

67
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**CONDUCTORES ELECTRICOS PARA
LA INDUSTRIA ELECTRICA Y DE LA
CONSTRUCCION**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:
ARTURO GERARDO RANGEL MENCHACA**

**ASESOR:
ING. JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA**

**COASESOR:
MAT. FRANCISCO JAVIER ROJAS ESPINOSA**

270052

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1999

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E.

ATN.: Q. M. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
JEFE DEL DEPARTAMENTO.

Con base al artículo 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a Usted que revisamos el TRABAJO de TESIS con el nombre de:

"Conductores Eléctricos para la Industria Eléctrica y de la Construcción".

que presenta el pasante: RANGEL MENCHACA ARTURO GERARDO con número de cuenta : 8161907-6 para obtener el Título de :

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

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

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izc., México, a 13 de Octubre de 1998

Presidente ING. JOSE JUAN CONTRERAS ESPINOSA

Vocal ING. GLORIA VILLANUEVA AGUILAR

Secretario ING. CASILDO RODRIGUEZ ARCINIEGA

1er. Sup. ING. RAMON OSORIO GALICIA

2do. Sup. ING. ROGELIO RAMOS CARRANZA

A LA MEMORIA DE

ARTURO RANGEL BUENO

UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL A

LIC. ANTONIO ITURBIDE CARDENAS.

ING. ALFONSO MARTINEZ LARA.

ING. EDUARDO ORTIZ DOMINGUEZ.

CONDUCTORES ELECTRICOS

PARA LA

INDUSTRIA ELECTRICA

Y DE LA

CONSTRUCCION

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO 1.

Fundamentos y conceptos básicos de la electricidad.

- 1.0 Aspectos Generales.
- 1.1 Corriente Eléctrica.
- 1.2 Voltaje o Tensión eléctrica.
- 1.3 Resistencia Eléctrica.
- 1.4 Resistencia Eléctrica de un cuerpo.

CAPITULO 2.

Corriente, voltaje , resistencia y su relación con los conductores eléctricos.

- 2.1 Corriente en el conductor.
- 2.2 Voltaje en el conductor.
- 2.3 Resistencia en el conductor.
- 2.4 Potencia eléctrica.

CAPITULO 3

Elementos y características de un conductor eléctrico.

- 3.1 Materiales para un conductor.**
- 3.2 Sistemas para el calibre en un conductor.**
- 3.3 Flexibilidad en los conductores.**
- 3.4 Cableado y tipos de cableado.**
- 3.5 Materiales aislantes en un conductor.**

CAPITULO 4.

Conductores para instalaciones en baja tensión.

- 4.0 Aspectos Generales.**
- 4.1 Clasificación de los aislamientos termoplásticos.**
- 4.2 Clasificación de los aislamientos termofijos.**
- 4.3 Descripción de la nomenclatura del material aislante.**
- 4.4 Temperaturas de operación en los aislantes.**
- 4.5 Factor de corrección por temperatura.**

- 4.6 Factor de corrección por agrupamiento .**
- 4.7 Tipo de lugar donde puede instalarse el conductor.**
- 4.8 Cordones y cables flexibles.**
- 4.9 Cables para distribución.**

CAPITULO 5.

Conductores para media y alta tensión.

- 5.0 Aspectos Generales.**
- 5.1 Materiales del conductor.**
- 5.2 Materiales del aislamiento.**
- 5.3 Niveles de aislamiento.**
- 5.4 Pantalla electrostática.**
- 5.5 Pantalla semiconductor sobre el conductor.**
- 5.6 Pantalla sobre el aislamiento.**
- 5.7 Conexiones a tierra de las pantallas.**
- 5.8 Cubiertas en un conductor de media y alta tensión**

CAPITULO 6.

Aplicaciones de los conductores eléctricos.

- 6.0 Aspectos generales.**
- 6.1 Instalaciones de Generación.**
- 6.2 Instalaciones de transformación o subestaciones.**
- 6.3 Instalaciones de transmisión.**
- 6.4 Instalaciones de subtransmisión.**
- 6.5 Instalaciones de distribución.**
- 6.6 Conexiones típicas en instalaciones eléctricas.**
- 6.7 Sistemas de alimentación de energía eléctrica.**

CAPITULO 7.

Reglamentación de las instalaciones eléctricas y conductores eléctricos.

- 7.0 Aspectos generales.**
- 7.1 Reglamentación y requisitos para Instalaciones.**

- 7.2 Norma Oficial Mexicana NOM 001 SEMP 1994.
- 7.3 Norma Oficial Mexicana NOM 063 SCFI 1994.
- 7.4 Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico.

CAPITULO 8.

Selección de un conductor eléctrico.

- 8.0 Aspectos generales.
- 8.1 Datos necesarios para el cálculo de un calibre.
- 8.2 Pasos para el cálculo.
- 8.3 Método a partir de fórmulas.
- 8.4 Simbología eléctrica.

CONCLUSION.

INTRODUCCION

Los fenómenos eléctricos son conocidos desde años remotos cuando se observó que ciertos materiales al ser frotados adquirían la propiedad de atraer partículas pequeñas .

Las primeras observaciones serias de este fenómeno se le atribuyen a Tales de Mileto , quien vivió en Grecia alrededor del año 600 A.C.

En la substancia que más se observó este fenómeno fue el ámbar . Los fenómenos magnéticos también son conocidos desde la antigüedad al descubrir la propiedad que tenían ciertas partículas de hierro al atraer otros cuerpos del mismo material .

Fue hasta el año de 1600 que Willian Gilbert publicó el primer estudio sobre la electricidad , sin embargo hubieron de pasar muchos años de dedicación de grandes hombres de ciencia que con sus conocimientos y descubrimientos fueron creando la base del estudio de la electricidad que esperó hasta el siglo XIX para tener su despegue espectacular cuando llegaron los grandes inventos :

Telégrafo	: Samuel F.B. Morse	y	Carlos Wheatstone
Teléfono	: Alejandro Grahah Bell		1847- 1922
Lámpara eléctrica	: Thomas Alba Edlson		1847- 1931

La utilización de estos inventos dió como origen a la industria eléctrica, al hacer necesario crear las centrales productoras de energía y las redes de distribución .

Es aquí donde el presente trabajo esta dirigido para brindar la información sobre estos principios , para poder seguir después hablando de los conductores eléctricos mas empleados en la construcción .

Dentro de las instalaciones eléctricas , el elemento fundamental es el conductor eléctrico , ya que es a través de él , que se hará llegar la energía eléctrica desde el punto en que la genera y entrega la Comisión Federal de Electricidad hasta las máquinas y aparatos receptores .

Normalmente la energía eléctrica se utiliza dentro de los locales o edificios por ello , es el término de **CONDUCTORES PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION .**

La mayoría de las instalaciones eléctricas trabajan con tensiones de 110 , 220 , ó 440 volts , estos valores de voltaje están dentro de lo que se considera baja tensión , de ahí que estos conductores también reciben el nombre de conductores de baja tensión .

Así podremos conocer su definición, de conductores eléctricos, como sus aplicaciones más importantes en cables forrados en mediana y alta tensión .

Las propiedades de los materiales aislantes , en los que se fabrican y la variedad de que se componen , su flexibilidad , su forma y dimensiones o calibres a los cuales responden .

CAPITULO I

FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS BASICOS DE LA ELECTRICIDAD

1.0 ASPECTOS GENERALES .

El término **ELECTRICIDAD** que con tanta familiaridad manejamos a diario , nos sirve para mencionar de forma global una enorme cantidad de fenómenos que caen dentro del terreno de la Física . La aplicación de la electricidad o sea el aprovechamiento práctico de los fenómenos eléctricos, por ejemplo para mover un motor , encender una lámpara , se hace a través de varios dispositivos cuyo conjunto se llama **CIRCUITO ELECTRICO** .

Un circuito eléctrico está formado por tres componentes :

1

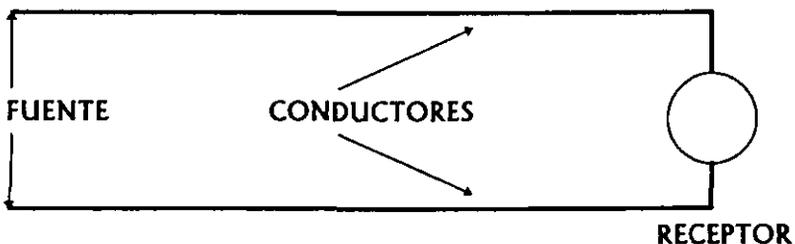
2

3

Una fuente productora de energía eléctrica .

Dos conductores que unen a la fuente con el receptor .

Un aparato receptor que recibe la energía para efectuar trabajo



Cuando el circuito eléctrico esta funcionando , actúan en el varios fenómenos eléctricos , uno de ellos es la **CORRIENTE ELECTRICA** que es quien desarrolla el trabajo en el receptor , otro fenómeno indispensable para que pueda existir la corriente es el **VOLTAJE** .
 Un tercero es la **RESISTENCIA ELECTRICA** producida por las características físicas de los materiales que integran el circuito .

1.1 CORRIENTE ELECTRICA .

Se define como el flujo de electrones a través de un conductor .
 Los electrones son partículas con carga negativa , que giran alrededor del núcleo de los átomos .

Esto se logra con el equilibrio de dos fuerzas :

- La fuerza de atracción que sobre el electrón ejerce el núcleo .
- La fuerza propia del electrón que tiende a mantenerlo en movimiento .

Para sacar al electrón de su órbita y hacerlo que circule de un extremo al otro en una dirección se requiere la acción de una fuerza que rompa el equilibrio entre el electrón y el núcleo esta fuerza es el voltaje .

La unidad de medida de la corriente es el **AMPER**, que corresponde a la cantidad de 6.28×10^{18} electrones pasando en un segundo por un punto . Está es la definición de un coulomb .

Otra definición , es la intensidad de una corriente constante que mantenida en dos conductores paralelos rectilíneos de longitud infinita , cuya área de sección circular es despreciable , colocados a un metro de distancia entre sí , en el vacío , producirá entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud .

1.2 VOLTAJE .

Consiste en crear basados en la Ley universal de atracción y repulsión de cargas un punto de exceso de carga positiva que atraiga a los electrones con exceso de carga negativa .

A esto se le conoce con el nombre también de :

- Diferencial de potencial .
- Tensión eléctrica .
- Fuerza electromotriz .

El volt es la unidad de medida y es la fuerza necesaria para hacer circular una corriente de un ampere a través de una resistencia de un ohm .

1.3 RESISTENCIA ELECTRICA .

Para lograr que el electrón deje su órbita , se requiere vencer la oposición del núcleo a liberarlo y luego , el electrón ya en movimiento chocara con otros también en movimiento .

A estos choques se le llama resistencia eléctrica .

No todos los materiales presentan la misma oposición al paso de la corriente , por lo que de acuerdo a la resistencia que presentan se clasifican :

---- Conductores . Prácticamente todos los metales

---- Aislantes . Todo material que presenta oposición al paso de la corriente .

El ohm es la unidad de medida , y es la oposición que presenta un circuito por el que circula una corriente de un ampere cuando se le aplica un volt .

1.4 RESISTENCIA ELECTRICA DE UN CUERPO .

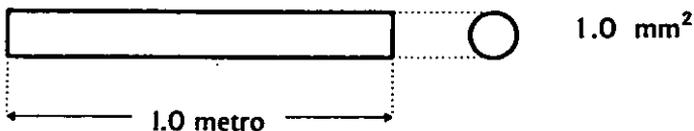
Teniendo como antecedente el concepto de que es la resistencia y sabiendo que no todos los materiales tienen la misma resistencia , este valor dependerá primeramente del tipo de material de que se trate y luego de sus dimensiones físicas o sea longitud y grueso .

Así tenemos que el valor de la resistencia eléctrica de un cuerpo depende de :

--- TIPO DE MATERIAL .

Sabemos que no todos los materiales conducen con la misma facilidad la corriente , y para poder saber esto se clasificaron en base a esta característica se procedió a tomar una muestra de cada material y se midió su resistencia eléctrica .

La muestra que se tomó fue de un metro de longitud y un mm^2 de grueso .



Al valor en ohm de la resistencias eléctrica de esta muestra se le llamo RESISTENCIA ESPECIFICA o RESISTIVIDAD y se le representó por medio de la letra griega ρ (rho) .

La resistividad se usa para calcular la resistencia de los materiales de cualquier dimensión .

A continuación se da la resistividad en algunos metales .

CUADRO 1

MATERIAL DEL CONDUCTOR	RESISTENCIA ESPECIFICA ρ
Plata	0.0160
Cobre	0.0172
Oro	0.0222
Aluminio	0.0278
Magnesio	0.0435
Tungsteno	0.0500
Latón	0.059
Zinc	0.061
Platino	0.111
Estaño	0.12
Hierro	0.13
Plomo	0.208
Plata alemana	0.369
Manganina	0.423
Constantan	0.480
Mercurio	0.940
Hierro colado	1.000

Resistencia específica obtenida a partir de :

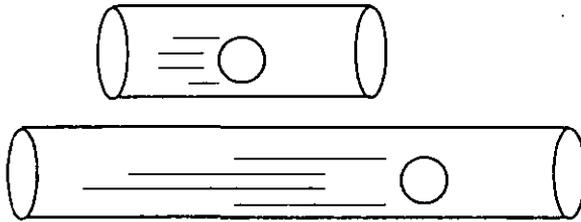
$$\rho \text{ en } \frac{\Omega \text{ } 1 \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

--- LONGITUD DEL MATERIAL.

La longitud de un material conductor es determinante en el valor de la resistencia , ya que entre más largo sea el cuerpo , mayor será la trayectoria de la corriente y mas oposición a que circule .

Esto es que entre más largo sea el conductor mayor será el calor de su resistencia .

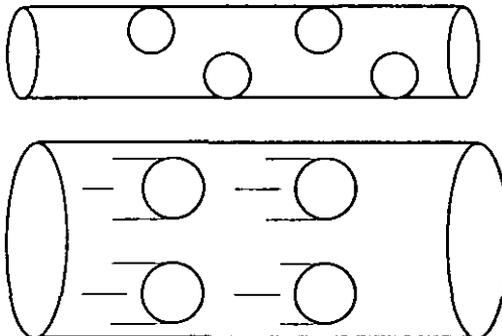
A mayor longitud aumenta la resistencia



---- AREA O GRUESO DEL MATERIAL .

Entre más grueso o mayor calibre se tenga de un material, mayor será la facilidad con la que circule la corriente , o sea a mayor área , menor resistencia y a menor área mayor resistencia .

A mayor área menor resistencia



En base a lo anterior , la resistencia de un material se calcula con la siguiente fórmula :

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

R = Resistencia que se desea calcular .

ρ = Resistividad del material . $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

L = Longitud del material en mts.

A = Area del material en mm^2

Para obtener el valor que tendrá la resistencia eléctrica de un conductor de cobre de 1000 mts. de longitud y 5.26 mm^2 de sección o área . La resistividad del cobre es de $0.0172 \text{ ohm mm}^2 / \text{m}$

$$R = \frac{\rho \quad L}{A} = \frac{0.017241 \times 1000}{5.26} = \frac{17.241}{5.26} = 3.277 \Omega$$

3.277Ω se puede verificar como un valor que se encuentra en tablas de cualquier catálogo de fabricantes de cables (cuadro 6).

CAPITULO II

CORRIENTE, VOLTAJE, RESISTENCIA Y SU RELACION CON LOS CONDUCTORES

2.1 CORRIENTE EN EL CONDUCTOR ELECTRICO .

Como lo que se va a transportar en el conductor es precisamente la corriente, en función del valor de esta será el grueso del conductor o el calibre del mismo . A mayor área en mm^2 del conductor mayor capacidad de transportar un amperaje mayor .

2.2. VOLTAJE EN EL CONDUCTOR ELECTRICO .

La corriente eléctrica tiende siempre a seguir el camino de menor resistencia , esto equivale a que la corriente trate de pasar directamente de un conductor a otro o de un conductor a tierra .

Ya vimos que la fuerza que impulsa a la corriente es el voltaje entonces para evitar que esta fuerza haga circular a la corriente por caminos diferentes al que queremos , es por lo que se forran los conductores con un material de alta resistencia o aislante .

De acuerdo a la magnitud del voltaje deberá ser la resistencia del aislante. Esto quiere decir que en función del voltaje del circuito será el tipo y espesor del aislante del conductor .

2.3 RESISTENCIA EN EL CONDUCTOR ELECTRICO .

El valor de la resistencia en los conductores es muy importante porque de él dependerá el valor de las pérdidas que se tenga al transportar la corriente eléctrica , como se apreciará más adelante .

Es necesario que el conductor tenga un valor de resistencia lo más bajo posible, para esto se debe :

- Usar un buen material conductor .
- Tener la longitud mínima necesaria de conductor .
- Tener el área suficiente para conducir la corriente .

Otras características muy importantes que se consideran al seleccionar el aislante de los conductores , son las condiciones ambientales y el tipo de instalación en la que se va a emplear .

2.4 POTENCIA ELECTRICA EN EL CONDUCTOR .

La potencia es la capacidad de los dispositivos y máquinas eléctricas para desarrollar un trabajo. Este trabajo lo realiza específicamente la corriente eléctrica al pasar por los receptores del circuito.

La cantidad de trabajo que se desarrolla o potencia depende del valor de la corriente y del voltaje aplicado y se calcula mediante la siguiente fórmula :

$$P = E \text{ (volts) } \times I \text{ (amper)}$$

La unidad de medida de la potencia eléctrica es el WATT.

En la práctica es más común el manejo del KILOWATT.

Para designar la potencia eléctrica de los motores se usa el caballo de fuerza que es igual a 0.745 Kilowatt .

Como ya se explicó , al circular la corriente eléctrica por un conductor se producen choques y fricciones entre electrones lo que ocasiona , además de la caída de tensión , que se produzca calor .

Este calor o energía calorífica se produce a partir de la energía eléctrica del circuito y como no realiza trabajo útil se le considera una potencia perdida .

El calor producido por la corriente al circular por los conductores se conoce con el nombre de efecto Joule y es igual a corriente al cuadrado por resistencia .

El efecto Joule, además de ser en sí , una pérdida de potencia en los conductores eléctricos ocasiona un aumento de la resistencia eléctrica de los mismos , al aumentar su temperatura de operación y en caso de conductores aislados, afecta directamente el material aislante.

CAPITULO III

ELEMENTOS Y CARACTERISTICAS DE UN CONDUCTOR

3.1 MATERIALES PARA UN CONDUCTOR .

Ya hemos visto que los conductores eléctricos son elementos que permiten el paso de la corriente en un circuito .

De acuerdo al lugar donde se apliquen los conductores puede ser escogidos en una gama de varios tipos de materiales aislantes . Los conductores aislados se dividen en varias familias que veremos más adelante .

Como ya se explicó , al circular la corriente eléctrica por un conductor se producen choques y fricciones entre electrones lo que ocasiona , además de la caída de tensión , que se produzca calor .

Este calor o energía calorífica se produce a partir de la energía eléctrica del circuito y como no realiza trabajo útil se le considera una potencia perdida .

El calor producido por la corriente al circular por los conductores se conoce con el nombre de efecto Joule y es igual a corriente al cuadrado por resistencia .

El efecto Joule, además de ser en sí , una pérdida de potencia en los conductores eléctricos ocasiona un aumento de la resistencia eléctrica de los mismos , al aumentar su temperatura de operación y en caso de conductores aislados, afecta directamente el material aislante.

CAPITULO III

ELEMENTOS Y CARACTERISTICAS DE UN CONDUCTOR

3.1 MATERIALES PARA UN CONDUCTOR .

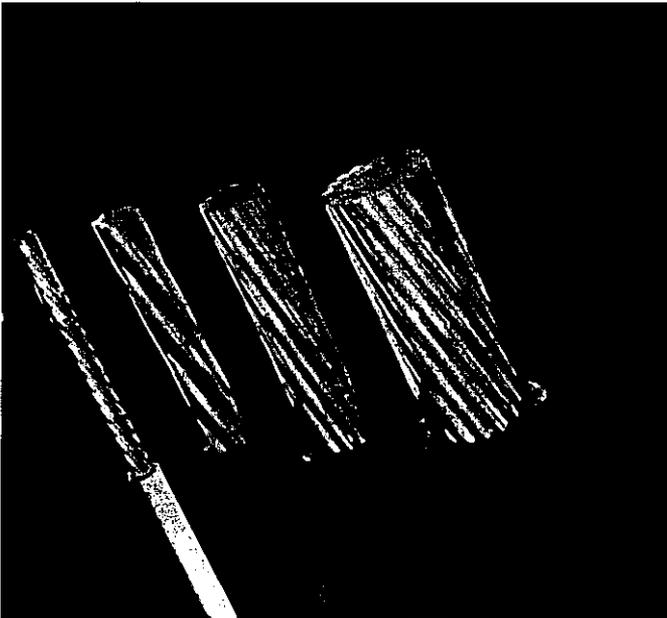
Ya hemos visto que los conductores eléctricos son elementos que permiten el paso de la corriente en un circuito .

De acuerdo al lugar donde se apliquen los conductores puede ser escogidos en una gama de varios tipos de materiales aislantes . Los conductores aislados se dividen en varias familias que veremos más adelante .

Los tipos de conductor serán caso de estudio también.

Empezaremos por las partes elementales de un conductor :

1. Una parte metálica que es el conductor . (cobre o aluminio)
2. Una cubierta de material aislante . (termoplástico o termofijo)



Prácticamente todos los metales son buenos conductores de la corriente , de ellos el mejor es la plata, le sigue el cobre, el oro y el aluminio en ese orden. Esto se comprueba viendo nuestro siguiente cuadro .

CUADRO 2

MATERIAL	RESISTIVIDAD EN $\frac{\text{ohm-mm}^2}{\text{m}}$
Plata	0.0160
Cobre	0.0172
Oro	0.0222
Aluminio	0.0278

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

Por su precio, el uso de la plata y del oro en la fabricación de conductores está descartado , por lo tanto , es obvio el considerar al cobre como el mejor conductor . Hay muchas razones técnicas que respalda el uso del cobre como material , pero la principal es la confiabilidad probada que este tiene . Entre las razones del éxito tenemos la conductividad y sus propiedades mecánicas , puesto que su capacidad de conducción de corriente lo convierte en el mas eficiente conductor eléctrico, por otra parte en términos económicos es el más viable para la comercialización .

El cobre para usos eléctricos debe ser muy puro , la presencia de ciertas impurezas en particular fósforo , arsénico , hierro , titanio y silicio disminuye la conductividad en forma considerable .

El cobre suave o recocido es el metal que tiene 100 por ciento de conductividad , de acuerdo con el PATRON INTERNACIONAL DE COBRE SUAVE .

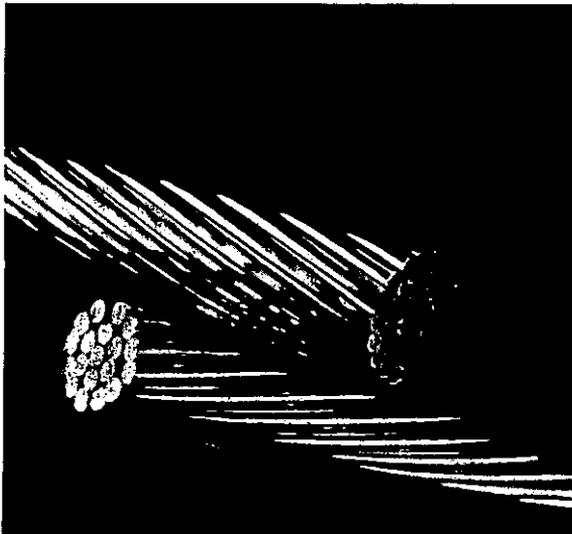
La IACS " INTERNACIONAL ANNEALED COPPER STANDARD" es un patrón que considera la conductividad de cobre suave a 20 °c como 100 por ciento y sirve como referencia para indicar las características de los diferentes tipos de cobre y aluminio usados en la fabricación de conductores .

En lo que se refiere al cobre utilizado como material conductor en cables de baja tensión para la industria de la construcción, se puede asegurar que, dada su mayor capacidad de conducción para un diámetro dado, requiere menos aislamiento y puede instalarse en tubos conduit mas pequeños. Es decir, el cobre minimiza los requerimientos en espacio si se compara con otro conductor eléctrico como el aluminio .

Esto resulta útil si se toma en cuenta que el aumento en el diámetro de los tubos conduit en suma con el espacio requerido por el alambrado, incrementa los costos de instalación, al igual que todos los componentes de esta como cajas derivadoras, cajas de conexión que son afectadas por el tamaño del conductor.

CUADRO 3

TEMPLE	CONDUCTIVIDAD % de IACS	ESFUERZO DE TENSION a la RUPTURA Kgf / mm ²
Cobre Suave	100.00	25.0
Cobre Semiduro	96.66	35.4 a 40.3
Cobre Duro	96.16	45.6



CUADRO 4

TEMPLE	CONDUCTIVIDAD % de IACS para aluminio	ESFUERZO DE TENSION a la RUPTURA Kgf / mm ²
Suave	61.8	6.1 -- 9.7
¼ Duro	61.6	9.8 -- 11.6
½ Duro	61.4	10.7 -- 14.3
¾ Duro	61.3	11.7 -- 15.3
Duro	61.0	16.0 -- 19.0

El aluminio ha tenido éxito como conductor eléctrico en líneas de transmisión , pero no así como conductor para cables de baja tensión. El aluminio presenta problemas en la conexión debido a las propiedades físicas y químicas que tiene , ya que bajo condiciones de presión y calor , este material se dilata y , por lo tanto , se afloja en las conexiones .

Las terminales y tornillos de los equipos , aparatos , son elaborados con metales de aleación de cobre o que en la tabla de electronegatividad estén cerca del mismo , mientras que el aluminio está alejado y por consiguiente , tiene problemas de corrosión galvánica .

Se puede mencionar que el aluminio , tiene dos desventajas con respecto al cobre , como material conductor de cables de baja tensión:

--- Problemas de conectorizado .

--- Necesidad de conductores mas grandes para la misma capacidad de corriente que en los conductores de cobre .

El cobre , además de ser mejor conductor que el aluminio , es mecánicamente mas resistente . Lo anterior significa que soporta alargamientos , reducciones de sección por presión y roturas .

En longitudes de instalación largas , al colocar los cables en canalizaciones se requiere aplicar grandes tensiones de jalado . El cobre conserva su forma gracias a su capacidad al esfuerzo de tensión. La reducción de sección por presión se presenta en los puntos de conexión cuando el tornillo opresor sujeta a los conductores . Con esta reducción disminuye la capacidad de corriente y el esfuerzo de tensión del conductor provocando calentamiento, y que en condiciones de vibraciones o dobleces, se rompa el conductor . En conexiones , cuando se forma un óxido en el cobre este es del tipo conductor , y requiere en la terminal un poco de compuesto inhibidor de la oxidación . El aluminio en cambio , forma un óxido no conductor .

De acuerdo con la norma **NMX - J - 10** el material del conductor para los cables de baja tensión utilizados en la industria de la construcción , debe ser de cobre suave o recocido que cumpla con los requisitos señalados en la **NMX - J - 36** o cable concéntrico de cobre suave de clase B que cumpla con los requisitos señalados en la **NMX - J - 12** .

Resumiendo se presenta que el cobre como conductor tiene :

- Elevada conductividad eléctrica .
- Alta conductividad térmica .
- Resistente a la corrosión .
- Muy maleable .
- Muy dúctil .
- Alta resistencia mecánica .
- No es magnético .
- Es fácilmente soldable .

Pureza . El cobre usado en la fabricación de conductores tiene una pureza del **99.9%** y se obtiene por refinación electrolítica .
Ref. **NMX -J- 215**.

Resumiendo el aluminio como conductor tiene:

- Elevada conductividad eléctrica (61 % de la conductividad de cobre) .
- Bajo peso (para un mismo calibre el aluminio pesa 30% menos)
- Alta conductividad térmica .
- Resistente a la corrosión .

- Muy maleable .
- Muy dúctil .
- Poca resistencia mecánica .
- Difícil de soldar .
- No es magnético .

Pureza . El aluminio usado en la fabricación de conductores tiene una pureza del 99.5% y se obtiene de refinación electrolítica .
Ref. NMX - J- 218.

3.2 SISTEMAS PARA EL CALIBRE EN UN CONDUCTOR .

Se le llama así al grueso del conductor y es un factor muy importante, pues en función de él , está su capacidad para conducir corriente . La fabricación de conductores en nuestro país se hace de acuerdo a dos sistemas de calibración adoptados oficialmente :

- Sistema AWG (American wire gauge).
- Sistema KCM o MCM (Kilo circular mil).

Desde hace años, las dimensiones de los conductores se han expresado comercialmente por números de calibres .

Esta práctica ha traído consigo ciertas confusiones al gran número de escalas que se han utilizado . En Estados Unidos , Canadá, México y algunos países sudamericanos la escala más usada para alambres o conductores destinados a usos eléctricos es AWG.

En los conductores eléctricos se colocan leyendas que indican su calibre en AWG o KCM y su equivalencia en milímetros cuadrados .
 La "AMERICAN WIRE GAUGE " también conocida como la "BROWN AND SHARPE GAUGE" fue ideada en 1857 por J.R. BROWN .

Esta escala de calibre , así como algunas otras escalas tienden a que sus dimensiones representan con aproximaciones los pasos sucesivos del proceso de estirado o trefilado del mismo .

De ahí que dicha escala sea regresiva , es decir , un número mayor representa un conductor de tamaño o diámetro más pequeño.

La escala se estableció fijando dos diámetros y estableciendo una progresión geométrica para diámetros intermedios, los diámetros base son los del calibre 4/0 y el calibre 36 existiendo 39 dimensiones entre estos dos .

Por lo tanto la razón entre un diámetro cualquiera y un diámetro inmediato en la escala está dada por la expresión :

$$39 \sqrt{\frac{0.460}{0.0050}} = 39 \sqrt{\frac{1}{92}} = 1.1229$$

La relación entre los dos diámetros consecutivos en la escala es constante e igual a 1.1229

En la actualidad se fabrican los conductores hasta el calibre 44 awg.

En las figuras del cuadro 5 se muestra a tamaño real aproximado las áreas o secciones transversales de algunos calibre del sistema AWG .

CUADRO 5

•	◦	◦	◦	◦	◦	◦	◦	◦	◦
20	16	12	8	4	2	0	00	000	0000
φ.813	φ1.290	φ 2.052	φ3.264	φ5.88	φ7.420	φ9.47	φ10.63	φ11.94	φ13.4 mm

Para secciones superiores al 4/0 el cable se define directamente por sus diámetros o áreas. Las unidades adoptadas en Estados Unidos con este fin son "Circular mil".



"Circular mil" para el uso en áreas, unidad que representa la superficie de un círculo de una milésima de pulgada de diámetro. Tal círculo tiene una área transversal de 0.7853 de milésima cuadrada. Como esta unidad es muy pequeña se usa o se llega todavía a usar el mil circular mil, o sea una área que contenga mil pequeños círculos de una milésima de pulgada de diámetro. En años recientes se usa el patrón internacional Kilo (mil) Para secciones mayores se emplea la unidad designada por las siglas KCM, antiguamente conocida como MCM que equivale a mil circular mil.

Ref. NMX -J- 063 . .

$$A_{cm} = (d \text{ mil})^2$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \times d^2 = \frac{\pi}{4} 10^{-6} (d \text{ mil})^2 = .7854 \times 10^{-6} \times A_{cm}$$

$$A_p = \frac{A_{cm}}{1\,273.2395 \times 10^3}$$

$$A_{mm} = (25.4)^2 \times A_p = \frac{A_{cm}}{1\,973.525}$$

en donde :

A_{cm}	es el área en circular mils.
A_p	es el área en pulgadas cuadradas.
A_{mm}	es el área en milímetros cuadrados.
d mil	es el diámetro en milésimas de pulgada.
d	es el diámetro en pulgadas.

INTERNACIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC

La escala internacional fue creada por el Consejo Eletrotécnico Internacional , y emplea como unidad al milímetro cuadrado .

Esta escala de calibres se usa en países europeos y asiáticos , así como en algunos países sudamericanos . Cabe mencionar que en las escalas AWG e internacional las áreas en mm no coinciden directamente , por ejemplo :

Un calibre 12 AWG tiene un área de sección transversal de 3.307 mm² contra los 3 mm² de calibre en la escala internacional .



CONSTRUCCIONES NORMALES DE CABLES CONCENTRICOS. TIPO :THW LS CUADRO 6

Características Generales

Designación del conductor			Diámetro nominal del conductor mm	Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior aproximado mm	Resistencia eléctrica nominal a la C.D. a 20°C Ω/km	Peso aproximado kg/km
Calibre AWG o kCM	Nº. de alambres en el conductor	Área de la sección transversal nominal mm ²					
20	1	0.5191	0.813	0.64	2.09	33.2	8.70
18	1	0.8235	1.024	0.64	2.30	20.9	12.0
16	1	1.307	1.290	0.64	2.57	13.2	17.1
14	1	2.082	1.628	0.76	3.15	8.28	26.5
12	1	3.307	2.052	0.76	3.57	5.21	38.8
10	1	5.260	2.588	0.76	4.11	3.28	58.0
8	1	8.367	3.264	1.14	5.46	2.06	95.5
18	7	0.8235	1.16	0.64	2.44	21.4	12.5
16	7	1.307	1.46	0.64	2.74	13.5	17.8
14	7	2.082	1.85	0.76	3.37	8.45	27.6
12	7	3.307	2.33	0.76	3.85	5.32	40.3
10	7	5.260	2.93	0.76	4.45	3.34	60.0
8	7	8.367	3.70	1.14	5.90	2.10	99.1
6	7	13.30	4.67	1.52	7.67	1.32	161
4	7	21.15	5.88	1.52	8.88	0.831	240
2	7	33.62	7.42	1.52	10.4	0.523	364
1/0	19	53.48	9.47	2.03	13.5	0.329	586
2/0	19	67.43	10.63	2.03	14.6	0.261	722
3/0	19	85.01	11.94	2.03	15.9	0.207	893
4/0	19	107.2	13.40	2.03	17.4	0.164	1108
250	37	126.7	14.62	2.41	19.4	0.139	1328
300	37	152.0	16.01	2.41	20.8	0.116	1572
350	37	177.3	17.29	2.41	22.1	0.0992	1816
400	37	202.7	18.49	2.41	23.3	0.0866	2059
500	37	253.4	20.67	2.41	25.5	0.0694	2542
600	61	304.0	22.67	2.79	28.3	0.0578	3071
750	61	380.0	25.34	2.79	30.9	0.0463	3792
1000	61	506.7	29.27	2.79	34.9	0.0347	4990

1.- Los valores de resistencia eléctrica están calculados con una resistividad de 0.017241 Ω-mm²/m a 20°C. Este valor se utiliza normalmente en el cálculo de caídas de tensión en conductores.

**CONSTRUCCIONES NORMALES DE CABLES CONCENTRICOS
TIPO :THW-LS CUADRO 6.1**

CABLES VINANEL 2000 ^{MA}										
Caja (100 m)	Número de producto			Calibre AWG/kCM	Número de hilos	Conductor		Espesor nominal del aislamiento mm	Diámetro exterior nominal mm	Peso kg/m
	Rollo (100 m)	Carrete 500 m	Carrete 1000 m			Área mm ²	Diámetro nominal mm			
36199*	—	—	36200*	20	7	0.519	0.9	0.64	2.3	10
36197*	—	—	36198*	18	7	0.823	1.2	0.64	2.5	13
36195*	—	—	36196*	16	7	1.307	1.5	0.64	2.78	19
36192*	—	36194*	36193*	14	7	2.082	1.8	0.80	3.5	29
36189*	—	36191*	36190*	12	7	3.307	2.3	0.80	4.0	42
36186*	—	36188*	36187*	10	7	5.26	2.9	0.80	4.6	63
36183*	—	36185*	36184*	8	7	8.367	3.7	1.14	6.0	103
—	36181*	36182*	36180*	6	7	13.30	4.7	1.52	7.8	166
—	36178*	36179*	36177*	4	7	21.15	5.9	1.52	9.0	249
—	36175*	36176*	36174*	2	7	33.62	7.4	1.52	10.5	375
—	36172*	36171*	—	1/0	19	53.48	9.5	2.03	13.6	599
—	36169*	36168*	—	2/0	19	67.43	10.6	2.03	14.8	738
—	36166*	36165*	—	3/0	19	85.01	11.9	2.03	16.1	914
—	36163*	36162*	—	4/0	19	107.20	13.4	2.03	17.6	1132
—	—	370014**	—	250	37	127.20	14.6	2.41	19.5	1348
—	—	370015**	—	300	37	152.00	16.0	2.41	20.9	1597
—	—	370016**	—	350	37	177.30	17.3	2.41	22.2	1845
—	—	370017**	—	400	37	202.70	18.5	2.41	23.4	2091
—	—	370018**	—	500	37	253.40	20.7	2.41	25.6	2582
—	—	370029**	—	600	61	304.00	22.7	2.79	28.3	3106
—	—	370019**	—	750	61	380.00	25.3	2.79	30.6	3880
—	—	370094**	—	1000	61	506.70	29.3	2.79	34.5	5110

NOTAS: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura.
 * La última cifra del producto está en función del color deseado.
 1.- negro 4.- verde 9.- otro
 2.- blanco 5.- gris
 3.- rojo 6.- azul
 ** El color es solo negro

3.3 -- FLEXIBILIDAD EN LOS CONDUCTORES.

Los conductores eléctricos deben de contar con una flexibilidad tal que permita su instalación y su adecuada operación , sobre todo en los casos de conductores que durante su trabajo van a estar sujetos a constante movimiento . A la operación de reunir varios conductores se le llama cableado y da lugar a diferentes flexibilidades , de acuerdo con el número de alambres que lo integran , así como el paso o longitud de torcido .

La flexibilidad de los conductores depende del tipo de material usado, cobre o aluminio en sus diferentes grados de dureza , que se obtiene recociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de hilos que lo forman , a esto último se le llama construcción .

No hay regla fija para decidir el grado de flexibilidad adecuado para una determinada aplicación , ya que , con frecuencia 2 ó 3 clases de cableado pueden ser igualmente satisfactorias para cierto cable .

De acuerdo a su construcción , los conductores pueden ser :
alambres o cables .

Alambre cuando es un solo hilo conductor .

Cable cuando esta formado por dos o más hilos . De esta manera , de acuerdo a su construcción y haciendo una definición más concreta pueden ser divididos a su vez :

A.- Alambre

Es un solo conductor unifilar cuya sección transversal es sustancialmente circular . Se utiliza tanto en cables monoconductores, como en cables multiconductores con cualquier tipo de aislamiento. Por lo general , los conductores de calibre pequeño como el 8 AWG y menores suelen ser alambres sólidos , mientras que los de calibre mayor son cables que se puede fabricar del 4/0 al 40 AWG .

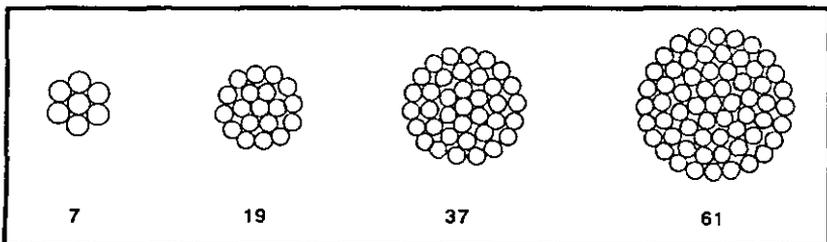
B.- Cable concéntrico .

Está formado por un alambre central , rodeado por una o mas capas de alambres a su alrededor o aplicados helicoidalmente .

Cuando los alambres son de mayor diámetro, el torcido de los mismos se efectúa , en la mayoría de los casos , en capas concéntricas alrededor de un núcleo central . El cable resultante recibe el nombre de "Cable concéntrico" y es el más usado , empleándose para las clases AA , A , B , C y D.

El rango de los calibres que más comúnmente se fabrican son en clase "B" se indica a continuación :

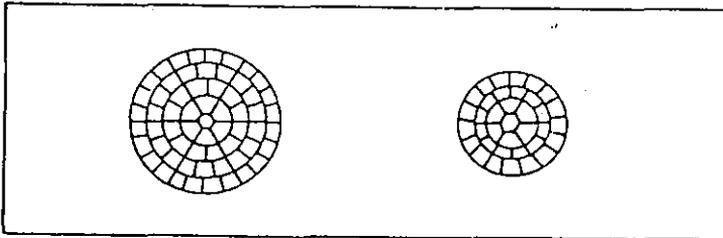
No. De hilos	Rango de Calibres
7	hasta el 2 AWG.
19	del 1/0 al 4/0 AWG.
37	del 250 al 500 KCM
61	del 600 al 1000 KCM



C.-Cable concéntrico compacto.

Igual que el cable concéntrico, está formado por un alambre central sobre el que se aplican una o más capas de alambres helicoidalmente, pero en este caso el cable se compacta para eliminar los huecos o intersticios que se forman entre los alambres, dando como resultado un cable de menor diámetro y de una sección transversal casi circular. Como consecuencia de la fuerza aplicada en la compactación del cable, los alambres se deforman, adquiriendo formas no circulares.

Se compacta a un diámetro exterior de 8% a 10% abajo del cable con cableado concéntrico normal con la misma área de sección transversal nominal. Cuando el diámetro se reduce en no más del 3% del valor nominal se dice que es un concéntrico comprimido.

CUADRO 7

Los cables concéntricos compactos se fabrican en los mismos calibres y números de los alambres que los cables concéntricos.

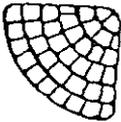
D.-Cable sectorial.

Un conductor sectorial es aquel formado por un cable cuya sección transversal es sustancialmente un sector de círculo. Se utiliza principalmente, en cables de energía trifásicos, con calibres superiores a 1/0 AWG.

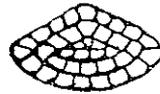
En estos cables los conductores sectoriales implican una reducción en la cantidad de rellenos y el diámetro sobre la reunión de las tres almas, permitiendo reducciones en los materiales del aislante total.

Comparando los cables formados por conductores sectoriales con los de conductores redondos, encontramos que los primeros presentan varias ventajas en menores diámetros, menores pesos y costos más bajos .

CUADRO 8



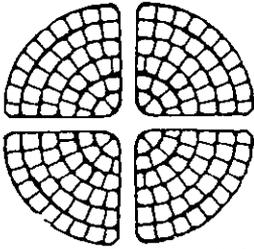
La cuarta parte de un círculo
90°



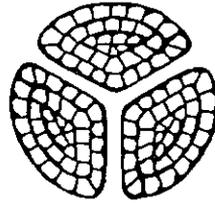
La tercera parte de un círculo
120°

Los cables sectoriales se emplean para formar cables multipolares al reunirlos ya aislados individualmente, dentro de una cubierta común, dando como resultado un cable totalmente circular, con las ventajas que nos da esta forma.

CUADRO 9



Cuatro cables sectoriales
de 90° forman un conductor
tetrapolar



Tres cables sectoriales
de 120° forma un conductor
tripolar

E.- Cordón o Bonche.

Es un conductor formado por muchos alambres lo que le da gran flexibilidad . Los alambres se reúnen sin darles una formación especial, no hay capas como en los cables concéntricos. Estos conductores se les llama bonches, en el mercado se les identifica como cordones.

F.- Cable flexible.

Es un cable concéntrico de bonches, o sea está formado por un bonche central sobre el que se aplica una o más capas de bonches enredados helicoidalmente. Esta construcción le da una gran flexibilidad .

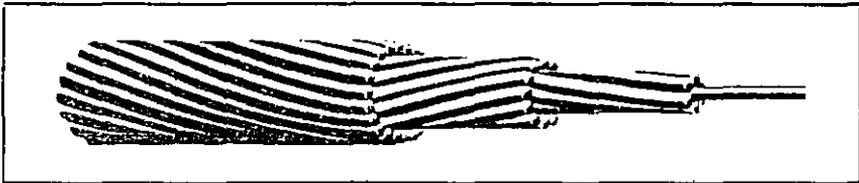
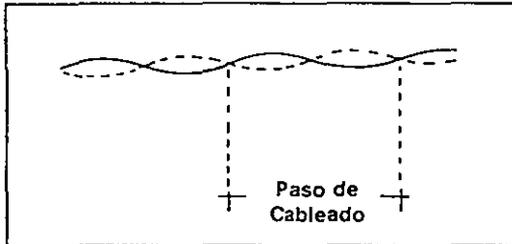
3.4 CABLEADO Y TIPOS DE CABLEADO

A.- Paso de cableado.

En el caso de los cables, su flexibilidad depende además del número de alambres que lo integran, del paso de torcido o de cableado.

El paso de cableado es la longitud de una vuelta completa de un alambre integrante del cable.

CUADRO 10



Cuando el paso de cableado es más pequeño, el cable es menos flexible, cuando el paso es más grande, el cable es más flexible.

El cable no puede tener un paso muy grande porque puede perder su forma. El paso más utilizado en los productos nacionales varía entre 8 y 16 veces el diámetro del cable.

B.- Clases de cableado.

De acuerdo al número de alambres que los forman, los cables tienen diferentes grados de flexibilidad, se hace necesario clasificarlos en base a esta característica. Los cables menos flexibles se clasifican como AA y A, el que les sigue en flexibilidad por estar formado por más hilos es el B y conforme va aumentando el número de alambres que integran al cable se le va asignando para su identificación la siguiente letra del alfabeto.

**NUMERO DE HILOS DE ACUERDO AL TIPO DE CABLEADO EN
UN CONDUCTOR CALIBRE 3/0 AWG.**

Calibre	AA	A	B	C	D	G	H	I	K	M
3/0	7	7	19	37	61	133	427	418	1666	4256
	Cables Concéntricos y Concéntricos Compactos					Cables Semi-flexibles				

En la tabla siguiente se dan recomendaciones de carácter general, tomadas de las normas ASTM. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS)

- AA Cable desnudo, generalmente para líneas aéreas.
- A Cable aislado, tipo intemperie o cables desnudos que requieran mayor flexibilidad que los de la clase AA.
- B Cable aislado con materiales diversos tales como papel, hule, plástico, etc.
- C y D Cables aislados que requerirán mayor flexibilidad que la clase B.
- G Cables portátiles con aislamiento de hule para alimentación de aparatos o similares.

- H Cables y cordones con aislamiento de hule que requerirán mucha flexibilidad . Cables que deban enrollarse y desenrollarse continuamente .
- I Cables para aparatos especiales .
- J Cordones para artefactos eléctricos .
- K Cables portátiles y para soldadoras .
- L Cordones portátiles y para artefactos pequeños que requieran mayor flexibilidad que los de las clases anteriores .
- M Cables para maquinas soldadoras , para calentadores y lámparas.
- O Cordones pequeños para calentadores que requieran mayor flexibilidad que los anteriores .
- P Cordones más flexibles que en las clases anteriores.
- Q Cordón para ventiladores oscilantes , flexibilidad máxima .

NOM 063 SCFI 1994 .

3.5 MATERIALES AISLANTES DE UN CONDUCTOR .

La función del aislamiento es contener a la corriente eléctrica en el conductor y contener el campo eléctrico dentro de su masa .

Son materiales que no permiten el paso de la corriente eléctrica a través de ellos , debido a que tienen una resistividad muy alta .

También por la función , que desempeñan , a los aislantes se les llama dieléctricos y a sus propiedades dieléctricas .

En principio , las propiedades de los aislantes son frecuentemente adecuadas para su aplicación , para los efectos en la operación , medio ambiente , envejecimiento y otros factores , pueden degradar rápidamente el aislamiento hasta el punto de hacerlo fallar, por lo que es importante seleccionarlo correctamente .

Existe una gran cantidad de materiales aislantes , de ellos los más usuales en conductores eléctricos se dividen :

- a) Plásticos b) Elastómeros c) Papel d) Esmaltes

a) PLASTICOS .

A excepción del hule natural , ya está en desuso , la resina base de los aislamientos actuales se obtiene de la polimerización de determinados hidrocarburos . De acuerdo a su comportamiento frente al calor , los materiales plásticos se dividen en dos grandes grupos :

-- Termoplásticos .

Son materiales que se ablandan con el calor , lo que permite por su plasticidad modelarlos a voluntad varias veces sin que pierdan sus propiedades al enfriarse , pero manteniendo la forma que se les imprimió .

Los materiales mas usados : Cloruro de polivinilo , polietileno , polipropileno, nylon. Que se usan generalmente en conductores de baja tensión y telefónicos .

--- Termofijos .

Son materiales que inicialmente son plásticos , al calentarlos por primera vez durante su proceso de fabricación . Después de enfriados ya no presentan esta característica por un nuevo calentamiento .

El material más empleado es el polietileno de cadena cruzada que se usa en conductores de mediana y alta tensión.

b) ELASTOMEROS.

Son materiales elásticos de origen natural o sintético , que se puede elongar o estirar , cuando se somete a una tensión mecánica que no sobrepase su límite de elasticidad y recuperan bruscamente su valor inicial cuando cesa la fuerza que se aplica . Los materiales más usados son los hules sintéticos como el neopreno , **EPR** (hule de etileno-propileno) .

c) PAPEL .

Es un material menos usado, en México el usuario principal es " Luz y Fuerza del Centro". Es un material que se obtiene de celulosa de madera , tiene buenas propiedades dieléctricas , se aplica sobre los conductores en forma de cintas aplicadas helicoidalmente formando varias capas. En conductores de alta tensión se usa impregnado con un aceite aislante . El aceite ocupa todos los espacios eliminando las burbujas de aire en el papel y el conductor evitando así , la ionización en servicio .

d) ESMALTADO .

Los esmaltes son materiales elaborados a base de derivados del petróleo . Son materiales muy delgados y flexibles con buenas propiedades dieléctricas , se usan como aislantes del alambre magneto. Los esmaltes deben ser adecuados al voltaje y a la temperatura a que estarán sujetos durante la operación del conductor .

**CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE BAJA TENSION
EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION**



CAPITULO IV

CONDUCTORES PARA INSTALACIONES DE BAJA TENSION EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

4.0 ASPECTOS GENERALES.

Ya se mencionó que los conductores eléctricos son los elementos que permiten el paso de la corriente eléctrica . De acuerdo al lugar donde se apliquen , los conductores pueden ser forrados y desnudos , de lo anterior tenemos que el panorama de los conductores de baja tensión es amplio , ya que incluye las instalaciones en casa habitación , edificios habitacionales o de oficinas , hoteles , hospitales , talleres , industrias , centros comerciales etc . Los conductores eléctricos para baja tensión se clasifican de acuerdo al material de que esté construido su aislamiento , a la temperatura máxima que soporta este , sin perder sus propiedades y al tipo de local en que pueda instalarse . En la actualidad los materiales más usados son los termoplásticos y en algunos casos hules o gomas sintéticas .

Los materiales aislantes utilizados tienen diferentes propiedades , unos soportan más temperatura que otros , algunos sólo pueden instalarse en locales secos , mientras que otros pueden trabajar en lugares secos húmedos o mojados . En una instalación eléctrica no todas sus secciones requieren de un mismo tipo de conductor por no estar sujetas a la mismas condiciones ambientales o de operación , por lo tanto en una instalación se utilizan diferentes tipos de conductores ,

con características cada una de ellas ajustadas a las necesidades de la instalación u operación de la misma , así tenemos que :

- a) En la acometida se usan conductores del tipo múltiple , cable concéntrico tipo espiral.
- b) En los circuitos alimentadores y derivados que son parte fija de la instalación , conductores en ducto , fijos al muro , se usan alambres y cables de forro termoplástico .
- c) En la alimentación de equipo eléctrico móvil y semi-fijo a partir de interruptores o contactos , se usan cordones flexibles .
- d) En la alimentación de bombas sumergibles o equipos especiales se usan trifásicos flexibles .

Su aislamiento es para operar a una tensión máxima de 600 V.

Para hacer frente a las diferentes condiciones ambientales y temperaturas de operación, se fabrican varios tipos de conductores normalizados nacionalmente e internacionalmente .

Clasificación de los alambres y cables :

- 1.- Tipo de material usado en su aislamiento .
- 2.- Temperatura máxima que soporta el aislamiento .
- 3.- Tipo de lugar donde se pueden instalar .

Aunque prácticamente todos los conductores de baja tensión se ven iguales , ya que todos tienen un conductor de cobre ya sea un alambre o un cable de cobre y el aislamiento plástico . Las propiedades particulares de cada producto dependerán precisamente de las características que tenga ese aislamiento plástico .

1. Tipo de material usado en su aislamiento .

Anteriormente casi todos los conductores se fabricaban con aislamiento de hule natural . En la actualidad los materiales más usados son los termoplásticos y en algunos casos hules o gomas sintéticas . Para identificar a los materiales se usan claves , por ejemplo los termoplásticos se identifican con una "T", los hules con una "R" , el polietileno de cadena cruzada con una "X" etc. Cuando los conductores tienen cubierta de nylon se usan la "N" para identificarlos .

2. Temperatura máxima que soporta el aislamiento .

Los materiales aislantes utilizados tienen diferentes propiedades , unos soportan más temperatura que otros . Los materiales más usados en conductores para instalaciones eléctricas de baja tensión , se fabrican para tres temperaturas máximas de operación : 60 °C , 75°C y 90°C.

3. Tipo de lugar donde se pueden instalar .

Al instalar un conductor eléctrico , su aislamiento debe ser capaz de soportar , además de la temperatura de operación , las condiciones de humedad del local . Para las instalaciones eléctricas en interiores de baja tensión los reglamentos consideran tres tipos de locales :

- Locales secos .
- Locales húmedos .
- Locales mojados .

Como la condición más severa para el conductor es en los locales mojados , si soporta esta condición puede soportar las condiciones de los otros locales , por lo tanto la "W" , se interpreta en la práctica como : El conductor se puede usar en cualquier lugar . Si el conductor no trae impreso en su aislamiento la "W" , solo se puede instalar en locales secos .

4.1 CLASIFICACION DE CONDUCTORES CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO.

CUADRO 11

Tipo	Temp.de operación máxima °C	Descripción
TW	60	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad y a la propagación de incendio.
THW	75	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio .
THW-LS	75	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad, al calor a la propagación de incendio, de emisión reducida de humo y gas ácido .
THWN	75	Conductor con aislamiento de PVC y cubierta de nylon resistente a la humedad, al calor, y a la propagación de flama .
THHW	75/90	Conductor con aislamiento de PVC resistente a la humedad , al calor y a la propagación de incendio .
THHW-LS	75/90	Conductor con aislamiento PVC resistente a humedad , al calor y a la propagación de incendio , de emisión reducida de humos y de gas ácido .
THHN	90	Conductor con aislamiento de PVC y cubierta de nylon, para instalarse solo en seco . Resistente al calor y a la propagación de flama .

4.2 CLASIFICACION DE CONDUCTORES CON AISLAMIENTO TERMOFIJOS CUADRO 12

XHHW. 75/ 90 °C . Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP) , resistente a la presencia de agua y al calor .

XHHW-2. 90 °C . Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP) , resistente a la presencia de agua y al calor .

RHW. 75 °C. Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), a base de etilenopropileno (EP), o aislamiento combinado (de CP sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termofija o termoplástica .

RHW-2 90 °C. Conductor con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), a base de etilenopropileno (EP), o aislamiento combinado (de CP sobre EP) resistente a la presencia de agua y al calor. Los aislados con EP debén llevar cubierta termofija o termoplástica .

RHH. 90 °C. Conductores con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP), a base de etilenopropileno (EP), o aislamiento combinado (de Cp sobre EP) resistente al calor. Los aislados con EP deben llevar cubierta termofija o termoplástica .

Los tipos de conductores cubiertos en estas clasificaciones en los cuadros 11 y 12 pueden clasificarse como resistentes a la propagación de la flama, si cumplen con NOM O63 en el inciso 6.18.5.3.

Como los conductores para baja tensión se usan en interiores, los materiales aislantes usados en ellos deben ser no propagadores de fuego. El PVC es el material que mejor comportamiento tiene en este aspecto . Otro material usado es el polietileno de cadena cruzada . en los productos se usa el nylon como cubierta .

Las claves usadas para la identificación de los aislantes mas comúnmente usados .

4.3 DESCRIPCION DE LA NOMENCLATURA .

Los conductores aislados deben contener como mínimo la información que se indica a continuación sobre su aislamiento o cubierta protectora , secuencialmente en toda su longitud en forma legible y permanente a una distancia máxima sin marcar de 0.30 m.

Algunas claves o letras para identificar las propiedades y los tipos de aislante usados en conductores comerciales o de baja tensión .

CUADRO 13

CLAVE	MATERIAL
T	Material termoplástico, para usarse en locales secos temperatura máxima de operación 60 °C.
W	Material que se puede usar en lugares secos , húmedos o mojados.
H	Material que tiene una temperatura de operación de 75°C
HH	Material que tiene una temperatura de operación de 90°C.
D	Conductor dúplex.
R	Material aislante de hule de goma natural y otros materiales vulcanizables.
X	Material aislante en base de polietileno de cadena cruzada.
N	Para indicar cubiertas formadas en nylon.
LS	El material aislante produce baja emisión de humos en caso de incendio , estos son claros y no tóxicos.

A) PVC (Policloruro de vinilo).

Es un plástico que se obtiene a partir del petróleo. La resina de PVC. se puede trabajar para la fabricación de compuestos en varias durezas. Si se le somete a temperatura y presión sin plastificantes, se obtiene un compuesto muy rígido. Conforme se le aumenta la cantidad de

plastificantes se obtiene un compuesto más flexible. Este tipo de plástico se usa para conductores de baja tensión como aislante y como cubierta. Tiene buenas características mecánicas, químicas y eléctricas.

Comparativamente los cables fabricados con aislamiento de PVC tienen un precio muy atractivo. Cuando se quema el PVC no levanta flama y si se le quita la fuente de calor o flama se apaga solo o autoextingue. Esta característica puede aumentarse agregando algunos retardantes químicos a la formulación del compuesto .

B) POLIETILENO .

Es un material termoplástico con propiedades eléctricas excepcionales y muy baja permeabilidad a la humedad . Tiene una vida útil prácticamente ilimitada en interiores y puede usarse en exteriores sin problemas , agregándole negro de humo . El polietileno propaga el fuego , en la fabricación de conductores eléctricos se utilizan dos tipos :

-- Polietileno de alta densidad 0.96 gr. / cm.

Es un material rígido y duro tendiendo a ser quebradizo, se usa como aislante de algunos cables telefónicos y cables control .

-- Polietileno de baja densidad 0.91 gr. / cm .

Es un material resistente y relativamente flexible , se usa como cubierta de cables telefónicos .

C) NYLON .

Sus características fundamentales son su alta resistencia mecánica , su facilidad para poder extruirlo en capas muy finas , además de su acabado superficial sumamente liso o terso . Su principal aplicación es en cubiertas . El nylon es inflamable pero cuando se usa en capas delgadas sobre el aislamiento PVC el fuego se extingue y la flama no se propaga .

D) POLIETILENO DE CADENA CRUZADA.

Es un polietileno de baja densidad, que se somete a un proceso muy similar al de vulcanización del hule , con el cual sus moléculas se cruzan dando , un material con mejores características térmicas y mecánicas que el polietileno , y además conserva las buenas propiedades eléctricas de este . El XLP o polietileno de cadena cruzada pertenece al grupo de los termofijos es muy resistente a las temperaturas , a los esfuerzos mecánicos y a la abrasión , su aplicación fundamental es en cables de potencia . En baja tensión se usa en conductores especiales que pueden trabajar hasta a 90 °C .

F) EP .

Es un hule sintético a base de elastómero de etileno propileno , tiene alta resistencia al ozono , muy resistente al calor , a la intemperie , a los agentes químicos y a la abrasión , es muy flexible . Su aplicación principal , es en cables de potencia . En baja tensión se usa en conductores especiales que deban tener gran flexibilidad .

J) TPR .

Es un hule sintético (elastómero) tiene alta resistencia al ozono al calor a la intemperie , a los agentes químicos y sobre todo es muy flexible que sirve para alimentación de máquinas y aparatos eléctricos móviles.

4.4 TEMPERATURA DE OPERACION EN LOS AISLANTES .

La temperatura máxima de operación de un conductor es la máxima temperatura en cualquier punto a lo largo de su longitud , que el conductor puede soportar en un periodo de tiempo prolongado sin degradación del aislante . La capacidad para cada tipo y tamaño de conductor , está basada en una temperatura ambiente de 30 °C.

La cual esta reglamentada de acuerdo con la NOM 001 SEMP 1994 y National Electric Code de USA 1996 .

Los principales factores determinantes de la temperatura de operación son :

- 1.- La temperatura ambiente .
- 2.- El calor generado internamente en el conductor, como respuesta al paso de la corriente.
- 3.- La rapidez con que se disipa en el medio ambiente, el calor generado por el conductor.
- 4.- Los conductores adyacentes. Estos conductores presentan el doble efecto de incrementar la temperatura ambiente y dificultar la disipación del calor.

Al hablar de temperatura de operación de un conductor, es necesario ser mas específicos. Los conductores no se dañan inmediatamente al rebasar la temperatura máxima a la que están especificados.

El calor no perjudica al cobre , pero sí a su aislamiento . Si se recalienta el aislamiento , se afecta de varios modos que dependen del grado de temperatura y clase de aislamiento , algunos tipos se funden, otros se endurecen y otros arden , pero en todos los casos , cuando los aislantes se someten a temperaturas mayores a las normales , pierden sus propiedades , envejeciéndose prematuramente y ocasionando fallas y hasta incendios .

Esto significa que si un producto por ejemplo un TW se utiliza a 61°C centígrados , no se abrirá ni se fundirá su aislamiento , pero si se irá deteriorando y con el tiempo se reducirá su vida útil .

Usando el mismo ejemplo de un alambre TW que trabaje a 68°C centígrados en lugar de hacerlo a 60 centígrados , reducirá su vida útil de 30 años a 15 años .

Esto quiere decir que por cada 10 °C. Que se incrementa la temperatura de operación del conductor su vida útil se reduce 50% . Por esto es importante , que los conductores sólo transporten la corriente para la que fueron diseñados , ya que de otra forma , se tendrá que cambiar la instalación en poco tiempo .

En base a las normas nacionales e internacionales, se fabrican para tres temperaturas máximas de operación :

TEMPERATURA MAXIMA.	CLAVE
60 °C 75 °C 90 °C	NINGUNA H HH

4.5 FACTOR DE CORRECCION POR TEMPERATURA.

La capacidad de los conductores para transportar corriente está basada en una temperatura ambiente de 30 °C (ver hoja anexa de catálogo).

Como la temperatura de operación del conductor es el resultado de la temperatura ambiente , más el calor producido por la corriente que conduce , si la temperatura ambiente del local donde se instalarán es diferente a 30°C , la capacidad del conductor también será diferente. Así tendremos que para temperaturas menores a 30 °C el conductor puede conducir más corriente , mientras que a temperaturas mayores de 30°C su capacidad se deberá disminuir : En los dos casos la suma de la temperatura ambiente más la producida por la corriente no deberá ser superior a la temperatura de operación del conductor .

Para conocer el valor de la capacidad de los conductores a temperaturas diferentes a 30°C , se multiplica su valor en amperes a 30°C de la tabla de características generales , por el factor de corrección correspondiente a la temperatura en que operará el conductor .

4.6 FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO.

La máxima corriente admisible en un conductor se obtiene cuando se encuentra instalado al aire , debido a que el calor que produce en él se disipa rápidamente . Si el conductor va dentro de un ducto , la disipación de calor es más lenta , aumentando con esto su temperatura, además si está instalado junto con otros conductores , la temperatura en el interior del ducto aumenta y consecuentemente en los conductores es mayor , lo que hace que se tenga que disminuir su capacidad de conducción para no rebasar el valor de su temperatura de operación. La capacidad de conducción de los conductores se debe reducir conforme aumente el número de ellos dentro de un ducto , en la proporción dada por las tablas de los fabricantes y normalizada por NOM- 001-SEMP 1994.

FACTORES DE CORRECCION PARA TEMPERATURAS AMBIENTE DIFERENTES A 30°C.			FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO	
Temperatura ambiente °C	Locales mojados 75° C	Locales Secos 90° C	No. de conductores que llevan corriente	Factor de corrección por agrupamiento
21-25	1.05	1.04	4 a 6	0.80
26-30	1.00	1.00	7 a 9	0.70
31-35	0.94	0.96	10 a 20	0.50
36-40	0.88	0.91	21 a 30	0.45
41-45	0.82	0.87	31 a 40	0.40
46-50	0.75	0.82	41 y más	0.35

Cantidad de conductores admisibles en tubería " CONDUIT " XXXXXXXXXX

Calibre AWG	Diámetro nominal del tubo									
	13 mm (1/2")	19 mm (3/4")	25 mm (1")	32 mm (1 1/4")	38 mm (1 1/2")	51 mm (2")	64 mm (2 1/2")	76 mm (3")	89 mm (3 1/2")	102 mm (4")
14	9	15	25	44	60	99	142	-	-	-
12	7	12	19	35	47	78	111	171	-	-
10	5	9	15	26	36	60	85	131	176	-
8	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108
6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62
4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
1/0	-	1	1	2	3	5	8	12	16	21
2/0	-	1	1	1	3	5	7	10	14	18
3/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	15
4/0	-	-	1	1	1	3	5	7	10	13

REF. CATALOGO DE PRODUCTOS DE LATINCASA. PARA CABLES THW LS

**CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE EN AMPERES
PARA CABLES THW-LS / THHW-LS**

Calibre AWG o kCM	75°C Locales Mojados		90°C Locales Secos		Calibre AWG o kCM
	En ducto ⁽¹⁾	Al aire	En ducto ⁽²⁾	Al aire	
14 ⁽³⁾	20	30	25	35	14 ⁽³⁾
12 ⁽³⁾	25	35	30	40	12 ⁽³⁾
10 ⁽³⁾	35	50	40	55	10 ⁽³⁾
8	50	70	55	80	8
6	65	95	75	105	6
4	85	125	95	140	4
2	115	170	130	190	2
1/0	150	230	170	260	1/0
2/0	175	265	195	300	2/0
3/0	200	310	225	350	3/0
4/0	230	360	260	405	4/0
250	255	405	290	455	250
300	285	445	320	505	300
350	310	505	350	570	350
400	335	545	380	615	400
500	380	620	430	700	500
600	420	690	475	780	600
750	475	785	535	885	750
1000	545	935	615	1055	1000

1.- Capacidad de corriente de acuerdo con NOM-001-SEMP-1994 y National Electrical Code de USA 96, basadas en una temperatura ambiente de 30°C.

Para temperatura ambiente diferente a 30°C aplicar el factor de corrección correspondiente.

2.- Tres conductores máximo en tubería instalada ya sea visible, en trincheras ventiladas o embudadas en concreto o mampostería.

Para más de tres conductores por ducto, aplicar el factor de corrección por agrupamiento respectivo.

3.- La protección contra sobrecorriente para estos conductores no debe exceder de 15 A para el calibre 14 AWG, 20 A para el calibre 12 AWG y 30 A para el calibre 10 AWG.

Nota: Los calibres 20, 18 y 16 AWG no se pueden utilizar en instalaciones eléctricas de acuerdo con la NOM-001-SEMP-1994. Sin embargo en otras aplicaciones si es permitido su uso.

4.7 TIPO DE LUGAR DONDE PUEDE INSTALARSE EL CONDUCTOR

El aislamiento de los conductores debe ser capaz de soportar, además de la temperatura de operación , las condiciones de humedad del lugar donde estará instalado .

Las normas consideran tres tipos de lugares :

a)-Lugar seco.

Lugar que normalmente no está sometido a derrame o humedad . No se usa clave para identificarlo .

b)-Lugar húmedo .

Lugares con un grado moderado de humedad . No se usa clave para identificarlo .

c)-Lugar mojado .

Instalaciones bajo tierra , en losas o mampostería que estén en contacto directo con la tierra y lugares sometidos a saturación con agua u otros líquidos. La clave de identificación es " W" .

Como la condición más severa para el conductor es el lugar mojado, si soporta esta condición puede soportar los otros lugares, por lo tanto la "W" se interpreta como :

El conductor se puede usar en cualquier lugar .

La ausencia de "W" en la leyenda del conductor indica que éste solo puede usarse en lugares secos .

4.8 CORDONES Y CABLES FLEXIBLES .

Dentro de las instalaciones eléctricas , los conductores usados para la alimentación de maquinas y aparatos portátiles y semi-fijos deben ser muy flexibles para que soporten y faciliten su constante desplazamiento , inclusive se les considera como parte integrante de la máquina o aparato receptor . La flexibilidad de este tipo de conductores es mucho mayor que la de los alambres y cables del tipo construcción y esto se logra :

- a) Usando una gran cantidad de hilos en forma de bonches , para calibres pequeños y medianos.
- b) Usando bonches para formar cables flexibles , para calibres medianos y grandes .
- c) Utilizando como aislantes materiales muy flexibles .

Las aplicaciones en general de los cordones y cables flexibles son innumerables pero algunos de los casos mas representativos son :

- Conexión de aparatos , lámparas y receptores portátiles .
- Alumbrado de luminarios .
- Elevadores .
- Conexión de equipo estacionario a fin de facilitar su rápido cambio .
- Los casos en que se quiere impedir la transmisión de ruido y vibraciones .
- Facilitar la desconexión de aparatos para su mantenimiento .

En base a sus características de construcción y aplicación los podemos dividir en tres grupos :

1. - Cordones .
2. - Cordones o cables uso rudo .
3. - Cables flexibles .

1.- Cordones SPT (POT).

Como ya se mencionó , estos conductores son bonches de alambres de cobre suave , su aislamiento es de material termoplástico a base de policloruro de vinilo para instalaciones hasta de 300 volts. Normalmente se fabrican en tipo dúplex , esto es dos conductores paralelos aislados individualmente unidos por una membrana del mismo material aislante .

Su aplicación es de uso ligero , para alimentar lámparas de buró, radios ventiladores etc.

2.- Cordones o cables uso rudo ST-SO.

Son conductores flexibles formados por bonches de cobre suave , aislados individualmente con material termoplástico o termofijo .

Se fabrican para dos , tres y cuatro conductores y en voltajes de 300 y 600 volts.

SVO Cordón uso rudo con aislamiento y cubierta termofija resistente al aceite para operar a 300 V. Para aparatos electrodomésticos.

SJO Cordón uso rudo con aislamiento y cubierta termofija resistente al aceite para operar a 300 V. En aplicación general.

SO Cordón uso extra-rudo con aislamiento y cubierta termofija resistente al aceite para operar a 600 V. En aplicación general.

SVT Cordón uso rudo con aislamiento y cubierta termoplástica para operar a 300 V. En alimentación de aparatos electrodomésticos.

SJT Cordón uso rudo con aislamiento y cubierta termoplástica para operar a 300 V. En aplicación general.

ST Cordón uso extra-rudo con aislamiento y cubierta termoplástica para operar a 600 V.

4.9 CABLES PARA DISTRIBUCION

El conductor para distribución aérea y acometida a baja tensión , es el formado por un conductor desnudo o soporte y uno o varios conductores con asilamiento de polietileno negro de alta densidad , resistente a la intemperie , dispuestos helicoidalmente alrededor del conductor desnudo . Los conductores pueden ser de aluminio o de cobre . El conductor desnudo es llamado mensajero , además de ser soporte de los demás conductores , sirve de conductor neutro del circuito y es de aluminio duro o cobre semi-duro.

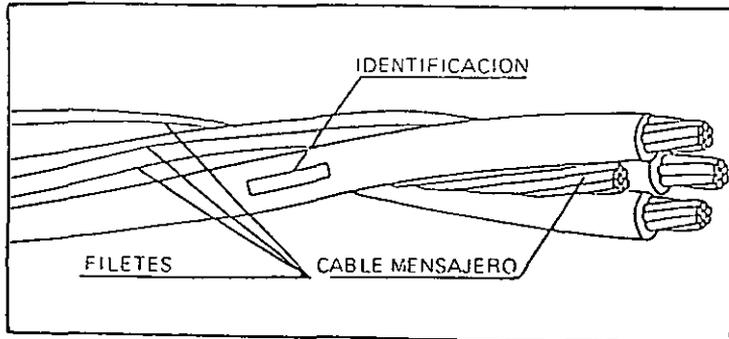
La construcción de los cables múltiples se fabrican en los siguientes tipos :

- a) Un conductor aislado más un conductor desnudo (1 + 1).
- b) Dos conductores aislados más un conductor desnudo (2 + 1).
- c) Tres conductores aislados más un conductor desnudo (3 + 1).

La identificación de los conductores es grabada en uno de los conductores aislados en toda su longitud conteniendo los datos del fabricante , el calibre y otras especificaciones que solicite el cliente.

Los otros conductores llevan a lo largo de forro uno o dos filetes .

Para este cable como su nombre lo indica , su aplicación es en líneas aéreas de distribución en baja tensión y en acometidas para los distintos tipos de servicio en monofásico a dos hilos , monofásico a tres hilos trifásico a tres hilos y trifásico a cuatro hilos .



La acometida la constituyen los conductores que unen la red de distribución del sistema de suministro , con el punto en que se conecta el servicio a la instalación del usuario.

La acometida aérea para servicios monofásicos a dos hilos puede ser de cualquiera de las dos formas siguientes :

a) Cuando la línea de distribución aérea es de conductores desnudos , la conexión de la acometida se hace frente al edificio que se va a alimentar y el conductor puede ser concéntrico tipo espiral , desde las líneas de distribución hasta el medidor , o bien conductor múltiple (1 + 1) de la línea de distribución de la entrada de la instalación y de ahí al medidor , cable concéntrico tipo espiral o sea , la parte aérea de la acometida es de conductor múltiple y la parte que va a estar alojada en ducto , dentro del edificio , es de cable concéntrico tipo espiral.

b) Cuando la línea de distribución aérea es de conductor múltiple la conexión de la acometida se hace desde el poste más próximo a la propiedad donde se entrega , los conductores que se usan son un múltiple (1 + 1) de la línea de distribución a la entrada del edificio y de ahí al medidor , un concéntrico tipo espiral.

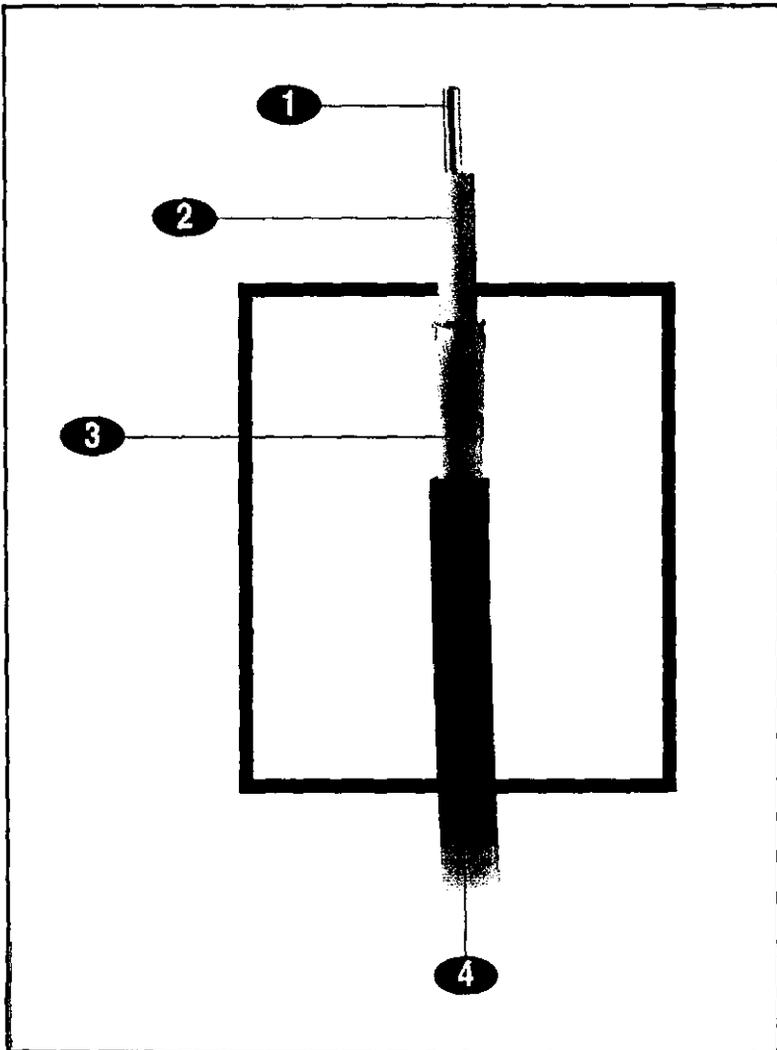
En su construcción el cable concéntrico para acometida , está formado por un conductor central aislado y sobre él , en forma de malla , va colocado el otro conductor del circuito.

El conductor central se fabrica en alambre de cobre suave para los calibres 10 y 12 AWG , o de cable del mismo material para los calibres 8 , 6 y 4 AWG . Su aislamiento es de PVC.

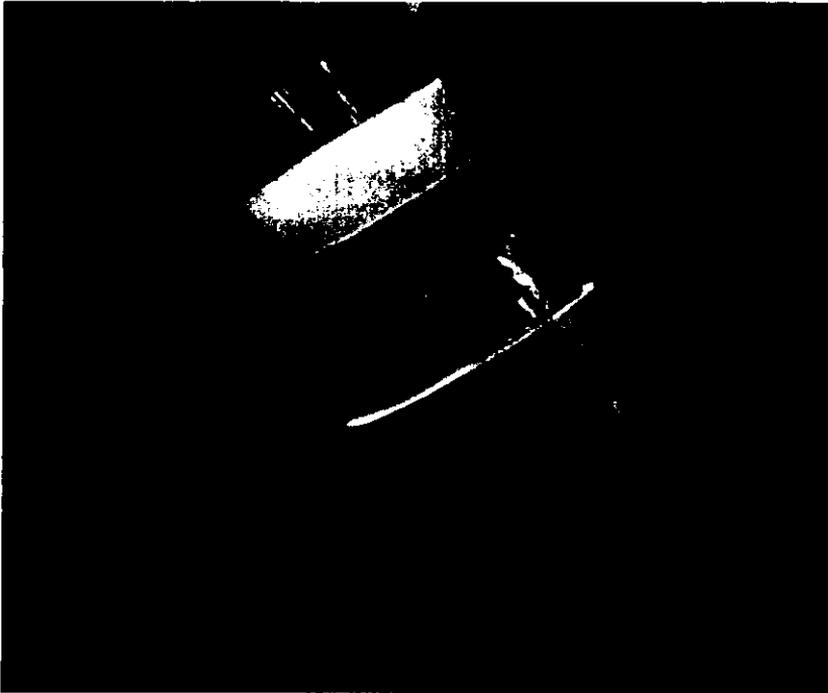
El conductor exterior es una malla de alambres de cobre suave y la cubierta exterior es de polietileno negro resistente a la intemperie.

CABLE CONCENTRICO ESPIRAL PARA ACOMETIDA

1. Alambre o cable de cobre (fase)
2. Aislamiento de PVC
3. Alambres de cobre (neutro)
4. Cubierta de polietileno



CONDUCTORES DE MEDIA Y ALTA TENSION



CAPITULO V

CONDUCTORES DE MEDIA Y ALTA TENSION.

5.0 ASPECTOS GENERALES.

La función primordial de un cable de energía aislado es la de transmitir energía eléctrica a una corriente y tensión preestablecidas muy elevadas .

Es por ello que sus elementos constitutivos primordiales deben de estar diseñados para soportar el efecto combinado producido por ambos parámetros , estos son :

A) El conductor, que como ya mencionamos es por el cual fluye la corriente y puede ser como se mencionó en cobre o aluminio.

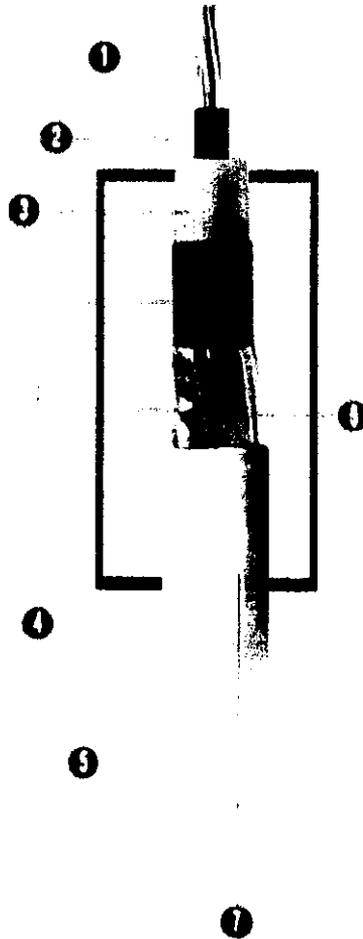
B) El aislamiento, que soporta la tensión aplicada.

C) La cubierta, que proporciona la protección contra el ataque del tiempo y los agentes externos.

D) Las pantallas, que es un elemento fundamental en la operación correcta de un cable de energía aislado, que como función principal, permiten una distribución de los esfuerzos eléctricos en el aislamiento.

Entre sus principales aplicaciones los encontramos en redes subterráneas, acometidas, alimentación en alta tensión en edificios, interconexión de generadores y transformadores en las centrales eléctricas.

CUADRO 15



- 1.- Cable de cobre.
- 2.- Pantalla semiconductor.
- 3.- Aislamiento de XLP o EPR.
- 4.- Pantalla semiconductor.
- 5.- Cinta separadora.
- 6.- Pantalla metálica (alambres de cobre)
- 7.- Cubierta de PVC:

5.1-MATERIALES DEL CONDUCTOR.

Los materiales conductores utilizados al igual que en baja tensión son el cobre y el aluminio, generalmente ,en forma de cables concéntricos compactos y en algunos casos de cables en forma sectorial .

Las características de los materiales del conductor así como los aspectos referente a su construcción, sistemas de calibración son similares a los conductores de baja tensión .

5.2 MATERIALES DEL AISLAMIENTO.

En los cables de potencia , el material aislante cumple básicamente con impedir que la corriente eléctrica abandone el conductor y absorber dentro de su masa al campo eléctrico.

El primer aspecto, es una función normal de cualquier aislante, pero en este caso, por ser alta tensión en la que opera, se requiere de materiales con altas propiedades dieléctricas, además de que deberán soportar las condiciones a que van a estar sujetos durante su operación y que por lo general son mas rigurosas que en los conductores de baja tensión.

Por lo que respecta a absorber dentro de su masa el campo eléctrico, es una condición inherente a la función de cualquier material aislante pero , como se ha comentado, por tratarse de alta tensión , los esfuerzos eléctricos a que va estar sometido el aislamiento debido al campo eléctrico , serán muy grandes .

Dada la diversidad de tipos de aislamiento que existen en la actualidad para cables de energía , es conveniente mencionarlos todos .

Los aislamientos se dividen en dos grupo :

1.- Aislamiento de papel Impregnado .

Ya se hizo mención del aislante tipo papel impregnado con resinas y aceites minerales. Era el único dieléctrico empleado en cables de potencia, actualmente tiene una competencia muy fuerte por parte de los nuevos materiales aislantes del tipo seco .

2.- Aislamiento del tipo seco .

Los aislamientos secos utilizados en cables de potencia están comprendidos dentro de dos grandes grupos :

Materiales plásticos y Materiales elastómeros.

Los materiales plásticos, de acuerdo a su comportamiento frente al calor, se dividen en termoplásticos y en termofijos. De los primeros, los materiales más representativos son el polietileno y el policloruro de vinilo (PVC), estos aislamientos tienen poca utilización en cables para alta tensión.

Los aislantes de tipo seco que más se utilizan en alta tensión son el polietileno de cadena cruzada (XLP) y el hule etileno propileno (EP).

El primero corresponde al grupo de los termofijos y el segundo a los elastómeros .

5.3 NIVEL DE AISLAMIENTO .

Una vez seleccionado el material apropiado para el aislamiento del cable, es necesario determinar el espesor de acuerdo con el fabricante, tomando como base la tensión de operación entre fases y las características del sistema , según la siguiente clasificación :

Categoría 1. Nivel 100 %.

Quedarán incluidos en esta clasificación los cables que se usen en sistemas protegidos con relevadores que liberen fallas a tierra lo más rápido posible , en un tiempo no mayor a un minuto .

Este nivel de aislamiento es aplicable a la mayoría de los sistemas con neutro a tierra y puede también aplicarse a otros sistemas donde se cumpla la desenergización completa de la sección que falló .

Categoría 2. Nivel 133 %.

Anteriormente en esta categoría se agrupaban los sistemas con neutro aislado . En la actualidad , se incluyen los cables destinados a instalaciones en donde las condiciones de tiempo de operación de las protecciones no cumplen con los requisitos del nivel 100%, pero que en cualquier caso , se libera la falla en no más de una hora .

El nivel 133% se podrá usar también en aquellas instalaciones donde se desee un espesor del aislamiento mayor al 100% .

Cuando se utilicen conductores en sistemas, donde el tiempo sea indefinido para desenergizar la sección que presenta la falla a tierra, se sugiere hablar con el fabricante para la correcta selección del aislamiento, asimismo la tensión a la que opera entre fases puede sobre pasar de la tensión nominal en un 5% durante operación continua , o de un 10% en un periodo no mayor de 15 minutos.

NMX J 142.

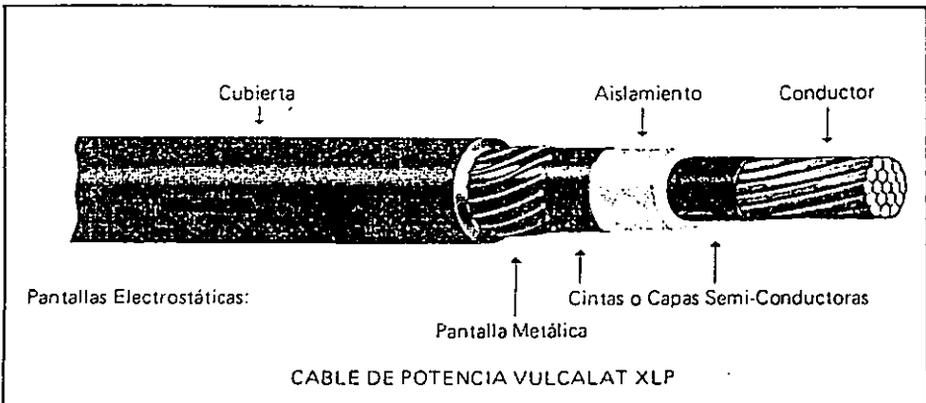
5.4-PANTALLAS ELECTROSTATICAS.

Cuando está en operación un cable de potencia , existe una diferencia de potencial entre él y la tierra o entre él y otros conductores .

Este diferencial de potencial da origen a que se establezca un campo eléctrico entre las partes antes mencionadas . El dieléctrico o aislante es el material que se encuentra entre las partes sujetas a diferencial de potencial y , por lo tanto , es quien soporta los esfuerzos eléctricos provocados por el campo eléctrico . Para que un aislamiento trabaje satisfactoriamente, se debe controlar que el campo eléctrico sea lo mas uniforme posible . Los elementos usados para controlar la uniformidad del campo dentro del aislamiento , son las pantallas electrostáticas . Una definición mas concreta y aceptada de la función de las pantallas es en los cables de media y alta potencia es:

Se aplican las pantallas eléctricas en los cables con el proposito de confinar en forma adecuada el campo eléctrico a la masa de aislamiento del mismo . Las pantallas usadas en la fabricación de los cables de energía tienen diferentes funciones , dependiendo del material y su localización pueden ser :

- Cinta semiconductora sobre el conductor .
- Pantallas sobre el aislamiento .



5.5 PANTALLA SEMICONDUCTORA SOBRE EL CONDUCTOR .

En cables con tensiones de 2KV y mayores se utilizan la pantalla semiconductora a base de cintas o extraída.

Los cables con aislamiento de papel impregnado son los que usan las cintas de papel Carbón Black , en cables con aislamiento sólido se utilizan pantallas extruídas sobre el conductor de material compatible con el utilizado en el aislamiento, de polietileno con contenido de negro de humo para cables con XLP y EP .

En el caso de los conductores cableados , si se coloca o extruye directamente sobre ellos el aislante , sin colocar una pantalla semiconductora se presentaran lo siguientes problemas :

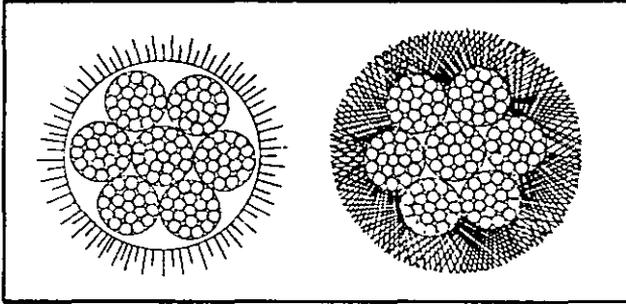
a) Una forma distorsionada del campo eléctrico, que provoca la concentración de esfuerzos eléctricos en el aislamiento que cubre los intersticios formados en la superficie del conductor. La concentración de esfuerzos , ocasiona que la parte del aislante que los recibe , trabaje mas y por tanto , éste expuesta a fallas (cuadro 16).

b) Como el aislante no penetra en todos los huecos que quedan en el conductor , en ellos queda aprisionado aire , mismo que al estar energizado el cable , se ioniza provocando descargas parciales que dañan lentamente al aislante (cuadro 17).

Para evitar estos problemas, se coloca primero sobre el conductor un material semiconductor, para darle forma perfectamente cilíndrica y eliminar los espacios vacíos entre el conductor y el aislamiento.

CUADRO 16

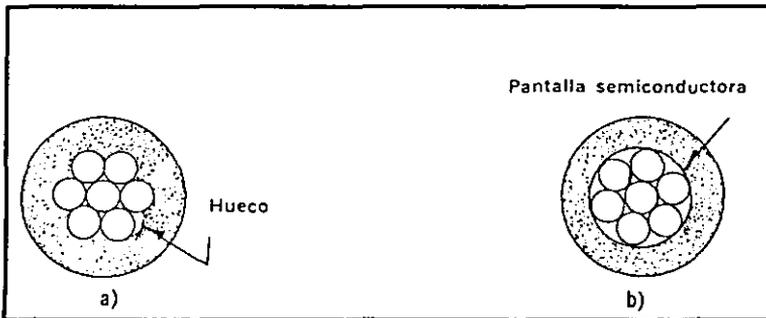
Concentración de esfuerzos eléctricos en los intersticios de un conductor .



CUADRO 17

Aislamiento directamente
extruído sobre el conductor.

Pantalla semiconductora



5.6- PANTALLAS SOBRE EL AISLAMIENTO .

La función principal de la pantallas sobre el aislamiento es , junto con la pantalla colocada sobre el conductor , obtener una distribución radial y uniforme del campo eléctrico .

En conductores de 5 KV y mayores se utilizan pantallas sobre el aislamiento que , a su vez se dividen en :

A -Pantalla semiconductor.

B -Pantalla metálica.

Los cables de energía bajo el potencial aplicado, quedan sometidos a esfuerzos eléctricos radiales , tangenciales y longitudinales .

Los esfuerzos radiales están siempre presentes en el aislamiento de los cables energizados . El aislamiento cumplirá su función en forma eficiente si el campo eléctrico se distribuye en forma uniforme . Una distribución no uniforme nos lleva a un incremento de esfuerzos en partes del cable, y a un acelerado deterioro.

Los esfuerzos tangenciales y longitudinales . Uno de los principios básicos de los campos eléctricos es que , al aplicar una tensión a dieléctricos colocados en serie , con diferente permitividad relativa, se dividirán en razón inversa las permitividades relativas de ambos materiales . En el caso de cables de energía desprovistos de pantalla , la cubierta y el medio que rodea al cable forman un dieléctrico en serie con el aislamiento. Una porción de la tensión aplicada se presentará en este dieléctrico , la cual será igual al potencial que se presentará en la superficie del aislamiento . Esta tensión superficial podría alcanzar el potencial del conductor si el dielectrico , cubierta y medio ambiente en conjunto es de gran magnitud , o podría alcanzar el del potencial de tierra, cuando la superficie del aislamiento esté cerca de secciones aterrizadas .

Las diferentes tensiones superficiales que se presentarían a lo largo del aislamiento incrementarían los esfuerzos tangenciales y longitudinales que afectan la operación de los cables.

Los esfuerzos tangenciales están asociados con campos radiales no simétricos y ocurren en cables multiconductores, cuando cada uno de los conductores no está apantallado, y en cualquier cable monopolar sin pantalla.

Los esfuerzos longitudinales no están necesariamente asociados con campos radiales asimétricos, y siempre lo están con la presencia de tensiones superficiales a lo largo del cable .

El contacto íntimo de la pantalla semiconductor con el aislamiento, la conexión física adecuada de la pantalla metálica a tierra y en general, la correcta aplicación de las pantallas sobre el aislamiento, aseguran la eliminación de esfuerzos longitudinales y tangenciales.

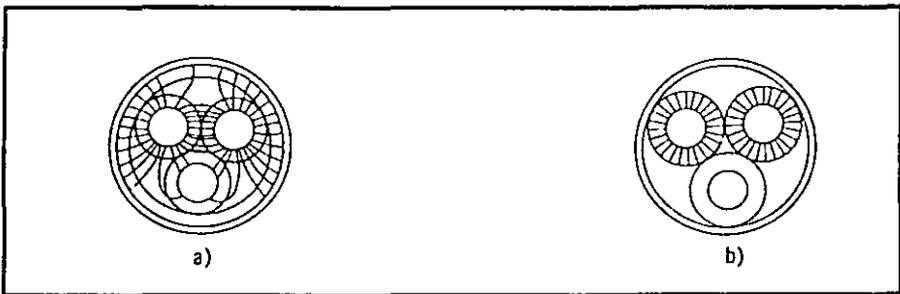
Por lo general, los cables que se instalan en ductos, o directamente enterrados, suelen pasar por secciones de terreno húmedo y seco o, por ductos de características eléctricas variables. Esto da como resultado una capacitancia a tierra variable y como consecuencia una impedancia no uniforme.

Cuando en el sistema se presentaran ondas de tensión debidas a descargas atmosféricas y operaciones de maniobra, se desplazan a través del cable generando reflexiones en los puntos de variación de impedancia , dando lugar a ondas de sobretensión que producirán fallas en el cable .

Al colocar las pantallas sobre el aislamiento, se tendrán ventajas en el cable :

- Presentar una impedancia uniforme, evitando reflexiones y eliminando la posibilidad de producir sobretensiones dañinas al aislamiento.
- Proveer al cable de la máxima capacitancia del conductor a tierra y, reducir así al mínimo las ondas de sobretensión.
- Absorber energía de las ondas de sobretensión , al inducir en la pantalla una corriente proporcional a la del conductor .
- Reducir el peligro de un choque eléctrico al personal y proveer un escape adecuado a tierra de las corrientes capacitivas .

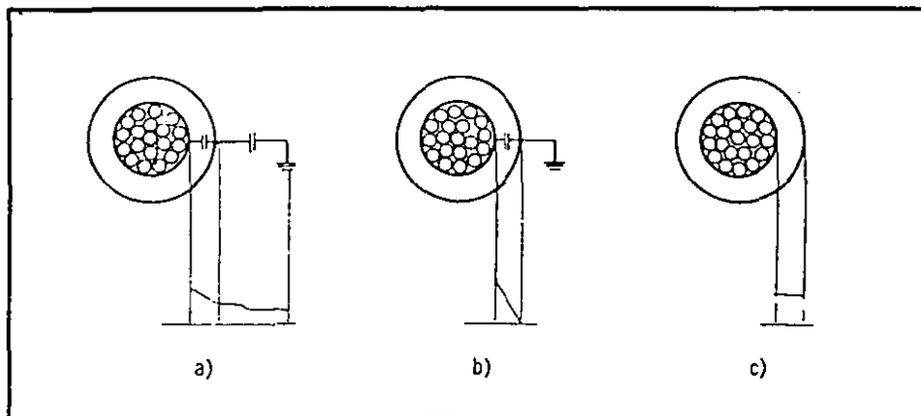
CUADRO 18



Cable sin pantalla.

Cable con pantalla.

CUADRO 19



Cable sin pantalla

Cable con pantalla
aterrizadaCable con pantalla
no aterrizada**A.- Pantalla semiconductor sobre el aislamiento .**

La pantalla semiconductor sobre el aislamiento se encuentra en contacto inmediato con éste .

Esta formada por un material semiconductor compatible con el material del aislamiento. En suma a las funciones descritas, esta pantalla asegura el contacto estrecho con el aislamiento, aún en el caso de movimiento de la pantalla metálica .

La pantalla semiconductor sobre el aislamiento para cables con aislamiento seco , puede estar constituida por una capa de material termoplástico o termofijo semiconductor o bien por cinta semiconductor , de un barniz semiconductor . Para cables aislados con papel impregnado en aceite , se emplean cintas de papel CB (carbón black) semiconductoras .

B.- Pantalla metálica .

La pantalla metálica puede constar de alambres , cintas planas o cintas corrugadas , o una combinación de alambres y cintas. En el caso de cables aislados con papel , la cubierta de plomo hace las veces de pantalla. El diseño de la pantalla metálica se debe efectuar de acuerdo con el propósito de diseño , que puede ser :

- 1-- Para propósitos electrostáticos.
- 2-- Para conducir corriente de falla.
- 3-- Como pantalla neutro.

A continuación se presentan las características de selección de acuerdo con cada propósito de diseño.

1.- Pantalla para propósitos electrostáticos. En general, estas pantallas deben ser de metales no magnéticos y pueden estar constituidas por cintas, alambres o bien pueden ser cubiertas metálicas de plomo o aluminio. Comúnmente las pantallas constituidas a base de cintas o de alambres, son de cobre normal , aunque en ambos casos pueden utilizarse cobre estañado. Las pantallas a base de alambres se utilizan donde pudieran surgir problemas graves de corrosión derivados de las condiciones de instalación .

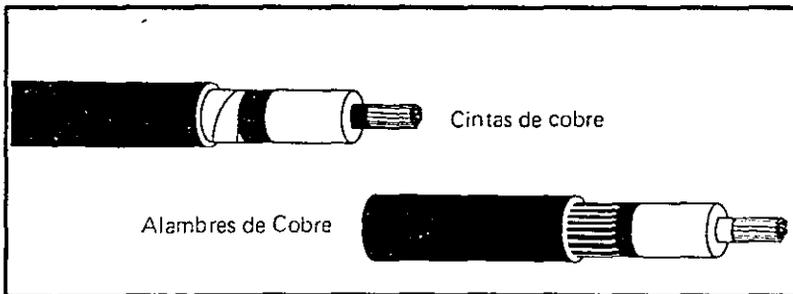
2.- Pantalla para conducir corriente de falla .

En la pantalla metálica se puede requerir una conductancia adicional para conducir corriente de falla , dependiendo de la instalación y características eléctricas del sistema , particularmente con relación al funcionamiento de dispositivos de protección por sobrecorriente, corriente prevista de falla fase a tierra y la manera en que el sistema puede ser aterrizado .

3.- Pantalla neutro .

Con las dimensiones apropiadas , las pantallas se pueden diseñar para que en adición a las funciones descritas , operen como neutro , por ejemplo sistemas residenciales subterráneos .

En lo referente a las pantallas metálicas se mencionó que podían ser cintas o alambres , hablando de esto tenemos varias características :



a) A base de cintas .

Es una pantalla electrostática adecuada que además reduce el paso de humedad hacia el aislante , sus características eléctricas pueden variar al alterarse el traslape de la cinta como consecuencia del manejo de cable durante su traslado e instalación , esto hace que se requiera mayor atención por parte del personal que lo maneje o instale .

Entre las desventajas que se pueden mencionar requiere de radios de curvatura más amplios y de mayor tiempo de instalación y habilidad para ejecutar adecuadamente los cortes en terminales y empalmes .

b) A base de alambres .

Un cable fabricado con esta pantalla es mas fácil de trabajar, transportar y es mas flexible que el que lleva pantallas de cintas .

Las características eléctricas de la pantalla no varían , son consistentes y controlables . No requiere de gran destreza para realizar cortes en empalmes y terminales . Tiene en su contra que permite el libre paso de la humedad . Como se mencionó , la pantalla sobre el conductor es necesaria en cables de 2KV y mayores pero en cambio no se requiere para tensiones menores . También se mencionó que los cables de 5KV y mayores requieren de pantallas sobre el aislamiento . Esto significa que dentro de los límites de 2KV a 5KV inclusive , se pueden descartar el uso de pantallas sobre al aislamiento , de aquí la necesidad de estudiar todas las posibilidades .

Es obvio que un cable con pantalla , instalado en forma apropiada , ofrece las condiciones óptimas de seguridad y confiabilidad, sin embargo , un cable con pantalla es más costoso y más difícil de procurar e instalar .

A continuación se resumen las recomendaciones de aplicación en que se deberá usar o prescindir de las pantallas de acuerdo con las normas ICEA .

Las pantallas sobre aislamiento deben ser consideradas para cables de energía diseñados para 5000 volts o más cuando exista cualquiera de las siguientes condiciones :

- Conexiones a líneas aéreas .
- Transición a ambientes de diferente conductancia .
- Transición de terreno húmedo a seco .

- Terrenos secos de tipo desértico .
- Conduits anegados o húmedos .
- Cuando se utilicen compuestos para facilitar el jalado de los cables .
- Cuando se depositen con facilidad materiales conductores en la superficie del cable tales como hollín, sales etc, en la superficie del conductor .
- Cuando pudieran presentarse problemas de radiointerferencia .
- Cuando se involucre la seguridad del personal .

Existen situaciones donde se debe considerar el uso de cables sin pantalla , ya que crea graves situaciones de peligro .

- Cuando las pantallas no se pueden aterrizar adecuadamente .
- Cuando el espacio es inadecuado para terminar correctamente la pantalla .

- En cables monopolares :

- a) Cuando se tienen cables sin empalmes en tubo conduit metálico aéreo, en interiores y en lugares secos .
- b) Instalados sobre aisladores en ambientes no contaminados .
- c) Cables aislados en instalaciones aéreas sujetas a un mensajero aterrizado .

- En cables triplex :

- a) Instalados en tubo conduit aéreo o charolas, en interiores y lugares secos.
- b) Cables aislados en instalaciones aéreas sujetas a un mensajero aterrizado.

5.7 CONEXION A TIERRA Y TERMINACION DE LAS PANTALLAS

En todas las terminales de los cables , se deben remover las pantallas completamente y sustituir por un cono de alivio de esfuerzos adecuado. Si las pantallas no se retiran , se presentarán arqueos superficiales del conductor a los puntos de menor potencial , carbonización a lo largo de la pantalla y deterioro del aislamiento .

El cono de alivio es importante, ya que siempre se forma un área de esfuerzos concentrados al final de la pantalla aterrizada .

La pantalla metálica debe operar todo el tiempo cerca del cono, o al potencial de tierra. La pantalla que no tiene la conexión a tierra adecuada es más peligrosa que sin pantalla , desde el punto de vista seguridad .

Además del peligro para el personal , una pantalla "flotante" puede ocasionar daños al cable . Si el potencial de dicha pantalla es tal que perfore la cubierta , la descarga resultante producirá calor y quemaduras al cable . Las pantallas deben conectarse perfectamente en dos o más puntos . En caso de ser conectadas en un solo punto , deberán tomarse precauciones especiales .

Se recomienda aterrizzar la pantalla en ambas terminales y en todos los empalmes . Con una mayor frecuencia de conexiones a tierra se reduce la posibilidad de secciones de pantalla " flotante " , y aumenta la probabilidad de una adecuada conexión a tierra de todo el cable instalado .

5.8 CUBIERTAS EN UN CONDUCTOR DE MEDIA Y ALTA TENSION.

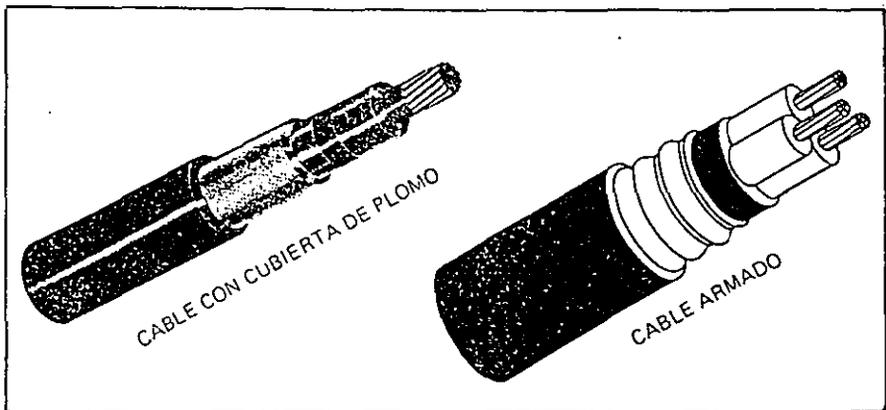
Con el fin de proteger al cable contra daños mecánicos que pueden sufrir tanto en su transporte o instalación así como durante su operación además de los efectos del medio ambiente , se le coloca una o más cubiertas protectoras que pueden ser de cualquiera de los siguiente tipos :

a) Cubiertas metálicas .

En los cables aislados con papel impregnado o en aquellos que van a estar instalados en lugares con bastante humedad, se usa como cubierta hermética un metal blando que forma sobre el cable un tubo continuo.

Los materiales más usados son el plomo , aleaciones a base de plomo y en algunos casos aluminio .

Cuando se necesita proteger al cable contra acciones mecánicas muy severas, se usará una cubierta a base de cintas de acero , recibiendo en este caso el nombre de "cable armado".



b) Cubiertas no metálicas.

Son cubiertas de materiales textiles, elastómeros y plásticos, destinadas a proteger al cable de riesgos mecánicos no muy severos y de la acción de los agentes químicos existentes en el medio ambiente en que se encontrará instalado. Además en el caso de los cables con cubierta metálica, se instala para proteger al metal de oxidación y corrosiones . Los materiales más empleados en estas cubiertas del tipo textil son una combinación de yute impregnado en asfalto y recubrimiento con un baño final de cal y talco, con el fin de evitar que se adhieran las capas adyacentes.

En el caso del tipo de cubiertas elastoméricas se usa básicamente , el neopreno (policloropreno) y el hypalon (polietileno clorosulfonado).

Para cubiertas plásticas las más usadas son las fabricadas con PVC (policloruro de vinilo) y polietileno de alta y baja densidad .

Para definir los límites de aplicación de los materiales de cubiertas o sus combinaciones , es necesario conocer las exigencias a que pueden quedar expuestos los cables de energía , por el medio ambiente , y por la de necesidades que se pueden dividir de la siguiente manera :

- Térmicas . La temperatura de operación en la cubierta es de vital importancia , al igual que en la de los aislamientos. Sobrepasar los límites establecidos conduce a una degradación prematura de las cubiertas .
- Químicas . Los componentes de los cables son compuestos o mezclas químicas, cuya resistencia se ve afectada con ciertos elementos del medio donde se instalan , dicha resistencia es previsible y muy importante de considerar para la selección del material de la cubierta.

- Mecánicas . Los daños mecánicos a que pueden estar sujetos los cables de energía en instalaciones fijas, derivados de su manejo en el transporte e instalación , en donde pueden ser radios de curvatura pequeños , tensión excesiva , compresión , cortes abrasión y otros más, que reducen la vida del cable completo .

5.9 CONDUCTORES DESNUDOS PARA MEDIA Y ALTA POTENCIA

Se describieron los conductores con aislamiento para capacidades de 5 KV, 15 KV , 25 KV etc, pero existen también cables para la conducción de energía eléctrica en forma de desnudos , esto quiere decir que carecen de algún tipo de aislamiento en su conductor .

La función de los conductores del tipo desnudo para transmisión y subtransmisión de energía , en alta tensión se utilizan líneas aéreas construidas con cables de cobre o aluminio desnudos , estos últimos pueden ser con o sin refuerzo de acero , dependiendo de las distancias entre los puntos de conexión .

Así tendremos que en los conductores desnudos contamos :

- 1 Alambres y cables de cobre desnudo.
2. Alambres y cables de aluminio tipo AAC
3. Cables de aluminio con refuerzo de acero galvanizado (ACSR).
4. Cables de aluminio con refuerzo de acero con recubrimiento de aluminio (ACSR-AW).

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

1. Alambres y cables de cobre desnudo.

Se fabrican en una variedad de calibres para alambres y cables en cobre electrolítico de alta pureza , con temple suave , semiduro y duro . Entre sus principales aplicaciones se usa en líneas de transmisión y distribución , como hilo de guarda en las líneas , como neutro en sistemas eléctricos , para sistemas de tierra .

Características mecánicas y eléctricas.

Designación del Conductor Calibre AWG o kCM	Sección Transversal nominal mm ²	Diámetro del Conductor nominal mm	No. de Alambres del Conductor (clase B)	Peso aproximado kg/km	SUAVE		SEMIDURO			DURO	
					Carga de ruptura aproximada kgf	Resistencia c.d. a 20°C nominal Ω/km	Carga de ruptura mínima kgf	Carga de ruptura máxima kgf	Resistencia c.d. a 20°C nominal Ω/km	Carga de ruptura mínima kgf	Resistencia c.d. a 20°C nominal Ω/km
ALAMBRES											
20	0.5191	0.813	1	4.615	14	33.2	--	--	--	--	--
18	0.8235	1.024	1	7.321	22	20.9	31	35	21.7	39	21.8
16	1.307	1.290	1	11.62	35	13.2	48	55	13.6	61	13.7
14	2.082	1.628	1	18.51	55	8.28	76	86	8.57	97	8.61
12	3.307	2.052	1	29.40	88	5.21	119	135	5.39	153	5.42
10	5.260	2.588	1	46.76	139	3.28	186	212	3.39	240	3.41
8	8.367	3.264	1	74.38	201	2.06	292	333	2.13	375	2.14
CABLES											
14	2.082	1.85	7	18.88	55	8.45	--	--	--	--	--
12	3.307	2.33	7	29.99	88	5.32	--	--	--	--	--
10	5.260	2.93	7	47.70	139	3.34	--	--	--	--	--
8	8.367	3.70	7	75.87	222	2.10	--	--	--	--	--
6	13.30	4.67	7	120.6	352	1.32	434	548	1.37	556	1.38
4	21.15	5.88	7	191.8	560	0.832	683	863	0.861	879	0.865
2	33.62	7.42	7	304.9	891	0.523	1,071	1,355	0.541	1,380	0.544
1/0	53.48	9.47	19	485.0	1,418	0.329	1,728	2,182	0.340	2,223	0.342
2/0	67.43	10.63	19	611.4	1,788	0.261	2,161	2,732	0.270	2,792	0.271
3/0	85.01	11.94	19	770.9	2,254	0.207	2,709	3,427	0.214	3,520	0.215
4/0	107.2	13.40	19	972.1	2,572	0.164	3,395	4,298	0.170	4,360	0.171
250	126.7	14.62	37	1,149	3,359	0.139	4,059	5,131	0.144	5,245	0.144
300	152.0	16.01	37	1,378	4,029	0.116	4,870	6,156	0.120	6,293	0.120
350	177.3	17.29	37	1,608	4,700	0.0992	5,648	7,145	0.103	7,276	0.103
400	202.7	18.49	37	1,838	4,865	0.0868	6,421	8,128	0.0898	8,318	0.0903
500	253.4	20.67	37	2,298	6,082	0.0694	7,960	10,086	0.0718	10,217	0.0722
600	304.0	22.67	61	2,757	8,059	0.0579	9,685	12,251	0.0599	12,476	0.0602
750	380.0	25.34	61	3,446	9,118	0.0463	12,036	15,235	0.0479	15,455	0.0481
1000	506.7	29.27	61	4,595	12,160	0.0347	15,914	20,165	0.0359	20,429	0.0361

2. Alambres y cables de aluminio tipo AAC(All aluminum Conductor).
 Se designan a estos cables AAC para describir un alambre o cable todo formado en aluminio , en temple duro o suave en capas concéntricas. Sus aplicaciones para alambres con temple duro , son en líneas aéreas cortas y de baja tensión . Los alambres con temple suave son utilizados en amarres de alambres o cables a los aisladores.

Cables de aluminio tipo AAC

Calibre AWG O kCM	Designación	Área de la sección transversal nominal mm ²	Clase de cableado	Número de alambres	Diámetro nominal		Peso aproximado kg/km	Carga de ruptura kN
					Alambres mm	Cable mm		
6	Peachbell	13.30	A	7	1.55	4.67	37	2.53
4	Rose	21.15	A	7	1.96	5.89	58	3.91
2	Iris	33.82	A, AA	7	2.47	7.42	93	5.99
1	Pansy	42.41	A, AA	7	2.78	8.33	117	7.30
1/0	Poppy	53.48	A, AA	7	3.12	9.35	147	8.84
2/0	Aster	67.43	A, AA	7	3.50	10.52	186	11.1
3/0	Phlox	85.01	A, AA	7	3.93	11.79	234	13.5
4/0	Oxtip	107.2	A, AA	7	4.42	13.28	296	17.0
266.8	Daisy	135.2	A, AA	7	4.96	14.88	373	21.4
266.8	Laurel	135.2	A	19	3.01	15.06	373	22.1
336.4	Tulip	170.5	A	19	3.38	16.92	470	27.3
397.5	Cenna	201.4	A, AA	19	3.68	18.39	555	31.6
477	Cosmos	241.7	AA	19	4.03	20.14	666	37.0
556.5	Dahlia	282.0	AA	19	4.35	21.74	777	43.3
636	Orchid	322.3	A, AA	37	3.33	23.31	889	50.4
715.5	Violet	362.6	AA	37	3.53	24.74	1,000	56.7
795	Arbutus	402.8	AA	37	3.72	26.06	1,111	61.8



1 Alambre de aluminio.

2 Cable de aluminio.

REF. CATALOGO DE PRODUCTOS LATINCASA

3. Cables de aluminio con refuerzo de acero galvanizado (ACSR).

Los cables tipo ACSR se forman de alambres de aluminio de alta pureza en temple duro , colocados en capas concéntricas sobre un alambre o núcleo de alambres de acero galvanizado. Este núcleo colocado al centro , es el que provee la rigidez mecánica que necesita sin sacrificar la capacidad en el cable. Sus ventajas son obtener claros o distancias mayores lo cual redunda en ahorro de estructuras para colocarlo , su principal uso es en líneas aéreas .

Cable AWG o kCM	Designación	Área de la sección transversal mm ²	Alambres de aluminio		Núcleo de acero		Carga de ruptura kN	Dímetro exterior del cable mm	Peso aproximado kg/km
			Número de alambres	Dímetro nominal mm	Número de alambres	Dímetro nominal mm			
6	Turkey	13.30	6	1.68	1	1.68	5.3	5.0	54
4	Swan	21.15	6	2.12	1	2.12	8.3	6.4	86
3	Swallow	26.67	6	2.38	1	2.38	10.2	7.1	108
2	Sparrow	33.62	6	2.67	1	2.67	12.7	8.0	138
1	Robin	42.41	6	3.00	1	3.00	15.9	9.0	171
1/0	Raven	53.48	6	3.37	1	3.37	19.5	10.1	216
2/0	Quail	67.43	6	3.78	1	3.78	23.5	11.3	272
3/0	Pigeon	85.01	6	4.25	1	4.25	29.4	12.8	344
4/0	Penguin	107.2	6	4.77	1	4.77	37.0	14.3	433
266.8	Partridge	135.2	26	2.57	7	2.00	50.2	16.3	545
336.4	Linnet	170.5	26	2.89	7	2.25	63.0	18.3	690
336.4	Oriole	170.5	30	2.69	7	2.69	77.3	18.8	785
397.5	Ibis	201.4	26	3.14	7	2.44	72.6	19.9	813
397.5	Lark	201.4	30	2.92	7	2.92	90.7	20.4	924
477	Hawk	241.7	26	3.44	7	2.67	86.5	21.8	976
477	Hen	241.7	30	3.20	7	3.20	105.4	22.4	1110
556.5	Dove	282.0	26	3.72	7	2.89	101.2	23.6	1142
556.5	Eagle	282.0	30	3.46	7	3.48	123.1	24.2	1298
636	Grosbeak	322.3	26	3.97	7	3.09	112.2	25.2	1302
715.5	Starling	362.5	26	4.21	7	3.28	126.4	26.7	1465
795	Drake	402.8	26	4.44	7	3.45	140.1	28.1	1628
795	Condor	402.8	54	3.08	7	3.08	126.6	27.7	1522
900	Canary	458.0	54	3.28	7	3.28	141.4	29.5	1728
954	Rail	483.4	45	3.70	7	2.47	116.5	29.6	1603
1113	Bluejay	564.0	45	4.00	7	2.66	133.2	32.0	1871

1 Núcleo de acero galvanizado.

2 Alambres de aluminio.

REF. CATALOGO DE PRODUCTOS LATINCASA



4. Cables de aluminio con refuerzo de acero con recubrimiento de aluminio (ACSR-AW).

Los cables tipo ACSR-AW se forman de alambres de aluminio de alta pureza en temple duro , colocados en capas concéntricas sobre un alambre o núcleo de alambres de acero recubierto de aluminio .

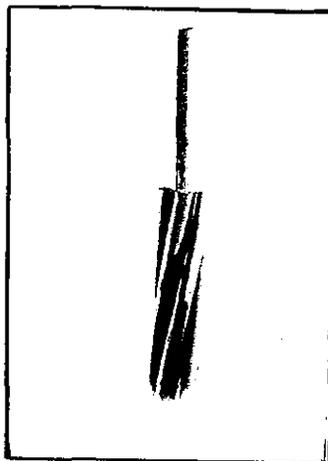
Sus principales aplicaciones son líneas aéreas de transmisión y distribución en zonas costeras , industriales o contaminadas donde se requiere gran resistencia a la corrosión que el ACSR no ofrece .

Cables de aluminio tipo ACSR-AW

Calibre AWG o KCM	Designación	Número de alambres		Diámetro nominal		Peso aproximado kg/tm	Carga de ruptura kN
		Aluminio	Acero	Núcleo mm	Cable mm		
4	Swan AW	6	1	2.1	6.4	81	7.9
2	Sparrow AW	6	1	2.7	8.0	129	12.3
1/0	Raven AW	6	1	3.4	10.1	205	18.9
3/0	Pigeon AW	6	1	4.0	12.8	325	28.0
4/0	Penguin AW	6	1	4.8	14.3	410	34.2
266.8	Partridge AW	26	7	6.0	16.3	517	48.0
336.4	Linnnet AW	26	7	6.7	18.3	653	60.0
477	Fucker AW	24	7	7.2	21.5	872	74.3
477	Hawk AW	26	7	8.0	21.8	925	84.3
636	Egret AW	30	19	11.1	25.9	1,375	133.0
795	Drake AW	26	7	10.4	28.1	1,542	136.0
900	Canary AW	54	7	9.8	29.3	1,644	138.0
1113	Bluejay AW	45	7	8.0	32.0	1,812	130.0

- 1 Núcleo de alambres de acero recubierto de aluminio.
- 2 Conductor formado por alambres de aluminio en capas concéntricas .

REF. CATALOGO DE PRODUCTOS LATINCASA



CAPITULO VI

APLICACIONES DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS

6.0 ASPECTOS GENERALES.

Se describirán las características generales de los diferentes tipos de instalaciones eléctricas, del tipo de utilización y las partes constructivas. Se mostrarán e identificarán los diagramas típicos usados en instalaciones eléctricas, los diferentes tipos de instalación , los diferentes sistemas de alimentación de energía eléctrica . Así como los símbolos usados para representar los elementos de una instalación eléctrica. Del principio de que toda la energía se transforma pasando de una forma a otra y que el hombre en su afán por mejorar su entorno y su medio de vida , toma de la naturaleza los recursos naturales para poder obtener de ahí energía utilizable. Destacan las fuentes de energía primaria , que existen en las corrientes de agua , en el carbón, en el petróleo , en las reacciones químicas y nucleares , en el viento , en el calor solar .

Estas fuentes de energía constituyen en la actualidad, la base para la producción de un país , así como de la generación su riqueza con el fin de lograr su desarrollo.

Para poder aprovechar la energía eléctrica es necesario :

- Generarla a partir de las fuentes de energía primarias .
- Transmitirla a los centros de consumo , distribuirla dentro de ellos y por último utilizarla .

Para desarrollar cada una de las fases anteriores, se requieren de diversos equipos y componentes , mismos que llamaremos Instalaciones y que dentro de una clasificación general serán las que a continuación se describen .

6.1 INSTALACIONES DE GENERACION .

Es el conjunto de dispositivos necesarios para producir la energía eléctrica a partir de una fuente primaria de energía , estas instalaciones, que también las conocemos con el nombre de centrales eléctricas, pueden ser de dos tipos :

a) Centrales térmicas o Termoeléctricas.

Donde la energía eléctrica se produce a partir de la energía liberada en la combustión del carbón o de algún derivado del petróleo.

La energía primaria se puede obtener también de la fisión nuclear, como el caso de las centrales a las cuales se les llama núcleo eléctricas.

Dentro de este grupo se incluyen las geotérmicas , que utilizan vapor proveniente del subsuelo como fuente primaria .

b) Centrales hidráulicas o hidroeléctricas.

Que son las que producen la energía eléctrica a partir de la energía existente en un caudal o de una caída de agua.

Actualmente las centrales eléctricas generan la energía en forma de corriente alterna a un voltaje de 13.8 a 20 KV a una frecuencia de 60 ciclos.

6.2 INSTALACIONES DE TRANSFORMACION O SUBESTACIONES.

La utilización de los transformadores eléctricos permite el poder elevar o reducir el valor del voltaje y de la corriente del circuito donde se incluyan. Si se eleva el valor del voltaje, la corriente disminuirá en la misma proporción en que se elevó el voltaje. De la misma manera, si el voltaje se reduce, el valor de la corriente aumenta, de tal manera que siempre, el producto de la corriente multiplicada por el voltaje sea el mismo (potencia eléctrica) .

La energía producida en una central se tiene que transportar hasta el centro de consumo, para hacerlo con buen rendimiento económico, se eleva el voltaje a valores muy grandes como de 110, 220 ó 440 KV. Para que la corriente que se transmita tenga un valor relativamente pequeño, con lo que se conseguirá que las pérdidas por caída de tensión sean moderadas y que el grueso del conductor no sea demasiado grande, logrando además, reducir las dimensiones de las estructuras que los soportan.

En los centros de consumo, al final de las líneas de transmisión, el valor del voltaje se debe reducir, primero al valor de sub-transmisión y después al de distribución en alta tensión, por último al de distribución en baja tensión 220 y 110 volts.

El conjunto de dispositivos necesarios para elevar el valor del voltaje recibe el nombre de subestación elevadora.

Así mismo a la instalación donde se reduce el valor del voltaje se llama subestación reductora.

6.3 INSTALACIONES DE TRANSMISION.

El propósito principal de este tipo de instalaciones consiste en transportar la energía generada en las centrales eléctricas a los centros de consumo, así como interconectar en algunos casos , dichas centrales entre sí .

Estas instalaciones que también se les llama líneas de transmisión , se caracterizan por la gran longitud que tienen , debido que normalmente, las fuentes de energía primaria, están muy alejadas de las ciudades.

Se caracterizan también por sus voltajes elevados de 110, 220 ó 440 volts y sus grandes estructuras o torres. Los conductores usados son cables desnudos de aluminio y en algunos casos cables de cobre .

6.4 INSTALACIONES DE SUB- TRANSMISION.

Son líneas aéreas que sirven para interconectar las diferentes subestaciones reductoras a partir de las cuales saldrán las líneas de distribución. Los voltajes de subtransmisión pueden ser de 110, 86, 66 ó 33 KV. Constructivamente son similares a las líneas de transmisión pero de corta longitud.

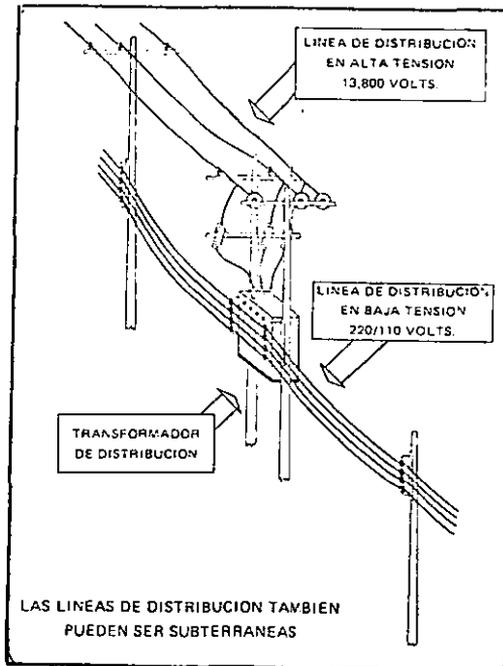
6.5 INSTALACIONES DE DISTRIBUCION.

También conocida como líneas de distribución constituyen la primera de las etapas en donde es posible hacer uso de la energía eléctrica, de acuerdo a su voltaje de operación se clasifican en :

a) Líneas de distribución de alta tensión. Se utilizan para abastecer a grandes consumidores como lo son la mayoría de las industrias,

centros comerciales , grandes edificios etc. También a partir de ellas se alimentan las líneas de distribución en baja tensión a través de los transformadores de distribución. El voltaje de operación de estas líneas es de 13.8 KV y en algunos de los casos de 23 KV.

b) Líneas de distribución en baja tensión. Son las instalaciones usadas para suministrar energía eléctrica a los consumidores menores tales como pequeñas industrias , talleres , comercios , escuelas y en general la mayoría de los servicios domésticos. Su voltaje de operación es de 220 y 110 volts.



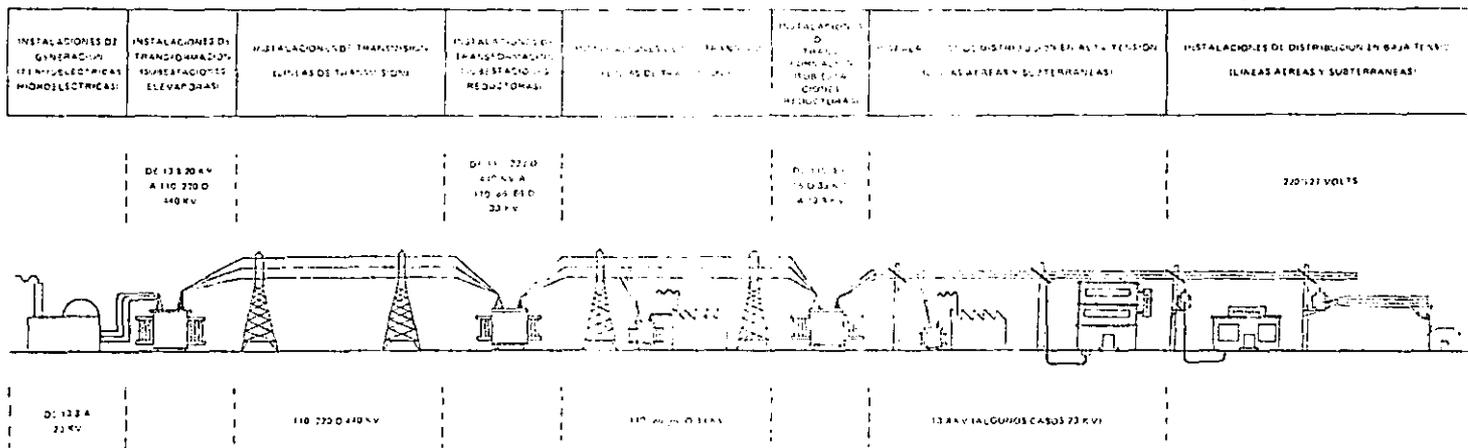
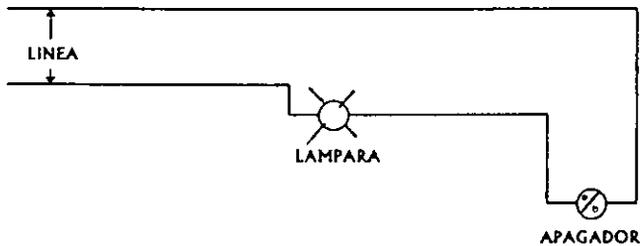


DIAGRAMA TÍPICO DE UN CABLEADO DESDE LA GENERACION HASTA EL USUARIO

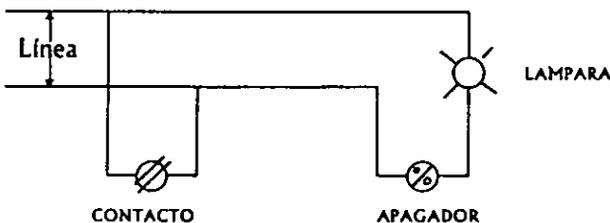
6.6 CONEXIONES TÍPICAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

Una instalación eléctrica , independientemente de su tamaño o complejidad , podemos considerarla para fines de conexiones eléctricas como un conjunto de pequeñas instalaciones , siendo cada una de estas, lo suficiente para conectar a partir de una línea de alimentación general , cada uno de los receptores , o cada uno de los elementos que conforman el circuito . Así , si analizamos cualquier instalación, vemos que existen generalmente las mismas cargas y por lo tanto , la misma manera de conectarlas . A continuación se muestran los diagramas de las conexiones de los receptores más comúnmente usados en las instalaciones eléctricas.

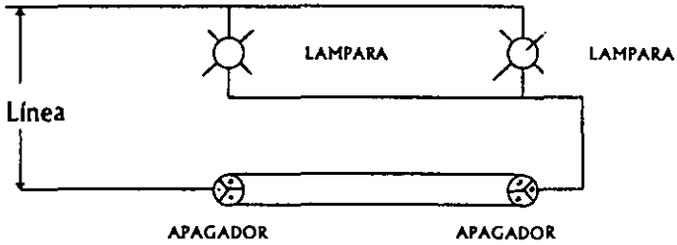
1.- Una lámpara controlada con un apagador sencillo.



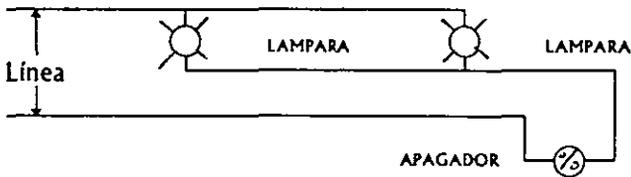
2.- Una lámpara controlada con un apagador sencillo y un contacto .



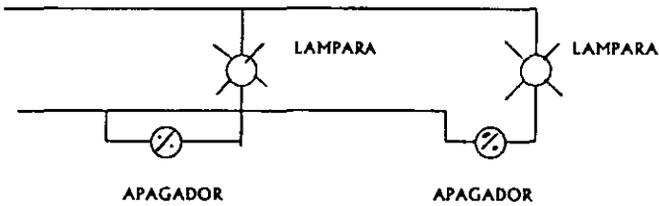
3.- Dos lámparas controladas por dos apagadores de tres vías o de escalera .



4.- Dos lámparas controladas por un apagador sencillo.



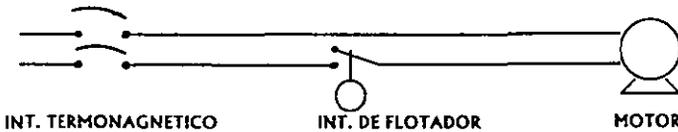
5.- Dos lámparas controladas cada una por un apagador sencillo.



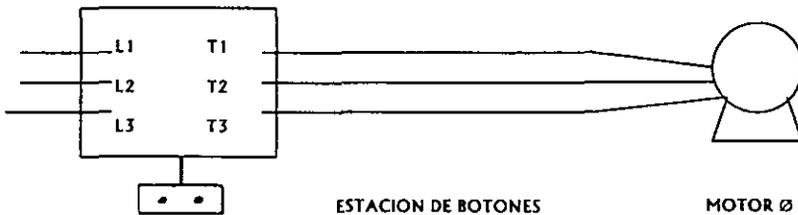
6.- Un motor monofásico controlado y protegido por un interruptor.



7. Un motor monofásico controlado y protegido con un interruptor magnético y arranque y paro automático mediante un interruptor de flotador.



8.- Un motor trifásico con arrancador magnético accionado por una estación de botones.



6.7 SISTEMAS DE ALIMENTACION DE ENERGIA ELECTRICA.

La energía eléctrica se entrega a los usuarios a partir de las líneas de distribución, en alta tensión de 13.8 KV o en baja tensión de 220/ 110 Volts. En alta tensión el servicio de suministro es en forma trifásica a tres hilos, con los que se alimenta al transformador de la subestación. En baja tensión existen cuatro formas de suministro de energía eléctrica, de acuerdo al tipo y capacidad de las instalaciones.

Tipos de suministro de energía eléctrica en baja tensión:

- a).- Monofásico a dos hilos.
- b) Trifásico a cuatro hilos.
- c).- Monofásico a tres hilos.
- D) Trifásico a tres hilos.

a).- Sistema de suministro de energía eléctrica monofásico-a dos hilos.

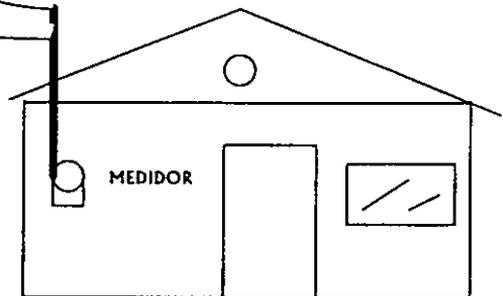
Se usa en instalaciones de baja capacidad , 4000 watts instalados , ó 2400 watts efectivos , correspondiendo a casas habitación y pequeños comercios .

Se llama capacidad instalada a la suma de la capacidad o potencia en watts de cada uno de los receptores de la instalación. De esta carga se considera que sólo el 60% trabaja al mismo tiempo , esto es que el factor de demanda del circuito es de 0.6 que multiplicado por la potencia o carga efectiva de $4000 \times 0.6 = 2400$ watts.

El voltaje de alimentación es de 127.5 volts , mediante dos hilos o conductores que se conocen como :

-- Hilo de fase o hilo vivo .

-- Hilo neutro o de tierra .



Entre el conductor de fase y la tierra o el hilo de tierra o neutro, existe una diferencia de potencial de 127.5 volts. Entre el conductor neutro y tierra no existe diferencia de potencial .

El voltaje entregado al circuito debe ser 127.5 volts pero como consecuencia de las caídas de tensión en las líneas de distribución puede ser menor, permitiéndose hasta un valor de 110 volts .

Como el voltaje va a estar variando dentro de estos valores , en la práctica se habla indistintamente de 110, 115, 120,125, volts .

b) Sistema de suministro de energía eléctrica monofásico a tres hilos.

Se usa en instalaciones residenciales, comerciales y de pequeños talleres, cuya capacidad instalada sea mayor de 4000 watts , pero que no sobrepasen los 8000 watts , que multiplicados por el factor de la demanda de 0.6 dan 4800 watts .

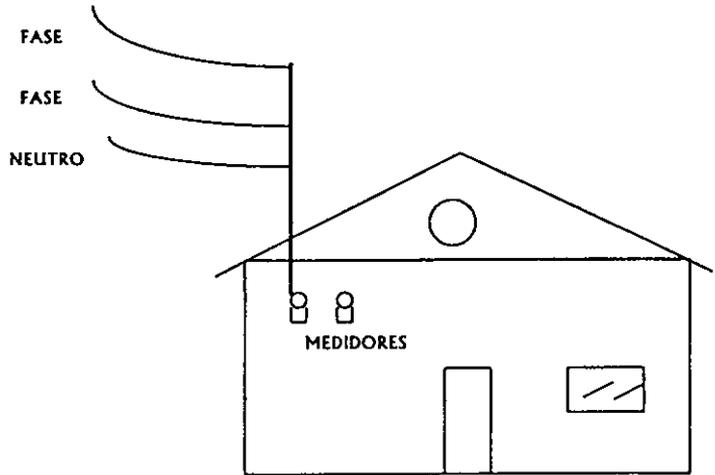
Esta carga se debe repartir en dos circuitos de 2400 watts cada uno para lo cual se dispone de :

-- Dos conductores de fase o también llamados vivos.

-- Un conductor neutro.

Cada circuito se alimenta con una fase y el neutro, que es común para las dos fases , para alimentar cargas monofasicas a 110 volts.

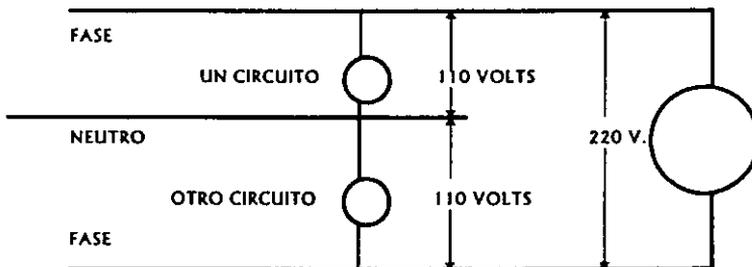
Existiendo la posibilidad de alimentar también cargas monofásicas a 220 volts , como en equipos de calefacción, aire acondicionado, soldadoras , que se conectan a dos fases.



En este sistema se entrega al circuito dos valores diferentes del voltaje:

-- 110 volts. Entre cualquiera de los dos conductores de fase y el neutro.

-- 220 volts. Entre las dos fases.

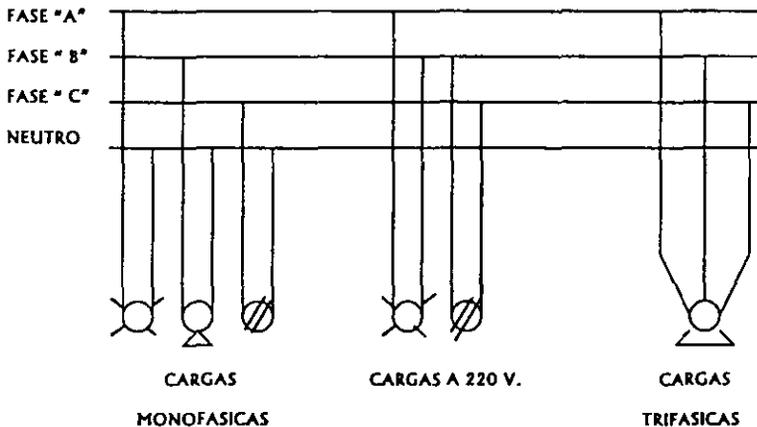


c).- Sistema de suministro de energía eléctrica trifásico a cuatro hilos .

La alimentación se hace entregando al usuario tres fases y un neutro, con lo que se puede alimentar :

- Cargas monofásicas . Como en el caso de lámparas o de aparatos domésticos , conectándose a cualquiera de las fases y el neutro.
- Cargas monofásicas a 220. Es el caso de lámparas de vapor de sodio o mercurio , soldadoras , aire acondicionado , calentadores etc. conectándose entre las dos fases.
- Cargas trifásicas . Usadas normalmente en motores conectándose a las tres fases .

Este sistema es el más completo , su aplicación es en edificios grandes, comercios , talleres e industrias , donde la carga instalada es mayor de 8000 watts.



d).- Sistema de suministro de energía eléctrica trifásica a tres hilos.

Su aplicación está limitada a la alimentación de cargas trifásicas independientemente de la capacidad instalada.

Se usa normalmente para alimentar cargas aisladas como es el caso de bombas de pozo profundo. Este sistema es poco usado en baja tensión, en alta tensión es el más usado .

CAPITULO VII

INSTALACIONES PARA UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

7.0 ASPECTOS GENERALES .

Es el conjunto que forman los conductores eléctricos, canalizaciones, dispositivos de control y protección, además de accesorios necesarios para interconectar una o más fuentes de energía eléctrica , con aparatos y máquinas receptoras . Se puede decir que las instalaciones se pueden dividir por su tipo de utilización en :

- a) Instalaciones residenciales.
- b) Instalaciones comerciales.
- c) Instalaciones industriales.
- d) Instalaciones de grandes edificios.

Una vez que tenemos el tipo de instalación se tiene que designar la forma de acabado o tipo de colocación que vamos a emplear para cada construcción :

- a) Instalaciones visibles . Todos sus componentes se encuentran a la vista y sin protección mecánica y del medio ambiente , los conductores se fijan directamente sobre los muros , no se usan ductos.

b) **Instalaciones ocultas** . Los conductores se colocan dentro de ductos y estos a su vez están empotrados en los muros y lozas , de manera que quedan totalmente protegidos de riesgos mecánicos y del medio ambiente . Este es el tipo de instalación que ofrece mejor aspecto por lo que es el más utilizado en casas , oficinas , edificios públicos , etc.

c) **Instalaciones industriales** . Todos los conductores se colocan en ductos que pueden ser abiertos o cerrados , mismos que son fijados a los muros , paredes y estructuras .

d) **Instalaciones a prueba de explosión** . Son instalaciones del tipo industrial pero deben de cumplir con ser totalmente herméticas , de manera que aseguren que si se produce una falla dentro de ellas , no saldrá al medio ambiente ninguna chispa o flama que pudiera provocar un incendio o una explosión .

Se utilizan en plantas de gas , gasolineras , laboratorios y en general en donde se tenga un ambiente con materiales fácilmente inflamables.

e) **Instalaciones temporales o provisionales** . Son todas aquellas que se colocan para un periodo relativamente corto , como es el caso de obras en proceso , ferias , exposiciones etc.

7.1 REGLAMENTACION Y REQUISITOS PARA INSTALACIONES.

Una vez que se ha elegido un producto, se debe diseñar la instalación adecuada , para conseguir entre otras cosas , lo siguiente :

a) **Seguridad**.- Facilidad y rapidez de instalación, la cual no debe presentar riesgos, tanto para las personas como para el equipo y edificios donde se lleve a cabo .

b) **Eficiencia** .- La instalación debe proyectarse y realizarse de forma que se tenga la máxima eficiencia de la misma y de los receptores .

c) **Economía** .- Así como seguridad para el usuario, la instalación debe realizarse con material de buena calidad sin llegar a los gastos superfluos , pero sin caer en economías falsas .

d) **Mantenimiento** . La instalación se debe proyectar de forma que el mantenimiento preventivo y correctivo se pueda llevar a cabo adecuadamente y sin demoras .

e) **Normalización** .-El cumplimiento de las normas vigentes relativa a instalaciones destinadas al suministro y uso de energía eléctrica .

Es de vital importancia que, al diseñar y realizar cualquier instalación eléctrica se cumplan las normas respectivas, ya que en ellas se especifican los requerimientos técnicos básicos para garantizar que la instalación no presente ningún problema en el futuro .

7.2 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM 001 SEMP 1994.

Con el objeto de reglamentar las instalaciones eléctricas en todo México de una forma más completa , y de acuerdo con los desarrollos tecnológicos que en productos y equipos eléctricos han surgido en los últimos años , la Dirección General de Normas publicó en el Diario Oficial de la Federación , el 10 de octubre de 1994 , la norma NOM 001 SEMP 1994 : Referente a Instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica . Esta sustituye oficialmente a las normas técnicas para instalaciones eléctricas del año de 1981, y constituye la guía que deben seguir los contratistas y constructores así como las unidades de verificación , en lo relativo a proyecto, construcción y aprobación de instalaciones eléctricas .

Es necesario aclarar que la regulación de proyectos eléctricos ya no es competencia de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial , ahora compete a la Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal.

7.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM 063 SCFI 1994.

Este documento se publicó con el objeto de poder reglamentar y establecer los requisitos mínimos de seguridad en donde se involucren todos los fabricantes de cables y conductores eléctricos , así como las cámaras , asociaciones relacionadas con la fabricación de estos materiales , siendo responsabilidad del Gobierno Federal procurar las medidas que sean necesarias para garantizar que los productos que se comercializan en el territorio nacional sean seguros y no representen peligros al usuario y consumidores respecto a su integridad corporal.

7.4 ASOCIACION NACIONAL de NORMALIZACION y CERTIFICACION DEL SECTOR ELECTRICO

Ante la creciente necesidad de poder establecer una cultura de calidad total en el medio , el gobierno mexicano faculta a instituciones privadas para poder desarrollar actividades de Normalización , Certificación y Verificación. Es aquí donde ante esta oportunidad 32 industriales del sector eléctrico deciden unir esfuerzos para formar una asociación sin fines de lucro con caracter nacional y presencia jurídica propia , para promover la calidad de los productos del sector. Esto fue concretado en diciembre 21 de 1992 al quedar legalmente constituida la ANCE . Para ello fue necesario crear un consejo a nivel nacional formado por representantes a nivel nacional por parte de los fabricantes , distribuidores , comercializadores , instituciones de educación superior, dependencias y entidades componentes e involucrados directamente o indirectamente con el sector eléctrico , lo cual permite a la ANCE tener un punto de vista de todos los involucrados para tener una visión completa de sus actividades de normalización , certificación ,y verificación . Actualmente ANCE ampara la certificación de productos en diferentes campos y normas que cumplan los requisitos de seguridad de aparatos eléctricos , calentadores de agua , estufas , luminarios , parrillas , conductores eléctricos , transformadores y todo tipo de artefactos eléctricos , así como la eficiencia energética de refrigeradores , aires acondicionados tipo ventana y motores de inducción . Esta certificación se realiza tanto a productos de fabricación nacional como de importación . Si el producto o equipo cumple con lo establecido en el procedimiento particular para cada uno se expide el certificado correspondiente . Al cumplir con todas las Normas Oficiales Mexicanas vigentes y aplicables al producto , se otorgará el derecho a

utilizar la contraseña **NOM-ANCE** , o la marca **ANCE** en el caso de conformidad con Normas Mexicanas .

CAPITULO VIII

SELECCION Y CALCULO DE CALIBRES.

8.0 ASPECTOS GENERALES .

Ahora que hemos elegido un conductor y habiendo tomado en cuenta la norma vigente durante el diseño eléctrico de la instalación, el siguiente paso es el cálculo del calibre mínimo del conductor, considerando dicho diseño . Con respecto a esto , únicamente analizaremos el cálculo del calibre mínimo para conductores de baja tensión .

Antes de pasar a considerar los factores del cálculo del calibre mínimo, en primer lugar, es necesario aclarar que el calibre mínimo no es siempre el más económico . Los principales factores que se deben considerar al calcular el calibre mínimo para un conductor de baja tensión son tres y es vital considerar dichos aspectos a la vez , porque en caso contrario se podría ocasionar varios tipos de problemas :

- A. Que la sección del conductor pueda transportar la corriente necesaria. De no ser así :
- El conductor tendrá mayor resistencia eléctrica, aumentando las pérdidas.
 - El conductor tendrá mayor temperatura de operación, aumentando la resistencia eléctrica y deteriorando el aislamiento.

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

B. Que la temperatura del conductor no dañe el aislamiento.

De no ser así :

---- El aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura, aumentando el riesgo de fugas de corriente y cortocircuitos.

---- Disminuirá la vida útil del conductor.

C. Que la caída de tensión esté dentro de las normas.

De no ser así :

---- El circuito y los conductores trabajarán fuera de norma.

---- Pueden dañarse los equipos alimentados , o no dar el servicio requerido .

8.1 DATOS NECESARIOS PARA EL CALCULO .

Existen personas que tienen una vasta experiencia en instalaciones eléctricas y que con los años se han acostumbrado a calcular los calibres conociendo únicamente la potencia , o la corriente y el voltaje.

Algunos también preguntan la longitud del circuito y aunque es cierto que muchas veces aciertan en el cálculo del calibre correcto , es también cierto que en otras ocasiones fallan en éste , por no haber tomado en consideración todos los datos necesarios.

Los datos que se presentan a continuación son en principio, suficientes para que el cálculo mencionado no tenga posibilidad de error .

a) CONDUCCION DE CORRIENTE.

Factor de potencia : Del equipo a alimentar .

Eficiencia : Del equipo a alimentar .

Potencia en HP : Del equipo a alimentar .

Voltaje de alimentación : Ya sea de 127, 220, 440 volts.

Tipo de corriente : Directa , alterna , 1ϕ , 2ϕ , 3ϕ .

b) PROTECCION DEL AISLAMIENTO.

Temperatura ambiente: La más caliente que se registre en verano.

Tipo de servicio: Arranque y paro continuo , servicio nocturno.

Tipo de instalación : Al aire libre , en tubo conduit , en charola etc .

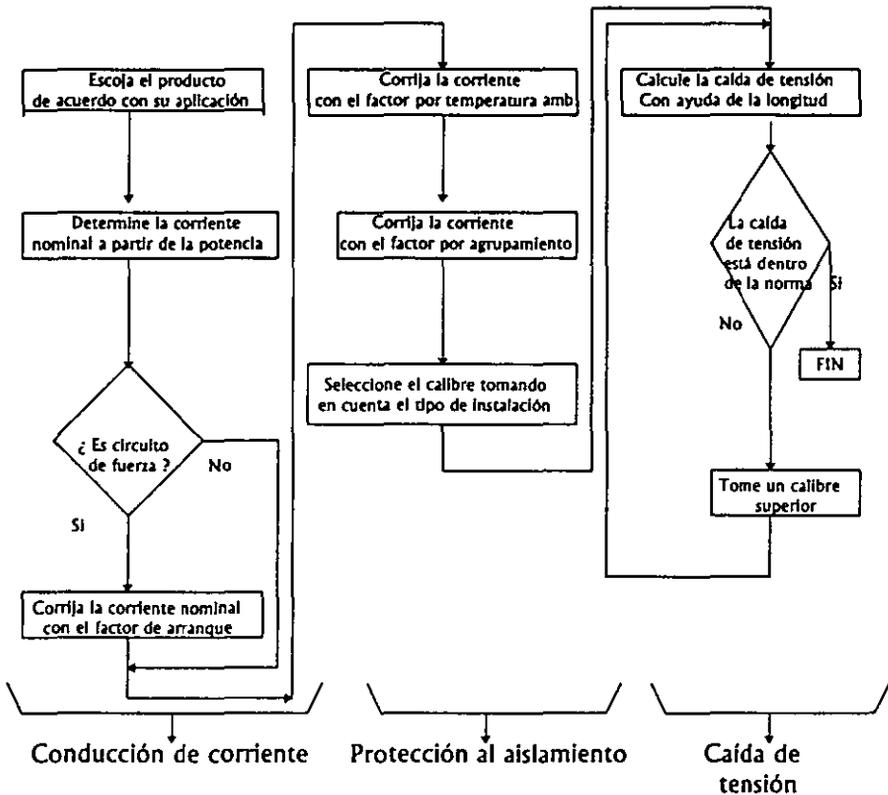
c) CAIDA DE TENSION.

Longitud de la instalación: Para calcular la caída tensión .

Tipo de circuito : Alimentado o derivado .

La forma en que deben manejarse los datos anteriores , para obtener un cálculo correcto del calibre del conductor , se resume en el siguiente diagrama de flujo.

8.2 PASOS PARA CALCULAR CALIBRES MINIMOS.



Conviene comentar que en la parte baja de este diagrama de flujo, se vuelven a distinguir una vez mas los tres factores básicos en el cálculo de calibre. Para facilitar el entendimiento , siga el sentido de las flechas. El diagrama es genérico , pero son varios los métodos que se utilizan en la práctica para calcular calibres mínimos .

8.3 METODO LARGO A PARTIR DE FORMULAS .

Sin duda es muy seguro , pero requiere de tablas , calculadora y de una cantidad de tiempo considerable . Es muy utilizado por los diseñadores y proyectistas de obras eléctricas , sin embargo para baja tensión pueden utilizarse otros métodos tan seguros como éste , pero mas ágiles .

A continuación se presenta una guía con los pasos que incluye este método .

1.-Seleccionar primeramente el tipo de conductor adecuado de acuerdo con el uso específico de la instalación , se deberá conocer si la instalación se efectuara en tubo conduit , al aire libre o en charola .

2.-Calcular la corriente que va a transportar el conductor con la fórmula adecuada que aparece en tabla de fórmulas más usuales .

(ver tabla 1)

En el caso de motores , es posible calcular la corriente con dichas fórmulas , o consultarlas directamente en las tablas de valores de corriente a plena carga para motores. Es necesario aumentar la corriente de plena carga en los motores un 25 por ciento adicional para cumplir con la norma NOM- 001- SEMP 1994 , en el caso de dos motores o más motores , hay que sumar las corrientes nominales de éstos y aumentar solamente 25 por ciento del valor de la corriente del motor mas grande .

3.- Es necesario afectar este valor de corriente por los factores de corrección por temperatura y agrupamiento (ver tablas 2, 3, 4).

Este nuevo valor de corriente no circulará realmente por el conductor, su utilidad radica en simular las condiciones adversas en las que se estará trabajando .

4.- Con este nuevo valor de corriente afectada por los factores de corrección, se debe localizar el calibre adecuado, según el tipo de conductor y de instalación elegidos.

5.- Una vez localizado el calibre del conductor, será necesario verificar la caída de tensión que sufrirá la instalación , utilizando para esto la fórmula de caída de tensión que es :

$$\% \Delta = \frac{F_c \times L \times I}{10 V_e}$$

donde :

$\% \Delta$ = Caída de tensión (porcentaje).

L = Longitud del circuito (m).

I = Corriente que circula (amperes).

V_e = Voltaje de alimentación.

F_c = Factor de caída de tensión unitaria (ver tabla 5).

Es importante recalcar que, en esta fórmula , la corriente que se utilizará será la que resulte en el segundo paso , es decir que aquí la corriente no debe ser afectada por los factores de corrección por agrupamiento y temperatura .

6.- Si la caída de tensión es mayor a 3 por ciento para circuitos alimentadores o derivados, o de 5 por ciento para la suma de alimentador más derivados , es necesario calcular un calibre superior . Esto se puede hacer despejando el factor de caída unitaria (Fc) de la fórmula anterior , que quedaría como sigue :

$$F_c = \frac{\% \Delta V \times 10 \times V_e}{L \times I}$$

donde :

$\% \Delta V$ = 3% según la norma NOM-001-SEMP-1994 .

I = Corriente que circula en el circuito sin ser afectada por los factores de agrupamientos y temperatura ambiente .

L = Longitud del circuito (m) .

V_e = Voltaje de alimentación .

F_c = Factor de caída de tensión unitaria .

Conociendo F_c , se buscará y escogerá en la tabla 5 el calibre que da igual o menor factor de caída de tensión .

Se debe tener cuidado al escoger en la tabla el factor de caída de tensión (F_c) , ya que el sistema sobre el que se está haciendo el cálculo puede ser monofásico o trifásico.

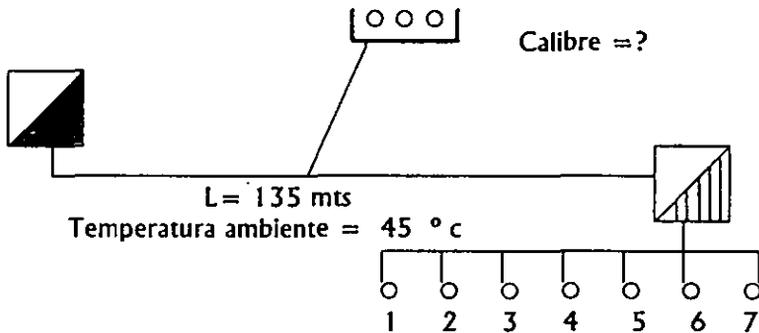
7.- Cálculo de corriente de cortocircuito . Este cálculo sirve para determinar cuánto tiempo soportara sin dañarse el aislamiento de un conductor al producirse un cortocircuito. Es importante conocer este tiempo para escoger adecuadamente las protecciones de la línea.

Para conocer el tiempo máximo en que operan las protecciones, véase

la tabla 6 donde en el eje horizontal se exhiben los calibres, y en el vertical, la corriente en miles de amperes. La intensidad de corriente que podrá soportar el conductor, dependerá del tiempo en que operen la protección y el calibre.

Para ilustrar un poco más este método , se presenta un ejemplo sencillo de aplicación .

Seleccionar el calibre más adecuado para alimentar el siguiente circuito.



Datos :

Motor num.	HP	Voltaje	fases	Factor de Potencia F.P.	Eficiencia η
1	5	440	3	85%	73%
2	5	440	3	85%	73%
3	3	440	3	85%	69%
4	3	440	3	85%	69%
5	10	440	3	78%	84%
6	10	440	3	78%	84%
7	10	440	3	78%	84%

Para calcular la corriente que consume cada motor, se puede consultar:

- La placa de datos del motor .
- La tabla de corriente a plena carga de motores trifásicos , donde se indica el amperaje para cada uno .

Consultando las fórmulas tenemos :

$$I = \frac{\text{HP} \times 746}{1.732 \times E \times \eta \times \text{F.P.}}$$

Cada motor de 3 H.P. tomará :

$$I = \frac{3 \times 746}{1.732 \times 440 \times 0.69 \times 0.85} = 5.0 \text{ amperes}$$

Cada motor de 5 H.P. tomará :

$$I = \frac{5 \times 746}{1.732 \times 440 \times 0.73 \times 0.85} = 7.9 \text{ amperes}$$

Cada motor de 10 H.P. tomará :

$$I = \frac{10 \times 746}{1.732 \times 440 \times 0.84 \times 0.78} = 15 \text{ amperes}$$

Se obtiene la corriente total del circuito corriente nominal :

$$I_n = (7.9 \times 2) + (5 \times 2) + (15 \times 3)$$

$$I_n = 70.8 \text{ amperes}$$

Como la norma señala aumentar 25 por ciento del motor más grande del circuito , tendremos que la corriente resultante " I r " será :

$$I_r = 70.8 + (0.25 \times 15)$$

$$I_r = 70.8 + 3.75$$

$$I_r = 74.55 \text{ amperes}$$

Esta corriente se afectará en seguida por los factores de corrección debido al agrupamiento y la temperatura ambiente según las tablas números 3 y 4 .

Para una temperatura ambiente de 45 ° C y una temperatura en el conductor de 75 ° C , el factor es 0.82

Para una instalación de tres cables en charola dispuestos horizontalmente, el factor es de 0.87

Calculando con esto factores , la nueva corriente I_{Δ} (corriente afectada):

$$I_{\Delta} = \frac{74.55}{0.82 \times 0.87} = 104.499 \text{ amperes}$$

Esta corriente I_{Δ} no existe realmente, es sólo una manera de considerar las condiciones adversas en las que trabajará el conductor .

Al consultar un catálogo de fabricantes, el calibre a primera vista para transportar 104.99 amperes es el 6 AWG es el que se pueden transportar hasta 105 amperes al aire libre .

La caída de tensión % ΔV se analizará aplicando la fórmula del punto número 5 del método antes descrito .

$$\% \Delta V = \frac{F.c. \times L \times I_r}{10 \times V_e}$$

Fc puede obtenerse de la tabla número 5 los demás valores son datos del problema.

$$\% \Delta V = \frac{2.92 \times 135 \times 74.55}{10 \times 440}$$

$$\% \Delta V = 6.67 \%$$

La caída de tensión sobrepasa el 3 por ciento que marca la norma NOM-001 SEMP 1994 por lo tanto, será necesario buscar un calibre superior.

Para esto , despejamos de la fórmula Fc y nos queda :

$$F_c = \frac{\% \Delta V \times 10 \times V_e}{L \times I_r}$$

Considerando $\% \Delta V = 3$

Y sustituyendo, tenemos :

$$F_c = \frac{3 \times 10 \times 440}{135 \times 74.55} = 1.3115$$

En la tabla número 5 se observa que el calibre 2 AWG tiene un factor de caída de tensión unitaria menor a 1.3115 por lo tanto , el cable con el calibre 2 AWG es el indicado para la instalación .

TABLA 1
 FORMULAS ELECTRICAS PARA DETERMINAR
 I, H.P. , KW , KVA

Dato conocido	Corriente alterna		Corriente directa
	Una fase	Tres fases	
kVA, E	$I = \frac{kVA \times 1,000}{E}$	$I = \frac{kVA \times 1,000}{\sqrt{3} \times E}$	
kW, E, F.P.	$I = \frac{kW \times 1,000}{E \times F.P.}$	$I = \frac{kW \times 1,000}{\sqrt{3} \times E \times F.P.}$	$I = \frac{kW \times 1,000}{E}$
H.P., E, F.P., η	$I = \frac{H.P. \times 746}{E \times F.P. \times \eta}$	$I = \frac{H.P. \times 746}{\sqrt{3} \times E \times \eta \times F.P.}$	$I = \frac{H.P. \times 746}{E \times \eta}$
I, E	$kVA = \frac{I \times E}{1,000}$	$kVA = \frac{I \times E \times \sqrt{3}}{1,000}$	
I, E, F.P.	$kW = \frac{I \times E \times F.P.}{1,000}$	$kW = \frac{I \times E \times \sqrt{3} \times F.P.}{1,000}$	$kW = \frac{I \times E}{1,000}$
I, E, F.P., η	$H.P. = \frac{I \times E \times \eta \times F.P.}{746}$	$H.P. = \frac{I \times E \times \sqrt{3} \times \eta \times F.P.}{746}$	$H.P. = \frac{I \times E \times \eta}{746}$

DONDE :

E	Tensión entre fases (Volts)
I	Corriente (amperes)
η	Eficiencia del equipo
F.P.	Factor de potencia
H.P.	Caballos de potencia
KW	Kilowatts
KVA	Kilovoltamperes

TABLA 2

TABLAS DE FACTORES DE CORRECCION PARA TUBOS
CONDUIT Y CHAROLA
(de acuerdo con la norma NOM-001 SEMP 1994)

Número de conductores	Factores de corrección por agrupamiento
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50
21 a 30	0.45
31 a 40	0.40
41 a más	0.35

TABLA 3

CABLES CON SEPARACION MANTENIDA DE 1/4 A 1 VEZ EL
DIAMETRO DEL CABLE

Número de cables verticalmente	Número de cables horizontales					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83	0.82
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75	0.74
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69	0.68
4	0.77	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65
5	0.75	0.70	0.66	0.65	0.64	0.63
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62	0.61

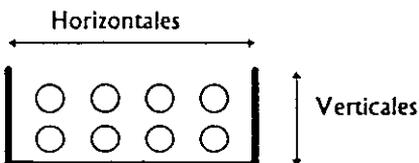


TABLA 4

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE

Temperatura ambiente °C	Para temperatura ambiente de 30°C, multiplique las capacidad de corriente por el factor de corrección en esta tabla .		
	60 °C	75 °C	90 °C
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60		0.58	0.71
61-70		0.33	0.58
71-80			0.41

TABLA DE PORCENTAJE DE RELLENO PARA CONDUCTORES
EN TUBO CONDUIT O TUBERIAS

(de acuerdo con la norma NOM 001 SEMP 1994)

Núm. de conductores en un tubo	Porcentaje del área del tubo
1	53 %
2	30 %
más de 2	40 %

TABLA 5
TABLA DE FACTORES DE CAIDA DE TENSION UNITARIA
 (millivolts / ampere - metro)

Calibre AWG	Sistema			
	Monofásico Tubo conduit		Trifásico Tubo conduit	
	Metálico	No Metálico	Metálico	No Metálico
KCM				
14	21.54	21.54	18.65	18.65
12	13.56	13.56	11.74	11.74
10	8.52	8.52	7.38	7.38
8	5.36	5.36	4.64	4.64
6	3.37	3.37	2.92	2.92
4	2.12	2.12	1.84	1.84
2	1.35	1.33	1.18	1.16
1/0	0.86	0.67	0.59	0.59
2/0	0.68	0.67	0.59	0.59
3/0	0.55	0.53	0.48	0.47
4/0	0.44	0.42	0.38	0.36
250	0.38	0.36	0.33	0.31
300	0.32	0.30	0.28	0.26
350	0.27	0.26	0.24	0.23
400	0.24	0.22	0.21	0.19
500	0.20	0.18	0.17	0.16
600	0.17	0.15	0.16	0.14
750	0.14	0.12	0.12	0.10
1000	0.12	0.09	0.10	0.09

Nota : Valores válidos para todo tipo de canalización

8.4 SIMBOLOGIA ELECTRICA .

Para representar gráficamente las instalaciones eléctricas y en general cualquier circuito eléctrico , se usan los diagramas eléctricos.

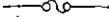
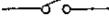
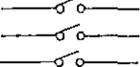
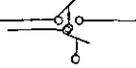
Un diagrama eléctrico es la representación gráfica de un sistema o circuito eléctrico .

Para elaborar los diagramas eléctricos , se hace necesario representar gráficamente a los diferentes dispositivos que integran a los circuitos eléctricos , para esto se utilizan los símbolos eléctricos .

Los símbolos eléctricos son la representación gráfica de los dispositivos y equipos eléctricos .

SIMBOLOS EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

	Bulbo de lámpara incandescente		Apagador sencillo
	Arbolito incandescente interior		P Apagador sencillo de pushed
	Arbolito incandescente exterior		C Apagador sencillo de cadena
	Arbolito exterior "flu. interior"		Apagador de tres vías de escalera
	Lámpara fluorescente		Apagador de cuatro vías, de escalera o para
	Contacto sencillo en muro		Tablero general
	Contacto sencillo en piso		Tablero de fuerza
	Contacto sencillo controlado por apagador		Campana
	Contacto múltiple en muro		Zumbador
	Contacto sencillo intemperie		Interruptor fusible
	Símbolo especial		

	Botón de timbre		Tubería para teléfono
	Ventilador		Cuadro indicador
	Salida para televisor		Medidor de la compañía suministradora de energía
	Registro en muro o losa		Interruptor termomagnético
	Teléfono directo		Fusible
	Extensión telefónica		Interruptor (de navajas) 1 polo
	Tablero de portero eléctrico		Interruptor (de navajas) o cuchilla de 2 polos
	Teléfono de portero eléctrico		Interruptor (de navajas) o cuchilla de 3 polos
	Línea por muro y losa		Interruptor de presión para flotador en posición abierta (con tanque elevado lleno)
	Línea por p so		Interruptor de presión para flotador en posición abierta (con tanque elevado lleno)

CONCLUSION .

El presente trabajo persigue haber conseguido los siguientes objetivos :

Dar a conocer la variedad de los conductores eléctricos en la industria de la construcción , indicando los conceptos básicos de los mismos .

Dar una visión acerca de las variedades , tipos y clasificaciones así como el ámbito de su instalación y aplicación .

Informar de las diferencias entre los diversos tipos de conductores , su nomenclatura y clases de aislamientos que se utilizan .

Por lo que este trabajo está fundamentalmente dirigido a estudiantes y usuarios interesados en el tema .

Por otra parte , este trabajo tambien resalta la existencia de conceptos fundamentales y de normalización que debe conocer todo usuario para hacer una correcta selección e instalación de los conductores .

Finalmente y como en todo campo de estudio , este trabajo tambien hace la recomendación y la permanente actualización de los conocimientos , conceptos , técnicas y cambios en general , y para ello es fundamental mantenerse atento a las modificaciones en la Norma Oficial Mexicana y las Normas Mexicanas de Cumplimiento , emitidas por la SECOFI o Secretaría de Energía y la ANCE , respectivamente .

BIBLIOGRAFIA.

1. Manual del ingeniero. / Hudson Ralph, octava edición 1993. / Limusa.
2. Fundamentos de electricidad y eléctrica./ Morris Sluberg, Willian Osterheld 1998. / Mc. Graw Hill.
3. Fundamentos de electricidad. / Milton Gussow. / 1988. / Mc. Graw Hill.
4. Tratado de electricidad. / Chester L. Dawes. / cuarta edición 1986. / G. Gilisa ediciones.
5. Electrotecnia fundamentos teóricos. / Alexander Gray , G.A. Wallace, traducido por Rafael Cano Marin , José Cruz Almeida. / octava edición 1978./ Aguilar ediciones.
6. Instalaciones Eléctricas . Conceptos básicos. / Neagu Braty Serban. / segunda edición 1992. / Alfa-omega ediciones.
7. Instalaciones Eléctricas teoría y práctica por Ibbetson . / 1988. / Continental ediciones.
8. Instalaciones Eléctricas para proyectos y obras. / Antonio López, J. Guerrero Strachan / 1992 Paraninfo ediciones.
9. Líneas e instalaciones eléctricas. / Carlos Luca Marin. / primera edición 1991. / Alfa-omega.
10. American electricians hand book . / Croft, Carr and Watt / segunda edición .

11. Standar hand book for electrical engineers Fink and Beaty. / Mc. Graw Hill . segunda edición .

12. Manual de fórmulas eléctricas ediciones 17ª y 18ª. / Kurt Gleck /

13. Catálogo de Conductores eléctricos de Latincasa.

14. Catálogo de Conductores eléctricos de Gpo. Monterrey.

15. Norma Oficial Mexicana NOM 001 SEMP 199

16. Norma Oficial Mexicana NOM 008 SCFI 1993.

17. Norma Oficial Mexicana NOM 063.SCFI 1994.

18. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de media y alta tensión. Edit.

Limusa 1980. Quinta reimpresión . Gilberto Enríquez Harper.

Catálogo de Conductores eléctricos Condumex.