación de las subestaciones

Las subestaciones pueden clasificarse bajo unos criterios básicos que cubran los tipos existentes dentro de nuestro medio:

-
- Por su función dentro del sistema de potencia.
 - Por su tipo de operación.
 - Por su forma constructiva.

Clasificación de las subestaciones por su función dentro del sistema

1. *Subestación de generación*: es la estación primaria de la energía producida por las plantas generadoras, su objetivo esencial es transformar el voltaje a niveles altos para lograr economía con la reducción de la corriente.
2. *Subestación de transmisión*: su función es interconectar las diferentes líneas de transmisión de 115 KV o 220 KV. Estas generalmente alimentan también barrajes de 34.5 KV y/o 13.2 KV.
3. *Subestación de subtransmisión*: son aquellas que alimentan o interconectan líneas de nivel intermedio de tensión, 44 KV o 34.5 KV, para transporte a distancias moderadas y de cargas no muy altas, con cargas distribuidas a lo largo de la línea.
4. *Subestación de distribución*: su función es reducir la tensión a niveles de distribución 13.2 KV para enviarla a los centros de consumo industrial o residencial, donde los transformadores de distribución instalados a lo largo de los circuitos, se encargan de reducir los niveles a baja tensión (440, 220, 108 V), para alimentar a los usuarios.

Clasificación de las subestaciones por tipo de operación

Subestación de transformación: son estaciones que transforman la tensión dentro del sistema de potencia, a valores adecuados para su transporte o utilización.

De acuerdo a la función de transformación que cumplan en el sistema de potencia se dividen en:

1. *Subestación de transformación*: la tensión de salida es diferente de la de entrada; estas son las que permiten elevar o reducir los niveles de tensión desde los puntos de generación, pasando por los niveles más altos de transmisión, hasta los niveles más bajos de subtransmisión o distribución.
2. *Subestación de maniobra*: su función es unir algunas líneas de transporte con otras de distribución, con el propósito de dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio; el nivel de tensión es uno solo, por lo tanto, no se utilizan transformadores de potencia que eleven o reduzcan el voltaje.

Clasificación de las Subestaciones por su forma constructiva

Por su montaje

Subestaciones interiores: donde sus elementos constitutivos se instalan en el interior de edificios apropiados.

1.3 Tensiones eléctricas

La definición estricta bajo la norma es la siguiente:

110-4. Tensiones eléctricas. A lo largo de esta NOM, las tensiones eléctricas consideradas deben ser aquellas a las que funcionan los circuitos. La tensión eléctrica nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior a la tensión eléctrica real del circuito al que está conectado.

Tensión eléctrica nominal. Es el valor asignado a un sistema, parte de un sistema, un equipo o a cualquier otro elemento y al cual se refieren ciertas características de operación o comportamiento de éstos.

Tensión eléctrica nominal del sistema. Es el valor asignado a un sistema eléctrico. Como ejemplos de tensiones normalizadas, se tienen:

120/240 V; 220Y/127 V; 480Y/277 V; 480 V como valores preferentes

2 400 V como de uso restringido

440 V como valor congelado

NOTA: La tensión eléctrica nominal de un sistema es el valor cercano al nivel de tensión al cual opera normalmente el sistema. Debido a contingencias de operación, el sistema opera a niveles de tensión del orden de $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal del sistema para la cual los componentes del sistema están diseñados (véase la figura 110-4).

Tensión eléctrica nominal de utilización. Es el valor para determinados equipos de utilización del sistema eléctrico. Los valores de tensión eléctrica de utilización son:

En baja tensión: 115/230 V; 208Y/120 V; 460Y/265 y 460 V; como valores preferentes.

Fig. 1.6. Artículo 110-4 NOM-SEDE-001-2005.

Sistema trifásico: significa un generador que da 3 tensiones desfasadas 120 grados. Normalmente en baja tensión se suministra a 4 hilos con secundario del transformador en estrella, en donde existen dos tensiones, que son las tensiones fase-neutro y fase-fase. La tensión FF es 1,732 veces mayor que la de FN, existen sistemas de 120/208, 127/220 V, 133/230 V, 220/380 V, 230/400 V, 240/415 V, 254/440 V, 277/480 V, 400/690 V, aunque en los 3 últimos no suele haber neutro porque están pensados para usos industriales.

Sistema monofásico: consiste en una única tensión alterna suministrada por dos conductores, y representa el circuito más básico para poder alimentar pequeños receptores y alumbrado.

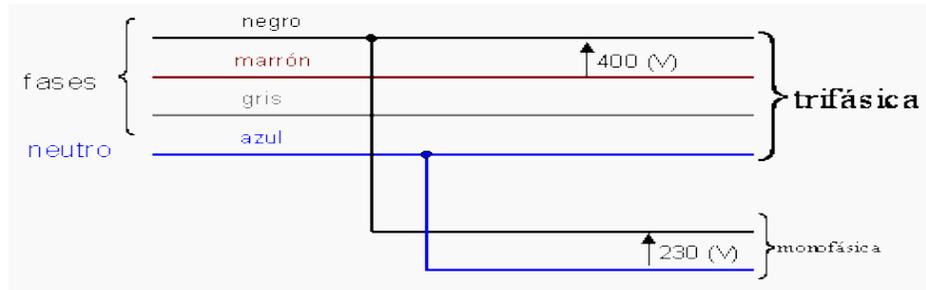
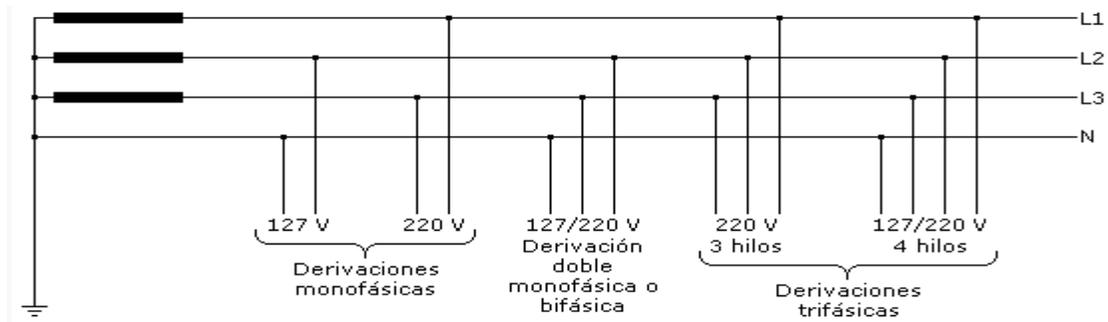


Fig. 1.7. Sistema trifásico y sistema monofásico.

Normalización: Colores de los cables eléctricos en las instalaciones eléctricas.

El voltaje de fase es el voltaje de una línea con respecto al neutro en una conexión estrella aterrizada. Voltaje de línea es la diferencia de voltajes entre las fases de un sistema trifásico

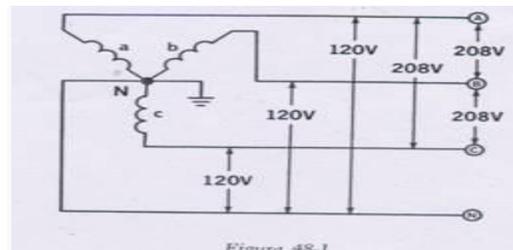


Fig.1.8. Ejemplo de una conexión estrella.

Un sistema trifásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente, valor eficaz) que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas, en torno a 120° , y están dadas en un orden determinado.

Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

Un sistema monofásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y por lo tanto todo el voltaje varía de la misma forma.

Potencia monofásica

Potencia activa

Los diferentes dispositivos eléctricos convierten energía eléctrica en otras formas de energía como: mecánica, lumínica, térmica, química, entre otras.

Esta energía corresponde a la energía útil o potencia activa o simplemente potencia, similar a la consumida por una resistencia. Expresada en watts. Su fórmula es:

De donde:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

P = Potencia de consumo eléctrico, expresada en watt (W)

I = Intensidad de la corriente que fluye por el circuito, en amperes (A)

Cos = Valor del factor de potencia o coseno de "fi"

(En los dispositivos que poseen solamente carga resistiva, el factor de potencia es siempre igual a "1", mientras que en los que poseen carga inductiva ese valor será siempre menor de "1").

Potencia reactiva

Los motores, transformadores y en general todos los dispositivos eléctricos que hacen uso del efecto de un campo electromagnético, requieren potencia activa para efectuar un trabajo útil, mientras que la potencia reactiva es utilizada para la generación del campo magnético, almacenaje de campo eléctrico que en sí, no produce ningún trabajo.

Es la potencia necesaria para crear los campos eléctricos y magnéticos. Es una potencia devuelta al circuito, pero que está presente.

La potencia reactiva esta 90 ° desfasada de la potencia activa. Esta potencia es expresada en volts-amperes reactivos. (VAR)

La fórmula para hallar la potencia reactiva de un circuito eléctrico es la siguiente:

De donde:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Q = Valor de la carga reactiva o inductiva, en volt-ampere reactivo (VAR)

S = Valor de la potencia aparente o total, expresada en volt-amperes (VA)

P = Valor de la potencia activa o resistiva, expresada en watt (W)

Potencia aparente

Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo de la corriente que éste demanda.

Es también la resultante de la suma de los vectores de la potencia activa y la potencia reactiva. Esta potencia es expresada en volts-amperes (VA)

La fórmula matemática para hallar el valor de este tipo de potencia es la siguiente:

De donde:

S = Potencia aparente o total, expresada en volt-ampere (VA)

V = Voltaje de la corriente, expresado en volt

$$S = V \cdot I$$

I = Intensidad de la corriente eléctrica, expresada en ampere (A)

Potencia trifásica

Potencia activa

Es la suma de las potencias activas de los sistemas monofásicos que lo componen.

Si se supone equilibrado, la potencia activa buscada es tres veces la de uno de sus sistemas monofásicos.

En la conexión en estrella, (ver figura 1.9), la potencia activa total del sistema (generación o recepción) será:

$$P = 3U_f I_f \cos \varphi$$

pero como

$$U = \sqrt{3}U_f \quad I = I_f$$

Queda:

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$$

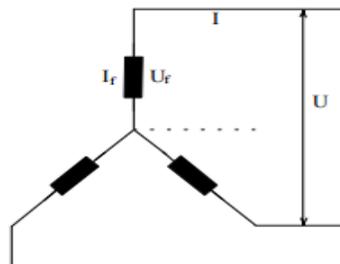


Fig. 1.8. Conexión estrella

Potencia reactiva

Con las mismas relaciones entre tensiones e intensidades compuestas y simples, nos quedará:

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi$$

En la conexión en triángulo, (ver figura 1.10). la potencia activa total del sistema (generación o recepción) será:

$$P = 3U_f I_f \cos \varphi$$

pero como $U = U_f$ $I = \sqrt{3}I_f$

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$$

Igualmente, la potencia reactiva

$$Q = 3U_f I_f \sin \varphi$$

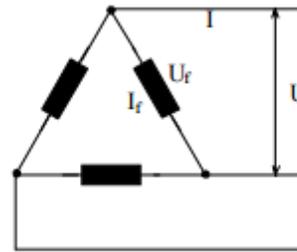


Fig.1.9 – Conexión triángulo (delta)

Teniendo las mismas relaciones entre las tensiones e intensidades compuestas y simples, obtendremos:

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi$$

Hay que tener en cuenta que el ángulo φ es el que forman los vectores \vec{U}_f e \vec{I}_f correspondientes a una misma fase y nunca el que forman la tensión compuesta \vec{U} con la intensidad de línea \vec{I} . Por lo tanto, $\cos \varphi$ es el factor de potencia de cada sistema monofásico o fase.

Potencia aparente

Se define la potencia aparente, al ser el sistema equilibrado:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Tabla 1.1. Formulas de potencia *Monofásica* y *Trifásica*.

Potencias. Monofásico (fase – neutro)		
Potencia activa	Potencia aparente	Potencia reactiva
$P = U \times I \times \cos \varphi$	$S = U \times I$	$Q = U \times I \times \sin \varphi$
$\cos \varphi = \frac{P}{S}$	$\text{tag} \varphi = \frac{Q}{P}$	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$
Potencias. Trifásica (tres fases y neutro)		
Potencia activa	Potencia aparente	Potencia reactiva
$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi$	$S = \sqrt{3} \times U \times I$	$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin \varphi$
$\cos \varphi = \frac{P}{S}$	$\text{tag} \varphi = \frac{Q}{P}$	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$

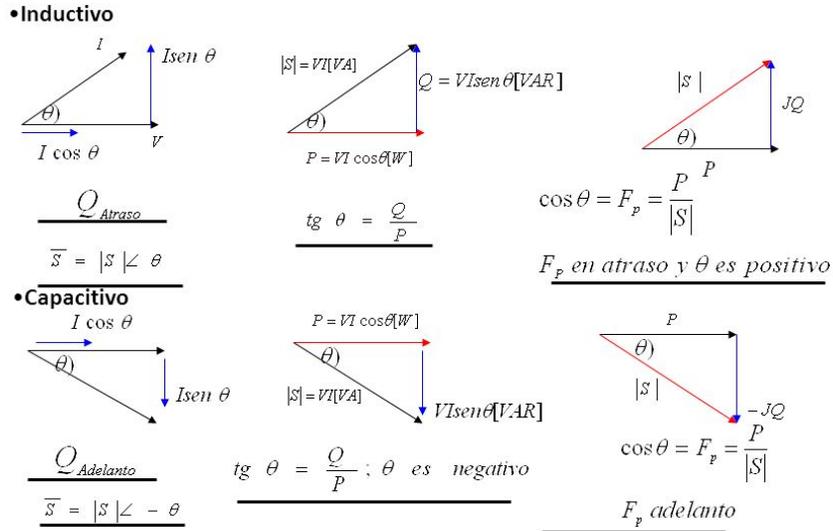


Fig. 1.10. Triángulo de Potencias

Caída de tensión

La caída de tensión es el efecto de pérdida de tensión, y por tanto de potencia, debida a la longitud de una línea, en función de la sección escogida y de la potencia demandada.

A mayor longitud mayor perdida. A menos sección mayor perdida.

Caída de tensión por impedancia

Trifásicos:

$$e\% = \frac{(\sqrt{3})(L)(I)(Z)}{Vff} (100)$$

$$Z = [(R \cos \theta) + (X \sin \theta)]$$

Monofásicos:

$$e\% = \frac{(2)(Z)(I)(L)}{Vff} (100)$$

$$Z = [(R \cos \theta) + (X \sin \theta)]$$

Literales empleadas:

I=Intensidad de corriente en Amperes.

W=Potencia activa en Watts.

VA=Potencia aparente en Watts.

Vf=Tensión entre fases en Volts.

Vn=Tensión al neutro en Volts.

f.p.=Factor de potencia.

e%=Caída de tensión en Volts.

L=Longitud del circuito en Metros.

R=Resistencia del conductor de cobre ohms/km.

X=Reactancia inductiva del conductor de cobre ohms/km.

Caída de tensión por resistencia

Para un sistema de 3 fases – 4 hilos

$$e\% = \frac{(2)(l)(in)(\sqrt{3})}{Vf - f \times st} (\text{resistencia})$$

Para un sistema monofásico 127v-2h

$$e\% = \frac{(4)(L)(I)}{Ef(S)}$$

e%= Caída de tensión en porcentaje

4= Constante del sistema arriba indicado

L= Longitud del circuito derivado o alimentador

I= Corriente demandada por la carga conectada.

Ef= Voltaje de alimentación

S= Sección del conductor del circuito derivado o alimentador.

La NOM-001-SEDE-2012 y la NOM-001-SEDE-2005 establecen en las instalaciones eléctricas que la caída de tensión permitida respectivamente son:

NOTA: Los conductores monofásicos seleccionados para evitar una caída de tensión no mayor que 3% desde la fuente de alimentación hasta el convertidor de fase, pueden contribuir al mejor arranque y funcionamiento de las cargas de motores.

Fig. 1.11. Nota del inciso a) Ampacidad, del artículo 455-6 Conductores, NOM-001-SEDE-2012

NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta el receptáculo más lejano no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento. Para la caída de tensión eléctrica de los conductores de los circuitos alimentadores, véase 215-2.

Fig. 1.12. Nota 4, del artículo 210-19 Conductores, NOM-001-SEDE-2005

1.4 Resistencia, impedancia y reactancia

La Ley de Ohm establece que "la intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo", se puede expresar matemáticamente en la siguiente fórmula o ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde, empleando unidades del Sistema internacional de Medidas, tenemos que:

I = Intensidad en amperios (A)

V = Diferencia de potencial en voltios (V)

R = Resistencia en ohmios (Ω).

Concepto de resistencia (R)

Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones.

Con los 3 elementos bajo la ley de ohm con circunstancias de CD y CA se tiene que:

$$V = R * I$$

La Resistencia es igual:

$$R = \frac{V}{I}$$

Concepto de impedancia (Z)

En los circuitos de corriente alterna (CA) los receptores presentan una oposición a la corriente que no depende únicamente de la resistencia óhmica del mismo, puesto que los efectos de los campos magnéticos variables (bobinas) tienen una influencia importante. En AC, la oposición a la corriente recibe el nombre de impedancia (Z), que obviamente se mide en Ω . La relación entre V, I, Z, se determina mediante la "Ley de Ohm generalizada".

$$I = \frac{V}{Z}$$

Donde:

I: intensidad eficaz en A

V: tensión eficaz en V.

Z: impedancia en Ω .

La impedancia puede calcularse como:

Donde:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Z: impedancia en Ω .

R: resistencia en Ω .

X: reactancia en Ω .

Se puede demostrar que los tres componentes (R, X, Z) se relacionan mediante un triángulo rectángulo.

Aplicando el Teorema de Pitágoras o relaciones trigonométricas, se pueden obtener muchas más fórmulas que relacionen R, X y Z.

$$\text{coseno} \rightarrow \cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$$\text{seno} \rightarrow \text{sen} \varphi = \frac{X}{Z}$$

$$\text{tangente} \rightarrow \text{tg} \varphi = \frac{X}{R}$$

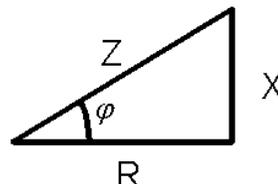


Fig. 1.13. Triángulo de impedancias

Cuando en un mismo circuito se tienen elementos combinados (resistencias, condensadores y bobinas) y por ellas circula corriente alterna, la oposición de este conjunto de elementos al paso de la corriente alterna se llama: impedancia.

Concepto de reactancia (X)

Es la oposición ofrecida al paso de la corriente alterna por inductores (bobinas) y condensadores, se mide en Ohmios. Junto a la resistencia eléctrica determinan la impedancia total de un componente o circuito, de tal forma que la reactancia (X) es la parte imaginaria de la impedancia (Z) y la resistencia (R) es la parte real, según la igualdad:

$$Z = R + jX$$

1.5 Factor de potencia

Factor de potencia arriba de 0.9 o ideal

El factor de potencia se define como el cociente de la relación de la potencia activa entre la potencia aparente; esto es:

$$f.d.p = \frac{P}{S}$$

El factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

La potencia *efectiva* o *real* es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo: es la *potencia activa* P

La potencia reactiva Q es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores

La potencia aparente S es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva.

Gráficamente estas tres expresiones están relacionadas mediante el "triángulo de potencias":

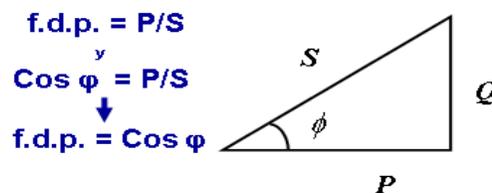


Fig. 1.14. Triángulo de potencias y su relación con el factor de potencia.

Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia puede ser: adelantado, retrasado, igual a 1.

En las cargas resistivas como las lámparas incandescentes, la tensión y la corriente están en fase en este caso, se tiene un factor de potencia unitario.

En las cargas inductivas como los motores y transformadores, la intensidad se encuentra retrasada respecto a la tensión. En este caso se tiene un factor de potencia retrasado.

En las cargas capacitivas como los condensadores, la corriente se encuentra adelantada respecto al voltaje. En este caso se tiene un factor de potencia adelantado.

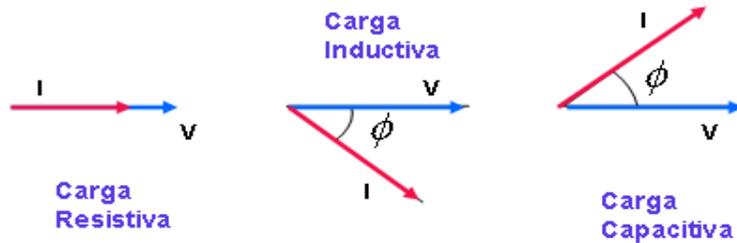


Fig. 1.15. Factor de potencia dependiendo el tipo de carga.

1.6 Normas de las instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2012

Una instalación eléctrica normalizada en México está construida bajo la NOM-001-SEDE-2012 y NOM-001-SEDE-2005. Para el cálculo de una carga se consideran los siguientes elementos:

Factor de demanda

El Factor de demanda es la relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o la parte del sistema considerado.

En la NOM-001-SEDE-2012 están establecidos en los artículos y las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 1.2. Factores de demanda de cargas de alumbrado (Tabla 220-11 y su respectivo artículo, NOM-001-SEDE-2012)

220-11. Alumbrado general. Los factores de demanda de la Tabla 220-11 deben aplicarse a la parte de la carga total calculada para el alumbrado general. No deben aplicarse en el cálculo del número de circuitos derivados para alumbrado general.

NOTA: Para la aplicación de factores de demanda a circuitos de pequeños aparatos electrodomésticos y lavanderías en viviendas, véase 220-16.

TABLA 220-11.- Factores de demanda de cargas de alumbrado

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 1 00000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos	100
	De 3 001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Total VA	100

* Los factores de demanda de esta Tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

Tabla 1.3. Factores de demanda para cargas de receptáculos que no son unidades de vivienda. (Tabla 220-13 y su respectivo artículo, NOM-001-SEDE-2012)

220-13. Cargas para receptáculos en inmuebles que no sean de vivienda. En inmuebles que no sean de vivienda, se permite añadir a las cargas de alumbrado cargas para receptáculos de no más de 180 VA por salida, según 220-3(c)(7), sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-11 o también sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-13.

TABLA 220-13.- Factores de demanda para cargas de receptáculos que no son unidades de vivienda

Parte de la carga de receptáculos a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda (%)
Primeros 10 kVA o menos	100
A partir de 10 kVA	50

Tabla. 1.4. Factores de demanda de cargas de alumbrado. (Tabla 220-42 NOM-001-SEDE-2012)

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los apartamentos sin cocina para los inquilinos*	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 1 00000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Voltamperes totales	100

* Los factores de demanda de esta Tabla no se deben aplicar a la carga calculada de los alimentadores que dan suministro a las zonas

220-44. Cargas para contactos en inmuebles que no sean de vivienda. En inmuebles que no sean de vivienda, se permite que las cargas para contactos sean calculadas de acuerdo con 220-14(h) e (i), sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-42 o la Tabla 220-44.

Fig. 1.16. Artículo 220-44 NOM-001-SEDE-2012.

Tabla 1.5. Factores de demanda para cargas de contactos en inmuebles que no son unidades de vivienda. (Tabla 220-44 NOM-001-SEDE12012)

Parte de la carga de contactos a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Primeros 10 kVA o menos	100
A partir de 10 kVA	50

En el Artículo 220-53 dice que: Carga para aparatos en unidades de vivienda. En viviendas unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares se permite aplicar un factor de demanda del 75 por ciento a la capacidad nominal indicada en la placa de datos, de cuatro o más aparatos fijos conectados al mismo alimentador, que no sean estufas eléctricas, secadoras de ropa, equipo de calefacción eléctrica o de aire acondicionado.

Factor de utilización

675-7. Valores equivalentes de corriente eléctrica. Cuando la operación de la máquina no sea intermitente se debe utilizar lo expuesto en el Artículo 430 para determinar los valores de los paneles de control, medios de desconexión y conductores. Cuando la máquina de riego tiene una operación intermitente, se deben hacer las siguientes consideraciones para determinar los valores equivalentes de corriente eléctrica.

- Valor de corriente eléctrica en operación continua.** El valor equivalente de corriente eléctrica en operación continua para la selección de los conductores en circuitos derivados y protección contra sobrecorriente, debe ser de 125% de la corriente eléctrica a plena carga del motor de mayor capacidad, más la suma de las corrientes de plena carga de todos los motores que integran la máquina, multiplicados por el factor de utilización en por ciento del ciclo continuo al que pueden operar.
- Corriente eléctrica de rotor bloqueado.** La corriente eléctrica equivalente a rotor bloqueado debe ser igual a la suma de las corrientes a rotor bloqueado de los dos motores de mayor capacidad, más 100% de la suma de las corrientes de placa a plena carga de todos los motores restantes del circuito.

Fig. 1.17. Artículo 675-7 NOM-001-SEDE-2015

Capacidades (impedancia de calibres)

Tabla 1.6. Impedancias de calibres de los conductores del proyecto.

Impedancia de 1 Conductor por fase											
Calculado Cu		Cable de Cobre Ohm/km		JEC Cap. 9, Tabla 9, fp = 0.8		Cable de Cobre Ohm/km		Cable de Cobre Ohm/km			
WZ, en PVC	WZ, en Conduit	R @ 75° C	R @ 23.4° C	X _L en PVC	X _L en Conduit	Z _c en PVC	Z _c en Conduit	WZ, en PVC	WZ, en Conduit	mm ²	Cal. Nom.
0.0000	0.0000	6.7300	5.6083	0.17717	0.22310	5.1247	5.1447	0.1951	0.1944	3.307	12 AWG
0.1951	0.1944	4.2300	3.5250	0.17388	0.20669	3.2483	3.2626	0.3079	0.3065	5.26	10 AWG
0.3079	0.3065	2.6500	2.2083	0.17060	0.21325	2.0619	2.0805	0.4850	0.4807	8.367	8 AWG
0.4850	0.4807	1.6700	1.3917	0.16732	0.20997	1.3254	1.3440	0.7545	0.7440	13.3	6 AWG
0.7545	0.7440	1.0500	0.8750	0.15748	0.19685	0.8561	0.8733	1.1680	1.1451	21.15	4 AWG
1.1680	1.1451	0.6590	0.5492	0.14764	0.18701	0.5586	0.5758	1.7902	1.7368	33.6	2 AWG
1.7902	1.7368	0.5250	0.4375	0.15092	0.18701	0.4595	0.4753	2.1761	2.1041	42.41	1 AWG
2.1761	2.1041	0.4170	0.3475	0.14436	0.18045	0.3757	0.3914	2.6619	2.5549	53.48	1/0 AWG
2.6619	2.5549	0.3310	0.2758	0.14108	0.17717	0.3097	0.3255	3.2285	3.0724	67.43	2/0 AWG
3.2285	3.0724	0.2610	0.2175	0.13780	0.17060	0.2558	0.2701	3.9091	3.7021	85.01	3/0 AWG
3.9091	3.7021	0.2050	0.1708	0.13451	0.17060	0.2124	0.2281	4.7085	4.3838	107.2	4/0 AWG
4.7085	4.3838	0.1760	0.1467	0.13451	0.17060	0.1906	0.2064	5.2457	4.8458	126.67	250 kCM
5.2457	4.8458	0.1460	0.1217	0.13451	0.16732	0.1681	0.1824	5.9477	5.4814	152.01	300 kCM
5.9477	5.4814	0.1250	0.1042	0.13123	0.16404	0.1510	0.1653	6.6246	6.0513	177.34	350 kCM
6.6246	6.0513	0.1090	0.0908	0.13123	0.16076	0.1390	0.1518	7.1967	6.5866	202.68	400 kCM
7.1967	6.5866	0.0869	0.0724	0.12795	0.15748	0.1209	0.1338	8.2680	7.4728	253.35	500 kCM
8.2680	7.4728	0.0731	0.0609	0.12795	0.15748	0.1106	0.1235	9.0417	8.0992	304.02	600 kCM
9.0417	8.0992	0.0620	0.0517	0.12467	0.15748	0.1008	0.1151	9.9164	8.6848	354.69	700 kCM
9.9164	8.6848	0.0577	0.0481	0.12467	0.15748	0.0976	0.1119	10.2440	8.9350	380.03	750 kCM
10.2440	8.9350	0.0544	0.0453	0.12467	0.15092	0.0951	0.1066	10.5105	9.3823	405.37	800 kCM
10.5105	9.3823	0.0482	0.0402	0.12139	0.15092	0.0891	0.1019	11.2280	9.8103	456.04	900 kCM
11.2280	9.8103	0.0433	0.0361	0.12139	0.15092	0.0854	0.0983	11.7112	10.1772	506.71	1000 kCM
11.7112	10.1772	0.0348	0.0290	0.12139	0.15092	0.0790	0.0919	12.6561	10.8833	633.39	1250 kCM
12.6561	10.8833	0.0289	0.0241	0.11811	0.15092	0.0732	0.0875	13.6690	11.4339	760.07	1500 kCM
13.6690	11.4339	0.0248	0.0207	0.11811	0.14764	0.0701	0.0830	14.2688	12.0549	886.74	1750 kCM
14.2688	12.0549	0.0217	0.0181	0.11483	0.14764	0.0663	0.0806	15.0766	12.4025	1013.42	2000 kCM
15.0766	12.4025										Otra opción

Tabla 1.6.1 Continuación de Impedancias de calibres de los conductores del proyecto

	Medidas del Conductor		Cable de Cobre Ohm/km		Conductores por fases
	Cal. Nom.	mm ²	1/2, en PVC	1/2, en Condu	
	12 AWG	3.307	0.1951	0.1944	1
	10 AWG	5.26	0.3079	0.3065	1
	8 AWG	8.367	0.4850	0.4807	1
	6 AWG	13.3	0.7545	0.7440	1
	4 AWG	21.15	1.1680	1.1451	1
	2 AWG	33.6	1.7902	1.7368	1
	1 AWG	42.41	2.1761	2.1041	1
0	1/0 AWG	53.48	2.6619	2.5549	1
53.48	2/0 AWG	67.43	3.2285	3.0724	1
67.43	3/0 AWG	85.01	3.9091	3.7021	1
85.01	4/0 AWG	107.2	4.7085	4.3838	1
107.2	250 kCM	126.67	5.2457	4.8458	1
126.67	300 kCM	152.01	5.9477	5.4814	1
152.01	350 kCM	177.34	6.6246	6.0513	1
177.34	400 kCM	202.68	7.1967	6.5866	1
202.68	500 kCM	253.35	8.2680	7.4728	1
253.35	600 kCM	304.02	9.0417	8.0992	1
304.02	700 kCM	354.69	9.9164	8.6848	1
354.69	750 kCM	380.03	10.2440	8.9350	1
380.03	800 kCM	405.37	10.5105	9.3823	1
405.37	900 kCM	456.04	11.2280	9.8103	1
456.04	1000 kCM	506.71	11.7112	10.1772	1
506.71	1250 kCM	633.39	12.6561	10.8833	1
633.39	1500 kCM	760.07	13.6690	11.4339	1
760.07	1750 kCM	886.74	14.2688	12.0549	1
886.74	2000 kCM	1013.42	15.0766	12.4025	1
1013.42	Otra opción				

CAPÍTULO 2. SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Definición por la norma

La norma NOM-001-SEDE-2012 en el artículo 110-5 lo define como:

110-5. Conductores. Los conductores normalmente utilizados para transportar corriente deben ser de cobre, a no ser que en esta NOM, se indique otra cosa. Si no se especifica el material del conductor, el material y las secciones transversales que se indiquen en esta NOM se deben aplicar como si fueran conductores de cobre. Si se utilizan otros materiales, los tamaños deben cambiarse conforme a su equivalente en cobre como se señala en 310-15.

2.1 Parámetros que influyen en la selección de un conductor

Una mala selección en el calibre del conductor produce efectos dañinos y funcionamiento irregular en los equipos eléctricos, genera pérdida de energía en el conductor y disminuye su vida esperada.

Un mal dimensionamiento de conductores eléctricos puede ocasionar los siguientes problemas:

- Variaciones de voltaje
- Cortes de suministro
- Pérdida de energía
- Corto circuito
- Sobrecalentamiento de líneas
- Riesgo de Incendio

Los principales factores que se deben considerar al calcular el calibre mínimo para un conductor de baja tensión son:

Que la sección del conductor pueda transportar la corriente necesaria.

Que la temperatura de operación del conductor no dañe su aislamiento.

Que la caída de tensión este dentro de los parámetros de funcionamiento del equipo eléctrico (norma eléctrica).

Es vital considerar los tres aspectos a la vez, porque en caso contrario se podrían ocasionar los siguientes problemas si la sección de cobre es menor a la requerida:

El conductor tendrá mayor resistencia eléctrica, aumentando las pérdidas de energía.

El conductor tendrá mayor temperatura de operación, aumentando la resistencia eléctrica y deteriorando el aislamiento.

La caída de tensión en la línea será mayor a la permitida, lo cual puede afectar la operación en el punto de carga y dañar los equipos.

Es normal que la corriente eléctrica provoque calentamiento en los conductores (Efecto Joule), pero un exceso en la temperatura originado por un conductor subdimensionado puede originar efectos negativos en su aislamiento:

- Disminución de la resistencia de aislamiento
- Disminución de la resistencia mecánica
- Disminución de su vida media esperada
- Resquebrajamiento del aislante

El servicio que ofrece la energía eléctrica y la seguridad dependen, entre otros aspectos, de la calidad e integridad de los aislamientos de los conductores.

Si no se protege el aislamiento:

- El aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura, aumentando el riesgo de fugas de corriente y cortocircuitos.
- Disminuirá la vida útil del conductor.
- Si no se cuida que la caída de tensión sea correcta:
- El circuito y los conductores trabajarán fuera de norma.
- Pueden dañarse los equipos alimentados, o no dar el servicio requerido.

El correcto dimensionamiento de los conductores eléctricos tiene importancia vital en la operación eficiente y segura de una Instalación Eléctrica. Por tal motivo es primordial que se considere estos aspectos al momento de diseñar la instalación eléctrica.

Tipo de conductor

Sólido

Alambre desnudo: este es un solo alambre sólido de cobre sin recubrimiento. Por lo general se utiliza para la conexión a tierra pero es poco común.

Alambre aislado: mismo alambre sólido de cobre que el anterior pero cubierto con un aislamiento plástico para evitar que entre en contacto con algún otro alambre, objeto metálico o persona. Es mucho más común que el desnudo y se utiliza para el alambrado de casas y oficinas.

Alambre

Cable flexible: es el conductor con mayor presencia en el mercado ferretero. El cable está hecho de varios alambres delgados cubiertos por un aislamiento plástico. A diferencia de los conductores anteriores, el tener varios alambres más delgados en lugar de un solo alambre grueso permite que los cables sean más flexibles.

Cable

Cordón: consiste de dos o más cables o alambres aislados y envueltos juntos, a veces en una segunda capa de plástico. El ejemplo más común es el cordón dúplex que consiste de dos cables unidos y que se usa para fabricar extensiones o para la alimentación de aparatos eléctricos. Otro ejemplo es el cordón de uso rudo que trae, dentro de un aislamiento plástico, tres cables aislados.

Tipo de aislamiento

Aisladores

Un aislador es un material que no conduce electricidad bajo condiciones normales. Muchos compuestos no metálicos son aisladores. La principal característica de los aisladores es que tienen muy pocos o carecen de electrones libres bajo condiciones normales. Sin electrones libres no puede haber flujo de electrones.

Todos los electrones de un aislador están unidos a sus átomos mediante fuerzas de gran magnitud. Los aisladores tienen pocos o ningún electrón libre. La ausencia de electrones libres impide que se genere una corriente de electrones en un material aislante.

Son materiales aisladores: mica, porcelana, cerámica, vidrio, plástico, hule, papel seco, baquelita, seda.

No todos los aisladores son iguales en sus cualidades aislantes. Los mejores aisladores no tienen electrones libres. Los aisladores no tan perfectos contienen pocos electrones libres, con los que es posible generar una corriente eléctrica muy pequeña. La porcelana es uno de los mejores aisladores usados actualmente; se usa sin excepción para aislar las líneas de transmisión de alto voltaje y no pierde sus cualidades aislantes a pesar de los altos voltajes usados en tales líneas (100 a 400 kV): como consecuencia, la corriente sigue fluyendo a través de los cables.

Ya que los plásticos son suaves y flexibles frecuentemente, además de excelentes aisladores, se usan como aislamientos o cubiertas de los conductores eléctricos. A mayor espesor, más efectivo es el aislamiento.

El aislante es el material que separa el alma conductora del exterior. Si los cables no tuvieran aislante sería muy difícil la distribución de los circuitos en las instalaciones eléctricas. Esto permite que en la instalación no se energicen la carcasa de los equipos, canalizaciones metálicas, evitar

cortocircuitos, así como la electrocución de las personas. Por lo que se puede notar que sin un buen aislante, la instalación no estaría muy segura.

El material aislante más usado para la fabricación de conductores eléctricos son los polímeros termoplásticos y de hule. Un termoplástico es un tipo de plástico que cambia sus propiedades cuando se calienta y se enfría. Los termoplásticos se ablandan cuando se les aplica calor y tienen un acabado liso y duro cuando se enfrían. Algunos termoplásticos son el polietileno (PE) y el policloruro de vinilo (PVC).

Tabla. 2.1 Conductores-aislamientos y usos (Tabla 310-13 NOM-001-SEDE-2005).

Nombre genérico	Tipo	Temp. máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño o Designación		Espesor nominal de aislamiento mm		Cubierta exterior ⁽¹⁾
					mm ²	AWG o kcmil			
Etileno Propileno Fluorado	FEP o	90	Lugares secos o húmedos	Etileno Propileno Fluorado	2,08 -5,26	14 – 10	0,51		Ninguna
					8,37-33,6	8 - 2	0,76		Ninguna
	FEPB	200	Lugares secos aplicaciones especiales ⁽²⁾	Etileno Propileno Fluorado	2,08-8,37	14 – 8	0,36		Malla de fibra de vidrio
					13,3-33,6	6 – 2	0,36		Malla de material adecuado
Aislamiento Mineral (con cubierta metálica)	MI	90 200	Lugares secos o húmedos Lugares secos Aplicaciones especiales ⁽²⁾	Oxido de magnesio	0,824- 1,31 ⁽³⁾	18 –16 ⁽³⁾	0,58		Cobre o aleación de acero
					1,31 - 5,26	16 – 10	0,91		
					6,63 - 21,2	9 – 4	1,27		
					26,7 - 253	3 – 500	1,40		
Termoplástico o resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	MTW	60	Alambrado de máquinas herramienta en lugares mojados (véase Art. 670)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propagación de la flama	0,325 - 3,31	22 -12	(A) 0,76	(B) 0,38	(A) Ninguna (B) Cubierta de nylon o equivalente
					5,26	10	0,76	0,51	
					8,37	8	1,14	0,76	
					13,3	6	1,52	0,76	
					21,2 -33,6	4,2	1,52	1,02	
		90	Alambrado de máquinas herramienta en lugares secos (véase el Artículo 670)		42,4 -107	1-4/0	2,03	1,27	
					127 -253	250 -500	2,41	1,52	
					304 -507	600 -1 000	2,79	1,78	
Perfluoroalcoxi	PFAH	250	Sólo para lugares secos. Sólo para cables dentro de canalizaciones conectadas a artefactos (sólo de níquel o de cobre recubierto de níquel)	Perfluoroalcoxi	2,08 – 5,26	14 – 10	0,51		Ninguno
					8,37 – 33,6	8 – 2	0,76		
					42,4 - 107	1 – 4/0	1,14		

Tabla. 2.1.1 Continuación de conductores-aislamientos y usos (Tabla 310-13 NOM-001-SEDE-2005).

Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHH	90	Lugares secos o húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y a la flama	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507 557 -1010	14 -10 8 -2 1 - 4/0 250 -500 600 -1 000 1100-2000	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 3,18	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. (1)
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHW (5)	75	Lugares secos o mojados	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor, a la humedad y a la flama	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4 -107 127 -253 304 -507 557 -1010	14 -10 8 -2 1-4/0 250 -500 600-1 000 1100-2000	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 3,18	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propagación de la flama. (1)
Silicón-FV	SF	150	Lugares secos y húmedos	Hule Silicón	2,08 -5,26 8,37 -33,6 42,4 -107	14 -10 8 -2 1 - 4/0	0,76 1,52 2,03	Malla de fibra de vidrio o material equivalente
		200	En aplicaciones donde existan condiciones de alta temperatura ⁽²⁾					
Polímero sintético resistente al calor	SIS	90	Alambrado de tableros de distribución	Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor	2,08 -5,26 8,37	14 -10 8	0,76 1,14	Ninguna
Termoplástico para tableros	TT	75	Alambrado de tableros de distribución	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio y de emisión reducida de humos y gas	0,519 -3,31	20 -12	0,76	Ninguna

Tabla. 2.1.1 Continuación de conductores-aislamientos y usos (Tabla 310-13 NOM-001-SEDE-2005).

Politetrafluoroetileno extendido	TFE	250	Sólo lugares secos. Sólo para cables dentro de artefactos o dentro de canalizaciones conectadas a artefactos, o como alambreado a la vista (sólo de níquel o cobre recubierto de níquel)	Politetrafluoroetileno extruido	2,08-5,26 8,37-33,6 42,4-107	14-10 8-2 1-4/0	0,51 0,76 1,14	Ninguno
Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	TW	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	2,08-5,26 8,37 13,3-33,6	14-10 8 6-2	0,76 1,14 1,52	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	THW (5)	75 90	Lugares secos y mojados Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase Artículo 410-31	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	2,08-5,26 8,37 13,3-33,6 42,4-107 127-253 304-507	14-10 8 6-2 1-4/0 250-500 600-1 000	0,76 1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THW _{LS} ⁽⁴⁾	75 90	Lugares secos y mojados. Para la alimentación de equipos de iluminación por descarga eléctrica véase Artículo 410-31	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2,08-5,26 8,37 13,3-33,6 42,4-107 127-253 304-507	14-10 8 6-2 1-4/0 250-500 600-1 000	0,76 1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	Ninguna
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	THWN	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	2,08-3,31 5,26 8,37-13,3 21,2-33,6 42,4-107 127-253 304-507	14-12 10 8-6 4-2 1-4/0 250-600 600-1 000	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52 1,78	Cubierta de nylon o equivalente
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	THHN	90	Lugares secos	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	2,08-3,31 5,26 8,37-13,3 21,2-33,6 42,4-107 127-253	14-12 10 8-6 4-2 1-4/0 250-500	0,38 0,51 0,76 1,02 1,27 1,52	Cubierta de nylon o equivalente

Tabla. 2.1.2 Continuación de conductores-aislamientos y usos (Tabla 310-13 NOM-001-SEDE-2005).

Cable plano para acometida aérea y sistemas fotovoltaicos	TWD-UV	60	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Véase el Artículo 338. Sistemas fotovoltaicos. Véase el Artículo 690.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la intemperie y a la propagación de incendio.	304-507 3,31-5,26 8,37-13,3	600-1 000 12-10 8-6	1,78 1,20 1,58	Ninguna
Cable monoconductor para acometida subterránea	BTC	90	Lugares secos y mojados Acometida subterránea. Véase el artículo 338	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	15-35		1,60	Ninguna
Cable monoconductor y multiconductor para acometida subterránea	DRS	90	Lugares secos y mojados Entrada de acometida subterránea. Véase Art. 338	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	21,2-33,6 53,5-107 177	4-2 1/0-4/0 350	1,58 1,98 2,39	Ninguna
Cable para acometida aérea	CCE	60	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Véase el artículo 338	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	3,31-8,36 13,3-21,2	12-8 6-4	1,2 1,6	Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie
Cable para acometida aérea	BM-AL	75	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Véase Art. 338 o distribución aérea en baja tensión	Termo-plástico resistente a la humedad y a la intemperie	5,26-33,6	10-2	1,14	Ninguna
Cable para acometida subterránea un solo conductor	USE(5)	75	Ver artículo 338	Resistente al calor y la humedad	2,08-5,26 8,37-33,6 42,4-107 108-253 279-507	14-10 8-2 1-4/0 213-500 550-1 000	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	Cubierta no metálica resistente a la humedad
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHHW (4X5)	90	Lugares secos y húmedos	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	2,08-5,26 8,37-33,6 42,4-107 127-253	14-10 8-2 1-4/0 250-500	0,76 1,14 1,4 1,65	Ninguna
		75	Lugares mojados		304-507	600-1 000	2,03	
Tetrafluoroetileno modificado con etileno	Z	90	Lugares secos y mojados	Tetrafluoroetileno modificado con etileno	2,08-3,31 5,26 8,37-21,2 33,7-42,4 53,5-107	14-12 10 8-4 2-1 1/0-4/0	0,38 0,51 0,64 0,89 1,14	Ninguno
		150	Lugares secos, aplicaciones especiales ⁽²⁾					

Temperatura

Es la temperatura que soporta el aislamiento para la cual fue diseñada.

La temperatura del metal. A una temperatura normal, la energía calorífica presente en todas las sustancias origina una suave vibración o agitación de sus átomos, sin que estos pierdan su posición en el cristal de metal. Si se aumenta la temperatura, los átomos se agitan más y habrá mayor número de choques entre los electrones que fluyen y los átomos. La resistencia aumenta con la temperatura en los metales.

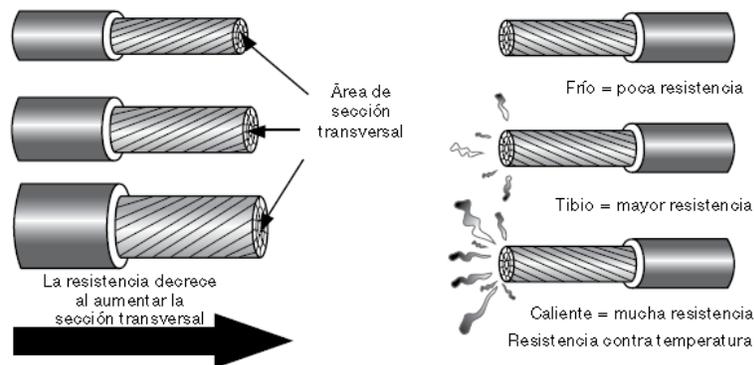


Fig. 2.1. Temperatura del metal

Medida de la resistencia

La resistencia siempre causa una pérdida de energía en los electrones (que es convertida en calor). Asimismo, la energía transportada por los electrones depende de la FEM o voltaje que actúa sobre ellos. Considerando estas dos proposiciones, llegamos a una conclusión: si los electrones pierden energía al fluir en contra de una resistencia, entonces esta pérdida de energía implica una pérdida de FEM o voltaje debido a la resistencia. Los técnicos se refieren a esta pérdida de energía o voltaje como caída de voltaje a través de una resistencia. La pequeña pérdida de voltaje a lo largo de cada resistencia se suma para dar la pérdida total de voltaje a través de toda la resistencia.

La energía perdida y la pérdida de voltaje resultante son usadas para definir la unidad de resistencia: una unidad de resistencia es la cantidad de resistencia que causa una caída de voltaje de 1 voltio a una corriente de 1 amperio. La unidad de resistencia es el ohm u ohmio, llamado así para honrar a Georg S. Ohm, científico alemán del siglo XIX. El ohmio es igual a la unidad de resistencia que causa una caída de voltaje de 1 voltio a una corriente constante de 1 amperio.

Resistencia de un conductor eléctrico

La resistencia a la corriente directa o continua de un conductor eléctrico, formado por un alambre de cualquier metal, esta expresada por la fórmula:

$$R_{\infty} = \rho \frac{L}{A} \quad [\text{ohms}]$$

En donde:

L = longitud del conductor

A = área de la sección transversal del conductor

ρ = resistividad volumétrica del material del conductor en unidades compatibles con L y A.

Los valores de la resistividad en volumen, para el cobre, que ha normalizado la International Annealed Copper Standards (IACS) a 20 °C y 100% de conductividad son:

10,371 ohm-cmil/pie

17,241 ohm-mm²/km

Los valores para el aluminio en volumen con 61% de conductividad a 20 °C, según la IACS, son:

17,002 ohm-cmil/pie

28,280 ohm-mm²/km

Efecto de cableado. Cuando se trata de conductores cableados, su resistencia es igual a la resistencia de cada uno de los alambres dividida entre el número de ellos.

$$R_{\infty} = \frac{R'}{n} = \frac{\rho}{n} \times \frac{L}{A'}$$

En donde:

R' y A' son la resistencia y el área de la sección transversal de cada alambre, respectivamente. Sin embargo, esta fórmula sería válida solo si todos los alambres tuviesen la misma longitud. Como en realidad esto no es exacto, ya que los alambres de las capas superiores tienen una longitud mayor, el incremento de la resistencia por efecto de cableado, para fines prácticos, se puede suponer:

$$R_{\infty} = \rho \frac{L}{A} (1+k_c)$$

En donde:

k_c es el factor de cableado, y los valores correspondientes para diversos tipos de cuerdas se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 2.2. Factor de cableado

Tipo de cableado	k_c
Redondo normal	0,020
Redondo compacto	0,020
Sectorial	0,015

Efecto de la temperatura en la resistencia

Dentro de los límites de operación de los conductores eléctricos, los únicos cambios apreciables en los materiales usados son los incrementos en la resistencia y la longitud que estos sufren, en virtud de cambios de su temperatura. El más importante, en cables aislados, es el cambio en el valor de su temperatura.

Si efectuáramos mediciones de la resistencia en un conductor, a distintas temperaturas, y situáramos los valores obtenidos en una gráfica, obtendríamos la curva siguiente:

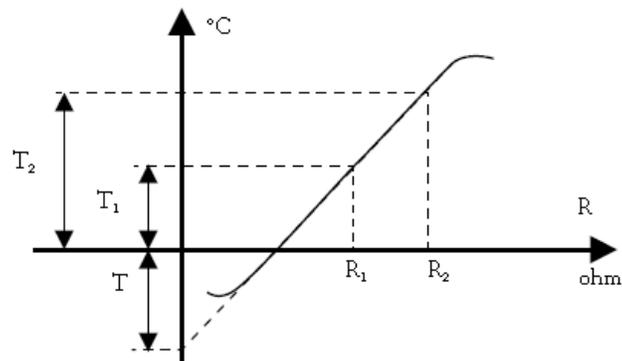


Fig. 2.2. Variación de la resistencia de un conductor eléctrico metálico con la temperatura

La resistencia (R₂), a una temperatura cualquiera T₂, en función de la resistencia (R₁), a una temperatura T₁ distinta de cero, estaría dada por:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

α = Coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura.

En donde:

α se denomina coeficiente de corrección por temperatura y sus dimensiones son el recíproco de grados centígrados.

$\alpha = 1/234,5 = 0,00427$, a 0 °C para el cobre recocido

$\alpha = 1/228 = 0,00439$, a 0 °C para el aluminio

$\alpha = 1/228,1 = 0,00438$ (aluminio duro estirado)

Número de hilos

Tabla 2.3. Número de hilos de los cables (tabla 10 NOM-001-SEDE-2005)

Tabla 10.- Número de hilos de los cables

Tamaño del conductor		Número de hilos		
		Cobre		Aluminio
mm ²	AWG o kcmil	Clase B	Clase C	Clase B
0.20-0.05	24-30	*	-	-
0.32	22	7	-	-
0.52	20	10	-	-
0.82	18	16	-	-
1.3	16	26	-	-
2.1-33.6	14-2	7	19	7 ^b
42.4-107	1-4/0	19	37	19
127-253	250-500	37	61	37
304-508	600-1000	61	91	61
635-759	1250-1500	91	127	91
886-1016	1750-2000	127	271	127

* El número de hilos varía

^b No está disponible el tamaño 14 AWG (2.1 mm) en aluminio

Tipo de material

Los materiales más usados como conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas (la conductividad del aluminio es aproximadamente el 60% de la del cobre y su esfuerzo de tensión a la ruptura, el 40%). Las

características de bajo peso del aluminio han dado lugar a un amplio uso de este metal en la fabricación de los cables aislados y desnudos.

En la siguiente tabla se muestran en forma general las propiedades de los conductores de cobre suave y de aluminio 3/4 de duro.

Tabla 2.4. Propiedades de los conductores, cobre suave y aluminio

Características	Cobre suave	Aluminio ¾ duro
Grado de pureza, %	> 99,9	> 99,5
Resistividad a 20 °C, ohm-mm ² /m	17,241 x 10 ³	28,264 x 10 ³
Coefficiente de variación de la resistividad eléctrica a 20 °C, por cada 20 °C	3,9 x 10 ⁻³	4,03 x 10 ⁻³
Densidad a 20 °C, g/cm ³	8,89	2,70
Coefficiente de dilatación lineal a 20 °C, por cada 20 °C	17 x 10 ⁻⁶	23 x 10 ⁻⁶
Carga de ruptura, MPa	230 a 250	120 a 150
Alargamiento a la ruptura, %	20 a 40	4 a 1
Temperatura de fusión, °C	1 080	660

¿Por qué el cobre es el metal que se prefiere en la elaboración de conductores eléctricos?

Hay muchas razones técnicas que respaldan el uso del cobre como material para los conductores eléctricos, pero la principal es la confiabilidad probada que éste posee.

Las razones de éxito que ha tenido el cobre se basan en su conductividad eléctrica y sus propiedades mecánicas, puesto que su capacidad de conducción de corriente lo convierte en el más eficiente conductor eléctrico, en términos económicos.

Podemos asegurar que el cobre –debido a su mayor capacidad de corriente para un calibre dado, a igual espesor de aislamiento que los cables de aluminio– puede instalarse en tubos (conduit), ductos, charolas o canaletas de menor tamaño. Es decir, los conductores de cobre minimizan los requerimientos de espacio.

Esto resulta útil si se toma en cuenta que un aumento en el diámetro de los tubos (conduit), ductos o canaletas, en conjunto con el espacio requerido por el alambrado, incrementa los costos de instalación al igual que todos los componentes que integran ésta (por ejemplo las cajas de conexión, chالupas, etcétera).

El aluminio ha tenido éxito como conductor eléctrico en líneas de transmisión y distribución aéreas, pero no así como conductor eléctrico para cables de baja tensión en aplicaciones de la industria de la construcción.

El aluminio presenta problemas en las conexiones debido a sus propiedades físicas y químicas, ya que bajo condiciones de calor y presión este material se dilata y, por tanto, se afloja en las conexiones.

Las terminales de equipos, aparatos, dispositivos, etc., son fabricadas con cobre, cobre estañado o aleaciones de cobre, los cuales en la tabla de electronegatividad tienen valores similares, en tanto el aluminio –al estar más alejado de ellos en esta tabla de electronegatividad– presenta problemas de corrosión galvánica.

Como conclusión podemos decir que el cobre, además de ser mejor conductor que el aluminio, es mecánica y químicamente más resistente. Lo anterior significa que soporta alargamientos (proceso de 65 Componentes de las instalaciones eléctricas instalación de los cables dentro de la canalización), reducción de sección por presión (en los puntos de conexión cuando el tornillo opresor sujeta a los conductores), mellas y roturas (en el proceso mecánico de conexión).

El óxido que se forma en las conexiones donde el conductor de aluminio no tiene aislamiento es de tipo no conductor, ocasionando puntos calientes en ellas y un riesgo en la instalación eléctrica.

2.2 Tablas más importantes bajo las normas

Tabla 2.5. Capacidad de conducción de corriente (NOM-001-SEDE-205 TABLA310.16)

TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*, CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW/LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW- LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
Cobre				Aluminio			
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480

Continuación Tabla 2.5. Capacidad de conducción de corriente (NOM-001-SEDE-205 TABLA310.16)

507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1 250	495	590	665	405	485	545
760	1 500	520	625	705	435	520	585
887	1 750	545	650	735	455	545	615
1 010	2 000	560	665	750	470	560	630
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	0,76
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	0,71
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	0,58
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	0,41

Factor de agrupamiento

Cuando se introducen varios conductores en una tubería (sobre todo metálica) se presentan fenómenos de inducción hacia las mismas ya sea de calor y de inductancia (algo similar en sus efectos a la resistencia óhmica). En estos casos debe considerarse una disminución de la corriente eléctrica que soporta cualquier conductor de la siguiente manera.

Más de tres conductores activos en un cable o canalización. Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización sea mayor a tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2.6. Factores de ajuste para más de 3 conductores portadores de corriente (NOM-001-SEDE-2005 TABLA 310.15 (g))

TABLA 310-15(g).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

Número de conductores portadores de corriente	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Factor de temperatura

Tabla 2.7. Factor de temperatura (NOM-001-SEDE-2005 TABLA 310.17)

TABLA 310-17.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible para cables monoconductores aislados de 0 a 2 000 V nominales, al aire libre y a temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (ver tabla 310-13)					
mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW*	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THWLS*, THWN*, XHHW*, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWLS*, THWN-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, XHHW*, XHHW-2
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	....	---	18	....	....	....
1,31	16	....	---	24	....	....	....
2,08	14	25*	30*	35*	....	....	....
3,31	12	30*	35*	40*	---	---	---
5,26	10	40	50*	55*	---	---	---
8,37	8	60	70	80	---	---	---
13,3	6	80	95	105	60	75	80
21,2	4	105	125	140	80	100	110
26,7	3	120	145	165	95	115	130
33,6	2	140	170	190	110	135	150
42,4	1	165	195	220	130	155	175
53,5	1/0	195	230	260	150	180	205
67,4	2/0	225	265	300	175	210	235
85,0	3/0	260	310	350	200	240	275
107	4/0	300	360	405	235	280	315
127	250	340	405	455	265	315	355
152	300	375	445	505	290	350	395
177	350	420	505	570	330	395	445
203	400	455	545	615	355	425	480
253	500	515	620	700	405	485	545
304	600	575	690	780	455	540	615
355	700	630	755	855	500	595	675
380	750	655	785	885	515	620	700
405	800	680	815	920	535	645	725
456	900	730	870	985	580	700	785
507	1 000	780	935	1 055	625	750	845
633	1 250	890	1 065	1 200	710	855	960
760	1 500	980	1 175	1 325	795	950	1 075
887	1 750	1 070	1 280	1 445	875	1 050	1 185
1 010	2 000	1 155	1 385	1 560	960	1 150	1 335
FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes.						
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	

2.3 Fórmulas

NOM-001-SEDE-2012 formula del artículo 310.15

$$I' = I \sqrt{\frac{T_c - T'_a}{T_c - T_a}}$$

Donde:

I' = Ampacidad corregida por temperatura ambiente

I = Ampacidad en tablas

T_c = Temperatura del conductor (°C)

T'_a = Temperatura ambiente nueva (°C)

T_a = Temperatura ambiente usadas en tablas (°C)

Tabla 2.8. Factor de corrección (NOM-001-SEDE-2005 TABLA 310.15)

Tabla 310-15(b)(2)(a).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	-	0.58	0.71
61-65	-	0.47	0.65
66-70	-	0.33	0.58
91-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29

Tabla 2.9. Factor de corrección (NOM-001-SEDE-2005 TABLA 310.15)

Tabla 310-15(b)(2)(b).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 40 °C.

Para temperaturas ambiente distintas de 40 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:						
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura de los conductores					
	60 °C	75 °C	90 °C	150 °C	200 °C	250 °C
10 o menos	1.58	1.36	1.26	1.13	1.09	1.07
11-15	1.50	1.31	1.22	1.11	1.08	1.06
16-20	1.41	1.25	1.18	1.09	1.06	1.05
21-25	1.32	1.20	1.14	1.07	1.05	1.04
26-30	1.22	1.13	1.10	1.04	1.03	1.02
31-35	1.12	1.07	1.05	1.02	1.02	1.01
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.87	0.93	0.95	0.98	0.98	0.99
46-50	0.71	0.85	0.89	0.95	0.97	0.98
51-55	0.50	0.76	0.84	0.93	0.95	0.96
56-60	-	0.65	0.77	0.90	0.94	0.95
61-65	-	0.53	0.71	0.88	0.92	0.94
66-70	-	0.38	0.63	0.85	0.90	0.93
91-75	-	-	0.55	0.83	0.88	0.91
76-80	-	-	0.45	0.80	0.87	0.90
81-90	-	-	-	0.74	0.83	0.87
91-100	-	-	-	0.67	0.79	0.85
101-110	-	-	-	0.60	0.75	0.82
111-120	-	-	-	0.52	0.71	0.79
121-130	-	-	-	0.43	0.66	0.76
131-140	-	-	-	0.30	0.61	0.72
141-160	-	-	-	-	0.50	0.65
161-180	-	-	-	-	0.35	0.58
181-200	-	-	-	-	-	0.49
201-225	-	-	-	-	-	0.35

2.4 Selección de conductor

Según la norma NOM-001-SEDE-2012, se puede encontrar la siguiente información:

210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente mínimos

a) **General.** Los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga máxima que alimentan. Además, los conductores de circuitos derivados de salidas múltiples que alimenten a receptáculos para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la capacidad nominal del circuito derivado. Los cables armados cuyo conductor neutro sea más pequeño que los conductores de fase, deben marcarse de esa manera (indicando el tamaño del neutro).

220-10. Disposiciones generales

a) **Capacidad de conducción de corriente y cálculo de cargas.** Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente suficiente para suministrar energía a las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser inferior a la suma de las cargas de los circuitos derivados conectados, tal como se establece en la parte A de este Artículo y después de aplicar cualquier factor de demanda permitido en las Partes B, C o D.

b) **Cargas continuas y no continuas.** Cuando un alimentador suministre energía a cargas continuas o a una combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor que la carga no continua, más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del alimentador, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más el 125% de la carga continua.

Excepción: Cuando el equipo, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente del alimentador, esté aprobado para funcionamiento continuo al 100% de su capacidad nominal, ni la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente, ni la capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador deben ser inferiores a la suma de la carga continua más la no continua.

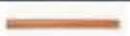
2.5 Colores de los cables eléctricos en las instalaciones eléctricas.

La NOM-001-SEDE-2005 en su apartado 310-12. Identificación de los conductores; nos menciona que:

- a) Conductores puestos a tierra.
 - Color blanco o gris claro:
 - Conductores aislados de tamaño nominal 6 AWG o más pequeños.
 - Multiconductores de tamaño 4 AWG o mayores pueden llevar un borde exterior sobre el conductor
- b) Conductores de puesta a tierra.
 - Se permiten los conductores desnudos, cubiertos o aislados, estos con acabado verde.
- c) Conductores de fase.

-
- Deben tener colores distintos al blanco, gris claro o verde. Se usa cinta de marcar para los cables con recubrimiento metálico. Un ejemplo de esto es la tabla siguiente:

Tabla. 2.10 Tabla de colores para cables.

Color del cable	Función
 Blanco	Neutro o conductor puesto a tierra
 Negro	Fase o conductor portador de corriente
 Rojo	Fase o conductor portador de corriente
 Blanco con marcas negras	Fase o conductor portador de corriente
 Verde	Tierra o conductor de puesta a tierra
 Desnudo	Tierra o conductor de puesta a tierra

CAPÍTULO 3. CANALIZACIONES

Definición de canalización según la NOM-001-SEDE-2012:

Canalización: Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta NOM. Las canalizaciones incluyen, pero no están limitadas a, tubo conduit rígido metálico, tubo conduit rígido no metálico, tubo conduit metálico semipesado, tubo conduit flexible hermético a los líquidos, tuberías metálicas flexibles, tubo conduit metálico flexible, tuberías eléctricas no metálicas, tuberías eléctricas metálicas, canalizaciones subterráneas, canalizaciones en pisos celulares de concreto, canalizaciones en pisos celulares de metal, canaletas, ductos y electroductos.

3.1 Clasificación

Las canalizaciones eléctricas están fabricadas para adaptarse a cualquier ambiente donde se requiera llevar un cableado eléctrico. Es por eso, que se pueden encontrar empotradas (techos, suelo o paredes), en superficies, al aire libre, zonas vibratorias, zonas húmedas o lugares subterráneos.

Dependiendo del tipo de material que están fabricadas, estas se clasifican en: metálicas y no metálicas. Las no metálicas se fabrican de materiales termoplásticos, ya sea PVC o de polietileno; en el caso de las canalizaciones metálicas, se fabrican en acero, hierro o aluminio.

3.1.1 Metálicos

Tubos EMT

Por sus siglas en inglés, Electrical Metallic Tubing (EMT). Estos tubos son unos de los más versátiles utilizados en las instalaciones eléctricas comerciales e industriales, esto por ser moldeables a diferentes formas y ángulos, facilitando la trayectoria que se le quiera dar al cableado. Pasan por un proceso de galvanizado, este recubrimiento evita la corrosión, lográndose mayor durabilidad. Pueden venir en tamaños desde 1/2" hasta 4" de diámetro. No tienen sus extremos roscados, y utiliza accesorios especiales, para acoplamiento y enlace con cajas.



Fig. 3.2. Tubo EMT.

Aplicaciones

- Su mayor aplicación está para montarse en superficies (zonas visibles). Soportando leves daños mecánicos. Pueden estar directamente a la intemperie.
- Pueden ser empotrados o zonas ocultas; bajo concreto, ya sea en suelo, techo o paredes.

Tubos IMC

Estos tubos son los más resistentes a los daños mecánicos. Debido al grosor de sus paredes, son más difíciles de trabajar que los EMT. En ambos extremos vienen con una rosca, pudiéndose enlazar con conectores roscados (coples o nipples). También se le puede hacer la rosca de forma manual con una terraja, en este caso debe procurarse eliminar las rebabas para que no afecte en los conductores, al momento de ser instalados.

Para evitar la corrosión, estos son galvanizados internamente y externamente por un proceso de inmersión en caliente. Por su fabricación, son canalizaciones muy durables, y son bien herméticas. Estando aptos para contener los cables sin que estos se estropeen o maltraten. Los tamaños de este van desde la 1/2" hasta 6" de diámetro.



Fig. 3.3. Tubo IMC.

Aplicaciones:

-
- Aunque se pueden utilizar en cualquier zona, estos son ampliamente usados para instalaciones eléctricas industriales, en zonas ocultas o visibles. Ya sea enterrados o empotrados, en el suelo o bajo concreto.
 - Pueden estar a la intemperie, soportando la corrosión por su revestimiento galvanizado.
 - En lugares con riesgos de explosivos.

Tubo flexible metálico

Estas tuberías son fabricadas en acero, y pasan por un recubrimiento galvanizado. Su flexibilidad a la torsión y a la resistencia mecánica se debe a su forma engargolada (láminas distribuidas en forma helicoidal). Por su construcción (baja hermeticidad) no es recomendable que esté en lugares con alta humedad, vapores o gases. Sus dimensiones van desde 1/2" hasta 4" de diámetro.



Fig. 3.4. Tubo flexible metálico.

Aplicaciones:

- Su principal aplicación está en ambientes industriales.
- En zonas donde el cableado esté expuesto a vibraciones, torsión y daños mecánicos.
- Instalación en zonas visibles, donde el radio de curvatura del alambrado que se vaya a realizar es grande.
- Para el cableado de aparatos y máquinas eléctricas, motores y transformadores.

Tubo Liquid tight

Este se construye similar al tubo flexible metálico, la diferencia está en el recubrimiento de un material aislante termoplástico. Este acabado final, lo hace sólidamente hermético, resistente y flexible.



Fig. 3.6. Tubo Liquid tigh

Aplicaciones:

- Cableado de motores y maquinarias industriales.
- Zonas con alta vibración.
- Para lugares con mucho polvo.
- Lugares agresivos con alta humedad y presencia de aceites.
- Zonas corrosivas.

3.1.2 No metálicos

Tubos de PVC

El PVC es un material termoplástico, de esos derivados de los polímeros. Su denominación viene, por el compuesto policloruro de vinilo, de ahí su nombre "PVC". Este es resistente y rígido, puede estar en ambientes húmedos y soportar algunos químicos. Por las propiedades del termoplástico, es autoextinguible a las llamas, no se corroen y son muy ligeros.



Fig. 3.1. Tubo de PVC.

Aplicaciones

- Empotrados bajo concreto, en suelos, techos y paredes.

-
- En zonas húmedas.
 - En superficies, considerando sus limitaciones térmicas y mecánicas.

Tubo flexible de plástico

Estos se fabrican con materiales termoplásticos, generalmente con PVC de doble capa, haciéndolo más resistente y hermético. Se caracterizan por ser livianos, y por su superficie corrugada que lo hace flexible.



Fig. 3.5. Tubo flexible de plástico.

Aplicaciones

- Instalación en zonas visibles, donde el radio de curvatura del alambrado que se vaya a realizar es grande.
- En aparatos que involucre el cableado con curvaturas elevadas.

Poliducto Tubo Conduit Naranja

Fabricado en polietileno de baja densidad Máster Bach. Por sus características se tiene protección y seguridad en las instalaciones, fácil instalación, no se colapsa, es compatible con codos, chalupas y demás accesorios, tiene excelente acabado y presentación, es de alta durabilidad. Sus dimensiones van desde 1/2" hasta 2" de diámetro.



Fig. 3.7. Tubo Conduit naranja.

Aplicaciones:

- Para la conducción de cables en instalaciones eléctricas en general.
- En instalaciones subterráneas.
- En instalaciones industriales.
- En alumbrado público.
- Para protección de cableado telefónico.
- Para instalaciones electromecánicas.

Tubo de PVC Conduit eléctrico tipo pesado y ligero verde olivo.

La tubería PVC Conduit Eléctrica tipo Pesado y ligero, se realiza bajo la norma nacional NMX-E-12, cuenta con la aprobación de CFE LAPEM (Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales), se fabrica con Resina (materia prima) virgen 12454-B, la longitud de esta tubería es de 3.0 mts; su fabricación es con un abocinado (campana) en uno de sus extremos, el otro extremo es en terminación espiga, el color de su fabricación es en verde olivo para tener una rápida identificación de que es una instalación eléctrica.

Aplicaciones:

- Se utilizan para la conducción de cableados eléctricos tanto aparentes como ocultos, y son especialmente recomendados para sistemas aislados a tierra ya que no conduce electricidad.
- Se aplica en Hospitales, Industriales, Cuartos de Computación y Tableros de Aislamiento entre otros.
- Diseñados para ofrecer compatibilidad con tuberías y accesorios que correspondan a sus diámetros nominales sin importar el material.

Tipo ligero: Se fabrica en diámetros de ½" (13mm) hasta 2" (50mm) y se recomienda únicamente para instalaciones ocultas.

Tipo pesado: Se fabrica en diámetros de ½" (13mm) hasta 6" (150mm) y se recomienda su instalación para instalaciones visibles, semi ocultas, subterráneas y ocultas.

Ventajas:

- Bajo peso
- Bajos costos

-
- Resistencia al aplastamiento
 - Rigidez dieléctrica
 - Resistencia eléctrica
 - Resistencia a la corrosión
 - Bajo coeficiente de rugosidad
 - Resistencia al impacto
 - Hermeticidad
 - No propaga la flama



Fig. 3.8. Tubo de PVC Conduit eléctrico tipo pesado y ligero verde olivo.

3.2 Elementos

Cajas y accesorios para canalización con tubo conduit

Todas las conexiones o uniones entre conductores deben ser realizadas dentro de cajas de conexión diseñadas y aprobadas para este fin. Estas cajas deben estar instaladas en lugares en los que resulten accesibles para poder realizar cambios y modificaciones en el cableado. Además, todos los apagadores y salidas para lámparas, así como los contactos, deben encontrarse alojados en cajas.

Estas cajas se construyen de metal o de plástico, según su uso. Las cajas metálicas se fabrican con acero galvanizado en cuatro formas: cuadradas, octagonales, rectangulares y circulares. Las hay en varios anchos, profundidades y perforaciones que faciliten el acceso de las tuberías. Estas perforaciones se localizan en las paredes laterales y en el fondo.

Dimensiones de cajas de conexión

Tipo rectangular (CHALUPAS): 6 X 10 cms de base y 3.8 cms de profundidad con perforaciones para tubería conduit de 13 mm.

Redondas: Diámetro de 7.5 cms y 3.8 cms de profundidad para tubo conduit de 13 mm.

Cuadradas: Tienen distintas medidas y se designan o clasifican de acuerdo con el diámetro de sus perforaciones, por ejemplo, cajas cuadradas de 13, 19, 25, 32 mm, etc.

En instalaciones residenciales se utilizan principalmente cajas cuadradas de 13 mm, cuyas medidas son 3 x 3 pulgadas con 1.5 pulgadas de profundidad. Estas solamente sujetan tuberías de 13 mm.

Otros tipos de cajas cuadradas como la de 19 mm tienen base de 4 x 4 pulgadas con profundidad de 1.5 pulgadas y con perforaciones para tuberías de 13 y 19 mm. Las de 25 mm son de 12 x 12 cm de base con 55 mm de profundidad y perforaciones para tubos de 13, 19 y 25 mm.

Cuando se utilicen cajas metálicas en instalaciones visibles sobre aisladores o con cables con cubierta no metálica, o bien, con tubo no metálico, es recomendable que dichas cajas se instalen rígidamente a tierra. En los casos de baños y cocinas, este requisito es obligatorio. En este caso debe tenerse cuidado que los conductores queden protegidos contra la abrasión.

Las cajas no metálicas se pueden usar en: instalaciones visibles sobre aisladores, con cables con cubierta no metálica y en instalaciones con tubo no metálico.



Fig. 3.9. Cajas de conexión.

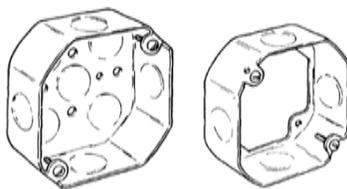


Fig. 3.10. Cajas de conexión octagonal.

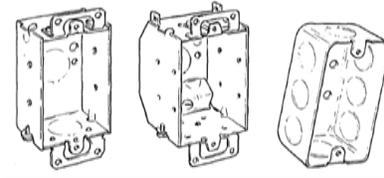


Fig. 3.11. Cajas de conexión rectangular.



Fig. 3.12. Cajas de conexión circular o redonda.

Registros Condulets

Estos registros se utilizan en instalaciones visibles, tienen una o varias salidas para acoplamiento con las tuberías, así como una tapa removible para realizar las conexiones. Su denominación depende del número o tipo de salidas que posea.

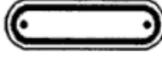
Por su tipo de fabricación se clasifican en

- Ordinario
- A prueba de polvo y vapor
- A prueba de explosión

Por su tipo de tapa se pueden clasificar en:

- De paso: tapa ciega
- De cople exterior: tapa con niple macho
- De contacto: tapa de contacto doble, sencillo o salida especial

Tabla 3.1. Características de los condulets.

DIFERENTES TIPOS DE CONDULETS								
mm.								mm.
12.7	E17 M	C17 M	LB17 M	LL17 M	LR17 M	LF1 M	L17 M	12.7
19.0	E27 M	C27 M	LB27 M	LL27 M	LR27 M	LF2 M	L27 M	19.0
25.4	E37 M	C27 M	LB37 M	LL37 M	LR37 M	LF3 M	L37 M	25.4
31.8	E47 M	C47 M	LB47 M	LL47 M	LR47 M		L47 M	31.8
38.1	E57 M	C57 M	LB57 M	LL57 M	LR57 M		L57 M	38.1
50.8	E67 M	C67 M	LB67 M	LL67 M	LR67 M		L67 M	50.8
63.5		C77 M	LB777 M	LL777 M	LR777 M			63.5
76.2		C87 M	LB87 M	LL87 M	LR87 M			76.2
101.6			LB87 M	LL107 M	LR107 M			101.6
						Se surte con tapa ciega. El condulet L tiene 2 bocas, puede ser usado como LR ó LL.		
mm.						EMPAQUES 		
12.7	T17 M	TB17 M	X17 M		170 M3*	GASK571 N		
19.0	T27 M	TB27 M	X27 M		270 M3*	GASK572 N		
25.4	T37 M	TB37 M	X37 M		370 M3*	GASK573 N		
31.8	T47 M	TB47 M	X47 M	LBD4400	470 M3*	GASK574 N		
38.1	T57 M	TB57 M	X57 M	LBD5500	570 F	GASK575 N		
50.8	T67 M	TB67 M	X67 M	LBD6600	670 F	GASK576 N		
63.5	T77 M			LBD7700	870 F	GASK578 N		
76.2	T87 M			LBD8800	870 F	GASK578 N		
101.6				LBD9900	970 F	GASK579 N		

Cajas de mecanismos

Las cajas de mecanismos están destinadas a recoger en su interior los dispositivos de mando y control de una instalación eléctrica, por ejemplo: interruptores, conmutadores, pulsadores, tomas de corriente, etc.

Se construyen con materiales plásticos tipo PVC de forma cuadrada o redonda para empotrar y rectangulares estancas para instalación superficial.

Al igual que las cajas de empalmes, en sus paredes laterales disponen de huellas para romper e introducir los extremos de los tubos y los cables. También se equipan con tornillos en los bordes exteriores para la fijación de los mecanismos y guías para enlazar varias cajas entre sí.

Cajas de protección

Las cajas de protección están destinadas a recoger en su interior los dispositivos de protección de una instalación, como son ICP, ID, PIAS, etc.

Tienen forma rectangular y dada su misión se sitúan al inicio del circuito, lo más cerca posible del punto de alimentación.

Se construyen con policloruro de vinilo (PVC) o metal, dependiendo del tipo de instalación, y su tamaño dependerá del número de circuitos que se tengan que proteger.

Portalámparas

- Un portalámparas es un dispositivo electromecánico que permite la fijación y la conexión a la red de una lámpara. Generalmente un portalámparas está formado por:
- Un casquillo metálico roscado para la sujeción de las lámparas y su conexión al neutro de la instalación.
- Una base de material aislante, resistente al calor y fabricado con materiales cerámicos o similares, para la sujeción del casquillo. En el centro de esta pieza se monta un segundo borne para la conexión de la lámpara con la fase de la red.
- Envoltorio de protección contra contactos con las partes con tensión.

Existen diferentes tipos de portalámparas fabricados con materiales varios y de diferentes tamaños.

Regletas de conexión

Las regletas de conexión son unos dispositivos auxiliares utilizados para realizar el conexionado de los conductores de un circuito eléctrico en el interior de las cajas de empalmes.

Estos elementos auxiliares constan de un pequeño tubo metálico con dos agujeros roscados y tornillos en sus extremos, para fijar los cables una vez situados en su interior. Las partes metálicas están protegidas con material aislante de forma rectangular, engarzadas unas con otras formando tiras fácilmente divisibles.

El tamaño de la regleta que se vaya a utilizar en una instalación depende de la sección de los cables que se conecten, se fabrican para secciones de 4, 6, 10, 16 y 25 mm².

Aparatos de maniobra

Los aparatos de maniobra son todos aquellos mecanismos destinados a interrumpir o facilitar el paso de corriente entre el generador y un receptor a voluntad del usuario de una instalación.

Los dispositivos de uso corriente en las instalaciones de edificios destinados principalmente a viviendas son los interruptores, conmutadores, conmutadores de cruzamiento, pulsadores, telerruptores y los interruptores automáticos de escalera.

Interruptores

Recibe el nombre de interruptor el dispositivo electromecánico destinado a cerrar o abrir un circuito eléctrico.

Un interruptor está formado por un contacto fijo y otro móvil, situados en el interior de una envolvente aislante y dos bornes (entrada y salida) para la conexión de los conductores del circuito.

Un interruptor tiene dos posiciones: cerrado y abierto.

Cerrado. Un interruptor está cerrado, cuando sus contactos internos están unidos permitiendo el paso de corriente por su interior sin dificultad y, en consecuencia, el receptor al que alimenta está en funcionamiento (bombilla encendida).

Abierto. En cambio, está abierto cuando se separan sus contactos internos y no permite el paso de corriente por su interior, en consecuencia el receptor al que alimenta estará parado (bombilla apagada).

Aunque actualmente el mercado nos ofrece una gran variedad de modelos, formas y colores, los interruptores se clasifican atendiendo a los criterios siguientes:

Según el número de polos pueden ser:

- Unipolares. Si corta el paso de corriente por un conductor.
- Bipolares. Si corta el paso de corriente por dos conductores.
- Tripolares. Si corta el paso de corriente por tres conductores.

Según la intensidad de trabajo se pueden distinguir entre:

- Interruptores de hasta 6 A.
- Interruptores de hasta 10 A.
- Interruptores de hasta 16 A.

Según la forma de montaje, encontramos:

1. Interruptores de superficie o panelables. Son aquellos cuya envolvente aislante está preparada para su fijación directa mediante tornillos a una superficie plana como paredes, tabiques y paneles.
2. Interruptores empotrables en caja. Son los que han sido diseñados para ser colocados dentro de una caja de mecanismos especial para alojar en un muro, pared maestra, tabique, etc. de una edificación.
3. Interruptores móviles. Son pequeños interruptores apropiados para su instalación sobre los conductores de una instalación móvil. Como lámparas de sobremesa o algunos electrodomésticos de poca potencia.

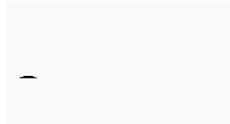
3.3 Parámetros en la selección de una tubería

Con respecto al tipo de tubería

Normalmente los conductores en las instalaciones eléctricas se encuentran alojados ya sea en tubos conduit o en otro tipo de canalizaciones. Como se ha mencionado, los conductores se encuentran limitados en su capacidad de conducción de corriente debido al calentamiento, ya que se tienen limitaciones para la disipación del calor y también porque el aislamiento mismo representa limitaciones de tipo térmico.

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento y manipulación durante la instalación. Para obtener la cantidad de aire necesaria para disipar el calor, se debe establecer la relación adecuada entre la sección del tubo y la sección ocupada por los conductores.

Si A es el área interior del tubo y A_c es el área total ocupada por los conductores, el factor de relleno es:



$F=0.53$ para 1 conductor

0.51 para 2 conductores

0.43 para 3 conductores

0.40 para 4 o más conductores

Tablas de esparcimiento máximo de tubería según la NOM.

Tubo Conduit.

Tabla 3.2. Dimensiones de tubos Conduit.

<i>Diámetro Nominal</i>		<i>Diámetro Interior</i>		<i>Area Interior</i>	
<i>M.N.</i>	<i>En Pulgs.</i>	<i>M.N.</i>	<i>En Pulgs.</i>	<i>M.M.²</i>	<i>Pulgs.²</i>
13	$\frac{1}{2}$	15.81	0.622	196	0.30
19	$\frac{3}{4}$	21.30	0.824	356	0.53
25	7	26.50	1.049	552	0.86
32	$1\frac{1}{4}$	35.31	1.380	979	1.50
38	$1\frac{1}{2}$	41.16	1.610	1331	2.04
51	2	52.76	2.067	2186	3.36
63	$2\frac{1}{2}$	62.71	2.469	3088	4.79
76	3	77.93	3.168	4769	7.28
89	$3\frac{1}{2}$	90.12	3.548	6378	9.90
102	4	102.26	4.026	8213	12.72

Tabla 3.3. Diámetros de tubos Conduit y la distancia correspondiente entre apoyos.

<i>Diámetro del tubo (mm)</i>	<i>Distancia entre apoyos (m)</i>
13 y 19 mm	1.20
25 a 51 mm	1.50
63 a 76 mm	1.80
89 a 102 mm	2.10

Nota: El tubo Conduit de PVC se fabrica en diámetros de 13 mm (1/2 pulgada) a 102 mm (4 plg.)

Tabla 3.4. Número máximo de conductores en tubo conduit.

DIAMETRO DE LA TUBERIA (Pulgadas)		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6
TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE CONDUCTOR AWG-KCM	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm	51 mm	63 mm	76 mm	89 mm	102 mm	114 mm	127 mm	152 mm
TW, T, RUH, RUW, XHHW (14 hasta 8)	14	9	15	25	44	60	99	142						
	12	7	12	19	35	47	78	111	171					
	10	5	9	15	26	36	60	85	131	176				
	8	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108			
RHW and RHH (sin cubierta exterior) THW	14	6	10	16	29	40	65	93	143	192				
	12	4	8	13	24	32	53	76	117	157				
	10	4	6	11	19	26	43	61	95	127	163			
	8	1	3	5	10	13	22	32	49	66	85	106	133	
TW, T, THW, RUH (6 a 2) RUW (6 a 2)	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62	78	97	141
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	58	73	106
	3	1	1	2	4	6	10	15	23	31	40	50	63	91
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	43	54	78
	1	1	1	1	3	4	6	9	14	19	25	31	39	57
FEPB (6 a 2) RHW RHH (sin cubierta exterior)	0		1	1	2	3	5	8	12	16	21	27	33	49
	00		1	1	1	3	5	7	10	14	18	23	29	41
	000		1	1	1	2	4	6	9	12	15	19	24	35
	0000			1	1	1	3	5	7	10	13	16	20	29

DIAMETRO DE LA TUBERIA (Pulgadas)		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6
	250			1	1	1	2	4	6	8	10	13	16	23
	300			1	1	1	2	3	5	7	9	11	14	20
	350			1	1	1	3	4	6	8	10	12	18	18
	400			1	1	1	3	4	5	7	9	11	16	16
	500			1	1	1	1	3	4	6	7	9	14	14
THWN,	14	13	24	39	69	94	154							
	12	10	18	29	51	70	114	164						
	10	6	11	18	32	44	73	104	160					
	8	3	5	9	16	22	36	51	79	106	136			
THHN, FEP (14 a 2) FEPB (14 a 3) PFA (14 a 4/0) PFAH (14 a 4/0)	6	1	4	6	11	15	26	37	57	76	98	125	154	
	4	1	2	4	7	9	16	22	36	47	60	75	94	137
	3	1	1	3	6	8	13	19	29	39	51	64	80	116
	2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	43	54	67	97
	1	1	1	3	5	8	12	18	25	32	40	50	62	72
Z(14 a 4/0) XHHW (14 a 500 KCM)	0		1	1	3	4	7	10	15	21	27	33	42	61
	00		1	1	2	3	6	8	13	17	22	28	35	51
	000		1	1	1	3	5	7	11	14	18	23	29	42
	0000		1	1	1	2	4	6	9	12	15	19	24	35
	250			1	1	1	3	4	7	10	12	16	20	28
	300			1	1	1	3	4	6	8	11	13	17	24
	350			1	1	1	2	3	5	7	9	12	15	21
	400			1	1	1	3	5	6	8	10	13	19	19
	500				1	1	1	2	4	5	7	9	11	16
	600				1	1	1	3	4	5	7	9	13	13
	700				1	1	1	3	4	5	6	8	11	11
	750				1	1	1	2	3	4	6	7	11	11
XHHW	6	1	3	5	9	13	21	30	47	63	81	102	128	185
	600				1	1	1	3	4	5	7	9	13	13
	700				1	1	1	3	4	5	6	7	11	11
	750				1	1	1	2	3	4	6	7	10	10

Tabla 3.4.1. Continuación de número máximo de conductores en tubo conduit.

RHW,	14	3	6	10	18	25	41	58	90	121	155							
	12	3	5	9	15	21	35	50	77	103	132							
	10	2	4	7	13	18	29	41	64	86	110	138						
	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	60	75	94	137				
RHH (con cubierta exterior)	6	1	1	2	5	6	11	15	24	32	41	51	64	93				
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31	39	50	72				
	3	1	1	1	3	4	7	10	16	22	28	35	44	63				
	2		1	1	3	4	6	9	14	19	24	31	38	56				
	1		1	1	1	3	5	7	11	14	18	23	29	42				
	0			1	1	1	2	4	6	9	12	16	20	25	37			
	00				1	1	1	3	5	8	11	14	18	22	32			
	000				1	1	1	3	4	7	9	12	15	19	28			
	0000				1	1	1	2	4	6	8	10	13	16	24			
	250				1	1	1	3	5	6	8	11	13	19				
	300				1	1	1	3	4	5	7	9	11	17				
	350				1	1	1	2	4	5	6	8	10	15				
	400				1	1	1	1	3	4	6	7	9	14				
	500				1	1	1	1	3	4	5	6	8	11				
	600					1	1	1	2	3	4	5	6	9				
	700					1	1	1	1	3	3	4	6	8				
750					1	1	1	1	3	3	4	5	8					

Tabla 3.5. Factores de relleno (Tabla 10-1 NOM-001-SEDE-2005)

4.10 TABLAS

CAPITULO 10

TABLA 10-1. Factores de relleno en tubo (conduit)

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53	31	40

Tabla 3.6. Dimensiones de tubo conduit (Tabla 10-4 NOM-001-SEDE-2005)

TABLA 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)

Designación	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

CAPÍTULO 4 ALUMBRADO

Una buena iluminación es importante para facilitar el rendimiento en una tarea visual y crear un entorno visual adecuado, garantizando la seguridad de los individuos y la de los establecimientos, lo cual tiene su importancia en nuestra sociedad.

Bajo las consideraciones de la norma

Como consecuencia de que existen períodos más o menos largos, durante los cuales hay ausencia total o parcial de la luz natural, se hace necesario sustituir o compensar esta mediante luz artificial.

El problema se plantea ante la necesidad de disponer de una iluminación artificial, que si bien difiere notablemente de la natural, al menos cumpla unos mínimos establecidos en cuanto a calidad y cantidad.

El ojo humano está habituado a altos niveles de iluminación, proporcionados por la iluminación natural, por lo que lo ideal sería disponer de niveles similares. Sin embargo, y a pesar de contar con fuentes de luz artificial de elevado rendimiento, en muy pocas ocasiones resulta conveniente, bajo el punto de vista económico.

Con el fin de diferenciar los procedimientos de cálculo utilizados en las instalaciones de alumbrado artificial, estas se subdividen en: alumbrado de interiores y alumbrado de exteriores. [2]

Alumbrado de interiores

La Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales en su punto núm. 4 define el Alumbrado general interior como: la iluminación que se localiza en los espacios interiores de un edificio, destinada a iluminar uniformemente las diferentes áreas dentro del mismo. [3]

Evaluar los niveles de iluminación correctos para poder establecer unos requerimientos óptimos en todas y cada una de las áreas en los centros de trabajo es obligación de las empresas, o patrones, y está recogido en la normativa vigente NOM 025-STPS-2008 de la Secretaría del Trabajo. Dicha normativa busca controlar que exista una correcta iluminación en los centros laborales para un correcto desempeño de las funciones de cada trabajador, en un ambiente seguro y saludable. (Ver tabla 4.1) [4]

Tabla 4.1. Niveles de iluminación en áreas de trabajo bajo la NOM 025-STPS-2008.

Tarea Visual del puesto de trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En Interiores	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos. Proceso de gran exactitud.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Ejecución de tareas visuales: • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2,000

La NOM-001-2012 maneja la parte de alumbrado bajo los circuitos derivados dando las tablas a diferencia de la NOM 025-STPS-2008 bajo cargas respectivas a los circuitos derivados dependiendo del lugar o inmueble como se demuestran a continuación en los siguientes artículos:

Artículo 220-12:

220-12. Cargas de alumbrado para lugares específicos. La carga mínima de alumbrado por cada metro cuadrado de superficie del piso, debe ser mayor o igual que la especificada en la Tabla 220-12 para los lugares específicos indicados en la misma. El área del piso de cada planta debe calcularse a partir de las dimensiones exteriores del edificio, unidad de vivienda u otras áreas involucradas. Para las unidades de vivienda, el área calculada del piso no debe incluir los patios abiertos, las cocheras ni los espacios no utilizados o sin terminar, que no sean adaptables para su uso futuro.

NOTA: Los valores unitarios de estos cálculos se basan en condiciones de carga mínima y un factor de potencia del 100 por ciento y puede ser que no provean la capacidad suficiente para la instalación considerada.

Tabla 4.2. Carga de alumbrado general por tipo de inmueble. (Tabla 220-12 de la NOM-001-SEDE-2012)

Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m ²)
Bancos	39 ^b
Casas de huéspedes	17
Clubes	22
Cuarteles y auditorios	11
Depósitos (almacenamiento)	3
Edificios de oficinas	39 ^b
Edificios industriales y comerciales (lugares de almacenamiento)	22
Escuelas	33
Estacionamientos comerciales	6
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocineta	22
Iglesias	11
Juzgados	22
Lugares de almacenamiento	3
Peluquerías y salones de belleza	33
Restaurantes	22
Tiendas	33
Unidades de vivienda ^a	33
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Vestíbulos, pasillos, closets, escaleras	6
Lugares de reunión y auditorios	11
Bodegas	3

^a Ver 220-14(j)

^b Ver 220-14(k)

Artículo 220-18, inciso b:

b) Cargas de alumbrado inductivas y de diodo emisor de luz. Para circuitos que alimentan unidades de alumbrado que tengan balastos, transformadores o autotransformadores o diodos emisores de luz, la carga calculada se debe basar en el valor nominal de corriente total de estas unidades, en amperes, y no en el total de watts de las lámparas.

Alumbrado de exteriores

La NOM-014-ENER-2004 en su artículo 4.1 define el Alumbrado de exteriores, como: sistema de iluminación ubicado en el exterior, que tiene como finalidad principal el resaltar, de su entorno durante la noche, la textura y/o la forma del área, estructura o monumento, favoreciendo así las condiciones de seguridad, estéticas y comerciales del lugar.[6]

La NOM-013-ENER-2013 comprende todos los sistemas nuevos de iluminación para vialidades y estacionamientos públicos abiertos, cerrados o techados, así como las ampliaciones o modificaciones de instalaciones ya existentes que se construyan en el territorio nacional, independientemente de su tamaño y carga conectada.

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

- Vialidades.
- Autopistas y carreteras.
- Vías de acceso controlado y vías rápidas.
- Vías principales y ejes viales.
- Vías primarias y colectoras.
- Vías secundarias.

Estacionamientos públicos.

- Abiertos.
- Cerrados o techados.

Los niveles de iluminación correctos para poder establecer requerimientos óptimos en alumbrado exterior correspondiente a Estacionamientos públicos marcado en el inciso 6.2 de la NOM-013-ENER-2013. [7] (Ver tablas 4.3 y 4.4)

Tabla 4.3. Valores máximos Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para estacionamientos públicos abiertos. (Tabla 6 de la NOM-013-ENER-2013)

Area a iluminar [m2]	Iluminancia promedio [lx]	Relación de uniformidad máxima E_{prom}/E_{min}	Densidad de potencia eléctrica para alumbrado [W/m2]
< 300	25	4 a 1	1,80
de 300 a < 500			1,62
de 500 a < 1 000			1,11
de 1 000 a < 1 500			1,08
de 1 500 a 2 000			0,89
> 2 000			0,88

Tabla 4.4. Valores mínimos de Iluminancia promedio mantenida y valores máximos de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para estacionamientos cerrados o techados. (Tabla 7 de la NOM-013-ENER-2013)

Turno	Area general de estacionamiento y peatonal	Cuestas Rampas	Accesos	Escaleras
Diurno	54 lx	110 lx	540 lx	200 lx
Nocturno	54 lx	54 lx	54 lx	200 lx
DPEA	3 W/m2	NA *	NA *	NA *

* Véase 2.1 Excepciones

4.1 Comparativo general con los métodos de iluminación

Métodos de alumbrado

Los métodos de alumbrado nos indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, distinguiremos cuatro casos: alumbrado general, alumbrado localizado, alumbrado general y localizado, y alumbrado modularizado.

En las figuras 4.1 a 4.4 se muestran los principales sistemas de alumbrado utilizados en instalaciones de iluminación de interiores y en la tabla 4.5 se resumen las características más importantes.

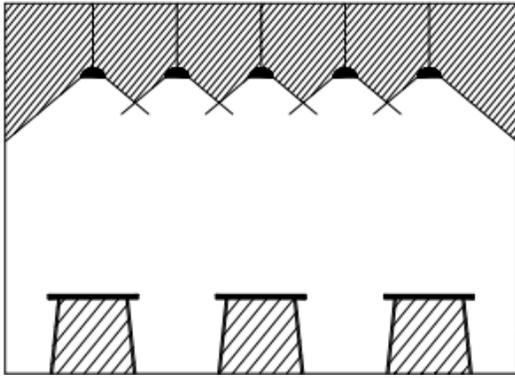


Fig. 4.1. Método de alumbrado general.

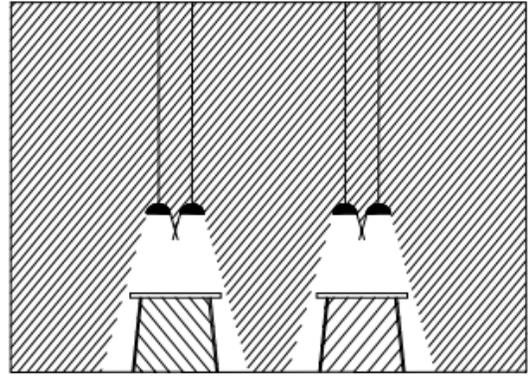


Fig. 4.2. Método de alumbrado localizado.

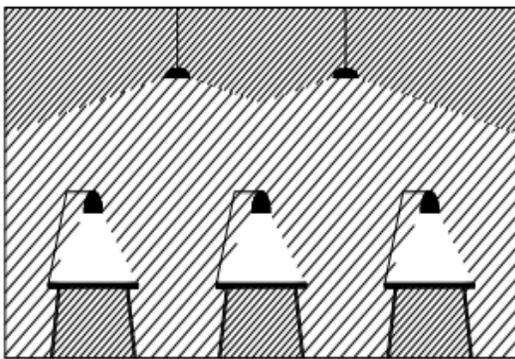


Fig. 4.3 Método general y localizado.

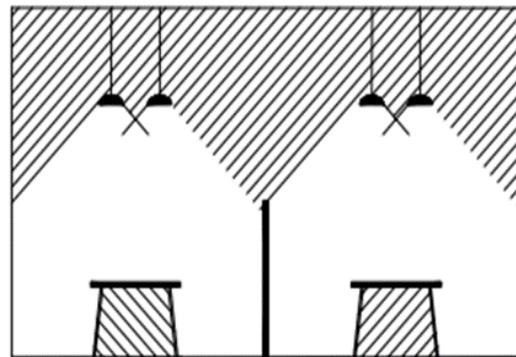


Fig. 4.4. Método de alumbrado modularizado.

Tabla 4.5. Características aproximadas de los sistemas de alumbrado.

Sistema de Alumbrado	Disposición de Luminarias	Características Luminotécnicas	Efectos Visuales		Coordinación con ubicación de áreas de trabajo	Consumo energético
			Sobre el Espacio	Sobre personas y objetos		
General Directo o indirecto	Uniforme	Altos niveles de Iluminancia en todo el espacio. Excelente uniformidad. Reducción de contrastes y brillos. Se minimiza la proyección de sombras.	Produce sensación de amplitud y orden Crea atmósferas de monotonía y condiciones propicias para trabajos que requieren de alta concentración.	Modelados blandos. Aplana texturas. Oculta detalles. Minimiza efectos de reflejos especulares Apaga intensidad de los colores.	No requiere	Elevado (más con sistema indirecto). No permite reducción individual de los niveles de iluminación.
Localizado	Irregular	Altos niveles de Iluminancia sólo en áreas de interés. Uniformidad general baja Contrastes realzados. Puede causar importante proyección de sombras	Produce sensación de reducción del espacio. Puede crear atmósferas dramáticas, estimulantes y distractivas	Modelados duros. Realza textura y detalles. Los colores resultan más intensos. Ideal para crear efectos luminosos.	Muy importante	Reducido. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente.
General y localizado	Uniforme (general) e irregular (localizado)	Iluminancia general reducida respecto de áreas de trabajo. Uniformidad general baja. Contrastes realzados. Puede causar importante proyección de sombras	Un balance adecuado puede compensar la sensación de reducción del espacio y crear condiciones propicias para el trabajo	Con un balance adecuado el modelado resulta casi natural. Buena apariencia de textura y detalles.	Muy importante sólo para el sistema de alumbrado localizado	Intermedio entre alumbrado general y localizado. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente sin afectar el resto de la instalación.
Modularizado	Uniforme por sectores	Iluminancia media elevada. Uniformidad excelente. Reducidos contrastes y proyección de sombras	Idem a alumbrado general	Idem a alumbrado general	Importante para determinar el arreglo de luminarias	Elevado. Requiere sectorización de los circuitos. Permite reducción de los niveles de iluminación por sectores.

Método de los lúmenes

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:

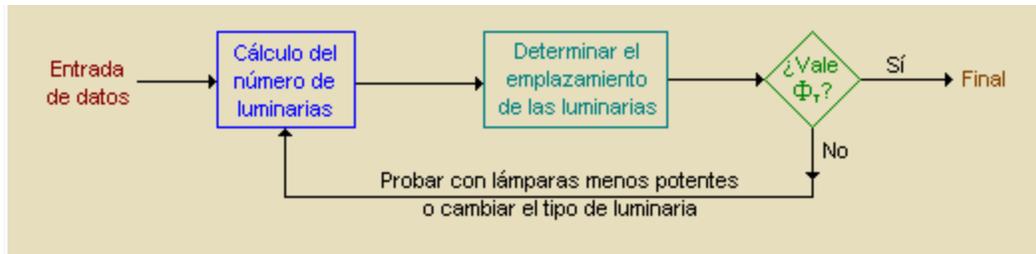


Fig. 4.5. Diagrama de bloques Método de lúmenes.

Datos de entrada

Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.

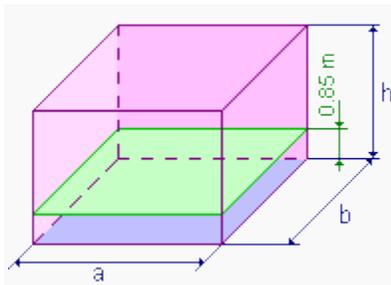


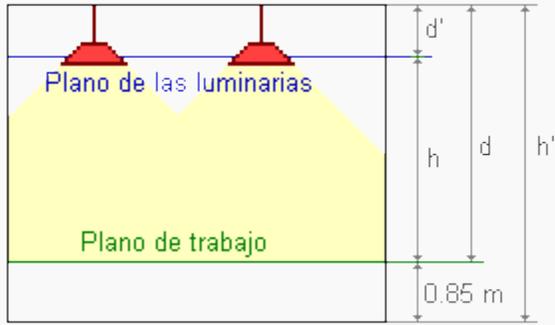
Fig. 4.6. Dimensiones del local.

Determinar el nivel de iluminancia media (E_m). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y podemos encontrarlos tabulados en las normas y recomendaciones que aparecen en la bibliografía.

Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.

Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.

Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias
h': altura del local
d: altura del plano de trabajo al techo
d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Fig. 4.7. Alturas del local.

Tabla 4.6. Alturas de luminarias.

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

Calcular el índice del local (k) a partir de la geometría de este. En el caso del método europeo se calcula como:

Tabla 4.7. Índice de local.

	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Donde k es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla.

Tabla 4.8. Factor de reflexión.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

En su defecto podemos tomar 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

Determinar el factor de utilización (η , CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo			Factor de reflexión de las paredes					
		0.7	0.5	0.3	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Fig. 4.8 - Ejemplo de tabla del factor de utilización.

Determinar el factor de mantenimiento (f_m) o conservación de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Tabla 4.9- Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Cálculos

Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

Φ_T es el flujo luminoso total

E es la iluminancia media deseada

S es la superficie del plano de trabajo

η es el factor de utilización

f_m es el factor de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \text{ Redondeado por exceso}$$

Donde:

N es el número de luminarias

Φ_T es el flujo luminoso total

Φ_L es el flujo luminoso de una lámpara

n es el número de lámparas por luminaria

Emplazamiento de las luminarias

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuirlas sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$
$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right)$$

Donde N es el número de luminarias.

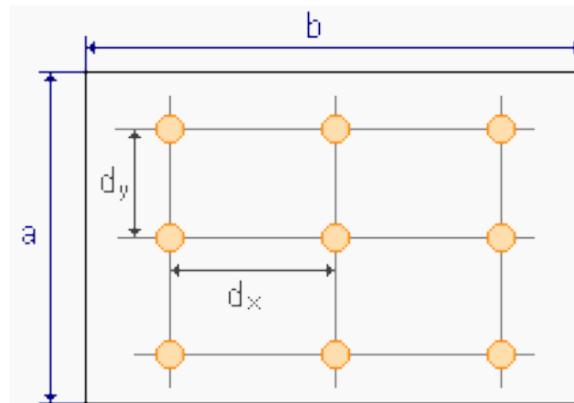


Fig. 4.9. Emplazamiento de luminarias en local de planta rectangular.

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Veámoslo mejor con un dibujo:

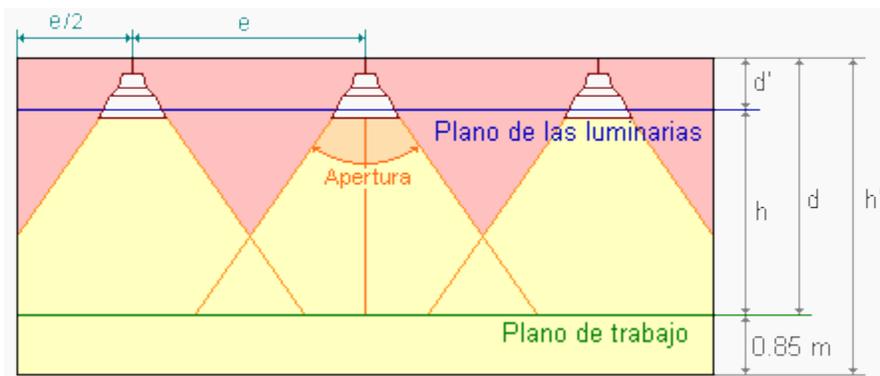


Fig. 4.10. Apertura del haz de luz.

Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la

distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

Tabla 4.10. Resumen sobre las separaciones entre luminarias.

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	$\leq 4 m$	$e \leq 1.6 h$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

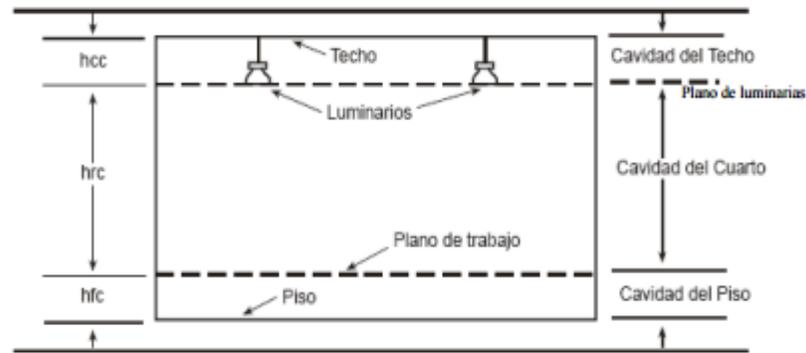
Comprobación de los resultados

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{\text{tablas}}$$

Método Cavidad zonal

Consiste en encontrar un coeficiente de utilización (C_u) en el área o local en estudio el cual está conformado por 3 cavidades las cuales son: Cavidad de techo, cavidad del local y cavidad del suelo.



Siendo:
 hcc = Altura de cavidad de techo
 hrc = Altura de cavidad del local o cuarto
 hfc = Altura de cavidad de suelo

Fig. 4.11. Partes de la cavidad zonal.

Procedimiento

Se determinan los rangos de cavidad mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Rango de Cavidad de Techo (CCR)} = \frac{5 hcc (L+W)}{L \times W}$$

$$\text{Rango de Cavidad de Cuarto (RCR)} = \frac{5 hrc (L+W)}{L \times W}$$

$$\text{Rango de Cavidad de Piso (FCR)} = \frac{5 hfc (L+W)}{L \times W}$$

L = Largo del cuarto
 W = Ancho del cuarto

Se determinan los coeficientes de reflexión de techos, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado

Tabla 4.11. Factor de reflexión.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

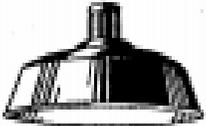
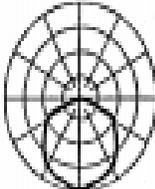
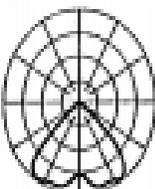
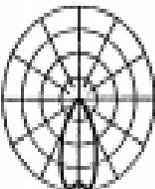
Se determinan las reflectancias de cavidad efectiva: P_w = % Reflectancia efectiva de pared que es la misma % de reflectancia o coeficiente de reflexión de pared (permanece constante) P_{cc} = % Reflectancia de cavidad del techo efectiva. P_{fc} = % Reflectancia de cavidad del suelo efectiva. Las cuales se determinan por medio de la siguiente tabla, interceptando el % de reflectancia de techo y suelo con los valores de CCR Y FCR previamente calculados. En caso de que el valor de un valor intermedio de la tabla se realiza una interpolación para determinar el valor.

Tabla 4.12. Porcentaje de reflectancia.

Porcentaje de reflectancia efectiva en la cavidad de piso o techo para diferentes combinaciones de reflectancia																									
% Reflectancia de techo o piso	90				80				70				50				30				10				
% Reflectancia de pared	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	
RSR																									
0.2	89	86	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09				
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09				
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	28	25	11	10	08				
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08				
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08				
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07				
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07				
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07				
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06				
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	08	06				
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	08	06				
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	08	06				
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	08	06				
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	08	05				
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	08	05				
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	08	05				
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	08	05				
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	08	04				
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	08	04				
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	08	04				
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	08	04				
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04				
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04				
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04				
5.0	75	53	38	26	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04				

Se determina el Coeficiente de Utilización (C_u) con los valores de P_{cc} , P_w y P_{fc} . Dependiendo de la luminaria y lámpara que se escogió (estos valores se determinan por medio de tablas que nos suministran los fabricantes, utilizando el valor de RCR (rango de cavidad del cuarto o local previamente calculado). Como por ejemplo la que se muestra a continuación. En los casos en que el valor se encuentre entre dos valores de la tabla se realiza una interpolación.

Tabla 4.13. Coeficiente de utilización.

COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN															
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancias												
			Cavidad del suelo	80 %		50 %		10 %		0 %					
				50% 30%	10%	50% 30%	10%	50% 30%	10%	0 %					
RCL															
Categoría III  Reflector de cúbica ventrada	0 | | | 75	 1,2 m Altura de montaje	1	8,50	8,20	7,80	7,30	7,70	7,50	7,30	7,20	7,10	6,80		
			2	7,40	6,90	6,50	6,00	6,60	6,20	6,10	6,70	6,50	6,40	6,20	
			3	6,50	6,00	5,60	5,20	5,70	5,30	5,70	5,60	6,10	5,90	5,10	4,90
			4	5,80	5,10	4,80	4,50	4,90	4,50	5,10	4,70	4,70	4,60	4,20	4,00
			5	5,00	4,40	4,00	3,70	4,20	3,70	4,30	4,00	4,00	3,90	3,50	3,30
			6	4,40	3,80	3,50	3,30	3,60	3,20	3,60	3,30	3,30	3,20	2,90	2,70
			7	4,00	3,30	2,80	2,60	3,20	2,80	3,20	2,90	2,90	2,70	2,50	2,30
			8	3,60	2,90	2,40	2,40	2,80	2,40	2,80	2,50	2,70	2,50	2,30	2,10
			9	3,20	2,50	2,00	2,10	2,50	2,00	2,50	2,40	2,40	2,00	1,80	1,60
			10	2,90	2,20	1,80	2,00	2,20	1,80	2,20	2,10	1,80	1,60	1,40	1,20
Categoría I  Lámpara reflectora de filamento R-32 Haz ancho, 500 y 750 W	0 | | | 100	 1,3 m Altura de montaje	1	10,00	10,00	10,00	9,50	9,00	9,70	9,40	9,20	9,10	8,90		
			2	9,00	8,50	8,00	7,50	8,00	7,50	8,00	8,00	8,50	8,00	8,00	
			3	8,00	7,50	7,00	6,50	7,00	6,50	7,00	7,00	7,50	7,00	7,00	7,10
			4	7,10	7,00	6,50	7,00	7,00	6,70	7,00	7,00	7,00	6,50	6,50	6,40
			5	6,20	6,00	5,50	6,00	6,00	5,70	6,00	6,00	6,00	5,50	5,50	5,40
			6	5,30	5,00	4,50	5,00	5,00	4,70	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50	4,40
			7	4,60	4,20	3,70	4,00	4,00	3,70	4,00	4,00	4,00	3,50	3,50	3,40
			8	4,00	3,60	3,10	3,40	3,40	3,10	3,40	3,40	3,40	3,00	3,00	2,90
			9	3,60	3,00	2,50	2,80	2,80	2,50	2,80	2,80	2,80	2,40	2,40	2,30
			10	3,20	2,60	2,00	2,30	2,30	2,00	2,30	2,30	2,30	1,90	1,90	1,80
Categoría I  Lámpara reflectora de filamento R-32, haz estrecho - 500 y 750 W	0 | | | 100	 1,4 Altura de montaje	1	11,00	10,50	10,00	9,40	10,70	10,00	9,70	9,60	9,50	9,30		
			2	10,00	9,50	9,00	8,30	9,40	8,70	9,10	9,00	9,00	8,80	8,60	
			3	9,00	8,50	8,00	7,30	8,70	8,20	8,60	8,50	8,50	8,10	7,90	
			4	8,00	7,50	7,00	6,30	8,00	7,60	8,10	7,70	7,70	7,30	7,20	
			5	7,00	7,00	7,10	7,50	7,40	7,00	7,60	7,20	7,20	6,80	6,70	
			6	6,70	7,00	6,80	7,40	6,90	6,50	7,20	6,80	6,80	6,40	6,30	
			7	6,10	6,50	6,10	6,90	6,40	6,00	6,70	6,30	6,30	6,00	5,80	
			8	5,60	6,00	5,60	6,30	5,80	5,40	6,20	5,80	5,80	5,40	5,30	
			9	5,10	5,50	5,10	5,80	5,50	5,10	5,80	5,40	5,40	5,00	4,80	
			10	4,60	5,10	4,70	5,40	5,10	4,70	5,40	5,00	5,00	4,60	4,50	

Se determina el factor de corrección para reflectancias efectivas de la cavidad del suelo distintas al 20 % (hay que verificar si la tabla del fabricante está trabajando con el mismo Pfc (% Reflectancia de cavidad del suelo efectiva) que se determinó, por medio de la siguiente tabla:

Tabla 4.14. Factores de multiplicación de reflectancia.

Factores de multiplicación para reflectancia de cavidad de piso diferente al 20 por ciento																	
% de reflectancia efectiva en la cavidad de techo, ρ_{ce}	80				70				50			30		10			
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Para 30 % de reflectancia efectiva en la cavidad de piso ($20\% = 1.00$)																	
RCR																	
1	1.002	1.062	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002
Para 10 % de reflectancia efectiva en la cavidad de piso ($20\% = 1.00$)																	
RCR																	
1	0.923	0.929	0.935	0.940	0.933	0.939	0.943	0.948	0.956	0.960	0.963	0.973	0.976	0.979	0.980	0.991	0.993
2	0.931	0.942	0.950	0.958	0.940	0.949	0.957	0.963	0.962	0.968	0.974	0.976	0.980	0.985	0.988	0.991	0.995
3	0.939	0.951	0.961	0.969	0.945	0.957	0.966	0.973	0.967	0.975	0.981	0.978	0.983	0.988	0.988	0.992	0.998
4	0.944	0.956	0.969	0.978	0.950	0.963	0.973	0.980	0.972	0.980	0.986	0.980	0.986	0.991	0.987	0.992	0.998
5	0.949	0.964	0.976	0.983	0.954	0.968	0.978	0.985	0.975	0.983	0.989	0.981	0.988	0.993	0.987	0.992	0.997
6	0.953	0.969	0.980	0.986	0.958	0.972	0.982	0.989	0.977	0.985	0.992	0.982	0.989	0.995	0.987	0.993	0.997
7	0.957	0.973	0.983	0.991	0.961	0.975	0.985	0.991	0.979	0.987	0.994	0.983	0.990	0.996	0.987	0.993	0.998
8	0.960	0.976	0.986	0.993	0.963	0.977	0.987	0.993	0.981	0.988	0.995	0.984	0.991	0.997	0.987	0.994	0.998
9	0.963	0.978	0.987	0.994	0.966	0.979	0.989	0.994	0.983	0.990	0.996	0.985	0.992	0.998	0.988	0.994	0.999
10	0.965	0.980	0.989	0.996	0.967	0.981	0.990	0.995	0.984	0.991	0.997	0.986	0.993	0.998	0.988	0.994	0.999

Por último se corrige el coeficiente de utilización multiplicándolo por el factor multiplicador. En los casos en que sea necesario se interpolara.

Se determina el Factor de Mantenimiento (f_m). Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Tabla 4.15. Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Ambiente de trabajo	F_m
Acerías, fundiciones	0'65
Industrias de soldadura, mecanizado	0'70
Oficinas industriales, salas	0'75
Patios de operaciones, locales públicos	0'80
Despachos, oficinas comerciales, informáticas	0'85

Cálculos a realizar

Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula.

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

- Φ_T es el flujo luminoso total
- E es la iluminancia media deseada
- S es la superficie del plano de trabajo
- η es el factor de utilización
- f_m es el factor de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_l} \quad (\text{Redondeado por exceso})$$

Donde:

- N es el número de luminarias
- Φ_T es el flujo luminoso total
- Φ_l es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

Emplazamiento de las luminarias

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuir las sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left(\frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right)$$

Donde N es el número de luminarias

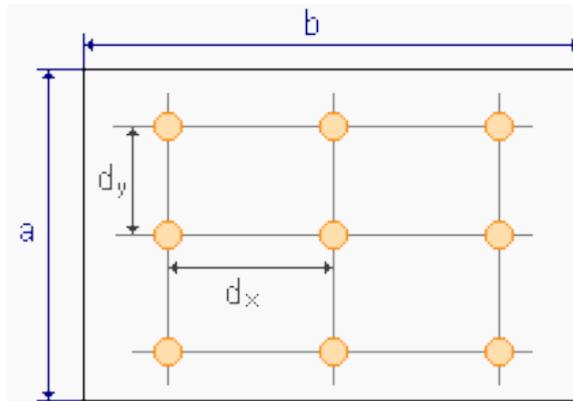


Fig. 4.12. Emplazamiento de luminarias en local de planta rectangular.

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminación que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados.

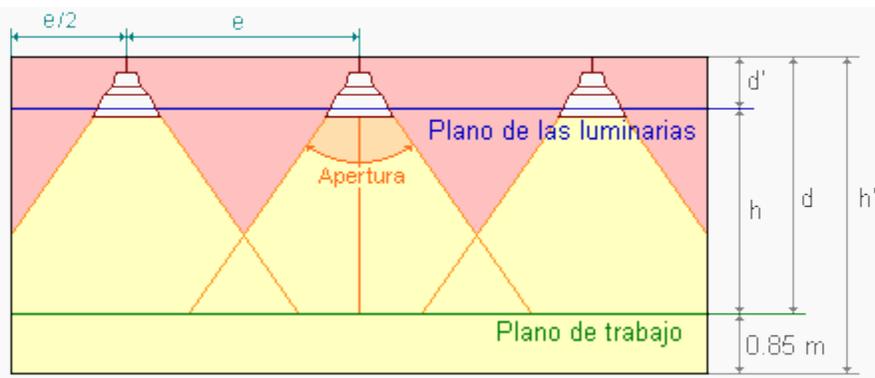


Fig. 4.13. Apertura del haz de luz.

De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

Tabla 4.16. Resumen sobre las separaciones entre luminarias.

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \approx 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \approx 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	≈ 4 m	$e \approx 1.6 h$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados determinando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{\text{tablas}}$$

Método del punto por punto

El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Pero, qué pasa si queremos conocer cómo es la distribución de la iluminación en instalaciones de alumbrado general localizado o individual donde la luz no se distribuye uniformemente o cómo es exactamente la distribución en el alumbrado general. En estos casos emplearemos el método del punto por punto que nos permite conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos.

Consideraremos que la iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes: una componente directa, producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias, y otra indirecta o reflejada procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies del local.

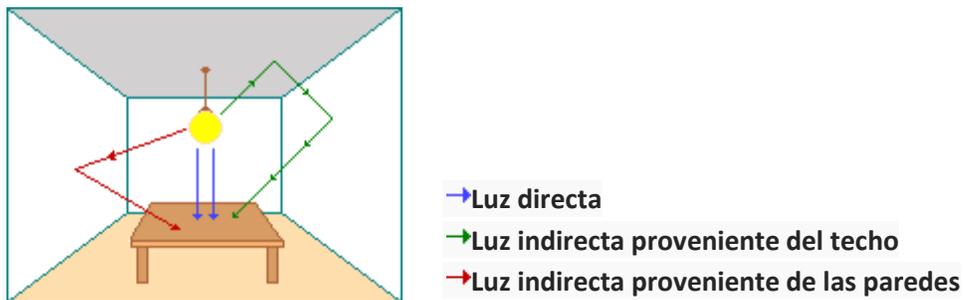


Fig.4.14. Punto por punto.

En el ejemplo anterior podemos ver que sólo unos pocos rayos de luz serán perpendiculares al plano de trabajo mientras que el resto serán oblicuos. Esto quiere decir que de la luz incidente sobre un punto, sólo una parte servirá para iluminar el plano de trabajo y el resto iluminará el plano vertical a la dirección incidente en dicho punto.

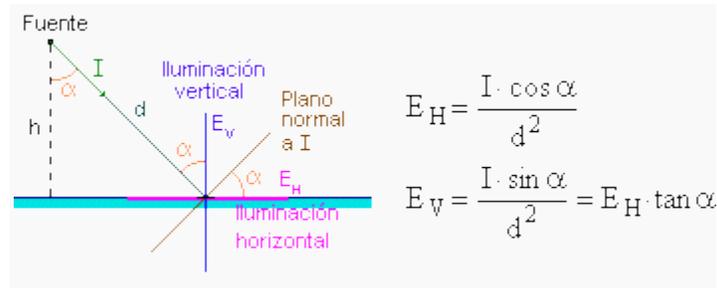


Fig. 4.15. Grafica de punto por punto.

Componentes de la iluminancia en un punto

En general, para hacernos una idea de la distribución de la iluminancia nos bastará con conocer los valores de la iluminancia sobre el plano de trabajo; es decir, la iluminancia horizontal. Sólo nos interesará conocer la iluminancia vertical en casos en que se necesite tener un buen modelado de la forma de los objetos (deportes de competición, escaparates, estudios de televisión y cine, retransmisiones deportivas...) o iluminar objetos en posición vertical (obras de arte, cuadros, esculturas, pizarras, fachadas...)

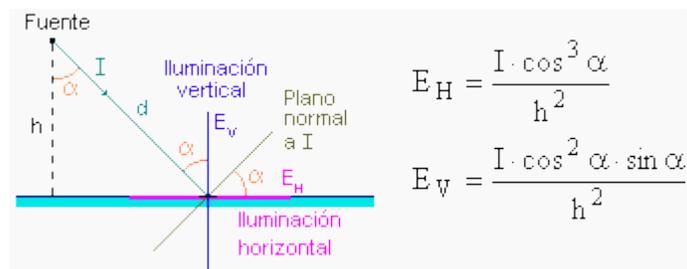
Para utilizar el método del punto por punto necesitamos conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos podemos empezar a calcular las iluminancias. Mientras más puntos calculemos más información tendremos sobre la distribución de la luz. Esto es particularmente importante si trazamos los diagramas isolux de la instalación.

Como ya hemos mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación directa más la de la iluminación indirecta. Por lo tanto:

$$E = E_{\text{directa}} + E_{\text{indirecta}}$$

Componente directa en un punto

Fuentes de luz puntuales. Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas.



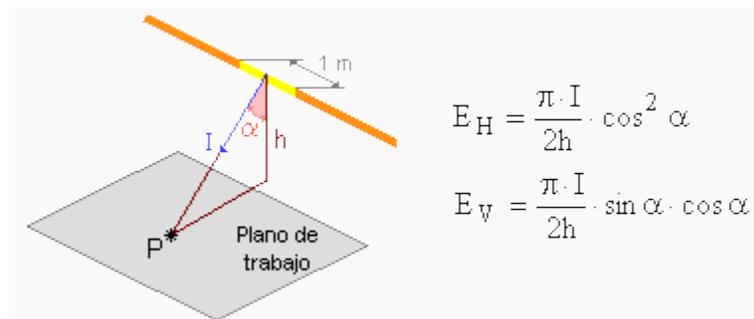
Donde I es la intensidad luminosa de la lámpara en la dirección del punto que puede obtenerse de los diagramas polares de la luminaria o de la matriz de intensidades y h la altura del plano de trabajo a la lámpara.

En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

$$E_V = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2}$$

Fuentes de luz lineales de longitud infinita. Se considera que una fuente de luz lineal es infinita si su longitud es mucho mayor que la altura de montaje; por ejemplo, una línea continua de fluorescentes. En este caso se puede demostrar por cálculo diferencial que la iluminancia en un punto para una fuente de luz difusa se puede expresar como:



En los extremos de la hilera de las luminarias el valor de la iluminancia será la mitad.

El valor de I se puede obtener del diagrama de intensidad luminosa de la luminaria referido a un metro de longitud de la fuente de luz. En el caso de un tubo fluorescente desnudo I puede calcularse a partir del flujo luminoso por metro, según la fórmula:

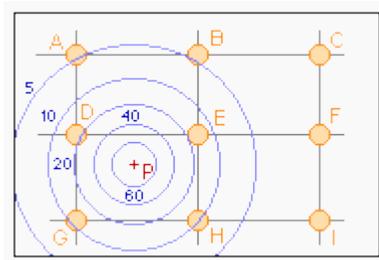
$$I = \frac{\Phi}{9.25}$$

Cálculo de las iluminancias horizontales empleando curvas isolux. Este método gráfico permite obtener las iluminancias horizontales en cualquier punto del plano de trabajo de forma rápida y directa. Para ello necesitaremos:

1. Las curvas isolux de la luminaria suministradas por el fabricante (fotocopiadas sobre papel vegetal o transparencias). Si no disponemos de ellas, podemos trazarlas a partir de la matriz de intensidades o de las curvas polares, aunque esta solución es poco recomendable si el número de puntos que nos interesa calcular es pequeño o no disponemos de un programa informático que lo haga por nosotros.

- La planta del local con la disposición de las luminarias dibujada con la misma escala que la curva isolux.

El procedimiento de cálculo es el siguiente. Sobre el plano de la planta situamos el punto o los puntos en los que queremos calcular la iluminancia. A continuación colocamos el diagrama isolux sobre el plano, haciendo que el centro coincida con el punto, y se suman los valores relativos de las iluminancias debidos a cada una de las luminarias que hemos obtenido a partir de la intersección de las curvas isolux con las luminarias.



Luminaria	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Total
Iluminancia (lux)	4	4	0	19	19	0	12	10	0	$E_T = 68 \text{ lx}$

Finalmente, los valores reales de las iluminancias en cada punto se calculan a partir de los relativos obtenidos de las curvas aplicando la fórmula:

$$E_r = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{\Phi_c} \cdot \left(\frac{h_c}{h_r} \right)^2 = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{h_r^2} \cdot \frac{1}{1000}$$

Componente indirecta o reflejada en un punto

Para calcular la componente indirecta se supone que la distribución luminosa de la luz reflejada es uniforme en todas las superficies del local incluido el plano de trabajo. De esta manera, la componente indirecta de la iluminación de una fuente de luz para un punto cualquiera de las superficies que forman el local se calcula como:

$$E_{\text{indirecta}} = E_{\text{ind}_H} = E_{\text{ind}_V} = \frac{\Phi}{F_T} \cdot \frac{\rho_m}{1 - \rho_m}$$

donde:

$$F_T = \sum_n F_i$$

es la suma del área de todas las superficies del local.

ρ_m es la reflectancia media de las superficies del local calculada como

$$\rho_m = \frac{\sum_n \rho_i \cdot F_i}{\sum_n F_i}$$

siendo ρ_i la reflectancia de la superficie F_i

y Φ es el flujo de la lámpara

Con los métodos explicados y descritos anteriormente podemos sacar una tabla comparativa de dichos métodos para el cálculo de alumbrado en interiores.

Tabla 4.17. Métodos de iluminación

Método de iluminación media (método de los lúmenes).	Método de cavidades zonales.	Método del punto por punto.
Indica sólo la iluminación producida directamente por la luminaria. La iluminación en un punto sobre una superficie horizontal se obtiene no sólo por el flujo recibido desde la luminaria, sino también por el reflejado desde el techo y las paredes laterales por encima de la superficie.	Está basado sobre la teoría de que la iluminación media es igual al flujo que incide sobre el plano de trabajo dividido por el área sobre la cual se distribuye.	Permite conocer los valores de iluminancia en puntos concretos. Su luminancia en un punto proviene de dos fuentes una directa (luminaria) y otra indirecta o reflejada (techo, paredes, superficies)

4.2 Tipos de lámparas

Catálogos y clasificación

Se pueden clasificar las lámparas de mayor uso en nuestros tiempos en:

- Lámpara Incandescentes
- Lámparas Halógenas
- Lámparas fluorescentes (lámparas de descarga de baja intensidad)
- Lámparas de Descarga
- Vapor de mercurio o alta presión
- Haluros metálicos
- Sodio a baja presión
- Sodio a alta presión

Cabe mencionar que no existe ninguna fuente de luz artificial universal que se adapte a todos y cada uno de los segmentos de aplicación. Las diferentes instalaciones requieren características de rendimiento distintas y cada fuente de luz presenta sus propias ventajas y desventajas.

Véase anexo 1.

4.3 Factores de selección de una luminaria

Altura de montaje, área, longitud, superficie, índice de cuarto, relación cavidad de cuarto, lúmenes y luxes (normas), reflectancias de local (techo, piso y pared)

Para seleccionar el equipo de iluminación se deberán tener en cuenta los factores siguientes:

- a) Calidad de la luz; uniformidad, color, contraste y brillantez.
- b) Cantidad de luz: nivel de iluminación en el plano horizontal de trabajo de acuerdo con el uso del local.
- c) Características del sistema eléctrico: volts, fases y frecuencia.
- d) Atmósfera: limpia, polvosa, peligrosa, húmeda o corrosiva.
- e) Tipo de servicio: interior, exterior y temperatura ambiente.

4.5 Método de cavidad zonal e índice de cuarto

Algoritmo método de las cavidades zonales. El procedimiento para diseñar instalaciones de iluminación interior se puede resumir en el siguiente algoritmo. Figura 4.16. Algoritmo para el diseño de instalaciones de iluminación interior.

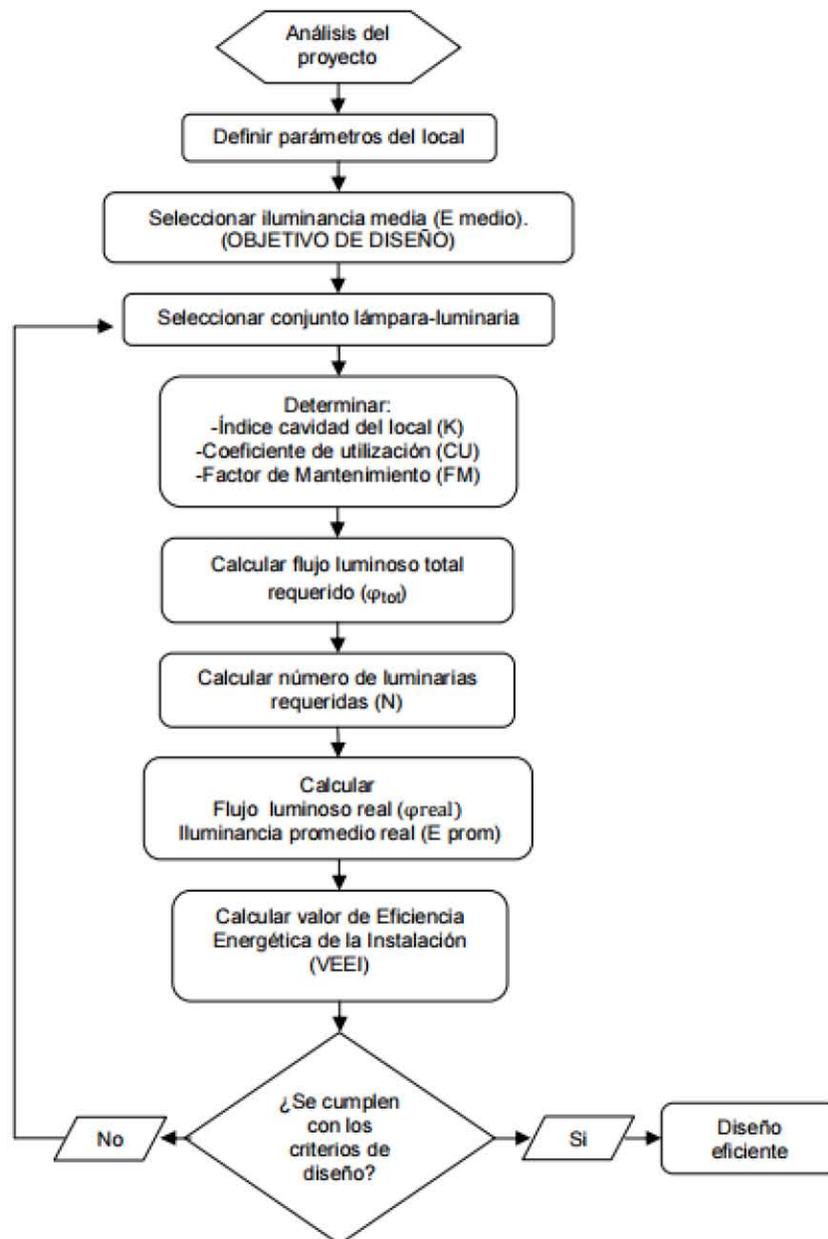


Fig. 4.16. Algoritmo.

CAPITULO 5. APLICACIÓN A UN EDIFICIO DE OFICINAS EN SANTA FE

5.1 Descripción de la obra

Se ejecutará la instalación eléctrica y todo lo que conlleva en la obra que será un edificio de oficinas, que constara de 16 niveles, aéreas comunes, 9.5 niveles de estacionamiento, cuarto de maquinas y bombeo.

El sistema que se propone debe ser extremadamente confiable, seguro, a prueba de imprevistos, versátil y de fácil mantenimiento.

5.1.1 Descripción del predio

Ubicación

La obra se encuentra ubicada en Calle Prolongación Paseo de la Reforma #491, Colonia Santa Fe, Delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México.

5.2 Descripción del proyecto eléctrico

Bases de diseño de las instalaciones eléctricas y sistemas especiales para el desarrollo de los diseños ejecutivos.

Objetivo

La instalación eléctrica deberá ser de capacidad y confiabilidad suficiente para cubrir las demandas del edificio y áreas comunes, cumpliendo con la NOM-001-SEDE-2012.

De la manera más práctica, determinar con precisión la aplicación en el desarrollo del proyecto ejecutivo.

Premisas

Para las instalaciones invariablemente se usaran los criterios vanguardistas y de tecnología de punta en cuanto al uso racional de los fluidos energéticos, de forma tal que realmente contribuyamos al desarrollo sustentable del planeta.

El diseño relativo a las instalaciones electromecánicas, deberá sujetarse a los requerimientos mínimos de observación obligatoria y recomendaciones de conveniencia práctica establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012

Alcances del proyecto

Instalación eléctrica de iluminación, contactos, elevadores y alimentadores generales de oficinas y áreas comunes, aire acondicionado de oficinas e igual, áreas comunes.

Diagrama unifilar, cuadros de carga, instalación eléctrica de extracción e inyección.

5.2.1 Descripción de la memoria de cálculo, normas y códigos

El presente cálculo se realizó bajo cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2012

Como apoyo a al cálculo se empleó también el "NEC" código eléctrico nacional 2011 de E.U.

Se diseñó la instalación adecuadamente, de forma que se consiga, entre otras cosas, lo siguiente:

- Facilidad y rapidez de instalación
- Operación eficiente de circuito.
- Seguridad durante la instalación y operación de las líneas eléctricas.
- Cumplimiento de las normas vigentes.

Datos necesarios para el cálculo

480 V Voltaje entre fases

5% Caída de tensión máxima entre alimentadores y derivados en porcentaje 2% 3% respectivamente como lo indica la sección 210-19 (a) y 215-2 (a). Ver fig. 1.6

30 ° C Temperatura Ambiente ° C el cual se determina con respecto a la zona geográfica donde se realiza la obra. Ver tabla 2.1

Tipo de Cable THW Vinanel 2000© 90°

Factores a considerar durante el cálculo del calibre como mínimo

1. Ampacidad del conductor
2. Caída de tensión calculada en base al método de impedancia
3. Temperatura ambiente
4. Factor de agrupamiento
5. Factor de temperatura
6. Carga eléctrica del equipo
7. Sistema de alimentación eléctrica.

Especificaciones

-
- a. Canalizaciones. Cuando estén ocultas en la estructura del edificio o en banquetas serán de tubería PVC servicio pesado y para las alimentaciones eléctricas subterráneas será de tubería conduit PVC marca "DURALON" tipo subterránea, hermética, Anticorrosiva, Auto extingible o similar.
 - b. Conductores. Estos deben de ser de cobre electrolítico, aislamiento T.H.W., de 600 V., 90 °C, anti flama, termoplástico, cuando están canalizados por tubería serán de la marca "CONDULAC" o similar; y cuando estén canalizados por charola debido a su mínima emisión de humos oscuros serán de la marca "CONDUMEX vinanel 2000 de 90 °C o similar.
 - c. Tableros. Estos deben ser de la marca "SQUARE D" o similar, de igual forma los interruptores termomagnéticos NEMA-1 o similar, para protección de sistemas contra incendio se instalarán interruptor magnético Mag-Gard con ajuste magnético de acuerdo a la letra de código de las bombas PCI.
 - d. Interruptores de seguridad de cuchillas. Estos deben ser de la marca "B-ticino".
 - e. Todas las cajas de conexión que van ahogadas en la losa o muro deberán ser de fierro galvanizado.
 - f. Las charolas multiductos deben ser de aluminio con entrepaños transversales a cada 40cm, según apique en la zona a instalar.

Bases para establecer el diseño de las instalaciones

a) Circuitos derivados

El alimentador de la carga de alumbrado en circuitos derivados se consideró al 100% de la carga conectada al circuito.

Las salidas de alumbrado no definidas se calcularon de acuerdo al proyecto de iluminación elaborado por terceros, los contactos por salida de uso general a un mínimo de 180 VA.

Las cargas para aparatos fijos y otras cargas definidas se calcularon al 100% de la potencia nominal del equipo.

Se instalará un número de circuitos derivados suficiente para abastecer las cargas que se hayan determinado.

b) Circuitos alimentadores

Los conductores de los circuitos Alimentadores deben tener la capacidad para transmitir la corriente que demanda la carga a la que se conecta a éstos.

En todos los casos, colocó una protección contra sobre corriente y fallas a tierra para cada conductor activo y está calculada de acuerdo a la corriente que demanda la carga.

El calibre del conductor para los alimentadores generales se determinó como mínimo calibre 10 AWG.

c) Sistemas de tierras

El sistema de tierras está formado por la conexión radial, que consiste en una serie de electrodos enterrados directamente al terreno natural formando una malla con conductor calibre 4/0 AWG desnudo conectada a la subestación eléctrica y a los sistemas de tierras del edificio.

Factores a considerar durante el cálculo del calibre como mínimo

1. Ampacidad del conductor
2. Caída de tensión calculada en base al método de impedancia
3. Temperatura ambiente
4. Factor de agrupamiento
5. Factor de temperatura
6. Carga eléctrica del equipo
7. Sistema de alimentación eléctrica.

Especificaciones

a) Canalizaciones. Las canalizaciones eléctricas, tanto de alimentación como de derivación, se hará con tubo Conduit metálico, galvanizado de pared gruesa o delgada según se indique en plano para instalaciones en el exterior de las marcas CATUSA, PEASA o similar, unido a otro tubo por medio de un cople, o bien sujeto a las cajas registro, así como a los tableros de distribución, por medio de contratuerca y monitor o conector y monitor según sea el caso.

Los coples en caso de pared gruesa deben ser de fierro galvanizado de buena calidad para tubo Conduit de pared gruesa y para tubería de pared delgada será del tipo Americano, manufactura en antimonio con tornillos de seguridad, según corresponda, ambos de fabricación nacional de la misma marca que el tubo Conduit.

Las dimensiones y cantidades de tubo se especifican en los planos y/o lista de materiales del proyecto respectivo, siempre que la distancia lo permita se procurará instalar tubos enteros, evitando el uso de pedacería y coples, con el fin de dar mayor rigidez a la instalación.

Todas las canalizaciones eléctricas deben ser perfectamente lisas en su interior, así como sus extremos deberán estar libres de rebabas y aristas cortantes, no se aceptará por ningún motivo tuberías que al doblarlas hayan sufrido disminuciones en su diámetro interior (chapadas), o rupturas.

Tabla de homologación de dimensiones nominales de tubería conduit de uso en instalaciones electricas, basada en la “NOM-001-SEDE-2012”

Tabla 5.3. Dimensiones y porcentajes para conduit.

Tabla 4.- Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit (basado en la Tabla 1, de este Capítulo)

Artículo 358 – Tubo conduit no metálico (EMT)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
16	½	15.8	196	118	104	61	78
21	¾	20.9	343	206	182	106	137
27	1	26.6	556	333	295	172	222
35	1 ¼	35.1	968	581	513	300	387
41	1 ½	40.9	1314	788	696	407	526
53	2	52.5	2165	1299	1147	671	866
63	2 ½	69.4	3783	2270	2005	1173	1513
78	3	85.2	5701	3421	3022	1767	2280
91	3 ½	97.4	7451	4471	3949	2310	2980
103	4	110.1	9521	5712	5046	2951	3808

346-10. Curvas. Las curvas del tubo (conduit), se deben hacer de modo que el tubo (conduit) no sufra daño y que su diámetro interno no se reduzca, el radio de curvatura hechas en obra en conductores con cable sin forrar, con máquina de curva de un solo golpe diseñada para ese fin, el radio de curvatura mínimo no debe ser menor al indicado en la Tabla 2.

Tabla 5.4. Radio de las curvas de tubo conduit.

Tabla 2.- Radio de las curvas del tubo conduit y tuberías

Tamaño del tubo conduit o tubería		Dobladoras de un solo movimiento y de zapata completa	Otras curvas
Designación métrica	Tamaño comercial	mm	mm
16	½	101.6	101.6
21	¾	114.3	127
27	1	146.05	152.4
35	1 ¼	184.15	203.2
41	1 ½	209.55	254
53	2	241.3	304.8
63	2 ½	266.7	381
78	3	330.2	457.2
91	3 ½	381	533.4
103	4	406.4	609.6
129	5	609.6	762
155	6	762	914.4

Todas las tuberías soportadas en losa, travesaños ó muros, deberán sujetarse firmemente por medio de herrajes y elementos de fijación tales como: canal unistrut, pernos ancla, barrenanclas, etc.

De ninguna manera se aceptarán sujeciones con soportes de madera o amarres de alambre, ninguna tubería por delgada que sea se aceptará sujeta a otra tubería o a elementos de otras instalaciones como tuberías de plomería, ductos de aire acondicionado, estructura de falsos plafones, etc.

En los casos que se requiera instalar canalizaciones ahogadas en losa, las tuberías y cajas deberán sujetarse firmemente a la cimbra, después de que se haya colocado el armado, con el objeto de evitar que sean desplazadas al efectuar el colado.

Las tuberías para instalaciones eléctricas deberán separarse de otras instalaciones, principalmente de aquellas que puedan elevar la temperatura de los conductores, así mismo deben colocarse de tal forma que no soporten esfuerzos provenientes del edificio, cuando se requiera pasar a través de juntas constructivas, se unirá con elementos flexibles capaces de absorber los movimientos del edificio, tales como tubería conduit metálica flexible con cubierta de P.V.C., a prueba de líquidos, tipo licuatite.

Queda prohibido el uso de tuberías y accesorios hidráulicos para sustituir el tubo conduit y sus accesorios.

Cajas de conexiones (Registros)

Las cajas de conexiones de fabricación de línea, deberá ser reforzadas, de acero galvanizado, de las dimensiones adecuadas a las tuberías que tendrán que contener, las perforaciones de las cajas deberán estar pretroqueladas, de esta forma será más fácil remover los discos seleccionados en cada caso para introducir el tubo conduit correspondiente, la profundidad mínima de las cajas será de 38 mm., y estarán previstas de dos orejas con tornillos para facilitar la colocación de las tapas, sobre tapas, apagadores y otros accesorios, las tapas y sobre tapas de las cajas de conexiones, serán de acero galvanizado, en el caso de las cajas, estas serán lisas con perforaciones centrales de 13 mm., con agujero y ranura para fijarse por medio de tornillo.

Apagadores

Los apagadores deberán reunir las características de ser interruptores de apertura brusca de pequeña capacidad para operarse manualmente en circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para instalaciones eléctricas. Los apagadores estarán provistos de medios que permitan colocarlos en una caja de conexiones para después montar sobre ellos una placa de recubrimiento asegurada a la caja.

Contactos

Todos los contactos tendrán conexión de puesta a tierra integrada.

En áreas públicas serán dúplex polarizados según se requiera a menos que se especifique otro, 20 A, 127 V. marca aprobada, en las áreas de servicio, según se requiera se utilizarán contactos dúplex polarizados con toma de puesta a tierra física aislada 20 A 120 V marca aprobada y en las áreas húmedas serán contactos dúplex polarizados con protección contra fallas de fase y neutro a tierra física 20 A 127 V marca aprobada.

b) Conductores. Estos deben de ser de cobre electrolítico, aislamiento T.H.W., de 600 V., 90°C, anti flama, termoplástico, cuando están canalizados por tubería serán de la marca "CONDUMEX" o similar; y cuando estén canalizados por charola debido a su mínima emisión de humos oscuros serán de la marca "CONDUMEX vinanel 2000 de 90 °C o similar.

El cableado mínimo a utilizarse para el alumbrado a 127 V, será calibre 12 AWG, para contactos será calibre 12 o en su caso 10 AWG, para equipos motrices a 220/127 V, será calibre 10 AWG, queda estrictamente prohibido que las conexiones eléctricas entre conductores queden en el interior de los tubos aun en los casos en que estas sean perfectamente aisladas, invariablemente deberán quedar todas las conexiones dentro de las cajas registro colocadas para tal objeto.

c) Tableros. Estos deben ser de la marca "SQUARE D" o similar, de igual forma los interruptores electromagnéticos NEMA-1 o similares.

d) Interruptores de seguridad de cuchillas. Estos deben ser de la marca "Square 'D'".

e) Todas las cajas de conexión que van ahogadas en la losa o muro serán de hierro galvanizado.

f) Las charolas multiductos deben ser de aluminio con entrepaños transversales a cada 40cm según aplique en la zona.

Normas aplicables para el cumplimiento del proyecto

NORMA OFICIAL MEXICANA DE INSTALACIONES ELECTRICAS NOM-001-SEDE-2012

Ejecución en la obra

La compañía suministradora de energía eléctrica proveerá el servicio en media tensión hacia todos los transformadores para alimentar las cargas de iluminación, contactos, fuerza, elevadores, bombeo, etc.

Todos los contactos serán polarizados y cada chalupa salida o caja de conexión deber estar conectada al sistema de tierra.

Todas las tuberías exteriores que vayan enterradas directamente a la tierra se recubrir de concreto pobre.

Las canalizaciones instaladas aparente, son aprobadas para este fin, considerando las condiciones del ambiente en que estas se encuentran.

Los conductores alojados en canalizaciones cerradas no presentan empalmes, que alteren la continuidad mecánica de fabricación.

Todas las canalizaciones que transportan cables energizados, están protegidas firmemente contra daño mecánico que evita cualquier riesgo imprevisto.

El lugar seleccionado para la ubicación de las bombas en cada sistema, se encuentra protegido para evitar que los motores eléctricos y su instalación eléctrica sean expuestos goteo, que pueda causar fallas en el sistema.

5.2.2 Características generales del proyecto

Media Tensión

La acometida de media tensión por medio de conductores con aislamiento XLP, clase 25 KV, alimentará a un seccionador en Hexafluoruro de azufre (SF6) de 3 vías (1 entrada, dos salidas) y se acoplará por medio de cable de potencia de una de las dos salidas a los transformadores TR-01 y TR-02 de 500 y 750 KVA respectivamente que son los que suministran energía eléctrica a todos los niveles de oficinas y comercios en PB. A su vez, la segunda salida del seccionador, acoplamiento por medio de Cable XLP, alimentará a una subestación unitaria que se encargará de medir y suministrar energía eléctrica a todas las áreas comunes del edificio (iluminación, contactos y HVAC) por medio de los transformadores TR-03, TR-04 y TR-05 de 1000, 750 y 500 KVA respectivamente. Dicha subestación estará conformada por 4 secciones acopladas por medio de barras de 400 A en MT clase 25 KV. La primera sección será para el equipo de medición en un gabinete en donde también alojará los Transformadores de potencial y de corriente (TP's y TC's) y accesorios para su correcta medición del sistema eléctrico. La segunda sección contendrá fusibles de potencia y apartarrayos necesarios para la protección del sistema eléctrico en media tensión contra sobrecargas por corto circuito y descargas atmosféricas que pudiesen dañar los equipos, mientras que en la tercera y cuarta sección alimentarán los transformadores del TR- 03 al TR-05.

Cabe mencionar que el transformador TR-04 se encontrará en el nivel 17- cuarto de máquinas que servirá para el suministro de energía eléctrica de los equipos de Aire Acondicionado que se encuentra en ese nivel.

Los transformadores que se están considerando para este sistema, son transformadores tipo pedestal, en operación radial o anillo (VER DU-01 al 09), clase 25 KV, Color gris ANSI -49 auto enfriado en liquido biodegradable con un punto de ignición de 300 °C, Clase KNAN "OA", conexión delta en el primario 3F-3H, 23 KV (confirmar con gestor ante CFE) y conexión estrella en el secundario 3F-4H, 220/127 volts (para oficinas) y 480/277 volts (para áreas comunes).

Baja Tensión

Niveles de oficinas

Para suministrar eléctricamente a cada una de los niveles de área rentable los transformadores TR-01 y TR-02 alimentarán a dos concentraciones de medidores CM-01 y CM-02, dichas concentraciones están diseñadas para alimentar 4 usuarios en niveles, tipo, 2 usuarios en planta baja 2, usuarios en nivel 1 y 4 usuarios en nivel PH (nivel 16), lo cual esto variará de acuerdo al nivel de ocupación de los mismos.

La densidad de carga eléctrica instalada que se está considerando para diseño del sistema eléctrico en oficinas es de 60 W/m², con un factor de demanda del 80%, lo cual resulta en una densidad de carga eléctrica demandada de 48 W/m² lo cual cumple con la norma, el cual dice que se deberán considerar 45 w/m² mínimos de iluminación y contactos.

Los transformadores para oficinas quedarán respaldados por medio de dos plantas de emergencia de 600 KW (La capacidad de las plantas se calculó con las misma densidad de carga eléctrica instalada 60 W/m² y demandada de 48W/m², con un factor de demanda de 80%), 220/127 volts y factor de potencia de 0.80. La configuración para que las plantas de emergencia puedan abastecer de energía eléctrica a los niveles de oficinas y comercio será por medio de unas multitransferencias que se colocan a la salida de cada uno de los medidores, en este caso, cuando falle el suministro de energía de CFE arrancarían las plantas de emergencia y se hará el respectivo cambio (switch) automático para ahora dar suministro ahora por medio de las plantas de emergencia.

Áreas comunes

Aire Acondicionado. Nivel 17- Cuarto de máquinas

Como se mencionó anteriormente, el transformador TR-04 se encuentra en este nivel, ya que esto facilita el suministro, lo hace más confiable y por lo tanto genera un ahorro considerable en cuanto a volumen de cable para alimentar todos los equipos en este nivel, que si se considerara la fuente de alimentación en el sótano 1 donde se ubica la subestación eléctrica.

El TR-04 alimentará a dos tableros generales "TG-AA1" Y "TG-AA2" para alimentar a las dos unidades generadores de agua helada (UGAH-01 y 02) así como también a todos los equipos de bombeo del sistema de aire acondicionado (BPHAV- 01 al 03, BAC-01 al 03, BAK-04 al 06) y las torres de enfriamiento (TEC-01, TEC-02, TE-01 y TE-02).

Los dos tableros generales tendrán medición digital PM850 y con protocolo de comunicaciones Modbus.

Cabe mencionar que todos los alimentadores están calculados con una caída de tensión no más del 2% tal como lo indica el punto 8.4.1.1 del código ASHRAE¹ 90.1- 2007 para alimentadores generales y no más del 3% para circuitos derivados como lo indica el punto 8.4.1.2.

¹ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Salud, Ingenieros de Refrigeracion y Aire Acondicionado). 8.4.1.1 Feeders. Feeder conductors shall be sized for a maximum voltage drop of

Aire Acondicionado en niveles de oficinas

Para la alimentación a las unidades manejadoras de Aire en cada nivel de oficinas y comercio, se hará por medio de un transformador “TR-04” de 500 KVA alimentado a 480 Volts, el cual, a su vez, alimentará dos tableros generales tipo NF.

Los dos tableros generales contarán con un módulo de medición digital en gabinete NEMA-1, Marca Levitón, serie 2000, con protocolo de comunicaciones Modbus².

Cabe mencionar que todos los alimentadores están calculados con una caída de tensión no más del 2% tal como lo indica el punto 8.4.1.1 del código AHSRAE 90.1- 2007 para alimentadores generales y no más del 3% para circuitos derivados como lo indica el punto 8.4.1.2.

Extracción e inyección de sótanos

La alimentación y control de los equipos de ventilación y extracción se hará por medio de Centros de Control de Motores “CCM”, estos estarán ubicados de la siguiente manera:

2% at design load. (Alimentadores. Los conductos alimentadores deberán tener el tamaño para la caída de voltaje máxima de 2% en la carga del diseño).

² Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo (RTU) o cliente/servidor (TCP/IP), diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

1. Es público
2. Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
3. Maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Tabla 5.5. Centros de Control de Motores CCM.

Etiqueta	Descripción	Sótanos que controla el CCM
CCM-VE	Centro de control de Motores Ventiladores de Extracción	Del Sótano 1 al 3
CCM-VE1	Centro de control de Motores Ventiladores de Extracción 01	Del sótano 4 al 6
CCM-VE2	Centro de control de Motores Ventiladores de Extracción 02	Del sótano 7 al 9.5
CCM-VI	Centro de Control de Motores Ventiladores de Inyección	Del Sótano 1 al 3
CCM-VI	Centro de Control de Motores Ventiladores de Inyección 01	Del Sótano 4 al 6
CCM-VI	Centro de Control de Motores Ventiladores de Inyección 02	Del Sótano 7 al 9.5
CCM-VA	Centro de Control de Motores Ventiladores de Apoyo "VA"	Del Sótano 1 al 9

Los CCM's tendrán un selector ON-OFF-AUTO ya que así lo requiere el sistema de control para la extracción e inyección de estos equipos.

Los CCM's trabajan a un voltaje de 480 Volts, excepto el CCM-VA ya que ese estará alimentado a un voltaje de 220/127 Volts.

5.2.3 Áreas comunes con respaldo de emergencia

Iluminación

Las áreas comunes que tendrán el respaldo de emergencia serán toda la iluminación de vestíbulos en niveles tipo de oficinas, PH y nivel de comercios (PB), así como Nivel 1, Sky lobby y Nivel 2, iluminación de estacionamientos, y nivel de cuarto de máquinas. Cabe destacar que toda la iluminación será distribuida por tableros que se encontrarán en los siguientes niveles:

Tabla 5.6. Iluminación de emergencia.

Nombre del Tablero	Niveles (vestíbulos) que alimentan.
Tablero "T-P" Ubicado en sótano 1	Sótano 1,2 y 3
Tablero "T-P1" Ubicado en sótano 5	Sótano 4,5 y 6
Tablero "T-P2" Ubicado en sótano 8	Sótano 7, 8, 9 y 9.5
Tablero "T-L" Ubicado en P.B.	Planta Baja y Nivel 1
Tablero "T-V" Ubicado en nivel 3	Nivel 2, 3, 4 y 5
Tablero "T-V1" Ubicado en Nivel 7	Nivel 6, 7, 8 y 9
Tablero "T-V2" Ubicado en Nivel 10	Nivel 10, 11, 12 y 13
Tablero "T-V3" Ubicado en Nivel14	Nivel 14, 15, 16 y Cuarto de Maquinas

Todos estos tableros de distribución están alimentados por un Tablero General "TSGAC-2" Tipo I-Line y que llevará al igual que todos los tableros generales una medición digital pero esta será PM850 con protocolo de comunicaciones Modbus. Este tablero general al igual que los tableros "T-F" (con medición digital Levitón Serie 2000) y el tablero T-GC con la misma medición que el anterior que serán utilizados para alimentar eléctricamente los equipos de aire acondicionado (Unidades Condensadoras y Unidades evaporadoras) de Planta Baja, los Fan & Coil que están ubicados en cada vestíbulo y los contactos de servicio para las UMA's de cada nivel

respectivamente. Todos estos tableros serán alimentadores por el transformador tipo seco “TR-AC2” de 225 KVA que transforma el voltaje de 480 volts a 220/127 volts con la finalidad de que toda la iluminación y contactos sean manejados en voltajes menores, seguros y confiables para el personal de mantenimiento que tendrá el Edificio.

Equipos de bombeo

Para alimentar los equipos de bombeo en el cuarto de máquinas de la Cisterna (Bombeo Dúplex a tinacos, Bombeo para filtración de agua pluvial, Bombeo dúplex a tinacos de agua reciclada, bombeo de achique a cuarto de máquinas, bombeo de demasías pluviales, bombeo de demasías de aguas negras) serán alimentados de un tablero Subgeneral “TS-GB” (el cual también contará con medición digital y protocolo de comunicaciones Modbus) Tipo NF a 480 volts

El tablero T-BA alimentará a los equipos de bombeo que se encuentran en el nivel 17, Cuarto de máquinas (Boster de agua potable, y bombeo de agua reciclada).

Tanto el Tablero TS-GB y T-BA, así como la planta de tratamiento “P-TAR” serán alimentados del Tablero General de Áreas Comunes “T-GAC” que da servicio y respaldo de emergencia a todas las cargas mencionadas anteriormente (desde el punto 1.2.2.3), así como elevadores y equipos de aire acondicionado que son de gran importancia que tenga un respaldo de emergencia tal es el caso de los ventiladores de presurización de escaleras (VIP-01 al 03)

Elevadores

Tanto los elevadores como el montacargas estarán respaldados por la planta de emergencia, de los tableros “TSG-E1” y “TSG-E2” para los elevadores que van a los sótanos, escaleras eléctricas de planta baja y Nivel 1, y los elevadores que suben hacia los niveles de oficinas hasta el nivel de cuarto de máquinas – nivel 17- respectivamente.

Los dos tableros generales contarán con módulo de medición digital en gabinete NEMA-1, Marca Levitón, serie 2000, con protocolo de comunicaciones Modbus.

Las ubicaciones de las estaciones de medición estarán ya sea instalados en los tableros generales Tipo I-LINE de mayor capacidad (PM850) y para los tableros de menos capacidad pero que se requiere hacer la medición del consumo de energía de las cargas a las que alimenta se tiene el módulo de medición Levitón serie 2000, ambos con protocolo de comunicaciones Modbus. La ubicación y tipo de medición se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 5.1. Tableros generales.

Nombre del Tablero	Descripción	Tipo de medición	Ubicación del tablero
TG-M1	Tablero General para	Levitón serie 2000, con protocolo de	Sótano 1

	alimentación de UMA's	comunicación Modbus	
TG-M2	Tablero General para alimentación de UMA's	Levitón serie 2000, con protocolo de comunicación Modbus	Sótano 1
T-GAA1	Tablero General de Aire Acondicionado nivel cuarto de máquinas HVAC	Equipo de medición PM850 empotrado en tablero con protocolo de comunicación Modbus	Nivel 17. Cuarto de Maquinas
T-GAA2	Tablero General de Aire Acondicionado nivel cuarto de máquinas HVAC	Equipo de medición PM850 empotrado en tablero con protocolo de comunicación Modbus	Nivel 17. Cuarto de Maquinas
T-GAC	Tablero General de Áreas comunes con respaldo de emergencia	Equipo de medición PM850 empotrado en tablero con protocolo de comunicación Modbus	Sótano 1
T-GV	Tablero General para Extracción e inyección de sótanos	Levitón serie 2000, con protocolo de comunicación Modbus	Sótano 1
T-BA	Tablero Subgeneral para equipos de bombeo en cuarto de máquinas nivel 17	Levitón serie 2000, con protocolo de comunicación Modbus	Nivel 17. Cuarto de Maquinas
TSG-E1	Tablero Subgeneral para Elevadores 1	Levitón serie 2000, con protocolo de comunicación Modbus	Planta Baja
TSG-E2	Tablero Subgeneral para Elevadores 2	Levitón serie 2000, con protocolo de comunicación Modbus	Nivel 17. Cuarto de Maquinas
TSG-B	Tablero Subgeneral para equipos de bombeo, cuarto de máquinas Cisterna	Levitón serie 2000, con protocolo de comunicación Modbus	Nivel Cuarto de máquinas Cisterna

TSG-AC2	Tablero Subgeneral para iluminación de áreas comunes	Equipo de medición PM850 empotrado en tablero con protocolo de comunicación Modbus	Sótano 1
T-F	Tablero para Fan & Coil de Vestíbulos y Unidades Condensadoras de oficinas planta baja	Levitón serie 2000, con protocolo de comunicación Modbus	Sótano 1
T-GC	Tablero para alimentar contactos de todo el edificio	Levitón serie 2000, con protocolo de comunicación Modbus	Sótano 1
ESPECIFICACIONES	Anexo 2		

Especificaciones de medidores

Tabla 5.2. Medidores

Medidor	Descripción
PM850	Equipo de medición, montaje el riel DIN, display LCD integrado o remoto, con graficador de barras, medición de voltaje en 3 fases, corriente, demanda, energía, frecuencia y factor de potencia, 1 puerto RS485 estándar, puerto serial con protocolo Modbus
Levitón serie 2000	Equipo de medición montaje en Gabinete NEMA-1, display LCD integrado medición de voltaje en 3 fases, corriente, demanda, energía, frecuencia y factor de potencia, 1 puerto RS485 estándar, puerto serial con protocolo Modbus

-
- 12.- TODAS LAS ABERTURAS EN MUROS, PISOS Y TECHOS POR LAS CUALES PASAN ELEMENTOS ELÉCTRICOS DEBEN DE PROTEGERSE CONTRA EL FUEGO POR MÉTODOS ADECUADOS.
 - 13.- TODA LA SOPORTERÍA DEBERÁ DEBERA SER GALVANIZADA Y PROTEGERSE CONTRA LA CORROSIÓN MEDIANTE METODOS ADECUADOS PARA EL AMBIENTE EN EL CUAL VAN A SER INSTALADOS COMO LO INDICA EL ART 300-6 DE LA NOM-001
 - 14.- TODOS LOS TABLEROS DEBERÁN CONTAR CON UNA BARRA DE TIERRA FÍSICA CONECTADA DIRECTA AL GABINETE Y UNA BARRA DE NEUTRO AISLADA.
 - 15.- EL CONTRATISTA DEBERA CONSIDERAR TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS HASTA LA CONEXION DE LOS EQUIPOS PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO.
 - 16.- TODOS LOS TABLEROS DEBERAN DE INSTALARSE A UNA ALTURA DE 1.8 mts. S.N.P.T. AL PAÑO SUPERIOR DEL TABLERO
 - 17.- SE DEBERA DE TENER UN ESPACIO DE TRABAJO MINIMO FRENTE A CADA TABLERO DE DISTRIBUCION DE 0.90m. O BIEN COMO LO INDICA LA TABLA 110-26(a)(1) DE LA NOM-001
 - 18.-COORDINAR CON ESTRUCTURAS Y OTRAS DISCIPLINAS LAS ALTURAS DE LAS TUBERIAS ANTES DE INSTALAR ESTAS.
 - 19.-LAS TUBERÍAS DEBERA IR SOPORTADAS DE MANERA ADECUADA DE ACUERDO A LA TABLA 344-30(b)(2) PARA TUBO PGG (RMC), y TABLA 352-30 PARA TUBO CONDUIT RÍGIDO DE PVC.
 - 20.-EL CABLE DE TIERRA DE CADA CIRCUITO DE LOS ALIMENTADORES DEBERAN ATERRIZARSE DIRECTAMENTE A LA BARRA DE TIERRA DEL TABLERO CORRESPONDIENTE.
 - 21.-TODOS LOS CONECTORES UTILIZADOS DEBERAN SER BIMETALICOS EN CASO DE INDICARSE ALIMENTADORES TIPO MC, DE ALUMINIO.
 - 22.-NO SE PERMITIRÁ NINGUN OTRO TIPO DE INSTALACIÓN DE OTRAS INGENIERÍAS, ARRIBA DE LAS TUBERÍAS DE ALIMENTADORES GENERALES.
 - 23.-EL VOLUMEN DE TODAS LAS CAJAS DE CONEXIONES SE DIMENSIONARAN CONFORME A LA TABLA 314-16(a) DE LA NOM-001-SEDE-2012.
 - 24.-PARA ALIMENTADORES GENERALES NO SE PERMITE EL USO DE EMPALMES DE NINGÚN TIPO.
 - 25.-EN CONDUCTORES CUYOS CALIBRES SOLAMENTE SE FABRIQUEN EN COLOR NEGRO, SE MARCARAN LAS PUNTAS SEGUN A LA FASE A LA QUE CORRESPONDAN. (INDICAR CON MARCAS EN LOS EXTREMOS Y EN CAJAS DE CONEXION).
 - 26.-LA TUBERIA UTILIZADA PARA ALIMENTADORES DEBERA SER LA INDICADA EN DIAGRAMA UNIFILAR, TABLA DE ALIMENTADORES Y ESTE PLANO, LA TUBERIA BAJO PISO SERA CONDUIT DE PVC TIPO PESADO
 - 27.-EL ALIMENTADOR DE LA BOMBA DE CONTRA INCENDIO DEBERA SER COMPLETO DESDE LA SUBESTACION HASTA EL CUARTO DE BOMBAS, SIN EMPALMES PARA EVITAR PUNTOS DE FALLA O CALENTAMIENTOS POR FALSO CONTACTO.
 - 28.-TODA LA SOPORTERÍA DEBERÁ SER GALVANIZADA, EN CASO DE QUE NO LO SEA DEBERA PROTEGERSE CON PINTURA ANTICORROSIVA.
 - 29.-EL CONTRATISTA ELECTRICO DEBERA CONSIDERAR LOS RADIOS DE CURVATURA QUE SE INDICAN EN EL ART. 300-34 20.-LOS CONDUCTORES DE ALUMINIO CON ARMADURA METALICA (MC) DEBERAN SER CONTINUOS, DENTRO DE GABINETES, CAJAS Y TABLEROS, SE LES DEBERA QUITAR LA ARMADURA METALICA, DISPONER DE ACCESORIOS PARA LA CONEXION A CAJA, TABLERO O GABINETE.
 - 30.-TODAS LAS INSTALACIONES ELECTRICAS PROVISIONALES ORIGINADAS DURANTE LA REALIZACION DE LA OBRA, DEBERAN SER REALIZADAS DE ACUERDO AL ARTÍCULO 590 DE LA NOM-001-SEDE-2012.
 - 31.-SE DEBERÁN COLOCAR SELLOS CONTRA FUEGO EN LOS PASOS DE ALIMENTADORES DEL CUARTO DE LA SUBESTACION ELECTRICA AL INTERIOR DEL LOCAL CON UNA RESISTENCIA DE 3 HORAS COMO MÍNIMO.

32.-TODAS LAS TUBERIAS DE PVC POR PISO QUE CRUCEN PASOS VEHICULARES DEBERÁN SER ENCOFRADAS EN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA MINIMA DE 100 Kg/cm².

33.-ANTES DE REALIZAR LAS ALIMENTACIONES ELECTRICAS (220V O 480V) EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, PLANTA DE TRATAMIENTO EQUIPOS DE PRECISIÓN Y EQUIPOS EN CUARTO DE MÁQUINAS, SE DEBERÁ VERIFICAR CON EL PROVEEDOR DEL EQUIPO LA UBICACION EXACTA DONDE SE REQUIERE ESTAS ALIMENTACIONES.

34.-EL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO DE LOS CONDUCTORES DE RECEPCIÓN DEL SUMINISTRO PARA BOMBAS CONTRA INCENDIO DEBE CUMPLIR CON EL ART. 695-4(b)(2)(a) DE LA NOM.

35.-EL CIRCUITO O CIRCUITOS QUE ALIMENTAN A LA BOMBA CONTRA INCENDIO DEBEN ESTAR PROTEGIDOS POR UNO DE LOS SIGUIENTES MÉTODOS:

a) ESTAR RECUBIERTOS EN 5.0 CENTÍMETROS DE CONCRETO

b) ESTAR PROTEGIDO POR UN ENSAMBLE CON CLASIFICACIÓN NOMINAL AL FUEGO MÍNIMA DE 2 HORAS. TAL COMO RECUBRIMIENTO MCA. PREVIFUEGO MASTIC O EQUIVALENTE QUE CUMPLA CON UL No.1709, ASTM-E-119 Y NFPA-251

5.3.1 Planta de emergencia

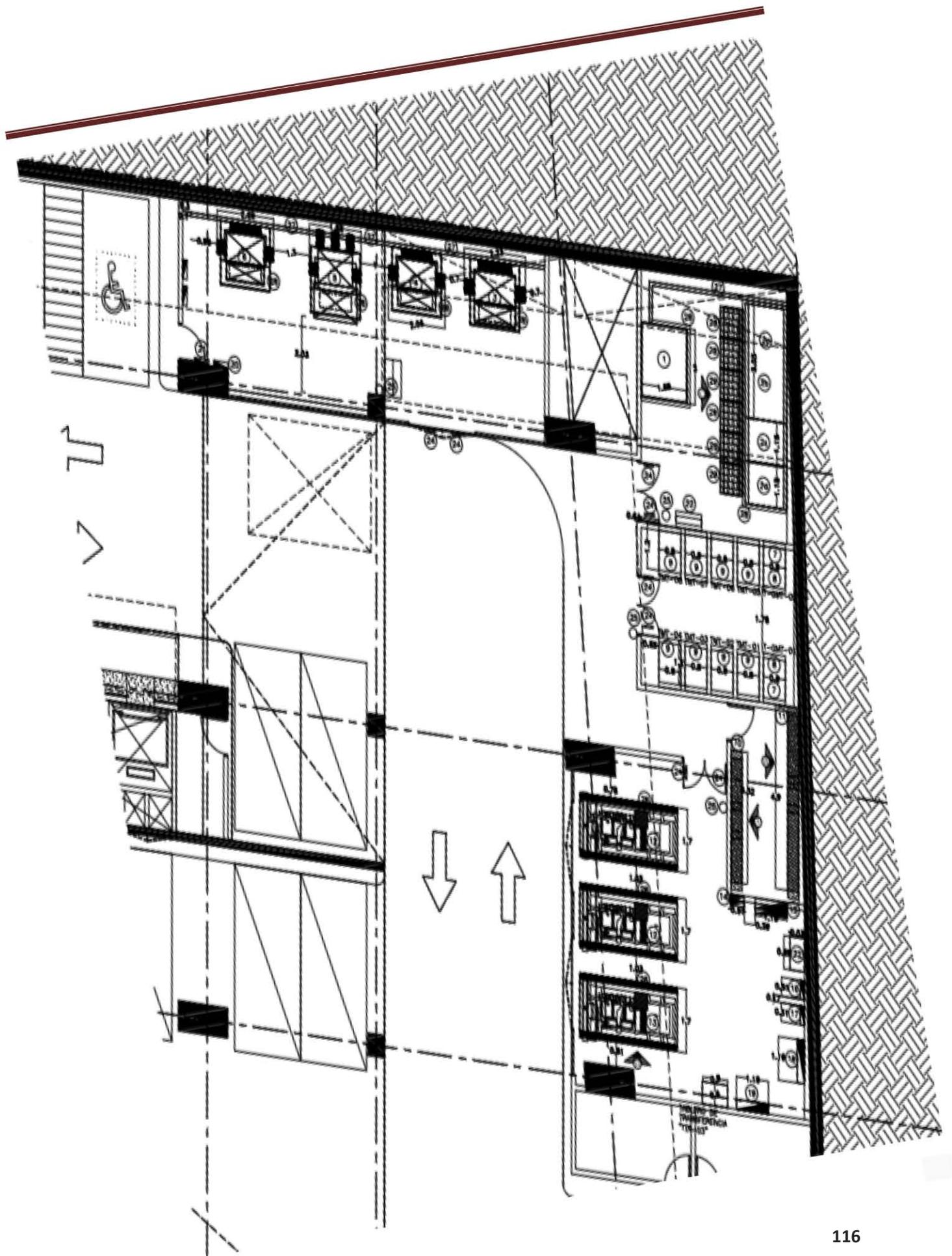
CONCENTRACIÓN DE MEDIDORES	
10	CONCENTRACIÓN DE MEDIDORES " CM-01", CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-1600A, AL CENTRO DE LA CONCENTRACIÓN PARA DERIVAR CON BUSES DE 800 A LOS COSTADOS DE LA SECCIÓN DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL, CONTENIENDO 20 INTERRUPTORES DE 3P-70A, 6 INTERRUPTORES DE 3P-50 A Y 2 INTERRUPTORES DE 3P-125A CON SUS RESPECTIVAS BASES PARA MEDIDORES TRISFÁSICOS (SE CONSIDERARON 4 USUARIOS POR NIVEL DE OFICINAS Y DOS USUARIOS EN PLANTA BAJA, VER DU-01 AL 04, SE VERIFICARÁ DE ACUERDO A LA OCUPACIÓN DE LOS NIVELES LA CAPACIDAD ESTOS INTERRUPTORES PARA CADA SERVICIO EN BAJA TENSIÓN)
11	CONCENTRACIÓN DE MEDIDORES " CM-02", CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-2000A, AL CENTRO DE LA CONCENTRACIÓN PARA DERIVAR CON BUSES DE 1200 A LOS COSTADOS DE LA SECCIÓN DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL, CONTENIENDO 36 INTERRUPTORES DE 3P-70A, CON SUS RESPECTIVAS BASES PARA MEDIDORES TRISFÁSICOS (SE CONSIDERARON 4 USUARIOS POR NIVEL DE OFICINAS , VER DU-01 AL 04, SE VERIFICARÁ DE ACUERDO A LA OCUPACIÓN DE LOS NIVELES LA CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES PARA CADA SERVICIO EN BAJA TENSIÓN)
PLANTAS DE EMERGENCIA	
12	GENERADOR DE ENERGIA ELECTRICA "PE" DE 600 KW PARA OPERAR A UNA ALTURA DE 2421 M.S.N.M CON UNA TENSION DE 220/127V, 3F, 4H, 60Hz. F.P=0.8 Y TANQUE DE DIESEL CON CAPACIDAD DE 2000 LTS INTEGRADO EN LA BASE DE LA PLANTA, SIN CASETA ACÚSTICA
13	GENERADOR DE ENERGIA ELECTRICA "PE" DE 700 KW PARA OPERAR A UNA ALTURA DE 2421 M.S.N.M CON UNA TENSION DE 480/277V, 3F, 3H, 60Hz. F.P=0.8 Y TANQUE DE DIESEL CON CAPACIDAD DE 2000 LTS INTEGRADO EN LA BASE DE LA PLANTA, SIN CASETA ACÚSTICA
TABLEROS GENERALES Y DE DISTRIBUCIÓN	

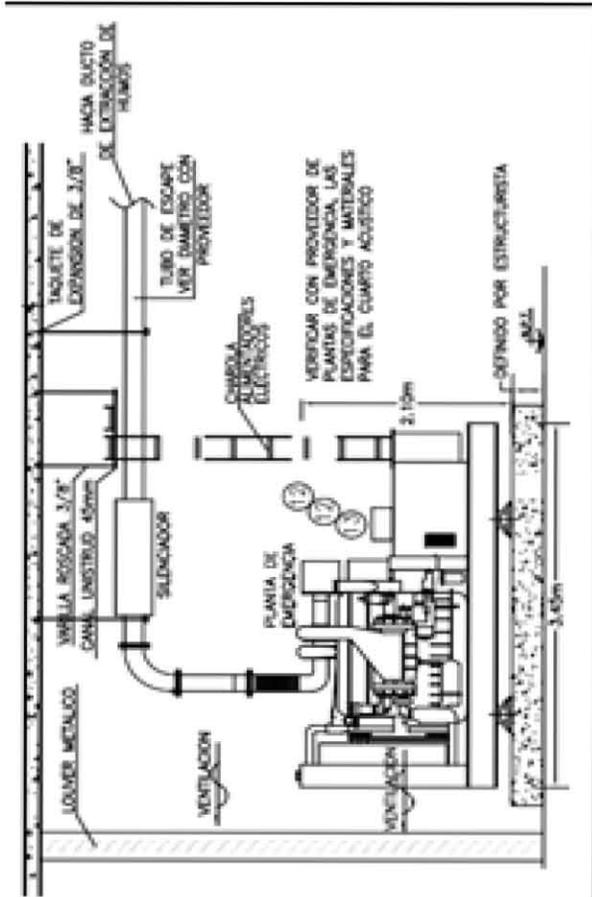
14	TABLERO " T-P": TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TIPO NQ DE SOBREPONER MARCA SQUARE D, DE 42 CIRCUITOS, BARRAS DE 225A, E INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-150A CATALOGO: NQ424AB225S, INTERRUPTORES DERIVADOS : 33 DE 1P-15A Y 2 DE 3P-50A
15	TABLERO "T-SGAC2": TABLERO GENERAL TIPO I-LINE DE SOBREPONER TAMAÑO 1, DE 14 CIRCUITOS, CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-400A, CON BARRAS DE 400 A, CATALOGO: LA400M141B, CITCUITOS DERIVADOR DE: 1 DE 3P-150A, 1 DE 3P-15A, 1 DE 3P- 70A Y 1 DE 3P-250A
16	TABLERO "T-GC": TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TIPO NQ DE SOBREPONER. MARCA SQUARE D, DE 18 CIRCUITOS, BARRAS DE 100 A, E INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-100A, CATALOGO: NQ184AB100S, INTERRUPTORES DERIVADOS: 4 DE 1P-15A, 1 DE 2P-15A, 1 DE 3P-20A Y 1 DE 3P-70A
17	TABLERO "T-F": TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TIPO NQ DE SOBREPONER, MARCA SQUARE D DE 18 CIRCUITOS, BARRAS DE 100A E INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-70A, CATALOGO: NQ184AB100S, INTERRUPTORES DERIVADOS: 6 DE P-20A, 3 DE 2P-15A Y 1 DE 1P-15A
18	TABLERO "T-GV", TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TIPO NF DE SOBREPONER DE 30 CIRCUITOS, CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-250A, BARRAS DE 250 A, CATALOGO: NF304AB22S, INTERRUPTORES DERIVADOS: 2 DE 3P-50A, 2 DE 3P-40A, 2 DE 3P-30A Y 1 DE 3P-70A
19	TABLERO "T-GAC": TABLERO GENERAL TIPO I -LINE DE SOBREPONER, TAMAÑO 3, DE 22 CIRCUITOS, CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-1200A, BARRAS DE 1200A, CATALOGO: PJ1200M223PA
20	TABLERO "TG-M1" TABLERO TIPO NF DE SOBREPONER, DE 30 CIRCUITOS, CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-350 A, BARRAS DE 400 A, CATALOGO: NF304AB42S, CON INT. DERIVADOR: 7 DE 3P-40A, 1 DE 3P-15A, Y 1 DE 3P-30A
21	TABLERO "TG-M2" TABLERO TIPO NF DE SOBREPONER, DE 30 CIRCUITOS, CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-300 A, BARRAS DE 400 A, CATALOGO: NF304AB42S, CON INT. DERIVADOR: 6 DE 3P-40A, 1 DE 3P-50A
TODOS LOS TABLEROS GENERALES Y SUBGENERALES DEBEN TRAER MEDICIÓN DIGITAL CON PROTOCOLO DE COMUNICACIONES MODBUS, VER DU-09 Y DU-07	
TRANSFORMADOR TIPO SECO	
22	TRANSFORMADOR "TR-AC2" TIPO SECO DE 225 KVA, VOLTAJE DE 480 VOLTS CONEXIÓN DELTA EN EL PRIMARIO, A 220/127 CONEXIÓN ESTRELLA 3F-4H EN EL SECUNDARIO, DERIVACIONES DE +/- 2.5% DEL VOLTAJE, 60 Hz, CON UNA IMPENDANCIA DE Z= 2.5%
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA, CLASE 25 KV, SERVICIO INTERIOR NEMA-1, ACABADO EN COLOR GRIS "ANSI-49", COMPUESTA POR LOS SIGUIENTES EQUIPOS	
AREA DE ACOMETIDA, MEDIA TENSIÓN	
1	SECCIONADOR INMERSO EN HEXAFLORURO DE AZUFRE (SF6) PARA ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN, CLASE 25 KV, 200 A, 3 VIAS (1 ENTRADA, 2 SALIDAS) CON ACOPLAMIENTO CON CABLE XLP POR LA PARTE DE ATRÁS DEL SECCIONADOR.
2	SUBESTACIÓN UNITARIA CLASE 25 KV, CONFORMADA POR 4 SECCIONES:
2a	SECCIÓN 1- MEDICIÓN: GABINETE PARA RECIBIR EQUIPO DE MEDICIÓN EN MEDIA TENSIÓN, JUNTO CON TC's Y TP'S , ACOPLAMIENTO POR BARRAS A SECCCIÓN 2

2b	SECCIÓN 2, CUCHILLAS SE SERVICIO CLASE 25 KV CONTENIENDO: UNA CUCHILLA DE SERVICIO DE 400 A CONTIUIOS, 3 POLOS 1 TIRO, OPERACIÓN EN GRUPO Y SIN CARGA PROVISTO DE MECANISMO PARA OPERAR DESDE EL FRENTE POR MEDIO DE PALANCA CON PORTA CANDADO EN LAS POSICIONES DE ABIERTO Y CERRADO, APARTARRAYOS DE OXIDOS METÁLICOS DE 18 KV, BARRAS Y SOPORTES NECESARIOS PARA LA ACOMETIDA, BARRA DE TIERRA, CLEMA DE MADERA Y ACCIONAMIENTO DE PALANCA
2c	SECCIÓN 3- PARA ALIMENTACIÓN EN MEDIA TENSIÓN A TRANSFORMADORES DE ÁREAS COMUNES Y MANEJADORAS DE AIRE: CONTENIENDO UN INTERRUPTOR EN AIRE 3 POLOS 400 A, 1 TIRO OPERACIÓN MANUAL MONTAJE FIJO PROVISTO DE TRES FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA, DE 65 A, CORRIENTE SOPORTABLE DE CORTO CIRCUITO DE 40 KA, EQUIPADO CON DISPOSITIVO QUE DISPARA TRIPOLARMENTE EL INTERRUPTOR CUANDO UNO DE LOS FUSIBLES OPERA POR CORTO CIRCUITO (DENSIDAD DE BARRAS DE COBRE DE 155A/ cm ² , BARRAS PRINCIPALES DE TIERRA Y ACOPLAMIENTO PARA CABLES DE ENERGIA CON AISLAMIENTO TIPO XLP
2d	SECCIÓN 4- PARA ALIMENTACIÓN EN MEDIA TENSIÓN A TRANSFORMADOR DE EQUIPOS DE HVAC EN NIVEL 17 CUARTO DE MAQUINAS: CONTENIENDO UN INTERRUPTOR EN AIRE 3 POLOS 400 A, 1 TIRO OPERACIÓN MANUAL MONTAJE FIJO PROVISTO DE TRES FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA, DE 65 A, CORRIENTE SOPORTABLE DE CORTO CIRCUITO DE 40 KA, EQUIPADO CON DISPOSITIVO QUE DISPARA TRIPOLARMENTE EL INTERRUPTOR CUANDO UNO DE LOS FUSIBLES OPERA POR CORTO CIRCUITO (DENSIDAD DE BARRAS DE COBRE DE 155A/ cm ² , BARRAS PRINCIPALES DE TIERRA Y ACOPLAMIENTO PARA CABLES DE ENERGIA CON AISLAMIENTO TIPO XLP
AREAS DE TRANSFORMADORES EN MEDIA TENSIÓN, VISTOS DE DERECHA A IZQUIERDA:	
3	TRANSFORMADOR "TR-02" RADIAL TIPO PEDESTAL, OPERACIÓN RADIAL DE 750 KVA, CLASE 25 KV, COLOR GRIS "ANSI-49", CONEXIÓN DELTA 3F-3H 23000 VOLTS DEL LADO DEL PRIMARIO Y CONEXIÓN ESTRELLA DE LADO DEL SECUNDARIO 220/127 V, 3F- 4H, 60 HZ, CON 4 DERIVACIONES DE 2.5 % CADA UNA 2 ARRIBA Y 2 ABAJO DE LA TENSION NOMINAL, AUTOENFRIADO EN LIQUIDO BIODEGRADABLE CON UN PUNTO DE INGNICION DE 300 C, CLASE KNAN "OA" Y UNA Z= 5.75%
4	TRANSFORMADOR "TR-01" RADIAL TIPO PEDESTAL, OPERACIÓN ANILLO DE 500 KVA, CLASE 25 KV, COLOR GRIS "ANSI-49", CONEXIÓN DELTA 3F-3H 23000 VOLTS DEL LADO DEL PRIMARIO Y CONEXIÓN ESTRELLA DE LADO DEL SECUNDARIO 220/127 V, 3F- 4H, 60 HZ, CON 4 DERIVACIONES DE 2.5 % CADA UNA 2 ARRIBA Y 2 ABAJO DE LA TENSION NOMINAL, AUTOENFRIADO EN LIQUIDO BIODEGRADABLE CON UN PUNTO DE INGNICION DE 300 C, CLASE KNAN "OA" Y UNA Z= 5.75%
5	TRANSFORMADOR "TR-03" RADIAL TIPO PEDESTAL, OPERACIÓN ANILLO DE 1000 KVA, CLASE 25 KV, COLOR GRIS "ANSI-49", CONEXIÓN DELTA 3F-3H 23000 VOLTS DEL LADO DEL PRIMARIO Y CONEXIÓN ESTRELLA DE LADO DEL SECUNDARIO 480/277 V, 3F- 4H, 60 HZ, CON 4 DERIVACIONES DE 2.5 % CADA UNA 2 ARRIBA Y 2 ABAJO DE LA TENSION NOMINAL, AUTOENFRIADO EN LIQUIDO BIODEGRADABLE CON UN PUNTO DE INGNICION DE 300 C, CLASE KNAN "OA" Y UNA Z= 5.75%
6	TRANSFORMADOR "TR-05" RADIAL TIPO PEDESTAL, OPERACIÓN RADIAL DE 500 KVA, CLASE 25 KV, COLOR GRIS "ANSI-49", CONEXIÓN DELTA 3F-3H 23000 VOLTS DEL LADO DEL PRIMARIO Y CONEXIÓN ESTRELLA DE LADO DEL SECUNDARIO 480/277 V, 3F- 4H, 60 HZ, CON 4 DERIVACIONES DE 2.5 % CADA UNA 2 ARRIBA Y 2 ABAJO DE LA TENSION NOMINAL, AUTOENFRIADO EN LIQUIDO BIODEGRADABLE CON UN PUNTO DE INGNICION DE 300 C, CLASE KNAN "OA" Y UNA Z= 5.75%

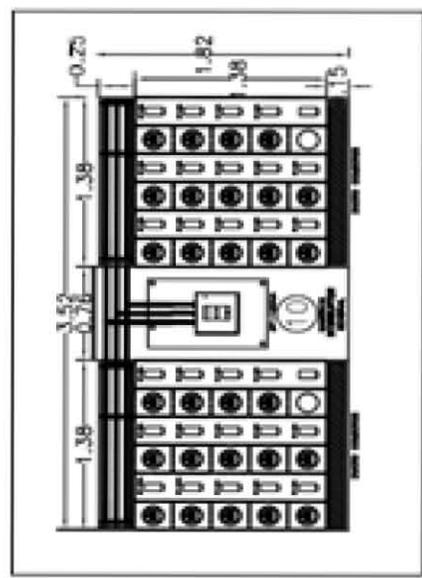
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA BAJA TENSIÓN ÁREA DE MULTITRANSFERENCIAS, CONCENTRACIONES DE MEDIDORES Y EQUIPOS PARA ÁREAS COMUNES	
AREA DE MULTITRANSFERENCIAS	
7	SECCIÓN DE INTERRUPTOR PRINCIPAL, EN GABINETE TIPO AUTOSOPORTADO, CONTENIENDO UN INTERRUPTOR TIPO MASTER PACT DE 3P-2000A CON PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA CON ACOPLAMIENTO POR MEDIO DE BARRAS (DENSIDAD DE BARRAS DE 155 A/CM ²) A SECCIÓN 8, EN EL MISMO GABINETE - TABLERO GENERAL DE MULTITRANSFERENCIAS
8	TABLERO GENERAL PARA MULTITRANSFERENCIAS "T-GMT-01", ACOPLADO POR MEDIO DE BARRAS DE 2000A A SECCIÓN No. 7, Y CONTENIENDO 4 INTERRUPTORES DERIVADOR TIPO I-LINE DE 3P-500 A, EN GABINETE TIPO AUTOSOPORTADO , EN EL MISMO GABINETE DEL INT. GENERAL 3P-2000A
9	TABLERO DE MULTITRANSFERENCIAS CON BUS DE 600 A, E INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3P-500A, CONTENIENDO LOS ACCESORIOS NECESARIOS PARA 8 MULTITRANSFERENCIA DE 3P-70A (SE CONSIDERARON 4 USUARIOS POR NIVEL DE OFICINAS Y DOS USUARIOS EN PLANTA BAJA, VER DU-01 AL 04, SE VERIFICARÁ DE ACUERDO A LA OCUPACIÓN DE LOS NIVELES LA CAPACIDAD ESTAS MINITRANSFERENCIAS)



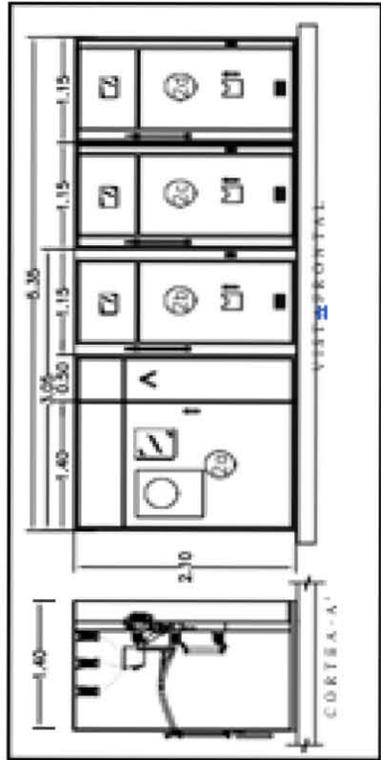




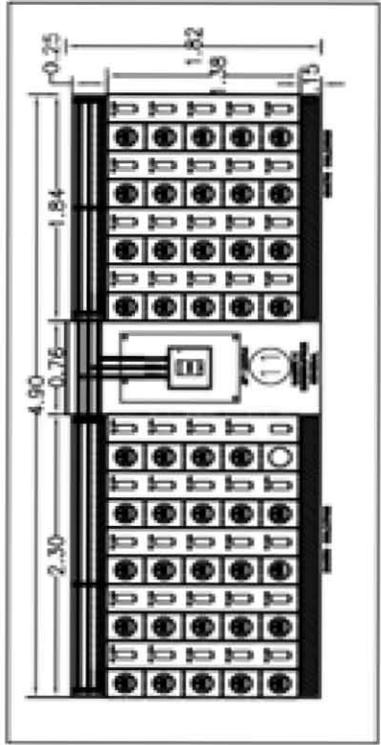
D ALZADO: PLANTA DE EMERGENCIA 600 KW
SOTANO 01-B 5/E



A ALZADO: CONCENTRACION DE MEDIDORES 01
SOTANO 01-B 5/E

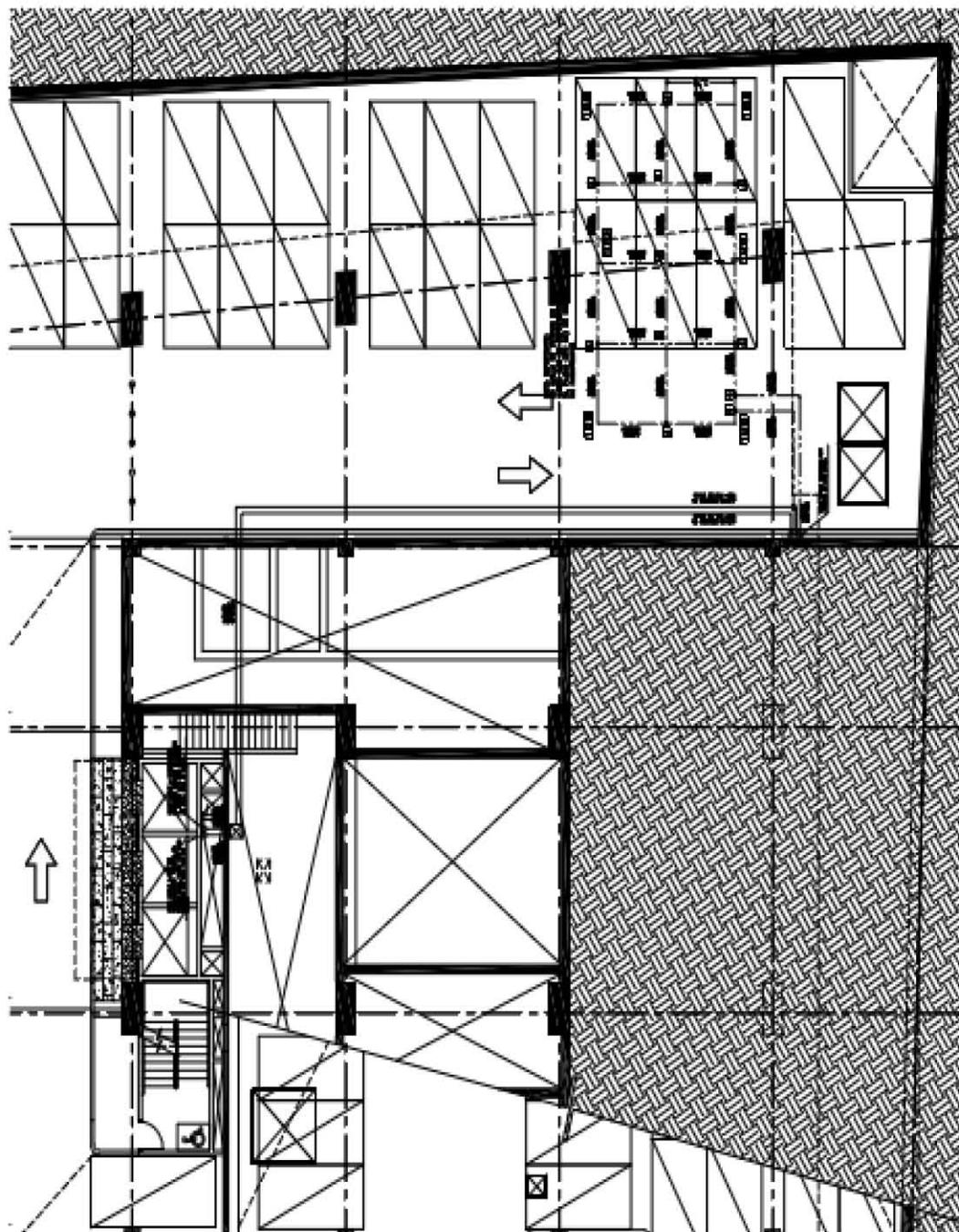


C ALZADO: SUBSTACION UNITARIA
SOTANO 01-B 5/E

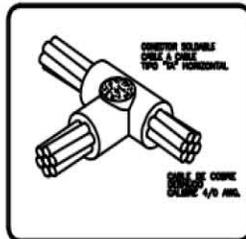


B ALZADO: CONCENTRACION DE MEDIDORES 02
SOTANO 01-B 5/E

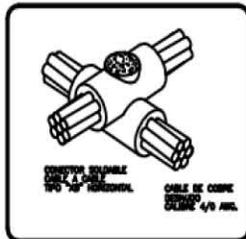
5.3.2 Sistema de tierras



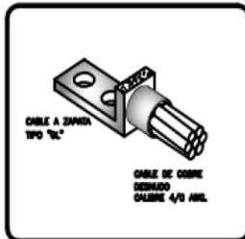
02 INSTALACION ELÉCTRICA SISTEMA DE TIERRAS
SOTANO 9.5
1:125



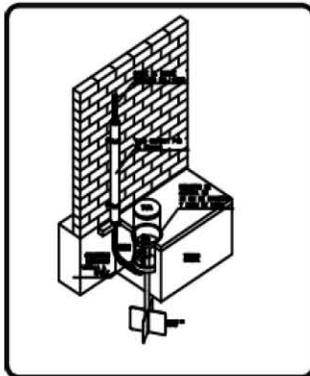
1- CONEXION SOLDABLE TIPO "TA"



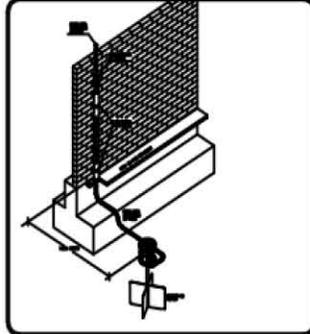
2- CONEXION SOLDABLE TIPO "XB"



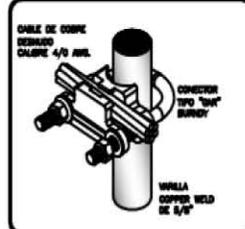
3- CONEXION SOLDABLE TIPO "GL"



4- REGISTRO DE TIERRAS



5- REGISTRO DE TIERRA PARARRAYOS



6- CONECTOR MECANICO TIPO "GAR"



7- CONECTOR MECANICO TIPO "GAI"

SIMBOLOGIA



CONEXION A EQUIPOS MEDIANTE ZAPATA TIPO GL. CAT. B-121-DE CON CARGA 65 MARCA CADWELD. VER DETALLE 3.



INDICA SOLDADURA CADWELD TIPO "TA", CON CABLE DE PASO CALIBRE 4/0 A.W.G. Y CABLE DE TOPE CALIBRE 4/0 A.W.G. VER DETALLE 1.



CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 A.W.G. ENTERRADO DIRECTAMENTE EN EL SUELO.



VARILLA TIPO COPPERWELD DE 5/8"Ø (16mmØ) Y 3.0 mts. DE LONGITUD DIRECTAMENTE ENTERRADA EN EL SUELO. VER DETALLE 4.



CABLE ESPECIAL TRENZADO PARA SISTEMA DE PARARRAYOS TEMPLE SUAVE DESNUDO CAL. 14AWG Ø, (EQUIVALENTE A 4/0 AWG) 28 HILOS COBRE DE CAT. AME-004 O SIMILAR.



TUBERIA PVC RIGIDA QUE SUBE Y BAJA RESPECTIVAMENTE.



CAJA DE REGISTRO DE PVC, TAMAÑO DE ACUERDO AL DIAMETRO DE TUBERIA



BARRA DE TIERRAS PARA SISTEMA DE TIERRA, ELECTRICA Y AISLADA A BASE DE SOLERA DE COBRE ELECTROLITICO DE 4" X 1/4" X 30cm VER DETALLE 8.

LISTA DE MATERIALES RED DE TIERRAS	
1	REGISTRO DE ALBAÑAL ARMADO DE 30 cm DE DIAMETRO POR 30cm DE PROF.
2	REHILETE DE PUESTA A TIERRA DE 60 cm. DE LONGITUD
3	CONECTOR SOLDABLE DE VARILLA A CABLE CAL No. 4/0AWG TIPO CADWELD CAT. GYE162Q Y CARTUCHO No. 150 MARCA CADWELD
4	CONECTOR SOLDABLE TIPO CADWELD EN "T" DE CABLE CAL.No.4/0AWG A CABLE CAL No. 4/0AWG CAT.No. TAC-2Q2Q Y CARTUCHO No.150 MARCA CADWELD O EQUIVALENTE
5	CONECTOR SOLDABLE TIPO CADWELD EN "X" DE CABLE CAL.No.4/0AWG A CABLE CAL No. 4/0AWG CAT.No. XAC-2Q2Q Y CARTUCHO No.200 MARCA CADWELD O EQUIVALENTE
6	CONECTOR SOLDABLE TIPO CADWELD EN "T" DE CABLE CAL.No.1/0AWG A CABLE CAL No. 1/0AWG CAT.No. TAC-2C2C Y CARTUCHO No.90 MARCA CADWELD O EQUIVALENTE
7	CONECTOR SOLDABLE TIPO CADWELD EN "T" DE CABLE CAL.No.4/0AWG A CABLE CAL No. 1/0AWG CAT.No. TAC-2Q2C Y CARTUCHO No.90 MARCA CADWELD O EQUIVALENTE
8	DELTA PARA A BASE DE CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO TEMPLE SUAVE CALIBRE 1/0AWG DE 3 M. POR LADO CON TRES VARILLAS DE PUESTA A TIERRA
9	CONECTOR SOLDABLE TIPO CADWELD EN "T" DE CABLE CAL.No.1/0AWG A CABLE CAL No. 2/0AWG CAT.No. TAC-2C2G Y CARTUCHO No.115 MARCA CADWELD O EQUIVALENTE
10	REHILETE PARA SISTEMA DE PARARRAYOS 60 cm. DE LONGITUD
11	CONEXION MECANICA TIPO GAR-1826 MARCA BURNDY
12	BARRA DE TIERRAS PARA SISTEMA DE TIERRA, ELECTRICA, AISLADA Y DE TELEFONIA A BASE DE SOLERA DE COBRE ELECTROLITICO DE 4" X 1/4" X 30cm
13	REGISTRO DE CONCRETO ARMADO DE 40 X 40 X 30cm
14	DESCONECTOR DE TIERRAS PARA CONEXION DE BAJADA DE PARARRAYOS DE COBRE BRONCE CAT. AME-022.
15	CONEXION A EQUIPOS MEDIANTE ZAPATA TIPO GL CAT. B-121-DE CON CARGA 65 MARCA CADWELD.
16	CONEXION DE CABLE A SUPERFICIE DE ACERO VERTICAL CATALOGO VBC-2Q, CON CARGA 150 MARCA CADWELD.

NOTAS GENERALES.

1.- LA MALLA MOSTRADA EN EL PLANO ESTA DISEÑADA DE ACUERDO A CALCULOS APOYADOS EN LAS NORMAS Y CODIGOS, POR LO QUE CUALQUIER MODIFICACION O CAMBIO AL ARREGLO PROPUESTO EN ESTE PLANO PODRIA MODIFICAR EL DISEÑO CALCULADO ORIGINALMENTE.

2.- LA PROFUNDIDAD DE LA MALLA SE LOCALIZARA A 80 cm. BAJO N.P.T. (NIVEL DE PISO TERMINADO).

3.- LA CONEXION A TIERRA DE LOS EQUIPOS DE SUBESTACION SE REALIZARA POR MEDIO DE UN CONDUCTOR DE COBRE ELECTROLITICO DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG CON ZAPATA TERMINAL DE COBRE ESTAÑADO TIPO SOLDABLE, CON UN BARRENO.

4.- EN LOS REGISTROS DE PUESTA A TIERRA LA CONEXIÓN ENTRE ELECTRODO Y CABLE SE REALIZARA CON CONECTORES MECANICOS (TIPO "GAR", MCA. BURNDY) PARA FUTURAS PRUEBAS.

5.- LA RESISTENCIA MAXIMA DEL SISTEMA SERA DE 10 OHMS.

6.- LAS CONEXIONES ENTRE CONDUCTORES SERA CON CONEXIONES DE TIPO SOLDABLE.

7.- LAS PUNTAS DE ATERRIZAMIENTO PARA LOS GABINETES DEBERAN QUEDAR DENTRO DE LOS PROPIOS GABINETES A ATERRIZAR.

8.- EN CRUCE DE CONDUCTORES DE DIFERENTE SISTEMA, SE PROTEGERA CON TUBO DE PVC-RI.

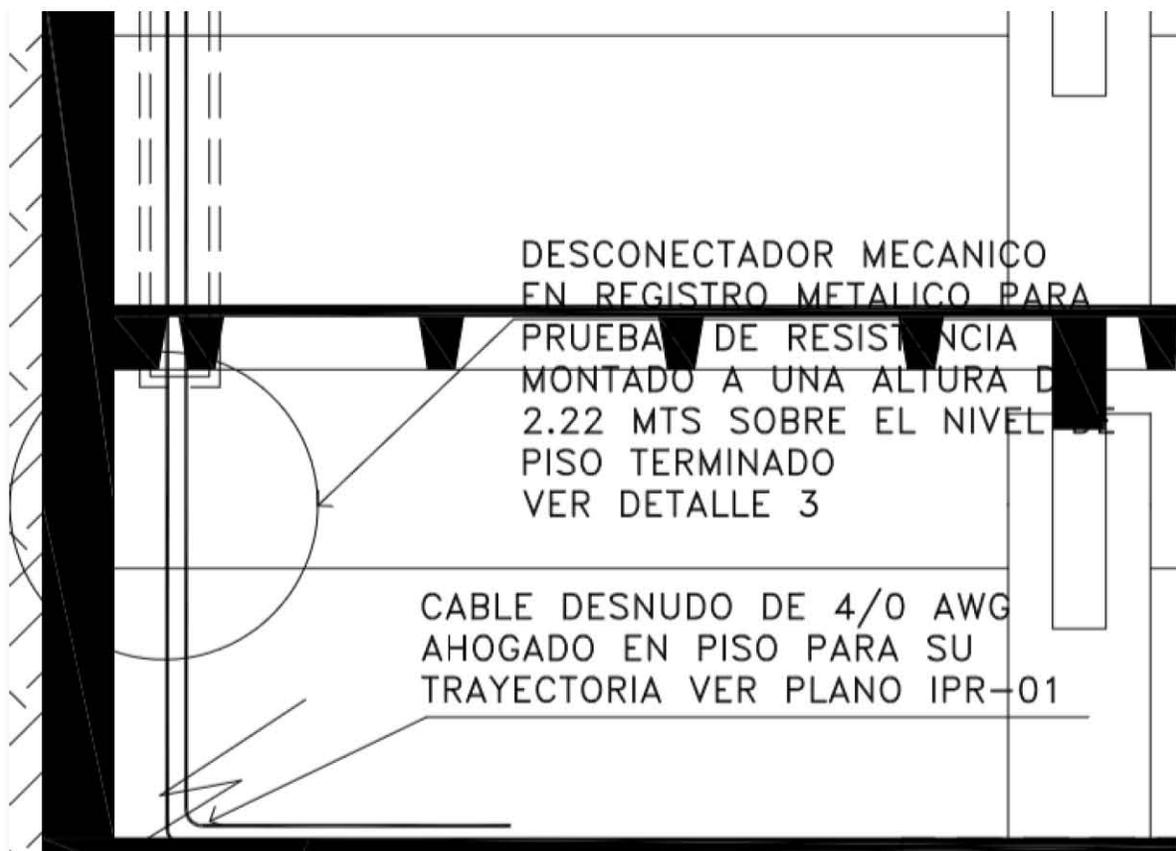
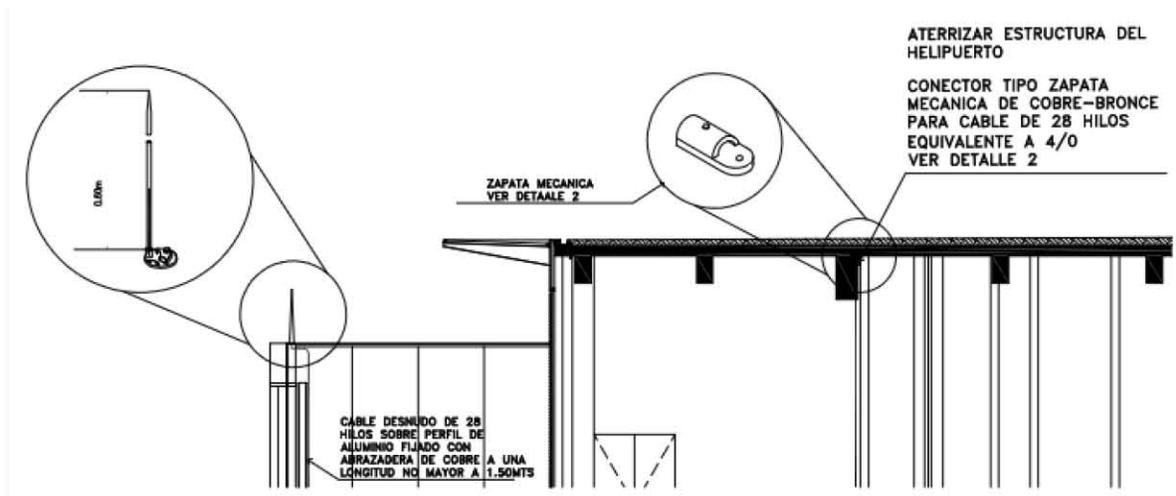
9.- SE DEBERÁ ENTREGAR LA MEMORIA FOTOGRAFICA DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

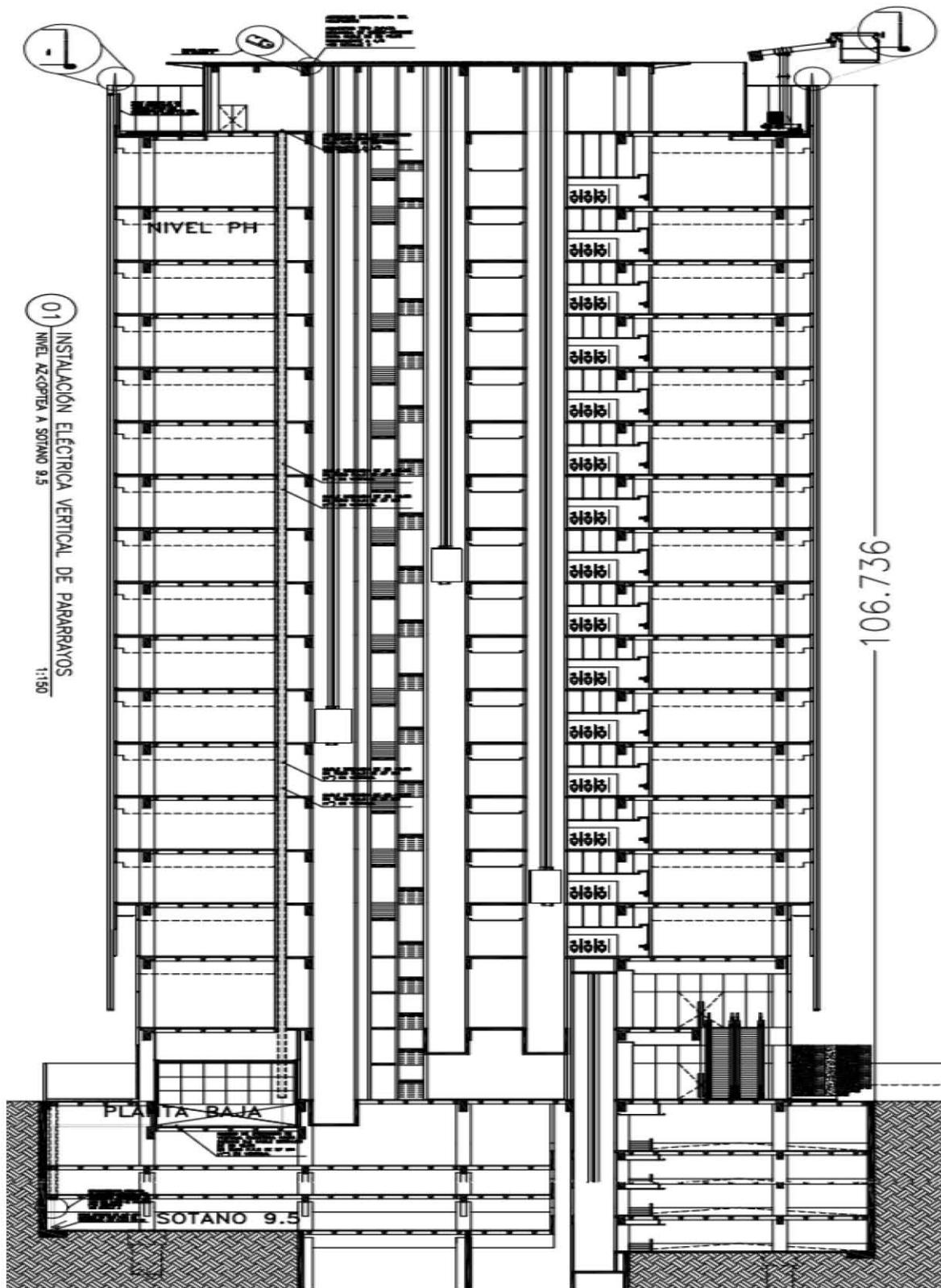
10.- CON EL FIN DE EQUIPOTENCIALIZAR TODOS LOS SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA ELÉCTRICO (SUBESTACIÓN, PARARRAYOS, TELECOMUNICACIONES), SE DEBE REALIZAR LA CONEXIÓN ENTRE LOS MISMOS, POR MEDIO DE UN CONDUCTOR DE COBRE ELECTROLITICO DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG.

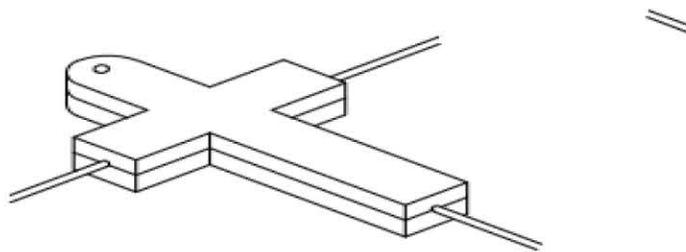
11.- LAS PARTES METALICAS EXPUESTAS Y NO-CONDUCTORAS DE CORRIENTE ELECTRICA DEL EQUIPO FJO QUE NO ESTEN DESTINADAS A TRANSPORTAR CORRIENTE, DEBEN PONERSE A TIERRA COMO LO INDICA EL ARTICULO 250 SECCION 250-42 Y 250-43

12.- TODA LA INFORMACION DE INDOLE TECNICO CONTENIDA EN ESTE PLANO DEBERA SER RESPETADA E INSTALADA FIELMENTE EN LA OBRA A MENOS QUE LA DIRECCION DE LA OBRA INDIQUE MODIFICACIONES.

5.3.3 Pararrayo



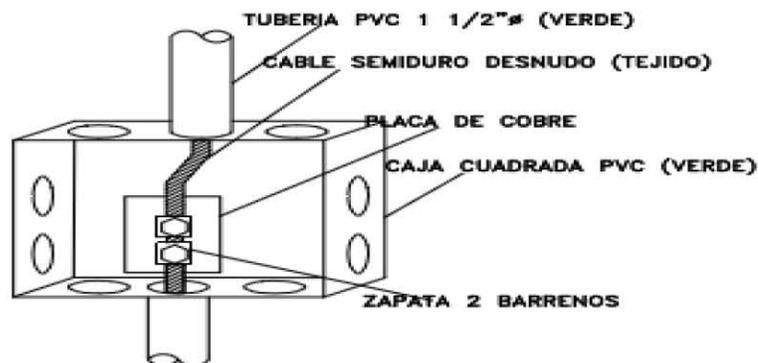




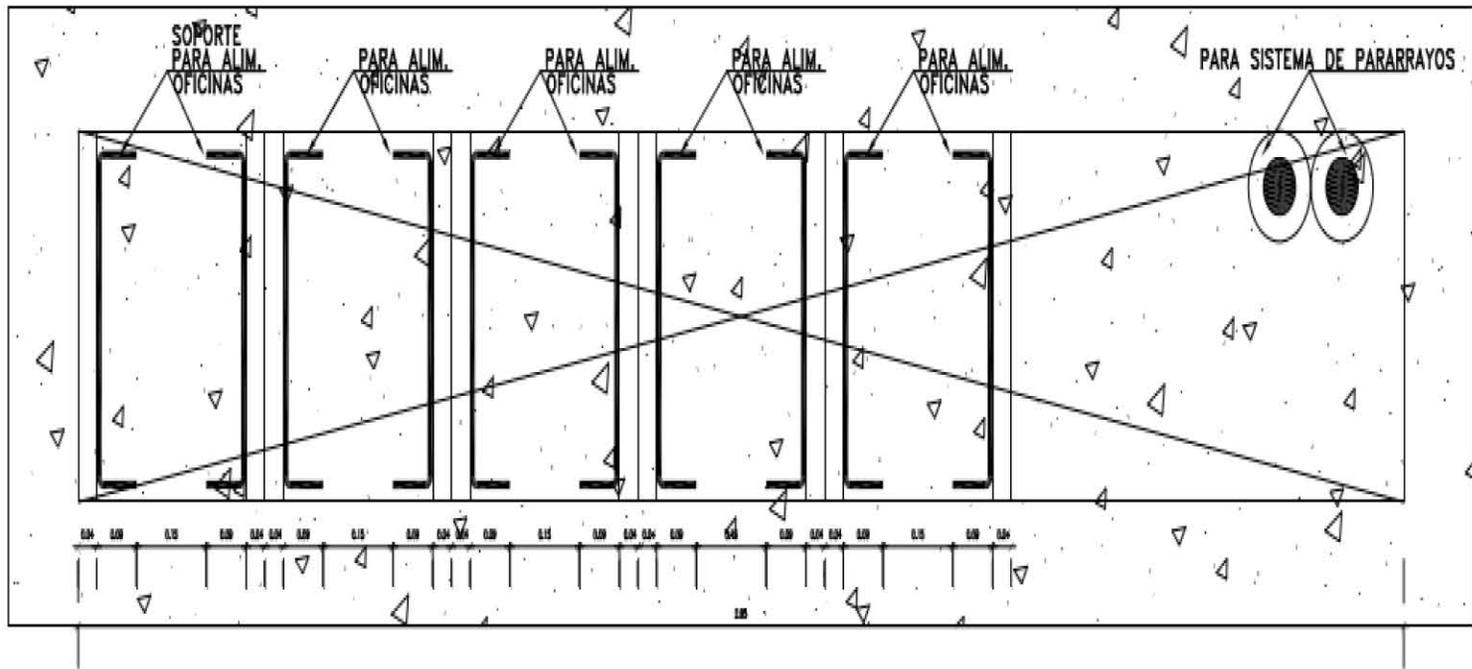
1 CONECTOR "T" MECANICO
AMESA CAT. No. AME-018
 ESCALA: S/E



2 CONECTOR ZAPATA BIMETALICA
AMESA CAT. No. AME-020
 ESCALA: S/E



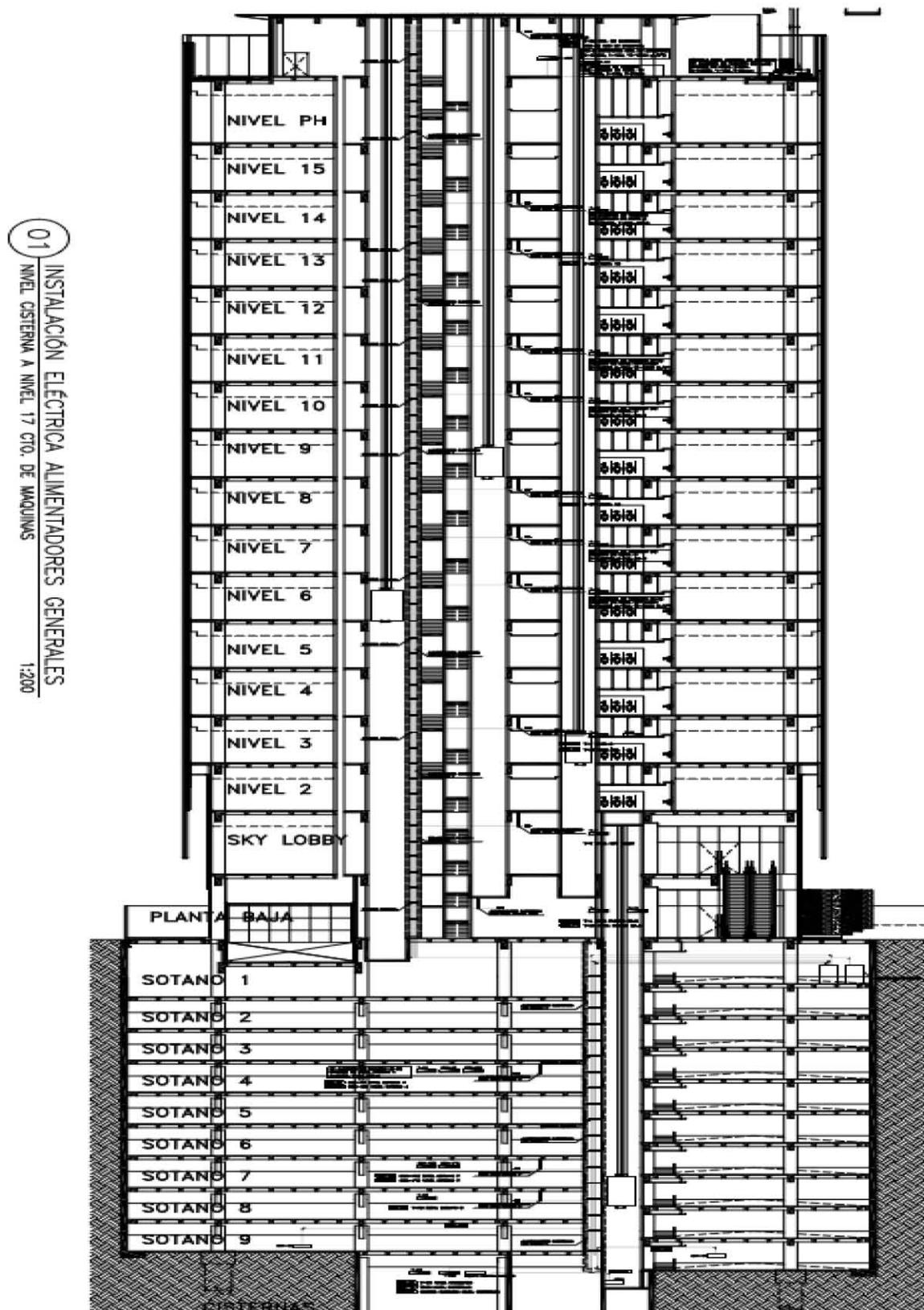
3 REGISTRO PARA CONEXION DE CABLES
PARA SIST. DE PARARRAYOS SIN ESCALA



DETALLE 2 ARREGLO EN DUCTO DE
INSTALACIONES HACIA NIVELES DE
OFICINAS

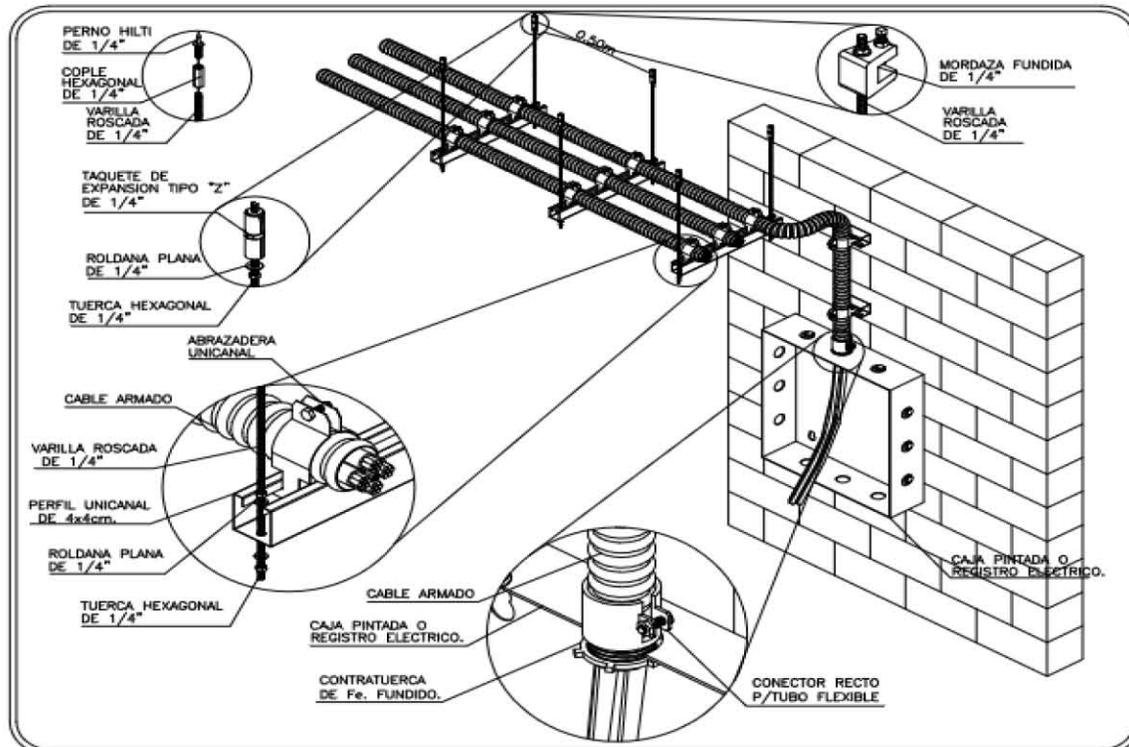
S/E COTAS EN CM

5.3.4 Alimentadores generales

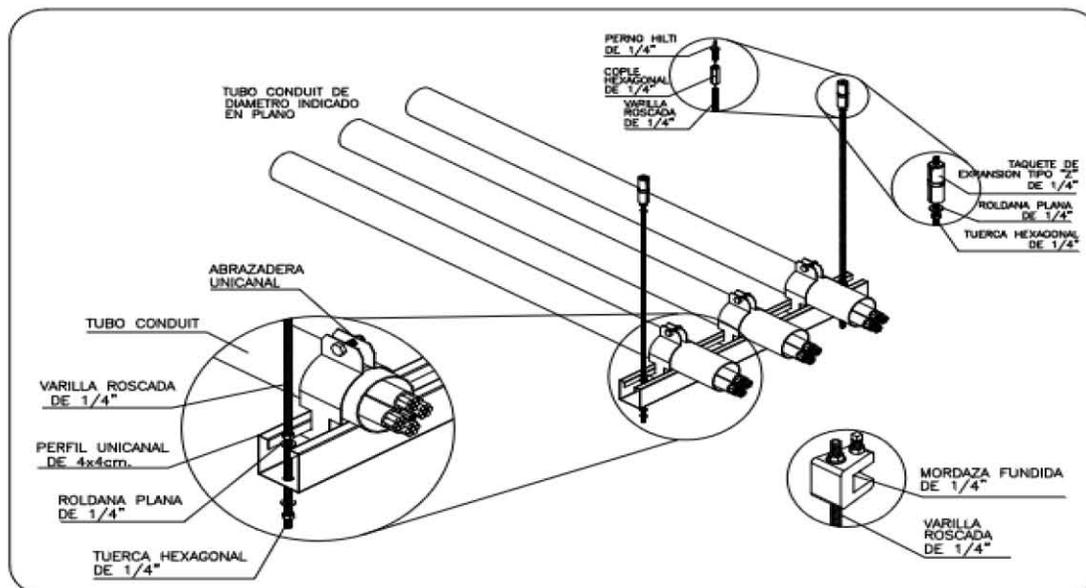


TAMAÑO DE CONDUCTORES	
Tamaño o Designación	
mm ²	AWG o kcmil
3,31	12
5,26	10
8,37	8
13,30	6
21,20	4
26,70	3
33,60	2
42,40	1
53,50	1/0
67,40	2/0
85,00	3/0
107,00	4/0

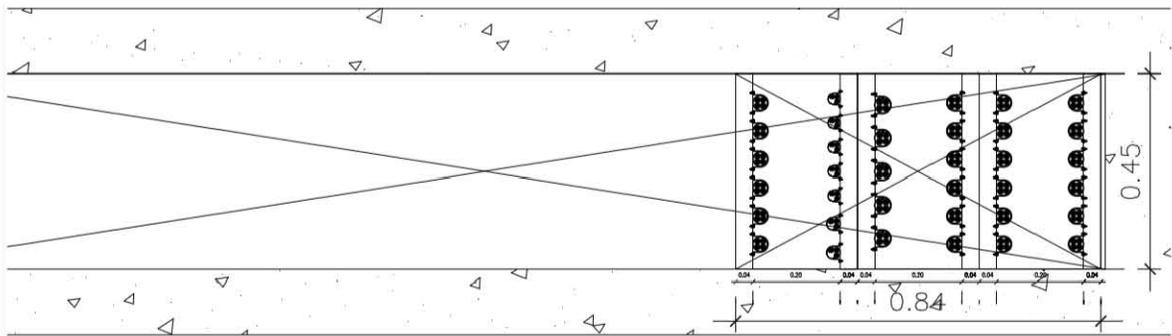
SIMBOLOGIA	
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO EN GABINETE NEMA INDICADO EN PLANO, CAPACIDAD INDICADA EN PLANO Y D.U.
	DESCONECTOR SIN PORTA-FUSIBLES PARA SERVICIO DE EQUIPOS NEMA-1 PARA CUARTOS CERRADOS O NEMA 3R PARA INTERPERIE VER CAPACIDAD EN PLANO, 480 V, 3F-3H, 60 Hz.
	TABLERO DE DISTRIBUCION 220/127V, 3F-4H, 60Hz
	TABLERO DE DISTRIBUCION 480/277V, 3F, 3H, 60Hz
	REGISTRO DE LÁMINA GALVANIZADA DE 20x20x15cm.
	CHAROLA PORTACABLES DE DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN CORTES Y EN PLANO TIPO ESCALERILLA
	(T) DE DERIVACION PARA CHAROLA PORTACABLES DE DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN CORTES Y EN PLANO TIPO ESCALERILLA
	CURVA HORIZONTAL RADIO 8 PARA CHAROLA PORTACABLES DE DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN CORTES Y EN PLANO TIPO ESCALERILLA
	CURVA VERTICAL INTERIOR PARA CHAROLA PORTACABLES DE DIMENSIONES ESPECIFICADAS EN CORTES Y EN PLANO TIPO ESCALERILLA
	INDICA TRAYECTORIA DE CAMA DE ALIMENTADORES TIPO MC DE ALUMINIO EN SOPORTE TIPO TRAPECIO CON UNICANAL Y VARILLA DE 1/4"
	REGISTRO METÁLICO DE LAMINA GALVANIZADA CON TAPA.
	CABLE TIPO MC DE ALUMINIO PARA ALIMENTADORES DE OFINAS POR PLAFOND O POR LECHO BAJO DE LOZA O ESTRUCTURA
	INDICA TUBERIAS QUE BAJAN OCULTAS POR MURO O COLUMNA



MONTAJE DE CABLE ARMADO MC



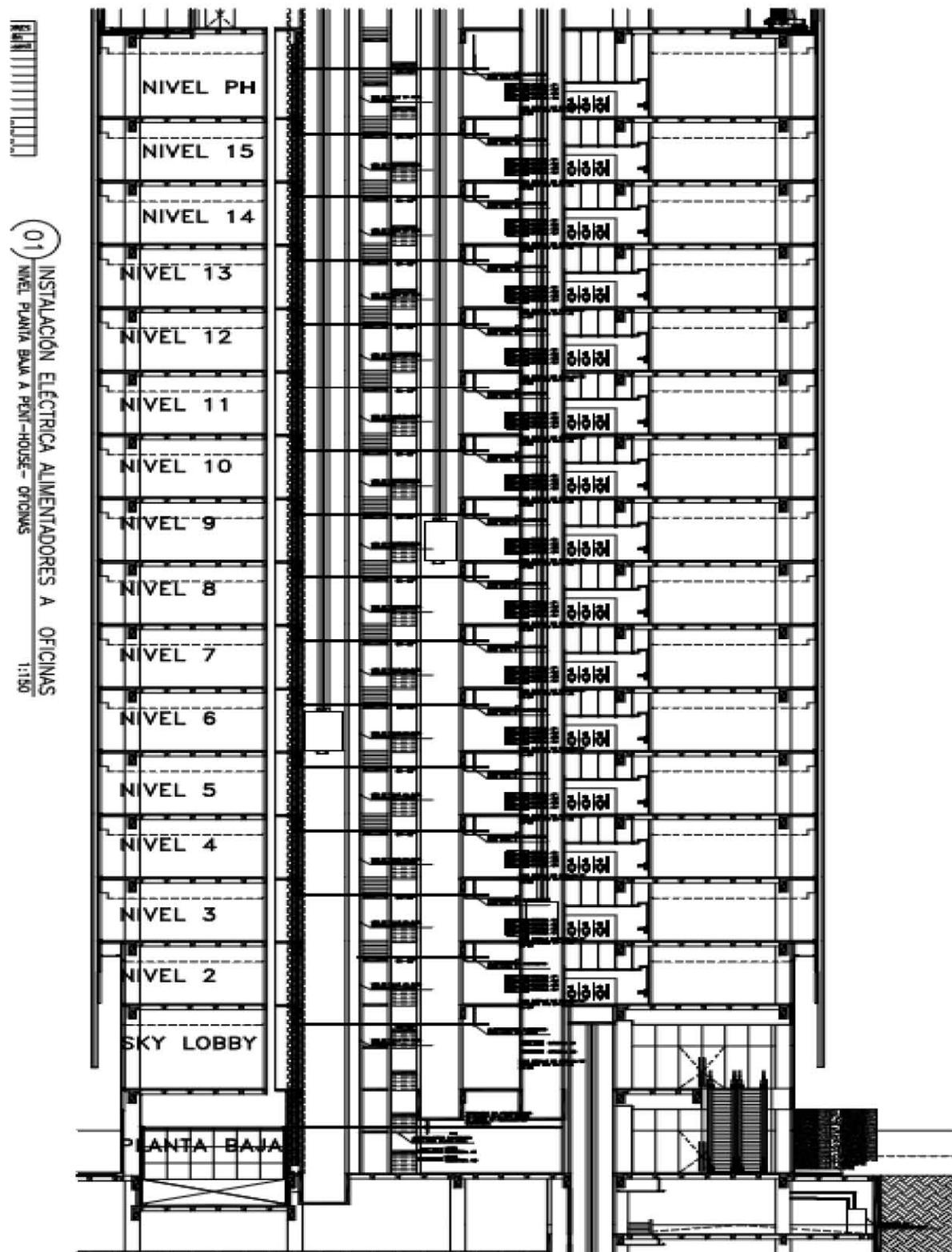
SOPORTE TIPO TRAPEZICIO

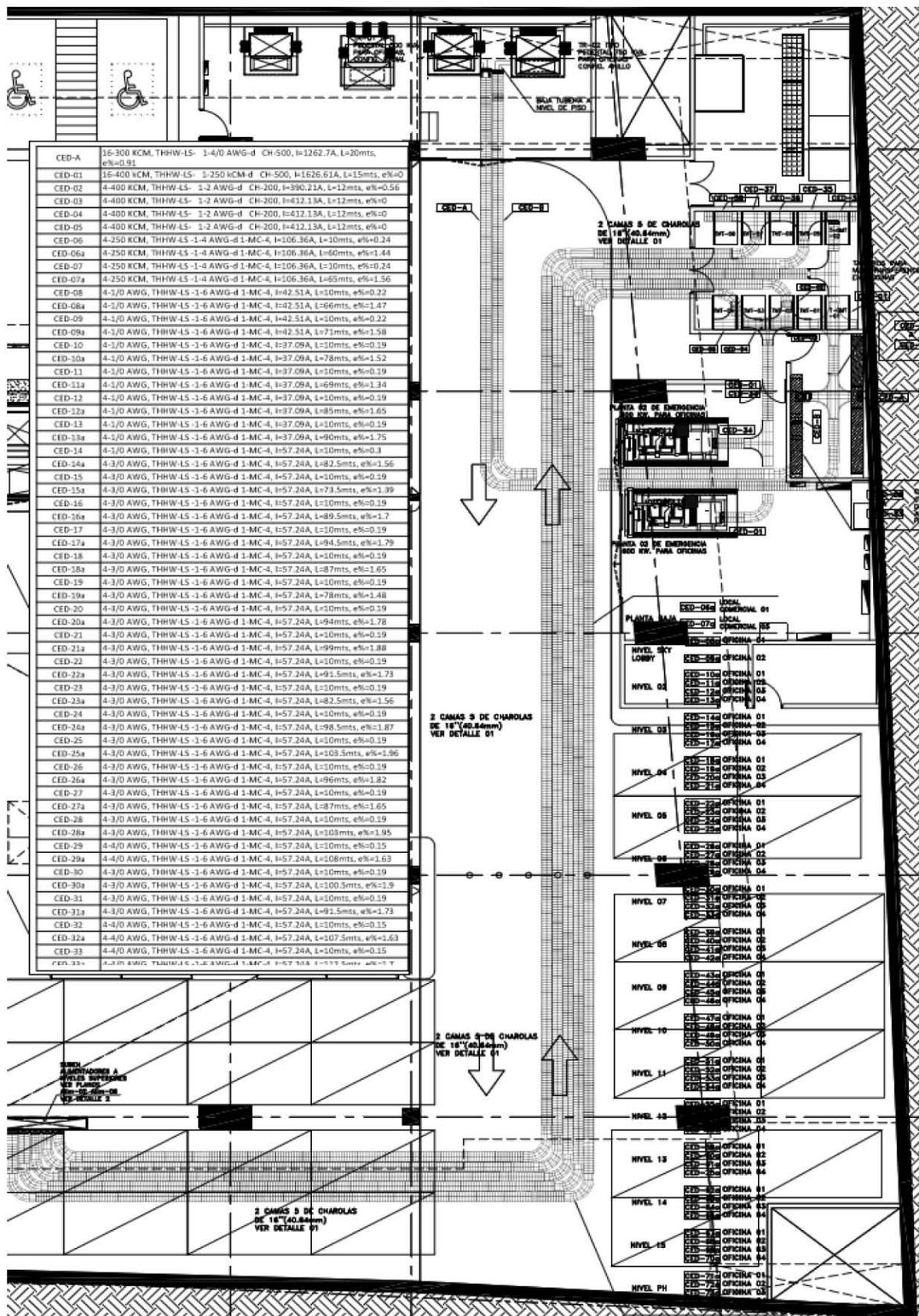


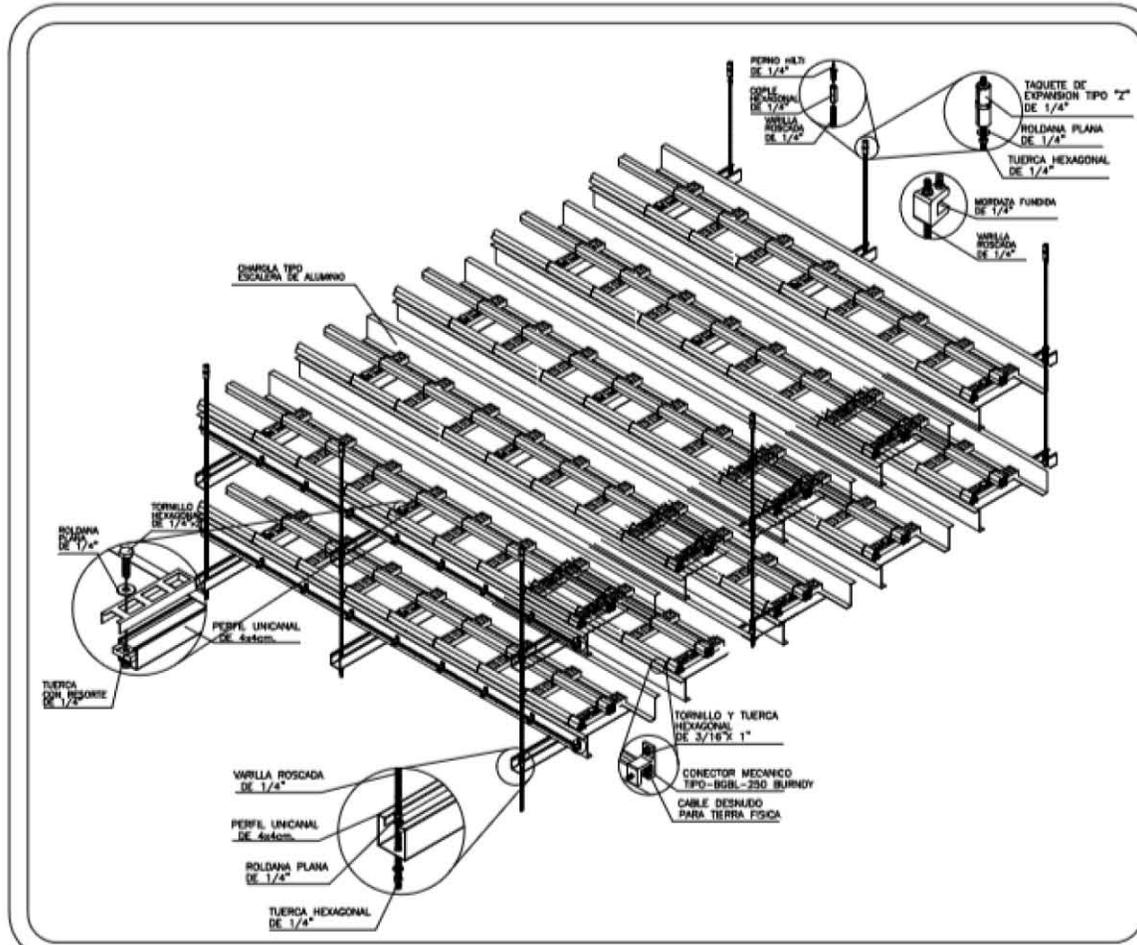
DETALLE 1 ARREGLO EN DUCTO DE
INSTALACIONES HACIA SÓTANOS

S/E COTAS EN CM

5.3.5 Alimentadores de oficina

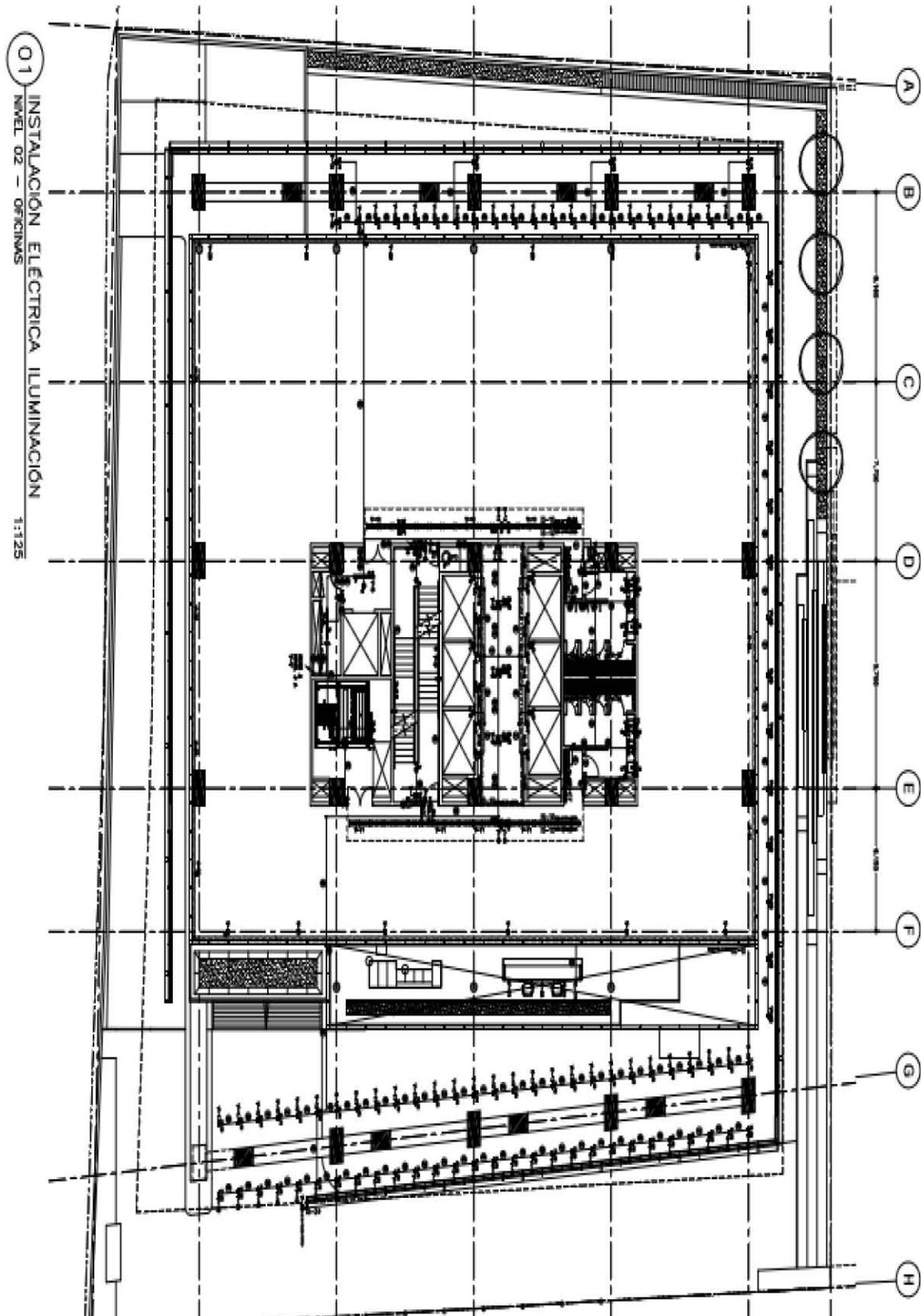


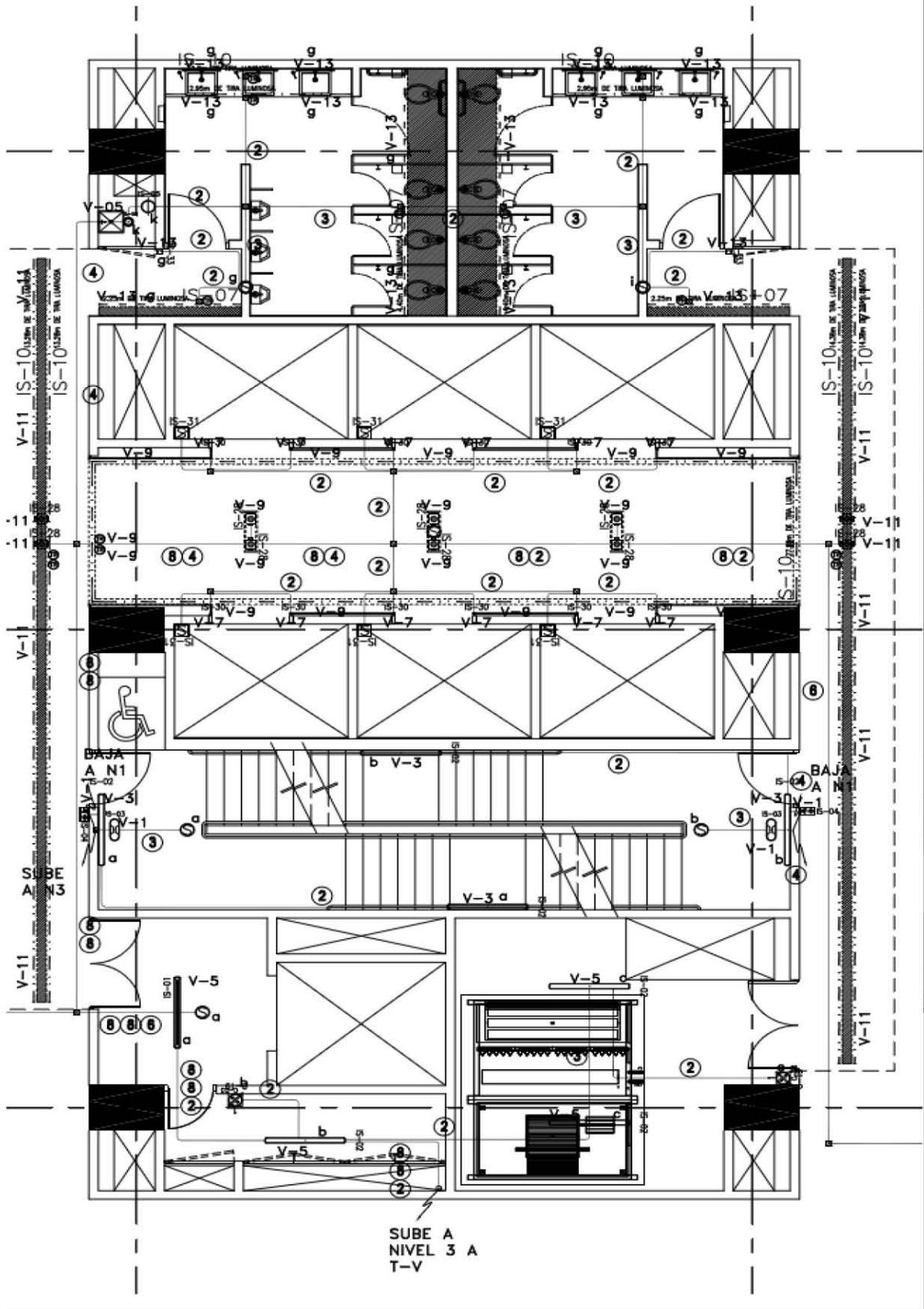




01 SOPORTE TRAPEZIO PARA CHAROLA

5.3.6 Iluminación nivel planta





CEDULA DE CABLEADOS	
NORMAL	
② 2-12, 1-12d T-16mm	⑫ 2-10, 1-12d T-16mm
③ 3-12, 1-12d T-16mm	⑭ 4-10, 1-12d T-16mm
④ 4-12, 1-12d T-16mm	⑯ 6-10, 1-12d T-21mm
⑤ 5-12, 1-12d T-21mm	⑰ 8-10, 1-10d T-27mm
⑥ 6-12, 1-12d T-21mm	⑳ 2-10,2-12 1-10d T-21mm
⑧ 8-12, 1-12d T-27mm	㉑ 4-10,2-12 1-10d T-27mm
⑳ 2-8,4-12 1-10d T-27mm	㉒ 2-6, 1-10d T-27mm
㉓ 4-6, 1-10d T-27mm	

TAMAÑO DE CONDUCTORES	
Tamaño o Designación	
mm ²	AWG o kemil
3,31	12
5,26	10
8,37	8
13,30	6
21,20	4
26,70	3
33,60	2
42,40	1
53,50	1/0
67,40	2/0
85,00	3/0
107,00	4/0

SIMBOLOGÍA GENERAL

	TABLERO DE DISTRIBUCION 220V, 3F, 4H, 60Hz. MARCA. SQUARE'D O SIMILAR
	TRANSFORMADOR PARA ALIMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN LED 127 V, 1F- 2H, 60 Hz
	REGISTRO METÁLICO DE LAMINA GALVANIZADA CON TAPA.
	INDICA TUBERIA QUE SUBE
	INDICA TUBERIA QUE BAJA
	TUBERIA CONDUIT DE PVC TIPO PESADO INSTALADA POR PISO
	TUBERIA CONDUIT DE PVC TIPO LIGERO INSTALADA POR PLAFOND O MURO
	APAGADOR SENCILLO DE MURO 15 AMPS, CON INDICADOR DE LUZ, ACABADO EN COLOR BLANCO.
	SENSOR DE OCUPACION DE INFRAROJOS, CUBRE 4.00 MTS. DE RADIO A 2.40 MTS. DE ALTURA, ALIMENTADO A 277V/60Hz.

SIMBOLOGIA

CLAVE	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	MODELO	QTY
IS-01	 <p>LUMINARIO PARA SOBREPONER O SUSPENDER EN LOSA CON CUERPO Y DIFUSOR DE POLICARBONATO, CON HERRAJES DE ACERO INOXIDABLE, PINTURA EN POLVO COLOR BLANCO CON APLICACION ELECTROSTATICA, PARA ALOJAR UNA LAMPARA FLOURESCENTE T5 DE 49W A 3000°K ALIMENTADO A 127V/60Hz</p> <p>LAMPARA T5 HO ECO AHORRADOR DE ENERGIA DE 49W A 3000°K, BASE G5, 10,000 HRS DE VIDA PROMEDIO, IRC 85, ALIMENTADO A 127V/60Hz</p> <p>BALASTRO ELECTRONICO PARA TUBO T5 HO ICN-2554 CENTIUM, FACTOR DE BALASTRO 1.02, ALIMENTADO A 127V/60Hz.</p>	ILLUX PHILIPS PHILIPS	TF-7149.B 239020 286732	01 01 01
IS-02	 <p>LUMINARIO PARA SOBREPONER O SUSPENDER EN LOSA CON CUERPO Y DIFUSOR DE POLICARBONATO, CON HERRAJES DE ACERO INOXIDABLE, PINTURA EN POLVO COLOR BLANCO CON APLICACION ELECTROSTATICA, PARA ALOJAR UNA LAMPARA FLOURESCENTE T5 DE 25W A 3000°K ALIMENTADO A 127V/60Hz</p> <p>LAMPARA T5 HE ECO AHORRADOR DE ENERGIA DE 25W A 3000°K, BASE G5, 10,000 HRS DE VIDA PROMEDIO, IRC 85, ALIMENTADO A 127V/60Hz</p> <p>BALASTRO ELECTRONICO PARA TUBO T5 HE ICN-2558-N CENTIUM, FACTOR DE BALASTRO 1.05, ALIMENTADO A 127V/60Hz.</p>	ILLUX PHILIPS PHILIPS	TF-7125.B 239004 275156	07 07 07
IS-03	 <p>LUMINARIO DE EMERGENCIA PARA SOBREPONER EN MURO O PLAFOND, SEGUN SEA EL CASO, CON CUERPO DE POLICARBONATO COLOR BLANCO, REFLECTOR DE POLICARBONATO, BATERIA DE PLOMO-CALCIO, DOS REFLECTORES DIRIGIBLES CON LAMPARAS HALOGENAS DE 8W, TIEMPO DE RECARGA: 24 HORAS.</p>	BEQUELLI	XLP-S1	02
IS-04	 <p>LUMINARIO CON SEÑALIZACIÓN DE SALIDA DE EMERGENCIA DE SOBREPONER EN MURO, CUERPO DE LÁMINA DE ACERO, PLACA DE ACRILICO TRANSPARENTE, IMAGEN ACABADO SANDBLAST, ARILLO ACABADO COLOR BLANCO, PARA LAMPARA LED COLOR VERDE DE 8W, BANCO DE BATERIA Y UNIDAD AUTOMÁTICA INTEGRAL, DRIVER INTEGRAL MULTIVOLTAJE, ALIMENTADO A 127V/60Hz.</p>	BEQUELLI	E16261N	02
IS-07	 <p>TIRA ULTRA LUMINOSA FLEXIBLE COMPUESTA POR 144 LED'S=4 SMD 5050, COLOR BLANCO CÁLIDO A 2400°K, CON UN INDICE DE PROTECCIÓN IP65, CONSUMO DE 24W/mL, OPERA A 127V, ALIMENTADO A 127V/60Hz</p> <p>EQUIPO AUXILIAR: CONVERTIDOR DE CORRIENTE. CONECTOR DE AGUJA. CONECTOR INTERMEDIO. CAPUCHÓN FINAL. FUNDA TERMO CONTRÁCTIL.</p>	BRELLANT BRELLANT BRELLANT BRELLANT BRELLANT	LBT144110VWW LBTCC2 LBTC2 LBTC22 LBTCF2 LBTEC2	142.76 APROX.
IS-08	 <p>LUMINARIO PARA EMPOTRAR EN PLAFOND CON CUERPO DE ALUMINIO COLOR BLANCO PARA ALOJAR UNA LAMPARA LED DE 10W A 3000°K CON FUENTE DE PODER INTEGRAL PARA ALIMENTAR 127V/60Hz.</p>	ILLUX	TL-4440.B30	01
IS-10	 <p>TIRA ULTRA LUMINOSA FLEXIBLE COMPUESTA POR 60 LED'S=4 SMD 5050, COLOR BLANCO CÁLIDO A 3000°K, CON UN INDICE DE PROTECCIÓN IP65, CONSUMO DE 10W/mL, OPERA A 127V, ALIMENTADO A 127V/60Hz</p> <p>EQUIPO AUXILIAR: CONVERTIDOR DE CORRIENTE. CONECTOR DE AGUJA. CONECTOR INTERMEDIO. CAPUCHÓN FINAL. FUNDA TERMO CONTRÁCTIL.</p>	BRELLANT BRELLANT BRELLANT BRELLANT BRELLANT	LBT60S0110VWW LBTCC1 LBTC1 LBTC11 LBTCF1 LBTEC1	86.74 APROX.
IS-24	 <p>MANIGUERA LED NEON FLEX, FLEXIBLE, IDEAL PARA ANGULOS CERRADOS, COLOR BLANCO FRIO A 6500°K, CON UN INDICE DE PROTECCIÓN IP65, CONSUMO DE 5W/mL, REGULADOR DE VOLTAJE A CADA 50m. ALIMENTADO A 127V/60Hz</p> <p>EQUIPO AUXILIAR: CONVERTIDOR DE CORRIENTE. CONECTOR DE AGUJA. CONECTOR INTERMEDIO. CAPUCHÓN FINAL.</p>	BRELLANT BRELLANT BRELLANT BRELLANT	LNFX2WCW -- -- -- --	36 APROX.
IS-30	 <p>LUMINARIO PARA ADOSAR EN CAJILLO CON PERFIL DE ALUMINIO, CON DIFUSOR DE ACRILICO BLANCO OPALINO PARA ALOJAR DOS TIRAS DE LED DE 96 LED'S/ML A 24V, DE 2700°K Y 4100°K CON FUENTES DE PODER ADOSADAS, ALIMENTADAS DE MANERA INDEPENDIENTE EN CIRCUITOS SEPARADOS, PARA ALIMENTAR A 127V/60Hz.</p>	-- BRELLANT BRELLANT	-- LRSL9624V65WW LRSL9624V65W	06 36 APROX. 36 APROX.
IS-31	 <p>LA TIRA BLANCO FRIO SE CONTROLARÁ CON UN SENSOR UBICADO AL INTERIOR DEL CUBO DE ELEVADORES.</p>	--	--	03
IS-28	 <p>LUMINARIO PARA EMPOTRAR EN PLAFOND CON CARCAZA DE ACERO ACABADO EN ESMALTE NEGRO, SIN ARILLO, PARA ALOJAR 1 LED DE 26W A 3000°K DE 12" TIPO COB, CON FUENTE DE PODER INTEGRAL PARA ALIMENTAR A 127V/60Hz.</p>	BRELLANT	LMEG162S3012	10
IS-33	 <p>LUMINARIO PARA EMPOTRAR EN MURO, FABRICADO EN ALUMINIO ACABADO SATINADO, PARA ALOJAR 1 LED DE 5W A 2700°K, PARA ALIMENTAR A 12V/127V/60Hz.</p>	ILLUX	MH-4248	02
IS-34	 <p>LUMINARIO PARA SUSPENDER EN PLAFOND, PENDIENTE POR L+F.PARA ALIMENTAR A 127V/60Hz.</p>	--	--	02
C-03	 <p>APAGADOR SENCILLO DE MURO 15 AMPS, CON INDICADOR DE LUZ, ACABADO EN COLOR BLANCO.</p>	LENTON	5611-W	02
C-19	 <p>TAPA SENCILLA SIN TORNILLOS, ACABADO EN COLOR BLANCO.</p>	LENTON	80301-W	02
C-29	 <p>SENSOR DE OCUPACION DE INFRAROJOS, CUBRE 4.00 MTS. DE RADIO A 2.40 MTS. DE ALTURA, ALIMENTADO A 127V/60Hz.</p>	LENTON	ODC05-11W	08

5.4 Memoria de cálculo

Formulas empleadas

$$\text{Trifásicos} \quad I = \frac{W}{\sqrt{3}v_{f.p.}}$$

$$\text{Monofásicos} \quad I = \frac{W}{v_n \cdot f.p.}$$

$$\text{Trifásicos} \quad I = \frac{VA}{\sqrt{3} v_f}$$

$$\text{Monofásicos} \quad I = \frac{VA}{v_f n}$$

5.4.1 Caída de tensión por impedancia

$$\text{Trifásicos} \quad e\% = \frac{(\sqrt{3})(L)(I)(Z)}{v_{ff}} (100)$$
$$Z = [(R \cos \theta) + (X \sin \theta)]$$

$$\text{Monofásicos} \quad e\% = \frac{(2)(Z)(I)(L)}{v_{ff}} (100)$$
$$Z = [(R \cos \theta) + (X \sin \theta)]$$

Literales empleadas

I= Intensidad de corriente en Amperes.

W=Potencia activa en Watts.

VA=Potencia aparente en Watts.

V_f=Tensión entre fases en Volts.

V_n =Tensión al neutro en Volts.

f.p.=Factor de potencia.

e%=Caída de tensión en Volts.

L=Longitud del circuito en Metros.

R= Resistencia del conductor de cobre ohms/km.

X= Reactancia inductiva del conductor de cobre ohms/km.

Por resistencia

Para un sistema de 3 fases – 4 hilos

$$e\% = \frac{(2)(I)(in)(\sqrt{3})}{Vf - f \times st} (\text{resistencia})$$

Calculo de caída de tensión, corto circuito y sistema de tierras en los diferentes sistemas eléctricos

CAIDA DE TENSION PARA EL SISTEMA MONOFASICO 127V-2H

$$e\% = \frac{(4)(L)(I)}{Ef(S)}$$

e%= Caída de tensión en porciento

4= Constante del sistema arriba indicado

L= Longitud del circuito derivado o alimentador

I= Corriente demandada por la carga conectada.

Ef= Voltaje de alimentación

S= Sección del conductor del circuito derivado o alimentador.

Ejemplo de cálculo

Circuito trifásico:

Datos:

Tablero general de bombeo (T-SGB)

Potencia dem en (VA) = 182,733 VA

Potencia inst en (W) = 164,460 W

Longitud de la carga a partir del tablero = 85 MTS

Temperatura ambiente 30 °C

Voltaje de operación = 480 V

3F-3H

Calculo de corriente nominal

$$I_n = \frac{W}{V_n} (f.p.) (\sqrt{3})$$

$$I_n = \frac{164,460}{480} (0.9) (\sqrt{3})$$

$$I_n = 219.80 A$$

$$I_{cc} = (219.80)(1.25)$$

$$I_{cc} = 274.75 A$$

I_{cc}= Corriente de carga continua

Calculo de corriente corregida

$$I_c = \frac{I_n}{f_a} (f_t)$$

$$I_c = \frac{219.80}{1.0} (0.94)$$

$$I_c = 233.830 A$$

Protección seleccionada 3P-300 A

Calibre seleccionado por ampacidad de acuerdo a la tabla 310-15(B)(16) a partir de la corriente nominal, protección seleccionada y para cálculo de caída de tensión.

Por resistencia

$$e\% = \frac{(2)(85)(219.8)(\sqrt{3})}{(480)(253.35)} = 0.53$$

5.3.2 Cálculo de corto circuito

Para la calibración o selección del interruptor general en baja tensión de la subestación principal en caso de que se requiera es necesario conocer la capacidad interruptiva³. El cálculo de corto circuito se realizará mediante el método de bus infinito, ya que cuando es posible considerar el suministro de energía al sistema con una capacidad infinita y el sistema está formado por un transformador de determinada capacidad, se puede conocer el valor de la corriente de corto circuito máxima que será suministrada por la fuente en el lado secundario del transformador.

Para nuestro caso en particular se tienen los siguientes transformadores

TR-01 (De oficinas): 500 KVA trifásico, en subestación tipo pedestal con una relación de transformación de 23000-220/127 volts, con una impedancia de 5.75%.

TR-02 (De oficinas): 750 KVA trifásico, en subestación tipo pedestal con una relación de transformación de 23000-220/127 volts, con una impedancia de 5.75%.

TR-03 (De Áreas Comunes): 1000 KVA trifásico, en subestación tipo pedestal con una relación de transformación de 23000-480/277 volts, con una impedancia de 5.75%.

TR-04 (De Aire Acondicionado): 750 KVA trifásico, en subestación tipo pedestal con una relación de transformación de 23000-480/277 volts, con una impedancia de 5.75%.

TR-05 (De Manejadoras de Aire): 500 KVA trifásico, en subestación tipo pedestal con una relación de transformación de 23000-480/277 volts, con una impedancia de 5.75%.

Se considera que la energía eléctrica de suministro por el lado del primario es de capacidad infinita (Bus Infinito).

Transformador TR-01

- 1) La corriente máxima en el lado del secundario para TR-01 es:

$$I_{sec} = \frac{(KVA)(1000)}{(1.732)(V)}$$

³ La corriente total cuando los contactos del interruptor inician la apertura para interrumpir el circuito. Esta corriente define la capacidad interruptiva y depende de la "velocidad" del interruptor.

Esta "velocidad" puede definirse como el tiempo transcurrido entre la ocurrencia de la falla y la extinción total del arco eléctrico. En interruptores de media tensión, Este tiempo toma valores entre 2 y 8 ciclos.

El tiempo de interrupción nominal de un interruptor es el período entre el instante de energización del circuito de disparo y la extinción del arco en una maniobra de apertura.

La corriente que un interruptor debe interrumpir es asimétrica, ya que todavía contiene una componente de directa decauyente.

En la actualidad, por lo general se especifica la capacidad interruptiva en términos de la componente simétrica de la corriente. El fabricante de los interruptores toma en cuenta la componente de CD en el diseño de estos.

$$I_{sec} = \frac{(500)(1000)}{(1.732)(220)}$$

$$I_{sec} = 1,312.19 \text{ A}$$

- 2) La corriente de corto circuito simétrica máxima suministrada por el transformador está en función de la impedancia del mismo es decir:

$$I_{cc \text{ max}} = \frac{(100\%)(I_{sec})}{(Z\%)}$$

$$I_{cc \text{ max}} = \frac{(100)(1,312.19)}{(5.75)}$$

$$I_{cc \text{ máx.}} = 22,820.70 \text{ A Simétricos}$$

- 3) La corriente de corto circuito asimétrica es 1,25 veces la corriente simétrica.

$$I_{cc. \text{ Asim}} = (I_{cc \text{ sim}})(1,25) = (22,820.70)(1.25) = 28,525.87 \text{ A Asimétricos.}$$

Transformador TR-02

- 1) La corriente máxima en el lado del secundario para TR-02 es:

$$I_{sec} = \frac{(KVA)(1000)}{(1.732)(V)}$$

$$I_{sec} = \frac{(750)(1000)}{(1.732)(220)}$$

$$I_{sec} = 1,968.30 \text{ A}$$

- 2) La corriente de corto circuito simétrica máxima suministrada por el transformador está en función de la impedancia del mismo es decir:

$$I_{cc \text{ max}} = \frac{(100\%)(I_{sec})}{(Z\%)}$$

$$I_{cc \text{ max}} = \frac{(100)(1,968.30)}{(5.75)}$$

$$I_{cc \text{ máx.}} = 34,231.26 \text{ A Simétricos}$$

- 3) La corriente de corto circuito asimétrica es 1,25 veces la corriente simétrica.

$$I_{cc. \text{ Asim}} = (I_{cc \text{ sim}})(1,25) = (34,231.26)(1.25) = 42,789.07 \text{ A Asimétricos.}$$

Transformador TR-03

- 1) La corriente máxima en el lado del secundario para TR-03 es:

$$I_{sec} = \frac{(KVA * 1000)}{(1.732 * V)}$$

$$I_{sec} = \frac{(1000)(1000)}{(1.732)(480)}$$

$$I_{sec} = 1,202.85 A$$

- 2) La corriente de corto circuito simétrica máxima suministrada por el transformador está en función de la impedancia del mismo es decir:

$$I_{cc \ max} = \frac{(100\%)(I_{sec})}{(Z\%)}$$

$$I_{cc \ max} = \frac{(100)(1,202.85)}{(5.75)}$$

$$I_{cc \ máx.} = 20,919.10 A \text{ Simétricos}$$

- 3) La corriente de corto circuito asimétrica es 1,25 veces la corriente simétrica.

$$I_{cc. \ Asim} = (I_{c \ sim})(1,25) = (20,919.10)(1.25) = 26,148.88 A \text{ Asimétricos.}$$

Transformador TR-04

- 1) La corriente máxima en el lado del secundario para TR-04 es:

$$I_{sec} = \frac{(KVA)(1000)}{(1.732 * V)}$$

$$I_{sec} = \frac{(750)(1000)}{(1.732 * 480)}$$

$$I_{sec} = 902.14 A$$

- 2) La corriente de corto circuito simétrica máxima suministrada por el transformador está en función de la impedancia del mismo es decir:

$$I_{cc \ max} = \frac{(100\%)(I_{sec})}{(Z\%)}$$

$$I_{cc \ max} = \frac{(100)(902.14)}{(5.75)}$$

$$I_{cc \ máx} = 15,689.33 A \text{ Simétricos}$$

- 3) La corriente de corto circuito asimétrica es 1,25 veces la corriente simétrica.

$$I_{cc. \ Asim} = (I_{c \ sim})(1,25) = (15,689.33)(1.25) = 19,611.66 A \text{ Asimétricos.}$$

Transformador TR-05

- 1) La corriente máxima en el lado del secundario para TR-05 es:

$$I_{sec} = \frac{(KVA)(1000)}{(1.732)(V)}$$
$$I_{sec} = \frac{(500)(1000)}{(1.732)(480)}$$
$$I_{sec} = 601.42 A$$

- 2) La corriente de corto circuito simétrica máxima suministrada por el transformador está en función de la impedancia del mismo es decir:

$$I_{cc \max} = \frac{(100\%)(I_{sec})}{(Z\%)}$$
$$I_{cc \max} = \frac{(100)(601.42)}{(5.75)}$$
$$I_{cc \max} = 10,459.55 A \text{ Simétricos}$$

- 3) La corriente de corto circuito asimétrica es 1,25 veces la corriente simétrica.

$$I_{cc. Asim} = (I_{cc \text{ sim}})(1,25) = (10,459.55)(1.25) = 13,074.44 A \text{ Asimétricos.}$$

5.3.3 Memoria de cálculo del sistema general de tierras

Consideraciones, datos y cálculos.

Para fines de cálculo se considera el caso más crítico de corto circuito que se presenta en las acometidas de la compañía suministradora de cálculo:

Una potencia de corto circuito de 344.7 MVA, dato de C.F.E. (Por confirmar)

Área de la subestación: 214.32 m²

La limitación de sobre- tensiones son particularmente importantes en sistemas que operan a voltajes mayores a los 1,000 volts, ya que los equipos para esta clase de voltaje están diseñados con menor margen que los de baja tensión, refiriéndose a las pruebas de 60 Hz y al voltaje de operación.

Determinación de la corriente de corto circuito de falla a tierra

Para la determinación de las corrientes de corto circuito, se utiliza como potencia de cortocircuito 344.7 MVA, trifásico, en la acometida.

$$I_{ccsim} = \frac{MVA}{(\sqrt{3})(Kv)}$$

Donde:

I_{ccsim} = Corriente de corto circuito trifásica, simétrica, en Amperes.

MVA = Potencia de cortocircuito trifásica en MVA. Proporcionada por CFE

KV = Tensión de suministro en KV.

De las condiciones mencionadas tenemos:

$$I_{ccsim} = \frac{344.7}{(\sqrt{3})(23)}$$

$$I_{ccsim} = 8652.97 \text{ Amperes.}$$

Ajuste de la corriente de falla

Cualquier ampliación que sufra este sistema posterior a lo considerado, será de forma independiente, por lo que este factor de seguridad es igual a uno ($A = 1$).

De acuerdo al standard IEEE 80 de 1986, el tiempo de duración de la falla se ha tomado de 30 ciclos (0.5 seg.).

El tiempo de duración de la falla, se considera que al ocurrir una falla a tierra, los interruptores operan eliminando la falla del sistema, operando durante el primer ciclo por lo que al adoptar para cálculo un tiempo igual a 0.5 segundos equivalente a 30 ciclos es seguro para la determinación de nuestro sistema.

Para una relación $X/R = 5$

Tiempo de duración de la falla = 0.5 segundos

Tabla 5.7. Factor de decremento

tf(seg)	Ciclos 60 Hz.	Factor Df				
		X/R=				
		5	10	20	30	40
	Ta	0.0133	0.0265	0.0531	0.0796	0.1061
0.00833	0.5	1.4625	1.5764	1.6482	1.6747	1.6885
0.01667	1	1.3158	1.4623	1.5763	1.6229	1.6481
0.05	3	1.1248	1.2322	1.3784	1.4624	1.5150
0.1	6	1.0643	1.1248	1.2322	1.3158	1.3784
0.2	12	1.0326	1.0643	1.1248	1.1812	1.2322
0.3	18	1.0219	1.0433	1.0848	1.1248	1.1629
0.4	24	1.0164	1.0326	1.0643	1.0950	1.1248
0.5	30	1.0132	1.0262	1.0517	1.0766	1.1010
0.75	45	1.0088	1.0175	1.0348	1.0517	1.0684
1	60	1.0066	1.3693	1.0262	1.0390	1.0517

Para el cálculo de la corriente máxima de la malla:

$$IG = (Cp)(Df)(I)$$

IG = Corriente máxima de malla en Amperes.

Df = Factor de decremento para un tiempo de duración total de la falla en segundos de tabla 1.

Cp = Factor de la proyección que toma en cuenta los incrementos relativos de la corriente de falla a lo largo de la vida útil de la instalación, cuando no existieran incrementos en la corriente de falla, Cp= 1

I = Corriente simétrica de malla (valor rms) en Amperes.

$$IG = (1)(1.0132)(8652.97)$$

$$IG = 8767.18 A$$

Para el cálculo de la corriente de falla tierra se considera la corriente asimétrica, con un factor de decremento "Df" en el cual se tomará de la tabla 1.

$$I_{ccor} = (I_{ccsim})(A)(D)$$

Donde:

I_{ccor} = Corriente de corto circuito trifásica, asimétrica, en Amperes.

A = Factor de seguridad

Df = Factor de decremento.

Por lo tanto tenemos:

$$I_{ccor} = (9665.74)(1)(1.0132)$$

$$I_{ccor} = 9793.43 A$$

5.3.4 Cálculo de la sección del conductor

$$S = I_{ccor} \times K_{on}$$

Donde:

I_{ccor} = corriente de corto circuito trifásica corregida (asimétrica) en Amperes

K_{on} = Constante de Onderdonk.

La constante de Onderdonk, considerando la duración de la falla de 30 ciclos y las conexiones mecánicas, tenemos que el calibre mínimo recomendado para evitar la fusión del cable se determina con un valor de la constante (K_{on}) de 6.5 cm / Amp.

Por lo tanto tenemos:

$$S = (9793.43)(6.5)$$

$$S = 63657.29 \text{ cm}$$

Esta sección equivale a un conductor de cobre desnudo Calibre 2 AWG, 33.62 mm² (66,360 cm.); sin embargo, con objeto de dar mayor seguridad y con el fin de cumplir con la norma se selecciona el calibre 4/0 AWG, 107.20 mm² de sección transversal (211,600 cm) por resistencia mecánica del conductor, calibre del conductor mínimo permitido por la norma 4/0 AWG NOM-001-SEDE-2012.

Calculo de los transformadores

Para el cálculo del transformador se realizó la sumatoria de las cargas instaladas de las áreas comunes aplicando un factor de demanda de 0.8 para la obtención de la capacidad del transformador.

A continuación se muestra el resumen de cargas correspondiente:

TR-01- Oficinas

RESUMEN DE CARGAS		
	(VA)	(W)
CARGA TOTAL INSTALADA	751,804 VA	676,624 W
CARGA TOTAL DEMANDADA	481,155 VA	433,040 W
F. DEMANDA	64%	64%
TR-500 KVA		

TR-02- Oficinas

RESUMEN DE CARGAS		
	(VA)	(W)
CARGA TOTAL INSTALADA	973,320 VA	875,988 W
CARGA TOTAL DEMANDADA	624,845 VA	562,361 W
F. DEMANDA	64%	64%
TR-750 KVA		

TR-03- Áreas Comunes (iluminación, contactos, equipos de bombeo, elevadores)

RESUMEN DE CARGAS		
	(VA)	(W)
CARGA TOTAL INSTALADA	1,379,222 VA	1,241,300 W
CARGA TOTAL DEMANDADA	857,219 VA	771,497 W
F. DEMANDA	62%	62%
TR-1000 KVA		

TR-04- Aire Acondicionado Nivel cuarto de maquinas

RESUMEN DE CARGAS		
	(VA)	(W)
CARGA TOTAL INSTALADA	786,771 VA	708,094 W
CARGA TOTAL DEMANDADA	708,094 VA	637,285 W
F. DEMANDA	90%	90%
TR-750 KVA		

TR-05- Aire Acondicionado (Manejadoras de Aire)

RESUMEN DE CARGAS		
	(VA)	(W)
CARGA TOTAL INSTALADA	424,492 VA	382,043 W

CARGA TOTAL DEMANDADA	424,492 VA	382,043 W
F. DEMANDA	100%	100%
TR-750 KVA		

RELACION DE CARGAS ELECTRICAS
OBRA: CORPORATIVO IS 1431

RESUMEN GENERAL: **PREELIMINAR (JULIO 2014)**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TOTAL INST	TOTAL INST	F DEMANDA	F DE COINCIDENCIA	CARGA DEM	CARGA DEM
		VA	W			VA	W
64 SERVICIOS (3F, 4H, 60HZ)	CARGA OFICINAS	1,728,132	1,555,319	0.64	1.00	1,106,004	995,404
1 SERVICIOS (3F, 4H, 60HZ)	CARGA ÁREAS COMUNES	2,619,851	2,357,865	0.74	1.00	1,942,782	1,748,504
	CARGAS TOTALES	4,347,982	3,913,184	0.70		3,048,786	2,743,907

CAPACIDAD DE TRANSFORMADORES Y PLANTA DE EMERGENCIA

AREA	DESCRIPCIÓN	VOLTAJE	CANTIDAD	CAPACIDAD
OFICINAS	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL, NORMA "J"	220 V	1	500 KVA
	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL, NORMA "J"	220 V	1	750 KVA
AREAS COMUNES	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL, NORMA "J"	480 V	1	1000 KVA
AIRE ACONDICIONADO	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL, NORMA "J"	480 V	1	750 KVA
	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL, NORMA "J"	480 V	1	500 KVA
OFICINAS	PLANTA DE EMERGENCIA	220 V	1	2-600 KW
AREAS COMUNES	PLANTA DE EMERGENCIA	480 V	1	700 KW

Véase anexo 3

CONCLUSIONES

El respetar las normas eléctricas, en proyectos en general, hacen que la práctica del Ingeniero eléctrico sea más confiable y seguro no solo para los trabajadores, sino, para las personas que van a estar dentro del edificio (oficinas, habitacional, industria, etc.), sin embargo en la práctica nos podemos encontrar con clientes que deciden desechar estas propuestas seguras por costo o por mala praxis, o nos podemos encontrar con el caso práctico, donde llevarlo a cabo al pie de la letra a veces no es posible, ya que la parte civil o la arquitectónica pueden ser modificadas sin previo aviso y al momento de montaje de las instalaciones se deben hacer modificaciones de último momento, los cuales terminan haciendo los trabajadores que en gran parte de los casos no tienen el conocimiento adecuado de la normalización y es en donde empiezan los problemas.

Bajo una normalización correcta se puede llevar a cabo una buena ejecución en los procesos de obra, que no solo seguro para terceros, sino para un mantenimiento preventivo y correctivo eficaz y rápido y con menor costo de operación, pese a esto podemos encontrar que la gran mayoría de las obras no lo contemplan y esto a largo plazo produce pérdidas materiales y humanas.

ANEXOS

Anexo 1, Tipos de lámparas y características

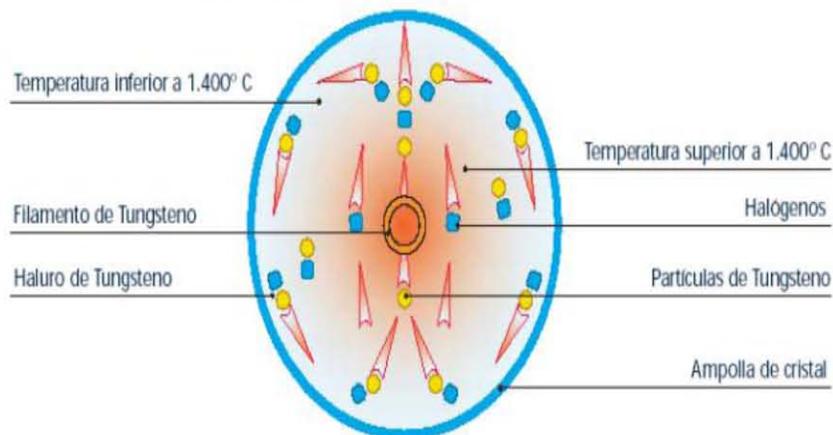
Lámparas incandescentes (I)

- **Principio de funcionamiento:**
 - Calentamiento eléctrico de un alambre metálico
- **Componentes principales:**
 - Filamento: W, enrollado
 - Ampolla: vidrio con Pb
 - Gas de relleno: Ar, N
- **Propiedades básicas:**
 - Baja eficacia luminosa
 - Conexión directa a la red
 - Duración y flujo luminoso según la tensión



Partes de una bombilla

- **Lámparas halógenas:**
 - El gas de relleno incorpora Br o Cl o Y
 - Regeneración del W evaporado

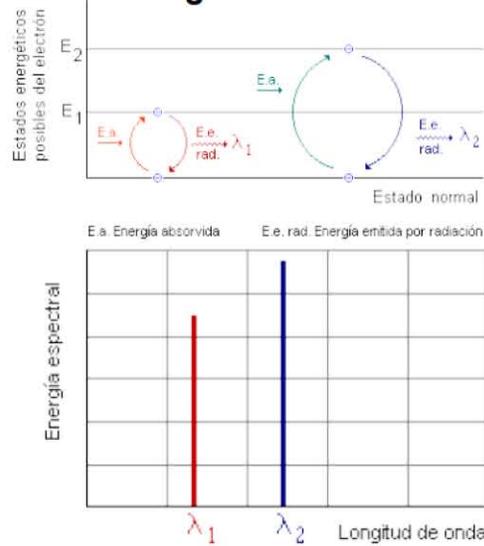
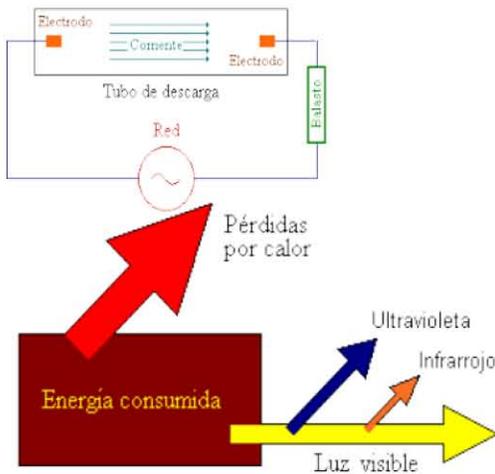


- **Comparativa: Emisión espectral continua**

	Clásica con vacío	Clásica sin vacío	Halógena
Temperatura filamento [°C]	2100	2500	2500
Eficacia luminosa [lm/W]	7.5 - 11	10 - 20	22
Duración media [h]	1000	1000	> 2000
Pérdidas de calor	Convección y radiación	Radiación	Radiación
Potencias disponibles [W]	25 - 2000	25 - 2000	150 - 2000

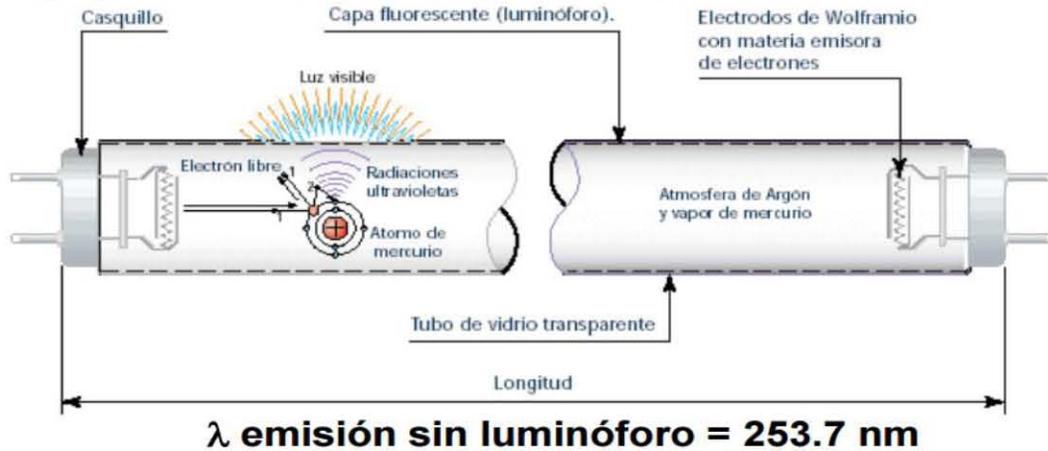
Lámparas de descarga

- **Principio de funcionamiento: Excitación gaseosa mediante una descarga eléctrica**



Lámparas de vapor Hg (I)

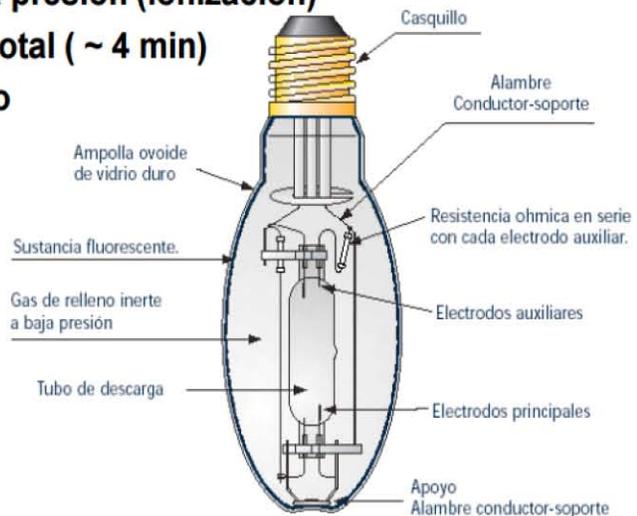
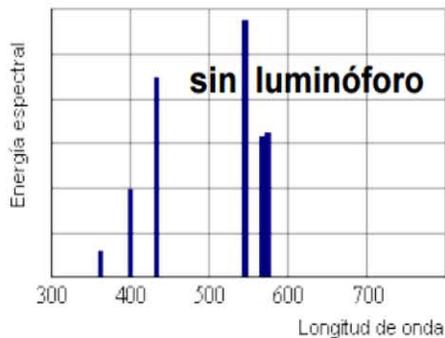
- **Baja presión: lámparas fluorescentes**



Lámparas de vapor Hg (II)

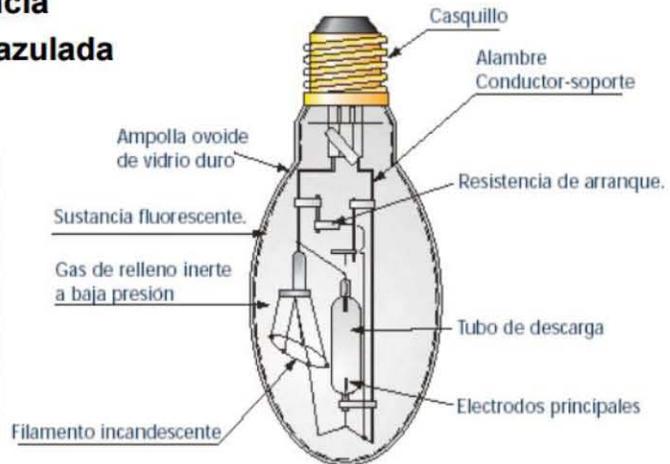
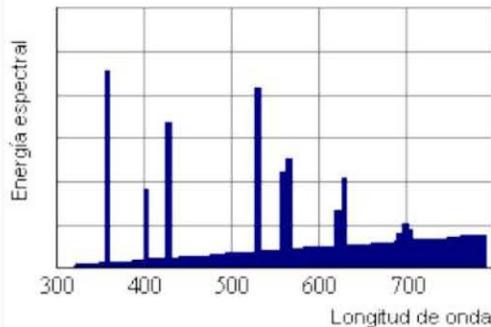
- **Alta presión (I)**

- **Ignición:** descarga de baja presión (ionización)
- **Encendido:** vaporización total (~ 4 min)
- **Estabilización:** con balasto
- **Reencendido:** 5 minutos



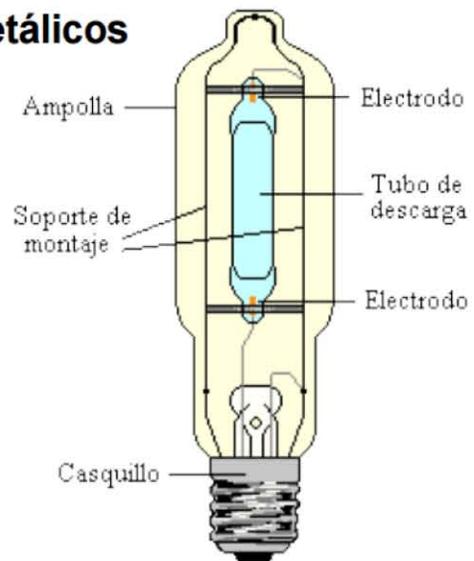
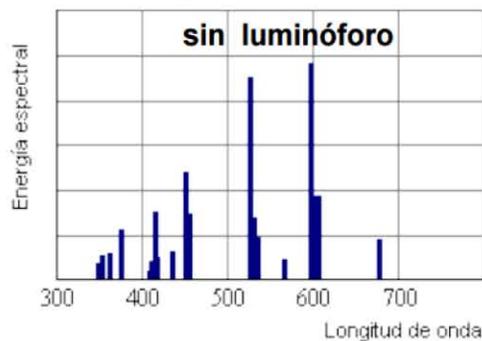
Lámparas de vapor Hg (III)

- **Alta presión (II): lámpara de mezcla**
 - Descarga + incandescencia
 - **Objetivo: corregir la luz azulada**
 - **Conexión sin balasto**



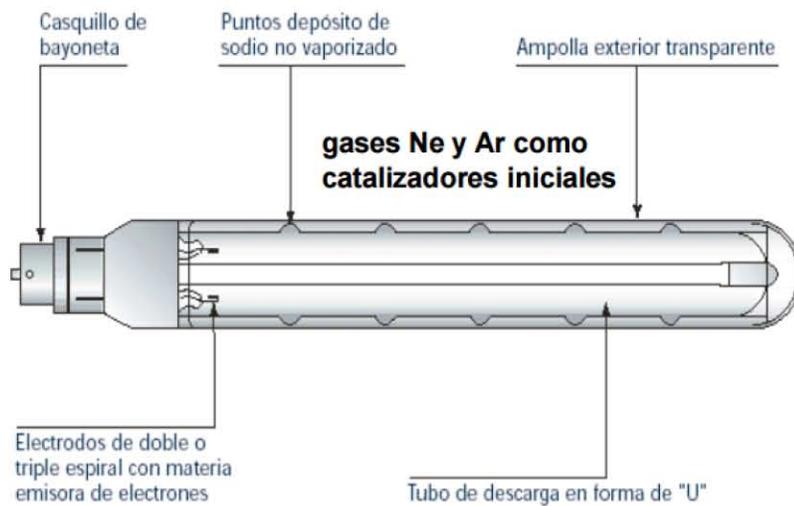
Lámparas de vapor Hg (IV)

- **Alta presión (III): halogenuros metálicos**
 - Halogenuros: Na, Y, O₃
 - Tierras raras (Dy, Ho, Tm)
 - **Objetivo: luz diurna**
 - **Altos voltajes (5 kV)**



Lámparas de vapor Na (I)

- **Baja presión:**

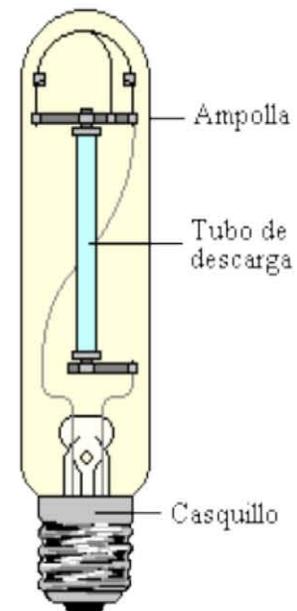
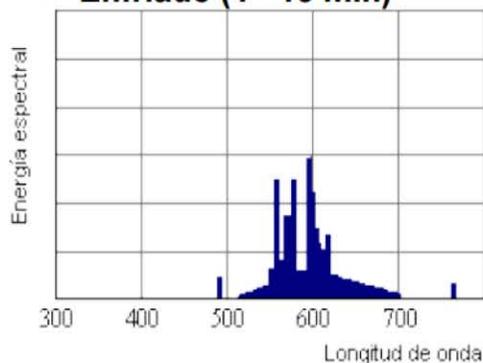


λ emisión = 589 y 589.6 nm

Lámparas de vapor Na (II)

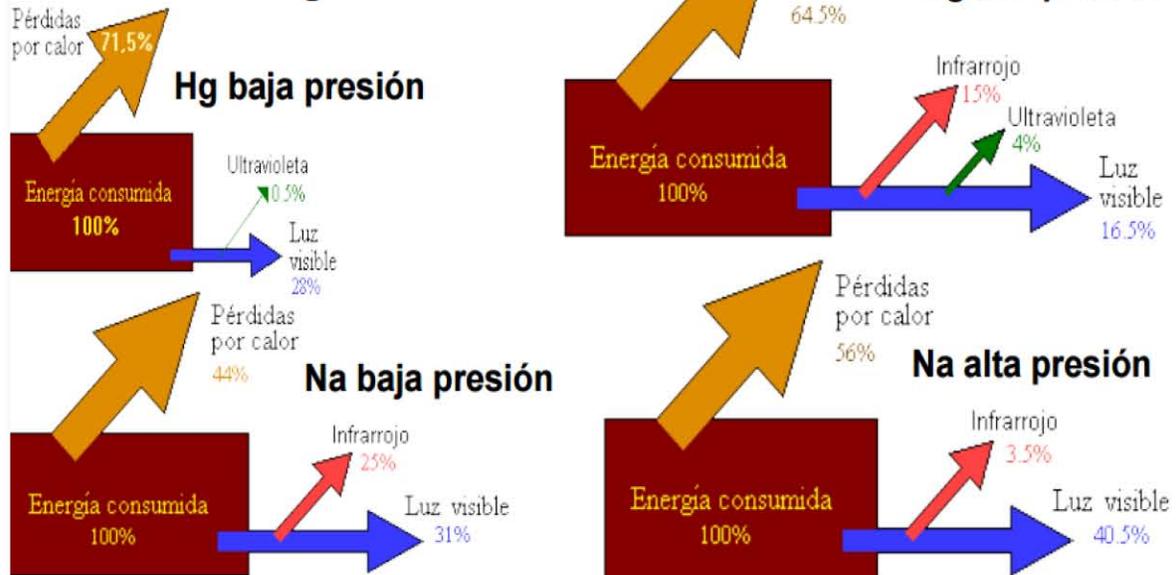
- **Alta presión:**

- + Hg como amortiguador + Xe para facilitar el encendido y reducir las pérdidas por calor
- Alta tensión y encendido rápido
- Enfriado (4 - 15 min)



Comparativa de lámparas (I)

Balance energético:



Anexo 2, Equipos

MEDIDOR PM850



PM850

Power Meter 800

General	Número de parte		
	PM820	PM850	PM870
Instalación rápida, montaje en riel DIN, display integrado o remoto	X	X	X
Display LCD, multilingüe, gráficas de barras	X	X	X
Parámetros			
Voltaje en 3 fases, corriente, demanda, energía, frecuencia, factor de potencia	X	X	X
Calidad de la energía			
THD	X	X	X
Armónicas individuales, hasta la	31	63	63
Registro de forma de onda		estándar	mejorado
Monitoreo de disturbios			X
Registro de eventos			
Memoria	80kB	800kB	800kB
Mínimos y máximos	X	X	X
Mantenimiento, alarmas y registros	X	X	X
Registro de demanda y energía para facturación	X	X	X
Registro de eventos pre-seleccionados	1	3	3
Tendencias y pronósticos		X	X
Entradas y salidas (digitales y/o analógicas)			
Entradas digitales (estándar, opcionales)	1, 12	1, 12	1, 12
Salidas digitales (estándar, opcionales)	1, 4	1, 4	1, 4
Entradas analógicas (estándar, opcionales)	0, 4	0, 4	0, 4
Salidas analógicas (estándar, opcionales)	0, 4	0, 4	0, 4
Alarmas y control			
Tiempo de respuesta, seg	1	1	1
Alarmas con lógica Booleana		X	X
Comunicaciones			
Puerto serial con protocolo Modbus	1 puerto RS 485 estándar		
	Módulo remoto PM8RDA opcional con puerto RS 485 / 232		
	Módulo ethernet PM8ECC opcional con puerto RS 485. Páginas web embebidas		

Series 2000 Three Phase Meter Kits Submetering Solutions for Accurate Measurement & Verification



- kWh meter and optional Demand Reset
- 120/208V or 277/480V 3PH 4W WYE only
- 100 - 1200 Amps
- ModBus RTU (RS485) and Pulse output - standard features
- Large LCD Display
- Kit includes submeter and required Current Transformers (CTs)

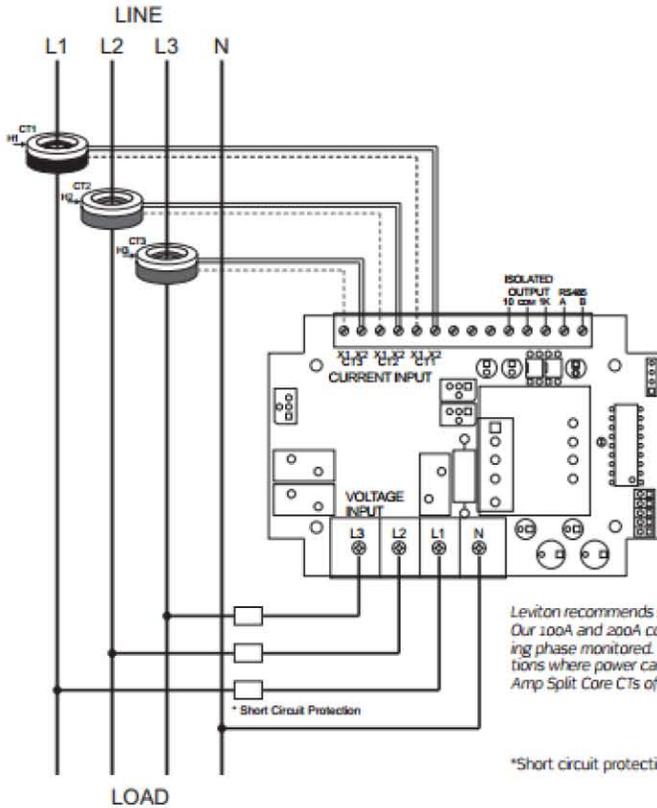
DEFINITION

The Leviton Series 2000 line of revenue-grade meters meets all measurement and verification-based opportunities - including load management and LEED rating achievement. Designed to provide a simple and effective process for accurately capturing measurements of power consumption, Series 2000 Meters are easy to specify and install for new construction and retrofits.

Every Series 2000 Meter has an installer-friendly feedback feature. The red reverse phase indicator acts as an installation diagnostics tool and illuminates if a meter is improperly installed. After installation, the green duty cycle light shows that the meter is collecting electrical consumption data at the appropriate rate. All 100 and 200 Amp solid core CTs have color-coded labels to easily identify correct line/load orientation.

Leviton meters utilize highly accurate current transformers for revenue-grade performance certified to ANSI standards. Competing products use current sensors that do not provide the same level of performance. Leviton offers CTs in solid and split core styles to accommodate all phases of installation and construction. Solid core CTs are ideal for new construction, when power is not live and wires can easily be threaded through the core. Split core CTs can be installed at any time without having to disconnect wire terminations, making them the optimal choice for retrofitting an existing structure. Split core CTs close securely for fast, precise installation with no need for time-consuming tie wraps and no worries about improper seating or core half separation. Both solid and split core CTs offer high quality, long term accuracy and reliability.

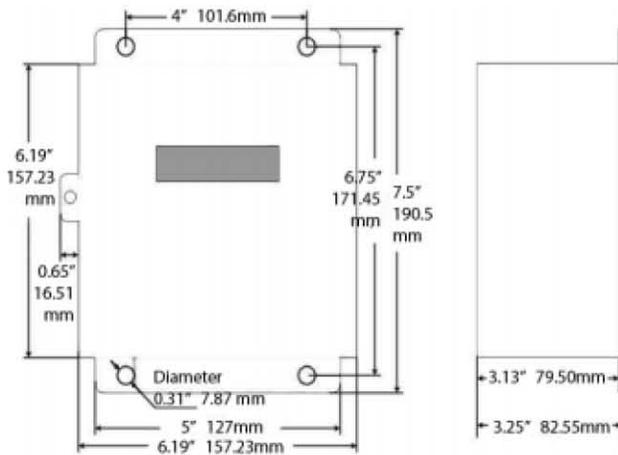
THREE ELEMENT SERIES 2000 HOOKUP DIAGRAM



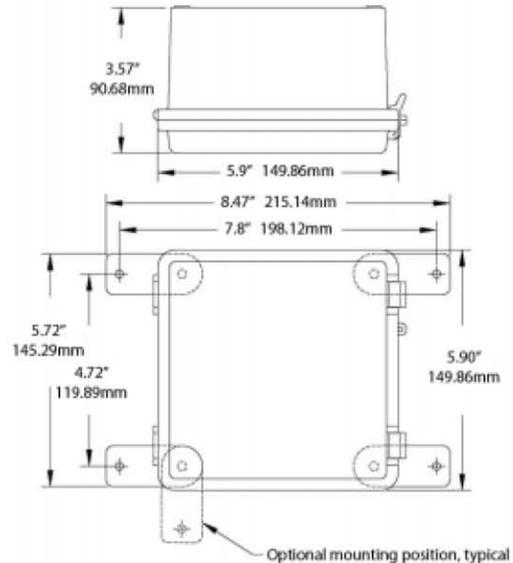
Leviton recommends solid core transformers (CTs) for revenue-grade accuracy. Our 100A and 200A color coded CTs assist with correct installation by indicating phase monitored. Split core CTs are also available upon request for applications where power cannot be interrupted during installation. Our 100-1,200 Amp Split Core CTs offer +/-1.0% accuracy.

*Short circuit protection per NEC and local codes by others

**DIMENSIONS
INDOOR ENCLOSURE**



OUTDOOR ENCLOSURE



Leviton Mfg. Co., Inc. Lighting & Energy Solutions

20497 SW Teton Avenue, Tualatin, OR 97062 1-800-736-6682 Tech Line: 1-800-959-6004 Fax: 503-404-5594 www.leviton.com/les
© 2012 Leviton Manufacturing Co., Inc. All rights reserved. Subject to change without notice.

PRODUCT DATA



ORDERING INFORMATION

Series 2000 Three Phase Meter Kits - Indoor Enclosure

NOTE: All kits include meter, specified enclosure and Current Transformers (CTs)

Voltage	Amps	CTs Included	Leviton P/N
120/208V 3 PH 4 W WYE kWh Meter	100	3 Split CTs	2K208-01W
	200	3 Split CTs	2K208-02W
	400	3 Split CTs	2K208-04W
	800	3 Split CTs	2K208-08W
	1200	3 Split CTs	2K208-12W
	100	3 SOLID CTs	2K208-1SW
	200	3 SOLID CTs	2K208-2SW
277/480 3 PH 4 W WYE kWh Meter	100	3 Split CTs	2K480-01W
	200	3 Split CTs	2K480-02W
	400	3 Split CTs	2K480-04W
	800	3 Split CTs	2K480-08W
	1200	3 Split CTs	2K480-12W
	100	3 SOLID CTs	2K480-1SW
	200	3 SOLID CTs	2K480-2SW
120/208V 3 PH 4 W WYE Demand Meter	100	3 Split CTs	2K208-01D
	200	3 Split CTs	2K208-02D
	400	3 Split CTs	2K208-04D
	800	3 Split CTs	2K208-08D
	1200	3 Split CTs	2K208-12D
277/480V 3 PH 4 W WYE Demand Meter	100	3 Split CTs	2K480-01D
	200	3 Split CTs	2K480-02D
	400	3 Split CTs	2K480-04D
	800	3 Split CTs	2K480-08D
	1200	3 Split CTs	2K480-12D

The following products are also part of the Leviton line of integrated metering solutions:

- Series 1000 Meters
- Series 3000 Smart Meters
- Mini Meters
- Multiple Meter Units (MMUs)
- Current Transformers (CTs)
- Energy Monitoring Software and Hardware

NOTE: Individual submeters are available, please consult factory for availability. Individual Current Transformers (CTs) are also available; see the Current Transformer data sheet documentation for part numbers and additional information.

OUTDOOR ENCLOSURE

Voltage	Amps	CTs Included	Leviton P/N
120/208V 3 PH 4 W WYE kWh Meter	100	3 Split CTs	2O208-01W
	200	3 Split CTs	2O208-02W
	400	3 Split CTs	2O208-04W
	800	3 Split CTs	2O208-08W
	1200	3 Split CTs	2O208-12W
277/480V 3 PH 4 W WYE kWh Meter	100	3 Split CTs	2O480-01W
	200	3 Split CTs	2O480-02W
	400	3 Split CTs	2O480-04W
	800	3 Split CTs	2O480-08W
	1200	3 Split CTs	2O480-12W

LEVITON SPECIFICATION SUBMITTAL

JOB NAME:	CATALOG NUMBERS:
JOB NUMBER:	

Leviton Mfg. Co., Inc. Lighting & Energy Solutions

20497 SW Teton Avenue, Tualatin, OR 97062 1-800-736-6682 Tech Line: 1-800-959-6004 Fax: 503-404-5594 www.leviton.com/les
 © 2012 Leviton Manufacturing Co., Inc. All rights reserved. Subject to change without notice.

G-8754/C12-tb

SIMBOLOGIA	
	TRANSFORMADOR 220V/127V. VOLTAJE PRIMARIO 220V (POR CORRIENTE) Y CORRIENTE SECUN- DARIO 127V (POR CORRIENTE). VOLTAJE SECUNARIO 220V/127 VOLTS CORRIENTE ESTADISTICA, NEMA 1
	INTERFASIS TRANSFORMADOR EN CASIETE HECHO MEDICAO EN PLANO, CAPACIDAD NOMINAL EN PLANO 1 D.L.I.
	UNIDAD O GRUPO DE MOTORES DE CAPACIDAD NOMINAL EN PLANO, 220V, 60 Hz INTERFASIS SUMINISTRADO POR CENTRAL ELECTRICA, MOTOR Y TABLADO DE CONTROL SUMINISTRADO POR PROVEEDOR DE EQUIPO
	TABLADO DE DISTRIBUCION 220V, 60 Hz, 600W. INDICADO LOS POSIBLES RESERVOS POR UNIDAD (1 POR UNIDAD)
	RESERVO DE LUBRO O ALTERNATIVA DE DISTRIBUCION.
	CONCENTRACION DE MOTORES 220V, 60 Hz, 600W. 1 PARA DISTRIBUCION Y MONITOR DE EMERGENCIA PARA CADA DEPARTAMENTO, CON BARRAS E INTERFASIS NOMINAL DE 100 A, CORRIENTE NOMINAL EL. INT. 100A EN MEDIO DE LA CONCENTRACION.
	PLANTA DE EMERGENCIA HECHO CON VOLTAJE DE OPERACION DE 220V/127V. 60 Hz, 600W. CON TABLADO DE 2000 CTS. EQUIPO EN LA PLANTA DE EMERGENCIA. CON INTERFASIS NOMINAL DE 100-1000A

RESUMEN DE CARGAS
OPORTUNAS: TR-01
C. INSTALADA: 751,804 VA
F. DEMANDA: 0,64
C. DEMANDADA: 481,155 VA
TR- 500 KVA

CALCULO PARA PLANTA DE EMERGENCIA PE-01
CARGA INSTALADA PARA RESERVO DE EMERGENCIA: 880,862 VA
F. DEMANDA: 0,72
CARGA DEMANDADA PARA RESERVO DE EMERGENCIA: 619,821 VA
557,839 W
PE- 600 KW

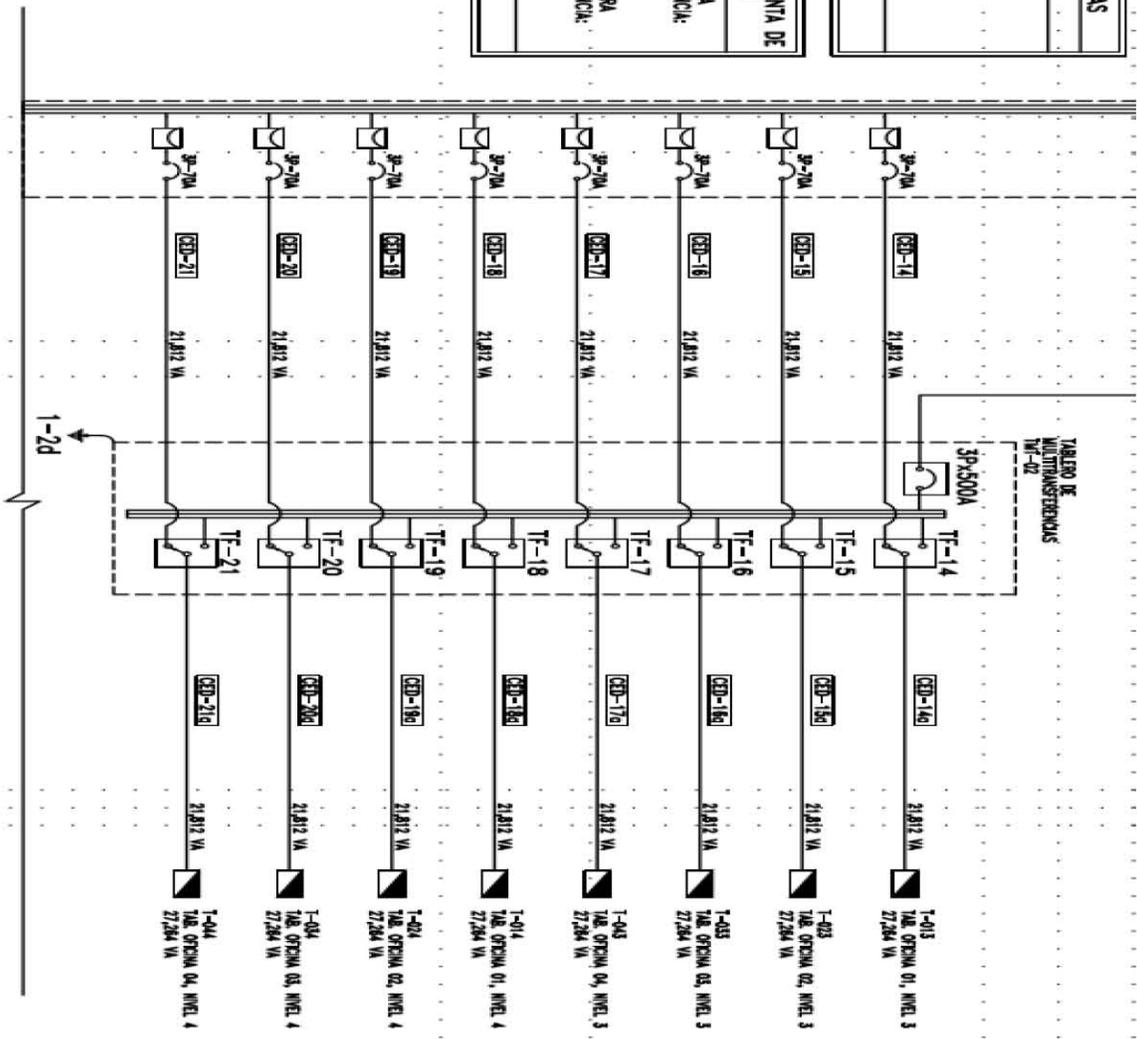
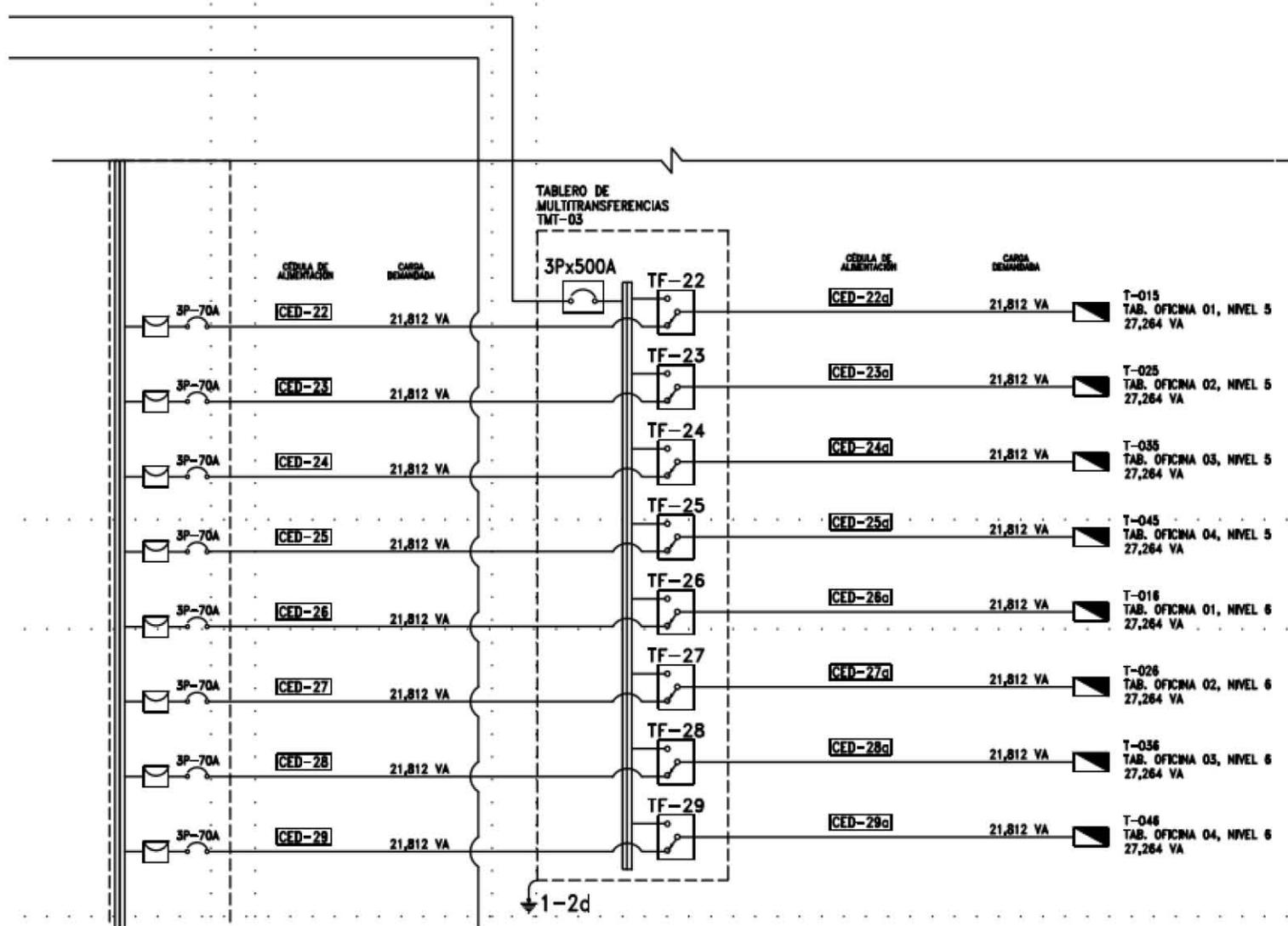
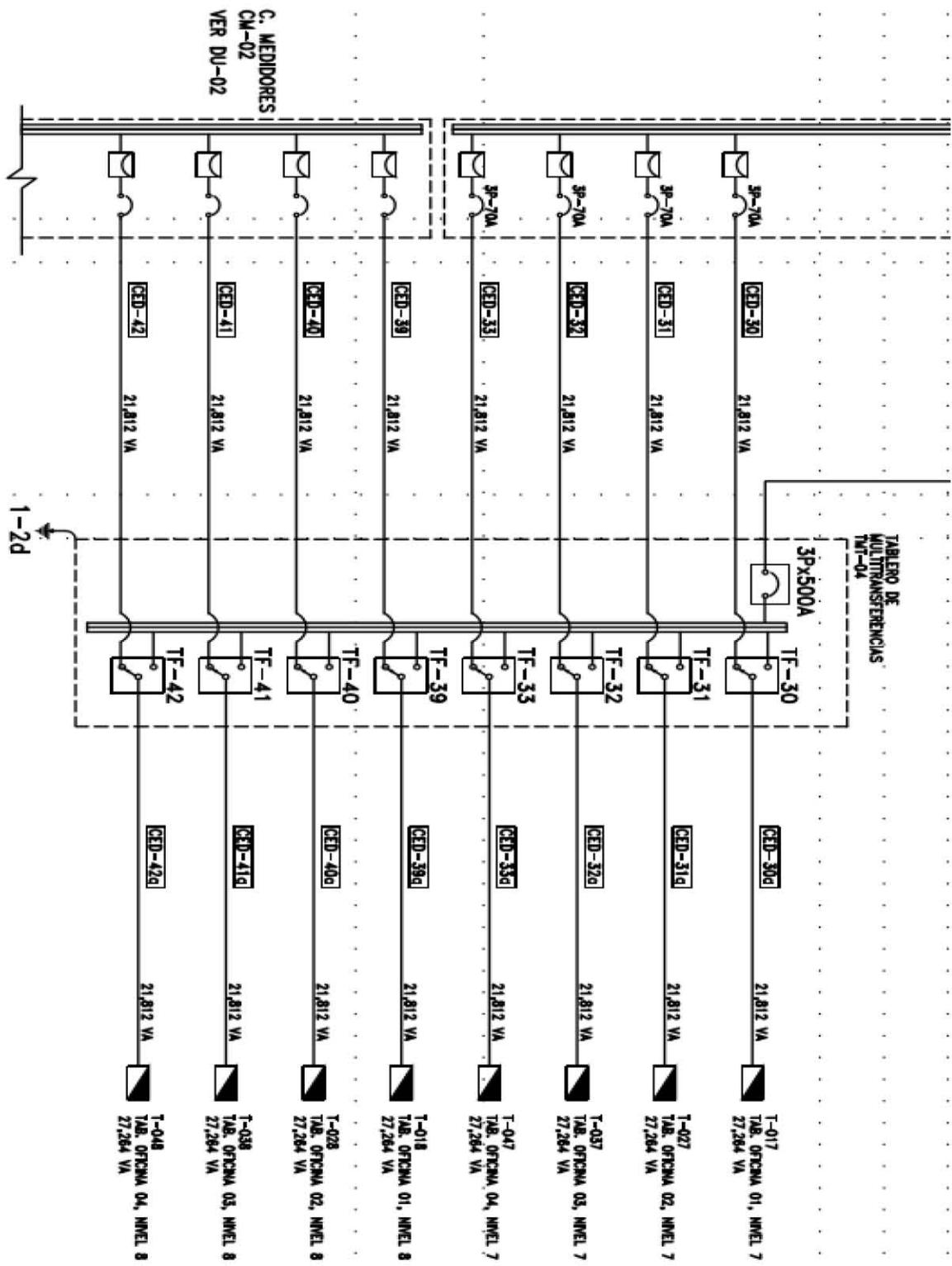


DIAGRAMA UNIFILAR





Índice de figuras

FIG.1.1. SISTEMA ELÉCTRICO TÍPICO PARA LA GENERACIÓN, TRASMISIÓN, DISTRIBUCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. (FIG. 110-4 NOM-001-SEDE-2012)	8
FIG.1.2. SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.	10
FIG.1.3. TENSIONES BAJO LA NOM-SEDE-001-2012	10
FIG. 1.4. CHAROLA	13
FIG. 1.5. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO	15
FIG. 1.6. ARTÍCULO 110-4 NOM-SEDE-001-2005	18
FIG. 1.7. SISTEMA TRIFÁSICO Y SISTEMA MONOFÁSICO	19
FIG. 1.8. CONEXIÓN ESTRELLA	21
FIG.1.9 – CONEXIÓN TRIANGULO (DELTA)	22
FIG. 1.10. TRIÁNGULO DE POTENCIAS.....	23
FIG. 1.11. NOTA DEL INCISO A) AMPACIDAD, DEL ARTÍCULO 455-6 CONDUCTORES, NOM-001-SEDE-2012 .	25
FIG. 1.12. NOTA 4, DEL ARTÍCULO 210-19 CONDUCTORES, NOM-001-SEDE-2005	25
FIG. 1.13. TRIÁNGULO DE IMPEDANCIAS	26
FIG. 1.14. TRIÁNGULO DE POTENCIAS Y SU RELACIÓN CON EL FACTOR DE POTENCIA.	27
FIG. 1.15. FACTOR DE POTENCIA DEPENDIENDO EL TIPO DE CARGA.....	28
FIG. 1.16. ARTÍCULO 220-44 NOM-001-SEDE-2012.....	30
FIG. 1.17. ARTÍCULO 675-7 NOM-001-SEDE-2015	31
FIG. 2.1. TEMPERATURA DEL METAL	40
FIG. 2.2. VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO METÁLICO CON LA TEMPERATURA	42
FIG. 3.2. TUBO EMT.	53
FIG. 3.3. TUBO IMC.	53
FIG. 3.4. TUBO FLEXIBLE METÁLICO.	54
FIG. 3.6. TUBO LIQUID TIGH	55
FIG. 3.1. TUBO DE PVC.....	55
FIG. 3.5. TUBO FLEXIBLE DE PLÁSTICO.	56
FIG. 3.7. TUBO CONDUIT NARANJA.....	56
FIG. 3.8. TUBO DE PVC CONDUIT ELÉCTRICO TIPO PESADO Y LIGERO VERDE OLIVO.	58
FIG. 3.9. CAJAS DE CONEXIÓN.	59
FIG. 3.10. CAJAS DE CONEXIÓN OCTAGONAL.....	59
FIG. 3.11. CAJAS DE CONEXIÓN RECTANGULAR.	60
FIG. 4.1. MÉTODO DE ALUMBRADO GENERAL. FIG. 4.2. MÉTODO DE ALUMBRADO LOCALIZADO.....	73
FIG. 4.3 MÉTODO GENERAL Y LOCALIZADO. FIG. 4.4. MÉTODO DE ALUMBRADO MODULARIZADO..	73
FIG. 4.5. DIAGRAMA DE BLOQUES MÉTODO DE LÚMENES.....	75
FIG. 4.6. DIMENSIONES DEL LOCAL.	75
FIG. 4.7. ALTURAS DEL LOCAL.....	76
FIG. 4.8 - EJEMPLO DE TABLA DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN.....	77
FIG. 4.9. EMPLAZAMIENTO DE LUMINARIAS EN LOCAL DE PLANTA RECTANGULAR.	79
FIG. 4.10. APERTURA DEL HAZ DE LUZ.....	79
FIG. 4.11. PARTES DE LA CAVIDAD ZONAL.....	81
FIG. 4.12. EMPLAZAMIENTO DE LUMINARIAS EN LOCAL DE PLANTA RECTANGULAR.	86
FIG. 4.13. APERTURA DEL HAZ DE LUZ.....	86

FIG.4.14. PUNTO POR PUNTO.	87
FIG. 4.15. GRAFICA DE PUNTO POR PUNTO.	88
FIG. 4.16. ALGORITMO.	93

Índice de tablas

TABLA 1.1. FORMULAS DE POTENCIA <i>MONOFÁSICA</i> Y <i>TRIFÁSICA</i>	22
TABLA. 1.2. FACTORES DE DEMANDA DE CARGAS DE ALUMBRADO (TABLA 220-11 Y SU RESPECTIVO ARTÍCULO, NOM-001-SEDE-2012)	29
TABLA 1.3. FACTORES DE DEMANDA PARA CARGAS DE RECEPTÁCULOS QUE NO SON UNIDADES DE VIVIENDA. (TABLA 220-13 Y SU RESPECTIVO ARTÍCULO, NOM-001-SEDE-2012)	29
TABLA. 1.4. FACTORES DE DEMANDA DE CARGAS DE ALUMBRADO. (TABLA 220-42 NOM-001-SEDE-2012) .	30
TABLA 1.5. FACTORES DE DEMANDA PARA CARGAS DE CONTACTOS EN INMUEBLES QUE NO SON UNIDADES DE VIVIENDA. (TABLA 220-44 NOM-001-SEDE12012)	30
TABLA 1.6. IMPEDANCIAS DE CALIBRES DE LOS CONDUCTORES DEL PROYECTO.	31
TABLA 1.6.1 CONTINUACIÓN DE IMPEDANCIAS DE CALIBRES DE LOS CONDUCTORES DEL PROYECTO	32
TABLA. 2.1 CONDUCTORES-AISLAMIENTOS Y USOS (TABLA 310-13 NOM-001-SEDE-2005).	36
TABLA 2.2. FACTOR DE CABLEADO	42
TABLA 2.3. NÚMERO DE HILOS DE LOS CABLES (TABLA 10 NOM-001-SEDE-2005)	43
TABLA 2.4. PROPIEDADES DE LOS CONDUCTORES, COBRE SUAVE Y ALUMINIO	44
TABLA 2.5. CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE (NOM-001-SEDE-205 TABLA310.16)	45
CONTINUACIÓN TABLA 2.5. CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE (NOM-001-SEDE-205 TABLA310.16)	46
TABLA 2.6. FACTORES DE AJUSTE PARA MÁS DE 3 CONDUCTORES PORTADORES DE CORRIENTE (NOM-001-SEDE-2005 TABLA 310.15 (G))	46
TABLA 2.7. FACTOR DE TEMPERATURA (NOM-001-SEDE-2005 TABLA 310.17)	47
TABLA 2.8. FACTOR DE CORRECCIÓN (NOM-001-SEDE-2005 TABLA 310.15)	48
TABLA 2.9. FACTOR DE CORRECCIÓN (NOM-001-SEDE-2005 TABLA 310.15)	49
TABLA. 2.10 TABLA DE COLORES PARA CABLES.....	51
TABLA 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDULETS.....	61
TABLA 3.2. DIMENSIONES DE TUBOS CONDUIT.	65
TABLA 3.3. DIÁMETROS DE TUBOS CONDUIT Y LA DISTANCIA CORRESPONDIENTE ENTRE APOYOS.	65
TABLA 3.4. NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT.....	66
TABLA 3.4.1. CONTINUACIÓN DE NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT.....	67
TABLA 3.5. FACTORES DE RELLENO (TABLA 10-1 NOM-001-SEDE-2005)	67
TABLA 3.6. DIMENSIONES DE TUBO CONDUIT (TABLA 10-4 NOM-001-SEDE-2005).....	67
TABLA 4.1. NIVELES DE ILUMINACIÓN EN ÁREAS DE TRABAJO BAJO LA NOM 025-STPS-2008.	69
TABLA 4.2. CARGA DE ALUMBRADO GENERAL POR TIPO DE INMUEBLE. (TABLA 220-12 DE LA NOM-001-SEDE-2012)	70
TABLA 4.3. VALORES MÁXIMOS DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA) PARA ESTACIONAMIENTOS PÚBLICOS ABIERTOS. (TABLA 6 DE LA NOM-013-ENER-2013)	72
TABLA 4.4. VALORES MÍNIMOS DE ILUMINANCIA PROMEDIO MANTENIDA Y VALORES MÁXIMOS DE LA DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA) PARA ESTACIONAMIENTOS CERRADOS O TECHADOS. (TABLA 7 DE LA NOM-013-ENER-2013)	72
TABLA 4.5. CARACTERÍSTICAS APROXIMADAS DE LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO.	74

TABLA 4.6. ALTURAS DE LUMINARIAS.	76
TABLA 4.7. ÍNDICE DE LOCAL.	76
TABLA 4.8. FACTOR DE REFLEXIÓN.....	77
TABLA 4.9- FACTOR DE MANTENIMIENTO.	78
TABLA 4.10. RESUMEN SOBRE LAS SEPARACIONES ENTRE LUMINARIAS.	80
TABLA 4.11. FACTOR DE REFLEXIÓN.....	81
TABLA 4.12. PORCENTAJE DE REFLECTANCIA.....	82
TABLA 4.13. COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN.	83
TABLA 4.14. FACTORES DE MULTIPLICACIÓN DE REFLECTANCIA.....	84
TABLA 4.15. FACTOR DE MANTENIMIENTO	84
TABLA 4.16. RESUMEN SOBRE LAS SEPARACIONES ENTRE LUMINARIAS.	86
TABLA 5.3. DIMENSIONES Y PORCENTAJES PARA CONDUIT.	98
TABLA 5.4. RADIO DE LAS CURVAS DE TUBO CONDUIT.	98
TABLA 5.6. ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA.	105
TABLA 5.1. TABLEROS GENERALES.	106
TABLA 5.7. FACTOR DE DECREMENTO	145

BIBLIOGRAFÍA

- Richter H., (1986), Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas (Domesticas de Granjas e Industrias), Editorial C.E.C.S.A., México.
- Bratu N., (1992), Instalaciones Eléctricas, Ed. Alfaomega, 2da, Edición, México D. F.
- Bratu N., (1992), Instalaciones eléctricas, Introducción a las instalaciones eléctricas, Alfa omega grupo editor, 2da. Edición, México D. F.
- Bratu N., (1992), Instalaciones eléctricas, Elementos que constituyen una instalación eléctrica, Alfa omega grupo editor, 2da. Edición, México D. F.
- Harper E., Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas, Editorial Limusa.
- EL ABC DEL ALUMBRADO Y LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION: Ing. Gilberto Enriquez Harper, 2° edición, editorial Limusa S.A de C.V
- INSTALACIONES ELECTRICAS PRACTICAS: Ing. Becerril L. Diego Onesimo, 12 edicion, 2012
- Sistemas de distribución de energía eléctrica: José Dolores Juárez Cervantes, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, Primera edición 1995
- EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES: Ing. Gilberto Enriquez Harper, 1998, Lemusa SA de CV.
- GUIA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES, INDUSTRIALES Y COMERCIALES: Ing. Gilberto Enriquez Harper, 2° edición, 2004, Lemusa SA de CV.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)
- ATLAS ESTADÍSTICO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. INDEC.Buenos Aires, 1998.
- Kuznetsov: 'Fundamentos de Electrotecnia,' Editorial Mir
- Kasatkin - Perekalin : 'Curso de Electrotecnia,' Editorial Cartago
- Manual-de-Instalaciones-Elctricas-en-BT-2009 condumex
- Software en ambiente Windows para el cálculo de iluminación interior mediante método de los lúmenes y cavidades zonales.: Rodrigo A. Muñoz Marquez, N° de Pedido : M 621.3 M9291 1996.
- Luminotecnia, sus principios y aplicaciones: Editorial Gustavo Gili S.A., N° de Pedido : 621.322 W427 1973, ISBN : 84-252-0151-9
- Técnicas de la iluminación eléctrica: Editorial Labor S.A., N° de Pedido : 621.322 B63

-
- NORTH, R.V.: Trabajo y Ojo. Barcelona: Masson, 1996.
 - NORTH, R.V.: Work and the Eye, 2nd ed., Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.
 - SMITH, N.A.: Lighting for Health and Safety. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
 - LILLO JOVER, J.: Ergonomía. Evaluación y diseño del entorno visual. Madrid: Alianza Editorial, Psicología y Educación, 2000.
 - BOYCE, P.R.: Human factors in lighting, 2nd ed., London: Taylor & Francis, 2003.
 - GARCÍA-GAITE, G.: Iluminación y seguridad laboral. Madrid: Fundación Mapfre, 2003.
 - SMITH, N.A.: Lighting for occupational optometry. Leeds: H&H Scientific Consultants, 1999.
 - CIE -Comisión Internacional de Iluminación y Color, Divisiones 2, 3 y 5.
 - SIMONS, R.H. & BEAN, A.R.: Lighting engineering: applied calculations. Oxford: Architectural Press, 2001.
 - GARCÍA-FERNÁNDEZ, J.; BOIX, O.: Luminotecnia: iluminación de interiores y exteriores
 - GORDON, G.: Interior lighting for designers. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.
 - CUTTLE, C.: Lighting by design. Oxford: Architectural Press, 2003.
 - WHITEHEAD, R.: Commercial lighting: creating dynamic public space. London: Rockport, 1995.

FUENTES DE LA WEB

<https://books.google.com.mx/books?id=5wLSPGCcXncC&pg=PA7&lpg=PA7&dq=definicion+cl%C3%A1sica+de+un+sistema+de+distribucion+electrica&source=bl&ots=rpfYoC6PNK&sig=Hjv8MdA2a bltE71I-8zfYVRcbzg&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDrtmCp93VAhWISiYKHQu9DisQ6AEITTAE#v=onepage&q=definicion%20cl%C3%A1sica%20de%20un%20sistema%20de%20distribucion%20electrica&f=false>

<http://www.monografias.com/trabajos82/efectos-corriente-electrica/efectos-corriente-electrica2.shtml>

<http://www.ceduvirt.com/resources/CeduvirtInstalaciones.pdf>

<http://instalacioneselctricasresidenciales.blogspot.mx/2016/02/requisitos-de-las-instalaciones.html>

<https://teslamexico.mx/comercial-industrial/>

<http://faradayos.blogspot.mx/2014/01/colores-cables-electricos-normas.html>

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5465/Tesis.pdf?sequence=1>

http://www.academia.edu/15835262/INDUCTANCIA_REACTANCIA_Y_CAPACITANCIA

http://www.academia.edu/9511827/1.1_IMPEDANCIA_RESISTENCIA_Y_REACTANCIA_.2

https://es.wikipedia.org/wiki/Protecciones_de_sistemas_de_potencia

<http://electrica.mx/centros-de-carga-y-tableros-de-distribucion/>

<http://www.todoexpertos.com/preguntas/5wtslb5irs3ivx9j/que-es-trifasica-bifasica-y-monofasica-caracteristicas-ejemplos>

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_monof%C3%A1sico

<https://proyectosistematierra.wordpress.com/2012/11/28/toma-de-corrientes-monofasica-bifasica-y-trifasica/>

<http://platea.pntic.mec.es/alabarta/CVE/Soporte/Materiales/formulario.pdf>

<http://potenciaelectrica-dulce.blogspot.mx/2012/05/potencia-electrica-en-corriente-alterna.html>

<http://www.tuveras.com/fdp/fdp.htm>

<http://faradayos.blogspot.mx/2014/01/tipos-de-canalizaciones-electricas.html>

<http://skyfort.com/poliductos/tubo-conduit-naranja/>

<http://www.vyt.com.mx/producto/0045/Tuberia+de+PVC+conduit+electrica+tipo+pesado.html>

<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/sempr/cap10.pdf>

<http://www.iluminet.com/nom-025-iluminacion-trabajo/>

<http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>

<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

<https://clasesiluminacion.files.wordpress.com/2015/06/clases-iluminacion-metodo-cavidad-zonal.pdf>

https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16160/1/Tema_3_EV.pdf

https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwityrfDgM_XAhWr3YMKHU7KAXQQFgg3MAM&url=http%3A%2F%2Fwww.mty.itesm.mx%2Fetie%2Fdeptos%2Fie%2Fprofesores%2Fjabaez%2Fclases%2FE00888%2FAn%25E1lisis_Fallas%2FSeleccion_Interruptores.ppt&usg=AOvVaw1CnUcX0zd73riOd-t55Kcj