



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**MANUAL PRÁCTICO PARA EL DESARROLLO DE LA MATERIA
DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

TÉSIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

CÉSAR ALEJANDRO CALDERÓN FUENTES

ASESOR:

ING. ÁNGEL ISAIAS LIMA GÓMEZ

CUAUTITLÁN, ESTADO DE MÉXICO, 2014



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
ASUNTO: VOTO APROBATORIO
SUPERIORES CUAUTITLÁN

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

ATN: MTRO. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.



EXÁMENES PROFESIONALES

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

"MANUAL PRÁCTICO DE CONSULTA PARA EL DESARROLLO DE LA MATERIA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS"

Que presenta la pasante: **CÉSAR ALEJANDRO CLADERÓN FUENTES**
Con número de cuenta: **40907343-4** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Eléctrico**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 23 de Mayo de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

| | NOMBRE | FIRMA |
|---------------------|------------------------------------|-------|
| PRESIDENTE | Ing. Casildo Rodríguez Arciniéga | |
| VOCAL | Ing. José Gustavo Orozco Hernández | |
| SECRETARIO | Ing. Ángel Isaías Lima Gómez | |
| 1er SUPLENTE | Ing. Fernando Fierro Téllez | |
| 2do SUPLENTE | M. en C. José Isaac Sánchez Guerra | |

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
(Art 127 REP)
HHA/Vc

DEDICATORIAS:

A mis padres y mis hermanos que siempre creyeron en mí y me brindaron su amor, ejemplo, apoyo, fortaleza, paciencia y persistencia necesarias para seguir siempre hacia adelante, que gracias a ellos he logrado este gran reto y que nos solo me enseñaron a salir adelante, también me enseñaron a ser una mejor persona.

A mis tíos Silvia y Jorge les agradezco mucho porque han estado presentes en todo momento y quiero que este logro también lo sientan como suyo.

A mis amigos que he encontrado a lo largo de mi camino, que siempre me han motivado a seguir y a perseverar, les agradezco por compartir esos grandes momentos que espero y nunca se terminen.

Agradezco también a todos los profesores que a lo largo de mi carrera me mostraron sus experiencias en la vida y en la profesión y que gracias a su dedicación y paciencia he logrado esta tesis.

Índice

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS..... | 6 |
| 1.1 Definición de una instalación eléctrica..... | 6 |
| 1.2 Criterios de diseño..... | 6 |
| 1.3 Seguridad, eficiencia, flexibilidad, accesibilidad, economía..... | 7 |
| 1.3.1. Niveles de voltaje..... | 10 |
| 1.3.2. Localización..... | 11 |
| 1.3.3. Normalización y especificaciones..... | 12 |
| 1.5. Mantenimiento..... | 23 |
| 1.6. Calidad del suministro de la energía eléctrica..... | 27 |
| 1.6.1. Continuidad, voltaje, frecuencia..... | 27 |
| 2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES..... | 37 |
| 2.1. Elementos de una instalación eléctrica residencial..... | 37 |
| 2.2. Cargas eléctricas..... | 37 |
| 2.3. Selección del calibre y tipo de conductores para instalaciones de baja tensión..... | 38 |
| 2.3.1. Cálculo de conductores por su ampacidad..... | 39 |
| 2.4. Selección de los elementos de protección..... | 40 |
| 2.4.1. Circuitos derivados..... | 44 |
| 2.5. Selección e instalación de contactos..... | 47 |
| 2.6. Selección e instalación de apagadores..... | 49 |
| 2.7. Selección e instalación de luminarias..... | 49 |
| 2.8. Fundamentos de un proyecto eléctrico residencial..... | 50 |
| 2.9. Elaboración de planos para una instalación eléctrica residencial..... | 60 |
| 2.10. Conexión a tierra..... | 63 |
| 3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES..... | 70 |
| 3.1. Características de los elementos de una instalación eléctrica industrial..... | 70 |
| 3.2. Simbología eléctrica..... | 76 |
| 3.3. Redes de distribución primaria y secundaria..... | 78 |
| 3.4. Diagrama multifilar y unifilar..... | 80 |
| 3.5. Utilización de normas..... | 80 |
| 3.6. Criterios para la estimación de la carga de una instalación eléctrica..... | 82 |
| 3.7. Tipos de cargas. Alumbrado, motriz, etc..... | 86 |
| 3.8. Calculo de la ampacidad de conductores..... | 94 |

| | |
|---|-----|
| 3.9. Alimentadores..... | 99 |
| 3.10. Ductos y tuberías..... | 103 |
| 3.11. Importancia del factor de potencia..... | 111 |
| 3.12. Corrección del factor de potencia..... | 114 |
| 3.13. Tableros y centros de Cargas..... | 118 |
| 3.13.1 Centro de cargas..... | 125 |
| 3.13.2 Tableros de Distribución..... | 126 |
| 3.13.3 Tableros generales..... | 128 |
| 3.13.4 Centro de control de motores..... | 129 |
| 3.14. Sistema Pararrayos..... | 129 |
| 3.15. Las subestaciones eléctricas en una instalación industrial..... | 131 |
| 3.16. Sistemas de Emergencia..... | 136 |
| 4. TEORÍA Y DISEÑO DE SISTEMAS DE TIERRAS EN UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL..... | 138 |
| 4.1. Generalidades..... | 138 |
| 4.2. Nociones de resistencia a tierra..... | 142 |
| 4.3. Cálculo de la resistencia tierra..... | 144 |
| 4.4. Criterios para el diseño de sistemas de tierras..... | 149 |
| 4.5. Materiales utilizados..... | 154 |
| 4.5.1 Conductores..... | 154 |
| 4.6. Aplicaciones..... | 160 |
| 5. ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACION ELECTRICA DE BAJO CONSUMO ENERGETICO..... | 161 |
| 5.1 Uso eficiente de la energía..... | 161 |
| 5.2 Energía sustentable..... | 161 |
| 5.3 Iluminación LED..... | 164 |
| 5.4 Sistemas automatizados..... | 167 |
| 5.4 Instalaciones Inteligentes..... | 173 |
| 6. PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA INDUSTRIAL..... | 181 |
| 6.1. Generalidades..... | 181 |
| 6.2. Organización del área de proyectos..... | 181 |
| 6.3. Memorias de cálculos, planos..... | 181 |
| Bibliografía..... | 207 |

1. INTRODUCCIÓN A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

1.1 Definición de una instalación eléctrica.

Una instalación eléctrica la definiremos como un conjunto de tuberías conduit o 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, accesorios de protección, tomacorrientes, etc., necesarios para conectar o interconectar una o varias fuentes o tomas de energía eléctrica que tienen la principal finalidad de proveer de potencia eléctrica a los receptores de una manera rápida y sencilla, para que esta sea transformada de diversas maneras.



Imagen 1.1

1.2 Criterios de diseño.

Al realizar el diseño de una instalación eléctrica debemos considerar utilizar materiales que se encuentren aprobados o certificados por las normas nacionales o internacionales y así aseguraremos la calidad de la instalación eléctrica.

Toda instalación eléctrica nos debe de proveer de energía eléctrica a cualquier equipo que se encuentre conectado a ella de una manera segura para el usuario y eficiente. Además debe ser económica, flexible y de fácil acceso.

1.3 Seguridad, eficiencia, flexibilidad, accesibilidad, economía.

Seguridad. Una instalación eléctrica no debe representar riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o que están cerca, por lo que debe distribuir y transformar la energía eléctrica de una forma segura. Para una red eléctrica industrial o doméstica, tendremos que involucrar una serie de parámetros y elementos, que permitan a él o los usuarios, utilizar cualquier máquina, equipo o dispositivo, con la mayor de las seguridades.

Existen muchos elementos que pueden utilizarse para proteger a las personas que trabajan cerca de una instalación eléctrica. De los accesorios conocidos, tenemos las portalámparas, apagadores de dos posiciones; de palanca, botón o de presión, y que de igual forma pueden ser regulados manual o automáticamente, contactos, intercambiables, tipo oculto, de piso y polarizados. entre otros: la conexión a tierra de todas las partes metálicas que están accesibles, la inclusión de mecanismos que impidan que la puerta de un tablero pueda abrirse mientras este se encuentre energizado, la colocación de tarimas de madera y hule en los lugares donde se operen interruptores y, en general, elementos que impidan el paso (letreros, candados, alambradas, etc.).

De los anteriormente mencionado, se determinarán las formas y características de los dispositivos de protección o seguridad, mismo que nos permitirán tener un control y protección , y sin duda, también esté probado y certificado bajo normas oficiales mexicanas –NOM-, garantizando así la seguridad física del usuario, así como de los equipos en uso.

Entre los más importantes dispositivos que aseguran al usuario y a la instalación eléctrica, tenemos: Interruptores: comúnmente conocido de caja de lámina o de seguridad. Tableros de distribución: también conocidos en este ambiente como, centros de carga. Estos pueden contener dos o más interruptores tipo navaja, con palanca o interruptores automáticos termomagnéticos.

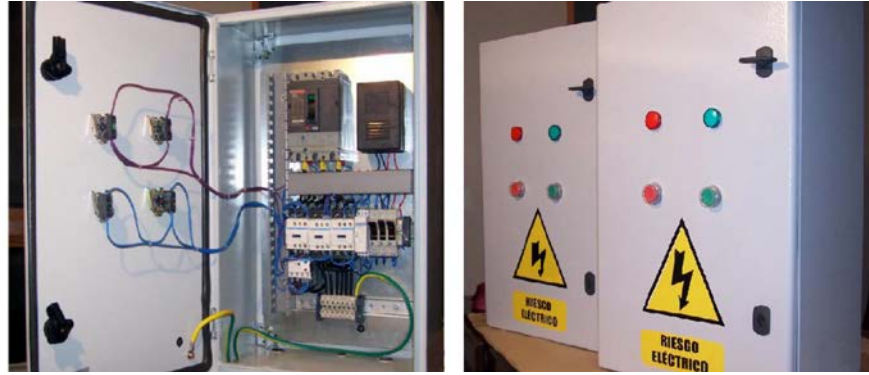


Imagen 1.2

Eficiencia. El diseño de una instalación debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios y a su vez midiendo y controlando la energía, automatizando, y proporcionando diagnósticos adecuados, ya sea por pérdidas en los elementos que la constituyen o por la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras estos no se estén utilizando.

El principal problema de eficiencia que vemos en el sector industrial, provienen del uso de motores, transformadores y líneas de distribución. Al respecto debe mencionarse que en este sector el 70% del total de consumo eléctrico es realizado por los motores eléctricos, equipo que constituye uno de los objetivos principales de cualquier programa de eficiencia energética, no solo en el caso de los proyectos nuevos sino que además en situaciones de reemplazo de equipos existentes.



Imagen 1.3

Economía. Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero, frente a cualquier proyecto, debe pensar en su realización con la menor inversión posible, tomando en cuenta no solo la inversión inicial, sino también, pagos por consumo de energía eléctrica, gastos de operación y mantenimiento, así como la amortización de material y equipos sin perder de vista la funcionalidad y la seguridad de los usuarios que la utilicen. Lo anterior implica en forma general, que lo conveniente es contar con materiales, equipos y mano de obra de buena calidad.



Imagen 1.4

Flexibilidad. Se entiende por instalación flexible aquella que puede adaptarse a pequeños cambios. Por ejemplo, una instalación aparente en tubos metálicos o charolas es mucho más flexible que una instalación ahogada en el piso.

Accesibilidad. Una instalación bien diseñada debe tener las previsiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que pueden requerir mantenimiento. Por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes y pasillos en la parte posterior de los tableros, entre otros. También se entiende por accesibilidad el que se cuente con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación es decir, la especificación completa y todos los planos y diagramas necesarios.

Uno de los errores más frecuentes en las instalaciones eléctricas, es el no hacer uso adecuado de los cables de colores, pues aunque parezca algo sin importancia, nos dificulta localizar circuitos y también entorpece el trabajo en el caso de que se necesite reparación.

Otra situación es el no calcular debidamente el amperaje al que van a trabajar los circuitos y no usar el calibre adecuado, el no usar el diámetro correcto de tubería es otro de los errores mas comunes. Para evitarlo, debemos calcular cuántos hilos van a entrar en cada circuito y considerar el factor de relleno que marca la Norma NOM-001-SEDE en la tabla de Factor de Relleno.

Es muy importante considerar las nuevas tecnologías y las normas oficiales mexicanas para prevenir el riesgo de accidentes. Se debe realizar revisiones periódicas, mantenimiento y remodelaciones; tomando en cuenta especialmente el reemplazo de los conductores eléctricos viejos y deteriorados, incrementar el número de circuitos, incorporar conductores de puesta a tierra, dispositivos y elementos de protección complementarios.



Imagen 1.5

1.3. Clasificación de las instalaciones eléctricas.

1.3.1. Niveles de voltaje.

La energía eléctrica se genera en el momento en que se va a consumir, ya que uno de sus inconvenientes es que no se puede almacenar en grandes cantidades; se debe transmitir a través de una gran red de cables tendidos sobre torres metálicas, interconectados entre sí, que hacen llegar la energía eléctrica a los lugares donde se consume.

Desde las casas habitación hasta grandes complejos industriales, desde una granja en el campo hasta un hospital en una gran ciudad, pasando por comercios, oficinas y fábricas, se hace llegar donde se requiera, a todos los rincones del país.

Para lograr esto, se debe aumentar el voltaje a la energía que se genera, porque de este modo se transmite con más eficiencia; conforme llega al lugar donde será consumida, el voltaje (o tensión) se reduce a los valores adecuados por medio de transformadores, y se hace de manera gradual, de acuerdo a la distancia entre el lugar donde se genera y donde se consume.

El desarrollo de las aplicaciones industriales de la electricidad, que iniciaron a fines del siglo XIX, se orientó sobre dos caminos, la corriente continua y la corriente alterna, esta última en las frecuencias exigidas por distintas necesidades, de 15, 25, 42, 45, 50 y 60 Hz. Estas se fueron unificando y actualmente se utilizan las de 50 y 60 Hz.

En nuestro país las líneas eléctricas se dividen de la siguiente manera:

Transmisión: Operan en 400, 230, 161 y 150 kV, recorren distancias del orden de los 200 km y forman grandes redes que se les denomina troncales.

Sub transmisión: operan con niveles de tensión de 138, 115, 85 y 69 kV

Distribución: operan con niveles de 34.5, 23, 13.8, 6.6, 4.16 y 2.4 kV.

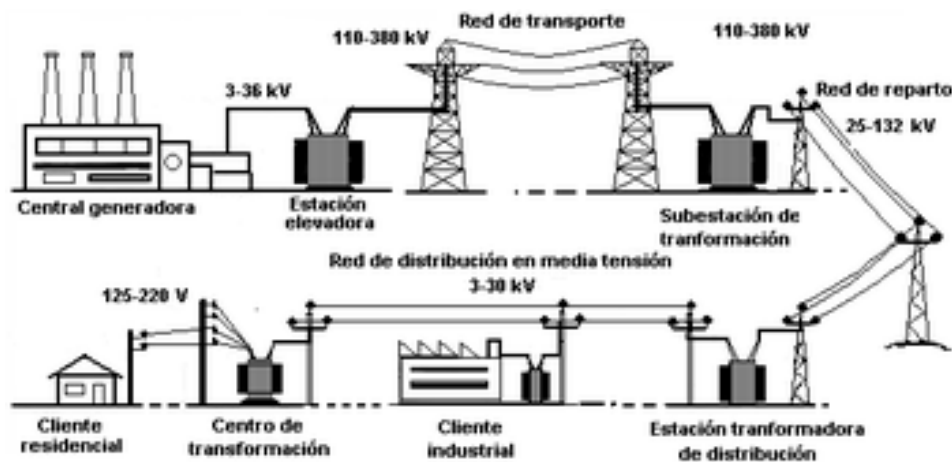


Imagen 1.6

1.3.2. Localización.

Es importante tener presente que los equipos y en general los productos eléctricos utilizados en las instalaciones eléctricas deben usarse o instalarse de acuerdo con las indicaciones incluidas en la etiqueta, instructivo o marcado, ya que un producto mal instalado o utilizado más allá de sus capacidades es un accidente potencial que pondrá

en riesgo la vida de las personas. Por lo que cada dispositivo debe contener entre sus especificaciones; la temperatura, la presión atmosférica, condiciones ambientales como la corrosión, humedad, partículas suspendidas o contaminantes a las cuales el funcionamiento del equipo no represente ningún tipo de riesgo o anomalía al momento de su operación.

1.3.3. Normalización y especificaciones.

Con la finalidad de garantizar la calidad de la instalación eléctrica en su totalidad y la seguridad de las personas, en las instalaciones eléctricas deben utilizarse materiales y equipos que cumplan con las normas oficiales mexicanas (NOM) y a falta de éstas, con las normas mexicanas (NMX).

Algunos fabricantes tienen sus propias especificaciones, a las que comúnmente se les llama especificaciones internas. Es importante verificar que dichas especificaciones sean mayores, o por lo menos iguales, a las especificaciones que debe cumplir un producto según la norma que le corresponda.

1.3.3.1 Instalación y Uso de las Tensiones Eléctricas en los Equipos

La tensión eléctrica nominal de un equipo eléctrico no debe ser inferior a la tensión eléctrica real del circuito al que está conectado pues de lo contrario fallará. La tensión a la cual operan los equipos viene indicada en el equipo y en su empaque. La tensión eléctrica nominal del sistema es el valor asignado a un sistema eléctrico. Como ejemplos de tensiones normalizadas, se tienen; 220/127 V; 480/277 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.



Imagen 1.7

1.3.3.2 Conductores

Los conductores normalmente utilizados para transportar corriente eléctrica deben ser de cobre, a no ser que se indique otra cosa. Si no se especifica el material del conductor, el material y las secciones transversales que se indican en la norma se deben aplicar como si fueran conductores de cobre. Si se utilizan otros materiales, los tamaños nominales deben cambiarse conforme a su equivalente en cobre.

Los tamaños nominales de los conductores se indican como designación y se expresan en mm^2 y opcionalmente su equivalente en AWG (American Wire Gage) o en mil circular mils (kcmil). Esta información viene impresa en el recubrimiento del cable, cada cierta distancia.

Todos los cables deben instalarse de modo que, cuando la instalación esté terminada, el sistema quede libre de cortocircuitos y de conexiones a tierra distintas de las necesarias, por eso es importante evitar a toda costa que el recubrimiento del cable se pele durante el cableado.

La norma considera métodos de alambrado reconocidos como adecuados y se permiten en cualquier tipo de edificio o estructura, a menos que se indique específicamente lo contrario.

Los conductores desnudos energizados, deben cumplir la separación mínima de aire indicada en la tabla 1.1. Cuando se utilicen aisladores como soportes para alambres, cables monoconductores ó barras, así como sus accesorios de soporte y sujeción, deben

soportar, sin sufrir daño, la fuerza magnética máxima que pueda surgir en el caso de que dos ó más conductores de un circuito estén sometidos a corriente eléctrica de corto circuito.

| Tensión Eléctrica Nominal (KV) | Claro Mínimo Entre Partes Vivas en cm | | | |
|--|---------------------------------------|----------|---------------------|----------|
| | Entre Fases | | Entre Fase y Tierra | |
| | Interior | Exterior | Interior | Exterior |
| 2.4 4.16 7.2 13.8 23 34.5 | 12 | 18 | 8 | 15 |
| | 12 | 18 | 8 | 15 |
| | 14 | 18 | 10 | 15 |
| | 19 | 31 | 13 | 15 |
| | 27 | 38 | 19 | 26 |
| | 32 | 38 | 24 | 26 |
| | 46 | 46 | 33 | 33 |
| 46 85 115 138 | | 54 | | 43 |
| | | 79 | | 64 |
| | | 107 | | 88 |
| | | 135 | | 107 |
| | | 135 | | 107 |
| | | 160 | | 127 |
| 161 230 | | 160 | | 127 |
| | | 183 | | 148 |
| | | 183 | | 148 |
| | | 226 | | 180 |
| | | 267 | | 211 |

Tabla 1.1



Imagen 1.8

1.3.3.3 Protecciones

Los equipos diseñados para interrumpir el paso de la corriente eléctrica en casos de falla, deben tener un rango de operación suficiente para que a la tensión eléctrica nominal interrumpan la corriente disponible en las terminales de línea del equipo.

Para niveles distintos a los de falla esos equipos deben ser capaces de, a la tensión nominal, interrumpir el paso de la corriente en su rango nominal. Impedancia y otras características del circuito. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, la impedancia total, las corrientes de interrupción de los componentes y otras características del circuito que haya que proteger, se deben elegir y coordinar de modo que permitan que los dispositivos para protección del circuito contra fallas, operen sin causar daños a los componentes eléctricos del circuito.

Se debe considerar las fallas entre dos o más de los conductores del circuito o entre cualquier conductor del circuito y el conductor de puesta a tierra o la canalización metálica que lo rodea.



Imagen 1.9

1.3.3.4 Agentes Deteriorantes

No se deben instalar conductores o equipos en locales húmedos o mojados; ni donde estén expuestos a gases, humos, vapores, líquidos u otros agentes que puedan tener un efecto deteriorante sobre los conductores o equipos; ni expuestos a temperaturas excesivas, a menos que estén identificados para usarlos en entornos operativos con estas características.

NOTA: Algunos limpiadores y lubricantes pueden causar grave deterioro de muchos materiales plásticos utilizados en aplicaciones de aislamiento y estructurales en los equipos. Los equipos aprobados para su uso en lugares secos sólo se deben proteger contra daños permanentes por la intemperie durante la construcción del edificio.

1.3.3.5 Ejecución Mecánica de los Trabajos

Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional. Si se utilizan tapas o placas metálicas en cajas o cajas de paso no metálicas éstas deben introducirse como mínimo 6 mm por debajo de la superficie externa de las cajas.

a) Aberturas no utilizadas. Las aberturas no utilizadas de las cajas, canalizaciones, canales auxiliares, gabinetes, carcasas o cajas de los equipos, se deben cerrar eficazmente para que ofrezcan una protección sustancialmente equivalente a la pared del equipo.

b) En envolventes bajo la superficie. Los conductores deben estar soportados de modo tal que permitan el acceso fácil y seguro a las envolventes subterráneas o bajo la superficie, a los que deban entrar personas para instalación y mantenimiento.

c) Integridad de los equipos y conexiones eléctricas. Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por acción química o sobrecalentamiento.

1.3.3.6 Conexiones Eléctricas

Debido a las diferentes características del cobre y del aluminio, deben usarse conectadores o uniones a presión y terminales soldables apropiados para el material del conductor e instalarse adecuadamente. No deben unirse terminales y conductores de materiales distintos, como cobre y aluminio, a menos que el dispositivo esté identificado para esas condiciones de uso. Si se utilizan materiales como soldadura, fundentes o compuestos, deben ser adecuados para el uso y de un tipo que no cause daño a los conductores, sus aislamientos, la instalación o a los equipos.

a) Terminales.

Debe asegurarse que la conexión de los conductores a las terminales se realice de forma segura, sin deteriorar los conductores y debe realizarse por medio de conectadores de presión (incluyendo tornillos de fijación), conectadores soldables o empalmes a terminales flexibles.

Se permite la conexión por medio de tornillos o pernos y tuercas de sujeción de cables y tuercas para conductores con designación de 5,26 mm² (10 AWG) o menores. Las terminales para más de un conductor y las terminales utilizadas para conectar aluminio, deben estar identificadas para ese uso.

NOTA: En muchas terminales y equipo se indica su par de apriete máximo.

b) Empalmes.

Los conductores deben empalmarse con dispositivos adecuados según su uso o con soldadura de bronce, soldadura autógena, o soldadura con un metal de aleación fundible. Los empalmes soldados deben unirse primero, de forma que aseguren, antes de soldarse, una conexión firme, tanto mecánica como eléctrica. Los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante adecuado.

Los conectadores o medios de empalme de los cables instalados en conductores que van directamente enterrados, deben estar aprobados para ese uso.

c) Limitaciones por temperatura.

La temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su capacidad de conducción de corriente, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura de operación de cualquier elemento del sistema como conectadores, otros conductores o dispositivos que tengan la temperatura menor de operación. Se permite el uso de los conductores con temperatura nominal superior a la especificada para las terminales, mediante ajuste o corrección de su capacidad de conducción de corriente o ambas. Asegurando que la temperatura de operación no exceda a la del elemento de menor temperatura de operación.

1.3.3.7 Montaje y Enfriamiento de los Equipos

El equipo eléctrico debe estar firmemente sujeto a la superficie sobre la que vaya montado. No deben utilizarse taquetes de madera en agujeros en ladrillo, concreto, yeso o en materiales similares.

El equipo eléctrico que dependa de la circulación natural del aire y de la convección para el enfriamiento de sus superficies expuestas, debe instalarse de modo que no se impida la circulación del aire ambiente sobre dichas superficies por medio de paredes o equipo instalado al lado. Para equipo diseñado para su montaje en el suelo, debe dejarse la distancia entre las superficies superior y las adyacentes para que se disipe el aire caliente que circula hacia arriba.

El equipo eléctrico dotado de aberturas de ventilación debe instalarse de modo que las paredes u otros obstáculos no impidan la libre circulación del aire a través del equipo.

1.3.3.8 Terminales de Equipo

Las terminales de equipos para circuitos de 100 A nominales o menos o marcadas (aprobadas) para conductores con designación de 2,08 mm² a 42,4 mm² (14 AWG a 1 AWG), deben utilizarse solamente para los casos siguientes:

1. Conductores con temperatura de operación del aislamiento máxima de 60°C.
2. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores se determine basándose en la capacidad de conducción de corriente de conductores para 60°C.
3. Conductores con temperatura de operación del aislamiento, mayor, si el equipo está identificado para tales conductores.
4. Para motores marcados con las letras de diseño B, C, D o E, se permite el uso de conductores que tienen un aislamiento con temperatura de operación de 75°C o mayor siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la capacidad de conducción de corriente para 75°C.

Las terminales de equipo para circuitos de más de 100 A nominales o identificadas (aprobadas) para conductores mayores de 42,4 mm² (1 AWG), deben utilizarse solamente para los siguientes casos:

1. Conductores con temperatura nominal de operación del aislamiento de 75°C.
2. Conductores con temperatura de operación nominal de 75°C, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de tales conductores no exceda de la correspondiente a 75°C o con temperatura de operación mayor que 75°C, si el equipo está identificado para utilizarse con tales conductores.

1.3.3.8 Distancias de Trabajo

| Tensión Eléctrica Nominal a Tierra (V) | Distancia Libre Mínima (m) | | |
|--|----------------------------|-------------|-------------|
| | Condición 1 | Condición 2 | Condición 3 |
| 0-150 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 151 +600 | 0.90 | 1.1 | 1.20 |

Las condiciones son la siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no vivas ni conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aisladas que funcionen a 300V o menos.
2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
3. Partes vivas expuestas a ambos lados del espacio de trabajo (no protegidos como esta previsto en la condición 1), con el operador entre ambas.

Tabla 1.2

Excepto si se exige o se permite otra cosa en la norma de instalaciones eléctricas NOM-SEDE-001, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 1.2. Las distancias deben medirse desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo deben considerarse conectadas a tierra.

Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 1.2, el espacio de trabajo no debe ser menor que 80 cm de ancho delante del equipo eléctrico. El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de esta Sección, se permite equipo que tenga distancias, como la profundidad, iguales a los de la altura requerida.

Excepción 1: No se requiere espacio de trabajo en la parte posterior de conjuntos como tableros de distribución de fuerza de frente muerto o centros de control de motores en los que no haya partes reemplazables o ajustables como fusibles o desconectores en su parte posterior y donde todas las conexiones estén accesibles desde lugares que no son la parte posterior. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 760 mm en horizontal.

Excepción 2: Con permiso especial, se permiten espacios más pequeños si todas las partes no aisladas están a una tensión eléctrica inferior a 30 V rms, 42 V de pico o 60 V c.c.

Excepción 3: En los edificios existentes en los que se vaya a cambiar el equipo eléctrico, debe dejarse un espacio de trabajo como el de la Condición 2 entre tableros de distribución de fuerza de frente muerto, gabinetes de alumbrado o centros de control de motores situados a lo largo del pasillo y entre uno y otro, siempre que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que se han dado instrucciones por escrito para prohibir que se abra al mismo tiempo el equipo a ambos lados del pasillo y que el mantenimiento de la instalación sea efectuado por personas calificadas.

Espacios libres.

El espacio de trabajo requerido no debe utilizarse como almacén. Cuando las partes energizadas normalmente cerradas se exponen para su inspección o servicio, el espacio de trabajo, en un paso o espacio general, debe estar debidamente protegido.

Acceso y entrada al espacio de trabajo.

Debe haber al menos una entrada de ancho suficiente que dé acceso al espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico. Para equipo de 1 200 A nominales o más y de más

de 1,80 m de ancho, que contenga dispositivos de protección contra sobrecorriente, dispositivos de interrupción o de control, debe tener una entrada de no menos de 61 cm de ancho y de 2 m de alto en cada extremo del local.

Excepción 1: Si el lugar permite una circulación continúa y libre, se permite una salida únicamente.

Excepción 2: Si el espacio de trabajo requerido , indicado en la tabla 1.2, se duplica, sólo se requiere una entrada al espacio de trabajo y debe estar situada de modo que el borde de la entrada más cercana al equipo esté a la distancia mínima dada en la Tabla 1.1 desde dicho equipo.

Espacio de Trabajo

El espacio de trabajo libre mínimo en dirección del acceso a las partes vivas de una instalación eléctrica, tales como tableros de distribución, paneles de control, medios de desconexión, interruptores automáticos, controladores de motores, relevadores y equipo similar, debe ser como mínimo el especificado en la tabla 1.3 , a no ser que se especifique otra cosa en la norma. Las distancias deben medirse desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente si están encerradas.

| tensión Eléctrica Nominal A tierra (V) | Distancia Mínima (m) | | |
|---|----------------------|-------------|-------------|
| | Condición 1 | Condición 2 | Condición 3 |
| 601-2500 | 0.9 | 1.2 | 1.5 |
| 2501 - 9000 | 1.2 | 1.5 | 1.8 |
| 9001 - 25000 | 1.5 | 1.8 | 2.7 |
| 25001 - 75KV | 1.8 | 2.4 | 3 |
| mas de 75 KV | 2.4 | 3 | 3.6 |
| Nota: Se aplicaran las mismas condiciones que en la tabla 1.1 | | | |

Tabla 1.3

No se requiere espacio de trabajo en la parte posterior de conjuntos tales como tableros de distribución de frente muerto o centros de control de motores en los que no haya partes intercambiables o ajustables tales como fusibles o conmutadores en su parte posterior, y donde todas las conexiones estén accesibles desde lugares que no sean la parte posterior. Cuando se requiera acceso posterior para trabajar en partes no

energizadas de la parte posterior del equipo encerrado, debe existir un espacio mínimo de trabajo de 0,8 m en horizontal.

Cuando haya instalados desconectadores, cortacircuitos u otro equipo que funcione a 600 V nominales ó menos, en un cuarto o resguardo donde haya expuestas partes vivas o cables expuestos a más de 600 V nominales, la instalación de alta tensión debe separarse eficazmente del espacio ocupado por los equipos de baja tensión mediante un muro de tabique, cerca o pantalla adecuados.

Está permitido instalar desconectadores u otros equipos que funcionen a 600 V nominales ó menos y que pertenezcan sólo a equipo dentro del cuarto, bóveda ó envolvente de alta tensión si sólo es accesible a personas calificadas.

1.3.3.9 Cuartos o Envolventes Cerrados

Las entradas a todos los edificios, cuartos o envolventes que contengan partes vivas expuestas o conductores expuestos que operen a más de 600 V nominales, deben mantenerse cerradas con llave, a menos que dichas entradas estén en todo momento bajo la supervisión de una persona calificada. Cuando la tensión eléctrica supere 600 V nominales, debe haber señales preventivas permanentes y visibles en las que se indique lo siguiente: “PELIGRO - ALTA TENSION ELECTRICA - PROHIBIDA LA ENTRADA”



Imagen 1.10

Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo eléctrico. Las cajas de salida para iluminación deben estar dispuestas de manera que las personas que cambien las lámparas o hagan reparaciones en el sistema de iluminación, no corran peligro por las partes vivas u otros equipos activos. En los cuartos de equipo

eléctrico en donde estén instalados equipos de más de 600 V nominales, la iluminación debe ser apropiada aun cuando se interrumpa el suministro de alumbrado normal, es decir, deben contar con alumbrado de emergencia. Los interruptores de control deben estar situados de modo que no sea probable que las personas entren en contacto con ninguna parte viva o móvil del equipo al accionarlos.



Imagen 1.11

1.4. Vida útil.

Tomando en cuenta la seguridad de los usuarios y el cumplimiento de las normatividad vigente, debemos de considerar que la vida útil de un dispositivo eléctrico debe tener especial cuidado ya que al estar continuamente energizados o simplemente expuestos al ambiente, sus componentes llegarán a deteriorarse y su correcta operación se verá directamente afectada. Es por eso que se deberá cumplir con un programa de mantenimiento que reduzca el deterioro y se proyecte un reemplazo futuro del equipo.

1.5. Mantenimiento.

El mantenimiento eléctrico debe tomarse en cuenta desde que comienza a proyectarse la obra, no consiste únicamente en verificar las condiciones de las instalaciones eléctricas existentes. Indudablemente tendríamos que tomar en cuenta los conceptos de:

- Seguridad de las personas que lo van a habitar o que visiten el lugar.
- Cumplimiento de las normas vigentes.
- Mantenimiento mínimo.

- Futuras ampliaciones de la instalación.
- Utilización de materiales adecuados.

Las consideraciones previas pretenden incorporar los conceptos de seguridad de las personas, durabilidad de nuestra futura instalación eléctrica y rentabilidad a través de un mínimo costo de mantenimiento. Sin embargo, en la práctica nos encontramos también con edificaciones terminadas en las cuales no necesariamente se tuvo en consideración la totalidad de los criterios anteriores. No obstante, el inmueble, tanto en su conjunto como en cada uno de sus componentes, debe recibir un uso y mantenimiento adecuados.

Es necesario que tanto los usuarios como los propietarios conozcan las necesidades, obligaciones y deberes de uso y mantenimiento. No olvidemos que una falla en una sección de la instalación con un mantenimiento deficiente puede afectar a otros equipos con mantenimiento adecuado. Lo que claramente se busca es la durabilidad de las instalaciones y disminución de los costos de mantenimiento y/o futuras obras de reacondicionamiento.

La verificación de la instalación eléctrica en un edificio debe ser frecuente, pues está expuesta a cambios constantes de sus consumos: instalación de equipos de aire acondicionado o nuevos equipos de distinta índole, incorporación de nuevos puestos de trabajos, remodelación de pisos por cambio de dueños, etc.

Un Programa de Mantenimiento de las Instalaciones Eléctricas completo debe regirse con estrictos criterios. Recordemos que un electricista capacitado garantiza su trabajo, además de que podrá diagnosticar posibles riesgos de forma más detallada.

1. Pararrayos

Reparar con la máxima urgencia cuando sea necesario. Cada cuatro años comprobar el estado de conservación frente a la corrosión del pararrayos de punta; verificar la firmeza de la sujeción y revisar la continuidad eléctrica de la red conductora (también en caso de descarga eléctrica) al igual que la conexión a tierra.

2. Red de tierras

Arqueta de conexión. Cada año, en la época en que el terreno esté más seco, comprobar la continuidad eléctrica en los puntos de puesta a tierra, y asimismo después de cada descarga eléctrica si el edificio tiene instalación de pararrayos.

Puesta a tierra provisional (en obras, ferias, reparaciones, etcétera). Cada tres días realizar una inspección visual del estado de la instalación

3. Centros de transformación

Equipo transformador. Cada seis meses, y en cada visita al centro de transformación, revisar: nivel del líquido refrigerante, funcionamiento del termómetro y comprobación de la lectura máxima, en los meses de diciembre-enero y julio-agosto.

Anualmente: interruptores, contactos y funcionamiento de sistemas auxiliares, protección contra la oxidación de envolventes, pantallas, bornes terminales y piezas de conexión.

Cada cinco años: comprobar el aislamiento de pantallas, envolventes, etcétera.

Línea de puesta a tierra de masas metálicas. Cada año: verificar la continuidad eléctrica en los puntos de puesta a tierra y realizar la medición de puesta a tierra.

Cada cinco años: descubrir para su examen los conductores de enlace en todo su recorrido, así como los electrodos de puesta a tierra y medir las tensiones de paso así como de contacto.

Local. Una vez al año, y en cada visita al centro, revisar: estado de conservación y limpieza de rejillas de ventilación, señalización de seguridad y carteles de auxilios, así como del material de seguridad. Cada vez que sea necesario el cambio del refrigerante, limpiar el foso y comprobar la evacuación de líquidos al depósito de grasas.

Cada seis meses, y en caso de que sea necesario el cambio del refrigerante, limpiar el depósito de grasas. (En cada una de estas revisiones se repararán los defectos encontrados).

4. Red exterior

Conducción de distribución en alta tensión enterrada. Cada tres años, como plazo máximo, comprobar la continuidad y el aislamiento de los conductores, así como sus conexiones.

Anualmente verificar la continuidad y el aislamiento de los conductores, así como sus conexiones y fijación.

Línea de distribución en baja tensión, aérea y tensada. Cada año revisar la continuidad y el aislamiento de los conductores (también en la conducción de alumbrado), así como sus conexiones, estado del fiador de neutro y del amarre del tensor.

Arqueta de alumbrado. Una vez al año limpiar y comprobar las conexiones.

Armario de acometida. Cada dos años verificar las conexiones, así como los fusibles cortacircuitos.

5. Red de baja tensión

Cada cinco años. Cuadro general de distribución. Comprobar los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Instalación interior. Verificar el aislamiento de la instalación interior, que entre cada conductor y tierra, y entre cada dos conductores no deberá ser inferior a lo indicado en el artículo 250 de la NOM 001.

Red de equipotencialidad. En baños y aseos, y cuando obras realizadas en éstos hubiesen podido dar lugar al corte de los conductores, revisar la continuidad de las conexiones equipotenciales entre masas y elementos conductores, así como con el conductor de protección.

Cuadro de protección de líneas de fuerza motriz. Verificar los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Cada dos años. Barra de puesta a tierra colocada. En la época en que el terreno esté más seco, realizar la medición de puesta a tierra, comprobando que no sobrepasa el valor prefijado. Asimismo, revisar el estado frente a la corrosión de la conexión de la barra de puesta a tierra con la arqueta y la continuidad de la línea que la une.

Línea principal de tierra (en conducto de fábrica o bajo tubo).

Comprobar mediante inspección visual el estado frente a la corrosión de todas las conexiones y la continuidad de las líneas.

6. Alumbrado exterior e interior

Alumbrado exterior. Al menos una vez al año comprobar la iluminancia con luxómetro por personal técnico; limpiar lámparas y luminarias, sin usar detergentes muy alcalinos o muy ácidos para reflectores de aluminio.

Alumbrado interior. Realizar la reposición de las lámparas de los equipos cuando alcancen su duración media mínima, preferentemente por grupos de equipos completos y áreas de iluminación. Todas las lámparas repuestas serán de las mismas características que las reemplazadas. La periodicidad de la limpieza no será superior a un año.

1.6. Calidad del suministro de la energía eléctrica.

1.6.1. Continuidad, voltaje, frecuencia.

El concepto de calidad de la energía es muy amplio, para nuestro fin la definiremos como la ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red, además le concierne la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Actualmente la calidad de la energía es el resultado de una atención continua. En años recientes, esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas eléctricos, las cuales por sí solas resultan ser una causa de degradación en la calidad de la energía eléctrica.

Por ejemplo, las depresiones de voltaje de sólo cinco milisegundos son capaces de hacer que una computadora pierda su información o tenga errores, es por esto que el incremento de equipo de procesamiento de datos (computadoras) ha señalado al problema de la calidad de la energía como algo muy serio.

Los disturbios no sólo afectan el equipo de los consumidores, también perjudican la operación de las líneas eléctricas de suministro y causan problemas como los siguientes:

- a) Operación incorrecta de controles remotos.
- b) Sobrecalentamiento de cables.
- c) Incremento de las pérdidas reactivas de los transformadores y motores.
- d) Errores en medición.
- e) Operación incorrecta de sistemas de protección, entre otros.

A causa de estos problemas un componente de cualquier equipo puede sufrir un daño considerable al presentarse algún transitorio que rebase su nivel de aislamiento. Un ejemplo sería un rectificador, que puede llegar a fallar si es expuesto a un voltaje transitorio arriba de cierto nivel.

Podemos decir que el objetivo de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para evitar y protegerse de los disturbios y variaciones de voltaje del lado del usuario, y proponer soluciones para evitar y protegerse de las fallas que se presentan del lado del sistema de la compañías suministradoras de energía eléctrica, para lograr con ello un suministro de energía eléctrica con calidad.

El problema de la calidad de la energía puede ser visto desde tres perspectivas diferentes. La primera de ellas corresponde a los consumidores después del medidor, es el impacto de los disturbios en los equipos. La segunda, también del lado de los consumidores, es que los fabricantes de equipos deben conocer los niveles de estos disturbios y la frecuencia con que ocurren, para así determinar una tolerancia razonable para sus equipos.

La tercera es más amplia, cómo los disturbios ocasionados por un consumidor afectan a otros consumidores que están conectados a la misma red de suministro. La compañía de suministro no puede darse el lujo de suponer que provee una excelente calidad de energía, ya que algunos de los disturbios quedan fuera del control de la empresa. Por ejemplo, no puede evitar que una descarga atmosférica no caiga sobre o en las cercanías de una línea de transmisión, ni tampoco que un desperfecto en algún equipo genere una interrupción de energía.

Basados en el conocimiento del área eléctrica, los fabricantes deben diseñar y construir equipos que puedan resistir niveles razonables de disturbios. Los usuarios de equipo sensible a los disturbios pueden escoger entre dos opciones para eliminarlos o, al menos, reducirlos: una es hacer un buen diseño del circuito de distribución, otra, utilizar equipo de acondicionamiento.

Éstos son algunos tipos de consumidores que requieren forzosamente equipos de acondicionamiento para mantener un buen nivel de calidad de energía eléctrica:

a) Sistemas de información que utilizan equipo de cómputo.

- b) Departamentos de paramédicos y bomberos.
- c) Empresas públicas (gas, agua, energía eléctrica).
- d) Aeropuertos.
- e) Instituciones financieras.
- f) Departamentos de policía, entidades gubernamentales, etc.

1.7. Efectos producidos por los armónicos.

La distorsión de la forma de las ondas de corriente y voltaje debida a las armónicas es uno de los fenómenos que afectan la confiabilidad del sistema y, por lo tanto, la calidad de la energía. Este problema no es nuevo, sin embargo, debido al notable incremento de cargas no lineales conectadas al sistema eléctrico de potencia, el nivel promedio de armónicas crece cada día.

Una armónica, en redes eléctricas, es definida como una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental, así, en sistemas con frecuencia de 60 Hz y cargas monofásicas, las armónicas características son la tercera (180 Hz), quinta (300 Hz) y séptima (420 Hz).

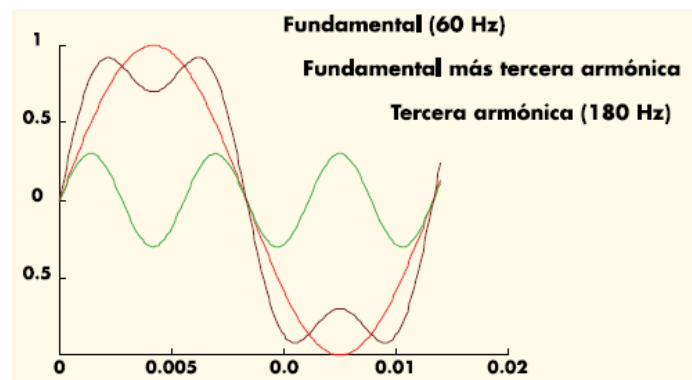


Figura 1.1

Como en los sistemas eléctricos se tienen señales periódicas, entonces el voltaje, por ejemplo, se puede representar por la siguiente figura 1.1.

Usualmente, los valores de distorsión están definidos en porcentajes de cantidades eléctricas, estos valores son muy utilizados para conocer el grado de contaminación de las redes eléctricas.

Los tipos de distorsión que se manejan son:

Distorsión armónica total (TDH), que se puede calcular tanto para el voltaje como para la corriente, y para armónicas individuales (**IHD**).

Distorsión total de demanda (TDD), similar a la anterior, con la diferencia de que el % de la anterior es con respecto a la I_1 y para la **TDD** es con respecto a la I demanda-max.

Interferencia telefónica (TIF), es una medida de la susceptibilidad del oído humano al 'ruido' del sistema telefónico, este **TIF** se obtiene de una curva llamada

C-message, obtenida en los laboratorios Bell. Se debe a la aparición de las armónicas de corriente y de voltaje.

Factor K, en la gran mayoría de los casos, cuando un transformador alimenta cargas no lineales, se sobrecalienta, aun cuando no ha alcanzado sus kVA nominales.

Se estima que el calentamiento de los transformadores debido a las armónicas es directamente proporcional al cuadrado de la armónica multiplicado por las pérdidas que ésta produce. Este factor K viene especificado en los datos de placa de algunos transformadores, indicando la capacidad del transformador para alimentar cargas no lineales sin exceder la temperatura de operación a la cual están diseñados. Los factores K más comunes de transformadores son de 4 y 13, son utilizados para alimentar cargas que utilizan rectificación principalmente.

En la actualidad, las normas internacionales referentes al control de armónicas son las siguientes:

IEC 36.05 (EUROPA)

DIN 57160 (ALEMANIA)

G 5/3 (INGLATERRA)

AS 2279 (AUSTRALIA)

La tendencia en México, impulsada por CFE, es seguir las recomendaciones expuestas en el Estándar 519 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*IEEE*, por sus siglas en inglés), cuyo título es "*IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*".

La generación de armónicas se debe a elementos no lineales como elementos saturados y elementos que utilizan componentes de switcheo, tales como rectificadores y cualquier otro que utilice dispositivos electrónicos.

Algunos casos en los que se generan armónicas en la industria son: en convertidores; en hornos de inducción; en compensadores estáticos de potencia; en hornos de arco eléctrico.

Otros casos de interés son los siguientes:

SATURACIÓN DE TRANSFORMADORES

La saturación de transformadores crea armónicas, pues se trata de un elemento no lineal. Las originadas por la saturación son las armónicas impares, principalmente la tercera.

La generación de estas armónicas se presenta en estado estable cuando el transformador está sobrecargado, provocando que el transformador opere en su región no lineal como se muestra en la siguiente figura:

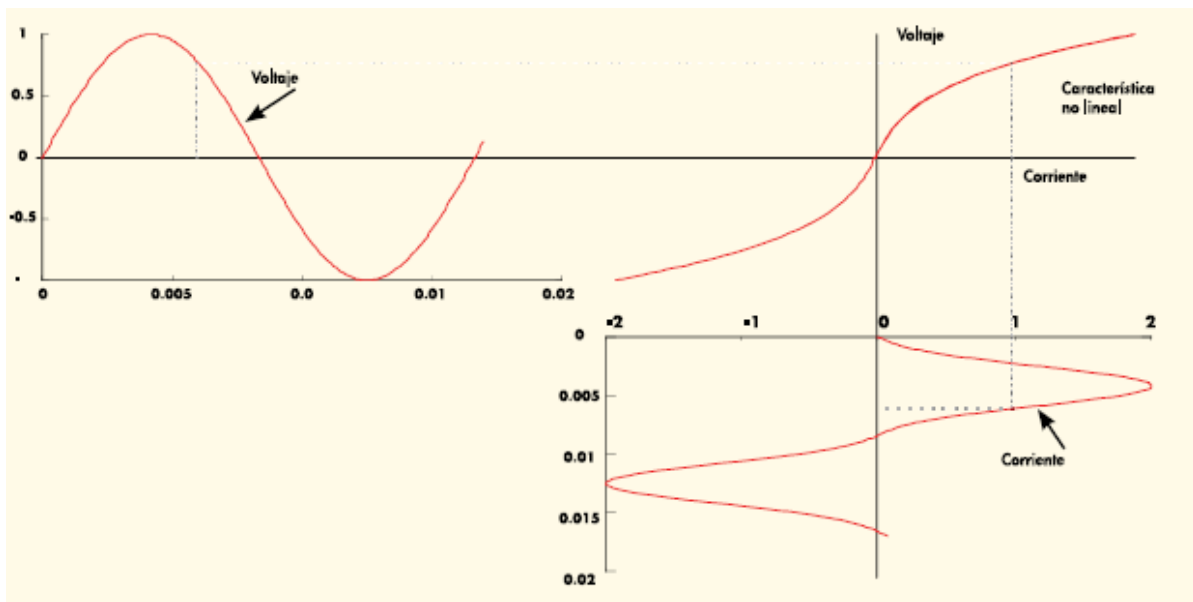


Figura 1.2

LÁMPARAS FLUORESCENTES

Las lámparas fluorescentes son otro tipo de cargas que generan armónicas, estas armónicas son generadas por el efecto de los balastos y los dispositivos no lineales y electrónicos que utilizan para su funcionamiento.

Como se puede observar, las lámparas fluorescentes y todas las ahorradoras son una fuente importante de armónicas que en conjunto (por ejemplo, en el alumbrado público)

pueden acarrear grandes problemas por la magnitud de estas armónicas, en las cuales predomina la tercera.

| Factor de potencia y THD, Para lámparas comerciales | | |
|---|--------------------|---------|
| Lámpara | Factor de Potencia | THD (%) |
| Philips 23W (electronic choke) | 0.6 | 113.6 |
| Philips 23W (reactor-type choke) | 0.6 | 12.7 |
| Ring 9W (electronic choke) | 0.5 | 153 |
| Omega 60W (Tungsten) | 1 | 2.5 |

Tabla .1.4

EQUIPO DE CÓMPUTO

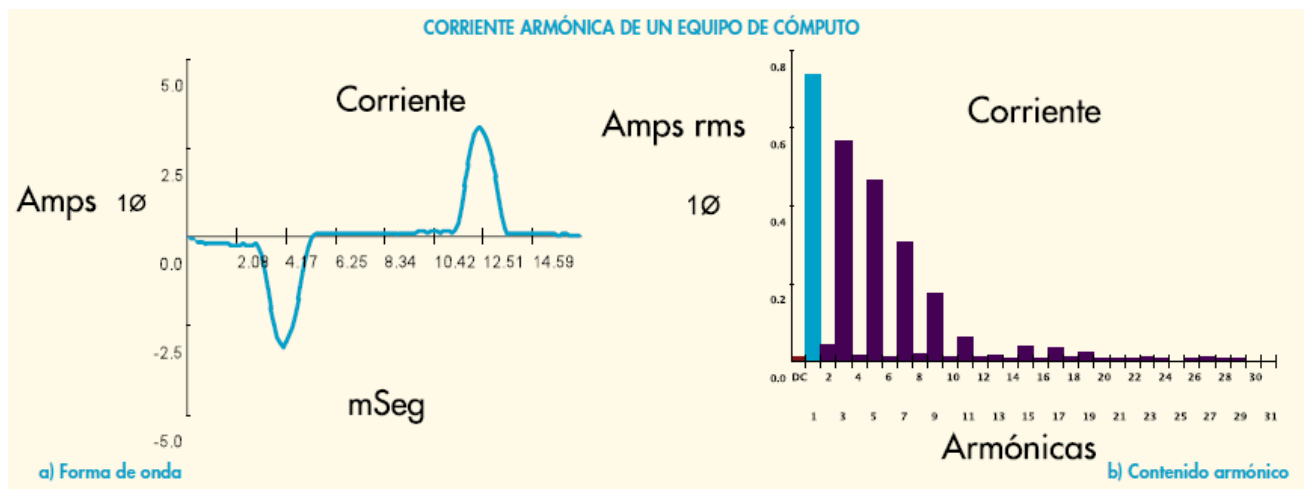


Figura 1.4

El equipo de cómputo y en general el equipo de oficina funciona mediante una fuente de alimentación, la cual es un puente rectificador con la característica natural de generar armónicas.

EQUIPO DOMÉSTICO

El equipo doméstico en la actualidad es electrónico, consecuentemente es fuente de armónicas, la tabla 1.5 de un refrigerador General Electric lo ilustra:

| Datos de Placa | | | Voltaje | Corriente |
|----------------|---------|-----------|---------|-----------|
| Frecuencia | 59.96 | RMS | 126.71 | 0.36 |
| Watts | -28 | Pico | 175.98 | 0.5 |
| VA | 45 | DC Offset | -0.09 | -0.03 |
| VARs | 34 | Pico/RMS | 1.39 | 1.39 |
| VARs | 9.21 | THD RMS | 1.38 | 11.67 |
| Pico P | -77 | Factor K | | 2.07 |
| Fase | 129°(+) | | | |
| Total FP | -0.63 | | | |

Tabla 1.5

Una casa habitación de clase media genera armónicas, si sumamos todas las corrientes provenientes de un fraccionamiento o colonia que van a dar a los alimentadores, tendremos una idea de cuán expuestos están a transportar este tipo de corrientes, principalmente la tercera armónica.

Más aún, como vimos en los ejemplos, las armónicas se encuentran prácticamente en todos los niveles. De su propagación y comportamiento en las redes eléctricas depende en gran manera la calidad de la energía, por ello, aunque es un tema un tanto abstracto, nos dimos a la tarea de darte esta breve introducción

1.8. Variaciones de voltaje.

Los términos usados para describir los disturbios frecuentemente tienen diferente significado para distintos usuarios. Pero muchos atributos de calidad de energía son comúnmente reconocidos. A continuación se da una breve descripción de algunos de los más comunes:

Dilatación de voltaje (swell)

Es un incremento del voltaje de varios ciclos de duración. Es ocasionado por la desconexión de cargas grandes y no llega a ser un sobrevoltaje.

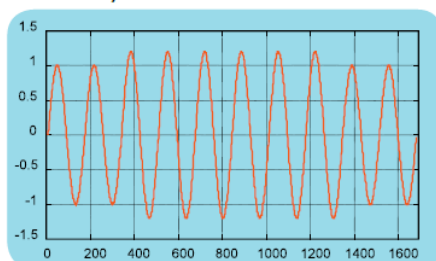


Figura 1.5

Pico de voltaje

Es un incremento en el nivel de voltaje que dura microsegundos.

Se debe principalmente a fallas en la red eléctrica, descargas atmosféricas y *switcheo* (del inglés *switch*, 'interruptor', se utiliza para conectar y desconectar algo) de grandes cargas.

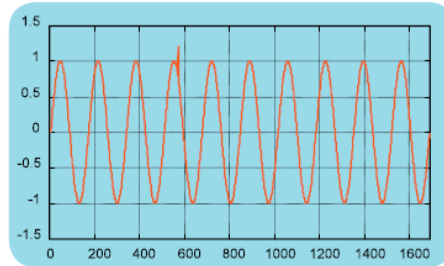


Figura 1.6

Depresión de voltaje (sags)

Es un decremento momentáneo (varios ciclos de duración) en el nivel de voltaje debido a la conexión de grandes cargas, descargas atmosféricas y fallas en la red eléctrica.

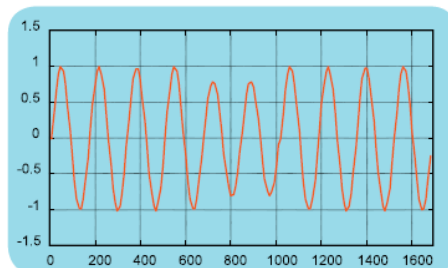


Figura 1.7

Sobrevoltaje

Es una condición de voltaje elevado (arriba del valor nominal) que, a diferencia del *swell*, dura mucho más tiempo. Es causado por una pobre regulación de voltaje.

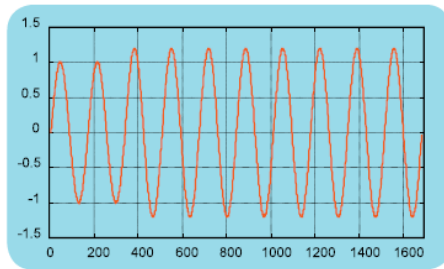


Figura 1.8

Parpadeo (flickers)

Son fluctuaciones en el nivel de voltaje. Se deben a la conexión de cargas cíclicas, como hornos eléctricos, o por oscilaciones subarmónicas (que son señales de frecuencia menor a la fundamental).

Por lo general este efecto se observa fácilmente en un cambio de intensidad en las lámparas y en el ruido acelerado y desacelerado de motores.

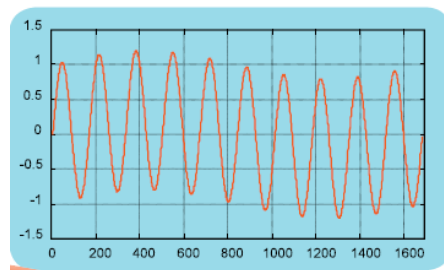


Figura 1.9

Interrupción de energía

Es la pérdida total de potencia. Por lo general se considera interrupción cuando el voltaje ha decrecido a un 15% del valor nominal o menos. Las causas son aperturas de líneas, daño de transformadores, operación de fusibles o equipos de protección de la red, entre otras posibilidades. También se consideran interrupciones de energía aquellas que duran milisegundos.

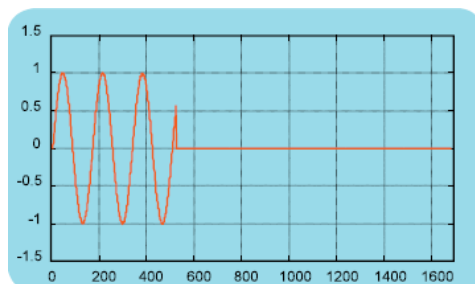


Figura 1.10

Ruido eléctrico

Es la distorsión (no necesariamente periódica) de la forma senoidal (representada aquí por la línea naranja) del voltaje. El origen puede estar en switcheo, transmisores de radio y equipo industrial de arco eléctrico.

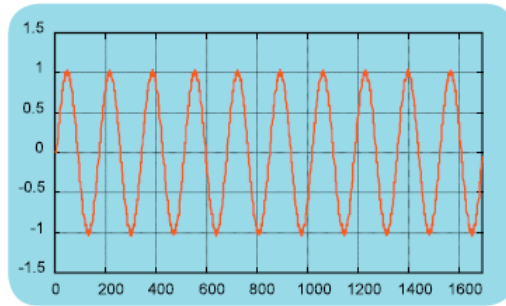


Figura 1.11

Distorsión armónica

Es la distorsión (periódica) de la forma de onda senoidal del voltaje o corriente. Ésta es causada por la operación de equipos no lineales, como lo son rectificadores y hornos de arco eléctrico.

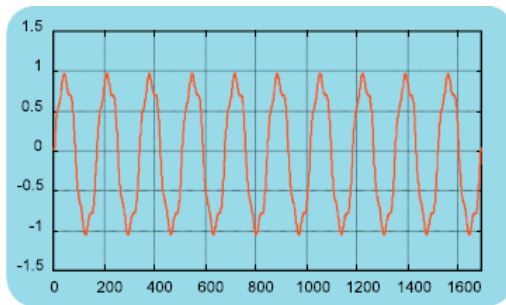


Figura 1.12

2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES

2.1. Elementos de una instalación eléctrica residencial.

El sistema eléctrico residencial esta conformada por una serie de accesorios que permiten que la energía eléctrica llegue desde la red de distribución, hasta el aparato eléctrico que la va a consumir. Como lo son; acometida, conductores, canalizaciones, medidor, dispositivos de protección, etc.

2.2. Cargas eléctricas.

En una instalación de tipo residencial, encontramos diversos tipos de cargas generalmente resistivas y la cantidad de estas va a depender directamente de las características y necesidades de cada habitación,

Cocina. Por lo general, alumbrado y se deben proveer salidas para contactos en donde se conectarán aparatos eléctricos como: refrigerador, licuadora, tostador de pan, cafetera eléctrica y otros aparatos eléctricos. En cierto tipo de casa habitación se pueden instalar algunos aparatos eléctricos no muy comunes como son lavadoras de platos, triturador de desperdicios, etc., para los cuales se instalan contactos especiales.

Recámaras. Los servicios eléctricos normalmente requeridos en las recámaras son alumbrado y contactos para conectar aparatos como planchas, lámparas eléctricas de buró, televisores, calefactores eléctricos y aparatos similares.

Baño. Los baños tienen salidas de alumbrado general y de espejo, también puede tener un sistema de extracción de aire y existen contactos (dobles) para conexión de aparatos como secadoras de cabello, rasuradoras eléctricas, tenazas de peinado, calentador de agua, etc. El alumbrado puede ser una combinación de fluorescente e incandescente.

Sala y comedor. En la sala y comedor se deben tener salidas para alumbrado; esto puede ser por medio de iluminarias o candelabros en algunos casos, o ciertos tipos especiales de portalámparas. Además se requiere de salidas para televisor y teléfono en algunos casos y desde luego de contactos para conectar aparatos eléctricos como televisores, calentadores, radios, aspiradores, pulidoras de piso, también típicos de recámaras como requerimiento de servicios.

Pasillos. Se requieren de salidas para alumbrado, contactos para conexión de algunos aparatos como pulidoras, aspiradoras, etc., aun cuando en todos los lugares en donde existe alumbrado se menciona implícitamente a los apagadores en el caso de pasillos y escaleras, es común instalar apagadores de tres vías.

Cuarto de servicio. En casas donde existe el llamado cuarto de servicio, se debe disponer en éstos de salida para alumbrado (y sus apagadores) así como contactos para cargas como radio, televisor, planchas, etc.

Patios y jardines. Cuando las casas habitación disponen de patio y/o jardín, en estos se instala alumbrado tipo exterior con control interno y externo, así como contactos intemperie para la conexión de elementos como cortadoras de césped eléctricas, taladros, cepillos, etc. Se deben disponer también de salidas especiales para conectar bombas de agua y alumbrado a base de spots.

2.3. Selección del calibre y tipo de conductores para instalaciones de baja tensión.

Los alambres y cables que se emplean en casas habitación y algunos comercios son para baja tensión y están formados por los siguientes elementos:

El conductor eléctrico, que es el elemento por el que circula la corriente eléctrica: es de cobre y suave puede tener diferentes flexibilidades:

- **rígida:** conductor formado por un alambre;
- **semiflexible:** conductor formado por un cable (cableado clase B o C);
- **flexible:** conductor eléctrico formado por un cordón (clase I en adelante).

El aislamiento, cuya función principal es la de soportar la tensión aplicada y separar al conductor eléctrico energizado de partes puestas a tierra; es de un material generalmente plástico a base de policloruro de vinilo (PVC). Este aislamiento puede ser de tipo termofijo a base de etileno-propileno (EP) o de polietileno de cadena cruzada (XLP). Una cubierta externa, cuya función es la de proteger al cable de factores externos (golpes, abrasión, etc.) y ambientales (lluvia, polvo, rayos solares, etc.). Normalmente esta cubierta externa es de PVC y se aplica en cables multiconductores.

Generalmente son cuatro los factores que deben ser considerados en la selección de los conductores: material, flexibilidad, forma y dimensiones. Todos estos elementos se identifican en un plano o diagrama eléctrico por medio de símbolos

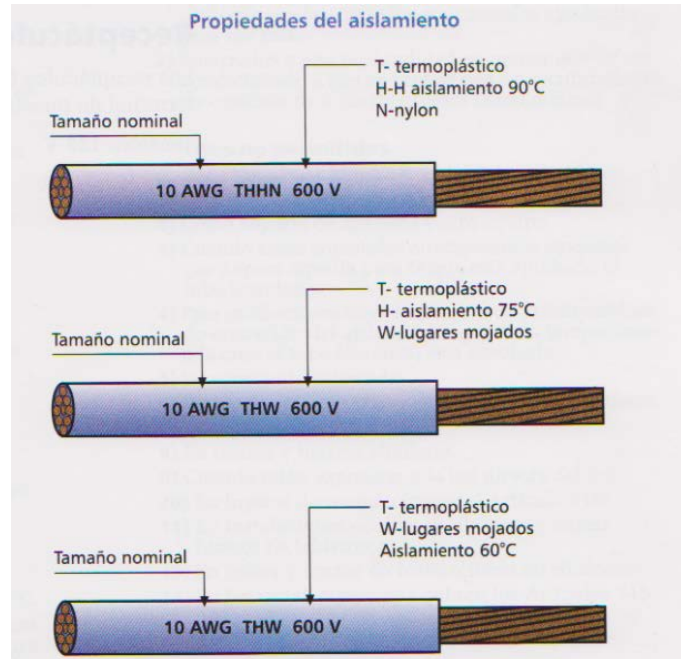


Figura 2.1

2.3.1. Cálculo de conductores por su ampacidad.

Los conductores de toda instalación eléctrica residencial deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga máxima que alimentan. Además, los conductores de circuitos de salidas múltiples que alimenten a contactos 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.

La consecuencia de utilizar conductores de una capacidad menor a la requerida por la instalación es que dicho conductor se sobrecalentará y producirá un corto circuito con una alta posibilidad de incendio. Lo mismo sucede cuando el cable de un aparato eléctrico que deseamos conectar no cubre la distancia entre él y el contacto y utilizamos extensiones frecuentemente.

A continuación se muestran tablas para la correcta elección de los conductores de acuerdo a la capacidad de corriente y a su uso en un circuito.

TABLA 2.1. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 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

| Capacidad de conducción de corriente | | | | | | | |
|---|------------|--|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| Tamaño Designación | | Temperatura Nominal del Conductor | | | | | |
| | | 60°C | 75°C | 90°C | 60°C | 75°C | 90°C |
| mm² | AWG | Cobre | | | Aluminio | | |
| 0.824 | 18 | -- | -- | 14 | -- | -- | -- |
| 1.31 | 16 | -- | -- | 18 | -- | -- | -- |
| 2.08 | 14 | 15 | 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 |

Tabla 2.1

2.4. Selección de los elementos de protección.

Se le llama protección eléctrica a todos los elementos que tienen por objeto abrir o interrumpir el flujo de corriente en un circuito en caso de que la corriente sobrepase los valores seguros, dependiendo de los conductores y la carga a la que alimentan. Las 2 protecciones básicas con las que debe contar una instalación eléctrica son los fusibles y los ITM, sin embargo, existen protecciones que nos protegen contra otros riesgos como la falla a tierra o la falla por arco

| Factores de Corrección | | | | | | |
|------------------------|---|------|------|------|------|------|
| Temperatura ambiente | Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, Multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor | | | | | |
| 21-25 | 1.08 | 1.05 | 1.04 | 1.08 | 1.05 | 1.04 |
| 26-30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 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 |
| 41-45 | 0.71 | 0.82 | 0.87 | 0.71 | 0.82 | 0.87 |
| 46-50 | 0.58 | 0.75 | 0.82 | 0.58 | 0.75 | 0.82 |
| 51-55 | 0.41 | 0.67 | 0.76 | 0.41 | 0.67 | 0.76 |
| 56-60 | --- | 0.58 | 0.71 | --- | 0.58 | 0.71 |
| 61-70 | --- | 0.33 | 0.58 | --- | 0.33 | 0.58 |
| 71-80 | --- | --- | 0.41 | --- | --- | 0.41 |

Tabla 2.2



Imagen 2.1


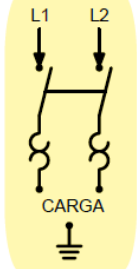

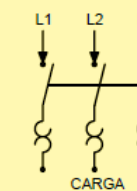
En toda instalación eléctrica es fundamental contar con las protecciones adecuadas que reduzcan la probabilidad de presentarse un incendio por una falla al interior de la misma.

Una instalación eléctrica, ya sea doméstica (casa habitación), comercial o industrial, se divide en secciones denominadas Circuitos Derivados.


Una manera fácil y rápida de darnos cuenta de la cantidad de circuitos es observando el o los centros de cargas y contabilizando la cantidad de ITM's (Interruptores

Termomagnéticos, conocidos como pastillas o breakers), correspondiendo cada ITM a un circuito.

Los fusibles de los interruptores, que van colocados dentro de un cartucho, reciben este nombre por su característica de fundirse o convertirse en líquido en las secciones más delgadas al calentarse excesivamente como consecuencia del paso de una corriente eléctrica elevada, interrumpiendo el paso de la corriente de forma casi inmediata. De no contar con fusibles o alguna otra protección, al existir una sobrecarga o consumo excesivo de corriente (casi siempre debido a un cortocircuito o una falla a tierra) los conductores eléctricos se quemarían y las cargas conectadas se dañarían, además de presentarse otras consecuencias tales como daños al personal, incendios, producción de humo, daños a la instalación, interrupción del servicio, etcétera.

| Tipo | Características | Aplicaciones | Diagrama |
|---|---|---|---|
| <p><i>Interruptor de 2X30</i></p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Corriente nominal: 30 A. • Conductores fabricados con cobre electrolítico. • Base fabricada con plástico de ingeniería retardante a la flama y autoextinguible. • Palanca con aislamiento integrado. • Portafusibles con clips de acero que aseguran máximo contacto. • Gabinete fabricado en lámina de acero rolada en frío, fosfatada, con acabado en pintura electrostática color gris. | <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de protección y desconexión de circuitos eléctricos. • Diseñado para aplicaciones donde el número de operaciones no es frecuente. • Se recomienda para alimentación de instalaciones domésticas o residenciales. |  <p>NORMA APLICABLE NMX-J-508-ANCE-1994</p> |
| <p><i>Interruptor de 3X30</i></p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Corriente nominal: 30 A. • Conductores fabricados en cobre y latón. • Acepta conductores de cobre o aluminio de calibre 14 a 8 AWG. • Base fabricada en plástico de ingeniería, retardante a la flama y autoextinguible. • Los portafusibles cuentan con clips para reforzar las áreas de contacto. • Palanca con aislamiento integrado. • Portacandado con sistema de resorte. • Barra de neutro independiente. • Gabinete fabricado en lámina de acero rolada en frío, fosfatada, con acabado en pintura electrostática color gris. | <ul style="list-style-type: none"> • Como dispositivo de protección y desconexión de circuitos eléctricos. • Diseñado para aplicaciones donde el número de operaciones no es frecuente. • Se usa para la alimentación de instalaciones domésticas o residenciales. • Se recomienda como principal en instalaciones trifásicas para alimentación de motores. |  <p>NORMA APLICABLE NMX-J-508-ANCE-1994</p> |

Generalmente un fusible alimenta a uno o varios Interruptores Termomagnéticos (ITM). **Los ITM's** son los elementos de protección individual de cada circuito, y su funcionamiento o disparo se activa por calentamiento (termo) y/o por exceso de corriente que a su vez produce un campo magnético excesivo capaz de producir el disparo del interruptor, ocasionando que la corriente del circuito se interrumpa. Su ventaja es que se puede restablecer manualmente después de corregirse la falla que motivó su disparo, mientras que los fusibles requieren sustituirse por otros nuevos, con la consecuente pérdida de tiempo y trabajo de efectuar el reemplazo. Cada ITM puede alimentar diferentes cargas, ya sea lámparas, contactos o cargas específicas de alto consumo como motores, lavadoras, hornos, etcétera, considerando no sobrepasar los 1500VA que indica la NOM-001-SEDE-2012 vigente.

| Tipo | Recomendaciones de uso | Características | Aplicaciones |
|--|--|---|---|
| <p><i>ITM caja Moldeada de 1 polo</i></p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Servicio: 1 polo. • Tensión máxima: 120 V.C.A. • Capacidad interruptiva: 10,000 A simétricos. • Capacidad nominal: 15 A, 20 A, 30 A, 40 A y 50 A. • Frecuencia: 60 Hz. | <ul style="list-style-type: none"> • Conductores principales de cobre. • Acabados galvánicos en sus componentes internos para protección contra la corrosión. • Para instalación de conductores de cobre o aluminio del calibre 14 al 8 AWG. • Montaje del tipo enchufable. | <ul style="list-style-type: none"> • Protección de circuitos derivados y alimentadores en instalaciones domésticas e industriales. • Control y protección de una sección en instalaciones de una fase. • Protección contra sobrecarga y cortocircuito. |
| <p><i>ITM caja Moldeada de 2 polos</i></p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Servicio de 2 polos. • Tensión máxima: 120 / 240 V. C. A. • Capacidad nominal: 15 A, 20 A, 30 A, 40 A, 50 A y 60 A. • Frecuencia: 60 Hz. • Capacidad Interruptiva 10,000 A simétricos. | <ul style="list-style-type: none"> • Provisto de mecanismo de acción rápida al cierre y apertura de disparo automático libre. • Conductores principales de cobre. • Montaje tipo enchufable. • Para conductores de cobre y aluminio calibre del 14 al 8 AWG. | <ul style="list-style-type: none"> • En centros de carga y tableros de alumbrado. • Protección contra sobrecarga y cortocircuito en sistemas de distribución eléctrica comerciales, domésticas e industriales de 2 fases. |

Los interruptores de circuito por falla a tierra (ICFT) en las instalaciones eléctricas residenciales que alimentan de energía lugares húmedos, es conveniente utilizarlos ya que protegen contra choques eléctricos abriendo el circuito inmediatamente si perciben una falla de aislamiento a tierra o pérdida de corriente.

Existen ICFT que protegen todo lo que se instala en esa salida, y hasta el circuito. Existen de dos tipos: tipo interruptor automático, que resguardan todo el circuito; y portátiles, que protegen sólo el punto de uso.

Los interruptores de circuito por falla de arco (ICFA) pueden ayudar a evitar incendios que a menudo se relacionan con problemas en las salidas, interruptores y cables dañados o rasgados que se conectan en los circuitos. El ICFA percibe la curva de magnetismo propia del arco cuando la electricidad debe saltar por encima de un medio aislado y, al igual que el ICFT, actúa de inmediato para abrir el circuito, con lo que reduce el riesgo de incendio asociado con fallas de arco.

Los interruptores de circuito de detección de inmersión (ICDI) e interruptores de circuito por defecto de aislamiento del artefacto (ICDA) los podemos encontrar instalados en secadores y cables de alimentación de ciertos aparatos. Operan, como su nombre lo indica, si se encuentran sumergidos o bien si existe un fallo en el aislamiento.

Los interruptores por detección de pérdidas de corriente (IDPC) son dispositivos de protección que evitan incendios por daños de los cables de alimentación. Actualmente se incorporan al gabinete del contacto de los acondicionadores de aire. Si el cable se daña, el IDPC detecta la anomalía y corta la energía de inmediato. La tecnología de los IDPC también se encuentra disponible en ciertos cables de energía y tomacorrientes múltiples.

2.4.1. Circuitos derivados.

Se define como circuito derivado a todo conductor o conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a este circuito hasta la o las salidas finales de utilización.

Los circuitos derivados deben clasificarse según la capacidad de conducción de corriente máxima o según el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. En los circuitos derivados que no sean individuales debe ser de 15, 20, 30, 40 ó 50 A. Cuando se usen, por cualquier razón, conductores de mayor capacidad de conducción, la

clasificación del circuito debe estar determinada por la capacidad nominal o por el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente.

En las unidades de vivienda y en las habitaciones de huéspedes de los hoteles, moteles y locales similares, la tensión eléctrica no debe superar 127 V nominales entre los conductores que suministren corriente eléctrica a las terminales de: elementos de alumbrado; cargas de 1440 VA nominales o menos o de menos de 187 W conectadas con cordón y clavija.

Los contactos instalados en circuitos derivados de 15 A y 20A deben ser con conexión de puesta a tierra. Los contactos con conexión de puesta a tierra deben instalarse sólo en circuitos para la tensión y corriente eléctricas para las cuales están clasificados, excepto lo establecido en las siguientes tablas:

| Carga Máxima conectada a un receptáculo por medio de un cordón y clavija | | |
|---|--|-------------------------|
| Capacidad nominal del circuito (A) | Capacidad nominal del receptáculo (A) | Carga Máxima (A) |
| 15 ó 20 | 15 | 12 |
| 20 | 20 | 16 |
| 30 | 30 | 24 |

Tabla 2.4

| Capacidad nominal de receptáculos en circuitos de diversa capacidad | |
|--|--|
| Capacidad Nominal del circuito (A) | Capacidad Nominal del Receptáculo |
| 15 | No mas de 15 |
| 20 | 15 ó 20 |
| 30 | 30 |
| 40 | 40 ó 50 |
| 50 | 50 |

Tabla 2.5

Aparatos electrodomésticos de cocción

Los conductores de los circuitos derivados de estufas domésticas, hornos montados en la pared y otros aparatos electrodomésticos de cocción, deben tener una capacidad de conducción de corriente no inferior a la nominal del circuito derivado y no inferior a la carga máxima que deban alimentar. Para estufas de 8,75 kW o más, la capacidad mínima del circuito derivado debe ser de 40 A.

Excepción: Los conductores en derivación para estufas eléctricas, hornos eléctricos montados en la pared y parrillas eléctricas montadas en la superficie del mueble de cocina, en circuitos de 50 A, deben tener una capacidad de conducción de corriente no inferior a 20 A y suficiente para las cargas que alimenten. Las derivaciones no deben ser más largas de lo necesario para que lleguen al equipo.

Otras cargas

Los conductores de circuitos derivados que suministren energía a cargas distintas de aparatos electrodomésticos de cocción, deben tener una capacidad de conducción de corriente suficiente para las cargas conectadas y tamaño nominal no inferior a 2,08 mm² (14 AWG).

| Capacidad o ajuste del dispositivo de protección. Sin exceder de: | Tamaño nominal AWG ó Kcmil | |
|---|----------------------------|-------------------|
| | Cable de cobre | Cable de aluminio |
| 15 | 14 | --- |
| 20 | 12 | --- |
| 30 | 10 | --- |
| 40 | 10 | --- |
| 60 | 10 | --- |
| 100 | 8 | 6 |
| 200 | 6 | 4 |
| 300 | 4 | 2 |
| 400 | 2 | 1 |
| 500 | 2 | 1/0 |
| 600 | 1 | 2/0 |
| 800 | 1/0 | 3/0 |

Tabla 2.6

2.5. Selección e instalación de contactos.

Un contacto se describe como: dispositivo de contacto eléctrico instalado en una salida para la conexión de una sola clavija. Un contacto sencillo es un dispositivo de contacto de un solo juego de contactos. Un contacto múltiple es aquel que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis. Un contacto sencillo instalado en un circuito derivado individual, debe tener una capacidad nominal no menor que la de dicho circuito.

Debemos instalar las salidas necesarias para contactos de modo que cubran las necesidades particulares de cada recámara, cocina, sala, comedor, cuarto de lavado, cuarto de servicio etc.

Lo anterior con el objeto primordial de reducir el uso de extensiones a través de puertas, chimeneas y aberturas similares, en cada cocina, habitación, etc.

Se deberán instalar por lo menos 2 circuitos derivados de 20 Amperes, para los contactos que alimenten aparatos electrodomésticos pequeños, en:

- Cocina
- Desayunador
- Comedor
- Áreas similares

También se permite instalar un circuito derivado independiente de 15 A o más para alimentar al refrigerador

Se deberá de instalar por lo menos un contacto en:

- Sótanos
- Cochera.

Además se debe instalar por lo menos un contacto en el área de lavandería con un circuito independiente de 20 A.

En los baños se debe instalar cuando menos un contacto de 20 A.

En los exteriores se debe instalar cuando menos una salida para contacto.

Por lo tanto, una residencia deberá tener mínimo 3 circuitos derivados de contactos.

Cuando estén conectados a un circuito derivado que suministre energía, a dos o más contactos o salidas, un contacto no debe alimentar a una carga total de aparatos eléctricos conectados con cordón y clavija, que exceda el máximo especificado en la Tabla 2.4.

Cuando se conecten a un circuito derivado, que alimente a dos o más contactos o salidas, la capacidad nominal de los contactos debe corresponder a los valores de la Tabla 2.5 ó, si es de más de 50 A, la capacidad nominal del contacto no debe ser inferior a la capacidad nominal del circuito derivado.

Ubicación de los contactos en una unidad de vivienda:

- 1) Separación. Las salidas para contactos deben instalarse de modo que ningún punto a largo de la línea del suelo de cualquier espacio de la pared esté a más de 1,8 m, medidos horizontalmente, de una salida para contacto en ese espacio

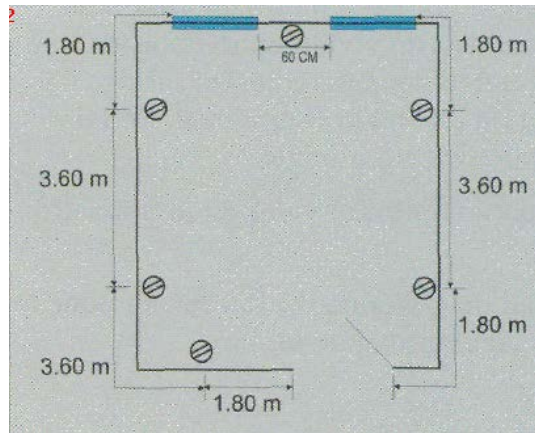


Figura 2.2

- 2) Espacio de pared: Para los efectos de este Artículo debe entenderse "espacio de pared lo siguiente:"
 - a) Cualquier espacio de 60 cm o más de ancho inclusive el espacio que se mida al doblar las esquinas y no interrumpido por aberturas de puertas, chimeneas o similares.
 - b) El espacio ocupado por paneles fijos en la pared, excepto los deslizantes.

- c) El espacio producido por divisores de ambiente fijos tales como mostradores independientes tipo bar o barandas.Figura 2.3

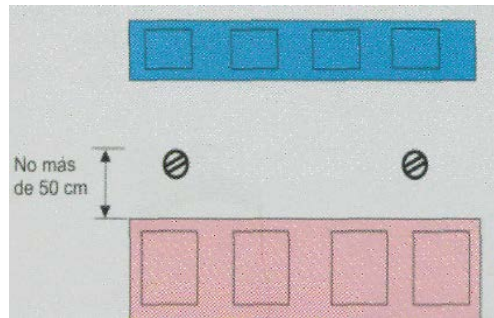


Figura 1.3

- 3) Los contactos arriba de mostradores y barras de cocina se deben de instalar a no más de 50 cm arriba del mostrador

2.6. Selección e instalación de apagadores.

Existe una gran variedad de apagadores de diversas formas, colores y funciones, la selección de estos va a depender de la aplicación y la decoración de la habitación en donde será instalado; podemos encontrar apagadores de 1, 3 y 4 vías

Los apagadores de una vía o como mejor los conocemos como apagadores sencillos, generalmente se instalan en recamaras donde solo es necesario controlar la iluminación desde un solo punto de la habitación, a diferencia de los apagadores de tres vías o cuatro vías que se pueden aplicar en pasillos o escaleras para controlara la iluminación desde dos o tres puntos respectivamente.

2.7. Selección e instalación de luminarias.

Al diseñar el alumbrado siempre debemos buscar como fin principal proporcionar la luz suficiente para llevar a cabo las actividades propias de ese lugar con un ambiente adecuado, de lo contrario, los ojos se esforzarán de más y la consecuencia será que se fatiguen y su eficiencia se reduzca.

Las salidas de alumbrado en una residencia, se deben instalar en:

- En todos los cuartos habitables.
- En todos los cuartos de baños

- Pasillos
- Escaleras
- Garajes adjuntos
- Garajes separados
- Parte exterior de entradas con acceso a nivel del piso
- Cuando estén instaladas salidas de alumbrado en escaleras interiores, debe de haber un interruptor de pared al nivel de cada piso, para controlar la salida de alumbrado, en donde la diferencia entre los niveles de los pisos es de seis escalones o más.
- En sótanos
- Espacios bajo el piso cuartos de maquinas

Las salidas de alumbrado deberán estar controladas por medio de apagadores, estos deberán de instalarse dentro del lugar que controlan.

2.8. Fundamentos de un proyecto eléctrico residencial.

Una instalación eléctrica debe cumplir con los requerimientos planteados durante el proyecto de la misma, para proporcionar el servicio eficiente que satisfaga la demanda de los aparatos que deberán ser alimentados con energía eléctrica.

Una instalación hecha correctamente debe reunir estas características:

- Seguridad contra accidentes e incendios
- Eficiencia y economía
- Accesibilidad y distribución
- Mantenimiento preventivo

Finalmente, debe recordarse que para la mayoría de los servicios de casas habitación la alimentación es monofásica a 127 volts, de fase a neutro. En caso de que la carga sea mayor, consulte lo siguiente

5000 W Monofásica 1 fase y 1 neutro

10000W Bifásica 2 fases y 1 neutro

25000W Trifásica 3 fases y 1 neutro

Para comenzar, es recomendable realizar un plano sencillo que indique las características principales de instalación y sus especificaciones.

Posteriormente será necesario considerar elementos adicionales de acuerdo al caso específico, como por ejemplo: calefacción, aire acondicionado, aparatos eléctricos, alumbrado y sistemas de alarma y/o de comunicación, etc.

2.8.1 DATOS PREVIOS

Antes de iniciar con los cálculos de un proyecto, debemos tener la siguiente información:

- **Tipo de instalación eléctrica:** residencial, comercial o industrial, etc.
- **Carga total instalada o relación de cargas.** Es la suma de todas y cada una de las cargas a alimentar como lámparas, contactos y aparatos de alto consumo expresadas en Volts Amperes (VA) o en Watts.

2.8.2 EJEMPLO DE UN PROYECTO ELÉCTRICO

Supongamos que se tiene una instalación residencial con la siguiente carga total instalada:

- 20 salidas para lámpara incandescente de 100 W.
- 24 contactos de uso general (de 180 VA cada uno, según el Art. 220-14)
- Una bomba de agua de 3/4 HP ,127 V, 11.5 A
- Una lavadora de ropa con motor de 3/4 HP, 127 V, 11.5 A
- Horno de microondas de 1524 W, 127 V, 12 A

1. RELACIÓN DE CARGAS

Con la información anterior armamos la siguiente relación de cargas:

| Cargas | Lamparas 100W | Contactos 180VA | Bomba de agua | Lavadora | Horno de Microondas | Totales |
|------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------------|----------------|
| Cantidad | 20 | 24 | 1 | 1 | 1 | |
| Potencia | 2000 W | 4320 VA | 1460.5 VA | 1460.5 VA | 1524 W | 10765 VA |
| Corriente | 15.74 A | 34.02 A | 11.5 A | 11.50 A | 12.00 A | 84.76 A |

Tabla 2.10

Los 20 lamparas de 100 W dan una potencia de 2000 W, ya que es el resultado de multiplicar 20 X 100. En cargas resistivas como los lamparas, la corriente se obtiene de dividir la potencia (W) entre el voltaje, por ejemplo $2000 \text{ W}/127 \text{ V} = 15.7 \text{ A}$. En el caso de motores, la Tabla 430-248 de la NOM nos proporciona las corrientes según potencias

2. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA

De la carga total instalada, que son los 10,765 VA obtenidos en el paso anterior, aplicamos los Factores de demanda indicados en la Tabla 220-44 de la NOM (tabla 2.11) , que indica que para unidades de vivienda se deben de considerar los primeros 3000 VA al 100% y los restantes al 35%, es decir:

| | | |
|----------------------|------|------------|
| Carga Total 10765 VA | | |
| Primeros 3000 VA | 100% | 3000 VA |
| Restantes 7765 VA | 35% | 2717.75 VA |
| Demanda Máxima | | 5717.75 VA |

Tabla 2.11

3. ACOMETIDAS

Con base en el cálculo de la Demanda Máxima correspondiente, la compañía suministradora determinará el tipo de alimentación o acometida para uso doméstico, pudiendo ser:

Monofásico: para instalaciones de hasta 5 KW.

Bifásico: para instalaciones de hasta 10 KW.

Trifásico: para instalaciones hasta de 25 kW, y de 26 a 50 kW.

Conclusión: por rebasar 5 kW la acometida debe ser bifásica.

4. DETERMINACIÓN DEL ALIMENTADOR Y DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

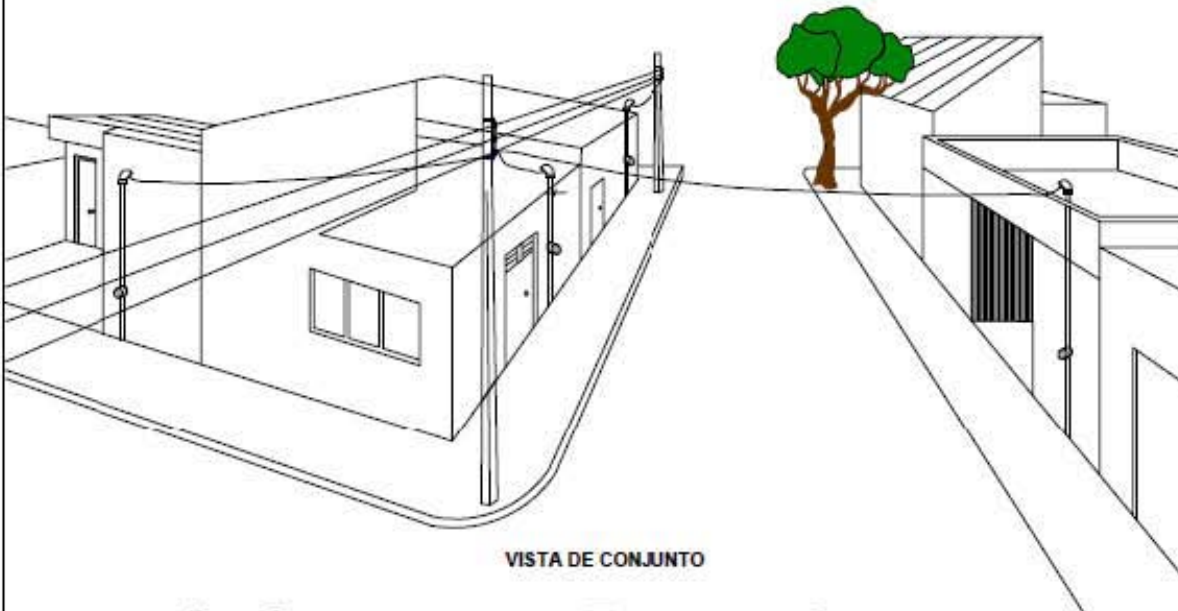
La corriente total la determinamos dividiendo 5,717.75 VA entre 127 V, de lo que obtenemos 45.02 A. La acometida es a 2 fases, si la carga está balanceada cada fase aportaría aprox. La mitad, es decir 22.51A.

Según este cálculo, bastaría con un calibre 14 AWG, sin embargo, para cumplir con las especificaciones de CFE, los 3 conductores del alimentador (desde la mufa hasta el interruptor general) de la acometida bifásica, deberán ser calibre 8 AWG, el neutro deberá ser de color blanco y los de fase de cualquier otro color distinto al blanco. El conductor del neutro deberá aterrizar al electrodo del equipo de medición mediante el conductor de puesta a tierra. Deberá ser calibre 8 AWG y podrá ser desnudo o tener forro en color verde o verde con franjas amarillas. (como se muestra en el plano de instalación 2.1 y 2.2)

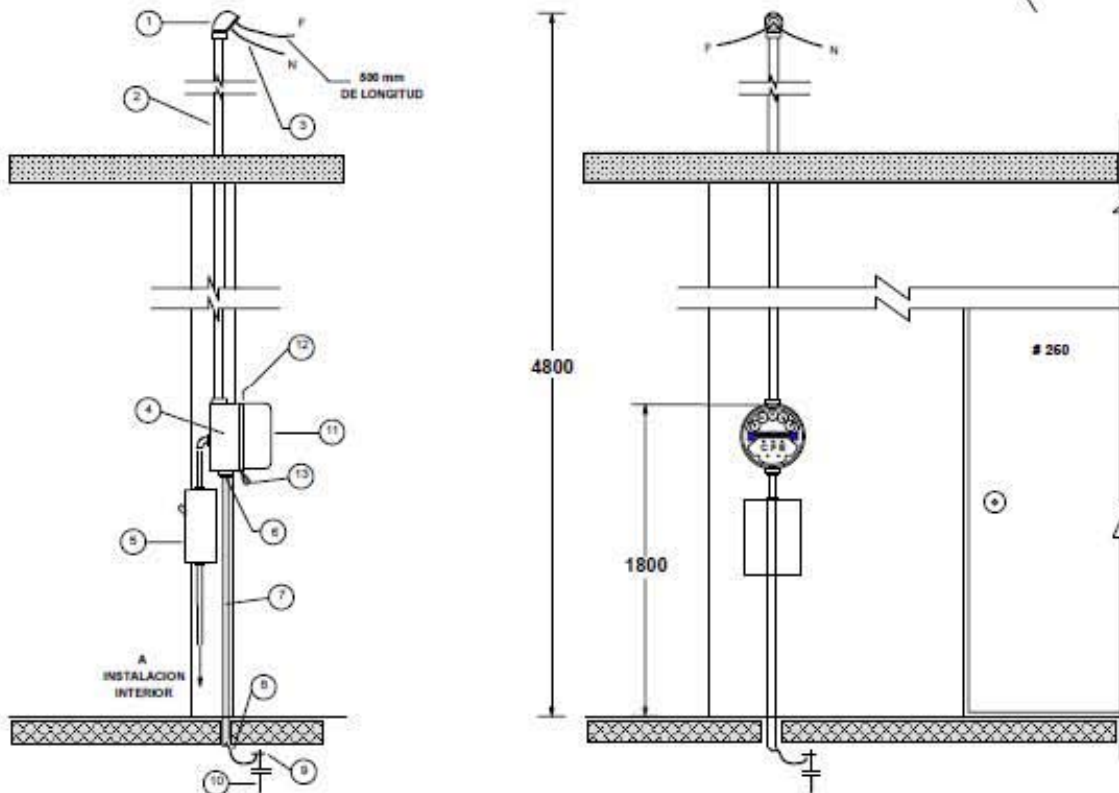
5. INTERRUPTOR PRINCIPAL

Según especificaciones de la compañía suministradora, para un servicio bifásico se debe utilizar preferentemente un interruptor termomagnéticos (ITM) de 2 polos*, 30 A, (2 X 30 A) para proteger los conductores de fase, mientras que el hilo neutro pasa directo, pues en caso de sobrecarga los conductores de fase son los que deben ser interrumpidos mediante el disparo del ITM.

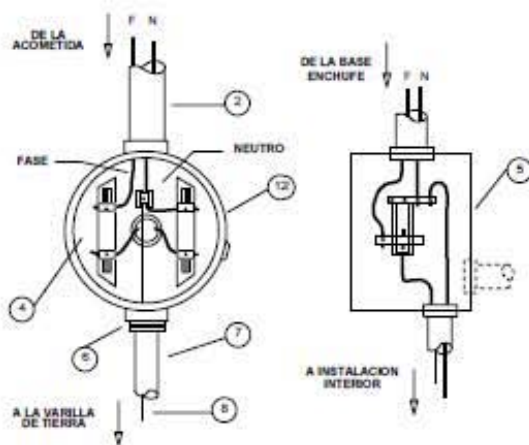
El interruptor deberá instalarse a una distancia menor a 5 m del medidor (*Consulte en el anexo 1 las especificaciones para la instalación de la acometida*). Tradicionalmente se utilizaban interruptores de seguridad (de cartuchos fusibles), pero en la actualidad es preferible utilizar interruptores ITM de la capacidad adecuada por su mayor confiabilidad y ventajas (compacto, resistencia, no se funde, libre de mantenimiento, mayor vida útil).



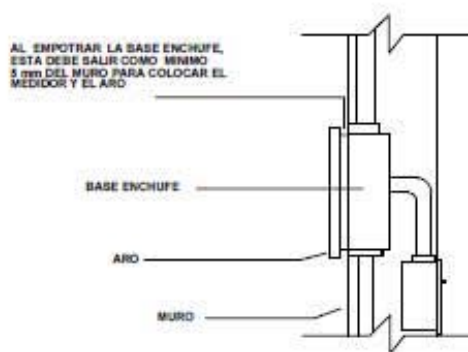
VISTA DE CONJUNTO



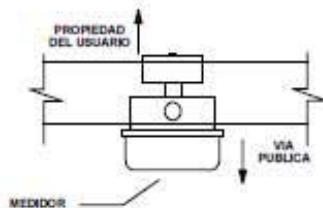
plano2.1



DETALLE DE ALAMBRADO DE LA BASE E INTERRUPTOR



DETALLE DE EMPOTRADO DE LA BASE



VISTA DE PLANTA

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPO

A CARGO DEL USUARIO

- 1 MUFA INTEMPERIE DE 32 mm (1 1/4") DE DIAMETRO
- 2 TUBO CONDUIT DE FIERRO GALVANIZADO PARED GRUESA DE 32 mm (1 1/4") DE DIAMETRO Y CON 3000 mm DE LONGITUD
- 3 CABLE DE COBRE THW CALIBRE 8.367 mm² (8 AWG) DESDE LA MUFA HASTA EL INTERRUPTOR, EL FORRO DEL CONDUCTOR NEUTRO DE COLOR BLANCO Y EL DE LA FASE DIFERENTE AL BLANCO
- 4 BASE ENCHUFE DE 4 TERMINALES, 100 AMPERES
- 5 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO (PREFERENTEMENTE) O DE CARTUCHO FUSIBLE DE 2 POLOS, 1 TIRO, 250 VOLTS, 30 AMPERES, A PRUEBA DE AGUA CUANDO QUEDE A LA INTEMPERIE
- 6 REDUCCION DE 32 mm (1 1/4") A 12,7 mm (1/2")
- 7 TUBO CONDUIT PARED DELGADA DE 12,7 mm (1/2") DE DIAMETRO
- 8 ALAMBRE O CABLE DE COBRE CALIBRE 8.367 mm² (8 AWG) MINIMO
- 9 CONECTOR PARA VARILLA DE TIERRA
- 10 VARILLA DE TIERRA PARA UNA RESISTENCIA MAXIMA DE 25 OHMS

INSTALADO POR C.F.E.

- 11 MEDIDOR TIPO ENCHUFE DE 15 AMPERES, 1 FASE, 2 HILOS, 120 VOLTS (F121)
- 12 ARO PARA BASE ENCHUFE DE ACERO INOXIDABLE
- 13 SELLO DE PLASTICO

NOTAS :

- A LA PREPARACION PARA RECIBIR LA ACOMETIDA DEBE ESTAR COMO MAXIMO A 35 METROS DEL POSTE DESDE EL CUAL SE DARA EL SERVICIO
- B EL CONDUCTOR DEL NEUTRO DEBE CONECTARSE DIRECTO A LA CARGA SIN PASAR POR ALGUN MEDIO DE PROTECCION (FUSIBLE O TERMOMAGNETICO)
- C LA PREPARACION PARA RECIBIR LA ACOMETIDA DEBE ESTAR AL LIMITE DE PROPIEDAD, EMPOTRADA O SOBREPUESTA
- D EVITAR QUE LA ACOMETIDA CRUCE OTRO TERRENO O CONSTRUCCION
- E LA ALTURA DE LA MUFA PARA RECIBIR LA ACOMETIDA ES DE 4800mm
- F EL INTERRUPTOR ESTARA A UNA DISTANCIA NO MAYOR A 5000 mm DEL MEDIDOR
- G MARCAR EL NUMERO OFICIAL DEL DOMICILIO EN FORMA PERMANENTE

6. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CIRCUITOS DERIVADOS

Para nuestro caso, llamaremos *circuito derivado* a cada par de conductores, uno de fase, procedente de un ITM del centro de carga, y el otro neutro, procedente de la barra de neutros del mismo centro de carga que alimenta a los circuitos de alumbrado; además es necesario agregar un tercer conductor de puesta a tierra, en este caso del mismo calibre (consultar Tabla 250-122 de la NOM o la tabla 4.1 de este manual), que procede del sistema de tierras físicas, para los circuitos de contactos o contactos. Procedemos a determinar la cantidad de circuitos derivados, siguiendo los criterios siguientes:

Circuitos derivados individuales: de las definiciones anteriores y el cuadro de cargas (tabla 2.10), de las cinco cargas que contiene el cuadro, tres deben ser consideradas como circuitos derivados individuales: se trata de la bomba de agua, la lavadora de ropa y el horno de microondas, que sobresalen del resto de la instalación por su consumo individual: tenemos ya definidos los primeros tres circuitos derivados. Éstos serán de 20 A cada uno, como veremos más adelante.

Circuitos derivados de uso general: faltan de repartir 6320 VA en circuitos derivados, es conveniente no mezclar en un mismo circuito derivado cargas de alumbrado con cargas de contactos.

Nosotros haremos circuitos de 15 A. Cada circuito derivado de alumbrado y contactos de uso general no deberá ser mayor a 1500 VA. De lo anterior se deduce que por lo menos debemos tener un circuito para alumbrado y otro para los contactos, pero como la carga de alumbrado es de 2000 VA y es mayor a los 1500 VA que nos indica la norma, tendremos entonces que dividir la carga de iluminación en dos circuitos de 1000 VA, es decir, 2 circuitos de 10 lamparas cada uno. El caso de los contactos es similar, la carga de 4320 VA la dividimos entre 1500 VA y nos da 2.88, por lo que distribuimos los 24 contactos en 3 circuitos derivados, repartiendo los contactos lo más uniformemente posible (8 contactos por circuito).

Se concluye que los circuitos derivados individuales y de alumbrado y uso general quedarán:

3 circuitos derivados individuales para: bomba de agua, horno de microondas y lavadora.

2 circuitos derivados para alumbrado.

3 circuitos derivados para contactos (contactos) de uso general.

Entonces será necesario un centro de carga de por lo menos 8 ITM, suponiendo que se trata de una construcción de un solo nivel.

En caso de que fueran 2 niveles, conviene instalar un centro de carga por nivel con la cantidad necesaria de ITM y otro centro de carga individual (de 1 ITM) para la bomba de agua, que generalmente se encuentra más cercano al interruptor principal que el resto de los circuitos.

7. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS ITM

Una protección en condiciones normales debe funcionar al 80% de su valor nominal de corriente, según la tabla siguiente.

No se permite utilizar un conductor con capacidad de corriente menor al valor de protección (ITM o fusible), ya que ésta dejaría de cumplir con su misión.

| Capacidad de corriente del circuito según su Protección | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|
| Protección (A) | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 |
| Corriente (A) | 8 | 12 | 16 | 24 | 32 |

Tabla 2.12

De acuerdo con lo anterior, tanto los 3 circuitos de cargas específicas como los 3 circuitos de contactos tienen un consumo de entre 11 y 12 A, pero por ser cargas de alto consumo y estar afectadas por el factor de arranque, la NOM establece que deberán ser circuitos de 20 A, es decir, tendremos 6 ITM de 20 A.

Los 2 circuitos de iluminación tienen un consumo de 7.87 A, por lo que pueden conectarse a los ITM de 10 ó 15 A.

8. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS

Los conductores de un circuito derivado o de un alimentador se determinan con base en la Tabla **310-15(b)(16)** de la NOM, pero es necesario considerar los diferentes factores de corrección:

Factor de corrección por temperatura

Factor de corrección por agrupamiento

Factor de corrección por arranque (del 125% al 200% de la corriente nominal)

Cálculo de caída de tensión: aplicable en circuitos derivados con longitudes mayores a 20 m entre el centro de carga y la carga; o en circuitos alimentadores cuando existen más de 20 m entre el interruptor de la acometida y el centro de carga. **Regla práctica: agrega un calibre por cada 20 m de distancia.**

Según la NOM, el calibre mínimo para utilizar en circuitos derivados es 14 AWG, aunque en la mayoría de los casos sólo se utiliza como conductor de regreso de apagador o para la conexión de lámparas, ya que un circuito con conductores muy delgados puede ser riesgoso por el calentamiento que ocasiona el paso de la corriente que, en caso severo, puede provocar un incendio. Por lo expresado anteriormente, en los circuitos derivados del ejemplo se utilizaron, tanto para conductores portadores de corriente (fase y neutro) como para el conductor de puesta a tierra, únicamente conductores calibre 12 AWG.

9. CÁLCULO DE LAS CANALIZACIONES

Las canalizaciones se determinan sumando las áreas o secciones transversales de los conductores con todo y aislamiento, respetando el Factor de relleno correspondiente, así como los factores de corrección aplicables, esto se hace en cada tramo de la instalación, ya que el número de conductores y calibres suelen ser diferentes. Por ejemplo, si en una sección de la instalación eléctrica se requieren 8 conductores calibre 12 AWG con aislamiento THHW-LS y un conductor desnudo calibre 12 AWG, buscamos en la Tabla 5 de la NOM en las filas del tipo de aislamiento antes mencionado y vemos que el conductor calibre 12 AWG tiene una sección de 11.7mm^2 . Entonces multiplicamos este valor por el número de conductores, que en este caso es 8, y obtenemos un valor de 93.6 mm^2 ; asimismo, agregamos la sección del conductor calibre 12 desnudo, que es de 3.31 mm^2 , con lo que obtenemos un valor total de 96.91 mm^2 . Este último valor obtenido representa la suma de las secciones transversales de todos los conductores que serán alojados en la canalización, para determinarla buscamos un valor igual o mayor a 96.91 mm^2 en la Tabla 4 de la NOM en la columna del 40%, que es el factor de relleno aplicable a 3 o más conductores y obtenemos que le corresponde el valor de 137 mm^2 , correspondiente al tubo de 21mm (3/4").

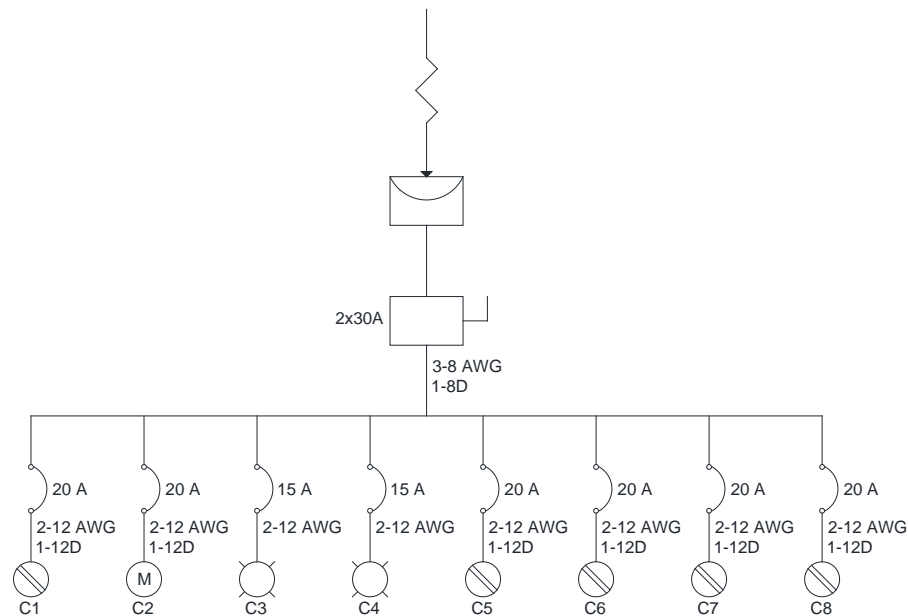
10. CUADRO DE CARGAS

El orden de los circuitos parecería aleatorio, pero es el resultado de varios ensayos hasta lograr un balanceo de fases lo más perfecto posible.

| L1 | L2 | Circuito | Cantidad | Descripción | VA | A | ITM | Conductores | |
|-----------------|----|----------|----------|--------------------------|-------------|--------------|-----|-----------------|--|
| * | | C1 | 1 | Lavadora | 1460 | 11.5 | 20 | 2-12 AWG, 1-12D | |
| | * | C2 | 1 | Bomba | 1460 | 11.5 | 20 | 2-12 AWG, 1-12D | |
| * | | C3 | 10 | Lamparas de 100W | 1000 | 7.87 | 15 | 2-12 AWG | |
| | * | C4 | 10 | Lamparas de 100W | 1000 | 7.87 | 15 | 2-12 AWG | |
| * | | C5 | 1 | Horno de Microondas | 1524 | 12 | 20 | 2-12 AWG, 1-12D | |
| | * | C6 | 8 | Contactos de uso general | 1440 | 11.33 | 20 | 2-12 AWG, 1-12D | |
| * | | C7 | 8 | Contactos de uso general | 1440 | 11.33 | 20 | 2-12 AWG, 1-12D | |
| | * | C8 | 8 | Contactos de uso general | 1440 | 11.33 | 20 | 2-12 AWG, 1-12D | |
| Total L1 | | | | | 5424 | 42.7 | | | |
| Total L2 | | | | | 5340 | 42.04 | | | |

Tabla 2.13

11. DIAGRAMA UNIFILAR



2.9. Elaboración de planos para una instalación eléctrica residencial.

El proyecto eléctrico debe estar integrado por planos eléctricos y memoria de cálculo. El plano original se deberá dibujar en papel albanene o cualquier otro, que permita obtener copias heliográficas con claridad.

Tamaño de los planos: se recomienda que tenga las siguientes dimensiones:

- a) 60 x 90 cm
- b) 60 x 120 cm
- c) 28 x 40 cm

Las escalas que se utilicen deberán ser las adecuadas para que se tenga el espacio suficiente para lo que se desee representar. En cada plano se deberá indicar la escala utilizada.

Se deberá utilizar el sistema métrico decimal.

Los planos eléctricos contendrán exclusivamente los datos relativos a las instalaciones eléctricas, serán claros e incluirán la información suficiente para la correcta interpretación de manera que permita construir la instalación eléctrica.

Cuando se quiera aclarar algún punto importante de la instalación eléctrica el proyectista deberá indicarlo con una nota aclaratoria.

Se deberán utilizar los símbolos eléctricos aplicables a la instalación eléctrica.

En la esquina inferior del plano eléctrico del lado derecho se dejará un cuadro donde se anotarán los siguientes datos:

- Nombre del propietario.
- Domicilio, calle, número, colonia, C.P., delegación o población, municipio y entidad.
- Tipo de uso: habitacional.
- Nombre del responsable del proyecto eléctrico y su cédula profesional.
- Fecha de elaboración del proyecto

El proyecto eléctrico contendrá:

- Diagrama unifilar
- Cuadro de distribución de cargas eléctricas por circuito.
- Planos de planta y elevación en su caso.
- Croquis de localización en relación a las calles más cercanas.

El diagrama unifilar contendrá:

- a) Acometida, indicando la tensión de suministro.
- b) Alimentadores hasta los centros de carga, tableros de fuerza, alumbrado, etc, indicando en cada caso su longitud y caída de tensión representada en porcentaje.
- c) Circuitos alimentadores y circuitos derivados.
- d) Tipo y capacidad de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, de los circuitos alimentadores y circuitos derivados.
- e) Tamaño nominal, tipo de material y tipo de aislamiento de los conductores de fase y de neutros de los circuitos alimentadores y derivados.

El cuadro de distribución de cargas deberá contener la siguiente información:

- Alumbrado, contactos y motores, número de circuito, número de lámparas, contactos o dispositivos eléctricos por cada circuito, fases a que va conectado cada circuito, tamaño nominal de los conductores, diámetro de la tubería utilizada, el dispositivo de protección contra sobrecorriente por cada circuito, desbalanceo entre fases expresado en por ciento.

Los planos de planta y elevación deberán contener la siguiente información:

- Ubicación del punto de la acometida, medidor, del interruptor general y del tablero eléctrico principal.
- Localización de los tableros de fuerza y alumbrado.
- Trayectoria horizontal y vertical (cuando exceda de 4 mts.) de circuitos alimentadores y circuitos derivados, tanto de fuerza como de alumbrado, identificando cada circuito con el tamaño nominal del conductor y canalización.

Localización de motores y equipos alimentados por los circuitos derivados, localización de los arrancadores y medios de desconexión, localización de contactos y de luminarias con sus controladores, identificando las cargas con su circuito y tablero correspondiente.

Si en el proyecto eléctrico existen puntos que puedan dar lugar a diferentes interpretaciones, se detallará la información pertinente.

El croquis de localización comprenderá:

La manzana y las calles que circundan a ésta, la ubicación del predio dentro de la manzana, número de lote o número oficial, la orientación , la colonia, población y otras referencias que faciliten su localización.

La memoria técnica descriptiva comprenderá:

Los datos que sirvieron como base para establecer el diseño y que fijará la forma de operar de la instalación tales como el factor de demanda.

En la elaboración de los planos de detalle de las instalaciones se tomará en cuenta lo siguiente:

- Para el dispositivo de protección contra sobrecorriente, se deberá indicar el tipo de la protección, tensión y corriente nominal.
- Para los conductores: indicar el tamaño nominal (calibre) tipo de material, clase de aislamiento, tensión en volts, mencionando si es cable o alambre.
- Para las canalizaciones: Tubos.(conduit), indicar tipo de material, espesor de la pared, recubrimiento, diámetro nominal y si es flexible o rígido.
- Para motores: indicar los datos completos de sus respectivas placas.
- Indicar el tipo de controlador (clavija, desconectador, interruptor o contactor), si es automático o manual. Así como el tamaño y tipo de cubierta.
- Anotar el valor en amperes del dispositivo de protección contra sobrecorriente
- Anotar tipo, capacidad y tensión nominal del medio de desconexión, indicando las características de su cubierta
- Para alumbrado y contactos:

- Indicar el tipo de luminarias, tensión nominal, capacidad en watts.
- Indicar la capacidad en watts de los contactos, número de fases, tensión nominal y tipo de cubierta.

Al realizar un proyecto es recomendable realizarla de principio a fin con materiales de alta calidad ya que cualquier elemento que produzca un fallo puede dañar todo tu trabajo o poner en riesgo la seguridad de los usuarios.

2.10. Conexión a tierra.

Dentro de las instalaciones eléctricas en general, las relacionadas con los sistemas de tierra son un aspecto que no debemos dejar de observar. Aunque en las instalaciones eléctricas residenciales la puesta a tierra no es un tema muy aplicado, es necesario conocer sus fundamentos e importancia.

En una instalación eléctrica es el conjunto formado por electrodos y conductores que sirven para conectarla a tierra. Dichos electrodos están conectados entre sí por conductores que deben estar enterrados y mantener contacto directo con la tierra y son un factor importante en la seguridad de las personas, las instalaciones y el equipo eléctrico.

- *La puesta a tierra tiene como función limitar la tensión respecto a tierra que, debido a averías o fugas, puedan presentarse en partes metálicas de la vivienda.*
- *Lo que se hace es conectar todas las partes metálicas de la vivienda a tierra, de tal forma que entre lo que esté conectado a tierra y tierra, no exista diferencia de potencial.*
- *Se conecta a la superficie terrestre, porque el globo terráqueo es tan grande que el potencial permanece invariable, sea cual sea la tensión que se aplique sobre él.*

Es importante saber reconocer la diferencia que existe en una conexión a tierra:

Puesto a tierra: Se encuentra conectado en el sistema de alimentación (transformador)

Puesta a tierra: Es la conexión que va después del transformador a todas las partes metálicas de los equipos.

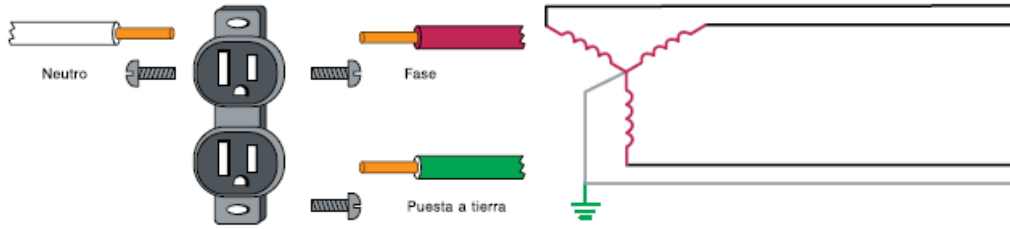


Figura 2.5

Figura 2.4

La figura A muestra un sistema de alimentación no puesta a tierra; la figura B corresponde a un sistema de alimentación eléctrica puesta a tierra.

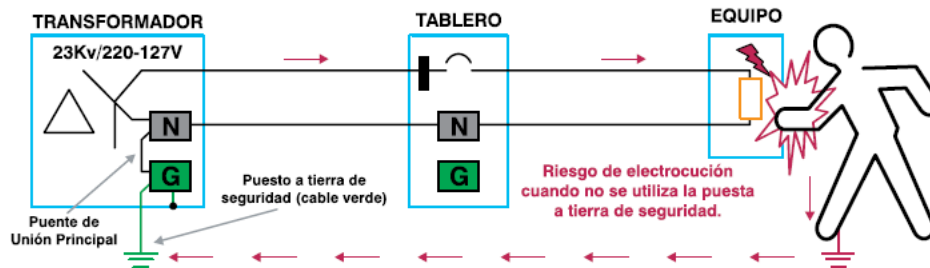


Figura A

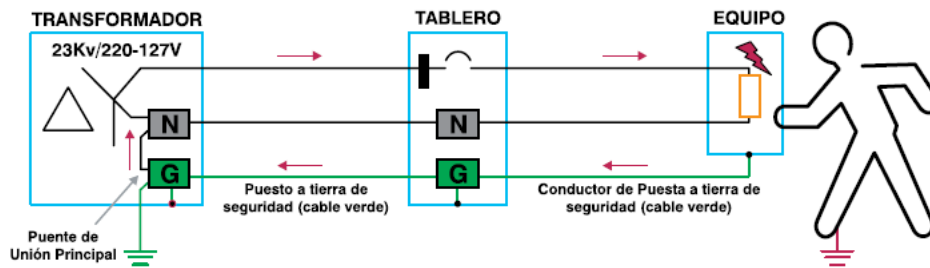


Figura B

Figura 2.6

El puente de unión principal estabiliza la diferencia de potencial entre el sistema de alimentación y tierra. El conductor puesto a tierra tiene la función de mantener una tensión cero o de algunos cuantos volts.

De acuerdo a su aplicación se pueden clasificar en diferentes tipos:

Para sistemas eléctricos

El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es para limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción, o de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos.

Para equipos eléctricos

Su propósito es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida o las propiedades y para que operen las protecciones por sobrecorriente de los equipos.

Para señales electrónicas

Para evitar la contaminación con señales en frecuencias diferentes a la deseada. Se logra mediante blindajes de todo tipo conectados a una referencia cero, que puede ser el planeta tierra.

Para protección electrónica

Para evitar la destrucción de los elementos semiconductores por voltaje, se colocan dispositivos de protección conectados entre los conductores activos y la referencia cero, que puede ser el planeta tierra.

Para protección atmosférica

Sirve para canalizar la energía de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades. Se logra con una malla metálica igualadora de potencial conectada al planeta tierra.

Para protección electrostática

Sirve para neutralizar las cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos. Se logra uniendo todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando el planeta tierra como referencia de voltaje cero.

Una instalación de puesta a tierra se compone esencialmente de electrodos, los cuales son elementos que están enterrados y mantienen un íntimo contacto con el suelo; y de conductores eléctricos, que se utilizan para conectar a los electrodos entre sí, y con los gabinetes de los equipos y demás instalaciones expuestas a corrientes nocivas.

Los electrodos de puesta a tierra permitidos por la Normatividad Vigente son:

I) Los existentes en la propiedad

Sistemas de electrodos de puesta a tierra

- a) tubería metálica para agua en contacto directo con la tierra mínimo 3 m y se debe complementar con **electrodo** adicional,

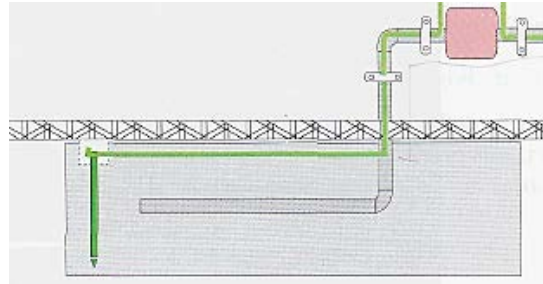


Figura 2.7

- b) Estructura metálica del edificio cuando este puesta a tierra eficazmente

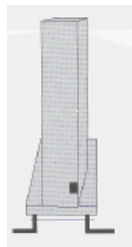


Figura 2.8

- c) Electrodo empotrado en concreto

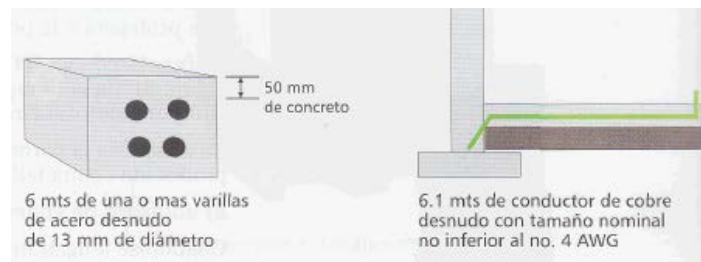


Figura 2.9

- d) Anillo de tierra

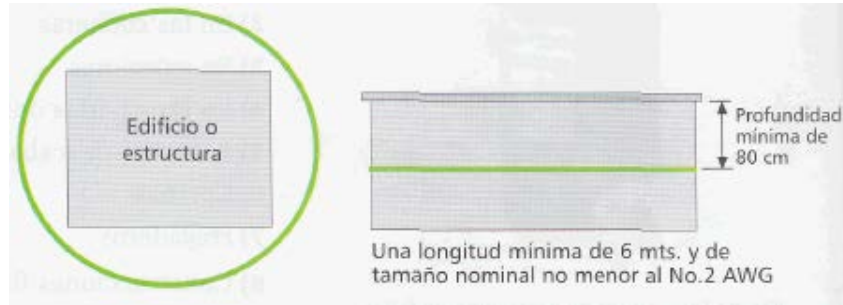


Figura 2.10

II) Electrodo de puesta a tierra fabricados

Cuando no se tengan disponibles los electrodos de puesta a tierra naturales se deberán de instalar los electrodos de puesta a tierra fabricados.

Los electrodos de puesta a tierra fabricados deben:

- Enterrarse por debajo del nivel de humedad permanente.
- Estar libres de recubrimientos no conductores, como pintura o esmalte.
- Estar separados una longitud mínima de 1,80 mts, de cualquier electrodo de puesta a tierra de otro sistema de puesta a tierra (incluyendo los electrodos de puesta a tierra del sistema de protección contra descargas atmosféricas).

Dos o más electrodos de puesta a tierra interconectados, se consideran como un solo sistema de electrodos de puesta a tierra.

III) Electrodo de varilla o tubería (No se permite utilizar los electrodos de aluminio o tuberías de gas subterráneas)

Los electrodos de puesta a tierra del tipo varilla o tubería deben:

- Tener una longitud mínima de 2,40 mts.
 - Ser del siguiente material
- 1) Los electrodos de tubería o tubo (conduit):
- Tamaño nominal mínimo de 19 mm de diámetro

- Si son de hierro o acero, deberán tener una superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro material que la proteja contra la corrosión

2) Los electrodos de puesta a tierra del tipo varilla:

- Los electrodos de puesta a tierra del tipo varilla de hierro o acero deben tener un diámetro mínimo de 16 mm.

- Los electrodos de puesta a tierra de acero inoxidable y de metales no-ferrosos o sus equivalentes, deben tener un diámetro mínimo de 13 mm.

3) Los electrodos de puesta a tierra se deberán instalar de la siguiente manera:

- Tener contacto con la tierra en una longitud mínima de 2,40 mts.

- Enterrar a una profundidad no menor a 2,40 mts.

- Si se encuentra roca:

Se permite enterrarlo a un ángulo no mayor de 45° con la vertical. Se permite enterrarlo en una zanja que tenga una profundidad mínima de 800 mm.

El extremo superior del electrodo de puesta a tierra deberá quedar a nivel de piso

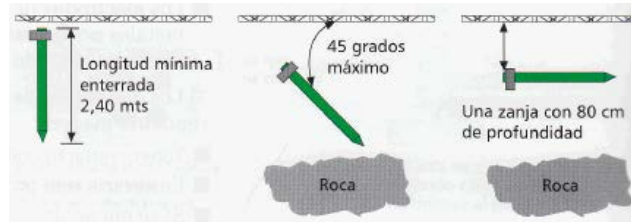


Figura 2.11

IV) Electrodos de placas.

Los electrodos de puesta a tierra del tipo placa deben:

- Tener contacto con la tierra un área de 0,2 m².

- Tener un espesor mínimo de 6,4 mm los electrodos de puesta a tierra de placas de hierro o de acero.

- Tener un espesor mínimo de 1,52 mm los electrodos de puesta a tierra de metales no ferrosos.



Figura 2.12

La resistencia eléctrica de total del sistema de tierra debe conservarse al nivel más bajo posible

Siempre que diseñemos una instalación eléctrica, debemos tomar en cuenta este apartado para garantizar que nuestra instalación será no sólo de alta calidad, sino de gran seguridad para los usuarios y sus bienes.

El electrodo de tierra **deberá tener un valor de 25 ohm o menor** indicado en la sección 250-50.

En caso de que el electrodo de puesta a tierra tenga un valor de resistencia a tierra **de más de 25 ohms**, se **deberá de adicionar** un electrodo de puesta a tierra

Cuando se instalen múltiples electrodos de puesta a tierra, estos deberán estar distanciados uno de otro una longitud mínima de 1,80 m.

Cuando se instalan electrodos de puesta a tierra en paralelo, de más de 2.40 mts de longitud y con una separación mayor a 1,80 m, el valor de la resistencia a tierra disminuirá.

3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

3.1. Características de los elementos de una instalación eléctrica industrial.

En una instalación eléctrica industrial podemos encontrar diversos tipos de receptores que se comportan de manera distinta, que a su vez afectaran de cierta forma a la potencia consumida y por lo tanto a toda la instalación eléctrica (diámetro de canalizaciones, alimentadores, conductores, transformadores, banco de capacitores, etc.) , analizaremos los receptores fijos y de uso generalizado en las instalaciones eléctricas de la industria.

1. Motores de inducción
2. Dispositivos de estado sólido.
3. Cargas tipo resistivas
4. Lámparas fluorescentes y de descarga

Motores de inducción

El motor eléctrico absorbe energía eléctrica de la línea y la transforma en energía mecánica disponible en el eje. Esta transformación se produce con determinada eficiencia, que se define a través del rendimiento del motor.

En consecuencia, siendo:

P_n = Potencia nominal o potencia util del motor, la potencia disponible en el eje

P_e = Potencia activa maxima demandada por el motor a la red en regimen permanente

η = Eficiencia del motor

s = Potencia electrica aparente

cosφ = Factor de potencia del motor

$$P_e = \frac{P_n}{\eta} \quad y \quad s = \frac{P_e}{\cos\varphi}$$

En adelante cuando nos refiramos a la potencia activa máxima demandada, lo haremos solo como potencia máxima demandada.

La corriente demandada por el motor a plena carga se calcula como:

$$\text{Para un motor trifasico: } I_n = \frac{P_n}{3 * U_n * \eta * \cos\varphi}$$

$$\text{Para un motor monofasico: } I_n = \frac{P_n}{U_n * \eta * \cos\varphi}$$

Donde:

U_n = Tension Nominal Fase a neutro

I_n = Corriente de línea demandada por el motor a plena carga

Para este cálculo se considera que el motor no cuenta con compensación local de energía reactiva, por lo que el valor del factor de potencia, así como el del rendimiento se obtienen de la hoja de datos técnicos del motor.

Como se puede ver en las hojas de datos de los motores, estos valores dependen de la potencia nominal, el régimen de carga y la velocidad del motor.

En esta etapa del diseño de la instalación, en general se trabaja con los datos correspondientes al régimen de plena carga.

En caso de no disponer de los datos específicos del motor pueden manejarse los siguientes valores medios:

| Potencia nominal del motor (kW) | Factor de potencia | Rendimiento |
|---------------------------------|--------------------|-------------|
| < 1 | 0.5 | --- |
| 1 a 4 | 0.7 | 0.7 |
| 5 a 50 | 0.8 | 0.8 |
| >50 | 0.9 | 0.9 |

En el arranque los motores demandan una corriente mucho mayor que su corriente nominal, no obstante, este transitorio no afecta el dimensionado de los componentes de la instalación considerados en esta etapa, como puede ser el transformador de potencia, ya que no se produce en general el arranque simultáneo de los motores y además la duración de este transitorio puede ser del orden de 10s

No obstante, en los casos en instalaciones en que la potencia del motor es importante en relación a la potencia total de la instalación, el arranque del motor puede producir la apertura del ICP (Interruptor de control de potencia). En estos casos se coordina la curva de disparo del ICP, o debe aumentarse la potencia a contratar.

Equipos que contienen dispositivos de estado sólido

Los equipos que contienen dispositivos de estado sólido, y de aplicación más general en instalaciones eléctricas de baja tensión son:

- Los convertidores AC/DC para alimentación y control de velocidad de motores de corriente continua.
- Los arrancadores suaves para motores de inducción.
- Los variadores de frecuencia para motores de inducción.

En estas aplicaciones la forma de onda de la corriente demandada por el receptor no es sinusoidal, sino que aparecen armónicos, siendo los de mayor amplitud, los de orden 3, 5, 7, 9.

En el caso de los arrancadores suaves, esta distorsión se produce solo en el arranque, en los otros casos la distorsión se mantiene en régimen permanente.

A los efectos del cálculo de la demanda máxima, podemos considerar que el rendimiento de estos controladores es 1, y por tanto la potencia demandada por el conjunto motor-controlador coincide con la potencia demandada por el motor.

Por otra parte el factor de potencia de estos equipos depende de su tecnología:

En los variadores de frecuencia con rectificadores no controlados, que son los de uso generalizado, tiene un valor de 0,9

En los que utilizan rectificadores controlados, tiene un valor variable.

En general los fabricantes dan las tablas de valores, de la corriente demandada por el conjunto motor + controlador, para las diferentes aplicaciones, y debe conocerse también el factor de potencia para calcular la potencia demandada por el conjunto motor + controlador.

Cargas tipo Resistivas

Se incluyen en este punto las cargas de calefacción, lámparas incandescentes, etc.

La potencia aparente consumida por este tipo de cargas es igual a la potencia nominal indicada por el fabricante, ya que las mismas no consumen potencia reactiva, ni utilizan ningún equipo auxiliar para su conexión a la red que agregue consumo de potencia.

En este caso tenemos que;

$$\eta = 1$$

$$\cos\varphi = 1$$

$$s = Pn$$

Y según la carga sea monofásica o trifásica la corriente demandada se calculará como sigue

$$\text{trifásico: } In = \frac{Pn}{3 * Un}$$

$$\text{monofásico: } In = \frac{Pn}{Un}$$

Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes producen una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión.

Estas lámparas requieren para su funcionamiento de un equipo auxiliar, habitualmente formado por los siguientes componentes:

Balasto: su función es limitar la intensidad de corriente que circula a través de la lámpara, regular la corriente necesaria para el precalentamiento de los electrodos y producir el impulso de tensión preciso que ayuda al encendido de la lámpara. El más sencillo está formado por una bobina con núcleo de chapas metálicas.

Arrancador, cebador o Started: su función es permitir durante un breve período el pasaje de corriente por los electrodos (precalentamiento de los electrodos) de la lámpara hasta que pueda comenzar el encendido. Se conecta en serie con el balasto y los electrodos.

En este caso estamos refiriéndonos a un equipo auxiliar electromecánico, se utilizan también los equipos auxiliares electrónicos.

El rendimiento y prestaciones en general de la lámpara, dependen entre otras cosas de las características del equipo auxiliar.

Para el cálculo de la demanda de potencia máxima, debemos entonces considerar que la potencia indicada en el tubo de la lámpara fluorescente, no incluye la potencia disipada en el equipo auxiliar.

El valor del factor de potencia depende del tipo de balasto, de la potencia de la lámpara, y puede variar para cada marca, como valores medios pueden considerarse los siguientes:

Para lámparas sin condensador de compensación de energía reactiva y con balasto electromagnético: $fp = 0.6$

Para lámparas con condensador de compensación de energía reactiva y con balasto electromagnético: $fp = 0.86$

Para lámparas sin condensador de compensación de energía reactiva y con balasto

Electrónico $fp = 0.96$

La potencia disipada en el balasto, también depende del tipo de balasto, y puede estimarse en un 25% de la potencia nominal de la lámpara, para los electromagnéticos, en el caso que no se disponga del dato del fabricante. La eficiencia del balasto electrónico es superior.

Lámparas de descarga

En las lámparas de descarga, la luminosidad está producida por la descarga a través de un gas o vapor con componentes metálicos, encerrado en una envoltura transparente a una presión pre determinada.

En este caso la potencia indicada en la lámpara tampoco incluye la potencia disipada en el balastro.

En la tabla siguiente se dan valores medios de la potencia disipada en el balastro y de la corriente demandada, para distintos tipos de lámparas de descarga, según su potencia.

Estos valores pueden también variar para cada marca.

En todas las lámparas, se produce un pico de corriente en el encendido que en el caso de las lámparas de descarga puede tener una duración de hasta 15 minutos. La amplitud de esta sobrecarga varía entre 1.3 y 2 veces la corriente nominal.











Este transitorio no es tenido en cuenta en la estimación de la demanda, porque en general tiene poco peso sobre el total y es un fenómeno de corta duración, por lo que no afecta el dimensionado de los elementos que estamos definiendo en esta etapa.







| Corriente demandada y potencia consumida de los tubos de iluminación mas comunes (para 220/240 y 50/60Hz) | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|--------------------------|--------------|----------------------|------------------------|
| Disposiciones de, lámparas, arrancadores y balastos | Potencia del Tubo (W) | Potencia Consumida (W) | Corriente (A) a 220/240V | | | Longitud del tubo (CM) |
| | | | FP no corregido | FP corregido | Balastro Electrónico | |
| 1 tubo con arrancador | 18 | 27 | 0.37 | 0.19 | | 60 |
| | 36 | 45 | 0.43 | 0.24 | | 120 |
| | 58 | 69 | 0.67 | 0.37 | | 150 |
| 1 tubo con Balastro de alta Frecuencia FP=0.96 | 32 | 36 | | | 0.16 | 120 |
| | 50 | 56 | | | 0.25 | 150 |
| 2 tubos iguales con balastro de alta frecuencia FP=0.96 | 2X32 | 72 | | | 0.33 | 120 |
| | 2X50 | 112 | | | 0.50 | 120 |

3.2. Simbología eléctrica.









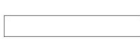
Los símbolos son un lenguaje escrito, asociado a una materia o disciplina aprobados y aceptados por convención, éstos nos ayudan a leer y comprender planos o diagramas fácilmente. Los símbolos más comunes en México y los símbolos internacionales no deben utilizarse de manera combinada.

Existe una gran diversidad de los llamados símbolos eléctricos convencionales, que son utilizados para una fácil interpretación y elaboración de diagramas y planos.









| Símbolos para Acometida Eléctrica | | |
|---|-------------------------------------|---|
| Símbolo | Nombre | Descripción |
|  | Acometida suministradora de energía | Lugar donde se juntan los conductores de la red de distribución a los conductores de toda la instalación eléctrica |
|  | Medidor | Dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica |
|  | Interruptor Principal | Dispositivo alojado en una caja de metal en donde un juego de cuchillas conecta y desconecta el circuito, en el interior de este se encuentran las bases que alojarán los fusibles |
|  | Interruptor tipo navaja (1 Polo) | Dispositivo que conecta y desconecta dos piezas de metal que se conectan a los conductores del circuito, se utiliza para circuitos de línea viva monofásica |
|  | Interruptor tipo navaja (2 Polos) | Dispositivo que conecta y desconecta dos piezas de metal que se conectan a los conductores del circuito, se utiliza para circuitos de línea viva bifásica |
|  | Interruptor tipo navaja (3 Polos) | Dispositivo que conecta y desconecta dos piezas de metal que se conectan a los conductores del circuito, se utiliza para circuitos de línea viva trifásica |
|  | Interruptor termomagnético | Esta constituido por dos tipos de protección, una de ellas es sensible al calor producida por efecto joule y la otra de ellas detecta el valor eficaz de la corriente produciendo un campo magnético que desconecta el circuito |
|  | Fusible | Elemento de protección que está contruido de un material de bajo valor resistivo que se funde al paso de una corriente elevada |
|  | Tablero de fuerza | Gabinete metálico que aloja uno o varios interruptores termomagnéticos, es donde la línea de fuerza se distribuye en los distintos circuitos |
|  | Tablero General | Gabinete en donde se alojan los interruptores que controlan el flujo de energía de toda la casa |

| Símbolos para Apagadores | | |
|---|---|--|
| Símbolo | Nombre | Descripción |
|  | Apagador sencillo | Interruptor pequeño de operación sencilla y operación manual usado para controlar aparatos pequeños comerciales, así como unidades de alumbrado pequeños |
|  | Apagador sencillo de puerta (a presión) | Interruptor pequeño de operación sencilla y operación manual usado para controlar lámparas al abrir y cerrar una puerta, por ejemplo refrigeradores |
|  | Apagador sencillo de cadena | Interruptor pequeño de operación sencilla y operación manual usado para controlar aparatos pequeños dentro de closets o cuartos pequeños |
|  | Apagador de tres vías | Interruptor pequeño de operación sencilla y operación manual usado para controlar lámparas desde puntos distintos, por ejemplo en los extremos de un pasillo o escaleras |
|  | Apagador de cuatro vías | Interruptor pequeño de operación sencilla y operación manual usado para controlar lámparas desde tres puntos distintos |
|  | Botón de timbre | Interruptor pequeño de operación sencilla y operación manual usado para controlar timbres o zumbadores |

Simbolos para Luminarios

| Simbolo | Nombre | Descripcion |
|--|------------------------------------|---|
|  | Salida de centro incandescente | Lampara de tipo incandescente ubicada en el techo |
|  | Salida de spot | Lampara de tipo incandescente o con reflector, generalmente se utiliza para iluminar directamente un objeto |
|  | Salida incandescente de vigilancia | Lampara incandescente ubicada en el techo, se enciende por la accion de un sensor |
|  | Salida incandescente de pasillo | Lampara de tipo incandescente colocada en el techo de pasillos |
|  | Arbotante incandescente interior | Lampara de tipo incandescente ubicada sobre un muro interior |
|  | Arbotante incandescente exterior | Lampara de tipo incandescente ubicada sobre un muro exterior |
|  | Arbotante fluorescente interior | Lampara de tipo fluorescente ubicada sobre un muro interior |
|  | Arbotante incandescente exterior | Lampara de tipo fluorescente ubicada en un muro exterior |
|  | Lampara fluorescente | Lampara de tubo generalmente blanca, se utiliza para espacios de servicio |

Simbolos para Contactos

| Simbolo | Nombre | Descripcion |
|---|---|---|
|  | Contacto sencillo en muro | Se utiliza para conectar por medio de clavija dispositivos de tipo domestico |
|  | Contacto sencillo controlado por apagador | Se utiliza para conectar por medio de clavija dispositivos de tipo domestico y su alimentacion se controla por medio de un apagador |
|  | Contacto sencillo por piso | Salida para enchufar dispositivos domesticos. La salida se ubica en el piso de la habitacion |
|  | Contacto multiple en muro | Salida con un juego de doble enchufe para conectar dos dispositivos por medio de clavija |
|  | Contacto sencillo interperie | Se utiliza para enchufar dispositivos domesticos por medio de clavija en el exterior |
|  | Salida especial (se especifican las caracteristicas de la carga que se va a conectar) | Salida diferente a la mayoría de las colocadas en la instalacion, por ejemplo, aireacondicionado, o controlado por apagador |
|  | Contacto trifasico en muro | Salida para enchufar por medio de clavija cargas de tipo trifasicas |
|  | Contacto trifasico por piso | salida para conectar cargas de tipo trifasicas, esta se instala en el piso de la habitacion |

3.3. Redes de distribución primaria y secundaria.

El Sistema Eléctrico de una empresa está generalmente dividido en tres segmentos, que en ocasiones se pueden manejar como empresas independientes, y que son: Generación, Transmisión y Distribución, ocasionalmente se incorpora un cuarto concepto que es Subtransmisión, que se podría considerar como un subgrupo de la transmisión, debido a que los niveles de voltaje se traslapan y las prácticas de operación y protección son muy similares.

Los sistemas de distribución se pueden dividir en tres componentes principales:

- Subestaciones de distribución.
- Distribución primaria.
- Distribución secundaria.

La parte del sistema de distribución que está entre la subestación de distribución y los transformadores de distribución, se conoce *como el sistema primario* o alimentadores de distribución primarios.

En la siguiente figura, se expone el diagrama unifilar de un sistema típico de distribución, donde se muestra la subestación de distribución, el alimentador primario con los elementos de seccionalización y protección, también los ramales secundarios; el primario es por lo general trifásico a 4 hilos, en tanto que los ramales pueden ser monofásicos o trifásicos tomados como derivación del principal.

Un alimentador se secciona usando elementos de recierre en varios puntos, de manera que cuando ocurran fallas se minimice su efecto, también se observa el uso de fusibles como dispositivos de protección

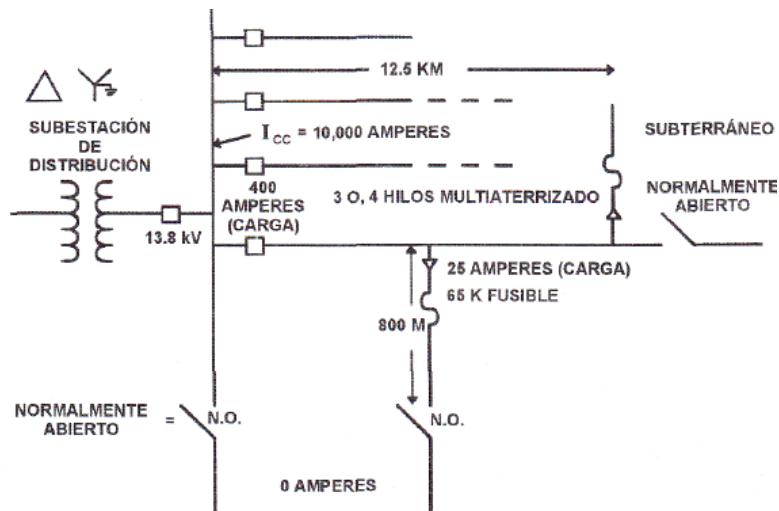


Figura 3.1

El sistema de distribución, que es el área principal de interés en esta parte, se puede decir que aún cuando en un diagrama unifilar aparece en forma muy simplificada, un sistema de distribución consiste de una variedad mucho más amplia de niveles de tensión, componentes, cargas e interconexiones, mayor que los de los sistemas de generación o transmisión.

Los niveles de voltaje para el alimentador primario representan el factor más importante que afecta el diseño del sistema, su costo y la operación. Algunos de los aspectos de diseño y operación que son afectados por el nivel de voltaje del alimentador primario son:

1. La longitud del alimentador primario.
2. La carga en el alimentador primario.
3. El número de subestaciones de distribución.
4. La capacidad de las subestaciones de distribución.
5. El número de líneas de subtransmisión.
6. El número de clientes afectados por una interrupción específica.
7. Las prácticas de mantenimiento del sistema.
8. El tipo y uso de postes para distribución aérea.
9. La apariencia de los postes de la línea.

3.4. Diagrama multifilar y unifilar.

Son dos tipos de representaciones que se utilizan. En la representación Unifilar, dos o mas conductores se representan por un único lazo y los elementos se representan por un único símbolo; en el caso de la representación multifilar se representan todos los conductores existentes con tantos trazos sean necesarios

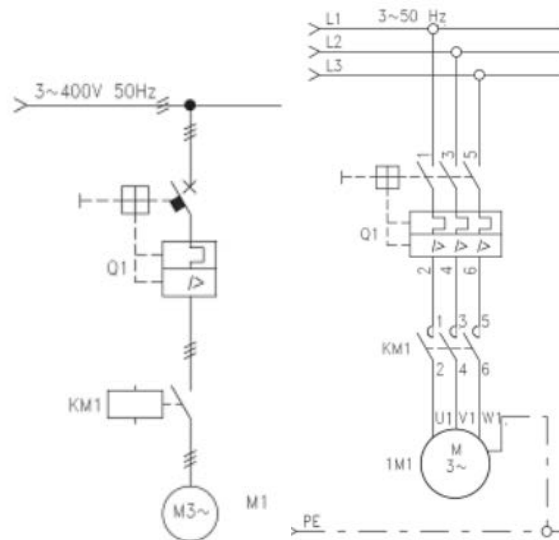


Diagrama Unifilar

Diagrama Multifilar

Figuras 3.2 y 3.3

3.5. Utilización de normas.

La Norma es un documento que contiene las especificaciones para garantizar la calidad y el funcionamiento de un producto, también presenta las medidas de seguridad para instalarlo y protegerlo, y evitar daños tanto al producto como a la persona que lo coloca o usa. Hay que recordar que la norma no es un manual de diseño, ni debe ser utilizado por personas no calificadas. Para hacer uso apropiado de las especificaciones de la norma, es necesario recibir capacitación y tener experiencia suficiente en el manejo de las instalaciones eléctricas.

En México existen Las Normas Oficiales Mexicanas, (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX) que regulan la calidad de los productos fabricados en el país y los extranjeros comercializados en territorio mexicano.

La **NOM-001-SEDE-2012 – Instalaciones Eléctricas – Utilización** es la norma que rige las instalaciones eléctricas en el país, desde una casa habitación hasta una empresa. Entre otras cosas, indica desde cuántos cables deben colocarse en un poliducto, hasta cómo debe colocarse un transformador. La Norma es revisada cada cinco años con la finalidad de actualizarla.

Conocer la Norma es responsabilidad de quien trabaja con instalaciones eléctricas, para realizar una instalación eléctrica segura y funcional, utilizando productos cuyas especificaciones del Fabricante cumplen o sobrepasan lo indicado en la Norma.

Un producto eléctrico que cumple con una Norma es identificado con una etiqueta o Leyenda con las letras “NOM” o “NMX”.

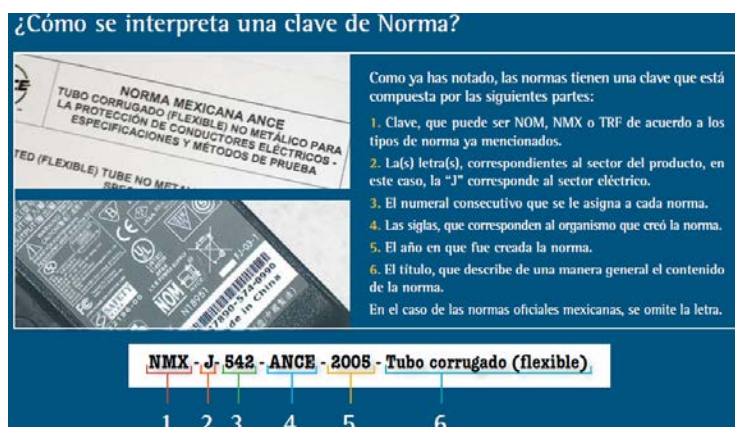


Imagen 3.1

Una **Norma** es un documento que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

Los tres tipos principales de normas en México son:

-Normas Oficiales Mexicanas (NOM): Su cumplimiento es de carácter obligatorio y son emitidas por las dependencias federales competentes.

-Normas de Referencia (NRF): Son emitidas por entidades de la administración pública, destinadas a los bienes o servicios que se, se omite la letra adquieren, arriendan o

contratan, cuando las normas mexicanas o internacionales no cubren los requisitos o sus especificaciones resultan obsoletas o inaplicables.

Cuando un producto cumple con una norma, ostenta un sello que hace referencia a dicho cumplimiento, como se aprecia en la fotografía del convertidor de energía (imagen 3.1), lo cual garantiza su funcionalidad y desempeño.

La estructura de esta norma oficial mexicana (NOM) responde a las necesidades técnicas en la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional, se cuida el uso de vocablos y se respetan los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos.

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer 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:

- Los choques eléctricos
- Los efectos térmicos
- Sobrecorrientes
- Las corrientes de falla
- Sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; así mismo, esta norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

3.6. Criterios para la estimación de la carga de una instalación eléctrica.

La carga se refiere al uso instantáneo de la potencia eléctrica que es demandada por una carga y se define en forma empírica por la potencia activa, reactiva y aparente, o bien una combinación de estas cantidades. Dependiendo del tamaño de las cargas, la potencia activa se puede expresar en KW o MW, o bien en KVA o MVA.

La cantidad de potencia consumida por una carga durante un lapso de tiempo específico, se expresa habitualmente en KW-h o MW-h

DEFINICIONES

CARGA INSTALADA

Es la suma de las potencias nominales de los servicios conectados en una zona determinada, se expresa por lo general en KVA, KW, MVA o MW.

DENSIDAD DE CARGA

Es el cociente entre la carga instalada y el área de la zona del proyecto que se trate. Se expresa por lo general en KVA/Km² o KW/Km²

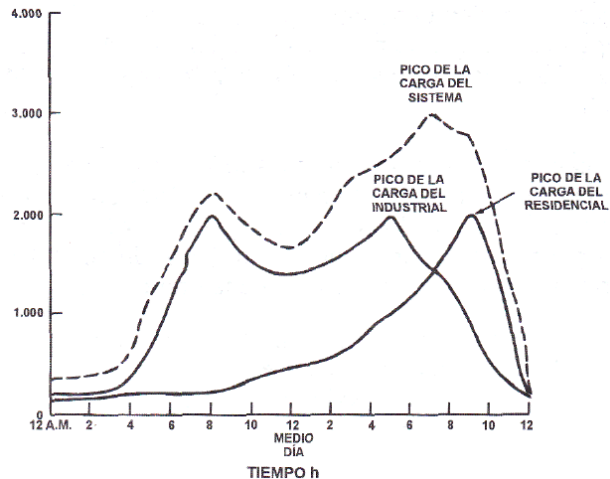
$$Dc = \frac{Ci(KVA)}{Area(Km^2)}$$

DEMANDA

La demanda en una instalación eléctrica es la carga en las terminales receptoras tomada como un valor medio en un lapso de tiempo determinado. El período durante el cual se toma el valor medio se denomina intervalo de la demanda. Se puede expresar en KW, KVA o amperes.

DEMANDA MÁXIMA

Se conoce como demanda máxima de una carga a la demanda instantánea mayor que se presenta en una carga en un período de tiempo establecido, por ejemplo, 24 horas.



FACTOR DE DEMANDA

El factor de demanda en un intervalo de tiempo (t) de una carga, es el cociente entre la demanda máxima y la carga total Instalada. El factor de demanda generalmente es menor que uno.

$$Fd = \frac{Dmax(t)}{Ci}$$

| Factor de demanda de algunos equipos | |
|--|------|
| Hornos de arco e inducción | 100% |
| Soldadoras de arco y resistencia | 60% |
| Motores para bombas, compresores, elevadores, maquinas-herramienta y ventiladores | 60% |
| Motores de operación semicontinua en fabricas y plantas de proceso | 70% |
| Motores para operaciones continuas | 80% |

FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización de un sistema eléctrico en un intervalo de tiempo (t) es el cociente entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema.

FACTOR DE CARGA

Se define el factor de carga como el cociente entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado y la demanda máxima observada en el mismo intervalo.

$$Fc = \frac{DM}{Dmax}$$

FACTOR DE DIVERSIDAD

Cuando se diseña un alimentador para un consumidor, se debe tomar siempre en cuenta la demanda máxima, debido a que ésta impondrá al cable condiciones más severas de carga y de caída de tensión; sin embargo, cuando se alimenta más de un consumidor por un mismo alimentador, se debe tomar en consideración el concepto de diversidad de cargas, ya que sus demandas no coinciden en el tiempo.

Esta diversidad entre las demandas máximas de un mismo grupo, se establece por medio del factor de diversidad, que se define como el cociente entre la sumatoria de las demandas máximas individuales y la demanda máxima del conjunto, es decir:

$$Fd \leq 1$$

El factor de diversidad se puede expresar como:

$$Fd = \frac{\sum_{i=1}^n Dm}{Dmax}$$

Este factor se puede aplicar a distintos niveles del sistema, es decir, entre consumidores conectados a un

mismo alimentador, o bien entre transformadores de un mismo alimentador o entre alimentadores provenientes de una misma fuente o subestación de distribución, o en todo caso, entre subestaciones eléctricas de un mismo sistema de distribución, por lo que resulta importante establecer el nivel en el que se quiere calcular o aplicar el factor de distribución (Fd).

| Algunos factores de diversidad y coincidencia usados en la planeación de sistemas de distribución | | |
|---|-------------|-------------|
| Equipo/Sistema | Fd | Fco |
| Entre transformadores | 1.2 - 1.35 | 0.74 - 0.83 |
| Entre alimentadores primarios | 1.08 - 1.2 | 0.83 - 0.92 |
| Entre S.E. de distribución | 1.05 - 1.25 | 0.8 - 0.95 |

Tabla 3.1

FACTOR DE COINCIDENCIA

Se define este factor como el recíproco del Factor de diversidad:

$$F\infty = \frac{1}{Fd}$$

FACTOR DE PÉRDIDAS

Para los fines de evaluación del comportamiento de una red de distribución en la fase de planeación, se deben considerar dos factores importantes:

El factor de carga, que se ha definido como el cociente de la demanda promedio en KW o KVA entre la demanda pico, expresada en las mismas unidades. También debe existir una relación entre el factor de carga de un sistema y las pérdidas en el alimentador, o bien la red asociada. Estas pérdidas son más difíciles de calcular, debido a que son la suma de las pérdidas $R I^2$ obtenidas con la corriente pico, pero debido a que esta corriente o valor de corriente varía con el tiempo, se pueden obtener multiplicando las pérdidas en el pico por un factor conocido como "**Factor de Pérdida**", que se define como:

$$\text{Factor de pérdidas} = 0.15 \text{ Factor de carga} + 0.85 (\text{Factor de carga})^2$$

Factor de reserva.

Este factor debe ser estimado de acuerdo a las extensiones previstas de la instalación, no obstante en caso de no disponerse de información precisa, se recomienda considerar un 20% de reserva para ampliaciones futuras.

Por último debe tenerse presente que si bien la potencia aparente instalada, a menos de la aplicación de los factores correspondientes, es comúnmente asumida como la suma aritmética de la potencia aparente de cada carga individual. Esto en rigor no es válido porque todas las cargas no tienen el mismo factor de potencia, y por tanto no pueden sumarse sus módulos aritméticamente, para obtener el módulo de la potencia aparente resultante.

3.7. Tipos de cargas. Alumbrado, motriz, etc.

En la industria cerca de un 70% de la energía eléctrica consumida es debido a la operación de motores eléctricos. Se debe vigilar el trabajo eficiente de los motores eléctricos mediante recomendaciones de ahorro energético o la instalación de motores de alta eficiencia, unido a una buena instalación eléctrica con el cálculo correcto del calibre de los conductores alimentadores y mecánica, al uso de sistemas de control, y la optimización de la carga.

Carga de los Motores

El motor es una máquina rotatoria que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

Para realizar una estimación de suministro de energía eléctrica que un consume un motor es necesario conocer los siguientes datos que se encuentran en la placa del motor:

- Potencia del motor, en KW o en C. P. o en H.P.
- Tensión de suministro en volts.
- Número de fases, 3, 2, 1.
- Corriente a plena carga.
- Frecuencia, 87ertz.
- Diseño del motor B,C,D o E.
- Letra de código para rotor bloqueado.
- Velocidad máxima.
- Temperatura máxima de operación.

La corriente eléctrica de un motor se debe calcular de acuerdo a las siguientes tablas:

| Corriente eléctrica en Amperes de motores de corriente continua (tabla 430-247) | | | | |
|---|-----|---------------------------------------|------|------|
| KW | CP | Tensión Eléctrica nominal de armadura | | |
| | | 120V | 240V | 500V |
| 0.19 | ¼ | 3.1 | 1.6 | |
| 0.25 | 1/3 | 0.1 | 2 | |
| 0.37 | ½ | 5.4 | 2.7 | |
| 0.56 | ¾ | 7.6 | 3.8 | |
| 0.75 | 1 | 9.5 | 4.7 | |
| 1.12 | 1 ½ | 13.2 | 6.6 | |
| 1.5 | 2 | 17 | 8.5 | |
| 2.25 | 3 | 25 | 12.2 | |
| 3.75 | 5 | 40 | 20 | |

| | | | | |
|------|-----|-----|-----|------|
| 5.6 | 7 ½ | 58 | 29 | 13.6 |
| 7.5 | 10 | 76 | 38 | 18 |
| 11.2 | 15 | --- | 55 | 27 |
| 14.9 | 20 | --- | 72 | 34 |
| 18.7 | 25 | --- | 89 | 43 |
| 22.4 | 30 | --- | 106 | 51 |
| 29.8 | 40 | --- | 140 | 67 |
| 37.3 | 50 | --- | 173 | 83 |
| 44.8 | 60 | --- | 206 | 99 |
| 56 | 75 | --- | 255 | 123 |
| 75 | 100 | --- | 341 | 164 |
| 93 | 125 | --- | 425 | 205 |
| 120 | 150 | --- | 506 | 246 |
| 149 | 200 | --- | 675 | 330 |

Tabla 3.2

| Corriente eléctrica en Amperes de motores de corriente Alterna Monofásicos (Tabla 430-248) | | | | | |
|--|-------|---------------------------|------|------|------|
| KW | CP | Tensión Eléctrica nominal | | | |
| | | 115V | 127V | 208V | 230V |
| 0.12 | 1/6 | 4.4 | 4 | 2.4 | 2.2 |
| 0.19 | 1/4 | 5.8 | 5.3 | 3.2 | 2.9 |
| 0.25 | 1/3 | 7.2 | 6.5 | 4 | 3.6 |
| 0.37 | 1/2 | 9.8 | 8.9 | 5.4 | 4.9 |
| 0.56 | 3/4 | 13.8 | 11.5 | 7.6 | 6.9 |
| 0.75 | 1 | 16 | 14 | 8.8 | 8 |
| 1.12 | 1 1/2 | 20 | 18 | 11 | 10 |
| 1.5 | 2 | 24 | 22 | 13.2 | 12 |
| 2.25 | 3 | 34 | 31 | 18.7 | 17 |
| 3.75 | 5 | 56 | 51 | 30.8 | 28 |
| 5.6 | 7 1/2 | 80 | 72 | 44 | 40 |
| 7.5 | 10 | 100 | 91 | 55 | 50 |

Tabla 3.3

| Corriente eléctrica a plena carga de motores de C.A. (tabla 430 - 250) | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---|-------|-------|--------|
| Kw | CP | Motor de induccion, Jaula de ardilla y rotor devanado, en amperes (A) | | | | | | | Motor síncrono, con factor de potencia unitario, en amperes (A) | | | |
| | | 115 V | 200 V | 208 V | 230 V | 460 V | 575 V | 2300 V | 230 V | 460 V | 575 V | 2300 V |
| 0.37 | 1/2 | 4.4 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 1.1 | 0.9 | | | | | |
| 0.56 | 3/4 | 6.4 | 3.7 | 3.5 | 3.2 | 1.6 | 1.3 | | | | | |
| 0.75 | 1 | 8.4 | 4.8 | 4.6 | 4.2 | 2.1 | 1.7 | | | | | |
| 1.12 | 1 1/2 | 12 | 6.9 | 6.6 | 6 | 3 | 2.4 | | | | | |
| 1.5 | 2 | 13.6 | 7.8 | 7.5 | 6.8 | 3.4 | 2.7 | | | | | |
| 2.25 | 3 | | 11 | 10.6 | 9.6 | 4.8 | 3.9 | | | | | |
| 3.75 | 5 | | 17.5 | 16.7 | 15.2 | 7.6 | 6.1 | | | | | |
| 5.6 | 7 1/2 | | 25.3 | 24.2 | 22 | 11 | 9 | | | | | |
| 7.46 | 10 | | 32.2 | 30.8 | 28 | 14 | 11 | | | | | |
| 11.2 | 15 | | 48.3 | 46.2 | 42 | 21 | 17 | | | | | |
| 14.9 | 20 | | 62.1 | 59.4 | 54 | 27 | 22 | | 53 | 26 | 21 | |
| 18.7 | 25 | | 78.2 | 74.8 | 68 | 34 | 27 | | | | | |
| 22.4 | 30 | | 92 | 88 | 80 | 40 | 32 | | 63 | 32 | 26 | |
| 29.8 | 40 | | 120 | 114 | 104 | 52 | 41 | | 83 | 41 | 33 | |
| 37.3 | 50 | | 150 | 143 | 130 | 65 | 52 | | 104 | 52 | 42 | |
| 44.8 | 60 | | 177 | 169 | 154 | 77 | 62 | 16 | 123 | 61 | 49 | 12 |
| 56 | 75 | | 221 | 211 | 192 | 96 | 77 | 20 | 155 | 78 | 62 | 15 |
| 75 | 100 | | 285 | 273 | 248 | 124 | 99 | 26 | 202 | 101 | 81 | 20 |
| 93 | 125 | | 359 | 343 | 312 | 156 | 125 | 31 | 253 | 126 | 101 | 25 |
| 111.9 | 150 | | 414 | 396 | 360 | 180 | 144 | 37 | 302 | 151 | 121 | 30 |
| 149 | 200 | | 552 | 528 | 480 | 240 | 192 | 49 | 400 | 201 | 161 | 40 |
| 187 | 250 | | | | | 302 | 242 | 60 | | | | |
| 224 | 300 | | | | | 361 | 289 | 72 | | | | |
| 261 | 350 | | | | | 414 | 336 | 83 | | | | |
| 298 | 400 | | | | | 477 | 382 | 95 | | | | |
| 336 | 450 | | | | | 515 | 412 | 103 | | | | |
| 373 | 500 | | | | | 590 | 472 | 118 | | | | |

Tabla 3.4

Nota: La corriente en el conductor común de un sistema de dos fases de 3 hilos será de 1.41 veces el valor dado. Las tensiones relacionadas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts.

Carga de Iluminación

Dentro de los proyectos de instalaciones eléctricas, la iluminación es un factor importante a considerar ya que ésta puede influir en la calidad del trabajo y el desempeño de los trabajadores, ya sea en una nave industrial o en el quirófano de un hospital, así como en el estado de ánimo de las personas dentro de una casa; puede dar calidez o provocar ambientes fríos; esto sin contar su aplicación en lugares especializados como museos o galerías.

Para calcular la carga total de alumbrado se requiere de un análisis completo de iluminación de acuerdo a las especificaciones y los niveles de iluminación que se requieren en cada una de las zonas de trabajo, sin embargo, podemos estimar la carga mínima de alumbrado por m² de superficie de piso, esta debe ser mayor o igual a lo indicado en la tabla 220-12 de la NOM (tabla 3.5), para los edificios descritos en la misma. La carga mínima de alumbrado por cada metro cuadrado de superficie del piso, debe ser mayor o igual que la especificada 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.

| Tipo de inmueble | Carga Unitaria (VA/m²) |
|--------------------------------------|--|
| Almacenes militares y auditorios | 11 |
| Bancos | 39** |
| Bodegas | 3 |
| Casas de Huéspedes | 17 |
| Clubes | 22 |
| Edificios de Oficinas | 39** |
| Edificios Industriales y Comerciales | 22 |
| Escuelas | 33 |

| | |
|--|----|
| Estacionamientos Públicos | 6 |
| Hospitales | 22 |
| Hoteles y moteles | 22 |
| Iglesias | 11 |
| Juzgados | 22 |
| Peluquerías y Salones de Belleza | 33 |
| Restaurantes | 22 |
| Tiendas | 33 |
| Unidades de Vivienda | 33 |
| Lugares de Reunión y auditorios | 11 |
| Vestíbulo, pasillos y armarios | 6 |
| Lugares de almacenamiento | 3 |
| Nota: para la marca * refiérase a la tabla 220-14 de la NOM | |

Tabla 3.5

La superficie de cada piso de cada planta debe calcularse a partir de las dimensiones exteriores del edificio.

También se debe considerar los factores de demanda que se deben de aplicar a la carga total de alumbrado general que se indican en la tabla 220-42 de la NOM (Tabla 3.6.)

| Tipo de Inmueble | Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA) | Factor de demanda (%) |
|--|--|------------------------------|
| Almacenes | Primeros 12500 o menos | 100 |
| | A partir de 12500 | 50 |
| Hospitales | Primeros 50000 o menos | 40 |
| | A partir de los 5000 | 20 |
| Hoteles y Moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina | Primeros 20000 o menos | 50 |
| | De 20001 a 100000 | 40 |
| | A partir de 100000 | 30 |
| Unidades de Vivienda | Primeros 3000 o menos | 100 |
| | de 3001 a 120000 | 35 |
| | A partir de 120000 | 25 |
| Todos los demás | Total de VA | 100 |

Tabla 3.6

Cargas de receptáculos en inmuebles que no son unidades de vivienda

Se permite adicionar a las cargas de alumbrado, cargas de receptáculos de no más de 180 VA por salida.

En la tabla 3.7 se muestran los factores de demanda para cargas de receptáculos.

| Parte de la carga de receptaculos a la carga que aplica el factor de demanda (VA) | Factor de demanda (%) |
|--|------------------------------|
| Primeros 10 KVA o menos | 100 |
| A partir de 10 KVA | 50 |

Tabla 3.7

Calefacción eléctrica fija

Las cargas de calefacción eléctrica fija deben de calcularse considerando el 100% de la carga total conectada.

Cargas no coincidentes

Quando se alimenten dos cargas, en las que no es probable que trabajen simultáneamente, se puede omitir la más pequeña de las dos en el cálculo de la carga total del alimentador.

Para otras cargas todas las construcciones

Para el cálculo en todo tipo de construcción la carga mínima de cada salida de uso general y receptáculos y salidas no utilizadas para alumbrado general, no debe ser menor a:

- Salida para aparato electrodoméstico: la corriente en amperes del aparato o carga conectada.
- Salida para motor.
- Salida para luminarios empotrados: capacidad en VA
- Salida para portalámparas de servicio pesado: mínimo 600 VA
- Rieles de alumbrado: por cada 60 cm de longitud o fracción del mismo, considerar 150 VA
- Alumbrado para anuncios y realce: mínimo 1200 VA
- Otras salidas: mínimo 180 VA por salida.

3.8. Calculo de la ampacidad de conductores

| Valores en Amperes (art. 310 tablas 16 17 18 19 de la NOM) | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|---|---------|--|---------|---|---------|--|---------|---|---------|---|---------|
| Seccion Nominal en mm ² | Calibre AWG o Kcmil | 60°C TIPO TW, TWD, CCE, TWD-UV | | 75°C TIPO TT, THW, THW-LS, THHW, THWN, RHW, XHHW | | 85°C TIPO ML | | 90°C TIPOS THHN, THWN, THWN-LS, THW-2, THW-LS, THWN-2, RHH, RHW-2, XHHW, XHHW-2, SIS | | 150°C TIPOS FEP, FEPB, SF | | 200°C TIPOS FEP, FEPB, SF | |
| | | En tubo Conduit o directamente enterrados | Al aire | En tubo Conduit o directamente enterrados | Al aire | En tubo Conduit o directamente enterrados | Al aire | En tubo Conduit o directamente enterrados | Al aire | En tubo Conduit o directamente enterrados | Al aire | En tubo Conduit o directamente enterrados | Al aire |
| 2.082 | 14 | 15 | 25 | 20 | 30 | 25 | 30 | 25 | 35 | 34 | 46 | 36 | 54 |
| 3.307 | 12 | 20 | 30 | 25 | 35 | 30 | 40 | 30 | 40 | 43 | 60 | 45 | 68 |
| 5.26 | 10 | 30 | 40 | 35 | 50 | 40 | 55 | 40 | 55 | 55 | 80 | 60 | 90 |
| 8.367 | 8 | 40 | 60 | 50 | 70 | 50 | 70 | 55 | 80 | 76 | 106 | 83 | 124 |
| 13.3 | 6 | 55 | 80 | 65 | 95 | 70 | 100 | 75 | 105 | 96 | 155 | 110 | 165 |
| 21.15 | 4 | 70 | 105 | 85 | 125 | 90 | 132 | 95 | 140 | 120 | 190 | 125 | 220 |
| 26.67 | 3 | 85 | 120 | 100 | 145 | 105 | 155 | 110 | 165 | 143 | 214 | 152 | 252 |
| 33.62 | 2 | 95 | 140 | 115 | 170 | 120 | 180 | 130 | 190 | 160 | 255 | 171 | 293 |
| 42.41 | 1 | 110 | 165 | 130 | 195 | 140 | 210 | 150 | 220 | 185 | 293 | 197 | 344 |
| 53.48 | 1/0 | 125 | 195 | 150 | 230 | 155 | 245 | 170 | 260 | 215 | 339 | 229 | 399 |
| 67.43 | 2/0 | 145 | 225 | 175 | 265 | 185 | 285 | 195 | 300 | 251 | 390 | 260 | 467 |
| 85.01 | 3/0 | 165 | 260 | 200 | 310 | 210 | 330 | 225 | 350 | 288 | 451 | 297 | 546 |
| 107.2 | 4/0 | 195 | 300 | 230 | 360 | 235 | 385 | 260 | 405 | 332 | 529 | 346 | 629 |
| 126.7 | 250 | 215 | 340 | 255 | 405 | 270 | 425 | 290 | 455 | -- | -- | -- | -- |
| 152 | 300 | 240 | 375 | 185 | 445 | 300 | 480 | 320 | 505 | -- | -- | -- | -- |
| 177.3 | 350 | 260 | 420 | 310 | 505 | 325 | 530 | 350 | 570 | -- | -- | -- | -- |
| 202.7 | 400 | 280 | 455 | 335 | 540 | 360 | 575 | 380 | 615 | -- | -- | -- | -- |
| 253.4 | 500 | 320 | 515 | 380 | 520 | 405 | 660 | 430 | 700 | -- | -- | -- | -- |
| 304 | 600 | 355 | 575 | 420 | 690 | 455 | 740 | 475 | 780 | -- | -- | -- | -- |
| 354.7 | 700 | 385 | 630 | 460 | 755 | 490 | 815 | 520 | 855 | -- | -- | -- | -- |
| 380 | 750 | 400 | 655 | 475 | 785 | 500 | 845 | 535 | 865 | -- | -- | -- | -- |
| 405.4 | 800 | 410 | 680 | 490 | 815 | 515 | 880 | 555 | 920 | -- | -- | -- | -- |
| 456 | 900 | 435 | 730 | 520 | 870 | 555 | 940 | 585 | 985 | -- | -- | -- | -- |
| 506.7 | 1000 | 455 | 780 | 545 | 935 | 585 | 1000 | 615 | 1055 | -- | -- | -- | -- |

Tabla 3.8

Los conductores de un circuito derivado o un circuito alimentador primeramente se calculan por su capacidad de conducción de corriente, involucrando:

- La corriente que demanda la carga
- La temperatura del lugar donde se instalaran los conductores
- El tipo de canalización o si se encuentran instalados en un soporte para cables tipo charola, cable o al aire libre.

Aplicación del factor de ajuste por agrupamiento.

Si los conductores se encuentran instalados en tubería (conduit) o cable y no mas de tres conductores portadores de corriente el factor de agrupamiento es: 1

Si los conductores se encuentran instalados en tubería (conduit) o cable y son mas de tres conductores portadores de corriente el factor de agrupamiento es:

El factor de ajuste se deberá aplicar de acuerdo a la tabla 3.9.

| Numero de Conductores | Por ciento del valor indicado en la tabla |
|------------------------------|--|
| 4 a 6 | 80 |
| 7 a 9 | 70 |
| 10 a 20 | 50 |
| 21 a 30 | 45 |
| 31 a 40 | 40 |
| 41 y mas | 35 |

Tabla 3.9

Aplicación del ajuste por temperatura

Se debe contemplar la temperatura máxima del lugar en el cual el conductor se va a instalara. Conociendo la temperatura ambiente del lugar se consultaran las siguientes tablas:

- Con corriente de carga de 0-100, se utiliza la columna de 60°C
- Con corriente de 101 o mayor, se utiliza la columna de 75°C
- Cuando en un grupo de conductores existen varias temperaturas de operación, la temperatura límite de ellas estará determinada por la menor de ellas
- Si la temperatura ambiente es diferente a la considerada para el cálculo de la tabla (30°C y/o 40°C), las capacidades de corriente deberán afectarse por los factores de corrección por temperatura indicados en la tabla 3.10.

| Temperatura Ambiente en °C | Para temperaturas ambiente distintas a 30°C (en cables con to hasta 90°C) y de 40°C (en cables con To de 150 y 200°C). Multiplicar la capacidad de conducción de corriente dada por la tabla anterior por el correspondiente factor de corrección. (Tablas 310:16,17,18,19) | | | | | |
|----------------------------|---|------|------|------|-------|-------|
| | 60°C | 75°C | 85°C | 90°C | 150°C | 200°C |
| 21-25 | 1.08 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | --- | --- |
| 26-30 | 1 | 1 | 1 | 1 | --- | --- |
| 31-35 | 0.91 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | --- | --- |
| 36-40 | 0.82 | 0.88 | 0.89 | 0.91 | 1 | 1 |
| 41-45 | 0.71 | 0.82 | 0.85 | 0.87 | 0.95 | 0.97 |
| 46-50 | 0.58 | 0.75 | 0.8 | 0.82 | 0.95 | 0.97 |
| 51-55 | 0.41 | 0.67 | 0.71 | 0.76 | 0.9 | 0.94 |
| 56-60 | --- | 0.58 | 0.64 | 0.71 | 0.9 | 0.94 |
| 61-70 | --- | 0.33 | 0.45 | 0.58 | 0.85 | 0.9 |
| 71-80 | --- | --- | 0.3 | 0.41 | 0.8 | 0.87 |
| 81-90 | --- | --- | --- | --- | 0.74 | 0.83 |
| 91-100 | --- | --- | --- | --- | 0.67 | 0.79 |
| 101-120 | --- | --- | --- | --- | 0.52 | 0.71 |
| 121-140 | --- | --- | --- | --- | 0.3 | 0.61 |
| 141-160 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.5 |
| 161-180 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.35 |
| 181-200 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

Tabla 3.10

Cálculo de conductores por caída de tensión

En el cálculo de conductores por caída de tensión viene involucrada la longitud del circuito eléctrico y el tipo de circuito alimentador o circuito derivado.

Al seleccionar los conductores eléctricos debe tenerse cuidado de asegurar la sección transversal del conductor de que sea lo suficientemente grande para evitar una caída de tensión excesiva.

Para aplicar este criterio debemos de saber la corriente de línea en un conductor para los diferentes sistemas de distribución, se puede determinar partiendo de las siguientes formulas.

$$\text{Una fase (2 hilos)} \quad I = \frac{W}{2 E_n \cos \phi}$$

$$\text{Dos fases (3 hilos)} \quad I = \frac{W}{2 E_n \cos \phi} \quad (\text{hilo exterior})$$

$$\text{Dos fases (3 hilos)} \quad I = \frac{W}{\sqrt{2} E_n \cos \phi} \quad (\text{hilo Comun})$$

$$\text{Tres fases (3 hilos)} \quad I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \phi}$$

$$\text{Tres fases (4 hilos)} \quad I = \frac{W}{3 E_n \cos \phi} = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \phi}$$

El cálculo de la sección transversal del conductor la podemos conocer aplicando las siguientes formulas de acuerdo al tipo de circuito de distribución requerido:

$$\text{Una fase (dos hilos)} \quad S = \frac{4 L I}{E_n e \%}$$

$$\text{Dos fases (tres hilos)} \quad S = \frac{2 L I}{E_n e \%}$$

$$\text{Tres fases (cuatro hilos)} \quad S = \frac{2\sqrt{3} L I}{E_f e \%} = \frac{2 L I}{E_n e \%}$$

donde:

I = corriente en el conductor

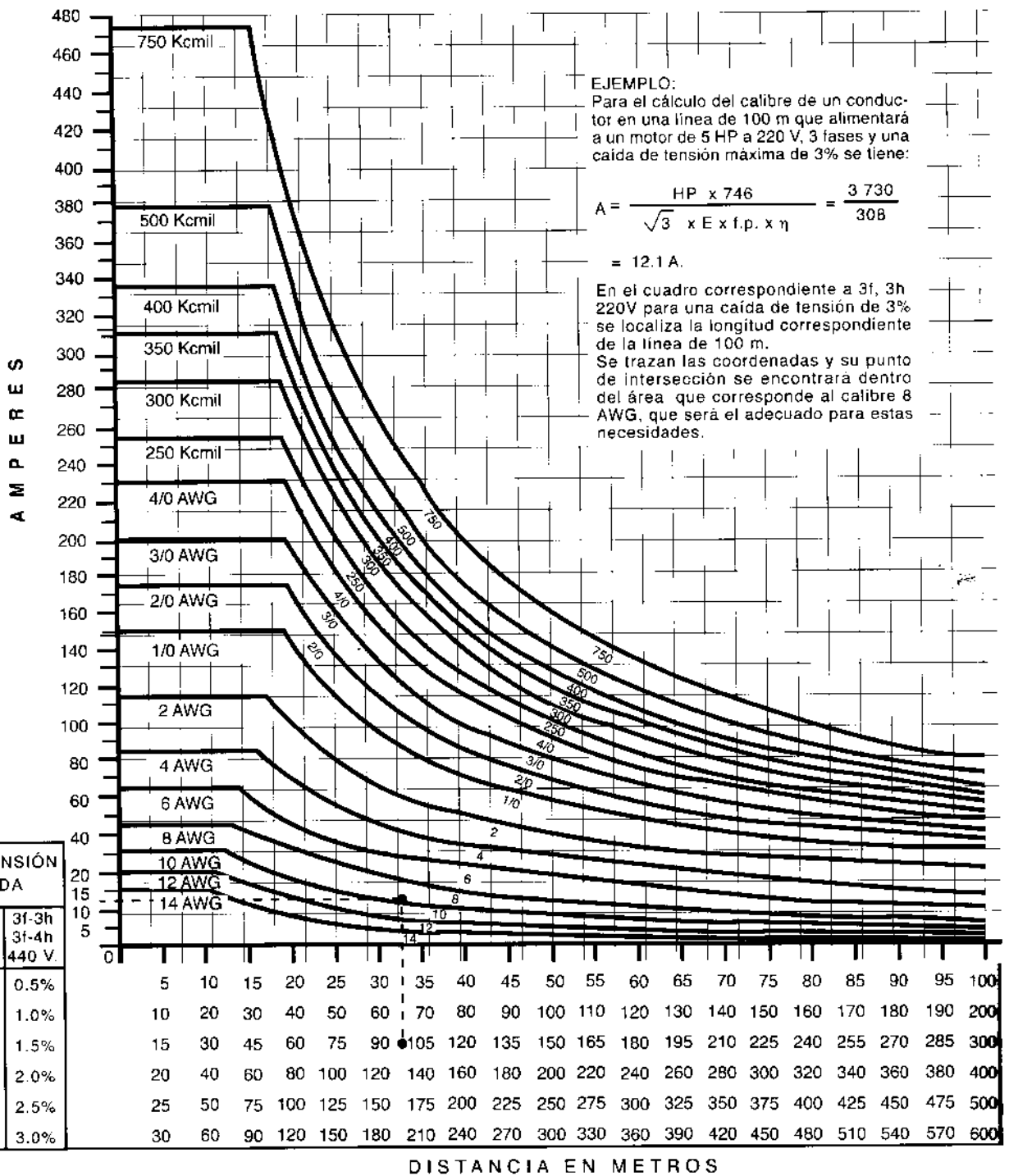
E_f = tensión entre fases

E_n = tensión entre fase y neutro

e% = caída de tensión expresada en porcentaje

S = sección del conductor en (mm²)

L = longitud del circuito en metros



NOTAS:

- 1.- El factor de potencia considerado en el cálculo de la gráfica es de 0.8
- 2.- Los valores de capacidad de conducción de corriente están tomados de la tabla 310-16 de la Norma NOM-001-SI para cables de tres conductores o tres conductores activos en una canalización, tipos THW, THHW, THWN y RHW a una temperatura ambiente de 30°C.
- 3.- Los valores de resistencia se tomaron a 75°C y los de la reactancia, se determinaron de la tabla 1.2, página 98 de Industrial Power Handbook de Donald Beeman, para tres cables de 600 volts en tubo (conduit) metálico.

Grafica 3.1

Calculo de conductores por corto circuito

Si la selección la sección transversal del conductor no es la adecuada para soportar las condiciones de cortocircuito, el intenso calor generado en tan poco tiempo produce un daño severo en el aislamiento, por lo que es necesario conocer el tiempo en que transcurre la falla antes de que las protecciones operen para liberar la falla.

Para determinar la corriente permisible en el conductor, se debe considerar:

- El cortocircuito balanceado.
- El cortocircuito balanceado, calculando la corriente de falla de secuencia cero.

La siguiente ecuación permite verificar la sección transversal del conductor, una vez que se conozca la corriente de falla en amperes y la duración de la misma

$$\left(\frac{l}{S}\right)^2 t = K \log\left(T_2 + \frac{T}{T_1} + T\right)$$

I = Corriente máxima de cortocircuito permitida, amperes

K = Constante del material del conductor

S = Sección transversal del conductor, circular mils

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en segundos

T = Temperatura en °C (bajo cero) en la cual el material del que se trate tiene una resistencia eléctrica teóricamente nula

T1= temperatura inicial del conductor *C

T2= temperatura final del conductor °C

Es importante hacer notar que la corriente de cortocircuito que debe considerarse es la máxima corriente de cortocircuito que circulará por el conductor, por lo que se requiere realizar un análisis adecuado.

3.9. Alimentadores.

Los conductores de los circuitos alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas.

La capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito alimentador no debe ser menor a 30A, cuando alimente a:

- dos o más circuitos derivados de dos conductores conectados a un alimentador de dos conductores,
- más de dos circuitos derivados de dos conductores, conectados a un alimentador de tres conductores,
- dos o más circuitos derivados de tres conductores conectados a un alimentador de tres conductores, y
- dos o más circuitos derivados de cuatro conductores conectados a un alimentador de tres fases, cuatro conductores.

Alimentadores con neutro común

Se permite que solamente se use un neutro común cuando se tengan circuitos alimentadores de 2 ó 3 conductores o en circuitos alimentadores de dos grupos de 4 ó 5 conductores.

Si un circuito derivado alimenta a cargas continuas en combinación con cargas no continuas, el tamaño mínimo del conductor debe ser:

$$1 \text{ alim} = \text{ó} > 1,25 (1 \text{ carga continua}) + 1 \text{ carga no continua}$$

La capacidad del circuito derivado no debe ser menor a:

$$1 \text{ derivado} = 1,25 (1 \text{ carga continua}) + 1 \text{ carga no continua}$$

La capacidad de conducción de corriente y tamaño nominal mínimo de los conductores, para los alimentadores que suministran energía a las cargas de los circuitos derivados, calculadas la según la norma nos indica cuales son los parámetros que debemos de considerar al seleccionar el conductor, la protección, la canalización o ducto y la forma correcta de instalar la puesta a tierra.

Capacidad nominal y tamaño mínimos del conductor alimentador.

Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la necesaria para suministrar energía a las cargas calculadas

El tamaño nominal mínimo del conductor debe ser el especificado en los siguientes incisos (a) y (b) en las condiciones estipuladas y calcular el tamaño nominal de los conductores de acuerdo a la tabla 3.11.

a) Para circuitos especificados. La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a 30 A, cuando la carga alimentada consista en alguno de los siguientes tipos de circuitos:

(1) dos o más circuitos derivados de dos conductores conectados a un alimentador de dos conductores,

(2) más de dos circuitos derivados de dos conductores, conectados a un alimentador de tres conductores,

(3) dos o más circuitos derivados de tres conductores conectados a un alimentador de tres conductores, y

(4) dos o más circuitos derivados de cuatro conductores conectados a un alimentador de tres fases, cuatro conductores.

b) Capacidad de conducción de corriente de los conductores de entrada de la acometida. La capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador no debe ser inferior a la de los conductores de entrada de acometida cuando los conductores del alimentador transporten el total de la carga alimentada por los conductores entrada de acometida con una capacidad de conducción de corriente de 55 A o menos.

Debemos de considerar que los conductores de alimentadores, con un tamaño nominal que evite una caída de tensión eléctrica superior al 3% en la toma de corriente eléctrica más lejana para fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas, y en los que la caída máxima de tensión eléctrica sumada de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no supere 5%, ofrecen una eficacia de funcionamiento razonable.

| Capacidad de conducción de corriente de la acometida o del alimentador (A) | Tamaños o designación AWG o kcmil | |
|--|-----------------------------------|------------|
| | Cobre | Aluminio |
| 10 | 21.2 (4) | 33.6(2) |
| 110 | 26.7 (3) | 42.4 (1) |
| 125 | 33.6(2) | 53.5 (1/0) |
| 150 | 42.4 (1) | 67.4 (2/0) |
| 175 | 53.5 (1/0) | 85.0 (3/0) |
| 200 | 67.4 (2/0) | 107 (4/0) |
| 225 | 85.0 (3/0) | 127 (250) |
| 250 | 107 (4/0) | 152 (300) |
| 300 | 127 (250) | 177 (350) |
| 350 | 177 (350) | 253 (500) |
| 400 | 203 (400) | 304 (600) |

Tabla 3.11

Protección contra sobrecorriente. Los alimentadores deben estar protegidos contra sobrecorriente y debe abarcar elementos de protección adecuados para asegurar la instalación y al usuario.

Alimentadores con neutro común. Se permite utilizar un neutro común en los alimentadores de dos o tres conductores o en alimentadores de dos grupos de cuatro conductores o cinco conductores.

Canalizaciones o envolventes metálicas. Cuando estén instalados en una canalización u otra envolvente metálica, todos los conductores del total de alimentadores con un neutro común deben estar encerrados en la misma canalización o envolvente debido a Corrientes eléctricas inducidas

Agrupamiento de conductores. Cuando se instalen conductores que lleven c.a. en canalizaciones o en envolventes metálicas, dichos conductores deben disponerse de tal manera que no se produzca calentamiento por inducción en los metales que lo rodean. Para minimizar este efecto, todos los conductores de fase, el conductor puesto a tierra y los conductores de puesta a tierra del equipo, cuando se usen, deben ir juntos en la misma canalización.

Diagrama unifilar de alimentadores. Antes de la instalación de los circuitos alimentadores debe elaborarse un diagrama unifilar que muestre los detalles de dichos circuitos. Este diagrama unifilar debe mostrar la superficie en metros cuadrados del edificio u otra estructura alimentada por cada alimentador; la carga total conectada antes de aplicar los factores de demanda; los factores de demanda aplicados; la carga calculada después de aplicar los factores de demanda; el tipo, tamaño nominal y longitud de los conductores utilizados y la caída de tensión de cada circuito derivado y circuito alimentador.

3.10. Ductos y tuberías.

En toda instalación eléctrica debemos tomar en consideración la canalización por donde los conductores que suministren de energía eléctrica a los receptores serán alojados y sobretodo resguardarlos de daños físicos debido al entorno en donde estén instalados, esta deberá ir desde el tablero hasta la carga en donde finalmente se utilizara o bien hacia los circuitos derivados de la instalación. La instalación de las canalizaciones ya sea tubería, poliducto, ducto o charola, deberá ser colocada de acuerdo a lo especificado en la Norma.

Cálculo de tubo (conduit)

Para calcular el diámetro de la tubería (conduit) a utilizar, se deberá de conocer el tamaño de los conductores que se instalarán dentro de la tubería.

Para calcular el por ciento de ocupación de los conductores en una tubería (conduit) se debe tomar en cuenta todos los conductores de fase y el neutro cuando se utilicen y los conductores de puesta a tierra, tanto si están con o sin aislamiento.

| Factores de relleno en tubo conduit | | | |
|--|------------|------------|-------------------------------|
| Numero de conductores | Uno | Dos | Mas de dos conductores |
| Todos los tipos de conductores | 53 | 31 | 40 |

Tabla 3.12

La ocupación máxima permitida de un tubo (conduit) se muestra en la tabla 1 de la NOM, la cual aplica a instalaciones completas de tubo (conduit) y no a conductos que se emplean para proteger a los cables expuestos a daño físico.

En las tablas de la norma vigente la designación del tubo se indica en el equivalente en el Sistema Internacional de unidades de medida correspondiente. De forma que el lector se familiarice con la designación internacional, los valores que se encuentran dentro del paréntesis corresponden a la designación en pulgadas.

| Dimensiones de tubo conduit metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores | | | | | |
|---|-------------------------------|---|--|-------------------------------|--------------------------------------|
| Designación | Diámetro interior (mm) | Área interior Total (mm²) | Área disponible para conductores (mm²) | | |
| | | | Un conductor fr=53% | Dos conductores fr=31% | Mas 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 |

Tabla 3.13

Poliducto

Es un ducto plástico redondo fabricado a base de polietileno de baja densidad. Es utilizado para procesos de cableado eléctrico generalmente en casas de habitación, sin

embargo puede encontrarse en la industria en el tendido de cables enterrados o para alumbrado público debido a su alta resistencia a la humedad.

Por su excelente resistencia a la humedad también se emplea directamente enterrado como protección y enrutamiento para el cableado de sistemas de alumbrado público.

Como podemos ver, las dimensiones interiores son las mismas que en la tubería conduit y por lo tanto obtendremos la misma área interior.

Medidas

| Poliducto | Diámetro Interior (milímetros) | Peso (kg/rollo) |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| poliducto bicapa 1/2" reforzado | 13 | 9 |
| poliducto bicapa 3/4" | 19 | 13 |
| poliducto bicapa 1" | 25 | 20 |
| poliducto bicapa 1 1/4" | 32 | 29 |
| poliducto bicapa 1 1/2" | 38 | 42 |

La nomenclatura utilizada actualmente es:

- **PD:** Poliducto.
- **R:** Reforzado.
- **13:** Diámetro nominal en milímetros.
- **C40:** Cédula 40.
- **C80:** Cédula 80

Cálculo de ducto metálico y no metálico

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

- Los ductos no deben contener más de 30 conductores de fase en ninguna parte.
- Los conductores de fase de los circuitos de señalización o los conductores del circuito de control del motor y su controlador que se utilizan para el arranque del motor, no se consideran conductores de fase.

- En el ducto solamente se debe utilizar al 20% del área de la sección transversal interior.
- A los 30 conductores de fase que ocupen el 20% del área de la sección transversal interior del ducto, no se deben aplicar los factores de ajuste para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V.

| Dimensiones del ducto | Área total (mm²) | Área de ocupación máxima (mm²) |
|------------------------------|------------------------------------|--|
| 65 mm x 65 mm | 4225 | 845 |
| 150 mm x 150 mm | 22500 | 4500 |
| 100 mm x 100 mm | 10000 | 2000 |

Tabla 3.14



Imagen 3.2

Si se aplican los factores de ajuste de la sección para la capacidad de conducción de corriente de 0 a 2000 V, no debe limitarse el número de conductores de fase, pero la suma del área de la sección transversal de todos los conductores contenidos en el ducto no debe exceder del 20% del área de la sección transversal interior. Las dimensiones de los ductos cuadrados comerciales son de 6,5 x 6,5 cm, 10 x 10 cm, 15x15 cm

Cálculo de soportes para cables tipo charola

El sistema de soporte tipo charola para cables, es una unidad o conjunto de unidades o secciones y accesorios, que forman un sistema estructural rígido utilizado para soportar cables y canalizaciones.

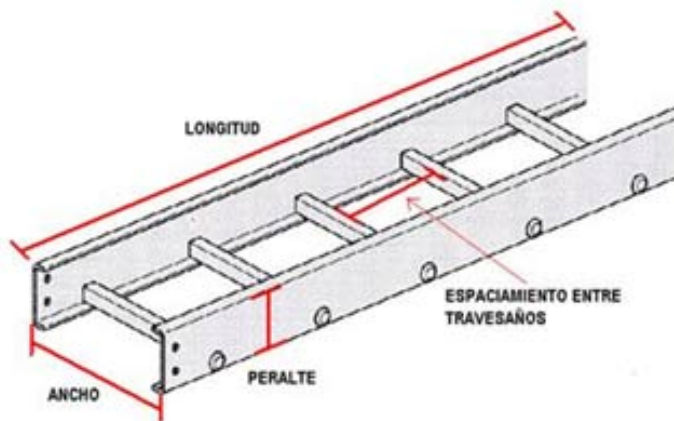


Figura 3.7

Cabe aclarar que el soporte para cables tipo charola no es una canalización, sino solamente un soporte para cables o canalizaciones.

Se describirá donde se pueden utilizar, su aplicación no solamente se limita a instalaciones industriales, se pueden instalar cables monoconductores así como cables multiconductores.

Si se instalan cables monoconductores deben cumplir con lo siguiente:

Deben ser cables monoconductores tipos THW-LS, THHW-LS, XHHW-LS, cables sin contenido de halógenos, para interiores o exteriores donde se requiera mayor protección contra la propagación de incendio y de baja emisión de humos. Cuando no se requieran las características anteriores pueden usarse conductores con aislamiento tipo THHN y THWN.

Los conductores o cables para uso en soportes tipo charola deben ser aprobados para ese uso e identificados con el marcado CT.

Los conductores o cables que quedan expuestos a los rayos del sol deben ser aprobados como resistentes a los rayos solares e identificados con el marcado SR.

Cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento sean atendidas por personas calificadas, el tamaño del conductor de fase o conductor puesto a tierra mínimo para instalarse en soportes para cables tipo charola es el 21,2 mm² (4 AWG).

El conductor de puesta a tierra mínimo para instalarse en un soporte para cables tipo charola es el 21,2 mm² (4 AWG), y puede ser aislado, cubierto o sin aislamiento (desnudo).

En cuanto a los cables multiconductores, se permiten instalar cables multiconductores de energía, señales y control montados de fábrica; para cables multiconductores de media tensión (MT o MV) deben estar aprobados e identificados para utilizarse en soportes para cables tipo charola y también si se encuentran expuestos directamente a los rayos solares.

Los soportes para cables tipo charola permitidos son:

- Tipo escalera.
- Tipo malla.
- Tipo fondo expandido.
- Canales ventilado
- Tipo fondo sólido
- Otras estructuras similares.

El soporte para cables tipo charola no se permite que se utilice en:

- Cubos de elevadores.
- Cuando estén expuestos a daño físico.
- En espacios para manejo de aire ambiental.

La norma no permite que el soporte para cables tipo charola se utilice como conductor de puesta a tierra.

- Mientras que el NEC (Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos) sí lo permite, siempre que cumplan con lo indicado en su artículo correspondiente.

Antes de instalar los conductores, el sistema para cables tipo charola debe instalarse como un sistema completo y debe mantenerse la continuidad eléctrica. Además se permite instalar el soporte para cables tipo charola que tengan segmentos mecánicamente discontinuos, siempre y cuando se mantenga la continuidad eléctrica con sus correspondientes puentes de unión.

Se permite instalar cables multiconductores de 600 V o menos, en el mismo soporte tipo charola.

No se permite instalar cables multiconductores de más de 600 V con cables multiconductores de 600 V o menos, a menos que se instale una barrera fija.

Es muy importante recalcar que los soportes para cables tipo charola deben estar expuestos y accesibles, no ocultos. Alrededor de estos soportes para cables tipo charola se debe dejar y mantener un espacio suficiente que permita el acceso adecuado para la instalación y el mantenimiento de los cables.

Si se instalan tuberías no eléctricas alrededor del soporte para cables tipo charola se debe dejar una distancia mínima de 0,60 m de separación.

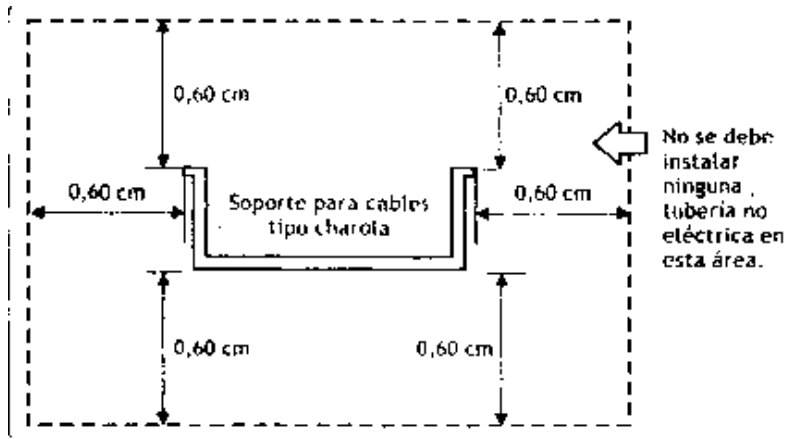


Figura 3.8

Hay que poner atención en la instalación de los conductores cuando se instalan en paralelo. La instalación correcta debe realizarse formando grupos consistentes en no más de un conductor de fase o neutro para prevenir desbalanceo de la corriente eléctrica, lo que se traduce en calentamiento de los conductores, sino se instalan correctamente.

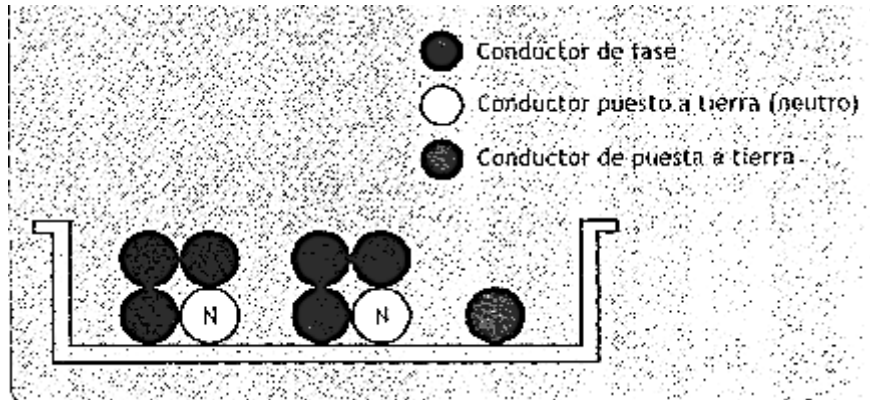


Figura 3.9

Si se instalan cables monoconductores de tamaño $21,2 \text{ mm}^2$ (4 AWG) a 107 mm^2 (4/0 AWG), en soportes para cables tipo charola del tipo:

- Escalera.
- Fondo ventilado.
- Malla.

Se deben instalar en una sola capa y la suma de sus diámetros no debe exceder del ancho del soporte para cables tipo charola.

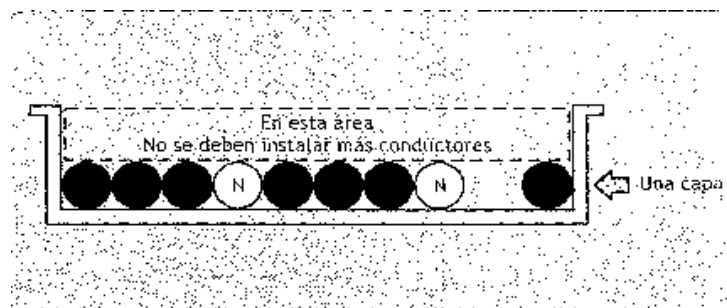


Figura 3.10

Instalación de cables multiconductores de 600 V ó menos

En soporte para cables tipo: fondo ventilado o de malla

- Cualquier combinación de cables multiconductores de energía o de iluminación o una combinación de cables multiconductores de energía, iluminación, control y señales el número máximo de conductores debe ser consultado en la tabla 318-9:

La suma de los diámetros no debe exceder el ancho del soporte para cables tipo charola.

3.11. Importancia del factor de potencia

Sabemos que existen equipos que funcionan con corriente alterna, basados en el electromagnetismo, como por ejemplo los motores y los transformadores.

En este tipo de máquinas dinámicas como el motor y estáticas como el transformador, pueden existir hasta tres tipos diferentes de potencia:

- **Potencia activa**
- **Potencia reactiva**
- **Potencia aparente**

EL TRIÁNGULO DE POTENCIAS

La investigación de muchos años en el área de la electricidad ha ido explicando de forma matemática estos fenómenos haciendo uso de complejos procedimientos y sintetizando los resultados en una forma geométrica conocida como: El triángulo de potencias.

Este triángulo de potencias se forma por la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente. Al coseno del ángulo que se genera entre la potencia aparente y la activa se le conoce como: **factor de potencia**, es decir si a este ángulo lo identificamos con la letra griega Θ (teta), el coseno de Θ es el factor de potencia y depende directamente de la potencia reactiva; la relación es simple: a mayor potencia reactiva, mayor será ese ángulo Θ y menos eficiente será el equipo al que le corresponda.

Del fenómeno del factor de potencia hablaremos con mayor detalle en futuros números de la revista.

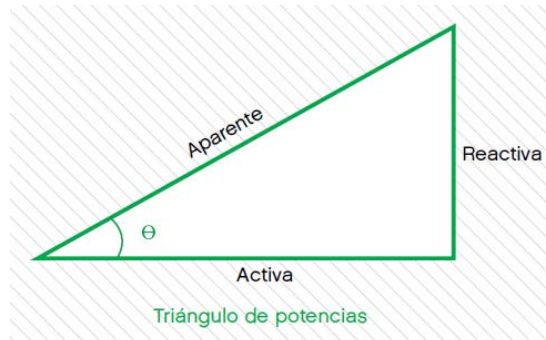


Figura 3.12

La potencia activa es la potencia útil, o dicho de otra forma es la energía que realmente se aprovecha cuando se pone en marcha un equipo eléctrico y realiza un trabajo. Por ejemplo, la energía que entrega el eje de un motor cuando pone en movimiento un mecanismo o maquinaria; la del calor que proporciona la resistencia de un calentador eléctrico; la luz que proporciona una lámpara, etcétera.

La potencia reactiva es la que consumen los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina o enrollado para crear un campo electromagnético. Esas bobinas o enrollados que forman parte del circuito eléctrico constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva, y de su eficiencia de trabajo depende el factor de potencia.

Mientras más bajo sea el factor de potencia, mayor será la potencia reactiva consumida. Además, esta potencia reactiva no produce ningún trabajo útil ni afecta en el proceso de transmisión de la energía a través de las líneas de distribución eléctrica. Se representa con la letra Q, su unidad de medida es el Volt Ampere reactivo ó VAR; del mismo modo se.

La potencia aparente, como lo podemos observar en el triángulo de potencias, es la potencia total, es decir la suma de la potencia activa y la reactiva. Estas dos potencias representan la potencia que se toma de la red de distribución eléctrica, que es igual a toda la potencia que entregan los generadores en las plantas eléctricas. Estas potencias se transmiten a través de las líneas o cables de distribución para hacerla llegar hasta los consumidores que van desde casas, fábricas, restaurantes, centros comerciales, oficinas gubernamentales, industrias, etcétera.

Esta potencia se representa con la letra S y su unidad de medida son los Volt-Ampere ó VA, esta nomenclatura se ve de manera permanente en las capacidades de los transformadores de distribución los cuales viene marcados con kVA.

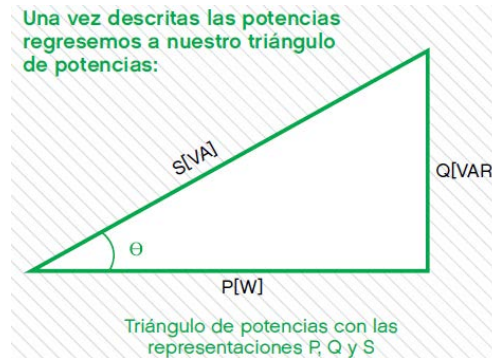


Figura 3.13

El factor de potencia ($\cos\theta$) es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. Tiene un gran significado en el campo de la investigación eléctrica.

El hecho de que exista un factor de potencia bajo afecta al usuario y a la compañía suministradora de las siguientes maneras:

Al usuario

- Aumento de la intensidad de corriente
- Pérdidas de energía en los conductores y fuertes caídas de tensión
- Incrementos de potencia de las plantas y transformadores
- Reducción de la vida útil y capacidad de los conductores
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida del aislamiento
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad

A la empresa suministradora de energía:

- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en kVA debe ser mayor para poder entregar energía reactiva adicional
- Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva

- Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica
- La variación del factor de potencia se presenta en función de dos fenómenos opuestos: atraso en la corriente por las cargas inductivas muy altas, o bien, corriente adelantada generada por circuitos con características capacitivas.
- Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo, principalmente por la presencia de equipos de refrigeración, motores, etc.

3.12. Corrección del factor de potencia.

Generalmente para corregir el bajo factor de potencia, se realiza compensando la potencia reactiva en atraso que generan las maquinas con elementos inductivos, por potencia reactiva en adelanto generada por los bancos de capacitores o reactores.

Las empresas fabricantes de capacitores y bancos de capacitores han generado métodos sencillos de selección para cubrir de buena forma nuestra necesidad de corrección del Factor de Potencia.

La corrección del factor de potencia debe ser realizada de una forma cuidadosa con objeto de mantenerlo lo más alto posible, pero sin llegar nunca a la unidad, ya que en este caso se produce el fenómeno de la resonancia, lo que puede dar lugar a la aparición de tensiones o intensidades peligrosas para la red. En los casos de grandes variaciones en la composición de la carga, es preferible que la corrección la realices por medios automáticos.

Existen diversas formas de seleccionar los capacitores o reactores que te ayudarán a mejorar el factor de potencia. A continuación te presentamos un ejemplo del cálculo de la energía que se ahorra al mejorar el factor de potencia y la selección del banco de capacitores.

Supongamos que se tiene un motor de 100 HP (74.6 kW) a 440 V, operando con un factor de potencia de 0.74. El motor está en servicio 600 horas/mes (2 turnos diarios), alimentado con cable de 250 metros de longitud con una sección de 35 mm².

¿Cuál es el ahorro anual en kWh cuando el factor de potencia es mejorado a 0.97?

a) Determinación de la corriente de fase:

$$\text{Con } \cos \Phi_1 = 0.74 \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} \times E \times \cos \Phi_1} = \frac{74600}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.74} = 132 \text{ A}$$

$$\text{Con } \cos \Phi_2 = 0.97 \quad I = \frac{P}{(\sqrt{3} \times E \times \cos \Phi_2)} = \frac{74600}{(\sqrt{3} \times 440 \times 0.97)} = 101 \text{ A}$$

b) Resistencia del cable (por fase)

$$R/m = 0.0005 \text{ } \Omega/m$$

$$R_{\text{Total}} = (0.0005 \text{ } \Omega/m) (250 \text{ m})$$

$$R_{\text{Total}} = 0.13 \text{ } \Omega$$

d) Reducción de las pérdidas (en %)

$$\Delta P = \frac{6795 - 3978}{6795} \times 100$$

$$\Delta P = 41.4\%$$

c) Cálculo de las pérdidas

$$\text{Con } \cos \Phi_1 = 0.74$$

$$P = 3I^2R = 3 \times (132)^2 \times 0.13 = 6795 \text{ W}$$

$$\text{Con } \cos \Phi_2 = 0.97$$

$$P = 3I^2R = 3 \times (101)^2 \times 0.13 = 3978 \text{ W}$$

e) Cálculo de la energía anual ahorrada

$$\Delta E = \frac{\Delta P \times \text{horas/mes} \times 12 \text{ meses}}{1000}$$

$$\Delta E = \frac{2817 \text{ W} \times 600 \text{ horas/mes} \times 12 \text{ meses}}{1000}$$

$$\Delta E = 20282 \text{ kWh}$$

SELECCIÓN DE CAPACITORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

En la práctica, para determinar la potencia reactiva (kVAr) total en capacitores RTC, necesaria para la corrección del factor de potencia, basta con conocer la siguiente información:

1. El promedio de las últimas 3 mediciones de demanda en kW.
2. El promedio de las 3 últimas mediciones del factor de potencia.

NOTA: Esta información puede ser obtenida de los recibos de la compañía suministradora.

3. El factor de potencia deseado.

Tomando los datos del ejemplo anterior:

Factor de potencia promedio actual 0.70 (valor supuesto); factor de potencia deseado 0.97; consumo de potencia promedio 775 kW (valor supuesto); voltaje 440 V.

De la tabla:

1. Localizar el factor de potencia actual.
2. Localizar el factor de potencia deseado.
3. El valor donde intersecan ambos valores de factor de potencia, es el que se multiplica por la potencia promedio para obtener el valor del capacitor adecuado.

Valor del capacitor o banco de capacitores: $0.770 \times 775 = 596.75$.

De la tabla de fabricante seleccionamos la capacidad del banco.

De la tabla de fabricante seleccionamos la capacidad del banco.

| Potencia kVAR | AMPS.A 220 V 440 V | AMPS.A 220 V 480 V | Protección termo fusible magnético |
|------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 5 | 11.0 | 12.0 | 20 30 |
| 10 | 22.0 | 24.0 | 40 60 |
| 15 | 33.0 | 36.0 | 50 60 |
| 20 | 44.0 | 48.0 | 70 100 |
| 25 | 55.0 | 60.0 | 100 100 |
| 30 | 66.0 | 72.0 | 100 150 |
| 40 | 88.0 | 96.0 | 150 200 |
| 50 | 110.0 | 120.0 | 175 200 |
| 60 | 132.0 | 145.0 | 200 250 |

Tabla 3.16

Tabla para corregir el Factor de Potencia Factor de Potencia deseado

| | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.87 | 0.86 | 0.85 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.99 | 0.142 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.98 | 0.203 | 0.061 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.97 | 0.251 | 0.108 | 0.048 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.96 | 0.292 | 0.149 | 0.089 | 0.041 | | | | | | | | | | | | |
| 0.95 | 0.329 | 0.186 | 0.126 | 0.078 | 0.037 | | | | | | | | | | | |
| 0.94 | 0.363 | 0.220 | 0.160 | 0.112 | 0.071 | 0.034 | | | | | | | | | | |
| 0.93 | 0.395 | 0.253 | 0.192 | 0.145 | 0.104 | 0.067 | 0.032 | | | | | | | | | |
| 0.92 | 0.426 | 0.284 | 0.223 | 0.175 | 0.134 | 0.097 | 0.063 | 0.031 | | | | | | | | |
| 0.91 | 0.456 | 0.313 | 0.253 | 0.205 | 0.164 | 0.127 | 0.093 | 0.060 | 0.030 | | | | | | | |
| 0.90 | 0.484 | 0.342 | 0.281 | 0.234 | 0.193 | 0.156 | 0.121 | 0.089 | 0.058 | 0.029 | | | | | | |
| 0.89 | 0.512 | 0.370 | 0.309 | 0.262 | 0.221 | 0.184 | 0.149 | 0.117 | 0.086 | 0.057 | 0.028 | | | | | |
| 0.88 | 0.540 | 0.397 | 0.337 | 0.289 | 0.248 | 0.211 | 0.177 | 0.145 | 0.114 | 0.084 | 0.055 | 0.027 | | | | |
| 0.87 | 0.567 | 0.424 | 0.364 | 0.316 | 0.275 | 0.238 | 0.204 | 0.172 | 0.141 | 0.111 | 0.082 | 0.054 | 0.027 | | | |
| 0.86 | 0.593 | 0.451 | 0.390 | 0.343 | 0.302 | 0.265 | 0.230 | 0.198 | 0.167 | 0.138 | 0.109 | 0.081 | 0.054 | 0.027 | | |
| 0.85 | 0.620 | 0.477 | 0.417 | 0.369 | 0.328 | 0.291 | 0.257 | 0.225 | 0.194 | 0.164 | 0.135 | 0.107 | 0.080 | 0.053 | 0.026 | |
| 0.84 | 0.646 | 0.503 | 0.443 | 0.395 | 0.354 | 0.317 | 0.283 | 0.251 | 0.220 | 0.190 | 0.162 | 0.134 | 0.106 | 0.079 | 0.053 | 0.026 |
| 0.83 | 0.672 | 0.530 | 0.469 | 0.421 | 0.380 | 0.343 | 0.309 | 0.277 | 0.246 | 0.216 | 0.188 | 0.160 | 0.132 | 0.105 | 0.079 | 0.052 |
| 0.82 | 0.698 | 0.556 | 0.495 | 0.447 | 0.406 | 0.369 | 0.335 | 0.303 | 0.272 | 0.242 | 0.214 | 0.186 | 0.158 | 0.131 | 0.105 | 0.078 |
| 0.81 | 0.724 | 0.581 | 0.521 | 0.473 | 0.432 | 0.395 | 0.361 | 0.329 | 0.298 | 0.268 | 0.240 | 0.212 | 0.184 | 0.157 | 0.131 | 0.104 |
| 0.80 | 0.750 | 0.608 | 0.547 | 0.499 | 0.458 | 0.421 | 0.387 | 0.355 | 0.324 | 0.294 | 0.266 | 0.238 | 0.210 | 0.183 | 0.157 | 0.130 |
| 0.79 | 0.776 | 0.634 | 0.573 | 0.525 | 0.484 | 0.447 | 0.413 | 0.381 | 0.350 | 0.320 | 0.292 | 0.264 | 0.236 | 0.209 | 0.183 | 0.156 |
| 0.78 | 0.802 | 0.660 | 0.599 | 0.552 | 0.511 | 0.474 | 0.439 | 0.407 | 0.376 | 0.347 | 0.318 | 0.290 | 0.263 | 0.236 | 0.209 | 0.183 |
| 0.77 | 0.829 | 0.686 | 0.626 | 0.578 | 0.537 | 0.500 | 0.466 | 0.433 | 0.403 | 0.373 | 0.344 | 0.316 | 0.289 | 0.262 | 0.235 | 0.209 |
| 0.76 | 0.855 | 0.713 | 0.652 | 0.605 | 0.563 | 0.526 | 0.492 | 0.460 | 0.429 | 0.400 | 0.371 | 0.343 | 0.315 | 0.288 | 0.262 | 0.235 |
| 0.75 | 0.882 | 0.739 | 0.679 | 0.631 | 0.590 | 0.553 | 0.519 | 0.487 | 0.456 | 0.426 | 0.398 | 0.370 | 0.342 | 0.315 | 0.289 | 0.262 |
| 0.74 | 0.909 | 0.766 | 0.706 | 0.658 | 0.617 | 0.580 | 0.546 | 0.514 | 0.483 | 0.453 | 0.425 | 0.397 | 0.369 | 0.342 | 0.316 | 0.289 |
| 0.73 | 0.936 | 0.794 | 0.733 | 0.686 | 0.645 | 0.608 | 0.573 | 0.541 | 0.510 | 0.481 | 0.452 | 0.424 | 0.396 | 0.370 | 0.343 | 0.316 |
| 0.72 | 0.964 | 0.821 | 0.761 | 0.713 | 0.672 | 0.635 | 0.601 | 0.569 | 0.538 | 0.508 | 0.480 | 0.452 | 0.424 | 0.397 | 0.370 | 0.344 |
| 0.71 | 0.992 | 0.849 | 0.789 | 0.741 | 0.700 | 0.663 | 0.629 | 0.597 | 0.566 | 0.536 | 0.508 | 0.480 | 0.452 | 0.425 | 0.398 | 0.372 |
| 0.70 | 1.020 | 0.878 | 0.817 | 0.770 | 0.729 | 0.692 | 0.657 | 0.625 | 0.594 | 0.565 | 0.536 | 0.508 | 0.480 | 0.453 | 0.427 | 0.400 |
| 0.69 | 1.049 | 0.907 | 0.846 | 0.798 | 0.757 | 0.720 | 0.686 | 0.654 | 0.623 | 0.593 | 0.565 | 0.537 | 0.509 | 0.482 | 0.456 | 0.429 |
| 0.68 | 1.078 | 0.936 | 0.875 | 0.828 | 0.787 | 0.750 | 0.715 | 0.683 | 0.652 | 0.623 | 0.594 | 0.566 | 0.539 | 0.512 | 0.485 | 0.459 |
| 0.67 | 1.108 | 0.966 | 0.905 | 0.857 | 0.816 | 0.779 | 0.745 | 0.713 | 0.682 | 0.652 | 0.624 | 0.596 | 0.568 | 0.541 | 0.515 | 0.488 |
| 0.66 | 1.138 | 0.996 | 0.935 | 0.888 | 0.847 | 0.810 | 0.775 | 0.743 | 0.712 | 0.683 | 0.654 | 0.626 | 0.599 | 0.572 | 0.545 | 0.519 |
| 0.65 | 1.169 | 1.027 | 0.966 | 0.919 | 0.877 | 0.840 | 0.806 | 0.774 | 0.743 | 0.714 | 0.685 | 0.657 | 0.629 | 0.602 | 0.576 | 0.549 |

Tabla 3.15

Debido a que el valor es muy alto, dividimos entre algún valor, en este caso se elegirá el de 50kVAr para saber el número de capacitores que necesitamos:

No de capacitores: $596.75/50=11.935$; por lo tanto necesitaremos 12 capacitores de 50kVAr a 440V.

La forma de conectar los capacitores para corregir el factor de potencia es la siguiente:

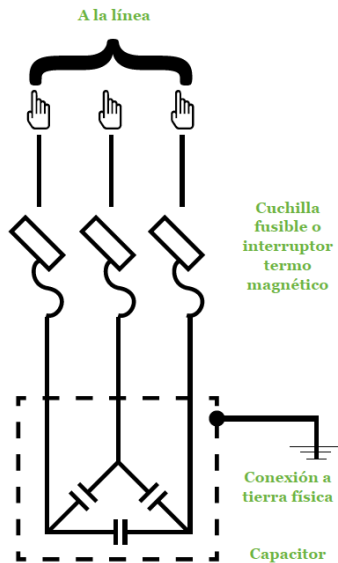


Figura 3.14

Tarifas y bonificaciones por factor de potencia.

Las reglamentaciones (vigentes desde el 10 de noviembre de 1991) mencionan que los capacitores deben proporcionar, además de la eliminación del cargo por bajo Factor de Potencia, un beneficio económico que puede llegar al 2.5% de bonificación del valor total de la facturación. Además de este 2.5%, si los capacitores son colocados de acuerdo a las normas generalmente aceptadas para su instalación en los lugares adecuados, pueden proporcionar ahorros adicionales por menores pérdidas de energía (entre el 4 al 7%) lo que a todas luces es una inversión altamente rentable.

3.13. Tableros y centros de Cargas

El origen de los tableros y centros de carga surge 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.

Es importante mencionar algunos conceptos que nos ayudaran a distinguir los distintos tipos de tableros que encontraremos en una instalación eléctrica.

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 alimenta 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 a cada uno de los circuitos contra sobrecorrientes.

Tableros con zapatas principales

- Concentrar en un solo punto todos los interruptores.
- 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.

Capacidad interruptora es una característica muy importante cuando se habla de instalaciones eléctricas en complejos comerciales y parques industriales, ya que debido al tipo y cantidad de carga que se tiene instalada, así como a lo robusto de los sistemas eléctricos que alimentan estas aplicaciones, es muy probable que aún en circuitos de alumbrado se requiera un equipo con mas de 10 KA de capacidad interruptiva. 10 kA de capacidad interruptiva es el valor que ofrece la mayoría de los fabricantes de tableros de alumbrado. Con estos tableros se ofrece como estándar 35 kA



Imagen 3.3 y 3.4

Condiciones y recomendaciones para la instalación de los tableros

Los tableros de alumbrado, control y el equipo de distribución deben estar accesibles. Los espacios de trabajo y accesos que se requieren deben permitir la operación y mantenimiento de manera segura, respetando las distancias mínimas de trabajo de

acuerdo con la regulación y/o normas vigentes, con la finalidad de dar cumplimiento al objetivo de seguridad en las instalaciones eléctricas.

Los tableros de alumbrado, control y equipo de distribución no deben mostrar deterioro o daño físico evidente, sobrecalentamiento, corrosión, u otro tipo de deterioro.

Todos los conductores que entran al equipo deben estar sujetos con conectadores aprobados.

Todas las aberturas deben estar cerradas, de lo contrario deben cerrarse utilizando un material que reúna o supere las características y espesor del envolvente del tablero de alumbrado, control y equipo de distribución.

Todas las partes metálicas no vivas deben estar puestas a tierra eficazmente mediante accesorios aprobados.

Si la instalación eléctrica no cuenta con el sistema de puesta a tierra, éste debe realizarse.

Deben existir tableros de frente muerto, particiones o envolventes para asegurar la protección de partes vivas.

El marcado de los medios de desconexión debe cumplir con lo siguiente:

- a) Cada medio de desconexión de motores, aparatos, y cada acometida, alimentador o circuito derivado debe marcarse de manera legible, en el punto en donde comienza, para indicar su propósito.
- b) El marcado debe ser capaz de soportar el medio ambiente que lo rodea.

Dispositivos de protección contra sobrecorriente

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben ser de una capacidad asignada adecuada para las condiciones de utilización del conductor que se conecta.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente no deben mostrar evidencia de daño físico o sobrecalentamiento.

Las conexiones o terminaciones de los dispositivos de protección contra sobrecorriente no deben desconectarse ni mostrar evidencia de corrosión.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben estar aprobados e instalarse de acuerdo con la información que se incluye en las instrucciones o en el marcado.

Cuando existe evidencia de fundición, ataque o daño de las bases de fusibles, éstas deben cambiarse por unas que no presenten daño.

Conductores y ensambles de conductores

Los conductores y ensambles de conductores expuestos deben soportarse como se requiere, de acuerdo con las regulaciones y/o normas vigentes, para prevenir daño físico para el conductor o para el ensamble.

Los conductores y ensambles de conductores que entran a los tableros de alumbrado y control, cajas y a dispositivos deben sujetarse y soportarse como se requiere para asegurar que el esfuerzo no se transmite a los conductores y terminales.

Los empalmes y derivaciones deben conectarse sólidamente.

Los conductores y ensambles de conductores no deben mostrar evidencia de sobrecalentamiento o deterioro.

Los conductores y ensambles de conductores no deben mostrar evidencia de desgaste, daño o abuso físico

Tipos de gabinetes que alojan equipo eléctrico destinado a instalarse y usarse en lugares no peligrosos de acuerdo con las disposiciones y especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, Instalaciones eléctricas (utilización), como sigue:

- a)** Envoltentes (gabinetes) para uso en interiores, tipos 1, 2, 5, 12, 12K y 13; y
- b)** Envoltentes (gabinetes) para uso en interiores o exteriores tipos 3, 3R, 3S, 4, 4X, 6 y 6P.

En principio, debemos conocer algunas definiciones para comprender la descripción de los conceptos que presentaremos.

Caja: parte de un envoltente (gabinete) que no incluye puerta o cubierta.

Placas desprendibles: parte de la pared de un envolvente (gabinete) fundido o moldeado de forma tal que, mediante el uso de uno o más arillos de espesor menor al material de la pared, dentro del exterior del perímetro del arillo que se va a retirar, pueda romperse fácilmente durante la instalación, con objeto de proporcionar una abertura similar a la que se obtiene con un disco desprendible.

Cubierta: parte sin bisagras del envolvente (gabinete) que cubre una abertura.

Grado de protección: la capacidad de protección proporcionada por un envolvente (gabinete) contra el acceso a partes que resulte en un riesgo de lesión, el ingreso de objetos sólidos extraños y/o el ingreso de agua, verificada mediante métodos de prueba normalizados.

Envolvente (gabinete): recinto, recipiente o carcasa de un aparato, cerca o paredes que rodean una instalación para prevenir que las personas entren en contacto accidental con partes energizadas o para suministrar el grado de protección a los equipos encerrados contra daño físico y condiciones ambientales específicas.

Tipo 1

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado y para proporcionar un grado de protección contra la suciedad.

Tipo 2

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, para proporcionar un grado de protección contra la suciedad y para proporcionar un grado de protección contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos.

Tipo 3

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y tolvana; y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envolvente (gabinete).

Tipo 3R

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envolvente (gabinete).

Tipo 3S

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y tolváneras; y en el cual el mecanismo externo sigue operable cuando se forman capas de hielo.

Tipo 4

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve, tolváneras, salpicaduras de agua y chorro directo de agua y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envolvente (gabinete).

Tipo 4X

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve, tolváneras, salpicaduras de agua, chorro directo de agua y corrosión y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envolvente (gabinete).

Tipo 5

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, acumulación de polvo del ambiente, pelusa, fibras y partículas flotantes y contra el goteo y salpicaduras ligeras agua y corrosión

Tipo 6

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado,

contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve, chorro directo de agua y la entrada de agua durante inmersión temporal ocasional a una profundidad limitada y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envolvente (gabinete).

Tipo 6P

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve, chorro directo de agua, corrosión y la entrada de agua durante inmersión prolongada a una profundidad limitada y que no se dañe por la formación de hielo en el exterior del envolvente (gabinete).

Tipo 12

Envolventes (gabinetes) construidos (sin discos desprendibles) para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, el polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes, contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos; y contra salpicaduras ligeras y escurrimientos de aceite y refrigerantes no corrosivos

Tipo 12K

Envolventes (gabinetes) construidos (con discos desprendibles) para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, el polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes, contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos; y contra salpicaduras ligeras y escurrimientos de aceite y refrigerantes no corrosivos.

Tipo 13

Envolventes (gabinetes) construidos para uso interior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, el polvo del ambiente, pelusa, fibras, partículas flotantes; y contra el rociado, salpicaduras y escurrimientos de agua, aceite y refrigerantes no corrosivos.

3.13.1 Centro de cargas

Un centro de cargas se utiliza para dividir y proteger circuitos eléctricos para la alimentación de alumbrado y contactos. Los centro de carga de 1, 2 y 4 circuitos son

utilizados para todo tipo de servicio de instalaciones eléctricas, principalmente de uso doméstico. Los de 3, 6, 8 y 12 circuitos son de utilización más específica en áreas con mayor demanda de carga y donde se requiere un mayor número de circuitos derivados, de uso residencial, comercial e industrial.



Imagen 3.5

3.13.2 Tableros de Distribución

Los tableros de distribución son un panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente.

De esta forma se evita tanto el riesgo para las personas de sufrir “accidentes eléctricos”, como el sobrecalentamiento de los conductores y equipos eléctricos, previniendo así daño en el material y posibles causas de incendio.

A la hora de diseñar la instalación eléctrica, es recomendable distribuir las cargas en varios “circuitos”, ya que ante eventuales fallas (operación de protecciones) se interrumpe solamente el circuito respectivo, sin perjudicar la continuidad de servicio en el resto de la instalación, se recomienda instalar tableros exclusivos para iluminación y otros exclusivos para fuerza.

Cálculo y selección de un tablero de distribución:

Para poder entender lo anterior, realicemos un cálculo de selección de un tablero de alumbrado:

Se requiere un tablero de alumbrado con interruptor principal, para instalarse en un sistema trifásico a 240 Vc.a., el tablero será empotrado en el cubo de las escaleras de un edificio de oficinas, considerando un factor de utilización de 0.8

➤ Los interruptores necesarios para proteger los circuitos siguientes son:

7 Interruptores de 1Ø, 15 A.

2 Interruptores de 3Ø, 30 A.

1 Interruptor de 3Ø, 40 A.

2 Interruptores de 1Ø, 30 A.

1 Interruptor de 2Ø, 15 A.

➤ En base a esta información vamos a determinar los polos

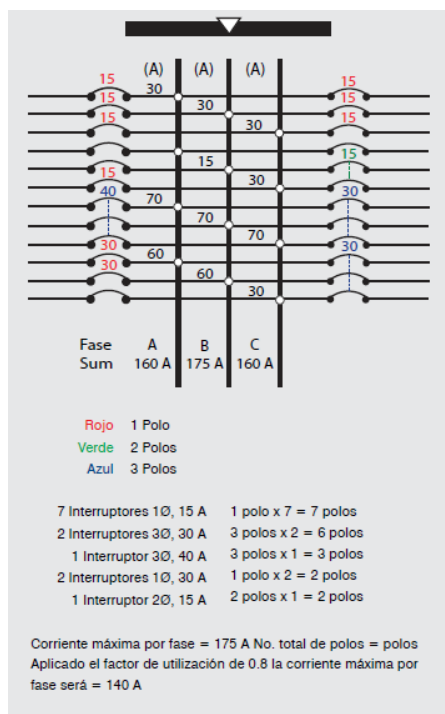


Figura 3.15

Paso1

En la tabla de la oferta de tableros de alumbrado trifásicos, encontramos interruptor principal de 100 A ó 225 A por lo cual se toma aquel que no esté sobrepasado en capacidad, es decir, 225 A.

Paso 2

Posteriormente, seleccionar el número de polos, para el cual, elegimos la dimensión siguiente a nuestro análisis de 20 polos, por lo tanto aquel que cubrirá nuestra expectativa será 30 polos, lo cual nos permitirá tener espacio disponible para adiciones futuras.

Paso 3

Seleccionar el número de catálogo del interior + caja + frente: NQ430L2C + MH44M + NC44F (considerando tipo sobreponer).

Paso 4

Elegir el kit de interruptor principal NQMB2HJ.

Paso 5

Determinar el interruptor adecuado para proteger este tablero JDL36225

| NQ Alumbrado Interruptor Principal | | | | | | | |
|---|------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| "Capacidad en A" | "No. de Circuitos derivados" | Tablero por partes | | | | | "Tablero ensamblado **" |
| | | "No. de Catálogo interior" | "No. de Cat. Caja" | "No. de Cat. frente **" | "Kit interruptor principal" | "Interruptor principal" | |
| 3 Fases 4 Hilos, Caja de 20 pulg. De ancho | | | | | | | |
| 100 | 18 | NQ418L1C | MH26M | NC26() | ----- | QOB3100 | NQ184AB100 () |
| | 30 | NQ430L1C | MH32M | NC32() | ----- | atornillable | NQ304AB100 () |
| 225 | 30 | NQ430L2C | MH44M | NC44() | NQMB2HJ | JDL36225 | NQ304AB225 () |
| | 42 | NQ442L2C | MH50M | NC50() | NQMB2HJ | JDL36225 | NQ424AB225 () |
| | 72 | NQ472LC2 | MH56M | NC56() | NQMB2HJ | JDL36225 | NQ724AB225 () |
| | 84 | NQ484LC2 | MH62M | NC62() | NQMB2HJ | JDL36225 | NQ844AB225 () |
| 400 | 30 | NQ430L4C | MH62M | NC62V() | NQMB4LA | LAL36400 | NQ304AB400 () |
| | 42 | NQ442L4C | MH68M | NC68V() | NQMB4LA | LAL36400 | NQ424AB400 () |
| | 72 | NQ472L4C | MH74M | NC74V() | NQMB4LA | LAL36400 | NQ724AB400 () |
| | 84 | NQ484L4C | MH80 | NC80V() | NQMB4LA | LAL36400 | NQ844AB400 () |

3.13.3 Tableros generales.

La distribución eléctrica en un proyecto de construcción comercial o industrial, inicia comúnmente con una subestación eléctrica en la que del lado de baja tensión se ubica el tablero general, después la energía pasa a varios tableros Sub-generales, estos tableros manejan grandes bloques de energía por que de allí se alimenta a las principales cargas de fuerza y a otros tableros derivados.

Los tableros generales tienen una estructura que soportan corrientes de falla hasta miles de Amperes. Las diferencias entre ellos radican básicamente en la tensión máxima de operación y la corriente nominal.

Un aspecto relevante en el diseño de estos tableros es que la capacidad interruptiva que se refiere a la corriente máxima de cortocircuito que el tablero puede conducir antes de que se active un interruptor y sin que el tablero se destruya.

3.13.4 Centro de control de motores.

Un centro de control de motores controla no solo motores, sino también, sistemas de alumbrado y alimentadores a otros dispositivos eléctricos.

Un centro de control de motores es un ensamble de una o más secciones de gabinetes que cuentan con una barra común de alimentación y que están formados principalmente por unidades o secciones de controladores de motores. Debe contener una protección contra sobrecorriente que se calcule de acuerdo a la capacidad máxima de las barras comunes, y se debe proveer por:

- Un dispositivo de protección localizado fuera del centro de control de motores en el punto de suministro
- Un dispositivo de protección localizado dentro del centro de control de motores

3.14. Sistema Pararrayos

El Pararrayo, es un artefacto protector ante las descargas Atmosféricas (rayos) de igual importancia que un sistema de tierras, necesitamos implementar este sistema en toda las instalaciones al aire Libre, edificios, Telecomunicaciones, Industrias y Residencias, todo aquel lugar donde necesitamos proteger y asegurar no solo las instalaciones si no también al capital humano ante fenómenos naturales como son los rayos.

La función del Pararrayo, es conducir al rayo hacia la tierra a través de un camino de descarga preferencial, donde se evacua la energía del rayo de forma eficaz y confiable sin dañar instalaciones y sobre todo personas.

Elementos de un sistema pararrayos

Son elementos metálicos cuya función es ofrecer un punto de incidencia para recibir la descarga atmosférica y un camino controlado para la conducción y disipación posterior de la corriente del rayo a tierra. Y se compone de tres partes:

- 1) Pararrayos propiamente dicho,
- 2) Cable o elemento conductor,
- 3) Tierra física elemento de descarga a tierra.

Dónde se requiere utilizar un sistema de Pararrayos

- Edificios o zonas abiertas con concurrencia de público.
- Edificaciones de gran altura y en general, construcciones elevadas (pilares, depósitos de agua, faros, antenas, torres).
- Construcciones y depósitos en los que se manipule y/o contengan materiales peligrosos (explosivos, inflamables, tóxicos).
- Edificio que contengan equipos ó documentos especiales vulnerables ó valiosos (Instalaciones de Telecomunicaciones, ordenadores, archivos, museos, monumentos históricos, patrimonios culturales....) y en general estructuras utilizadas para fines comerciales, industriales, agrícolas, administrativos ó residenciales.

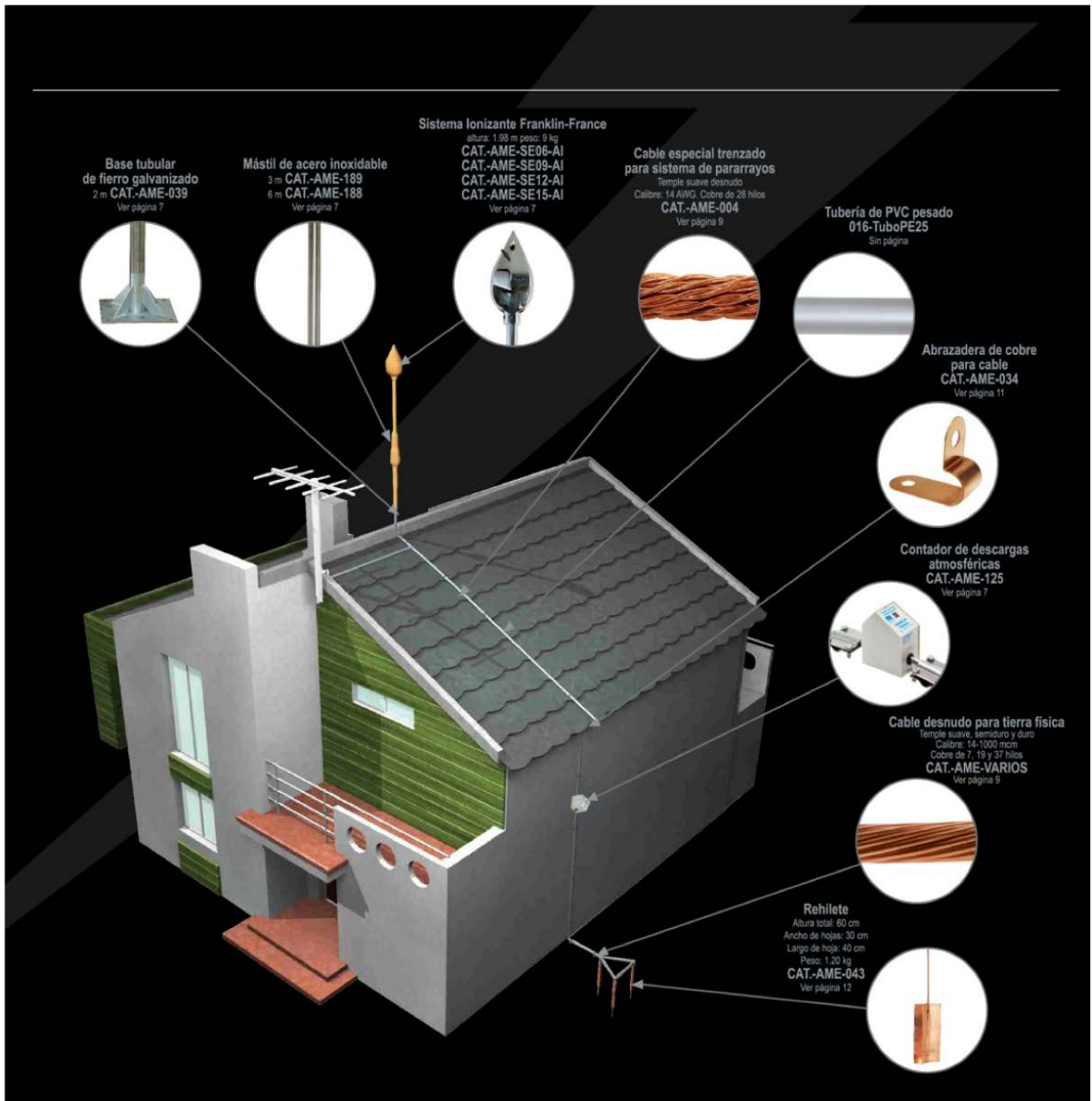


Imagen 3.3

3.15. Las subestaciones eléctricas en una instalación industrial.

Las **subestaciones eléctricas** intervienen en la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Una subestación eléctrica está compuesta por dispositivos capaces de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etc.) y son un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de un sistema eléctrico.

Las subestaciones mas comúnmente utilizadas son:

Subestaciones tipo intemperie

Son instalaciones de sistemas de alta y muy alta tensión generalmente, y están habilitadas para resistir las diversas condiciones atmosféricas.

Subestaciones tipo blindado

Son una variante del tipo interior, se instalan en edificios que disponen de espacios reducidos para alojarlas. Sus componentes deben estar bien protegidos.

Los parámetros eléctricos a considerar para definir el tipo de construcción y los equipos y aparatos de las subestaciones son: la tensión que requiere la instalación, el nivel de aislamiento aceptable en los aparatos, la corriente máxima y la corriente de corto circuito.

A Los conductores del secundario de un transformador de un sistema derivado separadamente para instalaciones industriales, pueden ser derivados sin protección contra sobrecorriente siempre que se cumpla con:

- La longitud de los conductores en derivación no sea mayor a 8 m.
- La capacidad de conducción de los conductores del lado secundario no debe ser menor que la corriente secundaria del transformador y la suma de los dispositivos de protección no debe exceder la capacidad de conducción de los conductores del secundario del transformador.
- Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben estar agrupados.
- Los conductores del lado secundario deben estar protegidos contra daño físico.

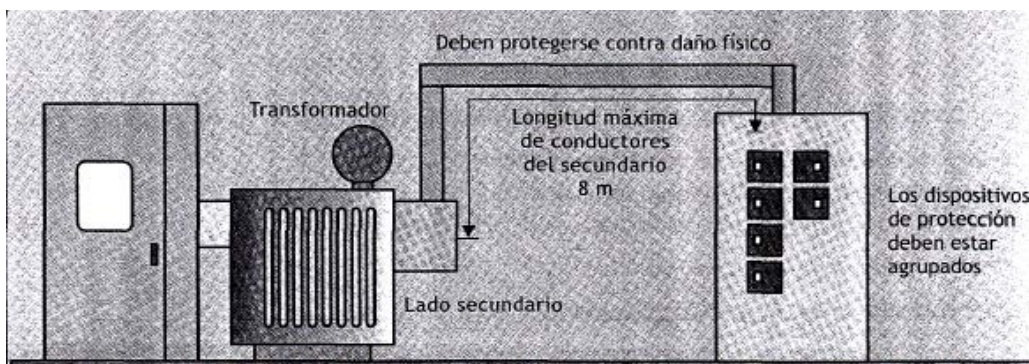


Figura 3.19

B Derivaciones de alimentadores exteriores, se permite hacer conexiones en derivación en exteriores a partir del secundario de un transformador sin protección contra sobrecorriente en el punto de derivación si:

- Los conductores del lado secundario están protegidos contra daño físico.
- Los conductores en derivación terminan en un solo interruptor automático o en un solo juego de fusibles que limite la carga a la capacidad de conducción de los conductores en derivación.
- Los conductores están instalados en el exterior, excepto donde terminen.
- El dispositivo de protección de sobrecorriente de los conductores forme parte integrante del medio de desconexión o esté situado inmediatamente al mismo.
- Los medios de desconexión son fácilmente accesibles, ya sea fuera del edificio o estructura o en el punto más cercano a la entrada de los conductores.

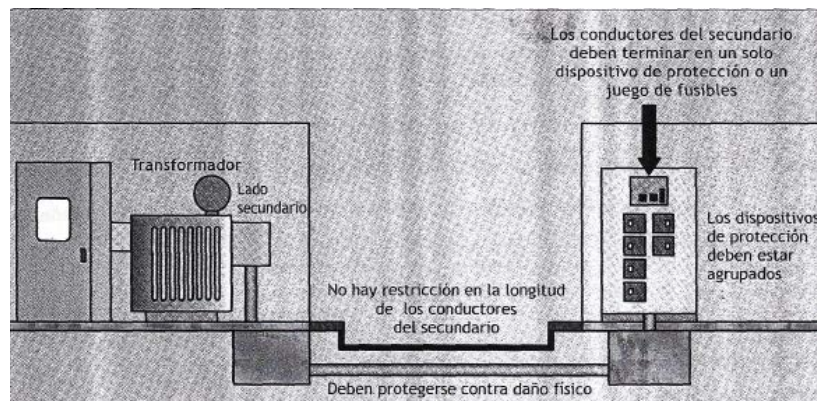


Figura 3.20

Los elementos principales de una subestación son:

Transformador

Es una máquina eléctrica estática que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante, opera bajo el principio de inducción electromagnética y tiene circuitos eléctricos que están enlazados magnéticamente y aislados eléctricamente.

Interruptor de potencia

Interrumpe y restablece la continuidad de un circuito eléctrico. La interrupción se debe efectuar con carga o corriente de corto circuito.

Restaurador

Es un interruptor de aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque y que opera en capacidades interruptivas bajas. Los restauradores están contruidos para funcionar con tres operaciones de recierre y cuatro aperturas con un intervalo entre una y otra; en la última apertura el cierre debe ser manual, ya que indica que la falla es permanente.

Cuchillas fusibles

Son elementos de conexión y desconexión de circuitos eléctricos.

Tienen dos funciones: una como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta, y otra como elemento de protección. El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión.

Cuchillas desconectadoras y cuchillas de prueba

Sirven para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Por lo general se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se puede operar con carga hasta ciertos límites.

Apartarrayos

Se encuentra conectado permanentemente en el sistema, descarga la corriente a tierra cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud. Su operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuando se alcanza el valor para el cual esta calibrado o dimensionado.

Transformadores de instrumento

Existen dos tipos: transformadores de corriente (TC), cuya función principal es cambiar el valor de la corriente en su primario a otro en el secundario; y transformadores de potencial (TP), cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos valores sirven como lecturas en tiempo real para instrumentos de medición, control o protección que requieran señales de corriente o voltaje.

Barras o buses

Son las terminales de conexión por fase.

Los sistemas de una subestación son:

Sistema de protección contra sobrevoltaje y sobrecorriente

Sistema de medición y control

Sistema de barras colectoras o buses

Sistemas auxiliares: sistema de enfriamiento, filtrado de aceite, presión etc.

3.15.1 Beneficios

Existen industrias con una carga considerable que requieren de un medio de suministro que satisfaga sus necesidades energéticas, esto se traduce en distintos medios de interconexión a distintos niveles de tensión que la compañía suministradora tiene normalizadas y estandarizadas, es por eso que en algunas instalaciones industriales se requiere de una subestación que además de satisfacer su demanda energética le presenta grandes beneficios como:

Mayor seguridad en el suministro

Por lo general, la alimentación de las subestaciones proviene de líneas de alto voltaje que por estar protegidas hacen que la probabilidad de fallo sea menor. Por lo tanto, existe una mejor regulación del voltaje.

Uso racional de energéticos

Al reducir las caídas de tensión, el uso de conductores de grueso calibre también disminuye, de modo que es posible tener voltajes de distribución de 440 V, 2300 V, 4160 V, etc., con los que habrá menos pérdidas.

Economía

El costo del suministro de energía de alta tensión es más bajo que el de baja tensión. Además, la instalación de subestaciones en los grandes centros de consumo permite ahorrar materiales como cables y conductos.

3.16. Sistemas de Emergencia

Los sistemas de emergencia son aquellos requeridos por Ley y clasificados como emergentes por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales o municipales vigentes.

Estos sistemas son utilizados para suministrar automáticamente:

- Iluminación o energía.
- Ambos.

A áreas y equipos en caso de falla del suministro normal de energía eléctrica, o en caso de accidente en los componentes de un sistema destinado para suministrar, distribuir y controlar la energía y alumbrado esenciales para la seguridad de la vida humana.

Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde la iluminación artificial es necesaria para asegurar la salida o para controlar el pánico en edificios de concentración de personas, tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, áreas de atención a la salud o lugares similares.

Los sistemas de emergencia también pueden suministrar energía para funciones como ventilación cuando sea esencial para la seguridad de la vida humana, sistemas de alarmas y detección de incendios, elevadores, bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicación de seguridad pública, procesos industriales, donde la interrupción de la corriente podría producir serios peligros para la seguridad de la vida humana o riesgos para la salud, y otras funciones similares.

El suministro debe ser tal que, en caso de falla del suministro normal, la energía de emergencia esté disponible dentro de un tiempo máximo de 10 s.

El sistema de suministro de emergencia puede ser:

- Baterías.- Suministrar y mantener la carga total durante un tiempo de 1,5 horas mínimo.
- Grupo generador.- La alimentación de combustible debe ser suficiente para que el sistema de emergencia funcione a plena carga durante 2 horas mínimo.
- Sistemas de alimentación ininterrumpible (UPS).
- Acometida independiente.- Acometida aérea o subterránea.

- Equipo unitario formado por:
 - Una batería recargable
 - Los medios para la carga de la batería;
 - La instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y, opcionalmente, terminales para lámparas remotas; y « Un relevador para energizar automáticamente a las lámparas, al fallar el suministro normal al equipo unitario.

Generadores

Los generadores y equipo asociado deben ser adecuados para el local en que vayan a ser instalados.

El generador debe tener una placa de datos en la que se indique nombre del fabricante, frecuencia, factor de potencia, número de fases para c.a., régimen en kW o kVA, tensión y corriente eléctricas y las revoluciones por minuto, la clase de aislamiento, la temperatura ambiente o el aumento de temperatura y su tiempo de funcionamiento.

La capacidad de conducción de los conductores de fase desde las terminales del generador al primer dispositivo de protección no debe ser menor al

$$I_{cg} = 115\% I_{placa}$$

I_{cg} = corriente mínima del conductor del generador

Los generadores deben estar protegidos por diseño contra sobrecargas, basándose en interruptores automáticos, fusibles, u otro medio aceptable que proporcione adecuada protección contra sobrecorriente.

Una consideración primaria que se debe hacer en el diseño de un sistema de emergencia es la continuidad del servicio eléctrico.

La continuidad del servicio es afectada por el arreglo que se emplea de puesta a tierra del equipo y de los conductores de puesta a tierra.

Las conexiones y los conductores de puesta a tierra se deben de instalar para que no existan corrientes circulantes no deseables por los conductores de puesta a tierra y para que las corrientes de fallas a tierra circulen por una trayectoria de baja impedancia para que el personal no esté expuesto a una descarga eléctrica y asegurar la operación de los dispositivos de protección.

4. TEORÍA Y DISEÑO DE SISTEMAS DE TIERRAS EN UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL

4.1. Generalidades.

La puesta a tierra es la columna vertebral de los sistemas eléctricos Tanto circuitos como sistemas eléctricos son puestos a tierra para limitar las tensiones originadas por descargas atmosféricas, o por un contacto no intencional con líneas de mayor tensión y para estabilizar la tensión a tierra durante el funcionamiento normal. Las instalaciones eléctricas, equipos y estructuras deben conectarse a tierra para la seguridad de las personas y protección del equipo con la finalidad es reducir el riesgo de shock y, a la vez, proporcionar una vía a tierra para las corrientes inducidas.

Los sistemas y los conductores del circuito son puestos a tierra para facilitar la operación de los dispositivos de protección en caso de que se presenten fallas a tierra.

Las funciones principales de la puesta a tierra del equipo son:

- Proteger a las personas contra descargas eléctricas.
- Limitar la tensión a tierra cuando ocurra un cortocircuito a tierra de las partes metálicas expuestas que no transportan corriente eléctrica, canalizaciones y otro tipo de envolvente de conductores.
- Conducir en forma segura las corrientes de falla a tierra para la rápida operación de los dispositivos de protección.

Para asegurar el funcionamiento adecuado de los conductores de puesta a tierra, deben:

- Ser permanentes y continuos.
- Tener una capacidad de conducir en forma segura la corriente de falla a tierra que se presente.
- Tener una impedancia suficientemente baja para limitar la tensión a tierra a un valor seguro y facilitar la operación de los dispositivos de protección de los circuitos eléctricos.

Los conductores de puesta a tierra se deben de instalar siguiendo los lineamientos indicados en la norma vigente, para que la instalación eléctrica sea segura.

Es necesario hacer un pequeño paréntesis, para presentar los términos que se utilizarán en la puesta a tierra para un mayor entendimiento.

Conductor puesto a tierra: Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra, en caso de que el sistema eléctrico esté conectado en estrella a este conductor se le llama NEUTRO, y es el conductor que conducirá la corriente de desbalance.

Conductor de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

Conductor desnudo: conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: conductor utilizado para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado separadamente.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar el (los) electrodo(s) de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos a la acometida en cada edificio o a la estructura donde esté alimentado desde una acometida común o a la fuente de un sistema derivado separadamente.

Puente de unión, circuito: conexión entre partes de un conductor en un circuito para mantener la capacidad de conducción de corriente requerida por el circuito.

Puente de unión, equipo: conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra del equipo.

Puente de unión, principal: conexión en la acometida entre el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo.

Puesto a tierra: conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

Puesto a tierra eficazmente: conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tengan una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

Puente de unión: conductor confiable, para asegurar la conductividad eléctrica requerida entre partes metálicas que requieren ser conectadas eléctricamente.

Unión: conexión permanente de partes metálicas, (que no lleva corriente normalmente) que forma una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica, a la que puedan estar sometidas.

Los conductores de puesta a tierra del equipo se deben de instalar y conectar de manera que se evite que circulen corrientes eléctricas no deseables en los conductores o trayectorias de puesta a tierra.

Si los conductores puestos a tierra son conectados a los conductores de puesta a tierra del equipo en más de un punto, se establecerán trayectorias de retorno de la corriente del neutro. Esta corriente eléctrica que circula por los conductores de puesta a tierra en funcionamiento normal, provocarán lo siguiente:

- Interferencia con la propia operación del equipo, dispositivos, o sistemas que son sensibles a la interferencia electromagnética, así como los equipos electrónicos, sistemas de comunicación, sistemas de cómputo, PLC'S, variadores de velocidad, etc,
- Interferencia con los sensores y operación de la protección de falla a tierra. Detonación de explosivos durante la producción, almacenamiento o pruebas.
- Sobrecalentamientos debido al calor generado en canalizaciones, etc. como resultado de las corrientes circulantes.
- Suficiente energía en un arco para provocar la ignición de materiales inflamables.

Las instalaciones eléctricas, equipos y estructuras deben conectarse a tierra para la seguridad de las personas y protección del equipo con la finalidad es reducir el riesgo de shock y, a la vez, proporcionar una vía a tierra para las corrientes inducidas.

Puesta a tierra aislada

La puesta a tierra aislada es importante para los circuitos eléctricos de cargas electrónicas sensibles, que requieren una puesta a tierra libre de corrientes y de tensiones inducidas para un funcionamiento adecuado.

La mayoría de las personas tiene un concepto erróneo de la puesta tierra aislada, uno de ellos es que esta puesta a tierra debe aislarse del sistema de puesta a tierra de la instalación eléctrica y desconocen los efectos que se pueden producir cuando ocurra una falla de cortocircuito a tierra o se presente una descarga atmosférica.

También pueden ocurrir daños a los equipos si se abusa de la instalación de la puesta a tierra aislada.

La puesta a tierra es sencilla de interpretar, es instalar junto a los conductores del circuito fase, neutro, conductor de puesta a tierra, un conductor de puesta a tierra aislado, es decir, instalar un conductor con aislamiento de color verde con franja continua de color amarillo para que este conductor no tenga contacto con ninguna parte metálica para prevenir las corrientes eléctricas circulantes o la inyección de tensiones.

Un circuito eléctrico monofásico para alimentar una computador a 127 V o 120 V, se compone de los siguientes conductores:

- Un conductor de fase.
- Un conductor neutro.
- Un conductor de puesta a tierra (nunca se debe omitir verde o desnudo).
- Un conductor de puesta a tierra aislado (verde con una franja c color amarillo).

Unión con otros sistemas de puesta a tierra

Si en la propiedad del usuario existen varios sistemas de puesta a tierra como:

- Puesta a tierra de la acometida.
- Puesta a tierra de comunicaciones.
- Puesta a tierra del sistema de protección contra descargas atmosféricas (tormentas eléctricas).
- Puesta a tierra de referencia de señal.
- Puesta a tierra de telefonía.
- Sistema de puesta a tierra de subestaciones
- Apartarrayos, etc.

Todos estos sistemas de puesta a tierra se deben de interconectar para limitar las diferencias de potencial entre

4.2. Nociones de resistencia a tierra.

Uno de los factores más importantes a considerar en el diseño de sistemas de tierra es la llamada resistividad del suelo, ya que es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra.

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste para conducir electricidad, también conocida como resistencia específica del terreno. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina

Resistividad Aparente, o Resistividad del Terreno que se define el término resistividad como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro por lado, su representación dimensional debe estar expresada en Ohm-m, cuya acepción es utilizada internacionalmente.

La Resistividad del Terreno varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre, estando determinada por:

Sales solubles

La resistividad del suelo es determinada principalmente por su cantidad de electrolitos; esto es, por la cantidad de humedad, minerales y sales disueltas.

Como ejemplo, para valores de 1% (por peso) de sal común (NaCl) o mayores, la resistividad es prácticamente la misma, pero para valores menores de esa cantidad, la resistividad es muy alta.

Composición propia del terreno

Depende de la naturaleza del mismo. Por ejemplo, el suelo de arcilla normal tiene una resistividad de

40 a 500 Ohm-m por lo que una varilla electrodo enterrada 3 m tendrá una resistencia a tierra de 15 a 200 Ω respectivamente.

En cambio, la resistividad de un terreno rocoso es de 5000 Ohm-m o más alta, y tratar de conseguir una resistencia a tierra de unos 100 Ohm o menos con una sola varilla electrodo es virtualmente imposible.

Estratigrafía

El terreno obviamente no es uniforme en sus capas. En los 3 m de longitud de una varilla electrodo típica al menos se encuentran dos capas diferentes de suelos. Más adelante se mencionarán ejemplos de diferentes perfiles de resistividad donde se muestra ese fenómeno.

Granulometría

La porosidad y el poder retenedor de humedad de los materiales influye en la calidad del contacto del suelo con los electrodos. La resistividad aumenta proporcionalmente a mayor tamaño de los granos de la tierra. Por esta razón la resistividad de la grava es superior a la de la arena y ésta -a su vez- es mayor que la de la arcilla.

Estado higrométrico

El contenido de agua y la humedad influyen en forma apreciable. Su valor varía con el clima, época del año, profundidad y el nivel freático.

Como ejemplo, la resistividad del suelo se eleva considerablemente cuando el contenido de humedad se reduce a menos del 15% del peso de éste. Pero, un mayor contenido de humedad del 15% mencionado, causa que la resistividad sea prácticamente constante. Y, puede tenerse el caso de que en tiempo de secas, un terreno puede tener tal resistividad que no pueda ser empleado en el sistema de tierras. Por ello, el sistema debe ser diseñado tomando en cuenta la resistividad en el peor de los casos.

Temperatura

A medida que desciende la temperatura aumenta la resistividad del terreno; el aumento se nota aún más al llegar a 0° C. A mayor cantidad de agua en estado de congelación, el movimiento de los electrolitos es menor, lo cual influye directamente en la resistividad del suelo.

Compactación

La resistividad del terreno disminuye al aumentar la compactación del mismo. Por ello, se procurará siempre colocar los electrodos en los terrenos más compactos posibles.

4.3. Cálculo de la resistencia tierra.

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia.

Asimismo, puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas. En general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión.

La resistividad del terreno puede obtenerse mediante toma de muestras directas, o mediante el uso de instrumentos de medición.

MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS DIRECTAS

Para medir la resistividad del suelo se utiliza un equipo llamado telurómetro, terrómetro o Megger de tierras. Estos equipos inyectan una corriente de frecuencia diferente a 60 Hz para evitar medir voltajes y corrientes de ruidos eléctricos. Por ejemplo, si estamos cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y resistencia de tierra, con un aparato de 60 Hz, dichos sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y darán una lectura errónea. De igual manera sucede cuando los electrodos de prueba están mal conectados o tienen falsos contactos, darán señales falsas de corriente y tensión. Si hay corrientes distintas a las que envió el aparato, éste leerá otras señales de tensión y corriente que no son las adecuadas.

Un aparato inteligente lleva conductores blindados, coaxiales, tiene sistemas de filtraje, de análisis y mide lo que halla, pero esa información la analiza, la filtra y luego la deduce. Por ejemplo, para hacer una medición manda una señal de 100 Hz y mide; luego manda otra señal de 150 Hz y vuelve a medir; y puede seguir enviando otras altas frecuencias hasta que los valores van siendo similares, forma una estadística y obtiene un promedio.

Para usar este equipo se requieren 4 carretes de cable, de calibre 14 AWG, 4 electrodos (picas) de material de la dureza suficiente para ser hincados en la tierra con marro. Los de acero son de una longitud aproximada de 60 cm y un diámetro de 16 mm. Además de lo anterior es necesario contar con una cinta métrica.

Estos equipos cuentan con cuatro terminales: 2 de corriente (C1, C2) y 2 de potencial (P1, P2) que están marcadas en el aparato C1 P1 P2 C2. Antes de realizar mediciones, al igual que todos los equipos que usamos para medición, deben estar certificados y calibrados con una resistencia patrón.

Para obtener una lectura promedio del sitio se deben hacer mediciones en un sentido, en otro a 90 grados del primero, y en el sentido de las diagonales.

En la medición de resistividad de un terreno es común encontrar valores muy dispares causados por la geología del terreno. Es una práctica común eliminar los valores que estén

50% arriba o abajo del promedio aritmético de todos los valores capturados.

En el número anterior hablamos sobre la importancia que tiene el estudio y cálculo de la resistividad del suelo para el diseño de sistemas de tierra. También mencionamos los factores que la determinan como son: sales solubles, composición propia del terreno, estratigrafía, granulometría, estado higrométrico, temperatura y compactación.

Los métodos más utilizados para realizar la resistividad del suelo son:

MÉTODO DE WENNER

Las mediciones de resistividad estarán determinadas por la distancia entre electrodos y la resistividad del terreno, y no por el tamaño y el material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

Para medir la resistividad del suelo se insertan los 4 electrodos en el suelo, en línea recta y a una misma distancia entre ellos. El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos: C1 y C2, mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos: P1 y P2. Estos electrodos están enterrados a una misma profundidad de penetración. La razón V/I es

conocida como la resistencia aparente del terreno, que es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

En la Figura 4.1 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

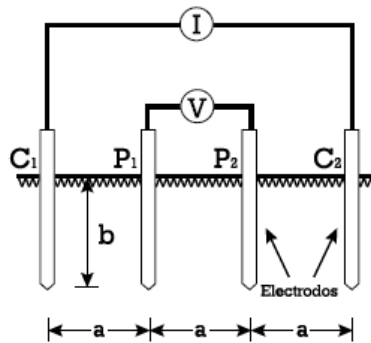


Figura 4.1

$$p := \frac{4\pi AR}{\left[1 + \left[\frac{2A}{(A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right] - \left[\frac{2A}{(4A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right] \right]}$$

P: resistividad promedio a la altura A en ohm-m

A: distancia entre electrodos en metros

B: Profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R: Lectura del terreno en ohms

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno en un radio igual a la separación de los electrodos.

Como ejemplo, si la distancia entre electrodos A es de 3 metros, B es 0.15 m y la lectura del instrumento es de 0.43 ohms, la resistividad promedio del terreno a una profundidad de 3 metros es de 8.141 ohm-m según la fórmula completa, y de 8.105 ohms-m siguiendo la fórmula simplificada.

Se insiste en que se tomen lecturas en diferentes lugares y a 90 grados unas de otras para evitar la posible afectación por estructuras metálicas subterráneas. Con las lecturas obtenidas se calcula el promedio.

MÉTODO DE SCHLUMBERGER

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, ya que también emplea 4 electrodos, pero en este caso la separación entre los electrodos centrales o de potencial (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos internos (a).

La configuración, así como la expresión de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la figura 4.2.

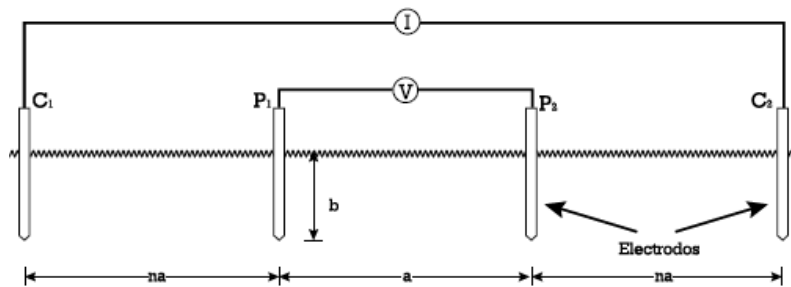


Figura 4.2

Este método es de gran utilidad cuando requieres conocer las resistividades de capas más profundas, sin necesidad de realizar muchas mediciones. Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco inteligentes. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas.

PERFIL DE RESISTIVIDAD

La gráfica resultante de trazar el promedio de las mediciones de resistividad (R) contra distancia entre electrodos (a) se denomina perfil de resistividad aparente del terreno.

Para obtener el perfil de resistividad en un punto dado, casi siempre se utiliza el Método de Wenner con espaciamientos entre electrodos de prueba cada vez mayores. Por lo

general, para cada espaciamento se toman dos lecturas de resistividad en direcciones perpendiculares entre sí.

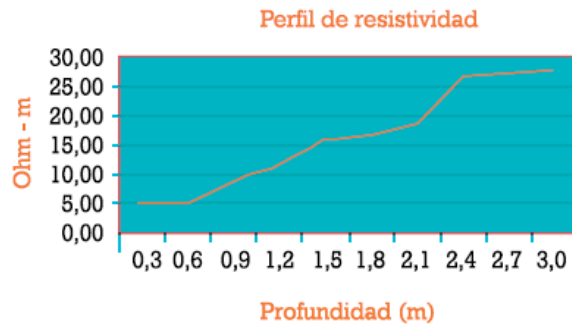


Figura 4.3

| Datos de resistividad de suelos típicos | |
|---|----------------------------------|
| Material | Resistividad (ohm-m) |
| asfalto seco | $2 \times 10^6 - 30 \times 10^6$ |
| asfalto mojado | 10000 - 6×10^6 |
| permafrost | 3500 - 4000 |
| concreto seco | 1200 - 28000 |
| concreto mojado | 21 - 100 |
| compuesto GAP seco | 0.032 |
| Compuesto GAP con 30% de agua en masa | 0.015 |

Tabla 4.1

EJEMPLO DE PERFIL DE RESISTIVIDAD

Capa superficial arcillosa y húmeda, capa inferior rocosa. Perfil de resistividad ascendente. Lugar: Parte norte de la zona urbana de León, Guanajuato. Para simular su comportamiento se requiere por lo menos utilizar los valores de 2 capas.

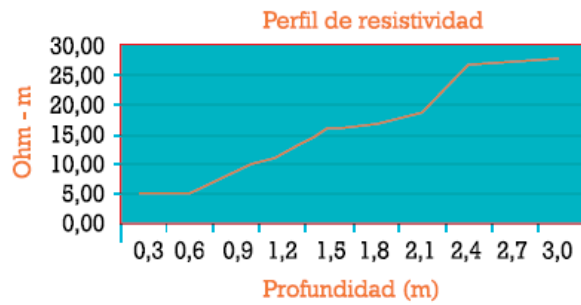


Figura 4.4

Para obtener una resistencia de puesta a tierra adecuada en terrenos con resistividad elevada utiliza electrodos especiales para terrenos de baja conductividad, electrodos profundos o bien anillos conductores perimetrales.

4.4. Criterios para el diseño de sistemas de tierras.

El método de diseño de sistemas de tierra resulta altamente importante para obtener una buena protección personal y patrimonial. Durante mucho tiempo se ha mencionado la importancia de realizar instalaciones eléctricas apegadas a la normatividad vigente, sin embargo no siempre se realiza de esta forma. Algunas de las recomendaciones de la normatividad vigente para el diseño del sistema de tierras son las que siguen:

Sistemas de c.a. de 50 V a 1000 V.

Los sistemas de corriente alterna de 50 V a 1000 V que suministren energía a instalaciones y a sistemas de alambrado de usuarios, deben estar puestos a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- Cuando el sistema puede ser puesto a tierra de modo que la tensión eléctrica máxima a tierra de los conductores no puestos a tierra no exceda 150 V
- Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en estrella el neutro se utilice como conductor del circuito.
- Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en delta el punto medio del devanado de una fase se utilice como conductor del circuito.
- Cuando un conductor de acometida puesto a tierra no esté aislado

Los sistemas en c.a. de 50 a 1000V que cumplan con las siguientes condiciones no se requiere que estén aterrizados.

Sistemas eléctricos de hornos industriales.

Sistemas derivados que alimenten únicamente rectificadores de controles de velocidad variable.

Sistemas derivados aislados que son alimentados por transformadores cuyo voltaje primario es de menos de 1000V, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

1. El sistema únicamente se use en control
2. Que sólo personal calificado tenga acceso a la instalación
3. Que se tengan detectores de tierra en el sistema de control
4. Que se requiera continuidad del servicio

Sistemas aislados en hospitales y en galvanoplastia permitidos por la NOM 001 en los artículos 517 y 668.

Sistemas aterrizados mediante una alta impedancia que limite la corriente de falla a un valor bajo. Estos sistemas se permiten para sistemas en c.a. de tres fases de

480 a 1000V, donde las siguientes condiciones se cumplen: solamente personal calificado da servicio a las instalaciones; se requiere continuidad del servicio; se tienen detectores de tierra en el circuito; y no existen cargas conectadas entre línea y neutro.

La forma correcta de conectar el sistema eléctrico en c.a. al sistema de tierra (dependiendo el número de conductores) es la siguiente:

Una fase, dos hilos: El conductor de tierra.

Una fase, tres hilos: El neutro.

Sistemas polifásicos que tienen un hilo común a todas las fases: El conductor común.

Sistemas polifásicos que tienen una fase aterrizada: Este conductor.

Sistemas polifásicos en general: Solo puede estar aterrizado el conductor común o cuando no lo hay, una fase.

Los sistemas de c.a. deben conectarse a tierra en cualquier punto accesible entre el secundario del transformador que suministra energía al sistema, y el primer medio de desconexión o de sobrecarga.

Adicionalmente, debe existir en el neutro otra puesta a tierra en la acometida a cada edificio en un punto accesible en los medios de desconexión primarios.

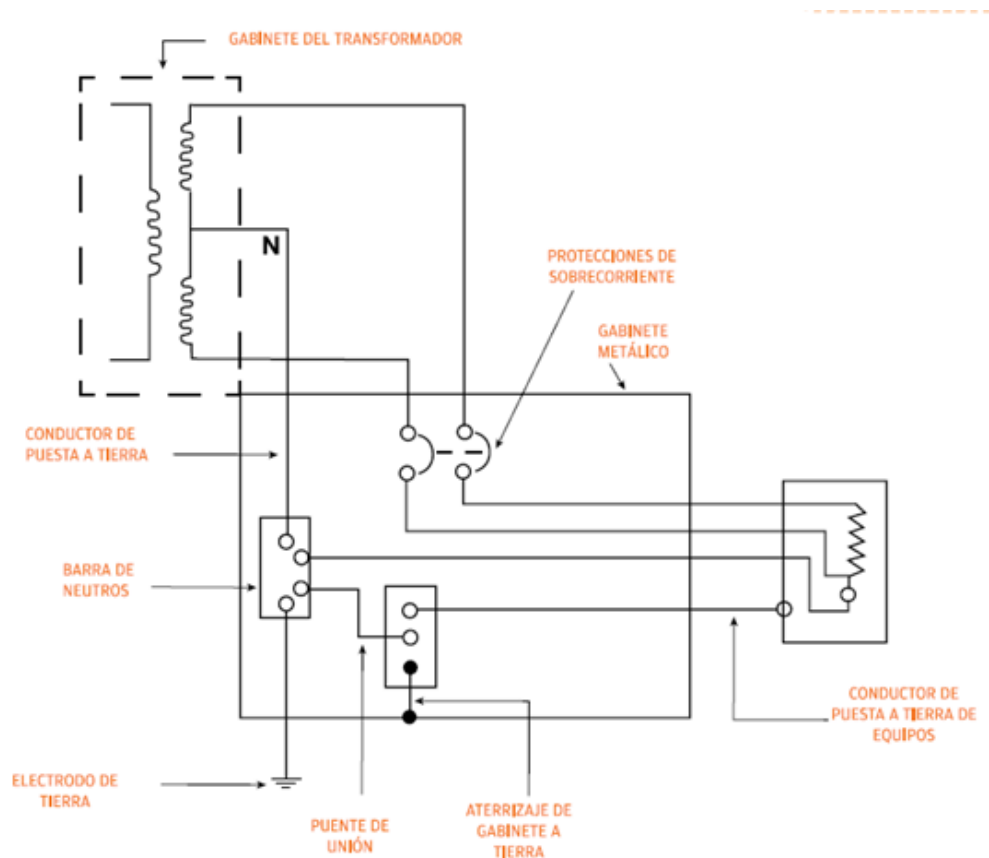


Figura 4.5

Cuando no sea una acometida, se hace el cálculo sobre la sección de los conductores en paralelo. Asimismo, el puente de unión principal debe ser del mismo calibre obtenido según la misma tabla. Generalmente el conductor del electrodo de puesta a tierra es conectado a la terminal del neutro en el gabinete del interruptor principal donde existe el puente de unión principal entre la terminal del neutro y el gabinete principal

En un sistema derivado separado. Una conexión del neutro a la carcasa se requiere en los sistemas derivados separados, tales como los que cuentan con transformadores o con generadores localizados en edificios. Esto se logra conectando la terminal del neutro del

sistema derivado al de tierra. En los transformadores, instalando un puente de unión de la terminal X0 (neutro) del transformador a la carcasa del mismo, o al lado de carga del gabinete del centro de cargas.

Canalizaciones y equipo que deberá conectarse a tierra

Las canalizaciones y envolventes metálicas de la acometida deben estar puestas a tierra, así como las que no son de acometida, a menos de que sean canalizaciones cortas o su función sea para soportar aparatos y equipo o bien, los conductores que proteja sean de circuitos de control o señalización. Deben estar aterrizadas, en general, todas las canalizaciones metálicas.

El equipo fijo en general, donde las partes metálicas que no conduzcan electricidad y que estén expuestas y puedan quedar energizadas, deberán ser puestas a tierra si:

- ✓ Donde el equipo está localizado a una altura menor a 2.4 m, y a 1.5 m horizontalmente de objetos aterrizados y al alcance de una persona que puede hacer contacto con alguna superficie u objeto aterrizado.
- ✓ Si el equipo está en un lugar húmedo y no está aislado, o está en contacto con partes metálicas.
- ✓ Si el equipo está en un lugar peligroso o donde el equipo eléctrico es alimentado por cables con cubierta metálica.
- ✓ Si el equipo opera con alguna terminal a más de 150 V a tierra, excepto en: cubiertas de interruptores automáticos que no sean el interruptor principal y, que sean accesibles a personas calificadas únicamente; estructuras metálicas de aparatos calentadores, exentos mediante permiso especial y si están permanentemente y efectivamente aisladas de tierra; envolventes de transformadores y capacitores de distribución montados en postes de madera a una altura mayor de 2.4 m sobre nivel del piso; así como equipos protegidos por doble aislamiento y marcados de esa manera.

Todas las partes metálicas no conductoras de corriente de las siguientes clases de equipos, no importando voltajes, deben ser puestas a tierra, mediante los conductores calculados.

- ✓ Armazones de Motores
- ✓ Gabinetes de controles de motores, excepto los que van unidos a equipos portátiles no aterrizados.
- ✓ Equipos eléctricos de elevadores y grúas.
- ✓ Equipos eléctricos en talleres mecánicos automotrices, teatros, y estudios de cine, excepto luminarios colgantes en circuitos de no más de 150 Volts a tierra.
- ✓ Equipos de proyección de cine.
- ✓ Anuncios luminosos y equipos asociados.
- ✓ Generador y motores en órganos eléctricos.
- ✓ Armazones de tableros de distribución y estructuras de soporte, exceptuando las estructuras de tableros de corriente directa aislados efectivamente.
- ✓ Equipo alimentado por circuitos de control remoto y circuitos de sistemas contra incendios cuando requiera su aterrizado.
- ✓ Luminarios
- ✓ Bombas de agua, incluyendo las de motor sumergible.
- ✓ Capacitores
- ✓ Ademes metálicos de pozos con bomba sumergible.

Las siguientes partes metálicas de equipos no eléctricos serán puestas a tierra:

- ✓ Estructuras y vías de grúas operadas eléctricamente.
- ✓ La estructura metálica de elevadores movidos no eléctricamente, a las que están sujetos conductores eléctricos.
- ✓ Los cables de acero de los elevadores eléctricos.
- ✓ Partes metálicas de subestaciones de voltajes de más de 1 kV entre conductores.
- ✓ Casas móviles y vehículos de recreo..

Continuidad eléctrica del circuito de tierra

Es de suma importancia que exista continuidad eléctrica de los equipos y debe asegurarse por alguno de los siguientes métodos:

- Puente de unión al conductor de tierra de acuerdo con la NOM.
- Conexiones roscadas en tubería rígida y eléctrica (EMT).
- Conectores no roscados que se usan como accesorios de la tubería rígida y la eléctrica (EMT).

- Puentes de unión a gabinetes.

En el terreno o edificio pueden existir electrodos o sistemas de tierra para equipos de cómputo, pararrayos, telefonía, comunicaciones, subestaciones o acometida, entre otros, y todos deben conectarse entre sí.

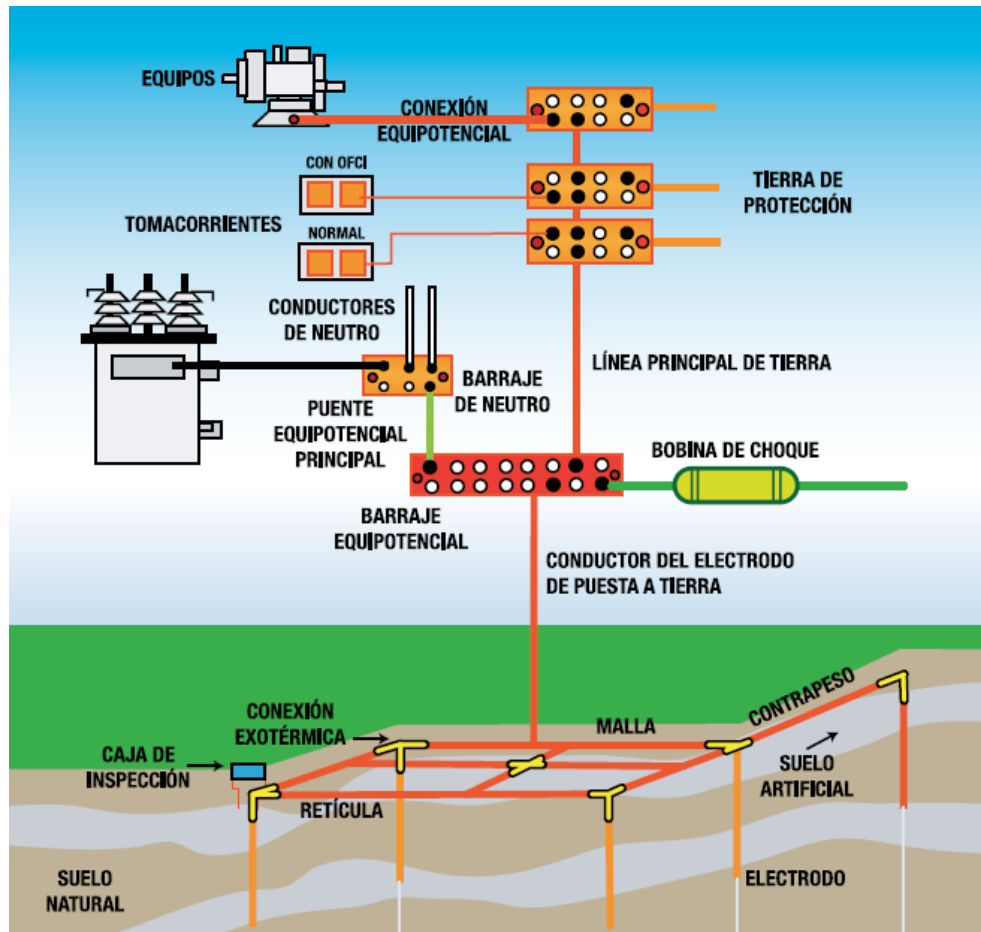


Figura 4.6

4.5. Materiales utilizados.

4.5.1 Conductores

Los siguientes tipos de conductores de puesta a tierra son los permitidos por la norma vigente:

- Un conductor de cobre u otro material resistente a la corrosión. Este conductor debe ser alambre o cable aislado, cubierto o desnudo y formar un cable o barra de cualquier forma.

- Un tubo (conduit) metálico tipo pesado.
- Un tubo (conduit) metálico tipo semipesado.
- Un tubo (conduit) metálico tipo ligero.
- Un tubo (conduit) metálico flexible, si tanto el tubo (conduit) como sus accesorios están aprobados para puesta a tierra;
- La armadura de un cable de tipo AC.
- El blindaje de cobre de un cable con blindaje metálico y aislamiento mineral.
- El blindaje metálico de los conductores con blindaje metálico y los conductores de puesta a tierra que sean cables de tipo MC.
- Canalizaciones prealambradas,
- Otras canalizaciones metálicas con continuidad eléctrica, aprobadas para utilizarse para puesta a tierra.

De los conductores de puesta a tierra que son aprobados por la norma vigente se observa que el soporte para cables tipo charola, no se puede utilizar como conductor de puesta a tierra, por lo que se deberá seguir los lineamientos indicados

Cuando se utilicen los tubos (conduit), cables tipo AC, etc, como conductores de puesta a tierra, se deben utilizar los conectores apropiados de puesta a tierra en las terminaciones de los tubos (conduit) (contra y monitor de puesta a tierra), conectores para cable, para conducir en forma adecuada las corrientes de falla a tierra. Es importante recalcar que los conductores de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna deben instalarse junto con los conductores de cada circuito.

Tamaño de los conductores de puesta a tierra del equipo El tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra del equipo se debe seleccionar de acuerdo a la tabla 4.1, en base al valor del dispositivo de protección del propio circuito eléctrico y debe ser capaz de transportar la corriente de falla a tierra

| Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos (tabla 250-122 NOM) | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------|
| Capacidad o ajuste de el dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de: | Tamaño nominal AWG o Kcmil | |
| (A) | Cable de cobre | Cable de aluminio |
| 15 | 14 | --- |
| 20 | 12 | --- |
| 30 | 10 | --- |
| 40 | 10 | --- |
| 60 | 10 | --- |
| 100 | 8 | 6 |
| 200 | 6 | 4 |
| 300 | 4 | 2 |
| 400 | 2 | 1 |
| 500 | 2 | 1/0 |
| 600 | 1 | 2/0 |
| 800 | 1/0 | 3/0 |
| 1000 | 2/0 | 4/0 |
| 1200 | 3/0 | 250 |
| 1600 | 4/0 | 350 |
| 2000 | 250 | 400 |
| 2500 | 350 | 600 |
| 3000 | 400 | 600 |
| 4000 | 500 | 800 |
| 5000 | 700 | 1200 |
| 6000 | 800 | 1200 |

Tabla 4.1

IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

Los requisitos para la identificación de los conductores puestos a tierra en el sistema de alambrado de usuarios, de los conductores puestos a tierra y de las terminales.

Los sistemas de alambrado de usuarios deben tener un conductor puesto a tierra que se identifique como tal.

Cuando el conductor puesto a tierra esté aislado, el material del aislamiento debe ser: adecuado y de color diferente a cualquier conductor no puesto a tierra del mismo circuito en circuitos de menos de 1 000 V ó sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia de 1 kV ó más; o de una clasificación no inferior a 600 V para sistemas con neutro conectado sólidamente a tierra de 1 kV ó más. Se permite que el conductor de puesta a tierra del neutro sea un conductor desnudo si está aislado de los conductores de fase y protegido contra daño físico.

Medios de identificación de los conductores puestos a tierra DE TAMAÑO NOMINAL 13,3 mm² (6 AWG) O INFERIOR

Un conductor aislado puesto a tierra de tamaño nominal 13,3 mm² (6 AWG) o inferior debe identificarse por medio de un forro exterior continuo blanco o gris claro que lo cubra en toda su longitud. También se pueden reconocer de la siguiente forma:

- 1)** El conductor puesto a tierra de un cable con forro metálico y aislamiento mineral, debe identificarse en el momento de la instalación mediante marcas claras en sus extremos.
- 2)** Un cable con un solo conductor resistente a la luz solar y con clasificación de intemperie que se utilice como conductor puesto a tierra en los sistemas solares fotovoltaicos debe reconocerse en el momento de la instalación mediante una clara marca blanca en todos sus extremos.
- 3)** Los cables para artefactos, mediante franjas o por los medios descritos en los siguientes incisos:
 - a)** Malla trenzada coloreada. Una malla trenzada de color blanco o gris claro y la malla de los demás conductores de color o colores lisos, claramente distintos.
 - b)** Trazador en la malla. Con un color que contraste de manera evidente con el de ésta y ningún trazador en la malla de otro conductor o conductores. No debe utilizarse ningún

trazador en la malla de cualquier conductor o cordón flexible que contenga un conductor con una malla de color blanco o gris claro.

c) Aislamiento coloreado. En los cordones que no lleven malla en los conductores individuales, con un aislamiento blanco o gris claro en un conductor y un color o colores fácilmente diferenciables en el otro o en los restantes.

En los cordones con cubierta exterior que se suministren con los aparatos eléctricos, debe utilizarse un conductor con el aislamiento azul claro y los demás conductores con sus aislamientos de colores claramente distinguibles, que no sean blanco ni gris claro. En cordones que tienen el aislamiento individual de los conductores integrado con la cubierta, se permite cubrir el aislamiento con un acabado exterior para proveer el color deseado.

d) Separador coloreado.

En los cordones donde el aislamiento de los conductores esté integrado con la cubierta, un separador blanco o gris claro en un conductor y otro de un color liso fácilmente diferenciable en el otro conductor o conductores.

e) Conductores estañados. Para los cordones con aislamiento en conductores individuales integrados con la cubierta, un conductor que tenga hilos individuales estañados y el otro conductor o conductores que tenga (n) hilos individuales sin estañar.

4) Para cables aéreos, la identificación debe hacerse como se indica anteriormente o por medio de una marca en el exterior del cable.

Tamaños nominales superiores a 13,3 mm² (6 AWG)

Un conductor aislado puesto a tierra de tamaño nominal mayor que 13,3 mm² (6 AWG) debe identificarse por medio de un forro exterior continuo blanco o gris claro que lo cubra en toda su longitud; tres franjas blancas continuas en toda su longitud en aislamientos que no sean de color verde; o una visible marca blanca y permanente en sus extremos en el momento de la instalación.

Electrodos de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra permitidos por la norma vigente se dividen en dos:

- Sistema de electrodos de puesta a tierra.

- Electrodo de puesta a tierra especialmente contruidos.

La resistencia a tierra del sistema de electrodos de puesta a tierra y de los electrodos de puesta a tierra especialmente fabricados, deben tener un valor no mayor a 25 Ohm.

El sistema de electrodos de puesta a tierra está compuesto por;

- **Tubería metálica subterránea para agua.** Debe estar en contacto con el terreno mínimo 3 m y se le debe adicionar un electrodo de puesta a tierra especialmente construido
- **Estructura metálica del edificio**, si está eficazmente puesta a tierra., esto es que su impedancia a tierra sea baja, para lograr esto se deben unir las columnas a las partes metálicas de la cimentación con conductores, según los calibres de los conductores de puesta a tierra de la norma, y en caso de haber sellos formados por películas plásticas se tienen que puentear.
- **Electrodo empotrado en concreto** , se logran utilizando en las estructuras nuevas el acero del concreto armado como electrodo principal, siempre y cuando la cimentación haya sido diseñada para este fin con los cables de tierra adecuados y conectados a las varillas.
- **Anillo de tierra**, consiste en un conductor de cobre desnudo, de sección transversal no menor al calibre 2 AWG (por resistencia mecánica) y de longitud no menor a 6 m enterrado a una profundidad de 800 mm y, que rodee al edificio o estructura.

Estos anillos de tierras se emplean frecuentemente circundando una fábrica o un sitio de comunicaciones o de cómputo, para proveer un plano equipotencial para edificios y equipos.

- **Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos.**
- **Electrodos de varilla o tubería**, no deben tener menos de 2,40 m de largo y tienen que instalarse de tal modo que por lo menos 2,40 m de su longitud esté en contacto con la tierra. Las varillas de metales no ferrosos deben estar aprobadas y tener un diámetro no inferior a 13 mm de diámetro, y las de otros materiales por lo menos 16 mm. En tanto, las tuberías deben tener un diámetro no inferior a 19 mm, y si son de hierro tienen que contar con una protección contra corrosión en su superficie.

- **Electrodos de placa**, deben estar en contacto con el suelo mínimo 0,2 m² Y las placas de acero o fierro tienen que contar por lo menos con 6,4 mm de espesor; si son de material no ferroso por lo menos 1,52 mm de espesor.

Electrodos no permitidos

Los electrodos no permitidos son:

- Electrodos de aluminio.
- Sistema de tubería metálica subterránea para gas.

4.6. Aplicaciones.

Ejemplo:

Se tiene un circuito eléctrico de 5 receptáculos de 15 A que tiene un dispositivo de protección de 1 x 15 A, seleccione el conductor de puesta a tierra del circuito.

Paso 1

Se consulta la tabla 4.1, en la primera columna de la izquierda se busca 15 A y en la columna de conductor de puesta a tierra de cobre se indica el tamaño del conductor de puesta a tierra.

Paso 2

El tamaño del conductor de puesta a tierra es: Conductor de cobre de tamaño No.2,08 mm² (14 AWG).

Compensación del conductor de puesta a tierra por caída de tensión.

Es importante que cuando la selección del conductor del circuito alimentador o derivado se realiza por caída de tensión, el conductor de puesta a tierra se debe compensar por caída de tensión.

5. ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACION ELECTRICA DE BAJO CONSUMO ENERGETICO.

5.1 Uso eficiente de la energía

Consumir energía es sinónimo de actividad, de transformación y de progreso, siempre que ese consumo esté ajustado a nuestras necesidades y trate de aprovechar al máximo las posibilidades contenidas de energía.

Dadas las necesidades más básicas y primitivas (calentarse con una hoguera o cocinar los alimentos), a las más modernas y sofisticadas, la mejora de las condiciones de vida de los hombres o de su nivel de bienestar ha exigido siempre disponer de un excedente de energía que pudiese ser consumido. El consumo de energía, también en el hogar, es por tanto sinónimo de progreso, de aumento de la infraestructura, los bienes y servicios disponibles y de la satisfacción de las necesidades.

El consumo excesivo de los combustibles usados para generar energía eléctrica ha derivado en cambios que afectan gravemente a nuestro planeta, como el calentamiento global, entre otros, que nos ponen en riesgo a todos, por lo que es de vital importancia que seamos conscientes y que ayudemos a contrarrestarlos dentro de nuestras posibilidades.

El **uso eficiente** y el **ahorro** de la energía eléctrica contribuyen en buena medida a disminuirlos, además, cuando hacemos un uso racional de la energía eléctrica en nuestros hogares y lugares de trabajo, el pago del servicio también se reduce.

5.2 Energía sustentable.

Sustentabilidad o sustentable es un término que relacionamos con la ecología y el medio ambiente y hombres y mujeres de distintas especialidades han trabajado para darle un significado mas completo; se reconoció que el medio ambiente es un elemento fundamental para el desarrollo humano.

Con esta perspectiva se iniciaron programas y proyectos que trabajarían para construir nuevas vías y alternativas con el objetivo de enfrentar los problemas ambientales y, al mismo tiempo, mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales para las generaciones presentes y futuras por lo tanto, desarrollo sustentable es aquel que

satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

En cuanto a la energía eléctrica se puede relacionar con la sustentabilidad de varias formas y una de ellas es aumentar la eficiencia energética en el uso de la corriente eléctrica. El concepto apunta a plantear preocupaciones en nuestra sociedad global, tales como resolver la forma de conservar e incrementar la disponibilidad de energía de forma que se reduzcan los peligrosos gases de invernadero.

Productos eléctricos fabricados con conceptos de energía eléctrica sustentable usan menos energía que los fabricados con estándares tradicionales.

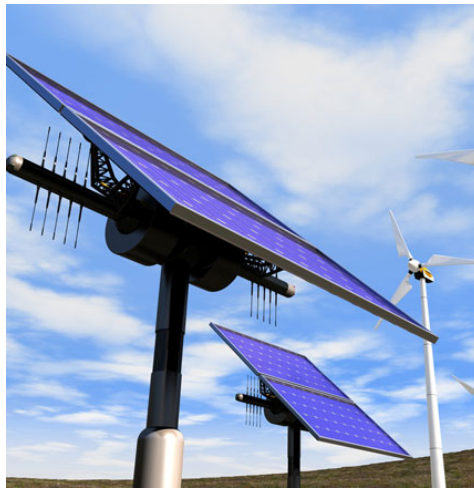


Imagen 5.1

El factor clave responsable de mejorar la eficiencia energética es el uso de cobre en mas cantidades de las que se usan en productos eléctricos estándar. Ello se debe a que el cobre tiene extraordinarias propiedades de conducción eléctrica que aumentan los niveles de eficiencia energética de los productos eléctricos.

La energía eléctrica sustentable ofrece al mercado oportunidades para alcanzar beneficios financieros, medioambientales y relacionados con la salud. Estas ventajas pueden ser concretadas a lo largo de toda la cadena de los sistemas, desde la generación eléctrica hasta la transmisión, distribución y el uso final de la energía. Los productos que son energéticamente eficientes producen importantes impactos positivos durante su vida útil.

- Menores costos operativos: los usuarios se benefician de menores cuentas de luz y costos de mantenimiento.
- Aumento de confiabilidad: productos con eficiencia energética son más confiables que los bienes estándar.

Los usuarios de productos eficientes energéticamente se benefician de una menor frecuencia de mantenimiento.

- Mayor vida: los productos eficientes en energía generalmente duran más tiempo que los bienes estándar.

Los usuarios no necesitan reemplazar esos aparatos con tanta frecuencia



Imagen 5.2

LAS RAZONES SON LAS SIGUIENTES:

- Menor riesgo de cortocircuito: los productos con eficiencia eléctrica tienen un menor máximo de demanda energética.

Ello ayuda a reducir el riesgo de cortocircuitos y apagones, así como los costos extraordinarios que pueden resultar de las interrupciones de energía.

- Más capital para inversiones: al usar productos eficientes, los ahorros derivados de las menores cuentas eléctricas, los menores costos de manutención, mayor vida útil de los productos y menores riesgos de fallas en la energía, pueden ser usados para inversiones empresariales estratégicas, que permiten a las compañías crecer y prosperar.

- Menos gases invernaderos: Uno de los beneficios ambientales y relacionados con la salud que posee la energía eléctrica sustentable es que al entregar y usar la electricidad de manera eficiente, las plantas generadoras queman menos carbón y emiten menos gases invernadero y mercurio hacia el ambiente.

Del mismo modo podemos hablar de beneficios sustentables de los motores eléctricos y los transformadores eficientes en energía ya que se reducen pérdidas por resistencia en los flujos de corriente ahorrando con ello electricidad y disminuyendo los requerimientos de electricidad.

Actualmente están en curso esfuerzos para educar a la industria y alentar a los usuarios a obtener los beneficios económicos, ambientales y para la salud, de usar sistemas eléctricos eficientes. Un ejemplo de esto es el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) que nos da orientación para el ahorro de energía desde a una Ama de casa como a profesionales de las instalaciones eléctricas.

5.3 Iluminación LED

EL diodo emisor de luz (LED por sus siglas en ingles) consiste en un dispositivo que en su interior contiene un material semiconductor que al aplicarle una pequeña corriente eléctrica produce luz. La luz emitida por este dispositivo son determinados colores que no producen calor, por lo tanto no se presenta aumento de temperatura como si ocurre con muchos de los dispositivos comunes emisores de luz, lo cual, no se desperdicia la energía que se transforma en calor. Es importante el material que se utiliza en los LEDS, ya que esto dependerá el color que adquiera la luz emitida por este dispositivo. Puede ir entre ultravioleta y el infrarrojo, incluyendo toda la gama de colores visibles al ojo humano. Los LEDS que emiten luz infrarroja son llamados IRED (Infra Red Emitting Diode). Estos dispositivos los podemos encontrar en los aparatos domésticos como son los equipos de sonido y todo tipo de controles remotos.

Estos LEDS se emplean en el alumbrado público así como en pantallas de cristal líquido de teléfonos móviles, calculadoras, agendas electrónicas, bicicletas y usos similares.



Imagen 5.3

¿Cuáles son las ventajas que ofrece este tipo de iluminación?

Ahorro de energía:

Como los LEDS se alimentan a baja tensión, consumen poca potencia.

No emiten calor:

Hemos visto que los otros sistemas de iluminación emiten mucho más calor, pero los Leds al alimentarse a baja tensión, consumen poca energía y por lo tanto exponen poco calor. Como el LED es un dispositivo que opera a baja temperatura en relación con la luminosidad que proporciona.

Su pequeño tamaño y gran potencia:

Lo convierten en una herramienta muy interesante para los diferentes diseños.

Resistencia mecánica:

Los LEDS no poseen un filamento de Tungsteno como las bombillas, por ello son mas resistentes a los golpes.

Luz Blanca:

Parecida a la luz del día, además mucho más adecuada al ojo humano.

Luz de Color:

No necesita la utilización de filtros para emitir luz de color, por lo tanto los colores son más intensos.

Larga vida:

Un Diodo tiene la capacidad de mantenerse encendido por 50 000 horas, esto equivaldría a 6 años.

Para poder entender mejor esto, pongamos un ejemplo:

Lámpara Dicroica de halógeno de 50 Watts con 2,000 hrs. de vida



Imagen 5.4

Lámpara tamaño Dicroica con Led's 8 Watts con 100, 000 hrs. de vida



Imagen 5.5

Considerando que el tiempo de vida de la lámpara de Leds tiene 100,000 hrs. y la dicroica de halógeno son 2,000 hrs. tenemos que:

50 veces más tiempo de vida dura la lámpara de LEDS

(100,00/2,000).

Hoy en día la lámpara de led cuesta alrededor de 6 veces el precio de una de halógeno, sin embargo el precio se ha ido disminuyendo.

El costo de la inversión es alta en comparación con la iluminación tradicional, solamente se amortiza en un tiempo muy corto dicha inversión, ya que su consumo es sumamente menor a la mencionadas.

Otra de las ventajas y quizás la más importante es que la iluminación de los LEDS no contamina el medio ambiente, pues no contiene mercurio, por lo tanto no emite calor, ni radiaciones, ni contaminación lumínica.

Los LEDS son y serán parte fundamental de la iluminación tanto en los hogares como en los edificios en un futuro, ya que con el paso del tiempo estos edificios y su automatización serán algo necesario, puesto que las ventajas que ofrecen se pueden adecuar a las necesidades del entorno.

5.4 Sistemas automatizados.

La instalación de los sistemas automáticos es relativamente barata y reducen en gran medida el consumo energético. Estos sistemas operan sin la intervención humana,

Un ejemplo de estos sistemas automáticos y que observamos en nuestra vida diaria, es al encender y apagar la iluminación exterior mediante un sistema de **fotocontrol** (fotoceldas) o mediante un temporizador (control por tiempo), de estos dos, el primero es preferido por su bajo costo y por ser sencillo de instalar y de operar. De hecho, prácticamente todas las lámparas del alumbrado público funcionan de esta manera, es decir, cuentan con un fotocontrol que solamente cuando está oscuro manda la señal de encendido de la lámpara.

Aplicaciones

Para control de encendido y apagado automático de iluminación de calles, exterior de casas y negocios, edificios, marquesinas, anuncios luminosos, iluminación de anuncios espectaculares, iluminación decorativa en edificios, monumentos y fuentes, etc.

El **fotocontrol** es un dispositivo en forma de capuchón de 3 pulgadas de diámetro y 2 pulgadas de alto, está diseñado para soportar condiciones de intemperie y tiene una larga vida útil, generalmente es de color gris o negro, está instalado sobre un receptáculo o *socket* especial que se encuentra en la parte superior de las luminarias (también puedes conseguir este último por separado).



Imagen 5.6

Algunas lámparas nuevas traen un fotocontrol mucho más pequeño llamado “de montaje directo”.

Cada fotocontrol debe traer impresas sus características: marca, modelo, voltaje, potencia máxima de la carga (lámparas a alimentar) y consumo, en la caja también se debe mostrar el diagrama de conexiones de esta manera.

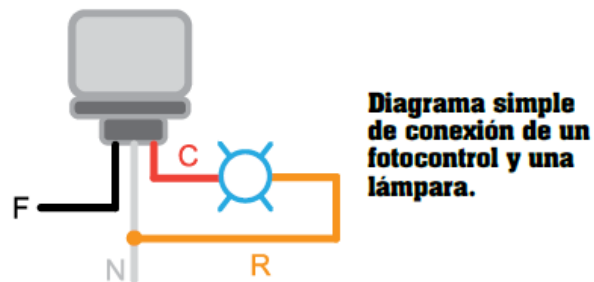


Figura 5.1

En caso de que la iluminación lleve balastro, ésta se conecta en el lugar del lámpara que aparece en la figura 5.1 anterior.

También puedes encontrar los fotocontroles en otras presentaciones, aunque son menos comunes y tienen un costo más elevado.

Estos equipos tienen la ventaja de poder controlar cualquier tipo de lámparas: incandescentes, fluorescentes (con balastro), ahorradoras, de descarga, de leds (diodo emisor de luz), etc. Para lograr un mayor ahorro, te conviene sustituir las lámparas normales por lámparas ahorradoras o, de ser posible, por lámparas con tecnología led, pues aunque su precio no sea el más barato, consumen menos energía.

Los interruptores activados por sensor de presencia operan sólo cuando y en donde se requiere, y el tiempo de apagado es ajustable, con lo que se elimina la posibilidad de dejar encendidas las luces por olvido.



Imagen 5.7

La mayoría de los interruptores de presencia funcionan con luz infrarroja (no visible), que al ser cortada por el paso de un cuerpo es interpretada por un sistema electrónico como “presencia”, la iluminación se activa de forma automática y se desactiva cierto tiempo después del último movimiento detectado.

Básicamente existen dos tipos de sensores de presencia: uno es de montaje en pared, en el mismo registro o chalupa donde iría el apagador; mientras que el otro es de montaje en techo, instalado sobre el registro de la lámpara. El ángulo de detección en los sensores de pared va de los 90° a los 160° (aunque muchos fabricantes aseguran ángulo de detección de 180°), mientras que los sensores de techo sí abarcan los 360°, y la mayor distancia de detección se logra justo enfrente del sensor. Otra de sus ventajas es que sólo funcionan si es de noche o si el nivel de iluminación bajó considerablemente, lo que reduce operaciones innecesarias.

La conexión es muy sencilla, algunos modelos sólo requieren dos hilos de alimentación, como un apagador sencillo, mientras que otros modelos tres, dos de alimentación (fase y neutro) y el tercero es fase controlada, que va a la lámpara. En ambos casos generalmente también existe un cable verde de tierra física, que es de seguridad

En un principio los interruptores de presencia eran de uso muy limitado debido a su alto costo, escasa difusión y dificultad de instalación (casi no había personal calificado), situación que en la actualidad ya cambió, su precio se ha reducido considerablemente y su popularidad va en aumento por sus notables ventajas.

También es posible conectar dos o más sensores en paralelo para hacer que un lámpara prenda si detecta movimiento en dos o más áreas.

Cada modelo de sensor debe conectarse de acuerdo con el diagrama que proporciona el fabricante. A continuación presentamos los diagramas de conexión más comunes:

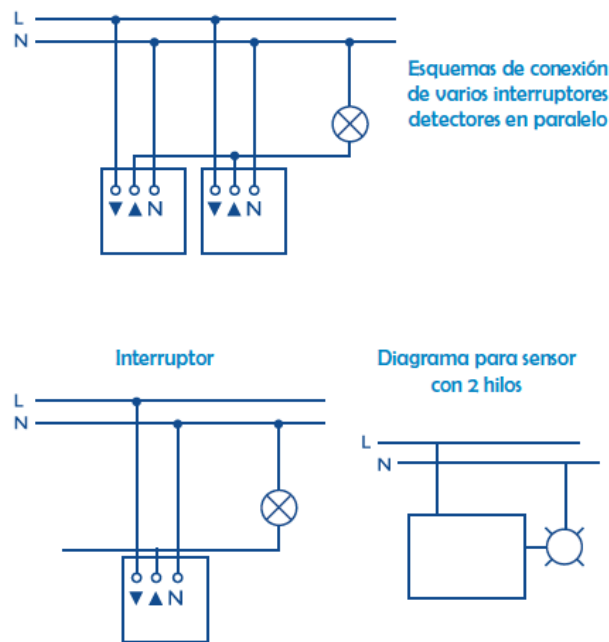


Figura 5.2

Otro dispositivo que permite el ahorro de energía es la instalación de sistemas automáticos de control de bombeo por electroniveles es sencilla, de costo aceptable

El control más elemental para un sistema de bombeo consiste en simplemente arrancar o parar el funcionamiento de una bomba de agua mediante un interruptor (ya sea de seguridad o bien electromagnético), que es la opción más económica, pero tiene las siguientes desventajas: el usuario debe estar pendiente de los niveles, tanto del tanque elevado como de la cisterna, ya que puede quedarse sin agua en el momento menos pensado o, por el contrario, puede derramarse el agua del tinaco por no parar la bomba a tiempo, en el peor de los casos, puede vaciarse la cisterna y quemarse el motor por trabajar en vacío.

El siguiente sistema de control, ampliamente utilizado, consiste en la utilización de dos interruptores de flotador, colocados uno en el tanque elevado y el otro en la cisterna.

Van conectados en serie con la alimentación de la motobomba, lo que garantiza una operación automática a un precio accesible, pero presenta algunos inconvenientes como: los flotadores están colocados en unas varillas de acero o aluminio sobre las que se desplazan para operar un juego de platinos, sin embargo, con el paso del tiempo se van acumulando incrustaciones de sales minerales en dichas varillas, y obstruyen el funcionamiento adecuado de dichos interruptores, además, los platinos del interruptor del flotador tienden a flamearse y/o ensuciarse al estar expuestos a la intemperie y a la humedad, y llegan al extremo de fallar. Otro es que los conductores alimentadores de la bomba deben hacer un largo recorrido pasando por ambos interruptores (el de la cisterna y el del tinaco), lo cual tiene dos problemas, por un lado requiere conductores de gran longitud y gran sección transversal (con alto costo), lo que a su vez ocasiona la caída de tensión por la resistencia eléctrica del conductor (que se agrava en grandes longitudes). Por estos inconvenientes, este sistema, que llegó a ser muy popular, casi no se utiliza en los nuevos proyectos de vivienda. En algunos casos se prefiere la utilización de flotadores herméticos conocidos como “tipo pera”, sobre todo cuando el líquido a bombear tiene gran cantidad de minerales o sólidos en suspensión, como es el caso de plantas potabilizadoras o de tratamiento de aguas residuales. Tanto en el caso de los interruptores de flotador como en los de tipo pera existe el riesgo de que los aislamientos de los conductores se dañen y pueda haber una conducción eléctrica por el agua, con el riesgo de descarga para los usuarios.

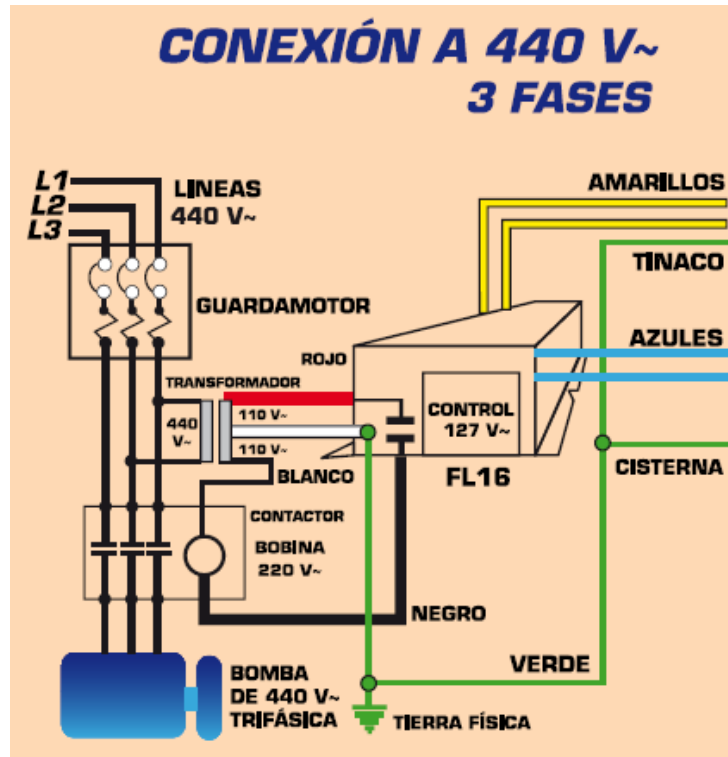
Para el caso específico de bombeo de agua potable, la opción más recomendable y segura es la utilización de control de bombeo por electroniveles. Consiste en un controlador que interpreta las señales de unos electrodos (generalmente tres) colocados

tanto en la cisterna como en el tanque elevado. Éstos tienen una pequeña señal de voltaje (inofensiva por no exceder 1.5 V) que viaja entre los electrodos a través del agua (gracias a los minerales disueltos), y cuya conducción se interpreta como nivel alto, mientras que cuando no hay conducción se interpreta como ausencia de agua o nivel bajo. El controlador monitorea continuamente el nivel de agua y para arrancar el motor de la bomba requiere 2 condiciones: que la cisterna tenga agua (continuidad en los electrodos) y que el tinaco esté vacío (circuito sin continuidad en los electrodos). Si alguna de las 2 condiciones cambia (es decir, si la cisterna está vacía o si el tanque elevado está lleno), la bomba de agua se detiene, de ésta manera se garantiza que la bomba nunca va a operar en vacío (sin agua) ni se derramará el agua en el tinaco, a menos que exista una falla (conductores rotos o en corto circuito). El controlador manda arrancar o para el motor mediante un relevador (interruptor) que alimenta al motor.

Cada marca de control por electroniveles tiene su diagrama de conexiones, y aunque existe gran similitud entre ellos, debemos conectarlos de acuerdo con el diagrama que proporcione el fabricante.

Un control por electroniveles consta de 3 partes: un cerebro o microcontrolador (que manda la señal de salida: arranque o paro del motor), un sistema de electrodos o sensores de nivel (generalmente 3 en el tinaco y 3 en la cisterna) y un relevador en serie con el motor de la bomba.

Estos controles tienen la flexibilidad de controlar bombas de agua directamente a 127 V o a 220 V, si se requiere mayor potencia, se puede utilizar un arrancador para motor trifásico (el control por electroniveles controla la bobina del contactor). Estos modelos generalmente cuentan con señalización de leds para indicar los niveles, así como el estado de la bomba (encendido/apagado).



5.4 Instalaciones Inteligentes

Una casa Inteligente es un hogar que le permite tener el control total de todos los dispositivos como cafetera eléctrica, iluminación, sistemas de seguridad, cámaras, persianas, sistemas de riego, motores, dispositivos de bajo voltaje, etc.

Puede seleccionar sobre una amplia gama de aplicaciones a controlar en su casa, sin embargo, existen grandes rubros que generalmente son los más comunes y cómodas:

Iluminación: Control de apagado, prendido, disminución/incremento de intensidad gradual, tiempos, eventos, control centralizado y más.

Energía eléctrica: Permite controlar un aparato conectado a la corriente para prenderlo y apagarlo con base a horarios o eventos en el sistema, encendido de aspersores, etc.

Seguridad: Puertas, ventanas con sensores de apertura, sensores de rompimiento de vidrios, sensores de movimiento, sensores de humo, violación del perímetro, seguridad por áreas, tiempos y/o claves personales.

Ahora bien, un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos:

estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

El desarrollo e implantación de la inteligencia de un edificio tiene como objetivo primordial el confort y la seguridad de las personas que habitan ó trabajan en él; protege física y psicológicamente el entorno humano, donde se utilizan todos los recursos posibles para el cometido final:

Ayudar a los propietarios, operadores y ocupantes a realizar sus propósitos en términos que el inmueble satisfaga sus necesidades presentes y futuras.

Esto permite una operación funcional del inmueble y que además esté preparado para cualquier adecuación a las necesidades del avance tecnológico ó de la dinámica de las organizaciones que ahí habitan.

- Reduce los altos costos de operación.
- Disminuye costos de mantenimiento.
- Evita desperdicios.
- Elimina posibles fallas operativas.
- Activa alarma contra intrusos.
- Protege en caso de siniestro natural.
- Coadyuva a la seguridad.
- Controla el clima.
- Mantiene la iluminación idónea.

Ahora podremos comprender el término **domótica que** proviene de la unión de las palabras *domus* ('casa' en latín) y *automática* (de raíz griega, 'que funciona por sí sola'). Se refiere a la automatización y control de aparatos y sistemas eléctricos y electrónicos de forma centralizada o a distancia. Su objetivo es el aumento del confort, el ahorro energético y la mejora de la seguridad personal y patrimonial en la vivienda. Puede ser aplicada en edificios de oficinas, corporativas, multiusuarios, hoteles, hospitales, universidades, industrias.

Un término emparentado es la **inmótica**, que es el equipamiento de edificios de uso terciario o industrial con sistemas de gestión técnica automatizada de las instalaciones, con los mismos fines de seguridad, comodidad y ahorro en el consumo de energía.

LOS DISPOSITIVOS

La amplitud de una solución de domótica puede variar desde un único dispositivo, que realiza una sola acción, hasta amplios sistemas que controlan prácticamente todas las instalaciones dentro de la vivienda. Los distintos dispositivos se pueden clasificar en:

Controlador

Gestionan el sistema según la programación y la información que reciben. Puede haber uno solo o varios distribuidos en el sistema.

Actuador

Es un dispositivo capaz de ejecutar o recibir una orden del controlador y realizar una acción sobre un aparato o sistema (encendido/apagado, apertura/cierre, etc.).

Sensor

Monitorea el entorno captando información que transmite al sistema (de agua, gas, humo, temperatura, etc.).

Bus

Es el medio de transmisión de la información entre los distintos dispositivos: cableado propio, redes de otros sistemas (red eléctrica, telefónica, de datos) o de forma inalámbrica.

Interfaz

Se refiere a los dispositivos (pantallas, internet, conectores) y los formatos (binario, audio) en que se muestra la información del sistema para los usuarios y donde los mismos pueden interactuar con el sistema.

Es preciso destacar que todos los dispositivos del sistema de domótica no tienen que estar físicamente separados, sino varias funciones pueden estar combinadas en un

equipo. Por ejemplo, un equipo puede estar compuesto por un controlador, actuadores, sensores y varias interfaces.

Los medios de interconexión pueden ser: cableados: DSL, fibra óptica, X10, cable (coaxial y par trenzado);o inalámbricos: Wifi,

GPRS, Bluetooth, Radiofrecuencia, Infrarrojos, ZigBee; por mencionar algunos.

Existen tres grados de inteligencia según la automatización de las instalaciones o desde el punto de vista tecnológico.

1, **básico**, existe una automatización de la actividad y los servicios de telecomunicaciones, aunque no están integrados.

2, **medio**, tenemos sistemas de automatización de la actividad, sin una completa integración de las telecomunicaciones.

3, **máximo o total**, los sistemas de automatización, la actividad y las telecomunicaciones se encuentran totalmente integrados.

El sistema de automatización de la vivienda o edificio se divide en: sistema básico de control (encargado de instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, elevadores y escaleras eléctricas, y suministros de gas y electricidad), sistema de seguridad y sistema de ahorro de energía.

Para la seguridad de las personas están los sistemas de detección de humo y fuego, fugas de gas, suministro de agua, monitoreo de equipo para la extinción de fuego, red de rociadores, extracción automática de humo, señalización de salidas de emergencia y el voice de emergencia. Para la seguridad de bienes materiales o de información, el circuito cerrado de televisión, la vigilancia perimetral, el control de accesos, el control de rondas de vigilancia, la intercomunicación de emergencia, la seguridad informática, el detector de movimientos sísmicos y el de presencia.

El sistema de ahorro de energía es el encargado de la zonificación de la climatización, el intercambio de calor entre zonas, incluyendo el exterior, el uso activo y pasivo de la energía solar, la identificación del consumo, el control automático y centralizado de la iluminación, el control de horarios para el funcionamiento de equipos, el control de ascensores y el programa emergente en puntos críticos de demanda.

Desde el punto de vista de donde reside la inteligencia del sistema domótico, hay varias arquitecturas diferentes: **centralizada**: un controlador centralizado recibe información de múltiple sensores y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores; **distribuida**: toda la inteligencia del sistema está distribuida por todos los módulos, sean sensores o actuadores, es típica de los sistemas de cableado en bus o redes inalámbricas; **mixta**: es descentralizada en cuanto a que disponen de varios pequeños dispositivos capaces de adquirir y procesar la información de múltiple sensores y transmitirlos al resto de dispositivos distribuidos por la vivienda, p.ej. aquellos sistemas basados en ZigBee y totalmente inalámbricos.

FACTORES POR CONSIDERAR EN LA ELECCION

No hay un sistema de domótica que sea el mejor para todas las situaciones desde todos los aspectos. Cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes, para cada situación hay uno o varios sistemas que se adaptarán a la mayoría de los requerimientos por resolver.

Para la elección adecuada del sistema para una vivienda o una promoción de varias viviendas con zonas comunes, etc, es preciso tener en cuenta los siguientes aspectos:

La tipología y tamaño: departamento, adosado, vivienda unifamiliar, y su tamaño.

Si es nueva o construida: si la vivienda no se ha construido hay prácticamente libertad total para incorporar cualquier sistema, en caso contrario, hay que tener en cuenta la obra civil que conllevan los distintos sistemas. Por lo regular los sistemas inalámbricos son más recomendables en casas ya construidas, pues evitan realizar cambios estructurales mayores.

Las funcionalidades: éstas se basan en la estructura familiar (o la composición de los habitantes) y sus hábitos, y si el uso es para primera vivienda, segunda vivienda o para alquiler, etc.

La integración: además de los aparatos y sistemas con que se controla directamente el sistema, hay que definir con qué otros sistemas del hogar digital se quiere interactuar.

Los interfaces: hay una gran variedad de interfaces, como pulsadores, pantallas táctiles, voz, presencia, móvil, web, etc. para elegir e implementar. Los distintos sistemas disponen de distintos interfaces.

El presupuesto: el costo varía mucho entre los distintos sistemas, hay que equilibrar el presupuesto con otros factores que se desea cumplir.

La reconfiguración y mantenimiento: se debe tener en cuenta la facilidad con que el usuario pueda reconfigurar el sistema y, por otro lado, los servicios de mantenimiento y la posventa que ofrecen los fabricantes y los integradores de sistemas.

Variedad de opciones

Todos los sistemas en domótica: iluminación, climatización, seguridad, riego, zonificación, etc., buscan, como dijimos, aumentar el confort, la eficiencia y ahorrar recursos. Las siguientes son sólo algunas posibilidades, existen tantas como necesidades o tareas susceptibles de ser mejoradas en un hogar o edificio:

Seguridad: detectores de presencia, circuitos cerrados de televisión, comprobación del estado de las puertas, vigilancia perimetral y periférica, control y bloqueo de accesos, protección

anti-intrusos, control/comprobación de rondas de vigilancia, detección de incendios (humo y fuego), detección de escapes o fugas de gas, telefonía de emergencia (interna o externa), conexión con la policía, bomberos u otras.

Gestión energética y medioambiental: control de temperatura y climatización, control de iluminación, gestión de dispositivos eléctricos, gestión de electrodomésticos, lectura remota de contadores y gestión de tarifas, gestión de ahorro de energía.

Automatización y control: automatización y control de toldos y persianas, simulación de presencia, creación de ambientes, diagnóstico y mantenimiento remoto, telecontrol.

Ocio y entretenimiento: gestión de equipos audiovisuales, pago por evento, distribución multimedia, multicanal, música *on-line*, red de área doméstica.

Comunicaciones y servicios contratables: videoconferencia, videotelefonía, telefonía IP, telecomunicaciones banda ancha, teletrabajo, teleeducación, telemedicina, inteligencia ambiental.

Veamos por ejemplo los casos de iluminación, climatización y gestión de electrodomésticos:

Respecto de la **iluminación**, tenemos las opciones de: apagado/ encendido (también denominado *On/Off*) de las lámparas o el circuito; regulación de la intensidad de luz de la lámpara o el circuito; control de presencia (mediante detectores de presencia) puede encender o apagar la iluminación, por ejemplo, cuando el sistema detecta la presencia de una persona en una habitación; medir la luz (incluyendo la luz natural del exterior y la luz que llega de otras estancias) puede regular la iluminación para garantizar una cantidad establecida, p. ej., cuando está siendo usado un despacho se puede garantizar un nivel determinado de luz según las distintas horas del día.

La **climatización** de una vivienda suele ser constituido por un sistema de calefacción (caldera con radiadores, suelo radiante,

etc.) y/o un sistema de refrigeración (aire acondicionado u otros) o ambos combinados en un único sistema (bomba de calor y frío, suelo radiante de calor y frío, etc.).

El **control individual de cada estancia** es recomendable si hay varios habitantes de la vivienda y sus hábitos son muy variados.

Si la familia tiene pocos miembros y sus hábitos son muy similares se puede alcanzar un buen confort y ahorro energético agrupando zonas de varias estancias. Un tipo de zonificación que se suele crear son zonas denominadas “zona día” (zonas de uso habitual durante el día como el comedor, la sala, etc.) y “zona noche” (habitualmente limitada a las recámaras con sus baños correspondientes). Esto se puede programar considerando además la temperatura de confort, la época del año, el carácter de la estancia, temperaturas de economía o anti-helada.

La **gestión digital de la electricidad** del hogar es uno de los argumentos más antiguos para la implementación de la domótica por parte de la administración y la empresa suministradora.

Cuando la demanda de energía eléctrica es, en un momento determinado, superior a la potencia contratada, el sistema de domótica puede desconectar una o varias líneas o circuitos eléctricos (en los que se encuentran conectados equipos de uso no prioritario y de significativo consumo eléctrico), con la finalidad de evitar que se interrumpa el suministro de energía eléctrica en la vivienda por la operación de las protecciones, e concreto, por la del interruptor termomagnéticos general.

Algunos modernos electrodomésticos domóticos empiezan ya a ser controlables a través de un sistema más amplio. En ellos no sólo suele ser posible controlar el encendido y apagado de forma remota o automática, sino también permiten funciones como: avisos remotos de un mal funcionamiento, como una puerta abierta del frigorífico, o un filtro sucio; telegestión para poder diagnosticar de forma remota la falla de un aparato o cargar de forma remota un nuevo *software*.

6. PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA INDUSTRIAL

6.1. Generalidades.

En este capítulo se desarrollará un ejemplo de un proyecto de una planta industrial, teniendo como objetivo principal, utilizar los cálculos y las tablas que se dieron a conocer en los capítulos anteriores, procurando garantizar funcionalidad en el diseño y sobre todo la seguridad de los usuarios de la instalación eléctrica.

Se comenzará con el plano de la edificación, incluyendo en esta la distribución del área de almacenamiento, maquinaria, áreas de oficinas, etc.

6.2. Organización del área de proyectos.

Para realizar la realización de este proyecto lo dividiremos en 3 fases; alumbrado, fuerza y alimentadores generales.

Primero se realiza un estudio y un cálculo de la iluminación requerida en cada una de las áreas de la nave industrial de acuerdo a las actividades que se realizarán en cada una de esas áreas, para lo cual se realizó el cálculo y el análisis con la ayuda de un software especializado en el diseño de alumbrado quedando el tipo y la distribución de luminarios de acuerdo al plano no. 1 anexo::

6.3. Memorias de cálculos, planos.

Cálculos de Alumbrado:

Lámparas de 175W clear MH

220V

202W

$$I = \frac{202}{\sqrt{2} * 220} = 0.64A$$

Lámparas de 400W clear MH

220V

440W

$$I = \frac{440}{\sqrt{2} * 220} = 1.41A$$

Lámparas de 4X34W fluorescente

$$220V$$

$$130W$$

$$I = \frac{130}{\sqrt{2} * 220} = 0.41A$$

De acuerdo a las especificaciones de la ubicación y condiciones climáticas se deberá de tomar en cuenta un ajuste por factor de temperatura del 0.71 en cada calculo

Área de terminados:

Se tendrá un interruptor independiente para 4 secciones de 4 luminarios.

CA-01:

$$d_{aprox} = 27.8m$$

$$I = 0.64 A * 4 = 2.56A$$

$$F. T. = \frac{2.56A}{0.71} = 3.6A$$

$$F. A. = \frac{3.6A}{0.70} = 5.14A$$

Calibre 14AWG

Selección del conductor por caída de tensión de acuerdo a grafica 3.1 al 3% de caída de tensión a la distancia requerida:

$$14AWG @ 11m = 15A > 2.56A$$

por lo tanto calibre 14AWG

Debido a las mismas condiciones ambientales y de carga deducimos que para loas demás secciones del alumbrado obtendremos una corriente similar y por lo tanto el calibre del conductor será el mismo

Tubo conduit:

De acuerdo a la tabla de área interior de tubo conduit al 40% de Fr tendremos $75mm^2$ de espacio disponible en un tubo de $16mm$ por lo que es el adecuado

$$8 - 14AWG = 8 * 8.97mm^2 = 71.76mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 = 3.307mm^2$$

$$seccion\ total = 75.067mm^2$$

De manera similar se prosigue con los cálculos siguientes:

CA-02: Almacén de cajas

$$d_{aprox} = 11m$$

$$I = 0.64 A * 3 = 1.92A$$

$$F.T. = \frac{1.92A}{0.71} = 2.70A$$

$$F.A. = \frac{2.70A}{0.70} = 3.85A$$

Conductor calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 11m = 15A > 2.56A$$

calibre 14AWG

CA-03: Almacén de latas

$$d_{aprox} = 20m$$

$$I = 0.64 A * 2 = 1.28A$$

$$F.T. = \frac{1.28A}{0.71} = 1.80A$$

$$F.A. = \frac{1.80A}{0.70} = 2.57A$$

Conductor calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 20m = 15A > 1.28A$$

CA-04: Área de cuarentena

$$d_{aprox} = 23.98m$$

$$I = 0.64 A * 3 = 1.92A$$

$$F.T. = \frac{1.92A}{0.71} = 2.70A$$

$$F.A. = \frac{2.70A}{0.70} = 3.85A$$

Conductor calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 25m = 15A > 1.92A$$

CA-05:

Tubo conduit:

$$6 - 14AWG = 6 * 8.97mm^2 = 53.82mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$seccion\ total = 56.89mm^2$$

Tuberia conduit de 16mm

CA-06: Jefe de Planta y Calidad

$$d_{aprox} = 36.38m$$

$$I = 0.41 A * 8 = 3.34A$$

$$F.T. = \frac{3.34A}{0.71} = 4.70A$$

$$F.A. = \frac{4.70A}{0.5} = 9.4A$$

Conductor calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 40m = 10A > 3.34A$$

CA-07: Área de Empaquetado sección de 4 luminarios

$$d_{aprox} = 23.98m$$

$$I = 1.41 A * 4 = 5.64A$$

$$F.T. = \frac{5.64A}{0.71} = 7.94A$$

$$F.A. = \frac{7.94A}{0.5} = 15.8A$$

Conductor calibre 12AWG

Por caída de tensión:

$$12AWG @ 25m = 20 A > 5.64A$$

CA-08: Área de Empaquetado sección de 5 Luminarios

$$d_{aprox} = 16.13m$$

$$I = 1.41 A * 5 = 7.05A$$

$$F.T. = \frac{7.05A}{0.71} = 9.92A$$

$$F.A. = \frac{9.92A}{0.5} = 15.8A$$

Conductor calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 20m = 15A > 7.05A$$

CA-09:

Tubo conduit:

$$8 - 12AWG = 8 * 11.7mm^2 = 93.6mm^2$$

$$4 - 14AWG = 4 * 8.97mm^2 = 35.88mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$seccion total = 132.787mm^2$$

Tuberia conduit de 21mm

CA-10: Área de Empaquetado sección de 5 Luminarios

$$d_{aprox} = 16.13m$$

$$I = 1.41 A * 5 = 7.05A$$

$$F.T. = \frac{7.05A}{0.71} = 9.92A$$

$$F.A. = \frac{9.92A}{0.7} = 15.8A$$

Conductor calibre 12AWG

Por caída de tensión:

$$12AWG @ 16m = 20A > 7.05A$$

CA-11: Área de Empaquetado sección de 6 Luminarios

$$d_{aprox} = 32.54m$$

$$I = 1.41 A * 6 = 8.46A$$

$$F.T. = \frac{8.46A}{0.71} = 11.91A$$

$$F.A. = \frac{11.91A}{0.7} = 17.02A$$

Conductor calibre 12AWG

Por caída de tensión:

$$12AWG @ 35m = 18A > 8.46A$$

CA-12: Área de Selección 2 secciones de 4 Luminarios

$$d_{aprox} = 18m$$

$$I = 1.41 A * 4 = 5.64A$$

$$F.T. = \frac{5.64A}{0.71} = 7.94A$$

$$F.A. = \frac{7.94A}{0.7} = 11.34A$$

Conductor calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 18m = 15A > 5.64A$$

CA-13: Área de Selección 2 secciones de 4 Luminarios

$$d_{aprox} = 22.16m$$

$$I = 0.64 A * 4 = 2.56A$$

$$F.T. = \frac{2.56A}{0.71} = 3.60A$$

$$F.A. = \frac{3.60A}{0.8} = 14.5A$$

Conductor calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 45m = 11A > 2.56A$$

CA-14:

Tubo conduit:

$$2 - 12AWG = 2 * 11.7mm^2 = 23.4mm^2$$

$$10 - 14AWG = 10 * 8.97mm^2 = 89.7mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 = 3.307mm^2$$

$$seccion total = 116.407mm^2$$

Tuberia conduit de 21mm

CA-15:

Tubo conduit:

$$6 - 14AWG = 6 * 8.97mm^2 = 53.82mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 = 3.307mm^2$$

$$seccion total = 57.127mm^2$$

Tuberia conduit de 16mm

**CA-16: Área de producción se controlaran
14 secciones de 5 Luminarios**

$$d_{aprox} = 44.14m$$

$$I = 1.41 A * 5 = 7.05A$$

$$F.T. = \frac{7.05A}{0.71} = 9.92A$$

$$F.A. = \frac{9.92A}{0.5} = 19.85A$$

Conductor calibre 10AWG

Por caída de tensión:

$$10AWG @ 45m = 15A > 7.05A$$

**CA-17: Área de Enfriamiento y canastas
de recepcion 2 secciones de 7 Luminarios**

$$d_{aprox} = 38.44m$$

$$I = 1.41 A * 7 = 9.8A$$

$$F.T. = \frac{9.8A}{0.71} = 13.8A$$

$$F.A. = \frac{13.8A}{0.5} = 27.6A$$

Conductor calibre 10AWG

Por caída de tensión:

$$10AWG @ 40m = 15A > 9.8A$$

CA-18:Tubo conduit:

$$10 - 10AWG = 6 * 15.7mm^2 = 282.6mm^2$$

$$1D - 8AWG = 1 * 8.367mm^2 = 8.367mm^2$$

$$seccion total = 290.967mm^2$$

Tuberia conduit de 35mm

Calculo de circuitos de fuerza:

Las salidas de los tomacorrientes se consideraran a 180W y los tomacorrientes trifásicos a 537W

CF-01:

$$d_{aprox} = 52.89m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 6.26A$$

$$F.A. = \frac{6.26A}{0.8} = 7.83A$$

Para el caso del cálculo de fuerza se contemplara un factor de reserva del 20% para próximas ampliaciones o modificaciones de la instalación por lo que nos queda de la siguiente manera:

$$F. Reserva. = 7.83 + 20\% = \mathbf{9.39A}$$

Calibre 14AWG

Por lo que calcularemos el conductor por caída de tensión de acuerdo la grafica 3.1 presentada en el capitulo 3

$$14AWG @ 60m = 10A > 2.56A$$

Para los contactos trifásicos presentes en la zona obtenemos que:

$$d_{aprox} = 28m$$

$$I_{trif} = \frac{537W}{\sqrt{3} * 220} = 1.41A$$

$$F.T. = \frac{1.41A}{0.71} = 1.99A$$

$$F.A. = \frac{1.99A}{0.8} = 2.48A$$

$$F.R. = 2.48A + 20\% = \mathbf{2.97A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 30m = 15A > 2.56A$$

Tubería conduit:

Se realiza la sumatoria del área que ocupa cada uno de los conductores que pasa por la canalización:

$$5 - 14AWG = 5 * 8.97mm^2 = 44.85mm^2$$

$$1D - 12AWG = 2 * 3.307mm^2 = 6.614mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 51.46mm^2}$$

Seleccionamos la tubería de acuerdo al área disponible en el tubo conduit al 40% de factor de relleno (FR) presentada en la tabla 3.13 del capítulo 3.

Tubería de 16 mm

Se aplicara el mismo procedimiento para los circuitos posteriores:

CF-02

$$\mathbf{Area Total = 69.404mm^2}$$

$$d_{aprox} = 20.58m$$

$$I = \frac{2 * 180W}{127} = 2.83A$$

$$F.T. = \frac{2.83A}{0.71} = 3.99A$$

$$F.A. = \frac{3.99A}{0.8} = 4.99A$$

$$F.Reserva. = 4.99 + 20\% = \mathbf{5.98A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 20m = 15A > 2.56A$$

Tubería conduit

$$7 - 14AWG = 7 * 8.97mm^2 = 62.79mm^2$$

$$1D - 12AWG = 2 * 3.307mm^2 \\ = 6.614mm^2$$

Tubería de 21 mm

CF-03

$$d_{aprox} = 30.96m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 6.26A$$

$$F.A. = \frac{6.26A}{0.8} = 7.48A$$

$$F.Reserva. = 7.48A + 20\% = \mathbf{8.97A}$$

conductor de calibre 12AWG

Por caída de tensión:

$$12AWG @ 30m = 20A > 4.25A$$

$$d_{aprox} = 30.96m$$

$$I_{trif} = \frac{537W}{\sqrt{3} * 220} = 1.41A$$

$$F.T. = \frac{1.41A}{0.71} = 1.99A$$

$$F.A. = \frac{1.99A}{0.8} = 2.48A$$

$$F.R. = 2.48A + 20\% = \mathbf{2.97A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 30m = 15A > 1.41A$$

Tubería conduit

$$5 - 14AWG = 5 * 8.97mm^2 = 44.85mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 48.157mm^2}$$

Tubería de 16 mm

CF-04

$$d_{aprox} = 16.97m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 6.26A$$

$$F.A. = \frac{6.26A}{0.7} = 8.55A$$

$$F. Reserva. = 8.55A + 20\% = \mathbf{10.26A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 20m = 15A > 2.56A$$

calibre 14AWG

Por corriente:

$$d_{aprox} = 30.96m$$

$$I_{trif} = \frac{537W}{\sqrt{3} * 220} = 1.41A$$

$$F.T. = \frac{1.41A}{0.71} = 1.99A$$

$$F.A. = \frac{1.99A}{0.8} = 2.48A$$

$$F.R. = 2.48A + 20\% = \mathbf{2.97A}$$

$$\mathbf{I_{Trif Total} = 2.97A + 2.97A = 5.94A}$$

conductor de calibre 14AWG

Tubería conduit

$$5 - 14AWG = 5 * 8.97mm^2 = 44.85mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 48.157mm^2}$$

Tubería de 16 mm

CF-05

Tubería conduit

$$7 - 14AWG = 7 * 8.97mm^2 = 26.71mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 66.097mm^2}$$

Tubería de 21 mm

CF-06

$$d_{aprox} = 20.19m$$

$$I = \frac{2 * 180W}{127} = 2.83A$$

$$F.T. = \frac{2.83A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.8} = 4.98A$$

$$F.Reserva. = 4.98A + 20\% = \mathbf{5.97A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 20m = 15A > 2.83A$$

calibre 14AWG

Por corriente:

$$d_{aprox} = 20.19m$$

$$I_{trif} = \frac{2 * 537W}{\sqrt{3} * 220} = 2.81A$$

$$F.T. = \frac{2.81A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.8} = 4.98A$$

$$F.R. = 4.98A + 20\% = \mathbf{5.97A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 20m = 15A > 2.81A$$

calibre 14AWG

Tubería conduit

$$5 - 14AWG = 5 * 8.97mm^2 = 44.85mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 48.157mm^2}$$

Tuberia de 16 mm

CF-07

$$d_{aprox} = 23.4m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 6.26A$$

$$F.A. = \frac{6.26A}{0.7} = 8.55A$$

$$F.Reserva. = 8.55A + 20\% = \mathbf{10.26A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 20m = 15A > 2.56A$$

Tubería conduit

$$2 - 14AWG = 2 * 8.97mm^2 = 17.94mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 21.247mm^2}$$

Tuberia de 16 mm

CF-08

$$d_{aprox} = 40.42m$$

$$I = \frac{4 * 180W}{127} = 5.6A$$

$$F.T. = \frac{5.6A}{0.71} = 7.98A$$

$$F.A. = \frac{7.98A}{0.7} = 11.4A$$

$$F. Reserva. = 11.4A + 20\% = \mathbf{13.68A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 45m = 12A > 5.6A$$

Tubería conduit

$$2 - 14AWG = 2 * 8.97mm^2 = 17.94mm^2$$

$$1D - 12AWG = 2 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 21.247mm^2}$$

Tuberia de 16 mm

CF-09

$$d_{aprox} = 25.98m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 6.26A$$

$$F.A. = \frac{6.26A}{0.7} = 8.55A$$

$$F. Reserva. = 8.55A + 20\% = \mathbf{10.26A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 30m = 15A > 4.25A$$

Tubería conduit

$$5 - 14AWG = 5 * 8.97mm^2 = 44.85mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 48.157mm^2}$$

Tuberia de 16 mm

CF-10

$$d_{aprox} = 15.48m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 6.26A$$

$$F.A. = \frac{6.26A}{0.7} = 8.55A$$

$$F. Reserva. = 8.55A + 20\% = \mathbf{10.26A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 20m = 15A > 4.25A$$

Tubería conduit

$$6 - 14AWG = 6 * 8.97mm^2 = 53.82mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\mathbf{Area Total = 57.127mm^2}$$

Tuberia de 16 mm

CF-11

Tubería conduit

$$13 - 14AWG = 13 * 8.97mm^2 \\ = 116.61mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\text{Area Total} = 119.91mm^2$$

Tubería de 35 mm**CF-12**

Tubería conduit

$$7 - 14AWG = 7 * 8.97mm^2 = 62.79mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\text{Area Total} = 66.097mm^2$$

Tubería de 21 mm**CF-13**

$$d_{aprox} = 73.44m$$

$$I = \frac{4 * 180W}{127} = 5.66A$$

$$F.T. = \frac{5.66A}{0.71} = 8.09A$$

$$F.A. = \frac{8.09A}{0.5} = 16.18A$$

$$F.Reserva. = 16.18A + 20\% = 19.41A$$

conductor de calibre 12AWG**Por caída de tensión:**

$$12AWG @ 75m = 12A > 5.6A$$

Por corriente:

$$d_{aprox} = 73.44m$$

$$I_{trif} = \frac{2 * 537W}{\sqrt{3} * 220} = 2.81A$$

$$F.T. = \frac{2.81A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.5} = 8.08A$$

$$F.R. = 8.08A + 20\% = 9.69A$$

conductor de calibre 14AWG**Por caída de tensión:**

$$14AWG @ 75m = 7A > 2.81A$$

Tubería conduit

$$2 - 6AWG = 2 * 46.8mm^2 = 93.6mm^2$$

$$4 - 8AWG = 4 * 28.2mm^2 = 112.8mm^2$$

$$1D - 8AWG = 1 * 8.367mm^2 \\ = 8.367mm^2$$

$$\text{Area Total} = 214.76mm^2$$

Tubería de 35 mm**CF-14**

$$d_{aprox} = 52.1m$$

$$I = \frac{4 * 180W}{127} = 5.66A$$

$$F.T. = \frac{5.66A}{0.71} = 8.09A$$

$$F.A. = \frac{8.09A}{0.5} = 16.18A$$

$$F.Reserva. = 16.18A + 20\% = 19.41A$$

conductor de calibre 12AWG

Por caída de tensión:

$$12AWG @ 60m = 12A > 5.6A$$

Por corriente:

$$I_{trif} = \frac{2 * 537W}{\sqrt{3} * 220} = 2.81A$$

$$F.T. = \frac{2.81A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.5} = 8.08A$$

$$F.R. = 8.08A + 20\% = \mathbf{9.69A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 60m = 10A > 2.81A$$

Tubería conduit

Tuberia de 21 mm

CF-15

$$d_{aprox} = 47.71m$$

$$I = \frac{4 * 180W}{127} = 5.66A$$

$$F.T. = \frac{5.66A}{0.71} = 8.09A$$

$$F.A. = \frac{8.09A}{0.5} = 16.18A$$

$$F.Reserva. = 16.18A + 20\% = \mathbf{19.41A}$$

conductor de calibre 12 AWG

Por caída de tensión:

$$12AWG @ 50m = 17A > 5.6A$$

$$I_{trif} = \frac{2 * 537W}{\sqrt{3} * 220} = 2.81A$$

$$F.T. = \frac{2.81A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.5} = 8.08A$$

$$F.R. = 8.08A + 20\% = \mathbf{9.69A}$$

conductor de calibre 14 AWG

Tubería conduit

Tuberia de 21 mm

CF-16

$$d_{aprox} = 33.07m$$

$$I = \frac{5 * 180W}{127} = 7.08A$$

$$F.T. = \frac{7.08A}{0.71} = 9.97A$$

$$F.A. = \frac{8.09A}{0.8} = 12.46A$$

$$F.Reserva. = 12.46A + 20\% = \mathbf{14.95A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 35m = 13A > 5.6A$$

Por corriente:

$$I_{trif} = \frac{2 * 537W}{\sqrt{3} * 220} = 2.81A$$

$$F.T. = \frac{2.81A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.8} = 4.98A$$

$$F.R. = 4.98A + 20\% = \mathbf{5.97A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 35m = 17A > 5.6A$$

Tubería conduit

$$6 - 14AWG = 6 * 8.97mm^2 = 46.8mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\text{Area Total} = 57.127mm^2$$

Tuberia de 21 mm

CF-17

$$d_{aprox} = 52.49m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 5.98A$$

$$F.A. = \frac{5.98A}{0.5} = 11.96A$$

$$F.Reserva. = 11.96A + 20\% = 14.35A$$

conductor de calibre 14 AWG

Por caída de tensión:

$$14AWG @ 60m = 10A > 14.35 \text{ No alcanza}$$

$$12AWG @ 60m = 15A > 14.35A \text{ Si alcanza}$$

Tubería conduit

$$2 - 12AWG = 2 * 11.7mm^2 = 23.4mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\text{Area Total} = 26.707mm^2$$

Tuberia de 16 mm

CF-18

$$I_{trif} = \frac{3 * 537W}{\sqrt{3} * 220} = 1.41A$$

$$F.T. = \frac{1.41A}{0.71} = 1.99A$$

$$F.A. = \frac{1.99A}{0.5} = 3.98A$$

$$F.R. = 3.98A + 20\% = 4.77A$$

conductor de calibre 14AWG

$$14AWG @ 60m = 10A > 1.41A$$

Tubería conduit

$$2 - 12AWG = 2 * 11.7mm^2 = 23.4mm^2$$

$$4 - 14AWG = 4 * 8.97mm^2 = 35.88mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2 \\ = 3.307mm^2$$

$$\text{Area Total} = 62.587mm^2$$

Tuberia de 21 mm

CF-19

$$d_{aprox} = 52.8m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 5.98A$$

$$F.A. = \frac{5.98A}{0.5} = 11.96A$$

$$F.Reserva. = 11.96A + 20\% = 14.35A$$

conductor de calibre 14 AWG

Por caída de tensión:

14AWG @ 55m = 10A > 14.35A No alcanza

12AWG @ 55m = 15A > 14.35A

Por corriente:

$$I_{trif} = \frac{2 * 537W}{\sqrt{3} * 220} = 2.81A$$

$$F.T. = \frac{2.81A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.5} = 7.96A$$

$$F.R. = 7.96A + 20\% = \mathbf{9.5A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión

14AWG @ 55m = 10A > 9.5A

Tubería conduit

Tuberia de 16 mm

CF-20

$$d_{aprox} = 21.22m$$

$$I = \frac{2 * 180W}{127} = 2.83A$$

$$F.T. = \frac{2.83A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.5} = 4.96A$$

$$F.Reserva. = 4.96A + 20\% = \mathbf{9.55A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión

14AWG @ 25m = 15A > 5.6A

Tubería conduit

$$2 - 14AWG = 2 * 8.97mm^2 = 17.94mm^2$$

$$1D - 8AWG = 1 * 8.367mm^2 \\ = 8.367mm^2$$

Area Total = 26.307mm²

Tuberia de 16 mm

CF-21

$$d_{aprox} = 17.3m$$

$$I = \frac{3 * 180W}{127} = 4.25A$$

$$F.T. = \frac{4.25A}{0.71} = 5.98A$$

$$F.A. = \frac{5.98A}{0.5} = 11.96A$$

$$F.Reserva. = 11.96A + 20\% = \mathbf{14.35A}$$

conductor de calibre 14AWG

Por caída de tensión

14AWG @ 20m = 15A > 5.6A

Por corriente:

$$I_{trif} = \frac{2 * 537W}{\sqrt{3} * 220} = 2.81A$$

$$F.T. = \frac{2.81A}{0.71} = 3.98A$$

$$F.A. = \frac{3.98A}{0.5} = 7.96A$$

$$F.R. = 7.96A + 20\% = \mathbf{9.55A}$$

conductor de calibre 14AWG

CF-22

Tubería conduit

$$4 - 12AWG = 4 * 11.7mm^2 = 46.8mm^2$$

$$8 - 14AWG = 8 * 8.97mm^2 = 71.76mm^2$$

$$1D - 12AWG = 1 * 3.307mm^2$$

$$\text{Area Total} = 75.067mm^2$$

Tuberia de 21 mm**CF-23**

Tubería conduit

$$4 - 12AWG = 4 * 11.7mm^2 = 46.8mm^2$$

$$13 - 14AWG = 14 * 8.97mm^2$$

$$= 125.58mm^2$$

$$1D - 8AWG = 1 * 3.307mm^2$$

$$\text{Area Total} = 175.687mm^2$$

Tuberia de 21 mm

Calculo de alimentación a tableros de maquinas:

CM-01: Cerradoras

$$P = 8KW$$

$$d \text{ aprox} = 33.43 \text{ m}$$

$$I = \frac{8000KW}{\sqrt{3} * 220} = 20.99A$$

$$F.T. = \frac{20.99A}{0.71} = 29.56A$$

$$F.A. = \frac{29.56A}{0.45} = 65.69A$$

$$F. Reserva = 65.69A + 20\% = 78.83A$$

Conductor calibre 4 AWG

Por caída de tensión

$$4AWG @ 35m = 81A > 20.99A$$

Tubo conduit:

$$3 - 4AWG = 3 * 62.8mm^2 = 188.4mm^2$$

$$1d - 4AWG = 21.15mm^2$$

$$Area total = 209.55mm^2$$

Tubo conduit de 35mm

CM-02: Exhauster

$$P = 5KW$$

$$d \text{ aprox} = 25.65 \text{ m}$$

$$I = \frac{5000KW}{\sqrt{3} * 220} = 13.12A$$

$$F.T. = \frac{13.12A}{0.71} = 18.47A$$

$$F.A. = \frac{18.47A}{0.45} = 41.06A$$

$$F. Reserva = 41.06A + 20\% = 49.27A$$

Conductor calibre 8 AWG

Por caída de tensión

$$8AWG @ 30m = 42A > 13.12A$$

Tubo conduit:

$$3 - 8AWG = 3 * 28.2mm^2 = 84.6mm^2$$

$$1d - 4AWG = 21.15mm^2$$

$$Area total = 105.75mm^2$$

Tubo conduit de 21mm

CM-02: Mesa 1

$$P = 6KW$$

$$d \text{ aprox} = 66.51 \text{ m}$$

$$I = \frac{6000KW}{\sqrt{3} * 220} = 15.74A$$

$$F.T. = \frac{15.74A}{0.71} = 22.16A$$

$$F.A. = \frac{22.16A}{0.45} = 49.24A$$

$$F. Reserva = 49.24A + 20\% = 59.09A$$

Conductor calibre 4 AWG

Por caída de tensión

$$4AWG @ 70m = 60A > 59A$$

Tubo conduit:

$$3 - 4AWG = 3 * 62.8mm^2 = 188.4mm^2$$

$$1d - 4AWG = 21.15mm^2$$

$$Area total = 209.55mm^2$$

Tubo conduit de 35mm

CM-03: Mesa 2 y 3

$$P = 4.4KW$$

$$d \text{ aprox} = 43.19 \text{ m}$$

$$I = \frac{4400KW}{\sqrt{3} * 220} = 11.54A$$

$$F.T. = \frac{11.54A}{0.71} = 16.25A$$

$$F.A. = \frac{16.25A}{0.45} = 36.11A$$

$$F. Reserva = 36.11A + 20\% = 43.34A$$

Conductor calibre 8 AWG

Por caída de tensión

$$8AWG @ 45m = 10A > 5.6A$$

Tubo conduit:

$$3 - 8AWG = 3 * 28.2mm^2 = 84.6mm^2$$

$$1d - 4AWG = 21.15mm^2$$

$$Area total = 105.75mm^2$$

Tubo conduit de 21mm

CM-04: Horno

$$P = 10KW$$

$$d aprox = 65.89 m$$

$$I = \frac{10000KW}{\sqrt{3} * 220} = 26.24A$$

$$F.T. = \frac{26.24A}{0.71} = 36.95A$$

$$F.A. = \frac{36.95A}{0.45} = 82.12A$$

$$F. Reserva = 82.12A + 20\% = 98.55A$$

Conductor calibre 2 AWG

Por caída de tensión

$$2AWG @ 70m = 82A > 26.24A$$

Tubo conduit:

$$3 - 2AWG = 3 * 86mm^2 = 172mm^2$$

$$1d - 4AWG = 21.15mm^2$$

$$Area total = 193.15mm^2$$

Tubo conduit de 35mm

CM-05: Autoclaves y enfriamiento

$$P = 14KW$$

$$d aprox = 51.98 m$$

$$I = \frac{14000KW}{\sqrt{3} * 220} = 36.74A$$

$$F.T. = \frac{36.74A}{0.71} = 51.74A$$

$$F.A. = \frac{51.74A}{0.45} = 114.99A$$

$$F. Reserva = 114.99A + 20\% = 137.99A$$

Conductor calibre 1/0 AWG

Por caída de tensión

$$1/0AWG @ 55m = 150A > 36.74A$$

Tubo conduit:

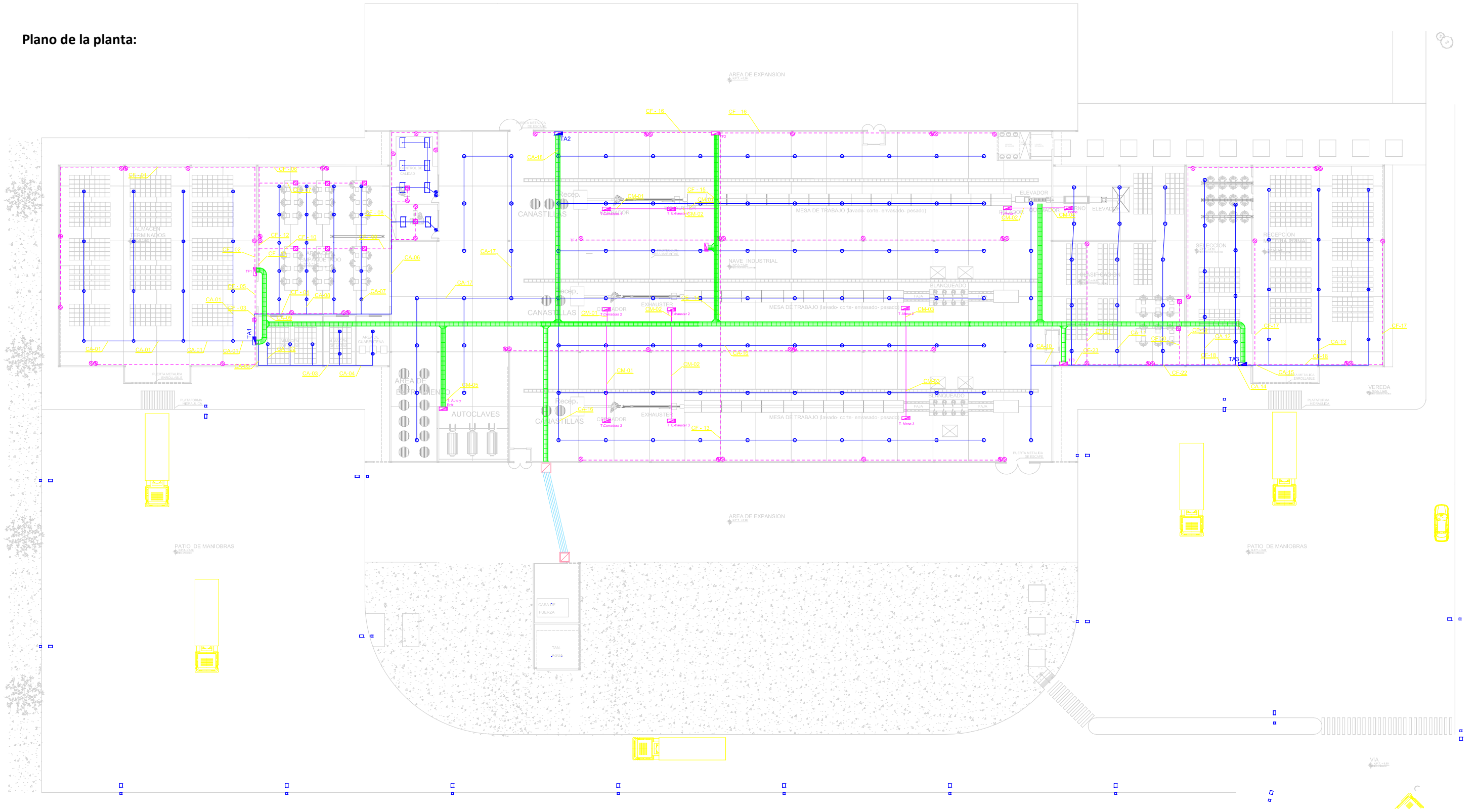
$$3 - 2AWG = 3 * 86mm^2 = 172mm^2$$

$$1d - 4AWG = 21.15mm^2$$

$$Area total = 193.15mm^2$$

Tubo conduit de 35mm

Plano de la planta:



Tableros:

| TF1 | | | | | | |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Circuito | Contactos 1φ (180W) | Contactos 3φ (537 W) | VA disponibles | Corriente total consumida | Fase | Protección comercial (A) |
| 1 | 3 | | 540 | 4.25 | 1 | 10 |
| 2 | 2 | | 360 | 2.83 | 1 | 10 |
| 3 | 3 | | 540 | 4.25 | 1 | 10 |
| 4 | | 1 | 537 | 1.41 | 1 2 3 | 10 |
| 5 | 3 | | 540 | 4.25 | 2 | 10 |
| 6 | | 1 | 537 | 1.41 | 1 2 3 | 10 |
| 7 | 2 | | 360 | 2.81 | 3 | 10 |
| 8 | | 2 | 1074 | 2.81 | 1 2 3 | 10 |
| 9 | 3 | | 540 | 4.25 | 3 | 10 |
| 10 | 4 | | 720 | 5.6 | 2 | 10 |
| 11 | 3 | | 540 | 4.25 | 2 | 10 |
| 12 | 3 | | 540 | 4.25 | 3 | 10 |

| TF2 | | | | | | |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Circuito | Contactos 1φ (180W) | Contactos 3φ (537 W) | VA disponibles | Corriente total consumida | Fase | Protección comercial (A) |
| 1 | 4 | | 720 | 5.66 | 1 | 10 |
| 2 | | 2 | 1074 | 2.81 | 1 2 3 | 10 |
| 3 | 4 | | 720 | 5.66 | 2 | 10 |
| 4 | | 2 | 1074 | 2.81 | 1 2 3 | 10 |
| 5 | 4 | | 720 | 5.66 | 3 | 10 |
| 6 | | 2 | 1074 | 2.81 | 1 2 3 | 10 |
| 7 | 5 | | 900 | 7.08 | 1 | 10 |
| 8 | | 2 | 1074 | 2.81 | 1 2 3 | 10 |

| TF3 | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---|-------------|---|
| Circuito | Contactos 1φ (180W) | Contactos 3φ (537 W) | VA disponibles | Corriente total consumida | Fase | Protección Comercial (A) |
| 1 | 3 | | 540 | 4.25 | 1 | 10 |
| 2 | | 1 | 537 | 2.81 | 1 2 3 | 10 |
| 3 | | 2 | 1074 | 2.83 | 1 2 3 | 10 |
| 4 | 3 | | 540 | 4.25 | 2 | 10 |
| 5 | 2 | | 360 | 2.81 | 3 | 10 |
| 6 | 3 | | 540 | 4.25 | 3 | 10 |
| 7 | | 2 | 1074 | 2.81 | 1 2 3 | 10 |
| TF4 | | | | | | |
| Circuito | Potencia requerida | Corriente total consumida | Fase | Protección comercial (A) | | |
| cerrador 1 | 8KW | 20.99 | 1 2 3 | 30 | | |
| cerrador 2 | 8KW | 20.99 | 1 2 3 | 30 | | |
| cerrador 3 | 8KW | 20.99 | 1 2 3 | 30 | | |
| exhauster 1 | 5KW | 13.12 | 1 2 3 | 20 | | |
| exhauster 2 | 5KW | 13.12 | 1 2 3 | 20 | | |
| exhauster 3 | 5KW | 13.12 | 1 2 3 | 20 | | |
| mesa 1 | 6KW | 15.74 | 1 2 3 | 20 | | |
| mesa 2 | 4.4KW | 11.54 | 1 2 3 | 20 | | |
| mesa 3 | 4.4KW | 11.54 | 1 2 3 | 20 | | |
| horno 1 | 10KW | 26.24 | 1 2 3 | 30 | | |
| autoclaves y enfriamiento | 14KW | 36.74 | 1 2 3 | 40 | | |

| TA 1 | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|------|--------------------------|
| Circuito | Lampara de 175W | lamparas de 440W | lamparas fluorescentes de 130W | Corriente total consumida | Potencia Total | Fase | Proteccion Comercial (A) |
| Area de Terminados 1 | 4 | | | 2.56 | 700 | 1 2 | 10 |
| Area de Terminados 2 | 4 | | | 2.56 | 700 | 1 2 | 10 |
| Area de Terminados 3 | 4 | | | 2.56 | 700 | 3 2 | 10 |
| Area de Terminados 4 | 4 | | | 2.56 | 700 | 3 2 | 10 |
| Almacen de cajas | 3 | | | 1.92 | 525 | 3 2 | 10 |
| Almacenn de latas | 2 | | | 1.28 | 350 | 3 2 | 10 |
| Area de Cuarentena | 2 | | | 1.28 | 350 | 3 2 | 10 |
| Jefe y Calidad | | | 8 | 3.34 | 1040 | 1 | 10 |
| Area de Empaquetado 1 | | 4 | | 5.64 | 1760 | 1 2 | 10 |
| Area de Empaquetado 2 | | 4 | | 5.64 | 1760 | 1 3 | 10 |
| Area de Empaquetado 3 | | 4 | | 5.64 | 1760 | 1 3 | 10 |
| Area de Empaquetado 4 | | 4 | | 5.64 | 1760 | 2 3 | 10 |

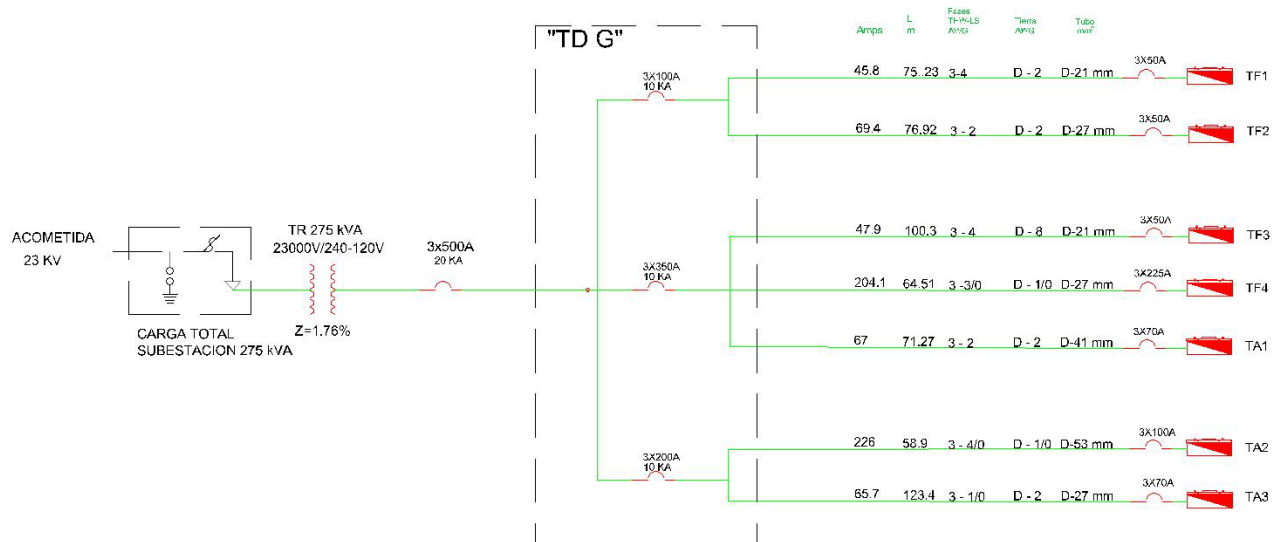
| TA 2 | | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------|------|--------------------------|
| Circuito | Lampara de 175W | lamparas de 440W | lamparas fluorescentes de 130W | Potencia Total | Corriente total consumida | Fase | Proteccion comercial (A) |
| Produccion 1 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 2 | 10 |
| Produccion 2 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 2 | 10 |
| Produccion 3 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 2 | 10 |
| Produccion 4 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 2 | 10 |
| Produccion 5 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 2 | 10 |
| Produccion 6 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 2 | 10 |
| Produccion 7 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 3 | 10 |
| Produccion 8 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 3 | 10 |
| Produccion 9 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 3 | 10 |
| Produccion 10 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 1 3 | 10 |
| Produccion 11 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 2 3 | 10 |
| Produccion 12 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 2 3 | 10 |
| Produccion 13 | 0 | 5 | | 2200 | 7.05 | 2 3 | 10 |
| Produccion 14 | 0 | 7 | | 3080 | 9.8 | 1 3 | 15 |
| Enfriamiento | 0 | 7 | | 3080 | 9.8 | 1 3 | 15 |

| TA 3 | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------|------|--------------------------|
| Circuito | Lampara de 175W | lamparas de 440W | lamparas fluorescentes de 130W | Potencia Total | Corriente total consumida | Fase | Proteccion comercial (A) |
| area de clasificacion 1 | 5 | 5 | | 3075 | 10.25 | 1 2 | 15 |
| area de clasificacion 2 | 5 | 5 | | 3075 | 10.25 | 1 2 | 15 |
| area de clasificacion 3 | 5 | 5 | | 3075 | 10.25 | 2 3 | 15 |
| area de clasificacion 4 | 6 | 5 | | 3250 | 10.89 | 1 3 | 20 |
| area de selección 1 | 4 | 5 | | 2900 | 9.61 | 1 3 | 15 |
| area de selección 2 | 4 | 5 | | 2900 | 9.61 | 2 3 | 15 |
| precepcion de M. P. 1 | 0 | 4 | | 1760 | 5.64 | 1 2 | 10 |
| precepcion de M. P. 2 | 0 | 4 | | 1760 | 5.64 | 1 3 | 10 |
| precepcion de M. P. 3 | 0 | 4 | | 1760 | 5.64 | 2 3 | 10 |

Tablero general de Alimentación a tableros:

| Tablero general de alimentación a tableros | | | | | | |
|--|---------------------------|--------------|---------------|---------------|--|--------------------------|
| Tablero | Corriente total conectada | | | Distancia (m) | Conductor directamente enterrado (calibre AWG) | Protección comercial (A) |
| | fase 1 | fase 2 | fase 3 | | | |
| TF1 | 16.96 | 15.48 | 16.94 | 75.23 | 4 | 50 |
| TF2 | 23.98 | 16.9 | 16.9 | 76.92 | 2 | 50 |
| TF3 | 12.7 | 12.7 | 15.51 | 100.34 | 4 | 50 |
| TF4 | 204.13 | 204.13 | 204.13 | 64.51 | 3/0 | 225 |
| TA1 | 25.38 | 26 | 26.52 | 71.27 | 2 | 50 |
| TA2 | 90.1 | 63.45 | 68.95 | 58.9 | 4/0 | 100 |
| TA3 | 52.28 | 51.64 | 51.64 | 123.43 | 1/0 | 70 |
| Total | 425.53 | 390.3 | 400.59 | | | |

Diagrama Unifilar



6.4. Costos y tarifas

En México, existen distintas tarifas de acuerdo a la capacidad de nuestra acometida, las cuales describiremos a continuación:

1. Doméstico

2. General hasta 25 kW de demanda

3. General más de 25 kW de demanda

Incluye pequeñas fábricas y comercios que necesitan el servicio trifásico, donde la demanda es más significativa. Estos usuarios requieren de capacitores, ya que se les penaliza por tener un bajo Factor de Potencia (menor a 0.9.) Tienen bonificación por Factor de Potencia superior al 0.9.

4. Molinos de nixtamal y tortillerías

Esta tarifa es para los usuarios cuyo nombre se indica en la misma, pero la tendencia es desaparecerla. La mayoría de ellos se moverán a la tarifa No. 3, donde ya pagarán el bajo Factor de Potencia no incluido en su estructura tarifaria actual.

5. Alumbrado público

6. Bombeo de aguas potables y negras

En esta tarifa sí se paga bajo Factor de Potencia, por lo cual los municipios constituyen un potencial de mercado interesante.

7. Temporal

9. Bombeo para riego agrícola

En esta tarifa se están aplicando incrementos especiales para llevar a un nivel de cobro con relación al costo más real (aún no se incluye el cargo por bajo Factor de Potencia). A pesar de ello, muchos de los usuarios necesitan capacitores dado que las grandes distancias entre los centros de abastecimientos y la localización de los motores para el bombeo, hacen necesario el capacitor para tener un nivel de voltaje adecuado.

OM

Para usuarios que reciben el suministro en voltajes de 1,000 a 34,500 Volts y cuya demanda máxima es menor a 1,000 kW. Están sujetos a bonificación por valores superiores a 0.9. Sin embargo no tienen tarifa horaria.

HM

Esta tarifa es para usuarios que reciben el suministro de 1,000 a 34,500 Volts pero cuya demanda es superior a los 1,000 kW. Además de pagar el cargo por bajo Factor de Potencia y tener su bonificación, serán susceptibles a una tarifa horaria de acuerdo a los periodos de consumo de energía.

HS

Son los usuarios que se encuentran en un nivel de voltaje de alimentación superior a los 34,500 Volts, pero menor a los 220,000 Volts. Pagan bajo Factor de Potencia y bonificación por Factor de Potencia superior a 0.9. Además, están sujetos también a tarifa horaria.

HT

Son los usuarios que reciben el suministro de 220,000 Volts en adelante y tal como en la tarifa HS y HM están sujetos a tarifa horaria, cargo por bajo Factor de Potencia y bonificación por Factor de Potencia superior a 0.9. Esta es una tarifa interrumpible, es decir los usuarios aceptan un cierto número de interrupciones dentro del año con una duración predeterminada por parte de CFE (la cual deberá avisar con media hora de antelación). De esta forma, se disminuyen los cargos.

Bibliografía

1. Enríquez Harper, Gilberto, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, 2a; Edit. Limusa, 2000.
2. Gilberto Enriquez Harper, Guía Practica para el cálculo de Instalaciones Electricas basado en Normas Tecnicas para Instalaciones, Edit. Limusa, 2004
3. Gilberto Enríquez Harper, Guía para El diseño de Instalaciones Eléctricas, Residenciales, Industriales y Comerciales, Edit. Mac Graw Hill; 2005
4. Gilberto Enríquez Harper, Manual práctico de instalaciones eléctricas, 2ª Edición, Edit. Limusa, 2004.
5. Javier Oropeza Ángeles, Manual de instalaciones Eléctricas Comerciales e Industriales, Square D Club de Electricistas.
6. Javier Oropeza Ángeles, Manual de instalaciones Residenciales, Square D Club de Electricistas.
7. Manual Eléctrico Viakon, Tercera Edicion
8. Neagu Bratu Serbán, Instalaciones eléctricas conceptos básicos y diseño, 2ªedición,
9. Revista “Eléctrica: La guía del electricista”
- 10.Revista “ElectriQO” de Schneider electric.
- 11.Revista “Instalaciones: Revista de Ingenieria”
- 12.Revista “En Línea” de Shneider Electric.