

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La generación de energía eléctrica es un fenómeno físico de transformación de energía; siendo básico remontar a las investigaciones de Faraday, las cuales determinan el principio del motor eléctrico y el generador elemental.

Es por ello que los principios de generación eléctrica, encuentran la premisa de poder convertir la energía mecánica en eléctrica, es decir, por medio de un movimiento mecánico, poder hacer girar un rotor, con un conjunto de espiras, dentro de un campo magnético; a fin de que al cortar al campo magnético, para que se produzca una inducción que implique una corriente eléctrica.

Como punto fundamental debemos de contar con una turbina que realice la función deseada, es decir, proporcionar el movimiento (energía mecánica) al sistema de generación

La definición de turbina nos dice:

Es motor rotativo que convierte en energía mecánica la energía de una corriente de agua, vapor de agua o gas. El elemento básico de la turbina es la rueda o rotor, que cuenta con palas, hélices, cuchillas o cubos colocados alrededor de su circunferencia, de tal forma que el fluido en movimiento produce una fuerza tangencial que impulsa la rueda y la hace girar. Esta energía mecánica se transfiere a través de un eje para proporcionar el movimiento de una máquina, un compresor, un generador eléctrico o una hélice.

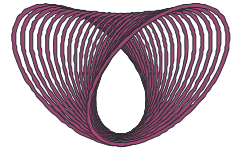
Al contar con la necesidad de generación eléctrica, además de los principios de funcionamiento eléctrico, el hombre encuentra las diversas formas de energía para dar movimiento a las turbinas, determinando la siguiente clasificación general:

- **ENERGÍA HIDRÁULICA.**
 - Por medio de presas.
 - Por medio de olas.
 - Por medio de mareas.
- **ENERGÍA TÉRMICA.**
 - Por medio de carbón.
 - Por medio de combustibles.
 - Por medio de fisión nuclear.
 - Por medios naturales.
- **ENERGÍA EÓLICA.**
- **ENERGÍA SOLAR.**

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 1.- GENERALIDADES DE LA ELECTRICIDAD



TIPOS DE ENERGÍA Y CARACTERÍSTICAS.

ENERGÍA HIDRÁULICA: Energía que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas.

ENERGÍA TÉRMICA: Energía que se transfiere de un cuerpo a otro debido a su diferencia de temperaturas. También recibe el nombre de calor. La unidad de la energía térmica es el julio, pero aún se sigue utilizando la unidad histórica del calor, la caloría.

ENERGÍA NUCLEAR: Energía liberada durante la fisión o fusión de núcleos atómicos.

ENERGÍA GEOTÉRMICA: Es la energía relacionada con el calor interior de la Tierra, su fuente son los yacimientos naturales de agua caliente. Se usa para la generación de energía eléctrica, en calefacción o en procesos de secado industrial.

ENERGÍA EÓLICA: Energía producida por el viento.

ENERGÍA SOLAR: Energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

Las plantas de generación se clasifican de la siguiente manera:

↗ **HIDROELÉCTRICAS.**

Presas naturales.
Presas artificiales.

↗ **MAREMOTRIZ.**

Por olas.
Por marea.

↗ **TERMOELÉCTRICA.**

Artificial.
Carbanoeléctrica.
Por medio de combustibles fosiles.
Nucleoeléctrica.
Geotérmica.

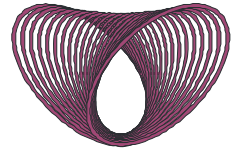
↗ **EÓLICAS.**

↗ **SOLARES.**

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 1.- GENERALIDADES DE LA ELECTRICIDAD



SISTEMA DE GENERACIÓN EN MÉXICO.



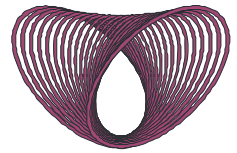
La generación de energía eléctrica por parte de la **Comisión Federal de Electricidad** se realiza por medio de las tecnologías disponibles en la actualidad, centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas y nuclear.

Al cierre del mes de marzo del año 2004 la **CFE**, incluyendo productores independientes de energía, cuenta con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 44,269.74 Megawatts (MW), de los cuales 9,363.82 MW son de hidroeléctricas, 29,979.36 MW corresponden a las termoeléctricas que consumen hidrocarburos; 2,600.00 MW a carboeléctricas; 959.50 MW a geotermoeléctricas; 1,364.88 MW a la nucleoeleétrica y 2.18 MW a la eoleleétrica.

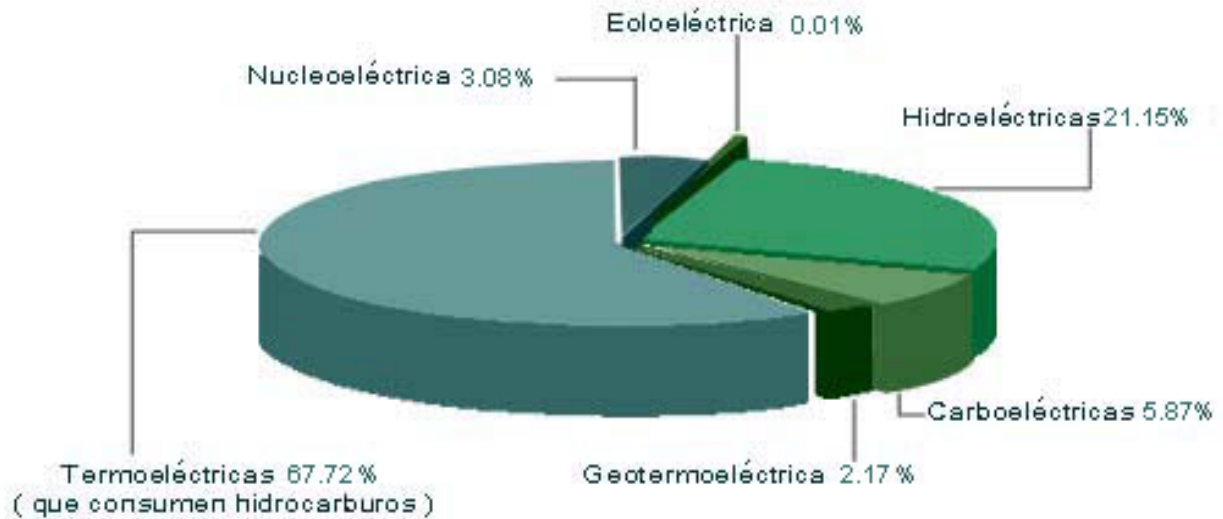
APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

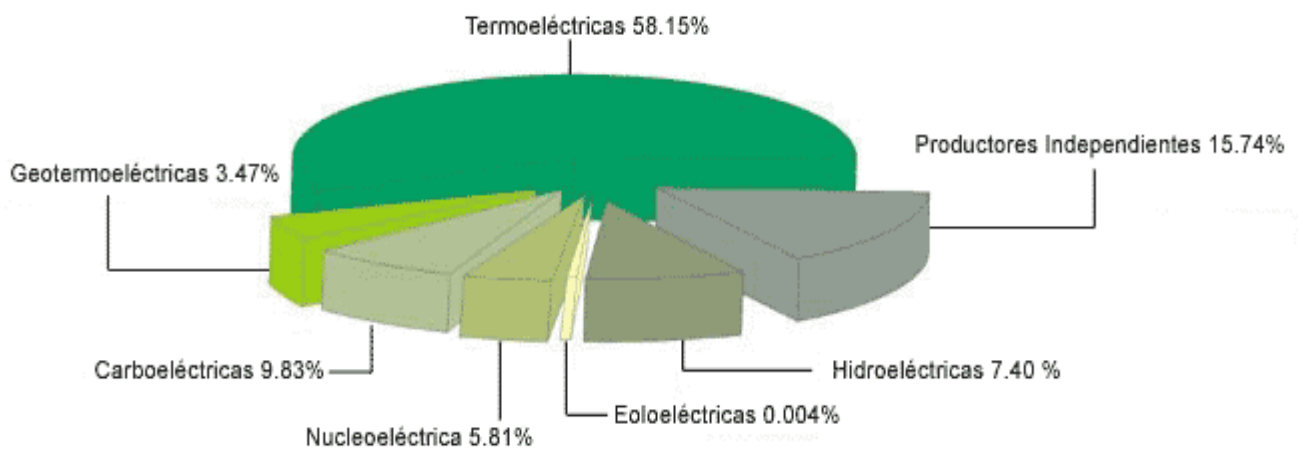
UNIDAD 1.- GENERALIDADES DE LA ELECTRICIDAD



CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA DE GENERACIÓN



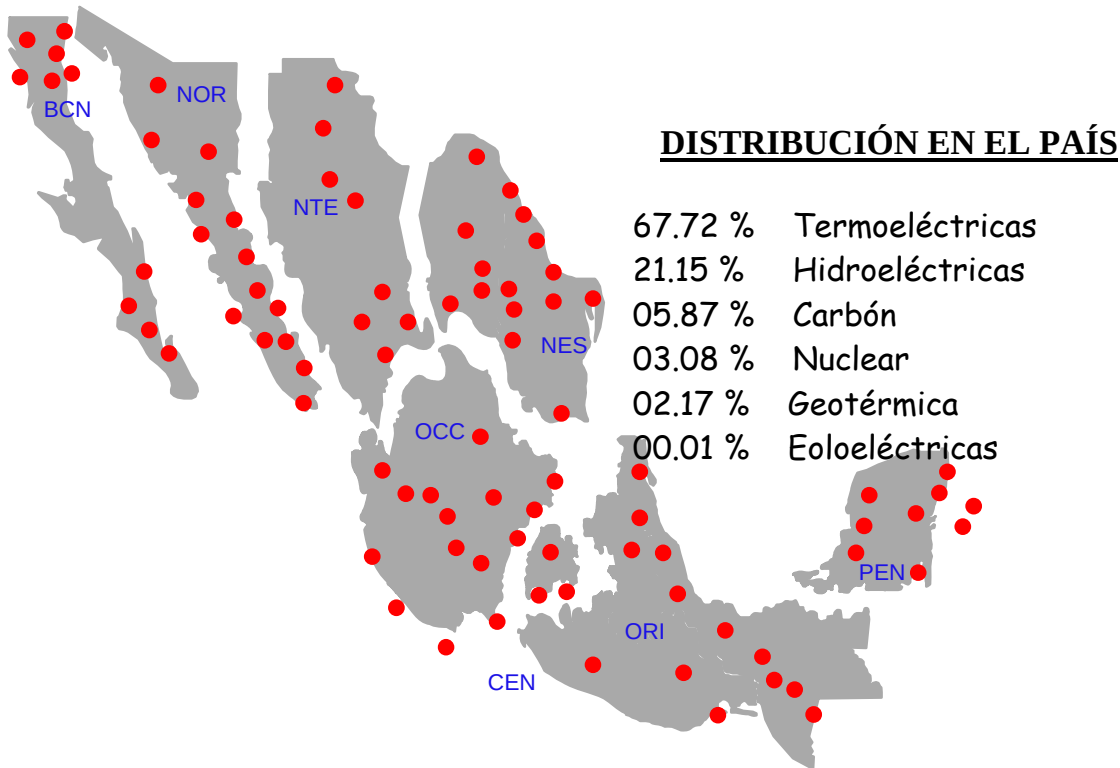
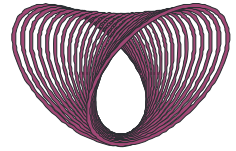
GENERACIÓN POR TIPO DE FUENTE



APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 1.- GENERALIDADES DE LA ELECTRICIDAD



Los sistemas eléctricos de potencia, han tenido una evolución desde los orígenes de la electricidad tal que en el estado actual de la tecnología, prácticamente no es posible encontrar sistemas eléctricos que operen, en forma aislada y mucho menos generar electricidad en el lugar de su uso ya que esto resultaría inaceptable por razones de tipo económico, ambientales y de confiabilidad en la operación. Actualmente la electricidad se genera en grandes cantidades en las denominadas plantas generadoras y como la localización de los consumidores se encuentra normalmente lejana de estos centros de generación en áreas geográficas generalmente extensas, la energía eléctrica se debe de transmitir a través de una red eléctrica tal que en sus puntos extremos se puede decir que interconecta a los centros de generación con los consumidores.

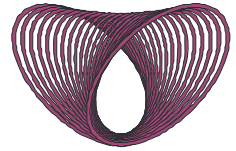
Actualmente se tienen unidades generadoras de gran capacidad, de tal manera que capacidades de 100 a 300 Mw, caen dentro de las categorías de medias, ya que no es difícil encontrar unidades de 600 y 1000 Mw, que pueden satisfacer la necesidad de energía eléctrica de un elevado número de usuarios.

En una red eléctrica considerada en su expresión más general los bloques de energía eléctrica se mueven sobre las uniones de transmisión en mallas que a su vez redistribuyen la energía en bloques menores y alimentan

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 1.- GENERALIDADES DE LA ELECTRICIDAD

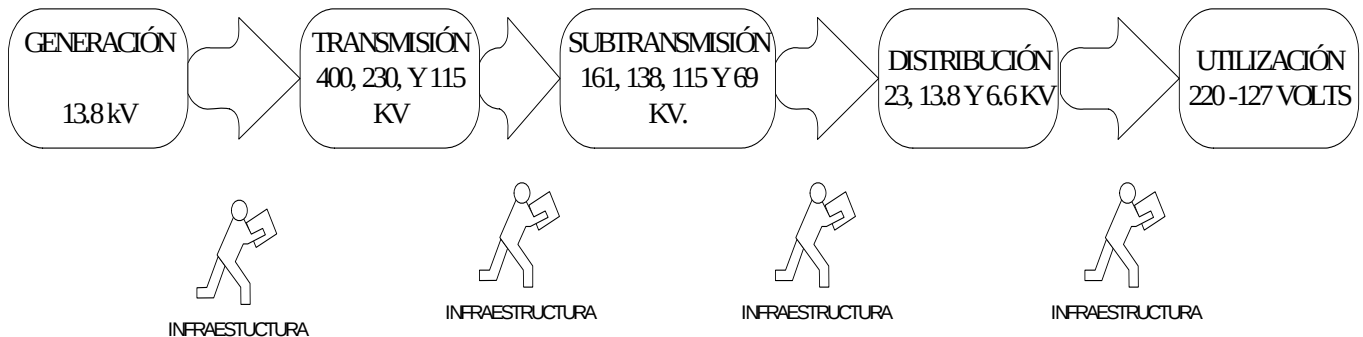


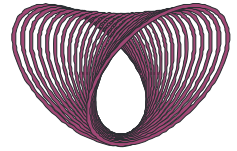
porciones de subtransmisión de la red hasta llegar a los usuarios a través de lo que se conoce como las redes de distribución.

Por razones funcionales y también de operación los sistemas eléctricos de potencia se pueden dividir en varias subestructuras basadas en diferentes niveles de tensión de operación, donde el mayor de la escala corresponde a la transmisión que es la que interconecta a la mayor parte de los elementos de un sistema eléctrico de potencia desde un punto de vista territorial.

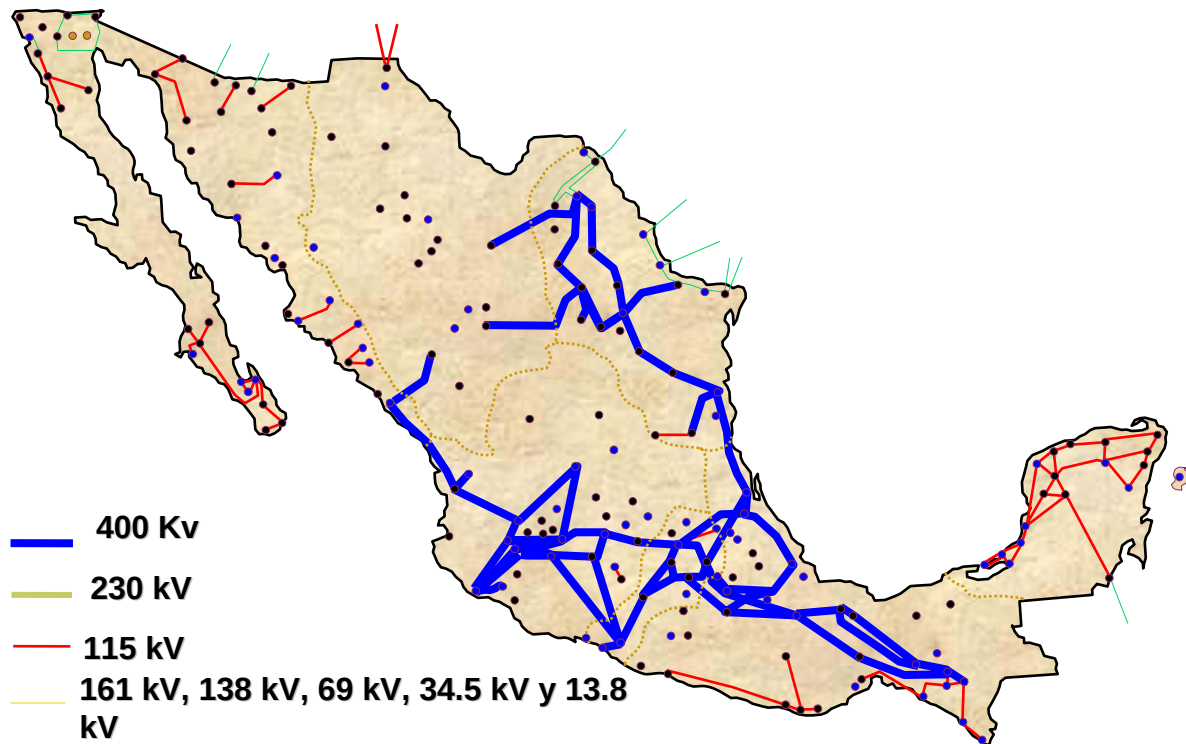
Además de la líneas de transmisión con diferentes valores de tensión, por ejemplo en México se tienen valores de 400, 230, 115 Kv; los sistemas de subtransmisión cuentan con valores de 161, 138, 115, y 69 Kv; hacia debajo de 23, 13.8 y 6.6 Kv son valores perteneciente a l sistema de distribución; por último contamos con el sistema de utilización, el cual puede alimentar a la industria o residencia, con valores de 23000, 13800, 6600, 220 y 127 Volts.

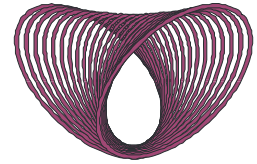
SISTEMA ELÉCTRICO.





DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN MÉXICO





LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En conclusión el concepto de instalación eléctrica se puede definir de la siguiente manera. Es un conjunto de elementos mecánicos y eléctricos, que permiten el flujo de la energía eléctrica desde un punto de acometida, hasta un punto de consumo. Así mismo se entiende por acometida al punto de conexión de la compañía suministradora al usuario, contando con un equipo de medición y protección.

Las instalaciones eléctricas pueden ser clasificadas desde muy variados puntos de vista. Si se toma en consideración el tipo de consumidor el cual es servido las instalaciones quedan agrupadas en tres grandes grupos:

- **INSTALACIÓN RESIDENCIAL:** Destinada a permitir solo la utilización de artefactos y equipos eléctricos domésticos o del hogar (lámparas, radio, Televisión, plancha, entre otros).
- **INSTALACIÓN INDUSTRIAL:** Esta se encarga de hacer llegar la energía eléctrica a equipos con una mediana o gran exigencia de energía eléctrica. (motores, hornos, entre otros).
- **INSTALACIONES COMERCIALES:** Comprende una categoría entre las dos anteriores, en la que se utiliza la energía eléctrica entre los límites anteriores.

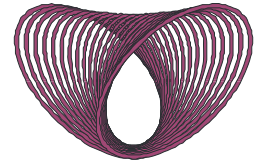
Normalización de Proyectos de Instalaciones Eléctricas.

Los proyectos de instalaciones eléctricas son necesarios ya que involucra los elementos que hacen llegar la electricidad desde la fuente hasta la carga. Con el objetivo que las instalaciones eléctricas que se proyecten y construyan posean un criterio único, se han diseñado una serie de protocolos o normativas que rigen la esencia del diseño de instalaciones eléctricas. En el ámbito internacional son muy conocidas las normativas IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineer, la ANSI: American National Standard Institute, VDE: Verband Deustsher Elektrotechniker, entre otras. En México se adopta la NOM-001-SEMP-1999 Norma Oficial Mexicana, relativa a las instalaciones destinadas al suministro, uso de la energía eléctrica y reglas para el diseño de las instalaciones eléctricas.

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



Elementos de una Instalación Eléctrica.

La instalación eléctrica esta constituida por la agrupación de una serie de elementos que interactúan para llevar a cabo el transporte de la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta las cargas.

Las instalaciones eléctricas, como ya se mencionó, poseen una amplia clasificación, y evidentemente cada una de ellas ha de poseer elementos específicos a su tipo, pero por otra parte existe una gran cantidad de elementos que son comunes a las instalaciones de tipo residencial, comercial e industrial.

Los elementos básicos de una instalación eléctrica son:

- **ACOMETIDA**
- **EQUIPOS DE MEDICIÓN.**
- **INTERRUPTOR PRINCIPAL.**
- **TABLERO PRINCIPAL.**
- **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN.**
- **ALIMENTADORES**
- **CIRCUITOS DERIVADOS.**
- **CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.**

ACOMETIDA. La acometida es el punto de comienzo de la instalación eléctrica, de hecho es la conexión entre la compañía de servicio eléctrico (o el sistema de generación propio) y la instalación eléctrica.

Una instalación eléctrica debe poseer una acometida o varias, pudiendo ser esta desde dos puntos de vista: aéreas o subterráneas.

EQUIPOS DE MEDICIÓN. Las empresas que prestan el servicio eléctrico, deben contabilizar por algún mecanismo la cantidad de energía que es comprada por el suscriptor y es donde tiene aplicación los equipos de medición.

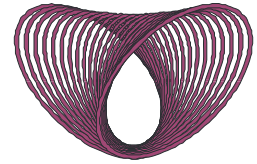
Los equipos de medición son muy variados, pudiendo ser desde muy simplistas como los de las instalaciones residenciales, hasta muy complejos en los industriales.

En las instalaciones eléctricas de tipo residencial, el equipo de medición de energía es único, pudiendo ser el caso de un medidor mecánico constituido por un Watthorímetro

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



(medidor de Kwh) de disco o mecánico o en el caso más moderno de estado sólido digitales.

INTERRUPTOR. Un interruptor debe ser interpretado en su forma más sencilla, como un dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito por medios no automáticos y que puede actuar en forma automática en condiciones de operación anormal del circuito, sirviendo como medio de conexión, desconexión y protección.

TABLERO PRINCIPAL. En toda instalación eléctrica han de existir, uno o varios tableros principales, punto central de la instalación, el cual tiene tres funciones:

- Distribuir la energía eléctrica a varios circuitos derivados.
- Proteger cada circuito derivado de fallas (cortocircuitos o sobrecargas).
- Proveer la posibilidad desconectar de la instalación cada uno de los circuitos.

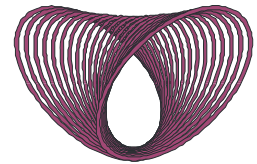
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN Y ALIMENTADORES. En aquellas instalaciones eléctricas de una extensión considerable, es común utilizar varios tableros como apoyo al principal, cumpliendo las mismas funciones de distribución, maniobra y protección de los circuitos.

Estos tableros se suelen ubicar a una distancia equilibrada de cada una a las cargas que sirven (centro de cargas o área de distribución), los conductores con lo cual son alimentados estos tableros desde el tablero principal recibe el nombre de alimentadores.

CIRCUITOS DERIVADOS. Los circuitos derivados están constituidos por conductores que parten de los tableros de distribución y transportan la energía hasta los puntos de alimentación. Los circuitos derivados pueden ser compartidos o individuales, es decir, exclusivos para una carga. Un ejemplo de un circuito derivado, lo constituyen los conductores que alimentan los tomacorrientes en una instalación residencial, siendo de tipo compartido, y un circuito derivado exclusivo, lo puede constituir la alimentación de un motor de gran potencia en sistemas industriales.

CLASIFICACIÓN DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS. Los circuitos derivados, han sido clasificados inicialmente en dos grandes tipos: individuales o exclusivos y uso variado. Pero por otra parte de acuerdo al uso más común que se le suele dar a los ramales se suelen distinguir:

CIRCUITOS DE ALUMBRADO: Son los circuitos utilizados para alimentar las lámparas de uso general y algunos artefactos de poca potencia, conectados directamente o por medio de tomacorrientes o enchufes.

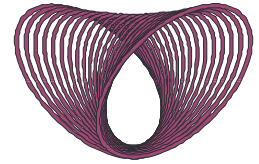


CIRCUITO DE FUERZA: Es utilizado para alimentar a los artefactos portátiles de poco o mediana potencia. Los artefactos se conectan por medio de contactos y enchufes.

CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.- Las canalizaciones eléctricas son los elementos utilizados para conducir los conductores eléctricos entre las diferentes partes de la instalación eléctrica. Las instalaciones eléctricas persiguen proveer de resguardo, seguridad a los conductores a la vez de propiciar un camino adecuado por donde colocar los conductores.

Como elementos mecánicos podemos considerar a las canalizaciones, cajas de conexión y elementos de fijación; de la misma manera al clasificar los elementos eléctricos, los enumeramos como sigue:

- Conductores
- Accesorios de control (apagadores)
- Accesorios de consumo (contactos)
- Accesorios de protección (interruptores de seguridad).



CANALIZACIONES Y TUBERÍAS.

A las canalizaciones se les define como el elemento mecánico, que permite alojar el conjunto de conductores, para protegerlos de esfuerzos mecánicos y agresiones del medio ambiente como polvo, gases, humedad, corrosión, oxidación, etc.

Así mismo la Norma Técnica par Instalaciones Eléctricas en su Artículo 304, fracción 304.4 mencionan lo siguiente.

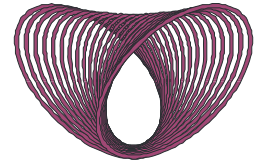
"El número máximo de conductores en un tubo debe estar de acuerdo con los factores de relleno que se indican a continuación:

Todos los conductores, sean portadores de corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros forros, no deben ocupar más del 40% de la sección transversal del tubo en el caso de 3 conductores o más ; no más del 30% cuando sean dos conductores y no más del 55% cuando se trate de un solo conductor."

Se clasifican de acuerdo a su material de diseño:

1. TUBO CÓNDUIT FLEXIBLE DE PVC.
2. TUBO CÓNDUIT FLEXIBLE DE ACERO.
3. TUBO CÓNDUIT DE ACERO ESMALTADO.
 - a. Pared delgada.
 - b. Pared gruesa.
4. TUBO CÓNDUIT DE ACERO GALVANIZADO.
 - a. Pared delgada.
 - b. Pared gruesa.
5. DUCTO CUADRADO.
6. TUBO CÓNDUIT DE ASBESTO - CEMENTO (CLASE A-3 Y CLASE A-5)
7. TUBO DE ALBAÑAL.
8. CHAROLAS.
 - a. De paso.
 - b. Tipo escalera.
 - c. Tipo canal.
9. BUS DUCTO.
10. CANALETA.

TUBERÍA CÓNDUIT FLEXIBLE DE PVC: Resiste a la corrosión, es flexible, ligera, fácil de transportar, fácil de cortar, tiene una mínima resistencia mecánica al aplastamiento



y a la penetración, la presentación de este material en los puntos de compra es por metro.

Para realizar cambios de dirección a 90°, se cuenta con codos de conexión, así mismo para unir tramo de tubería con tramo de tubería, se tienen coples de PVC, la unión a las cajas de conexión es por medio de conectores y las medidas dependen del área interna del tubo y van desde $\frac{1}{2}$ " a 4".

Su aplicación es de preferencia en donde la tubería deba de estar ahogada en piso, muro, losas, castillos, columnas, trabes, etc.

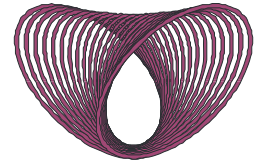
TUBERÍA CÓNDUIT FLEXIBLE DE ACERO: Es fabricada a base de cintas de acero galvanizado y unidas entre sí a presión en forma helicoidal. Se fabrica desde $\frac{1}{2}$ " a 4".

Los cambios e trayectoria o curvas, debido a su diseño se efectúan solo doblando de acuerdo a necesidad y la unión a cajas o entre tubería, se realiza por medio de conectores rectos o curvos especiales para esta tubería.

Por su consistencia mecánica y notable flexibilidad, proporcionada por su diseño, se utiliza en la conexión de motores eléctricos, en forma visible para amortiguar las vibraciones evitando se transmitan a las cajas de conexión y a su vez a la canalización, también se utiliza en los casos que las construcciones están separadas y es necesario pasar energía de un lado a otro, evitando que si se produce un movimiento en los edificios, al quedar un poco holgada y por su diseño presenta un efecto de acordeón.

TUBERÍA CÓNDUIT DE ACERO ESMALTADO: al ser fabricado de acero, es un elemento que brinda un mayor esfuerzo mecánico, se utilizan en interiores como en exteriores y debido al esmaltado, soporta con mayor facilidad los agentes del medio ambiente.

La unión de tubo a tubo es por medio de coples, y los cambios de trayectoria, se pueden realizar por medio de codos o doblando la tubería, haciendo bayonetas de acuerdo a las necesidades. La presentación es en tramos de 3.05 mts. de longitud y la medida varia desde $\frac{1}{2}$ " hasta 4". El número de dobleces en la trayectoria total, no debe exceder los 360°, también de ser posible todos los elementos para fijación, tienen que ser del mismo material, a fin de evitar el efecto de la acción galvánica. La sujeción en su caso de la tubería debe ser cada 3.05 mts. y a 90 cms. En ambos lados de cajas de conexión.



La aplicación esta limitada en lugares en los que se exponga a altas temperaturas, humedad permanente, elementos oxidantes, corrosión, etc.

Este tipo de canalización se encuentra en pared delgada y pared gruesa, en donde la diferencia es el espesor de la tubería, esto con la propiedad de que en una tubería pared gruesa, es necesario realizar una cuerda par poder unir las tuberías o las cajas de conexión y en la pared delgada solo se debe unir a presión.

TUBERÍA CÓNDUIT DE ACERO GALVANIZADO: Con las mismas características que el anterior, pero con la diferencia que al ser galvanizado por inmersión, aumenta su capacidad, ya que se aplica a lugares de constante humedad, en locales con ambientes oxidantes o corrosivos, en contacto con aceites lubricantes, gasolinas, solventes, etc.

DUCTO CUADRADO: Este tipo de canalización puede tener tapa embizagrada o de tipo desmontable, sirve par contener y a la vez proteger a los conductores, que se colocan en el ducto cuando éste ha sido instalado.

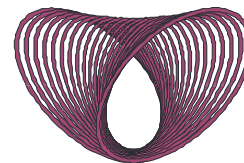
Se usan como canalizaciones visibles en lugares secos, cuando se instala a la intemperie, se debe especificar a prueba de agua y no se deben instalar cuando puedan estar sujetos a daño mecánico severo, cuando estén expuestos a vapores o gases corrosivos y en instalaciones clasificadas como peligrosas.

Se fabrican para armarse por pieza con tramos rectos de 1.5 mts., 60 cms. Y 30 cms., también se pueden contar con codos, tees, adaptadores, cruces, reductores, colgadores, etc. Es necesario colocar soportaría a intervalos de 1.5 mts.

TUBO CÓNDUIT DE ASBESTO - CEMENTO (CLASE A-3 Y CLASE A-5): Se fabrican en tramos de 3.95 Mts., la unión entre tubos se realiza por medio de coples del mismo material con muescas interiores en donde se colocan los anillos de hule que sirven de empaques de sellamiento.

Para el acoplamiento entre tubos y coples a través de los anillos de sellamiento, hay necesidad de valerse de un lubricante especial.

La aplicación de este tipo de tubería se ha generalizado en redes subterráneas, en acometidas de la compañía suministradora del servicio eléctrico a las subestaciones de las instalaciones.



Su clasificación A-3 y A-5, indica se soportan en condiciones normales de trabajo 3 y 5 atmósferas estándar de presión, lo que explica la razón por la cual los clase A-7, se aplican para redes de abastecimiento de agua potable.

TUBO DE ALBAÑAL: El uso de este tipo de tuberías en las instalaciones eléctricas es mínimo, prácticamente sujeto a condiciones provisionales.

Se le aprovecha principalmente en obras en proceso de construcción, procurando dar protección a los conductores eléctricos (alimentadores generales), para dentro de lo posible, evitar que los aislamientos permanezcan en contacto directo con la humedad, con los demás materiales de la obra negra que pueden ocasionar daño con el cemento, cal, grava, arena, varillas, etc.

CHAROLAS PARA CABLE: Las charolas o paso de cable son conjuntos prefabricados en secciones rectas con herrajes que se pueden unir para formar sistemas de canalizaciones. En general se disponen de tres tipos de charolas para cable.

CHAROLAS DE PASO: Tienen un fondo continuo, ya sea ventilado o no ventilado y con anchos estándar de 15 cms., 22 cms., 30 cms., y 60 cms. Este tipo se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un soporte completo.

CHAROLAS TIPO ESCALERA: Son de construcción muy sencilla, consisten de dos rieles laterales unidos o conectados por barrotes individuales. Por lo general se utilizan como soporte de los cables de potencia. Se fabrican en anchos estándar de 15, 22, 30, 45, 60 y 75 Cms. y su material de fabricación puede ser de acero o aluminio.

CHAROLAS TIPO CANAL: Están constituidas de una sección de canal ventilada. Se usan por lo general para soportar cables de potencia sencillos, múltiples o bien varios cables de control. El material de diseño puede ser de aluminio o acero, con anchos estándar de 7.5 o 10 cms.

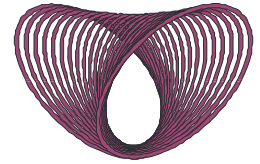
BUS DUCTO: Es un ensamble prefabricado de barras, aisladores y una canalización metálica, que se usan en diferentes formas para la distribución de potencia. Se tienen disponibles en distintas formas y capacidades, y la longitud estándar es de 3.05 mts. También se encuentran disponibles en el mercado distintos tipos de arreglos.

CANALETA: Conocidas también como canalizaciones superficiales se fabrican de distintas formas en el tipo metálico y no metálico. Se usan generalmente en lugares secos, no expuestos

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

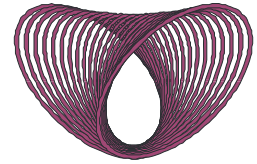
ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



a la humedad; cuentan con conectores y herrajes de distintos tipos para dar prácticamente todas las formas deseables en las instalaciones eléctricas.

Se recomienda en aquellos lugares en donde los tubos conduit embebidos no se justifique por costo o por ser imprácticos. Se pueden montar en pared, techo o piso, según sea la necesidad.



CAJAS DE CONEXIÓN

Son la terminación que permite acomodar las llegadas de los distintos tipos de tuberías, cables, tienen el propósito de empalmar o amarrar conductores, además de proporcionar salidas a los distintos elementos de consumo.

Así mismo la Norma Técnica par Instalaciones Eléctricas en su Artículo 307, fracción 307.10 mencionan lo siguiente.

"Todos los conductores que se alojen en una caja, incluyendo los aislamientos, empalmes y vueltas que se hagan en su interior, no deben ocupar más del 60% del espacio interior de la caja o del espacio libre que den los dispositivos o accesorios que se instalen en ella."

Entre las cajas de conexión exclusivamente para instalaciones eléctricas, podemos mencionar la siguiente clasificación de acuerdo a su material de diseño:

1. **CAJAS DE CONEXIÓN NEGRAS O DE ACERO ESMALTADO.**
2. **CAJAS DE CONEXIÓN GALVANIZADAS.**
3. **CAJAS DE CONEXIÓN DE PVC, TAMBIÉN CONOCIDAS COMO CAJAS DE CONEXIÓN PLÁSTICAS.**

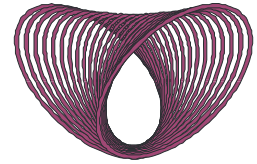
Otro tipo de clasificación puede ser de acuerdo a su forma, dimensión o uso:

- A. **CAJA DE CONEXIÓN TIPO CHALUPA O RECTANGULAR.**
- B. **CAJA DE CONEXIÓN TIPO REDONDA U OCTAGONAL.**
- C. **CAJA DE CONEXIÓN TIPO CUADRADA.**
- D. **CAJAS DE CONEXIÓN TIPO CÓNDULETS.**

CAJA DE CONEXIÓN TIPO CHALUPA: son rectangulares de aproximadamente 6 X 10 cms. de base por 38 mm. de profundidad.

Utilizadas para la instalación de apagadores, contactos, botones de timbre o cualquier otro elemento de control, cuando el número de estos dispositivos intercambiables o una mezcla de ellos no excedan de tres unidades, aunque se recomienda instalar solo dos, para facilitar su conexión y reposición en dado caso.

Este tipo de caja, solo tiene perforaciones para hacer llegar a ellas tuberías de 13 mm. De diámetro, además de ser las únicas que no tienen tapa del mismo material.



CAJA DE CONEXIÓN TIPO REDONDA: Son en realidad cajas octagonales, bastante reducidas de dimensiones consecuentemente de área útil interior, de aproximadamente 7.5 cms. de diámetro y 38 mm. de profundidad.

Se fabrican con una perforación por cada dos lados, una en el fondo y una que trae la tapa, todas para recibir tuberías de 13 mm. de diámetro

El uso por sus reducidas dimensiones, son utilizadas generalmente cuando el número de tuberías, de conductores y de empalmes son mínimos, como es el caso de arbotantes en baños, en patios de servicio, etc.

CAJA DE CONEXIÓN TIPO CUADRADA: se diseñan de diferentes dimensiones y su clasificación es de acuerdo al mayor diámetro del o los tubos que pueden ser sujetos a ellas, es así que se encuentran de medidas de 13, 25, 32 y 38 mm. de diámetro.

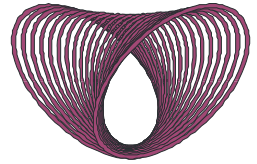
CAJA DE CONEXIÓN CUADRADA DE 13 MM.: Sus dimensiones son de 7.5 X 7.5 cms. de base por 38 mm. de profundidad, con perforaciones tanto en los costados como en el fondo, para sujetar a ellas, únicamente tubería de 13 mm.

CAJA DE CONEXIÓN CUADRADA DE 19 MM.: Sus dimensiones son de 10 X 10 cms. de base por 38 mm. de profundidad, con perforaciones tanto en los costados como en el fondo, para sujetar a ellas, únicamente tubería de 13 y 19 mm.

CAJA DE CONEXIÓN CUADRADA DE 25 MM.: Sus dimensiones son de 12 X 12 cms. de base por 55 mm. de profundidad, con perforaciones tanto en los costados como en el fondo, para sujetar a ellas, únicamente tubería de 13, 19 y 25 mm.

CAJA DE CONEXIÓN TIPO CÓNDULET: Son cajas de conexión especiales; para su cierre hermético se dispone de tapas y empaques especiales para que, al ser instaladas expuestas a humedad permanente, a la intemperie o en ambientes oxidantes, inflamables, explosivos, etc. No penetren al interior de las canalizaciones elementos extraños que puedan ocasionar cortos circuitos o explosiones en el peor de los casos.

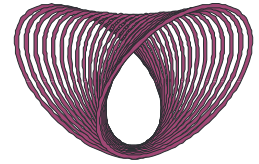
La aplicación es en industrias en las que se fabrican o trabajan productos corrosivos, inflamables o potencialmente explosivos, en las de metales ligeros, de plásticos, de pinturas, de papel, etc., en constante, se hace necesario el uso de las cajas de conexión tipo cóndulet como parte componente de las instalaciones a prueba de explosión.



Las instalaciones eléctricas bajo las condiciones anteriores, deben ser construidas de tal manera que se elimine la posibilidad de ignición accidental de líquidos inflamables, de polvos y vapores que se encuentren flotando en el ambiente.

Debe uno prever, que en ocasiones y con bastante frecuencia, además de estar la instalación a la intemperie, se cuenta con lugares de atmósfera corrosiva.

Este tipo de cajas de conexión tipo cóndulet, debe acoplarse a tuberías de pared gruesa, de preferencia, ya que cuenta con una cuerda interna correspondiente a la medida de cada tubería.



CONDUCTORES.

Los conductores eléctricos, son aquellos materiales que ofrecen poca oposición o resistencia al paso de la corriente eléctrica por o a través de ellos.

Todos los metales son buenos conductores de la electricidad, sin embargo, unos son mejores que otros, enumerándolos en orden decreciente en cuanto a la calidad de conducción.

PLATA: Es el mejor conductor pero, su uso se ve afectado por su alto costo.

COBRE: El cobre electrolíticamente puro es el mejor conductor eléctrico, se le emplea en más de del 90% en la fabricación de conductores eléctricos, por que reúne las condiciones deseadas para tal fin, como son:

- Alta conductividad.
- Resistencia mecánica.
- Flexibilidad.
- Bajo costo.

Dentro de los mismos conductores de cobre, existen tres tipos, dependiendo su clasificación según su temple:

1. **CONDUCTORES DE COBRE SUAVE O RECOCIDO.** Por su misma suavidad, tiene baja resistencia mecánica, alta elongación, su conductividad eléctrica es del 100%.

Con un aislamiento protector, se aplica en instalaciones tipo interior, dentro de ductos, tubos conduit, engrapados sobre muros, etc.

2. **CONDUCTORES DE COBRE SEMIDURO:** Tiene mayor resistencia mecánica que el anterior, menor elongación y su conductividad eléctrica es de aproximadamente 96.66%.

Sin aislamiento protector, se utiliza en líneas de transmisión con distancias intercostales o claros cortos y para redes de distribución, en ambos casos sobre aisladores.

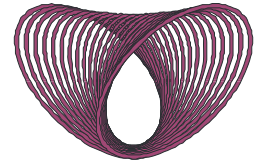
3. **CONDUCTORES DE COBRE DURO:** Tiene una alta resistencia mecánica, menor elongación que el anterior y una conductividad eléctrica de 96.16%.

Se aplica normalmente en líneas aéreas.

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



ORO: Después de la plata y el cobre, el oro es el mejor conductor de la electricidad. Su alto precio adquisitivo limita su empleo.

ALUMINIO: Es otro buen conductor eléctrico solo que, por ser menos conductor que el cobre, 61% respecto al cobre suave o recocido, para una misma cantidad de corriente se necesita una sección transversal mayor en comparación del cobre, además, tiene la desventaja de ser quebradizo, se usa con regularidad en líneas de transmisión reforzando en su parte central interior con una guía de acero.

Los conductores eléctricos también se clasifican de acuerdo a su diseño solo contamos con dos: cable y alambre.

El cable es una serie de conductores concéntricamente distribuidos y unidos para conducir la corriente eléctrica y el alambre es una sola pieza de cobre que conduce la corriente eléctrica.

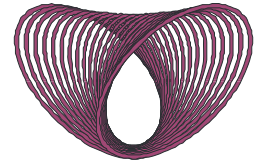
Los conductores deben contar con un aislamiento externo, que protege contra agente externos de degradación, es por ello encontramos la siguiente clasificación:

TIPO DE AISLAMIENTO.

A	Aislamiento de asbesto.
MI	Aislamiento mineral.
R	Aislamiento de hule.
SA	Aislamiento se silicio - asbesto.
T	Aislamiento termoplástico.
V	Aislamiento de cambray barnizado.
X	Aislamiento de polímero sintético barnizado

CLASIFICACIÓN POR OPERACIÓN

H	Resiste al calor hasta 75° C.
HH	Resiste al calor hasta 90° C.
W	Resiste a la humedad.
UF	Para uso subterráneo.



OBJETIVOS DE UNA INSTALACIÓN.

Los objetivos a considerar en una instalación eléctrica, están de acuerdo al criterio de todas y cada una de las personas que intervienen en el proyecto, cálculo y ejecución de la obra, considerando además con la necesidad de cubrir, sin embargo, con el fin de dar margen a la iniciativa de todos y cada uno en particular, se enumeran sólo algunos tales como:

- A. Seguridad.
- B. Eficiencia.
- C. Economía.
- D. Mantenimiento.
- E. Distribución de elementos.
- F. Accesibilidad.

LA SEGURIDAD tiene que ser prevista desde todos los puntos de vista posibles, para operarlos en la industria y para usuarios en casa habitación, oficinas, escuelas, etc., es decir, una instalación eléctrica bien planeada y mejor construida, con sus partes peligrosas protegidas aparte de colocadas en lugares adecuados, evita al máximo accidentes e incendios.

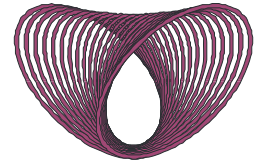
LA EFICIENCIA de una instalación eléctrica, esta en relación directa a su construcción y acabado. La eficiencia de las lámparas, aparatos, motores, en fin, de todos los receptores de energía eléctrica es máxima, si a los mismos se les respetan sus datos de placa tales como tensión, frecuencia, etc., aparte de ser correctamente conectados.

ECONOMÍA. El ingeniero debe resolver este problema no solo tomando en cuenta la inversión inicial en materiales y equipos, sino haciendo un estudio técnico-económico de la inversión inicial, pagos por consumo de energía eléctrica, gastos de operación y mantenimiento, así como la amortización de material y equipos.

EL MANTENIMIENTO de una instalación eléctrica, debe efectuarse periódica y sistemáticamente, contemplando la limpieza ajuste y cambio de piezas o equipo dañado.

LA DISTRIBUCIÓN debe ser respaldada por los cálculos pertinentes y la normatividad vigente, ya que, por ejemplo, se tienen que conectar los apagadores a la altura normalizada, así como los contactos. En lo referente a los cálculos, por ejemplo se deben diseñar los sistemas de alumbrado de acuerdo a la distribución óptima de diseño.

LA ACCESIBILIDAD es el objetivo en donde es necesario contemplar la facilidad de los accesos a los equipos eléctricos y el acceso para el personal asignado a la operación y el mantenimiento.



TIPOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

De acuerdo al tipo de construcciones en que se realizan, material utilizado, condiciones ambientales, trabajos a desarrollar en los locales y acabado; se pueden clasificar las instalaciones en:

1. **TOTALMENTE VISIBLES.**
2. **VISIBLES ENTUBADAS.**
3. **TEMPORALES.**
4. **PROVISIONALES.**
5. **PARCIALMENTE OCULTAS.**
6. **OCULTAS.**
7. **A PRUEBA DE EXPLOSIÓN.**

TOTALMENTE VISIBLES: Como su nombre lo indica, todas sus partes se encuentran a la vista y sin protección en contra de esfuerzos mecánicos ni en contra del medio ambiente.

VISIBLES ENTUBADAS: Son instalaciones eléctricas realizadas así, debido a que por las estructuras de las construcciones y el material de los muros, es imposible ahogarlas, mas no protegerlas contra esfuerzos mecánicos y contra el medio ambiente, con tuberías, cajas de conexión recomendables de acuerdo a cada caso particular.

TEMPORALES: Se construyen para el aprovechamiento de energía por temporadas o períodos cortos de tiempo, tales son los casos de ferias, juegos mecánicos, exposiciones, servicios contratados por obra en proceso, etc.

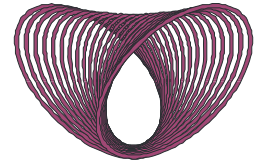
PROVISIONALES: En realidad quedan incluidas en las temporales, salvo en los casos en que se realiza en instalaciones definitivas en operación, para hacer reparaciones o eliminar fallas principalmente en aquellas, en las cuales no se puede prescindir del servicio aún en un solo equipo. Por ejemplo, fabricas en proceso continuo, hospitales, salas de espectáculos, hoteles, etc.

PARCIALMENTE OCULTAS: Ubicadas en accesorias grandes o fábricas, en las que parte del entubado está por piso y muros y la restante por armaduras; también es muy común observarlas en edificios comerciales y de oficinas que tienen plafón falso. La parte oculta esta en muros, losas y columnas generalmente y la parte sobrepuesta pero entubada en su totalidad es la que va entre las losas y el plafón falso para ahí mediante cajas de conexión localizadas de antemano, se hagan las tomas necesarias.

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

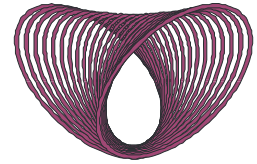
UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



TOTALMENTE OCULTAS: Son las se consideran de mejor acabado pues en ellas se busca tanto la mejor solución técnica así como el mejor aspecto estético posible, el que una vez terminada la instalación eléctrica, se complementa con la calidad de los dispositivos de control y protección que quedan solo con el frente al exterior de los muros.

A PRUEBA DE EXPLOSIÓN: Se construyen principalmente en fábricas y laboratorios en donde se tienen ambientes corrosivos, polvos o gases explosivos, materias fácilmente inflamables, etc.

En estas instalaciones tanto las canalizaciones, como las partes de unión y las cajas de conexión quedan herméticamente cerradas para así, en caso de producirse un circuito corto, la flama o chispa no salga al exterior, lo que proporciona la seguridad de que jamás llegará a producirse una explosión por fallas en la instalación eléctrica.



CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS

Los diagramas básicos de conexión eléctrica, consideran contar con un voltaje de alimentación de 127 Volts, además debemos considerar que contarán con una conexión de fase y neutro.

En una lámpara la fase siempre debe conectarse en la parte superior del casquillo o centro del socket y el neutro se conecta a la base del casquillo, con la finalidad proporcionar seguridad al usuario, ya que si la conexión fuese invertida, al tocar accidentalmente el casquillo, el usuario sufriría una descarga eléctrica.

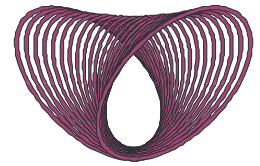
También es conveniente explicar que los elementos de control se conectan en serie con la fase y los elementos de consumo, se conectan en paralelo al sistema.

Las posiciones de las cajas de conexión, esta determinada de acuerdo a la normatividad, es decir, las cajas que sirven para conectar a los apagadores, se deben colocar entre 1.20 Mts. y 1.35 Mts., a nivel de piso terminado, así mismo los contactos se instalan entre 30 Cms. y 50 Cms., a nivel de piso terminado.

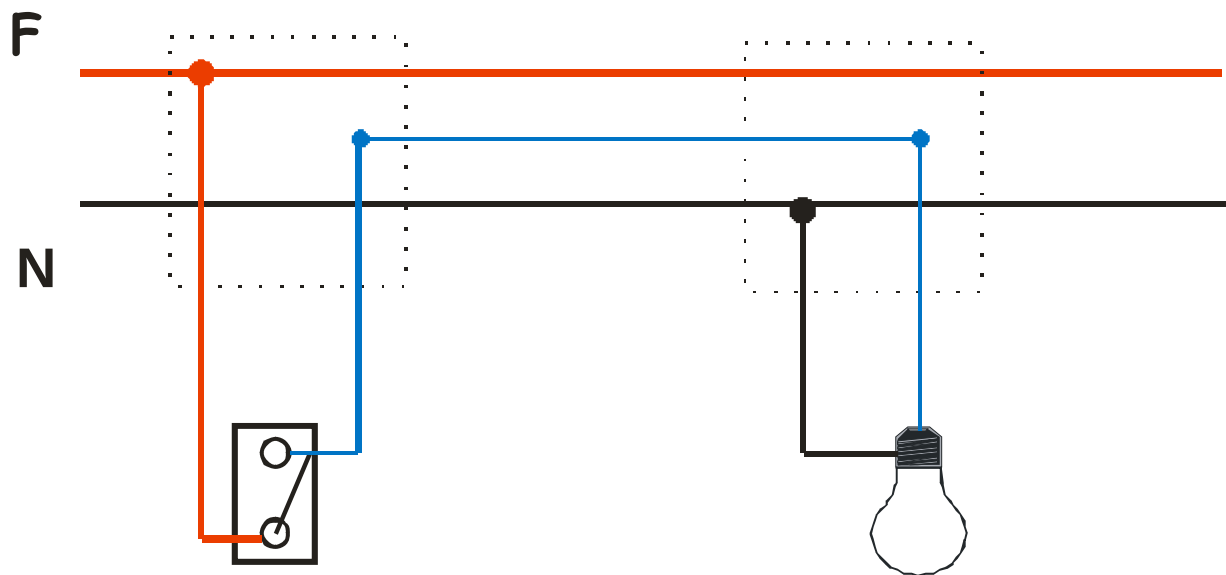
Los apagadores como ya conocimos se clasifican en sencillos, de tres vías y cuatro vías.

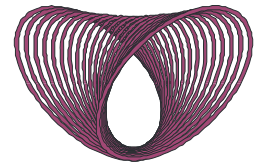
- ✓ Los sencillos sirven para controlar lámparas desde un punto de control, se aplican en toda instalación de lámparas.
- ✓ Los de tres vías nos proporcionan dos puntos de control distintos, se aplican en pasillos largos o en escaleras de dos niveles.
- ✓ Los de cuatro vías nos permiten contar con tres o más puntos de control, se utilizan en edificios de más de dos niveles o lugares donde se requieran dos o más puntos de control.

Ahora mostraremos los circuitos básicos de control.

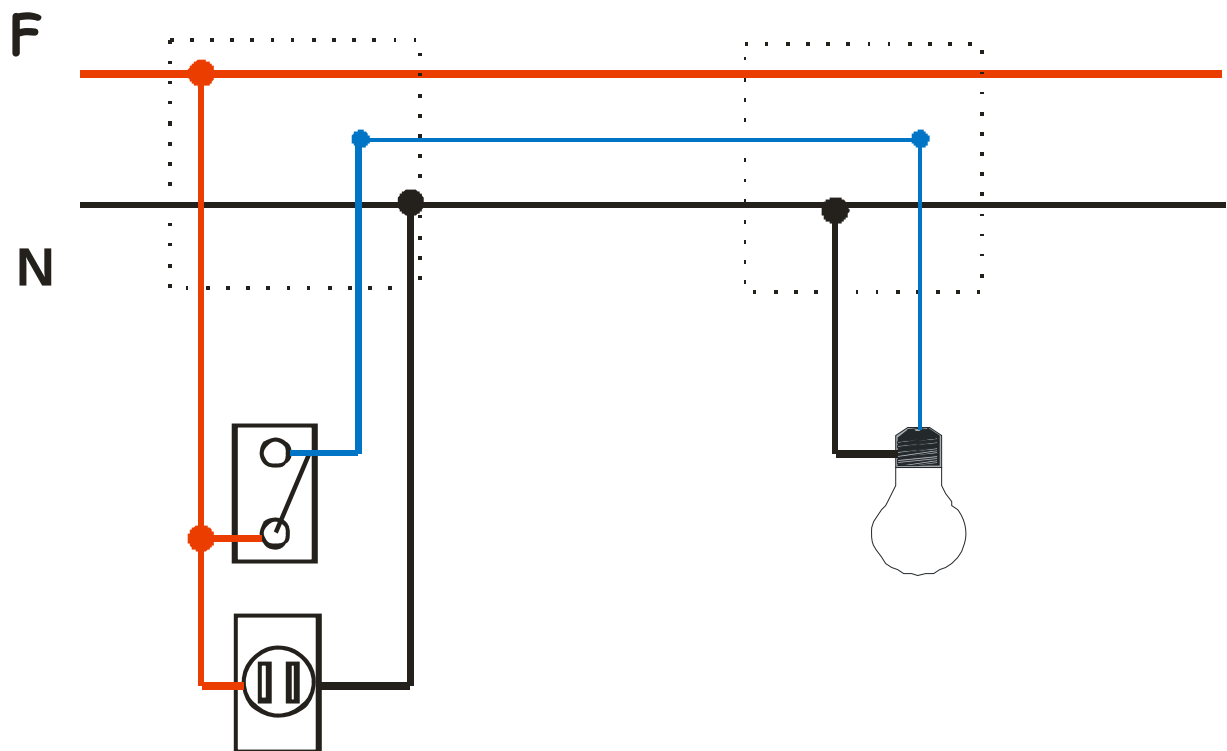


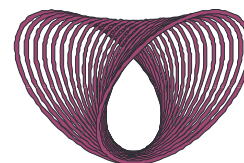
CIRCUITO QUE CONTROLA UNA LÁMPARA CON UN APAGADOR SENCILLO



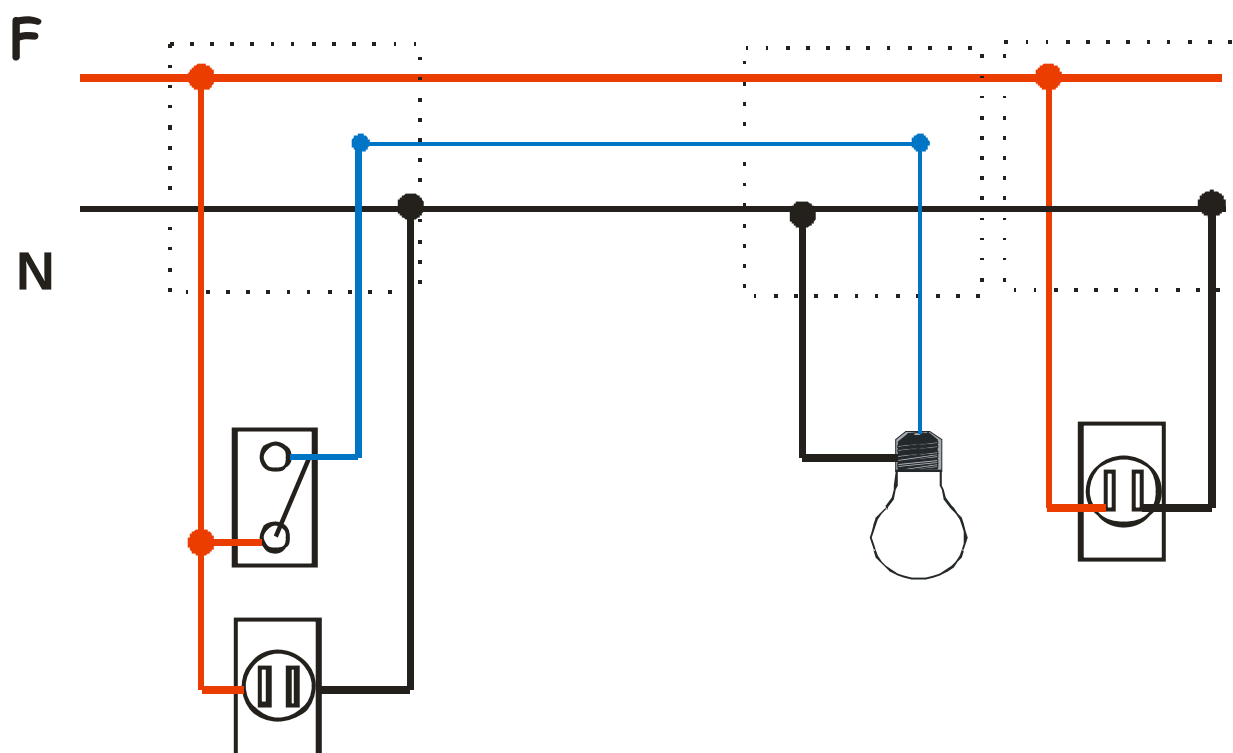


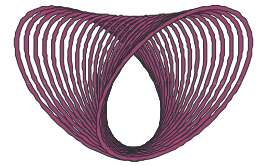
CIRCUITO QUE CONTROLA UNA LÁMPARA CON UN APAGADOR SENCILLO Y UN CONTACTO BAJO EL APAGADOR



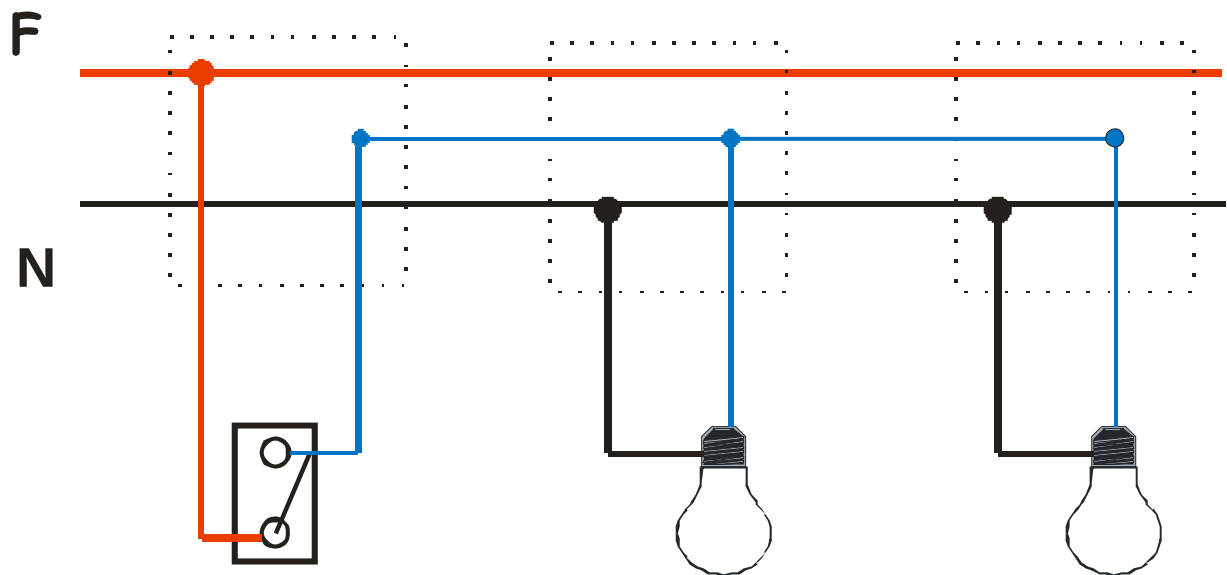


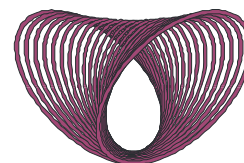
CIRCUITO QUE CONTROLA UNA LÁMPARA INCANDESCENTE CON UN APAGADOR SENCILLO Y UN CONTACTO OPUESTO.



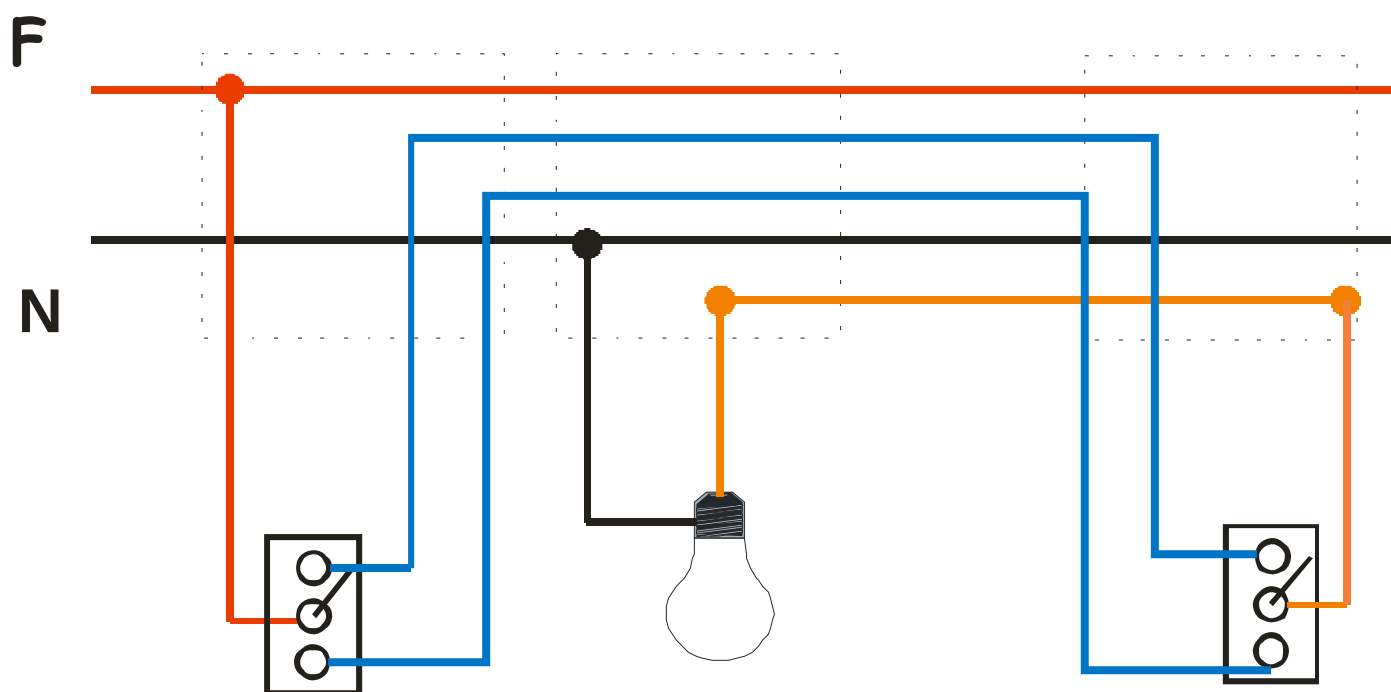


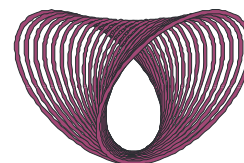
CIRCUITO QUE CONTROLA DOS LÁMPARAS EN PARALELO CON UN INTERRUPTOR SENCILLO



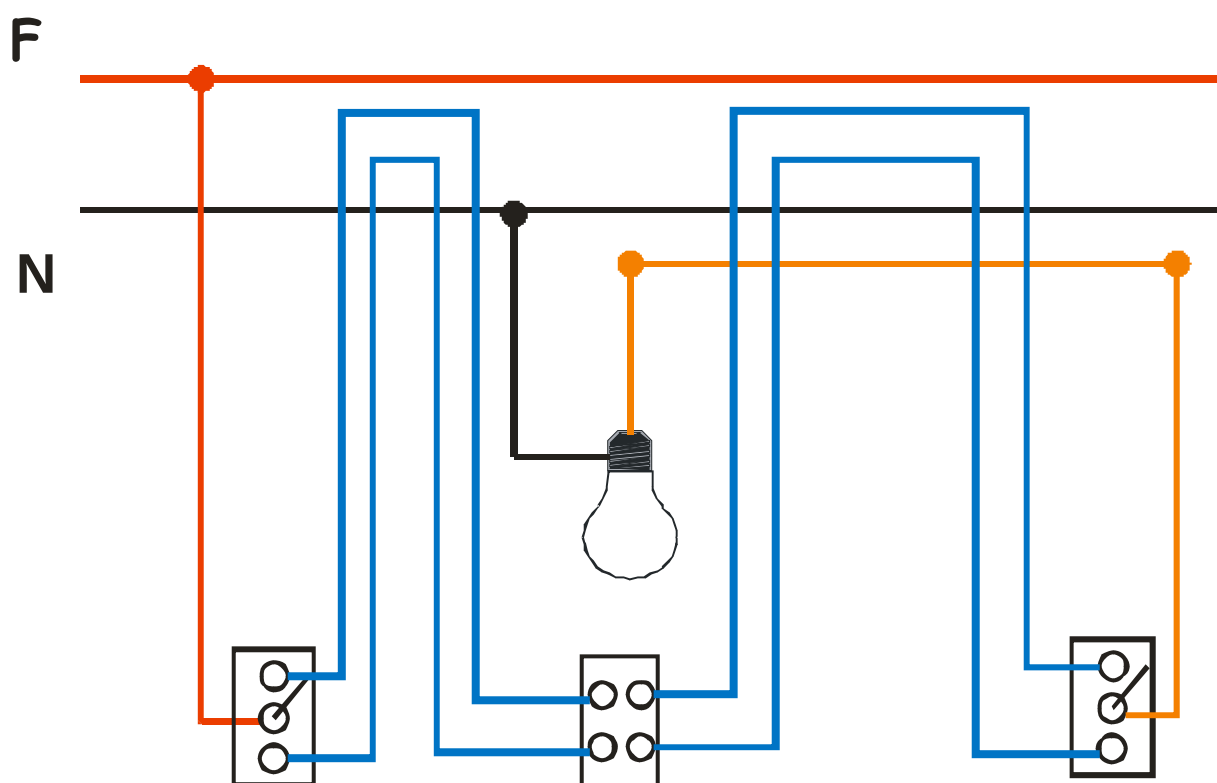


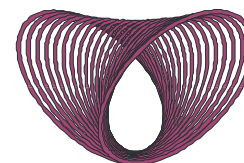
CIRCUITO QUE CONTROLA UNA LÁMPARA CON DOS PUNTOS DISTINTOS DE CONTROL CON DOS APAGADORES DE TRES VÍAS





CIRCUITO QUE CONTROLA UNA LÁMPARA CON TRES PUNTOS DE CONTROL CON DOS APAGADORES DE TRES VÍAS Y UN APAGADOR DE CUATRO VÍAS.





SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

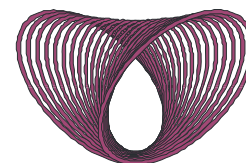
El sistema de utilización, también tiene una clasificación de acuerdo a su aplicación, siendo de la siguiente manera:

- ⇒ **SISTEMA MONOFÁSICO A DOS HILOS.**
- ⇒ **SISTEMA MONOFÁSICO A TRES HILOS.**
- ⇒ **SISTEMA TRIFÁSICO A TRES HILOS**
- ⇒ **SISTEMA TRIFÁSICO A CUATRO HILOS.**

SISTEMA MONOFÁSICO A DOS HILOS. Se utiliza en instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos, cuando todas las cargas parciales son monofásicas y la carga total instalada no es mayor de 4000 Watts.

Para circuitos derivados o servicios particulares de alumbrado y contactos sencillos, alimentados con un hilo de corriente y un hilo neutro se debe considerar una carga no mayor de 1500 Watts.

FÓRMULAS PARA CÁLCULO POR CORRIENTE		FÓRMULAS PARA CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN	
$I = \frac{W}{(En)(\text{Cos}\phi)}$		$e = \frac{(L)(I)}{(25)(S)}$ $e\% = \frac{(4)(L)(I)}{(En)(S)}$ $S = \frac{(4)(L)(I)}{(En)(e\%)}$	
NOMENCLATURA			
W	Potencia instalada, expresada en Watts.		
En	Voltaje entre fase y neutro, expresado en Volts su valor es de 127 V.		
Ef	Voltaje entre fases, expresado en Volts su valor es de 220 V.		
I	Corriente, expresada en Ampers		
Cosφ	Factor de potencia, adimensional y su valor se encuentra entre 0.95 y 1		
e	Caída de tensión entre fase y neutro		
ef	Caída de tensión entre fases		
e%	Caída de tensión en porciento		
L	Longitud del conductor a instalar.		
S	Sección transversal del conductor ó área expresada en mm ²		



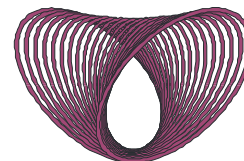
SISTEMA MONOFÁSICO A TRES HILOS. Se utiliza en instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos, cuando todas las cargas parciales son monofásicas y la carga total instalada es mayor de 4000 Watts y menor a 8000 Watts.

Para circuitos derivados o servicios particulares de alumbrado y contactos sencillos, alimentados con un hilo de corriente se debe considerar una carga no mayor de 2800 Watts.

FÓRMULAS PARA CÁLCULO POR CORRIENTE	FÓRMULAS PARA CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN
$I = \frac{W}{(2)(En)(\cos\phi)}$	$e = \frac{(L)(I)}{(50)(S)}$ $e\% = \frac{(2)(L)(I)}{(En)(S)}$ $S = \frac{(2)(L)(I)}{(En)(e\%)}$

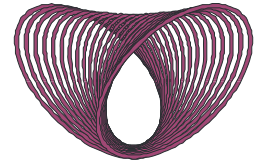
SISTEMA TRIFÁSICO TRES HILOS. Se utiliza en instalaciones eléctricas que se disponen únicamente de cargas trifásicas, independientemente de la carga total instalada, para suministrar energía a instalaciones eléctricas con servicio contratado en alta tensión la carga total instalada es mayor de 8000 Watts.

FÓRMULAS PARA CÁLCULO POR CORRIENTE	FÓRMULAS PARA CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN
$I = \frac{W}{(3)(En)(\cos\phi)}$ ó $I = \frac{W}{(\sqrt{3})(Ef)(\cos\phi)}$	$ef = \frac{(\sqrt{3})(L)(I)}{(50)(S)}$ $e\% = \frac{(2)(\sqrt{3})(L)(I)}{(Ef)(S)}$ $S = \frac{(2)(L)(I)}{(En)(e\%)}$



SISTEMA TRIFÁSICO CUATRO HILOS. Se utiliza en instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos cuando la carga total instalada es mayor de 8000 Watts, cuando se tienen cargas monofásicas como trifásicas independientemente del valor total de la carga instalada.

FÓRMULAS PARA CÁLCULO POR CORRIENTE	FÓRMULAS PARA CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN
$I = \frac{W}{(3)(En)(\cos\phi)}$ ó $I = \frac{W}{(\sqrt{3})(Ef)(\cos\phi)}$	$ef = \frac{(\sqrt{3})(L)(I)}{(50)(S)}$ $e\% = \frac{(2)(\sqrt{3})(L)(I)}{(Ef)(S)}$ $S = \frac{(2)(L)(I)}{(En)(e\%)}$



CÁLCULO DE CONDUCTORES Y CANALIZACIONES.

Para realizar el cálculo de conductores y canalizaciones, es necesario consultar las tablas de consulta previamente elaboradas; solo es necesario considerar aspectos básicos de normatividad, los cuales se encuentran en capítulos anteriores y como ejemplo realizaremos algunos problemas.

Problema 1. Es necesario saber el diámetro de la tubería conduit pared delgada y gruesa para alojar a los siguientes conductores tipo vinanel 900.

- ☞ 4 cables de calibre # 8
- ☞ 6 cables de calibre # 10
- ☞ 12 cables de calibre # 12
- ☞ 16 cables de calibre # 14

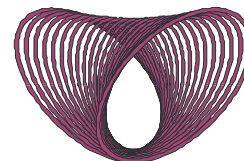
La solución al problema se da con la siguiente metodología:

- A. Consideramos el tipo de conductor, el cual es Vinanel 900, de acuerdo a este criterio, se verifica en la tabla # 6 y elegimos si nos solicitan cable o alambre.
- B. Siguiendo la columna de calibre, localizamos el calibre requerido, nos movemos por ese mismo renglón a la columna de área total con todo y aislamiento.
- C. Multiplicamos en valor por el número de conductores a instalar, para obtener el área total de ese conductor.
- D. Realizamos el mismo procedimiento para los subsecuentes conductores.
- E. Al finalizar sumamos el área total de cada grupo de conductores y obtenemos el área total de todos los conductores a alojar.
- F. De acuerdo a la normatividad para tuberías, nos refiere que el número de conductores a alojar en una tubería no debe de exceder al 40% del área total de la tubería.
- G. Ahora cotejamos con la tabla # 4 de diámetros y áreas interiores de la tubería, seleccionando la columna de la tubería deseada, ya sea pared gruesa o delgada.
- H. Con el valor del área total obtenida en el punto E, buscamos en la columna de 40% este valor, considerando que sea mayor o igual.

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



Es decir:

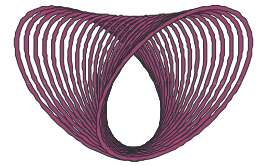
De la tabla # 6

CALIBRE AWG Ó M.C.M	ÁREA DEL COBRE		
	mm ²		
CABLE	14	2.66	9.51
	12	4.23	12.32
	10	6.83	16.40
	8	10.81	29.70

Seleccionamos los conductores que se definen como cables:

NÚMERO DE CONDUCTORES	CALIBRE	ÁREA POR CONDUCTOR mm ²	ÁREA DE GRUPO DE CONDUCTORES mm ²
4	8	29.70	118.80
6	10	16.40	98.40
12	12	12.32	147.84
16	14	9.51	152.16
TOTAL			517.20

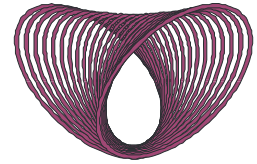
Ahora buscamos en la tabla # 4 en valor de área total que es 517.20 mm², para tubería pared gruesa y delgada dentro de la columna de 40%.



DIÁMETROS NOMINALES		ÁREAS INTERIORES EN mm ²			
		PARED DELGADA		PARED GRUESA	
PULGADAS	mm.	40%	100%	40%	100%
1 1/4 "	32	390	980	422	1056
1 1/2 "	38	532	1330	570	1424

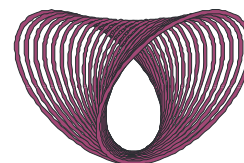
PARED GRUESA: 1 1/2 "

PARED DELGADA: 1 1/2 "



Problema 2. Calcular la corriente, calibre del conductor, por corriente y por caída de tensión, para una carga total instalada de 3200 Watts, considerando que se requiere un cable tipo THW y una longitud de 50 Mts de un circuito de fuerza.

- A. Como primer paso, Consideramos la carga total instalada y ello nos refiere al sistema eléctrico a aplicar.
- B. De acuerdo al sistema, calculamos la corriente de acuerdo por medio de sus fórmulas.
- C. Consideramos el factor de potencia de acuerdo a la normatividad entre un valor de 0.95 a 1.00
- D. Aplicamos el factor de demanda o factor de utilización, el cual varía entre 0.6 y 0.9, en lo personal es recomendable 0.9. El factor lo multiplicamos por la corriente y obtenemos la corriente corregida.
- E. Con este valor de corriente localizamos en la tabla # 2 de acuerdo a la columna de tipo de aislamiento, seleccionamos el tipo de conductor requerido, siendo el valor igual o mayor; nos movemos por el mismo renglón hasta chocar con la columna de calibre.
- F. Realizamos el cálculo por caída de tensión, aplicando la fórmula considerada por el sistema seleccionado, buscando la sección transversal.
- G. Tomamos el valor de la corriente corregida y lo aplicamos en la fórmula de sección transversal, consideramos el porcentaje de caída de tensión de acuerdo al tipo de circuito, utilizamos la distancia que nos proporcionan y obtenemos la sección transversal.
- H. Con este valor del área buscamos en la tabla # 6 o # 7, de acuerdo al tipo de conductor, en la columna del área del cobre localizándolo siendo igual o mayor al valor obtenido y nos movemos por el mismo renglón hasta encontrar la columna de calibre y este será el valor del calibre.



Solución:

El problema determina el tipo de conductor THW con una carga total instalada de 3200 W., una distancia de 50Mts, consideramos un $\cos \phi = 0.95$, un factor de utilización de 0.9 y una caída de tensión para un sistema de fuerza por norma de 4%

Por ello, el sistema a seleccionar es el monofásico a dos hilos.

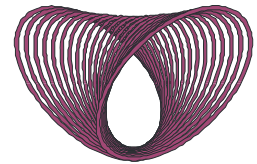
$$I = \frac{W}{(En)(\cos \phi)}; \quad S = \frac{(4)(L)(I)}{(En)(e\%)}$$

Sustituimos valores.

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$I = \frac{W}{(En)(\cos \phi)}$	$I = \frac{3200}{(127)(0.95)}$	I=26.52 A

Con el valor obtenido, aplicamos el factor de demanda.

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$I_c = I F_d$	$I_c = (26.52) \cdot 0.9$	I=23.87 A



Buscamos en la tabla 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo THW y encontramos.

CALIBRE AWG Ó M.C.M	TIPO DE AISLAMIENTO		
	TW	THW	VINANEL NYLON
			VINANEL 900
14	15	25	25
12	20	30	30

Un calibre # 14 por corriente.

Ahora realizamos el cálculo por caída de tensión.

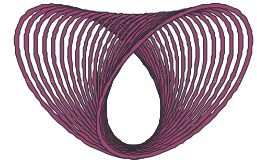
Sustituimos valores.

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$S = \frac{(4)(L)(I)}{(En)(e\%)}$	$S = \frac{(4)(50)(23.87)}{(127)(4)}$	$S=9.39 \text{ mm}^2$

Con el valor obtenido buscamos en la tabla 6 por ser el tipo de aislamiento THW.

CALIBRE AWG Ó M.C.M		ÁREA DEL COBRE mm ²
CABLE	10	6.83
	8	10.81

El calibre obtenido por caída de tensión es el # 8



PROYECTO DE ALUMBRADO.

En este tipo de circuitos, las normas manifiestan que los circuitos eléctricos se contemplan entre 15 y 20 Ampers máximos; a fin de alimentar unidades de alumbrado con portalámparas estándar.

Lo que desprende que la potencia máxima por circuito derivado es de acuerdo a la fórmula de corriente:

$$P = V I$$

$$P = (127)(20)$$

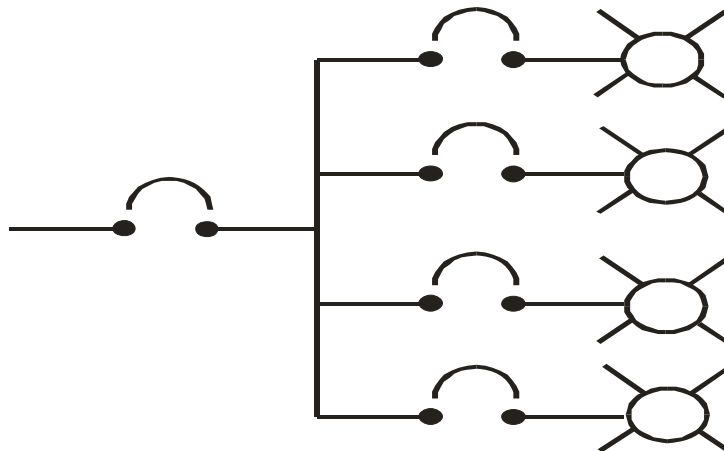
$$P = 2\,540 \text{ WATTS.}$$

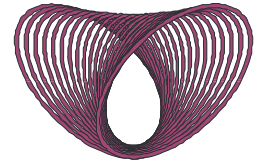
Potencia máxima por circuito derivado.

Ahora realizar el cálculo para este tipo de circuitos muestra otro tipo de criterio, es decir, aquí si consideramos el 100% de la corriente de cálculo; además de contar con variantes como alimentador general, alimentador derivado, protección general y protección derivada.

Cada sección tiene un procedimiento específico, ya que cada circuito derivado cuenta con una carga máxima de 2540 W y por el contrario el circuito general controla toda la carga o la suma de cada circuito concentrado.

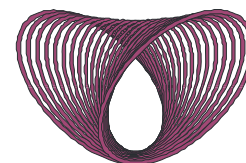
El diagrama lo refiere así:



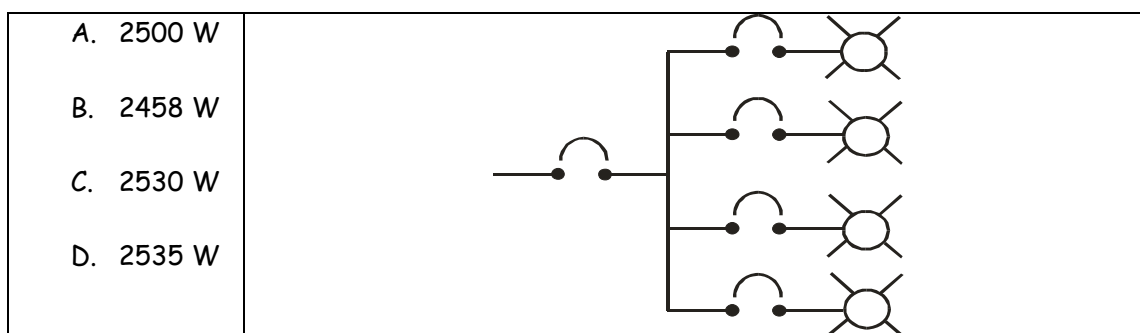


La metodología para el cálculo de alimentadores y protecciones no varía de los cálculos previamente explicados.

- A. Iniciamos conociendo la potencia instalada por cada circuito, la cual no debe exceder los 2540 Watts.
- B. Calculamos la corriente demandada por cada circuito, como podemos observar cada circuito al no exceder los 2500 Watts, aplica la fórmula del sistema monofásico a dos hilos con excepción de sistemas de alumbrado a 220 V.
- C. Al conocer la corriente total por circuito procedemos a calcular el alimentador del circuito; conociendo la corriente del circuito, aplicamos el factor de 1.25, para cargas futuras; el valor lo llevamos a la tabla # 2 y de acuerdo al tipo de aislamiento requerido localizamos el calibre del conductor.
- D. Ahora procedemos a calcular la protección, en este caso también aplicamos el 1.25 para cargas futuras y con este valor seleccionamos el interruptor adecuado, considerando que los interruptores termomagnéticos el valor comercial son de 15, 20, 30, 40, 50, 70 y 100. Debemos seleccionar el tipo de interruptor con el valor igual o mayor al obtenido.
- E. Continuamos con el siguiente circuito hasta concluir.
- F. En este momento, calculamos el alimentador y protección principal.
- G. El alimentador principal se calcula sumando todas las cargas de los circuitos derivados, a fin de tener la carga total instalada. Aplicamos la fórmula, dependiendo de la carga total; usamos el sistema correspondiente y al resultado de la corriente multiplicamos el 1.25 de cargas futuras; este valor lo llevamos a la tabla # 2 y localizamos el calibre del conductor.
- H. Con la corriente calculada también aplicamos el factor de 1.25 para el cálculo de la protección y seleccionamos el interruptor adecuado.



Problema 3. Calcular por corriente y caída de tensión, el calibre del alimentador principal, alimentadores derivados, protección principal y protección derivada; de un circuito de alumbrado, considerando un alambre tipo vinanel 900, sabiendo que cuenta con cuatro circuitos derivados con las siguientes cargas cada uno y un factor de potencia de 0.98



CIRCUITO DERIVADO 1

Cálculo de alimentador:

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$I = \frac{W}{(En)(\cos\phi)}$	$I = \frac{2500}{(127)(0.98)}$	I=20.09 A

Aplicamos el factor. $I_{alim} = (1.25)(20.09) = 25.11 \text{ A}$

Buscamos en la tabla # 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo vinanel 900 y encontramos.

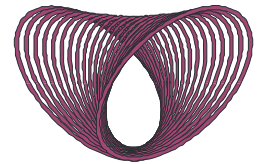
Un calibre # 12, ya que al exceder de 25 Amper, ocupamos el inmediato superior.

Cálculo de protección:

Ocupamos la misma corriente total y aplicamos el factor de 1.25

$I_{prot} = (1.25)(20.09) = 25.11 \text{ A}$

Obtenemos un valor de 25.11 y elegimos el interruptor de 30 A quedando un interruptor de 1 X 30 por ser una fase.



CIRCUITO DERIVADO 2

Cálculo de alimentador:

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$I = \frac{W}{(En)(\cos\phi)}$	$I = \frac{2458}{(127)(0.98)}$	I= 19.75 A

Aplicamos el factor. $I_{\text{alim}} = (1.25)(19.75) = 24.69 \text{ A}$

Buscamos en la tabla # 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo vinanel 900 y encontramos.

Un calibre # 14, ya que no excede de 25 Amper.

Cálculo de protección:

Ocupamos la misma corriente total y aplicamos el factor de 1.25

$$I_{\text{prot}} = (1.25)(19.75) = 24.69 \text{ A}$$

Obtenemos un valor de 24.69 y elegimos el interruptor de 30 A quedando un interruptor de 1 X 30 por ser una fase.

CIRCUITO DERIVADO 3

Cálculo de alimentador:

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$I = \frac{W}{(En)(\cos\phi)}$	$I = \frac{2530}{(127)(0.98)}$	I=20.33 A

Aplicamos el factor.

$$I_{\text{alim}} = (1.25)(20.33) = 25.41 \text{ A}$$

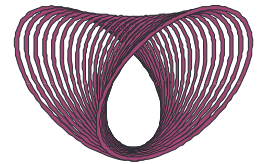
Buscamos en la tabla # 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo vinanel 900 y encontramos.

Un calibre # 12, ya que al exceder de 25 Amper, ocupamos el inmediato superior.

Cálculo de protección:

Ocupamos la misma corriente total y aplicamos el factor de 1.25

$$I_{\text{prot}} = (1.25)(20.33) = 25.41 \text{ A}$$



Obtenemos un valor de 25.41 y elegimos el interruptor de 30 A quedando un interruptor de 1 X 30 por ser una fase.

CIRCUITO DERIVADO 4

Cálculo de alimentador:

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$I = \frac{W}{(En)(\cos\phi)}$	$I = \frac{2535}{(127)(0.98)}$	I= 20.37 A

Aplicamos el factor. $I_{alim} = (1.25)(20.37) = 25.46 \text{ A}$

Buscamos en la tabla # 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo vinanel 900 y encontramos.

Un calibre # 12, ya que excede de 25 Amper.

Cálculo de protección:

Ocupamos la misma corriente total y aplicamos el factor de 1.25

$I_{prot} = (1.25)(20.37) = 25.46 \text{ A}$

Obtenemos un valor de 25.46 y elegimos el interruptor de 30 A quedando un interruptor de 1 X 30 por ser una fase.

CIRCUITO PRINCIPAL

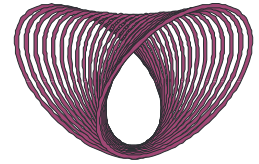
Cálculo de alimentador:

Al sumar la potencia de cada circuito, tenemos una potencia de 10023 W. Lo que implica aplicar el sistema trifásico a 4 hilos.

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$I = \frac{W}{(3)(En)(\cos\phi)}$	$I = \frac{10023}{(3)(127)(0.98)}$	I=26.84 A

Aplicamos el factor. $I_{alim} = (1.25)(26.84) = 33.55 \text{ A}$

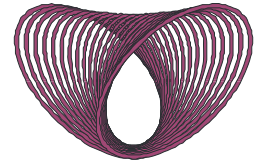
Buscamos en la tabla # 2 y encontramos un calibre # 10, ya que al exceder de 50 Amper, ocupamos el inmediato superior.



Cálculo de protección:

Ocupamos la misma corriente total y aplicamos el factor de 1.25 $I_{prot} = (1.25)(26.84) = 33.55 \text{ A}$

Obtenemos un valor de 58.13 y elegimos el interruptor de 40 A quedando un interruptor de 3 X 40 por tener tres fases.



PROYECTO DE FUERZA

Los circuitos eléctricos denominados de fuerza contienen todos los elementos de consumo, es decir, podemos considerar a los contactos, motores, aires acondicionados, extractores, etc.; concluyendo es todo lo que no entra en un circuito de alumbrado.

En estos circuitos la normatividad, considera que el calibre mínimo de los conductores es # 12, esto implica que si en el cálculo se determina un conductor más pequeño, de acuerdo a la normatividad, automáticamente se instalará un calibre # 12, de la misma manera es normado que los contactos monofásicos se le asigne un valor de potencia o carga de 180 Watts.

Existen dos métodos para realizar el cálculo de conductores en los circuitos y son los ya estudiados anterior mente, el cálculo por caída de tensión y el cálculo por corriente. Es necesario decir que en el caso de los motores eléctricos es imperativo realizar el cálculo por el método de caída de tensión, pues debemos involucrar la distancia del conductor para determinar la máxima caída de tensión permitida.

Para aplicar el cálculo de alimentadores y protección de los motores eléctricos, se tiene que considerar lo siguiente:

CÁLCULO DE ALIMENTADORES DERIVADOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS.

1. Es necesario conocer la corriente a plena carga (I_{pc}), la cual es la corriente que consume el motor cuando esta al 100% de su eficiencia.
2. Se aplica un factor del 25%, que protege al conductor, pues cuando un motor arranca demanda hasta 7 veces la corriente nominal.

Es decir:

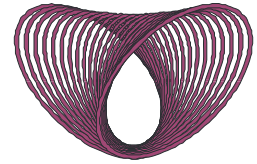
$$I_{motor} = 1.25 \times I_{pc}$$

CÁLCULO DE ALIMENTADORES DERIVADOS PARA CONTACTOS ELÉCTRICOS.

1. Se considera la potencia individual de los contactos monofásicos de 180 W.
2. Al igual que en los motores se aplica el 25% de excedente para posibles cargas futuras.

Es decir:

$$I_{contactos} = 1.25 \times I_{total \text{ de contactos}}$$



CÁLCULO DE ALIMENTADOR PRINCIPAL

1. Involucramos la siguiente fórmula.

$$I_{\text{alim.princ.}} = (1.25 \times I_{\text{motormayor}}) + \Sigma I_{\text{motores individuales}} + \Sigma I_{\text{contactos}}$$

CÁLCULO DE PROTECCIÓN DERIVADOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS.

En el cálculo de las protecciones, se debe considerar que tipo de protección se aplica, ya que de acuerdo al tipo de letra que tiene cada motor y el tipo de protección a utilizar se aplica el factor correspondiente, pero en nuestro caso solo generalizaremos el factor de protección por un interruptor termomagnético de 2.5.

1. Es necesario conocer la corriente a plena carga (I_{pc}), la cual es la corriente que consume el motor cuando esta al 100% de su eficiencia.
2. Se aplica un factor del 25%, que protege al conductor, pues cuando un motor arranca demanda hasta 7 veces la corriente nominal.

Es decir:

$$I_{\text{motor}} = 2.5 \times I_{pc}$$

CÁLCULO DE PROTECCIÓN DERIVADOS PARA CONTACTOS ELÉCTRICOS.

1. Se considera la potencia individual de los contactos monofásicos de 180 W.
2. Al igual que en los motores se aplica el 25% de excedente para posibles cargas futuras.

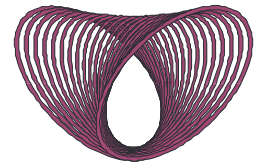
Es decir:

$$I_{\text{contactos}} = 1.25 \times I_{\text{total de contactos}}$$

CÁLCULO DE PROTECCIÓN PRINCIPAL

1. Involucramos la siguiente fórmula.

$$I_{\text{prot.princ.}} = (2.5 \times I_{\text{motormayor}}) + \Sigma I_{\text{motores individuales}} + \Sigma I_{\text{contactos}}$$



Ejemplos.

1. Se debe calcular por el método de caída de tensión el alimentador, tipo THW, para un motor de 10 H.P., monofásico, conectado a 127 V con una distancia de 82 M.
- A. Como primer paso, Consideramos la corriente a plena carga del motor a estudio.
- B. En la tabla 8 podemos encontrar el valor de corriente a plena carga de los diferentes tipo de motores monofásicos y trifásicos.
- C. De acuerdo al tipo de motor y el voltaje aplicado, utilizamos el sistema a aplicar y por consecuencia la fórmula determinada para la sección transversal.
- D. Determinamos el porcentaje de caída de tensión normalizada, ya sea para alimentador principal, derivado o general.
- E. Calculamos la sección transversal del motor y ese valor lo llevamos a la tabla número 6 o 7, considerando el tipo de conductor requerido.
- F. Buscamos en la columna de área del cobre el valor obtenido y lo cruzamos con la columna del calibre, el valor debe ser igual o mayor al encontrado.

Solución:

Buscamos el valor de la corriente a plena carga del motor monofásico a 127 V y 10 H.P., en la tabla #8

Obtenemos el resultado de $I_{pc} = 91 \text{ A}$.

De la tabla # 5 obtenemos el valor de $e\%$ caída de tensión en porcentaje máxima permitida.

Elegimos el 4% para un circuito de fuerza.

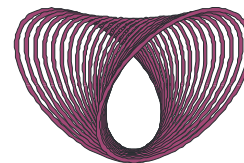
Por ello, el sistema a seleccionar es el monofásico a dos hilos.

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

Sustituimos valores.

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$S = \frac{(4)(L)(I)}{(En)(e\%)}$	$S = \frac{(4)(85)(91)}{(127)(4)}$	$S=60.91 \text{ mm}^2$

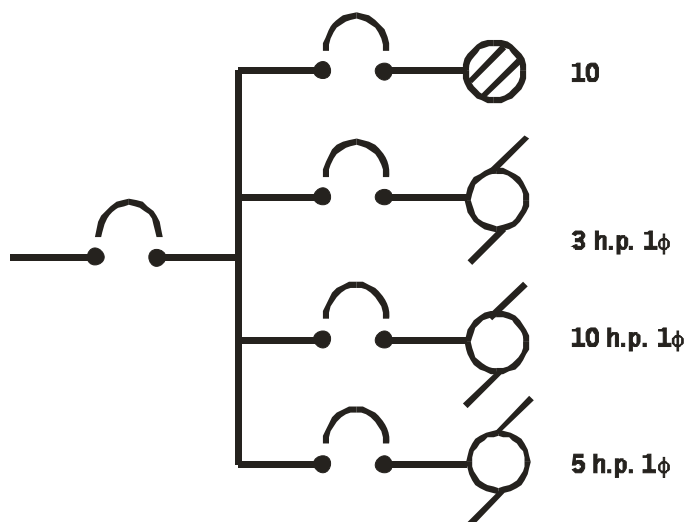
Con el valor obtenido buscamos en la tabla 6 por ser el tipo de aislamiento THW.



El calibre obtenido por caída de tensión es el # 1/0

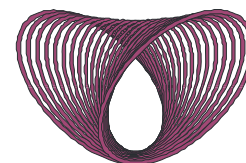
CÁLCULOS PARA SISTEMAS DE FUERZA.

2. De acuerdo al siguiente diagrama, calcule los conductores tipo THW y protecciones, derivadas y principal, sabiendo que el factor de potencia es de 0.95



La metodología para el cálculo de alimentadores y protecciones no varía de los cálculos previamente explicados.

- Iniciamos conociendo la corriente a plena carga de cada motor.
- Calculamos la corriente demandada por el circuito de contactos.
- Al conocer la corriente total por circuito procedemos a calcular el alimentador del circuito. Conociendo la corriente del circuito, aplicamos el factor de 1.25, para cargas futuras; el valor lo llevamos a la tabla 2 y de acuerdo al tipo de aislamiento requerido localizamos el calibre del conductor.
- Ahora procedemos a calcular la protección para los contactos, en este caso también aplicamos el 1.25 para cargas futuras y con este valor seleccionamos el interruptor adecuado, considerando que los interruptores termomagnéticos el valor comercial son de 15, 20, 30, 40, 50, 70 y 100. Debemos seleccionar el tipo de interruptor con el valor igual o mayor al obtenido.



- E. Ahora procedemos a calcular la protección para los motores, en este caso también aplicamos el 2.5 y con este valor seleccionamos el interruptor adecuado, considerando que los interruptores termomagnéticos el valor comercial son de 15, 20, 30, 40, 50, 70 y 100. Debemos seleccionar el tipo de interruptor con el valor igual o mayor al obtenido.
- F. En este momento, calculamos el alimentador y protección principal.
- G. El alimentador principal se calcula sumando todas las cargas de los circuitos derivados, a fin de tener la carga total instalada. Aplicamos la fórmula, dependiendo de la carga total usamos el sistema correspondiente, y al resultado de la corriente multiplicamos el 1.25 al motor mayor, se suman las demás corrientes de los motores y por último se suman las corrientes de los circuitos de contactos.
- H. Con la corriente calculada también multiplicamos el 2.5 al motor mayor, se suman las demás corrientes de los motores y por último se suman las corrientes de los circuitos de contactos.

CÁLCULO DE ALIMENTADORES CIRCUITOS DERIVADOS

La corriente que demanda el circuito monofásico se determina:

$$Pt = \text{Número de contactos} \times 180 = 10 \times 180 = 1800 \text{ W.}$$

Determinamos la corriente:

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
$I = \frac{W}{(En)(\cos\phi)}$	$I = \frac{1800}{(127)(0.95)}$	I=14.92 A

ALIMENTADOR CIRCUITO DERIVADO 1.

$$I \text{ alim circuito 1} = (1.25)(14.92) = 18.69 \text{ A}$$

Buscamos en la tabla 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo THW y encontramos.

Un calibre # 14, pero de acuerdo a la norma se aplica el calibre # 12

ALIMENTADOR CIRCUITO DERIVADO 2.

El motor 1 demanda 31 A. a plena carga de acuerdo a la tabla 8

$$I \text{ alim circuito 2} = (1.25)(31) = 38.75 \text{ A}$$

Buscamos en la tabla 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo THW y encontramos.

Se aplica el calibre # 10

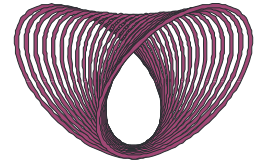
ALIMENTADOR CIRCUITO DERIVADO 3.

El motor 2 demanda 91 A. a plena carga de acuerdo a la tabla 8

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



$$I_{\text{alim circuito 3}} = (1.25)(91) = 113.75 \text{ A}$$

Buscamos en la tabla 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo THW y encontramos.

Se aplica el calibre # 2

ALIMENTADOR CIRCUITO DERIVADO 4.

El motor 3 demanda 51 A. a plena carga de acuerdo a la tabla 8

$$I_{\text{alim circuito 4}} = (1.25)(51) = 63.75 \text{ A}$$

Buscamos en la tabla 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo THW y encontramos.

Se aplica el calibre # 6

CÁLCULO DE PROTECCIONES CIRCUITOS DERIVADOS

Ocupamos la misma corriente total y aplicamos el factor de 1.25 únicamente para contactos

$$I_{\text{prot circuito 1}} = (1.25)(14.92) = 18.65 \text{ A}$$

Elegimos el interruptor de 20 A quedando un interruptor de 1 X 20 por ser una fase.

En el caso de motores se aplica un factor de 2.5

$$I_{\text{prot circuito 2}} = (2.5)(31) = 77.5 \text{ A}$$

Elegimos el interruptor de 80 A quedando un interruptor de 1 X 80 por ser una fase.

$$I_{\text{prot circuito 3}} = (2.5)(91) = 227.5 \text{ A}$$

Elegimos el interruptor de 230 A quedando un interruptor de 1 X 230 por ser una fase.

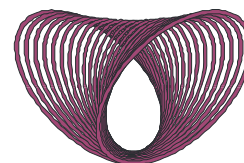
$$I_{\text{prot circuito 4}} = (2.5)(51) = 127.5 \text{ A}$$

Elegimos el interruptor de 130 A quedando un interruptor de 1 X 130 por ser una fase.

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



CÁLCULO DE ALIMENTADOR PRINCIPAL.

Al sumar la potencia de cada circuito, tenemos una potencia de 10023 W. Lo que implica aplicar el sistema trifásico a 4 hilos.

FÓRMULA	SUSTITUCIÓN
$I = (1.25 \times I_{\text{motormayor}}) + \Sigma I_{\text{motores individuales}} + \Sigma I_{\text{contactos}}$	$I = (1.25 \times 91) + (18+29) + 14.92 = 175.67 \text{ A}$

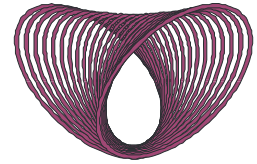
Buscamos en la tabla 2 dentro de la columna de tipo de aislamiento el tipo THW y encontramos.

Un calibre # 2/0, ya que al exceder de 30 Amper, ocupamos el inmediato superior.

CÁLCULO DE PROTECCIÓN PRINCIPAL.

FÓRMULA W	SUSTITUCIÓN
$I = (2.5 \times I_{\text{motormayor}}) + \Sigma I_{\text{motores individuales}} + \Sigma I_{\text{contactos}}$	$I = (2.5 \times 91) + (18+29) + 14.92 = 289.42 \text{ A}$

La protección es de 290 A, por consiguiente es un interruptor de 3 X 290.

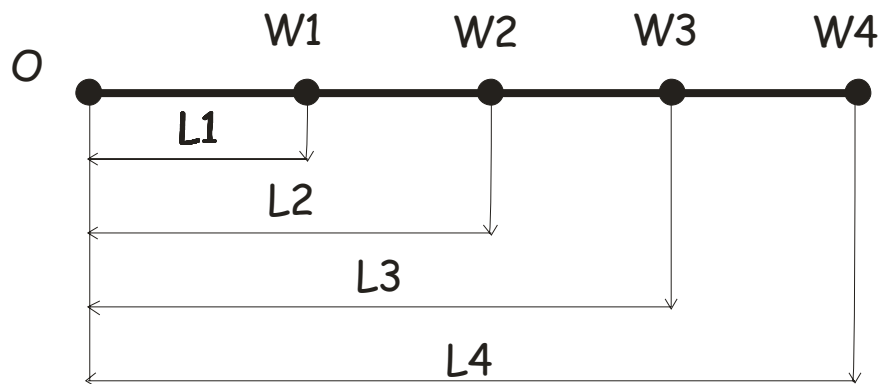


CÁLCULOS DE CENTRO DE CARGA.

En una instalación eléctrica, se le llama CENTRO DE CARGA al punto en el cual se considera que están concentradas todas las cargas parciales o dicho de otra forma; CENTRO DE CARGA es el punto en donde se considera una carga igual a la suma de todas las cargas parciales, lo que en realidad representa el centro de gravedad si a la carga eléctrica se le trata como masa.

El centro de carga puede calcularse fácilmente según el caso particular de que se trate:

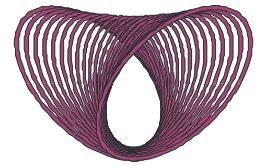
1. Cuando las cargas parciales están en un mismo lineamiento.



El punto O (cero) nos indica el punto de referencia o el lugar en donde se encuentra la toma de energía, tablero de distribución, interruptor general, etc., L₁, L₂, L₃ y L₄; son las distancias de las cargas parciales y W₁, W₂, W₃, y W₄ son las cargas parciales.

La distancia al centro de carga se calcula de la forma siguiente:

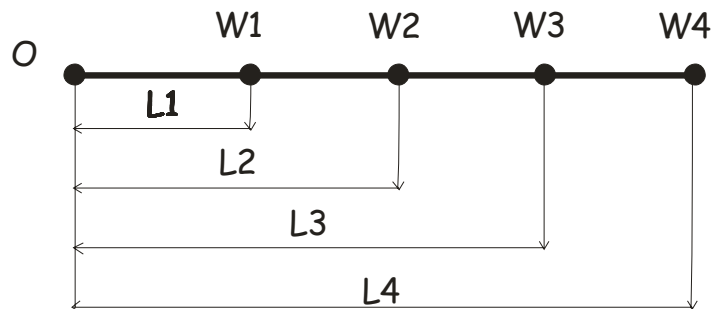
$$L = \frac{(L_1 \times W_1) + (L_2 \times W_2) + (L_3 \times W_3) + (L_4 \times W_4)}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$



EJEMPLO

Calcular la distancia al centro de carga para las siguientes cargas parciales conectadas en una misma dirección con respecto al punto de referencia o toma de energía eléctrica.

W_1	=	10,000 Watts	L_1	=	30 metros
W_2	=	6,000 Watts	L_2	=	40 metros
W_3	=	3,000 Watts	L_3	=	60 metros
W_4	=	2,000 Watts	L_4	=	25 metros



La solución es como sigue:

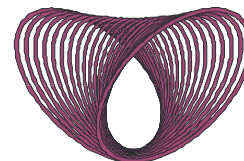
$$L = \frac{(L_1 \times W_1) + (L_2 \times W_2) + (L_3 \times W_3) + (L_4 \times W_4)}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

Sustituimos valores.

$$L = \frac{(30 \times 10000) + (40 \times 6000) + (60 \times 3000) + (25 \times 2000)}{10000 + 6000 + 3000 + 2000}$$

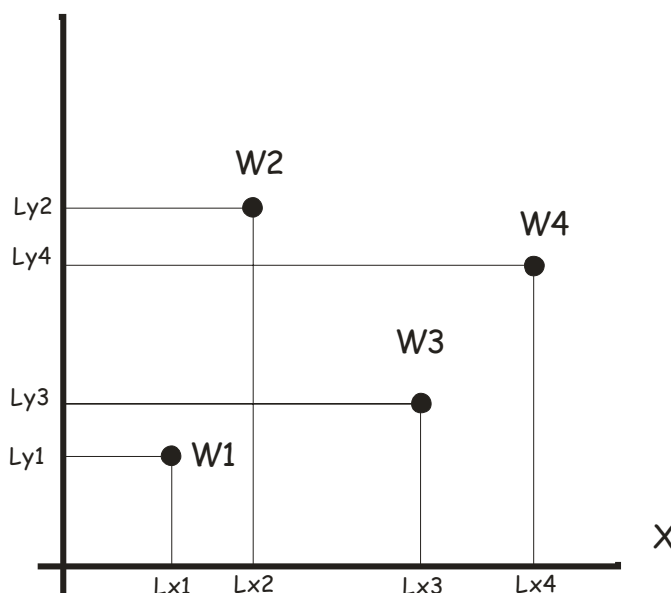
Obteniendo la distancia del centro de carga:

$$L = 36.66 \text{ Mts.}$$



2. Cuando las cargas parciales de una instalación eléctrica no están sobre un mismo lineamiento, sino que se encuentran distribuidas sin seguir un cierto orden de dirección y distancia con respecto a la toma de energía, debe uno de valerse de un sistema de coordenadas cartesianas para calcular el centro de carga:

- a) Se calcula el centro de carga con respecto a los ejes coordenados,
- b) La intersección de estas dos distancias da exactamente el centro de carga
- c) Se calcula la distancia del centro de carga a la toma de energía.



$$L_x = \frac{(L_{x1} \times W_1) + (L_{x2} \times W_2) + (L_{x3} \times W_3) + (L_{x4} \times W_4)}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

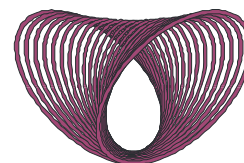
$$L_y = \frac{(L_{y1} \times W_1) + (L_{y2} \times W_2) + (L_{y3} \times W_3) + (L_{y4} \times W_4)}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

$$L = \sqrt{(L_x^2 + L_y^2)}$$

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



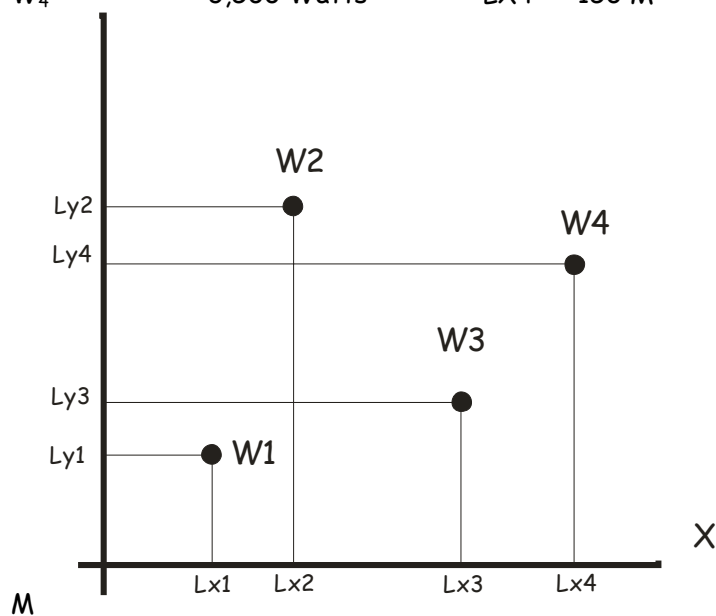
EJEMPLO

Suponiendo un local en el que, por razones de trabajo se tienen cuatro cargas colocadas sin guardar lineamiento alguno.

Calcular el centro de carga y la distancia de éste a la toma de corriente.

CARGAS.

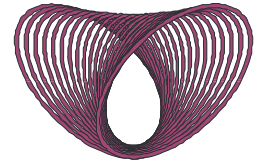
W_1	=	5,000 Watts	$Lx1=$	45 M	$Ly1=$	55 M
W_2	=	4,000 Watts	$Lx2=$	75 M	$Ly2=$	84 M
W_3	=	6,000 Watts	$Lx3=$	100 M	$Ly3=$	96 M
W_4	=	3,500 Watts	$Lx4=$	150 M	$Ly4=$	125



APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

UNIDAD 2.- LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS



La solución es como sigue:

$$L_x = \frac{(L_{x1} \times W_1) + (L_{x2} \times W_2) + (L_{x3} \times W_3) + (L_{x4} \times W_4)}{W_1 + W_2 + W_4 + W_5}$$

$$L_y = \frac{(L_{y1} \times W_1) + (L_{y2} \times W_2) + (L_{y3} \times W_3) + (L_{y4} \times W_4)}{W_1 + W_2 + W_4 + W_5}$$

$$L = \sqrt{(L_x^2 + L_y^2)}$$

Sustituimos valores.

$$L_x = \frac{(45 \times 5000) + (75 \times 4000) + (100 \times 6000) + (150 \times 3500)}{5000 + 4000 + 6000 + 3500}$$

$$L_x = \frac{(55 \times 5000) + (84 \times 4000) + (96 \times 6000) + (125 \times 3500)}{5000 + 4000 + 6000 + 3500}$$

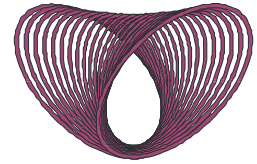
$$L = \sqrt{(198.65^2 + 221.59^2)}$$

Obteniendo la distancia del centro de carga:

$$L_x = 198.65 \text{ Mts.}$$

$$L_y = 221.59 \text{ Mts.}$$

$$L = 297.58 \text{ Mts.}$$



SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.

DEFINICIÓN.

Una subestación es un grupo de elementos y dispositivos eléctricos usados para modificar las características de la energía es sus parámetros más importantes como son el voltaje y la corriente; determinadas por las necesidades del sistema eléctrico, manteniendo la potencia y la frecuencia constante.

Las subestaciones e pueden clasificar como sigue:

1. POR SU OPERACIÓN.

- a. Corriente alterna.
- b. Corriente directa.

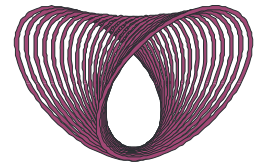
2. POR SU SERVICIO.

- a. Primarias.
 - i. Elevadoras.
 - ii. Receptoras.
 - iii. Reductoras.
 - iv. De enlace o distribución.
 - v. Se switcheo o maniobra.
 - vi. Convertidoras.
 - vii. Rectificadoras.
- b. Secundarias.
 - i. Elevadoras.
 - ii. Receptoras.
 - iii. Reductoras.
 - iv. De enlace.
 - v. Convertidoras.
 - vi. Rectificadoras.

3. POR SU CONSTRUCCIÓN.

- a. Intemperie.
- b. Interior.
- c. Blindada.

De la misma manera podemos contar con una clasificación de los elementos que la constituyen.



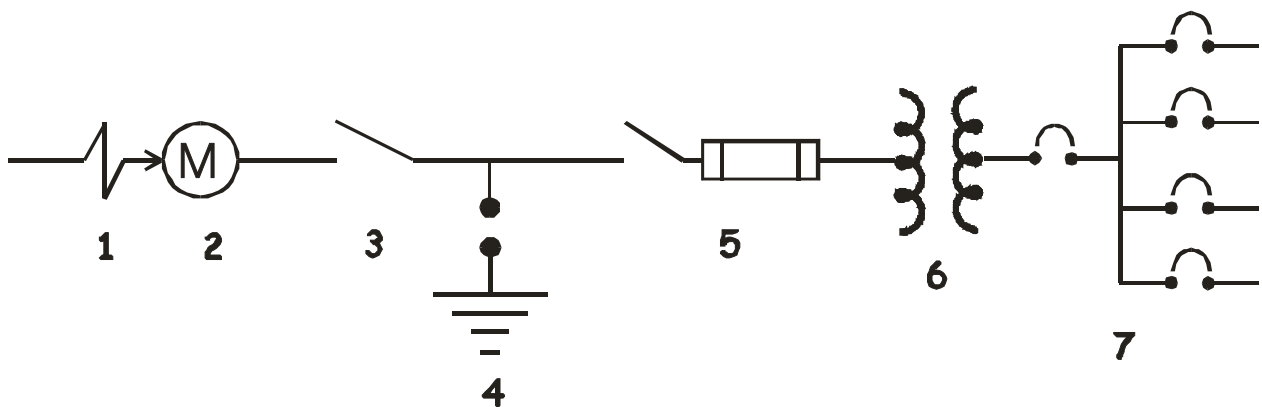
1. PRIMARIOS.

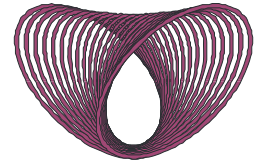
- a. Transformador.
- b. Interruptor de potencia.
- c. Restaurador.
- d. Cuchilla fusible.
- e. Cuchilla desconectadota.
- f. Apartarrayos.
- g. Transformador de instrumentos.
- h. Interruptor general en baja tensión.
- i. Pararrayos.

2. SECUNDARIOS.

- a. Cables de potencia.
- b. Cables de control.
- c. Alumbrado.
- d. Estructuras.
- e. Herrajes.
- f. Equipo de seguridad.
- g. Sistema de seguridad.
- h. Carrier.
- i. Cercas.
- j. Alarma.
- k. Red de tierras.

Las partes principales de las subestaciones se aprecian en el siguiente diagrama.





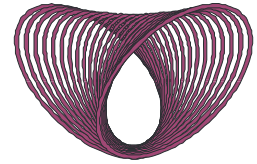
1. **ACOMETIDA.** Es la conexión de la compañía Suministradora con el usuario.
2. **EQUIPO DE MEDICIÓN.** Es el equipo de la compañía suministradora con el que se verifica el consumo de energía por parte del usuario.
3. **CUCHILLA DESCONECTADORA.** Es el dispositivo que permite la desconexión física y eléctrica del sistema del usuario con la compañía suministradora.
4. **APARTARRAYOS.** Es el elemento que protege contra sobrecargas internas y externas del sistema.
5. **INTERRUPTOR DE POTENCIA.** Se define al equipo que protege a todo el sistema de sobrecargas y cortocircuitos en alta tensión.
6. **TRANSFORMADOR.** Es la maquina que convierte los parámetros eléctricos de voltaje o corriente, ya sea reduciéndolos o elevándolos manteniendo la frecuencia y potencia constante.
7. **TABLERO GENERAL EN BAJA TENSIÓN.** Es el equipo que protege de sobre cargas y cortocircuitos a todo el sistema en baja tensión, es donde se distribuye a todas las cargas del sistema.

ARREGLOS DE SUBESTACIONES

Las subestaciones eléctricas permiten realizar arreglos de acuerdo al tipo de celda que se requiera, es decir, cada equipo puede estar contenido en una celda o varios equipos en una sola celda.

Si fuera el caso de que se requiriera una celda por equipo se tendría la siguiente clasificación.

1. Celda de Medición.
2. Celda de Acometida.
3. Celda de Acometida con Cuchilla de Servicio.
4. Celda de Cuchilla de Servicio.
5. Celda de Cuchilla de Servicio y Prueba.
6. Celda de Seccionador Bajo Carga con Apartarrayos.
7. Celda de Acoplamiento.



MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

INTRODUCCIÓN.

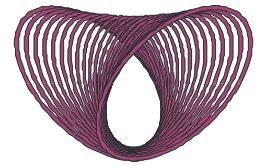
En los sistemas eléctricos de potencia; las subestaciones de distribución son las que transportan a través de sus circuitos la energía eléctrica a los centros de consumo.

El equipo primario de las Subestaciones debe mantenerse en las mejores condiciones operativas, para reducir las probabilidades de falla; mejorando así, la continuidad del servicio.

Analizando lo anterior, es necesario que los trabajos de preparación del equipo primario para su puesta en servicio y las actividades de mantenimiento sean de calidad, para evitar la salida prematura del equipo en operación.

El presente trabajo es de utilidad para el Ingeniero de Campo, en especial para el Ingeniero de Subestaciones y su personal técnico; tiene la finalidad de proporcionar los elementos fundamentales de información, como apoyo en la manera de efectuar pruebas al equipo eléctrico primario.

Los resultados obtenidos en las pruebas, deben cumplir con valores aceptables ya que se mencionan en este procedimiento, siendo la base para decidir la puesta en servicio de un equipo o si este, se encuentra en operación y requiere de mantenimiento.



OBJETIVO.

Unificar criterios en la forma de realizar pruebas de campo al equipo primario de las subestaciones de distribución y con la información que se proporciona, interpretar y evaluar resultados de las mismas.

DESARROLLO.

El presente documento, describe en su primera parte las generalidades del mantenimiento y los tipos de éste que se aplican al equipo eléctrico; se describen también en forma breve, algunas de las principales pruebas de fábrica que se realizan al equipo eléctrico primario para subestaciones.

El objeto principal, es exponer las Pruebas de Campo, describiendo: su teoría, aplicación y recomendaciones para su ejecución. Contiene también los formatos para registrar los resultados y proporciona la información correspondiente para su evaluación.

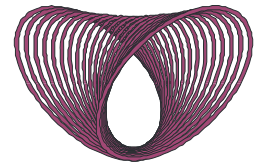
Las pruebas de campo son actividades dentro de los trabajos de mantenimiento y puesta en servicio, que el personal debe llevar a cabo en forma periódica, con la finalidad de mantener índices de confiabilidad y continuidad aceptables.

GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.

Con base en los resultados obtenidos de pruebas realizadas al equipo eléctrico; el personal responsable del mantenimiento, tiene los argumentos suficientes para tomar la decisión de mantener energizado o retirar de servicio un equipo en operación que requiera mantenimiento.

Para el mantenimiento del equipo, es conveniente considerar los aspectos siguientes:

- a. Archivo histórico y análisis de resultados obtenidos en inspecciones y pruebas. Es necesario además considerar las condiciones operativas de los equipos, así como las recomendaciones de los fabricantes.
- b. Establecer las necesidades de mantenimiento para cada equipo.
- c. Formular las actividades de los programas de mantenimiento.
- d. Determinar actividades con prioridad de mantenimiento para cada equipo en particular.
- e. Se debe contar con personal especializado y competente para realizar las actividades de mantenimiento al equipo y establecer métodos para su control.

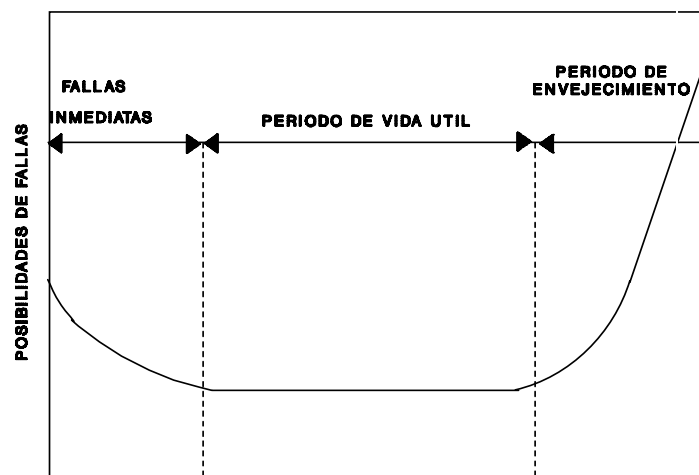


Mejorando las técnicas de mantenimiento, se logra una productividad mayor y se reducen los costos del mismo. Los tipos de mantenimientos que se pueden aplicar al equipo en operación, son los siguientes:

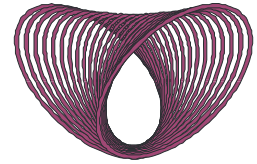
- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Es el tipo de mantenimiento más antiguo, puesto que permite operar el equipo hasta que la falla ocurra antes de su reparación o sustitución. Este tipo de mantenimiento requiere poca planeación y control, pero sus desventajas lo hacen inaceptable en grandes instalaciones, ya que el trabajo es realizado sobre una base de emergencia, la cuál resulta en un ineficiente empleo de la mano de obra y ocasiona interrupciones del servicio.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Las actividades de mantenimiento preventivo tienen la finalidad de impedir o evitar que el equipo falle durante el período de su vida útil y la técnica de su aplicación, se apoya en experiencias de operación que determinan que el equipo después de pasar el período de puesta en servicio reduce sus posibilidades de falla, se realiza cuando menos una vez al año, aunque debe ser cada 6 meses.



CURVA DE VIDA ÚTIL.



Dentro del mantenimiento preventivo, debemos considerar las siguientes pruebas:

A. MANTENIMIENTO ELÉCTRICO. Implica la realización de las pruebas eléctricas a todo el equipo de la subestación, como son:

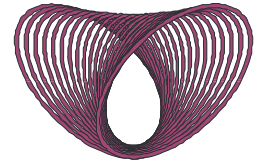
1. **RIGIDEZ DIELECTRICA** a todas las partes vivas y metálicas, con el megger.
2. **RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN A LOS DEVANADOS DEL TRANSFORMADOR**, con el TTR.
3. **RIGIDEZ DIELECTRICA AL ACEITE DEL TRANSFORMADOR**, Con probador de rigidez dieléctrica del aceite.
4. **RIGIDEZ DIELECTRICA A LOS DEVANADOS DEL TRANSFORMADOR**, con megger.
5. **MEDICIÓN DE RESISTENCIA EN RED DE TIERRAS**, con probador de tierras.

B. MANTENIMIENTO MECÁNICO. Se efectúa la revisión de todas las partes mecánicas y móviles de la subestación.

1. Limpieza de todo el equipo con solvente dieléctrico.
2. Revisión, limpieza y engrasado de todos los mecanismos.
3. Ajuste de cuchillas e interruptores.
4. Limpieza del tanque de transformador y gabinetes
5. Revisión del estado de la pintura.
6. Reapriete de la tornillería.

C. MANTENIMIENTO CIVIL. Se revisa la plancha de concreto, estructura metálica y cimentación.

1. Verificar el estado de las planchas de concreto.
2. Revisión de cimentación.
3. Revisión de las estructuras metálicas.

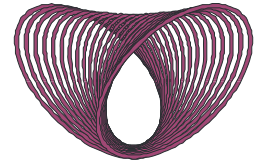


PROCEDIMIENTO PARA DAR MANTENIMIENTO A UNA SUBESTACIÓN.

1. Solicitar la libranza a la compañía suministradora con 48 horas de anticipación.
2. Desconectar los interruptores derivados en baja tensión.
3. Desconectar el interruptor principal en baja tensión.
4. Desconectar el interruptor de potencia en alta tensión.
5. Desconectar la cuchilla de paso.
6. Abrir las puertas de los gabinetes, durante 20 minutos, para desionizar el ambiente.
7. Aterrizar un conductor con una varilla de tierra alejada del sistema, colocarlo en una pértiga y tocar todas las partes vivas dentro de la subestación.
8. Cortocircuitar las cuchillas de paso y aterrizárlas.
9. Cortocircuitar las boquillas de transformador en alta tensión y aterrizárlas.
10. Dar el mantenimiento y / o cambiar dispositivos.

PROCEDIMIENTO ENERGIZAR UNA SUBESTACIÓN.

1. Limpiar la zona de trabajo sin dejar ningún elemento extraño.
2. Quitar el cortocircuito de las cuchillas de paso y quitar el aterrizamiento.
3. Quitar el cortocircuito de las boquillas del transformador en alta tensión y quitar el aterrizamiento.
4. Conectar la cuchilla de paso.
5. Conectar el interruptor de potencia en alta tensión.
6. Conectar el interruptor principal en baja tensión.
7. Conectar los interruptores derivados en baja tensión.
8. Solicitar la conexión a la compañía suministradora al término del mantenimiento.



EQUIPO PARA REALIZAR PRUEBAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

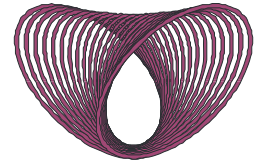
La resistencia de aislamiento se define como la oposición al paso de una corriente eléctrica que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo y generalmente expresada en Megaohms, Gigaohms o Teraohms.

A la corriente resultante de la aplicación de voltaje de corriente directa, se le denomina "Corriente de Aislamiento" y consta de dos componentes principales:

- **LA CORRIENTE QUE FLUYE DENTRO DEL VOLUMEN DE AISLAMIENTO ES COMPUESTA POR:**
 1. **CORRIENTE CAPACITIVA.**
 2. **CORRIENTE DE ABSORCIÓN DIELECTRICA.**
 3. **CORRIENTE DE CONDUCCIÓN IRREVERSIBLE.**

CORRIENTE CAPACITIVA.- Es una corriente de magnitud comparativamente alta y de corta duración, que decrece rápidamente a un valor despreciable (generalmente en un tiempo máximo de 15 segundos) conforme se carga el aislamiento, y es la responsable del bajo valor inicial de la Resistencia de Aislamiento. Su efecto es notorio en aquellos equipos que tienen capacitancia alta, como transformadores de potencia, máquinas generadoras y cables de potencia de grandes longitudes.

CORRIENTE DE ABSORCIÓN DIELECTRICA.- Esta corriente decrece gradualmente con el tiempo, desde un valor relativamente alto a un valor cercano a cero, siguiendo una función exponencial. Generalmente los valores de resistencia obtenidos en los primeros minutos de una prueba, quedan en gran parte determinados por la Corriente de Absorción. Dependiendo del tipo y volumen del aislamiento, esta corriente tarda desde unos cuantos minutos a varias horas en alcanzar un valor despreciable; sin embargo para efectos de prueba, puede despreciarse el cambio que ocurre después de 10 minutos.



CORRIENTE DE CONDUCCIÓN IRREVERSIBLE.- Esta corriente fluye a través del aislamiento y es prácticamente constante, predomina después que la corriente de absorción se hace insignificante.

- **CORRIENTE DE FUGA.-** Es la que fluye sobre la superficie del aislamiento. Esta corriente al igual que la Corriente de Conducción irreversible, permanece constante y ambas constituyen el factor primario para juzgar las condiciones del aislamiento.

ABSORCIÓN DIELECTRICA.- La resistencia de aislamiento varía directamente con el espesor del aislamiento e inversamente al área del mismo; cuando repentinamente se aplica un voltaje de corriente directa a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente va aumentando con el tiempo hasta estabilizarse.

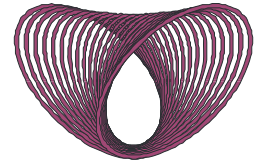
Graficando los valores de resistencia de aislamiento contra tiempo, se obtiene una curva denominada de absorción dieléctrica; indicando su pendiente el grado relativo de secado y limpieza o suciedad del aislamiento. Si el aislamiento está húmedo o sucio, se alcanzará un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y como resultado se obtendrá una curva con baja pendiente.

La pendiente de la curva puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento, tomadas a diferentes intervalos de tiempo, durante la misma prueba. A la relación de 60 a 30 segundos se le conoce como "**Índice de Absorción**", y a la relación de 10 a 1 minuto como "**Índice de Polarización**".

Los índices mencionados, son útiles para la evaluación del estado del aislamiento de devanados de transformadores de potencia y generadores.

FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA.

Entre los factores que afectan la prueba y tienden a reducir la resistencia de aislamiento de una manera notable son: la suciedad, la humedad relativa, la temperatura y la inducción electromagnética; para la suciedad, es necesario eliminar toda materia extraña (polvo, carbón, aceite, etc.) que este depositada en la superficie del aislamiento; para la humedad, se recomienda efectuar las pruebas a una temperatura superior a la de rocío. La resistencia de aislamiento varía inversamente con la temperatura en la mayor parte de los materiales aislantes; para comparar adecuadamente las mediciones periódicas de resistencia de aislamiento, es necesario efectuar las mediciones a la misma temperatura, o convertir cada medición a una misma base.



La base de temperatura recomendada, es de 20°C para transformadores y 40°C para máquinas rotatorias. Para otros equipos, como interruptores, apartarrayos, boquillas, pasamuros, etc., no existe temperatura base, ya que la variación de la resistencia con respecto a la temperatura es estable.

Para equipos a probar, que se encuentren bajo el efecto de inducción electromagnética, es necesario acondicionar un blindaje para drenar a tierra las corrientes inducidas que afectan a la prueba.

Una forma práctica para el blindaje, es utilizar malla metálica multiaterrizada (jaula de Faraday) sobre el equipo, soportada con material aislante.

Para realizar lo anterior, se deben tomar las medidas estrictas de seguridad por la proximidad con otros equipos energizados.

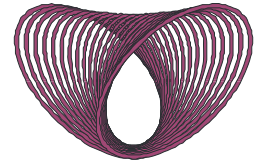
Otro factor que afecta las mediciones de resistencia de aislamiento y absorción dieléctrica es la presencia de carga previa en el aislamiento. Esta carga puede originarse porque el equipo trabaja aislado de tierra o por una aplicación del voltaje de C.D. en una prueba anterior. Por tanto es necesario que antes de efectuar las pruebas se descarguen los aislamientos mediante una conexión a tierra.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

Aún cuando existe una gran variedad de instrumentos para la medición de la resistencia de aislamiento, puede decirse que la gran mayoría utiliza el elemento de medición de bobinas cruzadas, cuya principal característica es que su exactitud es independiente del voltaje aplicado en la prueba:

Los medidores de resistencia de aislamiento de los tipos manual y motorizado consisten fundamentalmente de dos bobinas designadas como A y B montadas en un sistema móvil común con una aguja indicadora unida a las mismas y con libertad para girar en un campo producido por un imán permanente. En el caso de estos tipos de medidores de resistencia de aislamiento, el sistema está sustentado en joyas soportadas en resortes y está exento de las espirales de control que llevan otros aparatos como los ampérmetros y voltímetros.

La alimentación de señal a las bobinas se efectúa mediante ligamentos conductores que ofrecen la mínima restricción posible, de tal forma, que cuando el instrumento está nivelado y no se le está alimentando corriente, la aguja indicadora flotará libremente pudiendo quedar en reposo en cualquier posición de la escala.



Adicionalmente al elemento de medición, estos tipos de medidores de resistencia de aislamiento tienen un generador de corriente directa accionado manualmente o mediante un motor el cual proporciona el voltaje necesario para efectuar la medición.

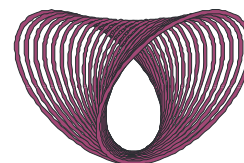
La bobina deflectora A está conectada en serie con una resistencia R' , quedando la resistencia bajo prueba conectada entre las terminales línea y tierra del aparato.

Las bobinas A y B están montadas en el sistema móvil con un ángulo fijo entre ellas y están conectadas en tal forma que cuando se les alimenta corriente, desarrollan pares opuestos y tienden a girar el sistema móvil en direcciones contrarias. Por lo tanto, la aguja indicadora se estabilizará en el punto donde los pares se balancean. Cuando el aislamiento es casi perfecto o cuando no se conecta nada a las terminales de prueba no habrá flujo de corriente en la bobina A. Sin embargo, por la bobina B circulará un flujo de corriente y por tal razón, girará en contra de las manecillas del reloj hasta posicionarse sobre el entrehierro en el núcleo de hierro C. En esta posición la aguja indicadora estará sobre la marca del infinito.

Con las terminales de prueba en cortocircuito fluirá una corriente mayor en la bobina A que en la bobina B, por tal motivo un par mayor en la bobina A desplazará el sistema móvil en sentido de las manecillas del reloj, hasta posicionar la aguja indicadora en el cero de la escala. Cuando se conecta una resistencia entre las terminales marcadas como línea y tierra del aparato, fluirá una corriente en la bobina deflectora A y el par correspondiente, desplazará el sistema sacándolo de la posición del infinito hacia un campo magnético que aumenta gradualmente, hasta que se alcanza un balance entre los pares de las dos bobinas. Esta posición depende del valor de la resistencia externa que controla la magnitud relativa de la corriente en la bobina A. Debido a que los cambios en el voltaje afectan las dos bobinas en la misma proporción, la posición del sistema móvil es independiente del voltaje.

La función de la resistencia R' es la de limitar la corriente en la bobina A y evitar se dañe el aparato cuando se ponen en cortocircuito las terminales de prueba.

En el caso de los medidores de resistencia de aislamiento del tipo electrónico y/o digital la medición se efectúa bajo el mismo principio de comparación y balance de resistencias señalado anteriormente solo que mediante una emulación de la acción de las bobinas a través de circuitos y componentes electrónicos o mediante algoritmos residentes en un microprocesador; Obteniéndose incluso para este tipo de medidores de resistencia de aislamiento mayor grado de exactitud y precisión que en aquellos equipos que utilizan medidores analógicos.



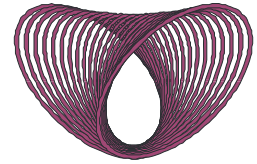
USO DE LA GUARDA.

Generalmente todos los medidores de resistencia de aislamiento con rango mayor de 1000 Megaohms están equipados con terminal de guarda. El propósito de esta terminal es el contar con un medio para efectuar mediciones en mallas de tres terminales (ver Fig. 2.4) en tal forma que puede determinarse directamente el valor de una de las dos trayectorias posibles. Además de esta finalidad principal, dicha terminan hace posible que los medidores de resistencia de aislamiento puedan utilizarse como una fuente de voltaje de corriente directa con buena regulación, aunque con capacidad de corriente limitada.

Concretamente puede decirse que la corriente de fuga de toda componente de un sistema de aislamiento conectada a la terminal de guarda no interviene en la medición.

Al usar la terminal de guarda, particularmente en el caso de los instrumentos accionados con motor, o los de tipo electrónico y/o digital debe asegurarse que no existen posibilidades de que se produzca un arco eléctrico entre las terminales de la muestra bajo prueba, conectadas a guarda y tierra. Tal situación podría causar arqueo indeseable en el conmutador del generador del instrumento.

Para todas las pruebas de resistencia de aislamiento citadas en este procedimiento deben utilizarse cables de línea con blindaje (el blindaje debe conectarse a guarda).



PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN Y POLARIDAD.

La relación de transformación se define como la relación de vueltas o de voltajes del primario al secundario, o la relación de corrientes del secundario al primario en los transformadores y se obtiene por la relación:

$$a = \left(\frac{N_p}{N_s} \right) = \left(\frac{V_p}{V_s} \right) = \left(\frac{I_s}{I_p} \right)$$

Mediante la aplicación de esta prueba es posible detectar corto circuito entre espiras, falsos contactos, circuitos abiertos, etc.

Respecto a la polaridad, es importante conocerla, porque permite verificar el diagrama de conexión de los transformadores monofásicos y trifásicos, más aun, cuando se tengan transformadores cuya placa se ha extraviado.

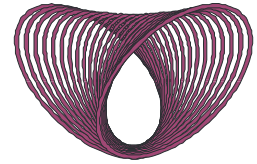
MÉTODOS DE MEDICIÓN.

Existen varios métodos para llevar a cabo esta prueba, dependiendo del probador empleado. A continuación se describen los más utilizados

MÉTODO MONOFÁSICO MANUAL-ANALÓGICO.

El método mas utilizado para llevar a cabo estas pruebas es con el medidor de relación de vueltas, Transformer Turn Ratio (T.T.R.), que opera bajo el conocido principio de que cuando dos transformadores que nominalmente tienen la misma relación de transformación y polaridad, y se excitan en paralelo, con la mas pequeña diferencia en la relación de alguno de ellos, se produce una corriente circulante entre ambos relativamente alta.

El equipo para medición de relación de transformación, está formado básicamente; por un transformador de referencia con relación ajustable desde 0 hasta 130, una fuente de excitación de corriente alterna, un galvanómetro detector de cero corriente, un voltmetro, un ampermetro y un juego de terminales de prueba, contenidos en una caja metálica o de fibra de plástico. Para relaciones de transformación mayores de 130, a este equipo se le acoplan transformadores auxiliares.



MÉTODO DIGITAL.

En la actualidad existen medidores de relación de transformación diseñados a base de microprocesadores que nos permiten realizar la prueba de relación de transformación a transformadores trifásicos o monofásicos en menor tiempo, por su característica digital. Además cuenta con un sistema programado para su autoverificación; con este equipo se pueden hacer mediciones de relación de 0.08 a 2700.

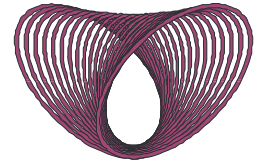
COMPROBACIÓN DEL MEDIDOR DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.

En este procedimiento se describe la comprobación del medidor con capacidad de relación hasta 130.

Hay tres formas para la comprobación del correcto funcionamiento del medidor, con esas, se detecta en forma rápida, cualquier alteración en las partes más vulnerables como son: las terminales y sus conectores, el circuito detector, y los medidores, etc.

El medidor cuenta con cuatro terminales para realizar las pruebas; dos de ellas denominadas de excitación (X1,X2), se identifican, porque el conductor es de sección grande y en sus extremos tiene un conector tipo "C" con tornillo para su sujeción y conducción; las otras dos terminales, se identifican porque el conductor es de sección pequeña y se denominan secundarias (H1,H2) y en sus extremos tienen conectores tipo mordaza.

- **COMPROBACIÓN DE BALANCE.**- Colocar los selectores en cero. Conectar entre sí H1 y H2. Asegúrese que los tornillos de los conectores "C" (X1, X2) no hagan contacto con el tope ni se toquen entre sí. Gire la manivela del generador hasta obtener 8 volts de excitación. Observe el galvanómetro detector, la aguja deberá permanecer al centro de la escala sobre la marca del cero. Si es necesario, ajuste a cero la aguja con un destornillador manteniendo los 8 volts de excitación, suelte la manivela y observe el galvanómetro detector. La aguja puede quedar ligeramente desviada de la marca cero; si ésta es mayor que $1/16"$, consultar el manual del medidor en la sección de mantenimiento.

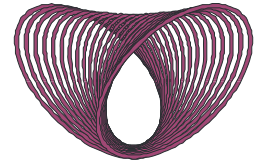


- **COMPROBACIÓN DE LA RELACIÓN CERO.-** En las terminales de excitación (X1, X2), apriete los tornillos hasta el tope, hasta que hagan buen contacto con la cara opuesta, si es necesario coloque una arandela de cobre. Mantenga separadas las terminales X1 y X2 y deje las terminales H1 y H2 conectadas entre sí y los selectores en cero. Gire la manivela hasta obtener 8 volts; mientras gira observe el galvanómetro, ajuste el cuarto selector hasta lograrlo, manteniendo los 8 volts de excitación. El cuarto selector deberá indicar una desviación no mayor de 1/2 división. Esta comprobación puede hacerse aún cuando las terminales de excitación se tengan conectadas a un transformador bajo prueba.
- **COMPROBACIÓN DE RELACIÓN UNITARIA.-** Efectué el mismo proceso para las terminales de excitación del punto anterior. Conecte la terminal secundaria negra H1 a la terminal negra de excitación X1 y la terminal secundaria roja H2 a la terminal roja de excitación X2. Coloque los selectores en la lectura 1,000.

Gire la manivela hasta obtener 8 volts de excitación y simultáneamente observe el galvanómetro, si la lectura no es uno exactamente ajustarla con el cuarto selector sin dejar de girar la manivela. Si el cuarto selector indica lectura menor de cero, cambie los selectores hasta obtener una lectura de 0.9999; otra vez ajuste el cuarto selector hasta que la aguja marque cero. El equipo deberá leer 1,000 con casi la mitad de una división en el cuarto selector.

COMPROBACIÓN DE POLARIDAD.

Conectado el medidor al transformador, coloque las carátulas del medidor en ceros y gire la manivela un cuarto de vuelta. Si la aguja del galvanómetro se desvía a la izquierda, la polaridad es substractiva, si desvía a la derecha, la polaridad es aditiva; en caso de polaridad aditiva, deberán intercambiarse las terminales H1 y H2, para adecuar el medidor a un transformador de esa polaridad.



PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS.

La resistencia, es una propiedad (de los conductores) de un circuito eléctrico, que determina la proporción en que la energía eléctrica es convertida en calor y tiene un valor tal que, multiplicado por el cuadrado de la corriente, da el coeficiente de conversión de energía. La relación física por la que puede ser calculada la resistencia de un material de sección uniforme es:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Donde:

R= Resistencia en ohms.

ρ = Resistividad específica del material en Ohm-cm.

L= Longitud en centímetros

A= Área de la sección transversal en cm².

Esta prueba es aplicable a transformadores de potencia, de instrumento, autotransformadores, reguladores, reactores. Y nos sirve también para calcular las pérdidas en el cobre ($I^2 R$).

FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA.

Los factores que afectan la prueba son: cables inapropiados, suciedad en terminales del equipo bajo prueba y los puntos de alta resistencia.

MÉTODOS DE MEDICIÓN.

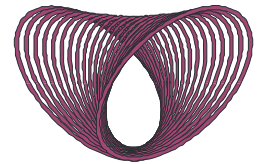
Puesto que la Resistencia de un circuito es la relación entre la diferencia de potencial aplicado entre sus extremos y la intensidad de la corriente resultante. El método más inmediato para medir la resistencia de un circuito, es conectarlo a una fuente de corriente directa tal como una batería y medir la intensidad de corriente por medio de un amperímetro.

Cuando se emplee este método, es importante seleccionar un voltaje adecuado para el equipo de que se trate, ya que valores grandes de corriente pueden causar calentamiento y cambia el valor de la resistencia.

APUNTES DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

ÁREA ELÉCTRICA

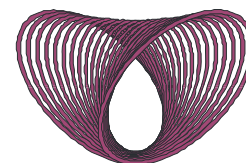
UNIDAD 3.- LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS



El segundo método para la medición de Resistencia Ohmica es utilizando un medidor de indicación directa llamado ohmetro, su principio de operación es el mismo del voltmetro y ampermetro con una fuente de corriente directa, integrada en el medidor.

Para las mediciones de Resistencia Ohmica, existen equipos de prueba específicamente diseñados para ello, como son los puentes de Wheatstone y Kelvin; su aplicación no presenta mayor problema ya que en sí, son ohmetros prácticamente comunes en cuanto a la forma de conexión.

Los principios de operación para ambos equipos, se basan en la medición de una corriente resultante del desequilibrio entre las tensiones presentadas en un circuito formado por resistencias de valor conocido, y por una resistencia de valor por determinar (que corresponde a la del devanado por medir). Lo anterior se efectúa mediante una fuente incorporada al equipo, circulando por tanto una corriente a través del circuito, cuyo valor es registrado por el galvanómetro.



FLUIDOS AISLANTES

En la industria eléctrica la calidad del fluido aislante se desarrolla de manera simultánea con la evolución de los equipos eléctricos, en busca de optimizar la capacidad refrigerante y aislante de los fluidos se han sintetizado compuestos similares a los aceites aislantes pero con propiedades físico-químicas superiores, como un incremento en la temperatura de inflamación ó un bajo punto de congelación.

El R-Temp se destaca por su característica de baja toxicidad y su estructura biodegradable, contraria a los bifenilos policlorados que requieren de una incineración a más de 1000°C en un horno especial y son considerados altamente nocivos para la salud, estos se encuentran en proceso de erradicación.

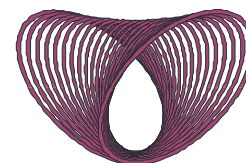
El hexafluoruro de azufre es utilizado como aislante en subestaciones encapsuladas, interruptores de potencia, restauradores, etc, es uno de los fluidos gaseosos en torno al cual se está estudiando más, tanto sus propiedades dieléctricas, así como sus efectos adversos para el ambiente.

ACEITES AISLANTES

El aceite mineral como medio aislante y refrigerante es el más usado para transformadores de potencia, se han desarrollado nuevas tecnologías para su refinación adaptándose a las necesidades específicas de los equipos de acuerdo a la finalidad y diseño de estos

Los aceites derivados del petróleo, básicamente están formados por carbono e hidrógeno, se consideran parafínicos aquellos de cadena lineal o ramificada conocidos como n-alcenos, estos compuestos debido a su estructura química son más inestables que los nafténicos y aromáticos. Las moléculas nafténicas también conocidos como cicloalcenos, definen la calidad del aceite, se encuentran formados por estructuras cíclicas de 5, 6 ó 7 carbonos y sus propiedades dieléctricas son mejores por tener mayor solubilidad que los n-alcenos; en menor proporción todos los aceites para transformador contienen moléculas aromáticas, estas contienen como mínimo un anillo de seis átomos de carbono, unidos por dobles enlaces, conocido como benceno. Los hidrocarburos aromáticos se distinguen de los demás no solo en su estructura química, también tienen grandes diferencias en sus propiedades físicas y químicas con las moléculas nafténicas y parafínicas. La variedad de hidrocarburos presentes en los aceites aislantes dependerá de los procesos de refinación que se le hagan al petróleo, cuya composición química depende de su origen.

Hasta hace poco tiempo con sólo determinar el tipo básico, indicaba ya la calidad del aceite, con esto se decía que el aceite nafténico era de mejor calidad y por lo tanto se podía usar en equipo de alto



voltaje y que el parafínico era de inferior calidad y sólo podía usarse en equipo de bajo voltaje ó en transformadores de distribución.

Se considera que es la forma de destilación y los aditivos aplicados lo que proporciona la calidad del aceite, por lo que el análisis del mismo es el que indicará si es ó no adecuado para el equipo de que se trate. Las características finales deseadas de un aceite aislante han sufrido modificaciones, de acuerdo a la experiencia y conocimientos, en el pasado lo único buscado y que decidía la calidad de un aceite era su estabilidad a la oxidación, por lo tanto se desarrollaron numerosos métodos de prueba, más tarde cambió este criterio en favor de propiedades físico-químicas, tales como el factor de potencia y la tensión de ruptura.

En la actualidad la tendencia es relacionar las características de los aceites con su composición química. De acuerdo a esto se han obtenido muchos procesos para coordinar el uso de materias primas adecuadas con diferentes reactivos y obtener el aceite de mejor calidad. De esta manera el concepto de aceites malos y buenos ha desaparecido ya que las investigaciones actuales nos dicen que la mezcla de hidrocarburos permite un mejor aprovechamiento de las propiedades de cada uno.

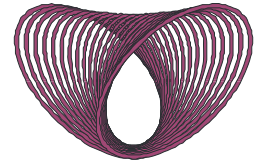
La materia prima para la fabricación de aceites aislantes, está constituida por hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos; así mismo se encuentran presentes en concentraciones muy bajas, compuestos de azufre, nitrógeno y oxígeno que son denominados compuestos polares que dan al aceite su inestabilidad a la oxidación.

Los procesos existentes para la obtención de aceites aislantes, se han desarrollado para eliminar los componentes indeseables y conservar los deseables de las materias primas.

En la eliminación de los compuestos indeseables por medio de la extracción con compuestos apropiados, entre los más comúnmente usados están el ácido sulfúrico y el furfural, siendo éste el disolvente más selectivo. Los compuestos aromáticos son también eliminados, pero esto puede controlarse mediante la relación aceite-furfural. De acuerdo a ello se pueden obtener aceites aislantes con diversos contenidos de los componentes antes mencionados; aunque no se han podido establecer las condiciones adecuadas para eliminar solamente los compuestos polares.

Con el objeto de determinar la calidad de un aceite es necesario efectuar análisis al mismo, así como entender que se está midiendo y el criterio a seguir con los resultados obtenidos.

Los aceites aislantes que se utilizan en transformadores e interruptores, cumplen varias funciones importantes. Con respecto a los transformadores, el aceite forma parte del sistema de aislamiento y por otro lado actúa como agente enfriador, transportando el calor del núcleo y bobinas a la zona de disipación final. Por lo que respecta a los interruptores además de ser parte del sistema de



aislamiento, su principal función es la de extinguir el arco eléctrico durante la apertura de sus contactos.

Las causas más comunes del deterioro del aceite en los transformadores son entre otras, la contaminación, humedad, la formación de ácidos y la oxidación. La humedad reduce notablemente las propiedades dieléctricas del aceite aislante, en tanto que los ácidos orgánicos además de ser conductores ayudan a retener agua.

El proceso del deterioro del aceite en interruptores es diferente al de los transformadores, cuando el interruptor abre con carga o bajo falla se forma un arco eléctrico a través del aceite, si éste contiene oxígeno, primeramente se formará agua y bióxido de carbono, cuando el suministro de oxígeno se agota, comienza a formarse hidrógeno y partículas de carbón, el hidrógeno se disipa como gas, en tanto que la presencia de partículas de carbón contamina el aceite mucho antes de que el deterioro por oxidación llegue a ser significativo.

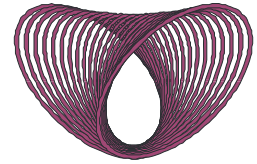
PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA.

Por definición la tensión de ruptura eléctrica de un aceite aislante es una medida de su habilidad para soportar un esfuerzo eléctrico. Esta prueba es frecuentemente realizada la medición nos permite conocer la resistencia dieléctrica momentánea de un aceite al paso de la corriente al aplicarle un voltaje además de la presencia de agua libre, polvo, lodos o cualquier partícula conductora presente en la muestra.

De acuerdo a la ASTM existen dos métodos para las pruebas de rigidez dieléctrica: el establecido por la norma B-877 y la B-1816. El aparato que se utiliza para el método ASTM D-877, consiste en un transformador, un regulador de voltaje, un interruptor, un voltmetro y una copa de prueba. Esta copa de prueba tiene dos electrodos en forma de disco que se separan 2.5 mm con las caras perfectamente paralelas.

RECOMENDACIONES Y PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA.

- Tanto los electrodos como la copa deben lavarse con aceite aislante en buenas condiciones o con el aceite que se va a probar. Evitar tocar los electrodos y el calibrador con los dedos, en caso de condensación en la copa se deberá calentar ligeramente para evaporar la humedad antes de usarla.
- Al iniciar las pruebas se deben examinar los electrodos asegurándose que no existan escoriaciones causadas por el arco eléctrico o acumulación de contaminantes.
Si las escoriaciones son profundas se deben pulir. El carbón y la suciedad deben eliminarse calibrando posteriormente la distancia entre los electrodos.



- Después de efectuar la limpieza, enjuagar la copa con aceite y efectuar una prueba de ruptura siguiendo las indicaciones que se describen posteriormente.

Para obtener una muestra representativa del total del aceite deben tomarse las precauciones siguientes:

- Limpiar y drenar previamente la válvula de muestreo.
- Enjuagar el recipiente de prueba cuando menos una vez con el aceite que se va a investigar.
- Nunca tomar una muestra si la humedad relativa es mayor de 75%.
- Evitar el contacto del recipiente de prueba con la válvula de muestreo, los dedos y otros cuerpos extraños.

La temperatura del aceite al efectuar la prueba deberá ser a la temperatura ambiente pero en ningún caso deberá efectuar la prueba con temperaturas de menos de 20°C.

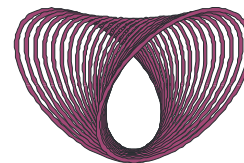
El Método ASTM D-1816 es similar al D-877 solo difiere en que los electrodos son semiesféricos en lugar de planos, separados entre sí 1 mm y cuenta con un medio de agitación para proporcionar una circulación lenta del aceite, este método de prueba es más representativo de las condiciones que trabaja el aceite, aún cuando no es de mucha utilización.

Por lo anterior es recomendable contar con un aparato con las siguientes características:

1. Rango de voltaje de 0 a 60 kv
2. Electrodos intercambiables para cubrir las necesidades de las normas
3. Que el incremento de voltaje sea automático y cuente con dos velocidades de incremento de voltaje que marcan las normas además, de estar provistos de un agitador.
4. Que sea portátil.

Para el método ASTM D-877 la copa se debe llenar hasta un nivel no menor de 20 mm sobre la parte superior de los dos electrodos, con objeto de permitir que escape el aire, deberá dejarse reposar durante no menos de dos minutos y no más de 3 minutos antes de aplicar el voltaje; después se aplica gradualmente el voltaje a una velocidad aproximada de 3 kV por segundo, hasta que se produzca el arco entre los electrodos, abriendo el interruptor; el operador lee el voltmetro y registra la lectura en kV.

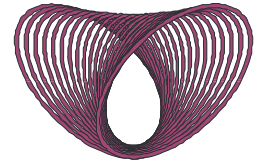
Se efectuará la prueba a dos muestras diferentes, si ninguno de los dos valores es menor al valor mínimo permitido, fijado en 30 kV, no se requerirán pruebas posteriores y el promedio de las dos



lecturas se reportará como la rigidez dieléctrica de la muestra. Si cualquiera de los valores es menor que 30 kV, deberán efectuarse una tercera prueba y promediar los resultados.

Para el método ASTM D-1816 las diferencias son las siguientes:

- Se aplica el voltaje gradualmente a una velocidad de 500 volts por segundo.
- Debe haber un intervalo de por lo menos 3 minutos entre el llenado de la copa y la aplicación de la tensión para la primera ruptura y por lo menos intervalos de un minuto entre aplicación de la tensión en rupturas sucesivas.
- Durante los intervalos mencionados como en el momento de la aplicación de la tensión; el propulsor debe hacer llegar el aceite.



RED DE TIERRAS.

Los sistemas de tierras como elementos de una subestación, deben inspeccionarse y recibir mantenimiento.

El objetivo de una conexión a tierra es proveer un medio para facilitar el flujo de la corriente del sistema de potencia a tierra en condiciones normales y condiciones de falla; la oposición que se presenta a la circulación de esta corriente se llama resistencia de tierra.

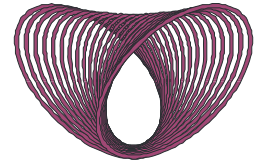
Las características de una conexión a tierra, varían con la composición y el estado físico del terreno, así como de la extensión, calibre del conductor y configuración de la malla de tierras. El terreno puede estar formado por combinaciones de materiales naturales de diferente resistividad, puede ser homogéneo y en algunos casos estar formado por granito, arena o roca; etc.

Consecuentemente, las características de una conexión a tierra (resistencia óhmica), varían con las estaciones del año, y se producen por cambios en la temperatura, contenido de humedad (sales solubles en los estratos), composición y compactación del terreno.

La construcción de redes de tierra tiene por objeto reducir la resistencia de tierra; la cual está formada por un conjunto de conductores enterrados a una profundidad de 30 a 50 centímetros, formando una configuración cuadriculada y conectados (mediante soldadura cadwell) entre sí y a varillas (electrodos) de 3 metros de longitud. Todo el equipo eléctrico y estructuras metálicas instalados en la subestación deben estar solidamente conectados a esta malla de tierras.

Las funciones de la red de tierras son las siguientes:

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia, para conducir o drenar a tierra las corrientes producidas por sobretensiones.
- b) Evitar que durante la circulación de corrientes de falla a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación que puedan ser peligrosos, y que pongan en riesgo la seguridad del personal.
- c) Brindar una referencia de potencial "cero" durante la operación del sistema eléctrico, como lo hace para las conexiones de los neutros de equipos eléctricos conformados por devanados, evitando sobrevoltajes que pudieran resultar peligrosos para los mismos y para el personal.
- d) Conexiones a tierra que se realicen temporalmente durante maniobras o mantenimiento de la instalación



- e) La disponibilidad de una conexión a tierra para protección contra descargas atmosféricas.
- f) Facilitar la operación de los dispositivos de protección para la liberación de fallas a tierra.

MÉTODO DEL 62% PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE TIERRA.

Este método se adopta en base a consideraciones gráficas. Es confiable dado su principio de operación.

Este método se aplica únicamente cuando los tres electrodos están en línea recta y la "tierra" es un solo electrodo, tubería o placa.

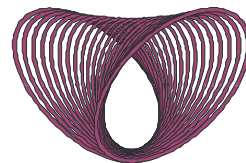
Dependiendo de la longitud del electrodo, se especifica la distancia del electrodo de potencial (P2) al electrodo de corriente (C2). La resistencia real del electrodo de puesta a tierra es igual al electrodo de resistencia medida cuando el electrodo de potencial se localiza al 61.8 % (también conocida como 62%) de la distancia del electrodo de corriente, partiendo del electrodo de tierra.

Generalmente en Comisión Federal de Electricidad se utilizan electrodos (varillas de tierra) de tres metros de longitud y un diámetro de 19 mm. Por lo anterior la distancia del electrodo de prueba al electrodo de potencial es de 18 metros y la distancia del electrodo bajo prueba al electrodo de corriente es de 30 metros.

RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.

Antes de realizar la prueba es necesario comprobar la correcta operación del equipo, realizando las siguientes actividades:

- a) Ajuste del cero.
- b) Comprobación de batería.
- c) Ajuste eléctrico del cero.
- d) Comprobación de sensibilidad



TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.

Es el dispositivo eléctrico, que concentra, distribuye, protege, interrumpe, controla y mide los parámetros eléctricos y enlaza a un conjunto de circuitos eléctricos.

Se clasifican en:

- A. Alta tensión.
 - a. De pared
 - b. De piso.
- B. Baja tensión.
 - a. De pared.
 - b. De piso.

Los tableros de baja tensión, trabaja con valores de:

- Corriente alterna. Menos de 1,000 volts.
- Corriente directa. Menos de 1,500 volts.

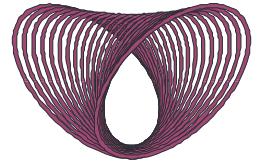
Los tableros de alta tensión, trabaja con valores de:

- Corriente alterna. Más de 1,000 volts.
- Corriente directa. Más de 1,500 volts.

Los tableros tienen como función principal concentrar la energía eléctrica en un punto y distribuirla a distintos circuitos derivados.

Las partes principales de los tableros son:

1. Gabinete de lámina.
2. Barras principales.
3. Barras de neutro.
4. Barra de tierra.
5. Interruptores termomagnéticos.
6. TC. Transformadores de corriente.
7. TP. Transformadores de potencial.
8. Conmutadores.
9. Aparatos de medición.



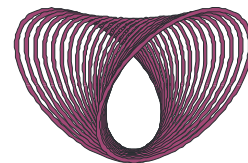
Los tableros de pared y piso deben fabricarse de materiales resistentes a la corrosión y no deben ser flamables.

Los tableros se diseñan con: 1, 2, 4, 8, 12, 14, 16, 20, 24, 30 y 32 circuitos máximo.

Los tableros de piso con partes vivas descubiertas deben estar ubicados en lugares permanentemente secos y deben ser accesibles solo a personas idóneas.

Los tableros de piso, deben tener un espacio periférico libre de cuando menos un metro de distancia, es decir a un metro de las paredes en la parte trasera, izquierda, derecha y superior.

Los gabinetes, instrumentos, relevadores y transformadores se deben conectar a tierra.



OBJETIVO

El objetivo de esta NOM es establecer las disposiciones y especificaciones del carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra el choque eléctrico, efectos térmicos, sobre corrientes, efectos de falla, sobre tensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura.

De Acuerdo a lo establecido en la NOM-001-SEDE, se define "TABLERO DE DISTRIBUCIÓN" como:

Panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles donde se montan, ya sea por el frente, o por la parte posterior o en ambos lados, desconectadores, dispositivos de control de sobre corriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución de fuerza son accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están provistos para ser instalados dentro de gabinetes.

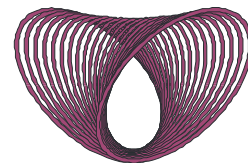
TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

384-1 Alcance. Este artículo cubre todos los tableros de distribución, gabinetes de control y tableros instalados para el control de los circuitos de alumbrado y de energía los tableros para carga de acumuladores alimentados por circuitos de señalización alimentados por acumuladores

84-2 Otros artículos aplicables. Los desconectadores interruptores automáticos y dispositivos sobre corrientes utilizados en tableros de distribución y gabinetes de control, incluyendo sus cubiertas deben cumplir con este artículo y con los requisitos indicados en los artículos 240, 250, 370, 373, 380 y otros artículos aplicables

384-3 Soportes y colocación de barras colectoras y de conductores

a) Conductores y barras colectoras en un tablero de distribución en un gabinete o tablero de control se deben de colocar de forma de que no corran peligro de ser dañados y deben fijarse firmemente en su sitio. Aparte del alambrado requerido para la interconexión y control, únicamente los conductores destinados para terminar en la sección vertical del tablero de distribución deben de colocarse en dicha sección. Se deben de colocar barrera en todos los tableros de acometida para aislar todo el resto del tablero de distribución, las acometidas a las barras colectoras y a las terminales.



Excepción: Se permite que los conductores atraviesen horizontalmente las secciones verticales de los tableros de distribución en donde tales conductores estén aislados de las barras colectoras mediante una barrera.

b) Efectos inductivos de sobrecalentamiento. Las barras colectoras y los conductores, deben disponerse de manera que eviten el sobrecalentamiento debido a efectos inductivos.

c) Usado como equipo de acometida. Cada tablero de distribución o gabinete de control que se use como equipo de acometida, debe de estar provisto de un puente de unión, con una sección 250-79(d) o equivalente colocado dentro del gabinete de control o una de las secciones del tablero de distribución para conectar el conductor de puesto a tierra, en su lado de alimentación al tablero de distribución o marco del gabinete de control. Todas las secciones de un tablero de distribución deben de estar unidas entre sí colocando un conductor de puesta a tierra del equipo, seleccionado de acuerdo con la Tabla

Excepción: Lo que corresponde a la sección 250-27, para las conexiones del sistema con neutro aterrizado de alta impedancia.

d) Terminales. Las terminales en tableros de distribución y en gabinetes de control, deben colocarse de manera que, para hacer una conexión no sea necesario cruzar o pasar por detrás una barra colectora no aterrizada.

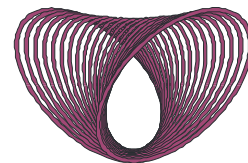
e) Marcado. En un tablero de distribución o en un gabinete de control alimentado por un sistema a 4 hilos con conexión delta, que tiene punto central de una fase conectado a tierra, la barra colectora de fase o conductor que tenga el valor mas alto de tensión eléctrica a tierra, debe de estar marcado en forma durable y permanente con un acabado exterior naranja o por otros medios efectivos.

f) Arreglo de fases. El arreglo de fases de las barras colectoras del sistema trifásico, debe ser A, B, C del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo, o de izquierda a derecha, tomando como referencia el frente del tablero de distribución o gabinete de control. La fase B debe de ser aquella que tenga la tensión eléctrica más alta a tierra en sistemas trifásicos de 4 hilos en conexión en delta. Se permiten otros arreglos de barras colectoras para emplear las existentes.

Excepción: El equipo dentro de los tableros de distribución de sección individual o de secciones múltiples, o dentro de gabinetes de control como medidor en sistemas trifásicos de 4 hilos en conexión delta puede tener la misma configuración de fases que tiene el equipo de medición.

g) Espacio mínimo para la curvatura de los conductores. El espacio mínimo para la curvatura de los conductores en las terminales y el espacio mínimo de los conductores auxiliares provistos en los gabinetes de control y en el tablero de distribución deben regirse por lo indicado en la sección 373-6

384-4 Instalación. Los equipos cubiertos por el artículo 384, deben de instalarse en cuartos o en espacios destinados para tal equipo. Dichos espacios deben de incluir el espacio descrito de la sección 110-16 y edemas, debe de considerar un espacio exclusivamente dedicado entre el piso y la



del cielo falso, que tenga una estructura de 7.5 m. A partir del piso, con el mismo ancho y profundidad del equipo. No se permite la instalación de tuberías ductos, o equipos ajenos al equipo eléctrico o estructural, en, entre, o a través, de dichos espacios o cuartos.

Nota 1: No se pretende que sea obligatorio tener un cuarto exclusivo.

Nota 2: En esta sección no se pretende prohibir el uso de rociador para la protección de la instalación eléctrica.

Nota 3: Para los propósitos de esta sección aquellos cielos falsos, colgados, suspendidos o similares, que no sean para proporcionar robustez a la estructura del cuarto, no son cielos falsos estructurales.

Nota 4: No se pretende que alguna de las disposiciones de esta regla o esta misma excepción permitan la colocación de cualquier equipo en el área de trabajo descrito.

Excepción 1: El equipo de control que por su naturaleza, debido a otras reglas de esta Norma debe estar junto a la vista de su mecanismo de operación.

Excepción 2: Equipo de ventilación, de calefacción o de enfriamiento que sirve a los cuartos o espacios eléctricos.

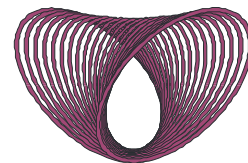
Excepción 3: El equipo localizado en las plantas industriales, que esté separado de equipos externos por la altura o por las cubiertas físicas, las cuales proporcionen protección mecánica apropiada contra el tráfico de vehículos, contra el contacto accidental con personal no autorizado, o contra derrames y filtraciones accidentales de los sistemas de tuberías.

Excepción 4: El equipo eléctrico exterior localizado en cubiertas a prueba de intemperie protegidas contra contactos accidentales de personal no autorizado, contra el tráfico vehicular, o contra derrames o filtraciones accidentales de los sistemas de tuberías.

384-5 Ubicación de los tableros de distribución. Los tableros de distribución que tenga alguna parte viva expuesta, deben de colocarse en lugares permanentemente secos, bajo supervisión competente y estar accesibles solamente a personal calificado. Los tableros de distribución deben de ubicarse de manera que se reduzca al mínimo las probabilidades de daños causadas por equipos o procesos.

384-6 Tableros de distribución en lugares mojados o con vapor de agua. La instalación de tableros de distribución en lugares mojados o con vapores de agua, deben cumplir con la sección 373-2(a)

384-7 Ubicación con relación a materiales fácilmente inflamables. Los tableros de distribución deben de ubicarse de manera que produzca al mínimo la probabilidad de propagar el fuego a



materiales combustibles adyacentes. Cuando se instalen sobre un piso combustible, se les debe dar protección adecuada.

384-8 Espacios libres (Claros)

a) **Separación del cielo falso.** Debe existir un espacio de 90 cm. O mayor entre la parte superior de cualquier tablero de distribución y cualquier cielo falso combustible

Excepción 1: Cuando entre el tablero de distribución y el cielo falso haya una pantalla no combustible

Excepción 2: Tablero de distribución totalmente encerrados

b) Claros alrededor de los tableros de distribución.

384-9 Aislamiento de los conductores. Los conductores aislados dentro de un tablero deben de ser certificados como retardantes de la flama y su tensión eléctrica nominal no debe ser menor que la tensión que se le aplique ni menor que la tensión aplicada a otros conductores o barras colectoras con las cuales puede ponerse en contacto.

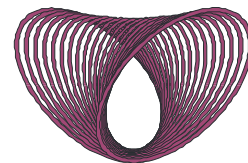
384-10 Separación de los conductores que entran en gabinetes de barras colectoras. Cuando los tubos conduit u otras canalizaciones de un tablero entran o por el fondo de un gabinete de control, o por el fondo de un gabinete similar se debe de proporcionar espacio suficiente para permitir la instalación de conductores en dichos gabinetes. El espacio para el alumbrado, no debe de ser menor que el indicado de la siguiente tabla, en los puntos donde el tubo conduit o canalizaciones de cables entran o salen, incluyendo sus accesorios terminales, no deben de sobresalir más de 8 cm, sobre el fondo del gabinete.

Espaciamiento mínimo entre el fondo del gabinete y barras colectoras, sus soportes u otros obstáculos

CONDUCTOR	CM
Barras colectoras aisladas sus soportes u otros obstáculos	20
Barras colectoras no aisladas	25

384-11 Puesta a tierra de los marcos de tableros de distribución. Los marcos y las estructuras de los tableros de distribución que soportan equipo de interrupción, se deben de conectar a tierra.

Excepción: Los marcos a 2 hilos de los tableros de distribución de corriente directa, no requieren estar aterrizados a tierra en forma efectiva.



384-12 Puesta a tierra de instrumentos, relevadores y medidores y transformadores de medición en los tableros de distribución se deben de conectar a tierra como se especifica en las secciones 250-121 a 250-125.

2.4 ANSI (American National Standards Institute)

En 1919 en Broadway, Nueva York se organizó gracias a los esfuerzos de la AIEE (ahora IEEE), ASTM, ASME, ASCE y AIME para simplificar y normalizar la producción y la construcción. Desde su fundación ha sufrido varias reestructuraciones y cambios de nombre, habiendo sido conocida como American Standards Association y como United States of América Standards Institute; en la actualidad se llama American Nacional Standards Institute.

El instituto es una federación entre cuyos miembros se encuentran organizaciones que desarrollan normas o que participan en su desarrollo y que emplean normas o están relacionadas con su empleo, y empresas interesadas en el desarrollo de las Normas nacionales americanas. Además, muchos órganos administrativos y expertos particulares participan en el trabajo del instituto.

El instituto por si mismo no elabora normas, si no que funciona más bien como un organismo coordinador con el objeto de fomentar la elaboración y la adopción de las normas útiles como las Normas nacionales americanas. Considera a los miembros de su organización, así como otras organizaciones interesadas, como los realizadores de la redacción de las normas. Las actividades normalizadoras pueden realizarse en su totalidad dentro de estas organizaciones y que funcionan según un sistema de reglas que se ajustan a los procedimientos básicos del instituto

Organización de grupos de industria y la empresa de Estados Unidos dedicada al desarrollo de las normas, para el comercio y las comunicaciones.

Acabado (pintura)

Color Gris RAL 7032, aplicación bajo proceso

Electrostático, a base de resina de alta

Resistencia a la agresividad mecánica y climatológica.

Todas las estructuras y componentes del gabinete, recibirán el siguiente tratamiento de preparación antes de pintarse:

Desengrase alcalino

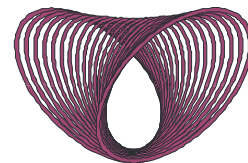
Enjuague

Fosfato de zinc

Enjuague

Sellado crómico

Posteriormente se aplicará una acabado con pintura color gris claro Square D secada al horno.



2.5 EL CÓDIGO NACIONAL ELÉCTRICO (NEC)

El NEC (National Electric Code, de Estados Unidos), una guía normalmente aceptada para la instalación y operación segura de los conductores y equipo eléctrico, y es la base esencial para otros códigos y reglamentos de seguridad eléctrica.

El código es ahora aceptada por la American National Standard Institute (ANSI) y designada como ANSICI-1978

La NEC representa fundamentos detallados de cómo deben ser diseñados, conectados, instalados y protegidos los sistemas eléctricos. Los técnicos electricistas deben de estar generalmente familiarizados con sus prescripciones y, con mayor detalle, con aquellas que cubren el área de su propio trabajo.

El código esta enfocado en gran medida a la prevención de incendios, cosa natural de acuerdo con su origen. La llamada capacidad de conducción segura de corriente de los conductores, se clasifica por clase y tamaño, por el material de aislamiento y por las condiciones ambientales para la que esta especificada, y se adapta para prevenir sobrecalentamientos.

El código es particularmente insistente en los requisitos de conexión a tierra para minimizar los voltajes a los que están expuestas las persona. Se especifican las mínimas distancias o espaciamientos para el trabajo.

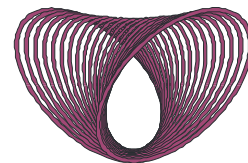
El código dispone alejamiento de circuitos que pueden ser peligrosos para el público, entre otros medios, por su instalación a una altura o distancia mínima.

El código NEC y códigos similares, no tienen en si, un status legal que obligue a su cumplimiento.

2.6 NEMA (National Electrical Manufactures Association)

La NEMA es la mayor organización profesional de fabricantes de productos eléctricos en los Estados Unidos y sus 500 miembros son empresas nacionales que comprende desde los pequeños hasta las grandes y diversificadas. Elabora normas en las comisiones técnicas de sus ocho divisiones, que abarcan productos en campos como equipos de construcción, electrónica aplicada a la energía, el equipo eléctrico industrial, aislamiento, equipos energéticos alambres y cables y productos para radiovisión.

Las comisiones técnicas de NEMA están formadas por ingenieros representante de las empresas miembro, dedicadas a fabricar equipos eléctricos. Como los fabricantes están muy versados en la



tecnología relacionada con los respectivos productos, las comisiones de la NEMA son muy competentes en la elaboración de normas que tiene en cuenta de manera realista los aspectos económicos esenciales para la normalización práctica. Las normas se adoptan por consenso o dando la aprobación final de la Comisión de códigos y normas de la NEMA.

La NEMA es miembro de la ANSI, en el que participa activamente, estando representada en más de 100 comisiones de Normas Nacionales americanas. La NEMA es miembro del USNC/IEC, esta representada por su comité ejecutivo, aporta asesores técnicos al USNC y expertos a las comisiones que definen la postura de los Estados Unidos en las reuniones internacionales.

2.6.1 DESCRIPCIÓN DE APLICACIONES NEMA PARA TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

NEMA 1 USOS GENERALES

Servicio interior, condiciones atmosféricas normales, construido de lamina metálica.

NEMA 2 A PRUEBA DE GOTEÓ

Servicio interior, ofrece protección contra goteo de líquidos corrosivos, las entradas del conduit requieren de conductores especiales tipo glándula.

NEMA 3 SERVICIO DE INTEMPERIE

Servicio exterior, protección del aire húmedo y polvo, resistente a la corrosión.

NEMA 3R A PRUEBA DE LLUVIA

Servicio exterior a prueba de lluvia, resistente a la corrosión, requiere de conductores especiales tipo glándula.

NEMA 4 A PRUEBA DE AGUA Y POLVO

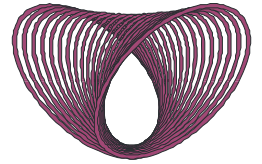
Servicio exterior, contra salpicaduras de agua de ahorro directo, construcción de lamina metálica o gabinete fundido, soporte superiores de montaje.

NEMA 5 A PRUEBA DE POLVO

Impide la entrada de polvo a su interior.

NEMA 6 SUMERGIBLE

Para poder usar satisfactoriamente aparatos sumergidos en el agua, bajo condiciones especificadas de temperatura y presión.



NEMA 7 A PRUEBA DE POLVOS EXPLOSIVOS (aire)

Servicio interior o exterior en atmósferas peligrosas, evita la entrada de polvos explosivos. La interrupción de los circuitos se hace en aire.

NEMA 8 A PRUEBA DE POLVOS EXPLOSIVOS (aceite)

Servicio interior o exterior en atmósferas peligrosas, evita la entrada de polvos explosivos. La interrupción de los circuitos se hace en aceite.

NEMA 9 SERVICIO INDUSTRIAL

Servicio interior, protección contra polvos, pelusas, fibras, goteo, salpicaduras, insectos, aceites, líquidos refrigerantes, requiere de conectores de sello, soportes exteriores de montaje.

TABLA NÚMERO 1
ÁREAS DE LOS CONDUCTORES

CALIBRE AWG Ó M.C.M		DIÁMETRO DEL COBRE mm.	ÁREA DEL COBRE		DIÁMETRO TOTAL CON AISLAMIENTO	
			mm ²	C.M.	TW, THW VINANEL 900	VINANEL NYLON
A L A M B R E S	14	1.63	2.08	4098	3.25	2.74
	12	2.05	3.30	6502	3.68	3.17
	10	2.59	5.27	10380	4.22	3.96
	8	3.26	8.35	16443	5.72	5.19
C A B L E S	14	1.84	2.66	5238	3.48	2.96
	12	2.32	4.23	8328	3.96	3.44
	10	2.95	6.83	13465	4.57	4.32
	8	3.71	10.81	21296	6.15	5.64
	6	3.91	12.00	23654	7.92	6.60
	4	5.89	27.24	53677	9.14	8.38
	2	7.42	43.24	85185	10.67	9.91
	1/0	9.47	70.43	138758	13.54	12.54
	2/0	10.64	88.91	175162	14.70	13.71
	3/0	11.94	111.97	220580	16.00	15.00
	4/0	13.41	141.23	278237	17.48	16.40
	250	14.61	167.65	330261	19.50	18.24
	300	16.00	201.06	396088	20.90	19.63
	400	18.49	268.51	528970	23.40	22.12
	500	20.65	334.91	659777	25.60	24.28

TABLA NÚMERO 2
CAPACIDAD DE CORRIENTE PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES DE 1 A 3
EN TUBO CÓNDUIT (TODOS LOS HILOS DE FASE) Y A LA INTEMPERIE

CALIBRE AWG Ó M.C.M	TIPO DE AISLAMIENTO			A LA INTEMPERIE	
	TW	THW	VINANEL NYLON VINANEL 900	TW	VINANEL 900 VINANEL NYLON THW
14	15	25	25	20	30
12	20	30	30	25	40
10	30	40	40	40	55
8	40	50	50	55	70
6	55	70	70	80	100
4	70	90	90	105	135
2	95	120	120	140	180
1/0	125	155	155	195	245
2/0	145	185	185	225	285
3/0	165	210	210	260	330
4/0	195	235	235	300	385
250	215	270	270	340	425
300	240	300	300	375	480
350	260	325	325	420	530
400	280	360	360	455	575
500	320	405	405	515	660

FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA AMBIENTE MAYOR DE 30° C

°C	MULTIPLIQUESE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE POR LOS SIGUIENTE FACTORES		
40	NO SE USA A MÁS DE 35° C	0.88	0.9
45		NO SE USA	0.85
50		MÁS DE	0.8
55		40° C	0.74

FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO

DE 4 A 6 CONDUCTORES	80%
DE 7 A 20 CONDUCTORES	70%
DE 21 A 30 CONDUCTORES	60%

TABLA NÚMERO 3
RESISTENCIA OHMICA Y PESO DEL CONDUCTOR

CALIBRE AWG Ó M.C.M		RESISTENCIA OHMS/KM A 20° C	PESO EN KG/KM CON AISLAMIENTO	
			TW, THW VINANEL 900	VINANEL NYLON
A L A M B R E S	14	8.28	27	23
	12	5.21	40	35
	10	3.28	56	50
	8	2.06	99	91
C A B L E S	14	8.45	30	25
	12	5.31	43	38
	10	3.35	63	60
	8	2.06	105	98
	6	1.29	170	148
	4	0.81	250	237
	2	0.51	380	362
	1/0	0.32	600	568
	2/0	0.26	740	706
	3/0	0.20	915	877
	4/0	0.16	1134	1094
	250	0.14	1352	1295
	300	0.11	1600	1539
	400	0.09	2095	2026
	500	0.07	2584	2509

TABLA NÚMERO 4
DIÁMETROS Y ÁREAS INTERIORES DE
TUBOS CÓNDUIT Y DUCTOS CUADRADOS

DIÁMETROS NOMINALES		ÁREAS INTERIORES EN mm ²			
		PARED DELGADA		PARED GRUESA	
PULGADAS	mm.	40%	100%	40%	100%
1 / 2 "	13	78	196	96	240
3 / 4 "	19	142	356	158	392
1 "	25	220	551	250	624
1 1/4 "	32	390	980	422	1056
1 1/2 "	38	532	1330	570	1424
2 "	51	874	2185	926	2316
2 1/2 "	64	0	0	1376	3440
3 "	76	0	0	2116	5290
4 "	102	0	0	3575	8938
2 1/2 " X 2 1/2 "	65 X 65	0	0	1638	4096
4 " X 4 "	100 X 100	0	0	4000	10000
6 " X 6 "	150 X 150	0	0	9000	22500

TABLA NÚMERO 5
CAIDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS PERMITIDAS
SEGÚN LA NORMA OFICIAL MEXICANA

SISTEMA	TENSIONES		
	127.5	220	440
ALUMBRADO 3 %			
Alimentado Principal 1 %	1.27	2.2	
Circuitos Derivados 2 %	2.54	4.4	
FUERZA 4%			
Alimentado Principal 3 %		6.6	13.2
Circuitos Derivados 1 %		2.2	4.4

TABLA NÚMERO 6
ÁREA PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE COBRE SUAVE
O RECOCIDO, CON AISLAMIENTO TIPO TW, THW Y VINANEL 900

CALIBRE AWG Ó M.C.M		ÁREA DEL COBRE mm ²	ÁREA TOTAL CON TODO Y AISLAMIENTO mm ²	ÁREA TOTAL DE ACUERDO AL CALIBRE Y AL NÚMERO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS, PARA SELECCIONAR EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA				
				2	3	4	5	6
ALAMBRE	14	2.08	8.30	16.60	24.90	33.20	41.50	49.80
	12	3.30	10.64	21.28	31.92	42.56	53.20	63.84
	10	5.27	13.99	27.98	41.97	55.96	69.95	83.94
	8	8.35	25.70	51.40	77.10	102.80	128.50	154.20
CABLE	14	2.66	9.51	19.02	28.53	38.04	47.55	57.06
	12	4.23	12.32	24.64	36.96	49.28	61.60	73.92
	10	6.83	16.40	32.80	49.20	65.60	82.00	98.40
	8	10.81	29.70	59.40	89.10	118.80	148.50	178.20
	6	12.00	49.26	98.52	147.78	197.04	246.30	295.56
	4	27.24	65.61	131.22	196.83	262.44	328.05	393.66
	2	43.24	89.42	178.84	268.26	357.68	447.10	536.52
	1/0	70.43	143.99	287.98	431.97	575.96	719.95	863.94
	2/0	88.91	169.72	339.44	509.16	678.88	848.60	1018.32
	3/0	111.97	201.06	402.12	603.18	804.24	1005.30	1206.36
	4/0	141.23	239.98	479.96	719.94	959.92	1199.90	1439.88
	250	167.65	298.65	597.30	895.95	1194.60	1493.25	1791.90
	300	201.06	343.07	686.14	1029.21	1372.28	1715.35	2058.42
	400	268.51	430.05	860.10	1290.15	1720.20	2150.25	2580.30
	500	334.91	514.72	1029.44	1544.16	2058.88	2573.60	3088.32

TABLA NÚMERO 7
ÁREA PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE COBRE SUAVE
O RECOCIDO, CON AISLAMIENTO TIPO VINANEL NYLON

CALIBRE AWG Ó M.C.M		ÁREA DEL COBRE mm ²	ÁREA TOTAL CON TODO Y AISLAMIENTO mm ²	ÁREA TOTAL DE ACUERDO AL CALIBRE Y AL NÚMERO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS, PARA SELECCIONAR EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA				
				2	3	4	5	6
ALAMBRE	14	2.08	5.90	11.80	17.70	23.60	29.50	35.40
	12	3.30	7.89	15.78	23.67	31.56	39.45	47.34
	10	5.27	12.32	24.64	36.96	49.28	61.60	73.92
	8	8.35	21.16	42.32	63.48	84.64	105.80	126.96
CABLE	14	2.66	6.88	13.76	20.64	27.52	34.40	41.28
	12	4.23	9.29	18.58	27.87	37.16	46.45	55.74
	10	6.83	14.66	29.32	43.98	58.64	73.30	87.96
	8	10.81	24.98	49.96	74.94	99.92	124.90	149.88
	6	12.00	34.21	68.42	102.63	136.84	171.05	205.26
	4	27.24	55.15	110.30	165.45	220.60	275.75	330.90
	2	43.24	77.13	154.26	231.39	308.52	385.65	462.78
	1/0	70.43	123.50	247.00	370.50	494.00	617.50	741.00
	2/0	88.91	147.62	295.24	442.86	590.48	738.10	885.72
	3/0	111.97	176.71	353.42	530.13	706.84	883.55	1060.26
	4/0	141.23	211.24	422.48	633.72	844.96	1056.20	1267.44
	250	167.65	261.30	522.60	783.90	1045.20	1306.50	1567.80
	300	201.06	302.64	605.28	907.92	1210.56	1513.20	1815.84
	400	268.51	384.29	768.58	1152.87	1537.16	1921.45	2305.74
	500	334.91	463.00	926.00	1389.00	1852.00	2315.00	2778.00

TABLA 8**CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES MONOFÁSICOS.**

H. P.	CORRIENTE A PLENA CARGA.	
	A 127 VOLTS.	A 220 VOLTS.
1 / 6	4.0	2.3
1 / 4	5.3	3.0
1 / 3	6.5	3.8
1 / 2	8.9	5.1
3 / 4	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1 1/2	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7 1/2	72.0	42.0
10	91.0	52.0

CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFÁSICOS.**JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO.**

H. P.	CORRIENTE A PLENA CARGA.	
	A 220 VOLTS.	A 440 VOLTS.
1 / 2	2.1	1.0
3 / 4	2.9	1.5
1	3.8	1.9
1 1/2	5.4	2.7
2	7.1	3.6
3	10.0	5.0
5	15.9	7.9
7 1/2	23.0	11.0
10	29.0	15.0
15	44.0	22.0
20	56.0	28.0
25	71.0	36.0
30	84.0	42.0
40	109.0	54.0
50	136.0	68.0
60	161.0	80.0
75	201.0	100.0
100	259.0	130.0
125	326.0	163.0
150	376.0	188.0
200	502.0	251.0