

## ANEXO MATERIALES

### Sesión N° 1: Uniones y conexiones de conductores

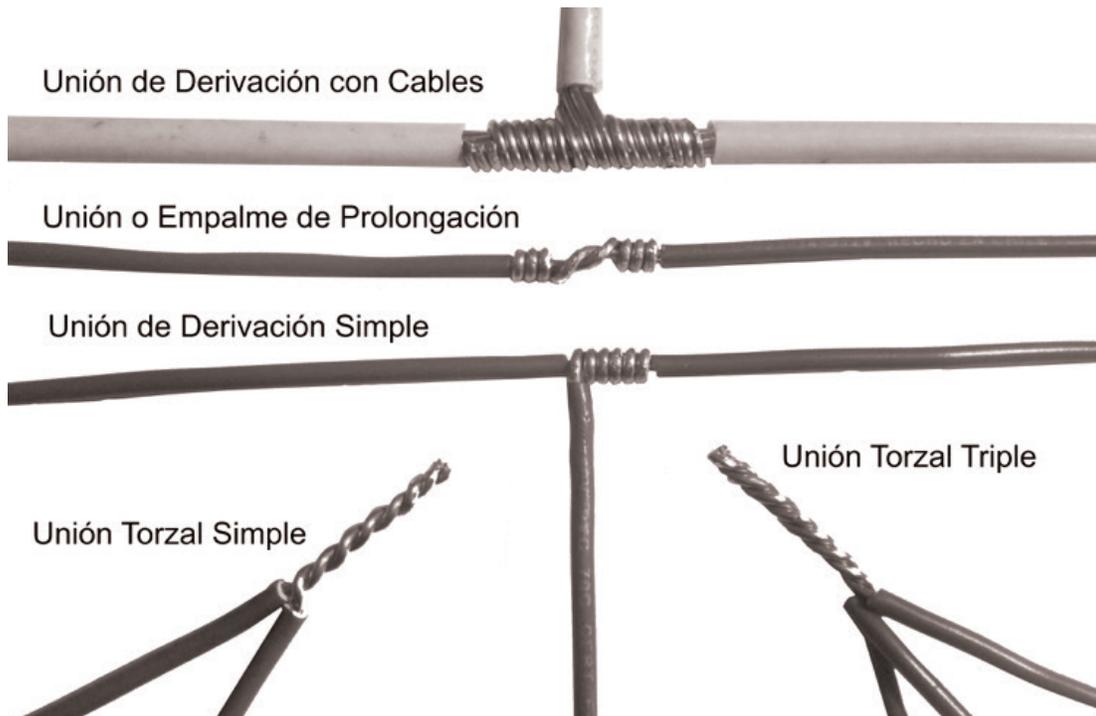
#### 1.2 Actividad N° 1 - ¿Qué son los empalmes eléctricos?

##### Empalmes eléctricos

Los empalmes eléctricos son quizás unos de los factores que más influyen para el correcto funcionamiento de una instalación eléctrica. Dependiendo de la situación en la que se encuentre la instalación y como se vayan a instalar los conductores y cables eléctricos, es como se debe de llevar a cabo el empalme más adecuado.

En las instalaciones eléctricas es necesario unir conductores para así distribuir los diversos circuitos que la conforman. Para tal efecto se utilizan varios tipos de uniones (conexiones) por lo que todo técnico eléctrico debe tener las competencias para ejecutarlas. Las uniones eléctricas se llevan a cabo ante la necesidad de conexas líneas a equipos, prolongar líneas más allá de un límite dado, derivar un arranque, empalmar un remate en una caja de derivación, etc.

Las conexiones más comunes son:



De todas estas conexiones, la más utilizada en una instalación eléctrica domiciliar es la de tipo torzal simple, popularmente conocida como cola de rata, ya que es la que se debe hacer en todas las cajas de derivación. Esta unión puede ser de dos, tres, cuatro o cinco conductores.

Al ejecutar estas uniones se debe tener mucho cuidado en no dañar a los conductores, ya que, de ser así, pueden cortarse e interrumpir la alimentación de algún circuito.

Para realizar la conexión torzal simple en una caja de derivación, según la normativa vigente (Art. 8.0.4.6) los conductores deben tener un largo mínimo de 15 cm desde el borde de la caja.

#### **Dimensión de los conductores en una caja de derivación.**

Cuando dos conductores se ponen en contacto eléctrico, se puede pensar que el área de conducción eléctrica corresponde siempre al área geométrica del contacto. Sin embargo, en la mayoría de los casos no es lo que ocurre en la realidad.

Si se observa una superficie metálica bajo el lente de un microscopio, se puede comprobar que esta se encuentra formada por una serie de protuberancias y depresiones de distinto tamaño, o sea, no es una superficie perfectamente lisa.

Al colocar dos superficies en contacto, se puede apreciar que las posibles uniones sólo corresponden a las zonas de protuberancias más sobresalientes y no en toda la extensión física de la unión ya que no son totalmente lisas.

La presencia de estos contactos puntuales genera altas densidades de corriente eléctrica en dichos puntos lo que provoca considerables calentamientos.

Si la cantidad de estos contactos es insuficiente, por efecto de una mala unión eléctrica, entonces se origina un punto de gran riesgo constituyéndose en fuentes potenciales de incendios.

Entonces, todo lo ya mencionado anteriormente convierte en exigencias la aplicación de técnicas apropiadas para ejecutar uniones y conexiones eléctricas, para lograr así un mejor contacto eléctrico.

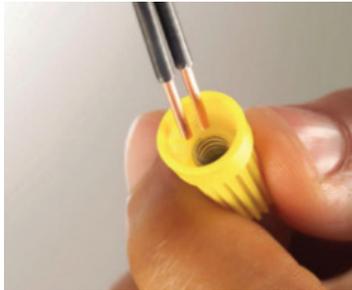
### Uniones y terminales

1. **TERMINAL REDONDO O TIPO ARGOLLA:** Se usa para la conexión de dispositivos eléctricos que están provistos de un perno de conexión que se puede retirar. Ej. Disyuntores, selectores, etc.
2. **TERMINAL HORQUILLA O DE TIPO EN U:** Se usa para la conexión de dispositivos eléctricos provistos de un perno de conexión que no se puede retirar. La conexión es por enganche.
3. **TERMINAL DE PUNTA O DE TIPO AGUJA:** Se usa para la conexión de dispositivos eléctricos que están provistos de una prensa de conexión. Ej. Interruptores, enchufes, borneras, etc.
4. **EMPALME EN DERIVACIÓN SIMPLE:** Se usa para derivar una línea eléctrica de otra línea principal, en un tendido aéreo.
5. **EMPALME EN DERIVACION DE SEGURIDAD:** Se usa para derivar una línea eléctrica de una línea principal, que se encuentran en un tendido aéreo, pero asegurando su fijación mecánica con un nudo de seguridad
6. **EMPALME DE UNION TORZAL SIMPLE DE 2 CONDUCTORES:** Se usa para unir dos conductores en el interior de una caja de derivación.
7. **EMPALME DE UNION TORZAL TRIPLE DE 3 CONDUCTORES (Pata de gallo):** Se usa para unir tres conductores en el interior de una caja de derivación.
8. **EMPALME DE UNION TORZAL DE 4 CONDUCTORES:** Se usa para unir cuatro conductores en el interior de una caja de derivación.
9. **EMPALME DE UNION TORZAL DE 5 CONDUCTORES :** Se usa para unir cinco conductores en el interior de una caja de derivación.
10. **EMPALME DE PROLONGACIÓN :** Se usa para prolongar una línea aérea que se encuentra sometida a esfuerzos mecánicos de tracción.
11. **UNION DE 2 CONDUCTORES CON DISTINTA SECCIÓN:** Se usa cuando se requiere prolongar o unir conductores que tienen distinta sección.
12. **UNIÓN DE 2 CABLES:** Se usa cuando se requiere unir dos conductores del tipo de cable. Ej. Cordones eléctricos.
13. **UNION DE UN CABLE CON UN ALAMBRE:** Se usa cuando se requiere unir un conductor de tipo de alambre con un conductor de tipo de cable.
14. **UNIÓN DE 3 CONDUCTORES CON HUINCHA AISLADORA:** Se realiza para asegurar una correcta aislación en el punto de unión del conductor.
15. **UNIÓN DE 3 CONDUCTORES Y ESTAÑADA:** Se usa cuando se requiere asegurar que exista una continuidad eléctrica y mecánica de la unión.

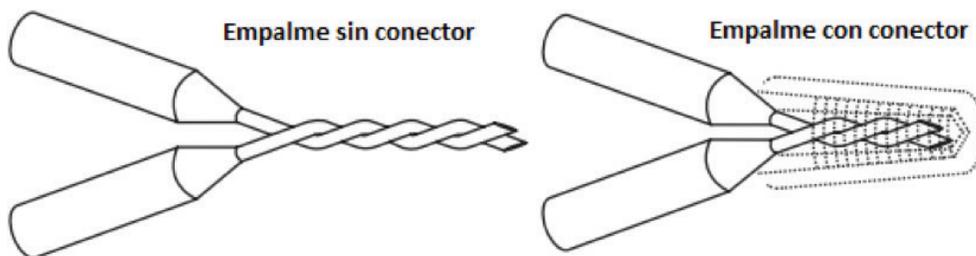
### Empalme torzal simple (cola de rata)

Este tipo de empalme se emplea cuando los cables no van a estar sujetos a esfuerzos de tensión elevados. Se utiliza para hacer las conexiones de los cables en las cajas de derivación o salidas, ya sea de enchufes o interruptores. En este tipo de uniones, el encintado puede ser sustituido por un conector de capuchón.

1. Retire aproximadamente 1 pulgada de aislamiento de cada una de las puntas de los conductores a unir.



2. Coloque las puntas formando una "X" un poco antes de donde está el aislante, y con la ayuda de una pinza comience a torcer las puntas desnudas como si fuera una cuerda.
3. Apriete correctamente la unión, pero firme, sin estropear los cables. Si desea sustituir el encintado coloque el conector de capuchón.



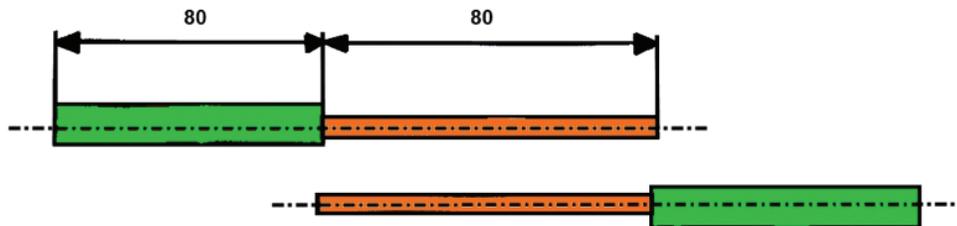
Empalme torzal simple (cola de rata).

También se puede usar para unir 3, 4 o 5 conductores con el empalme tipo torzal que se usa en cajas de derivación.

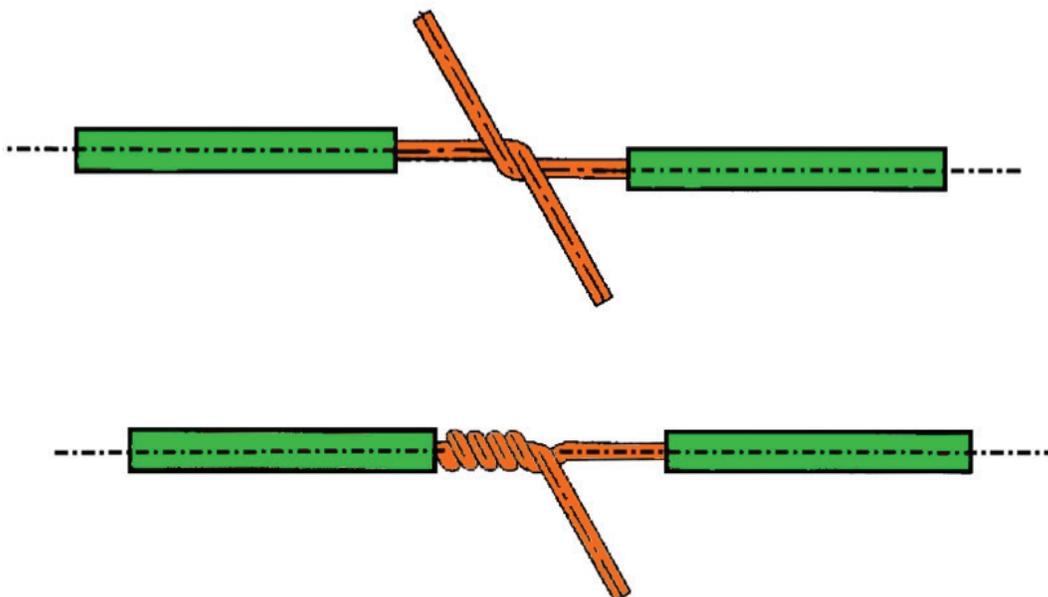
### Empalme de Prolongación

Este empalme nos sirve para unir dos alambres; soporta mayores esfuerzos de tensión y se utiliza principalmente para tendidos aéreos.

1. Retire el aislamiento aproximadamente 8 cm de la punta de los conductores a unir.



2. Realice a cada alambre un doblez en forma de "L" a 2,5 cm aproximadamente del aislamiento.
3. Cruce los cables y con la ayuda de las pinzas comience a doblar una de las puntas enrollando alrededor del otro conductor, apretando las espiras o vueltas con las pinzas.



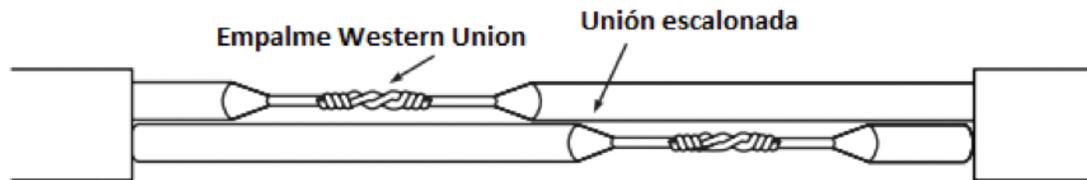
4. Una vez que ha terminado de enrollar una de las puntas, repita el proceso con la otra punta trabajando en dirección contraria.



5. Corte los sobrantes de alambre.

#### **Empalme de prolongación (dúplex)**

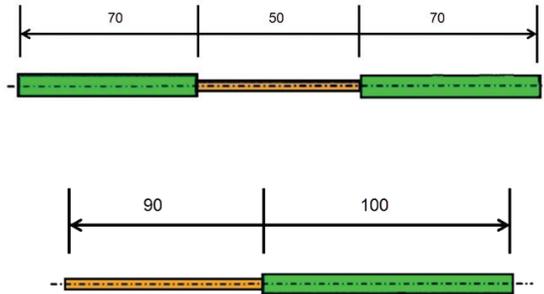
En esta figura se ilustra este empalme, el cual es utilizado para unir alambres dúplex. Este empalme está compuesto por dos uniones de prolongación, realizados escalonadamente, con el propósito de evitar diámetros excesivos al colocar la cinta aislante y evitar un posible cortocircuito.



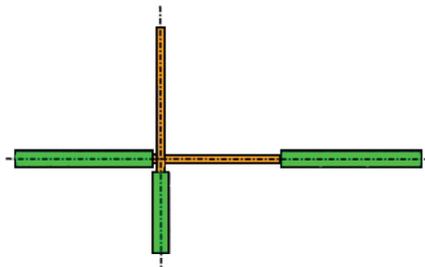
### Empalme de cables en "T" o en derivación simple

Para realizar una unión de un alambre a otro que corre sin interrupción, se emplea este tipo de empalme.

1. Retire aproximadamente **5 cm** de aislamiento del alambre que corre, utilice **navaja** o **pinzas**.
2. Retire aproximadamente **9 cm** de aislamiento de la punta del cable que va a unir.



3. Coloque el alambre derivar en forma perpendicular (en ángulo recto) al alambre corrido (principal).



4. Con la mano comience a enrollar el alambre derivado sobre el alambre principal en forma de espiras, con la ayuda de las pinzas apriete las espiras o vueltas.
5. Corte el sobrante y verifique que las espiras no queden encimadas al aislamiento.



### Empalme de cables en T o derivación con nudo



### Empalme de cables en “T” o de derivación múltiple

Este empalme se emplea para realizar uniones entre una punta de un cable de derivación a otro que corre de manera continua.

1. Retire aproximadamente de 3 a 5 cm del aislamiento del cable principal que corre; si es necesario, con una lija limpie el tramo desnudo.
2. Con la ayuda de las pinzas, abra el cable principal, girándolo en sentido contrario al trenzado de los alambres.
3. Introduzca el desarmador o las pinzas en medio de los alambres separándolos en dos partes y formando una “V”, para que en la abertura entre la punta del cable derivado.
4. Retire aproximadamente de 3 a 5 cm del aislamiento de la punta del cable a unir, límpiese y enderece los alambres.
5. Corte el alambre central del cable que va a unir, a partir de donde comienza el aislamiento.
6. Introduzca los alambres del cable a unir en la abertura del cable corrido y separe en dos partes iguales los alambres.

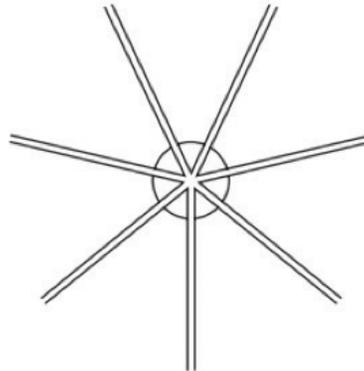
7. Comience a enrollar una de las partes de los alambres del cable a unir sobre el cable principal en sentido contrario al trenzado.
8. Enrolle la otra parte de los alambres del cable a unir en sentido contrario a la parte anterior y con la ayuda de las pinzas apriete las espiras o vueltas.



### Empalme de prolongación

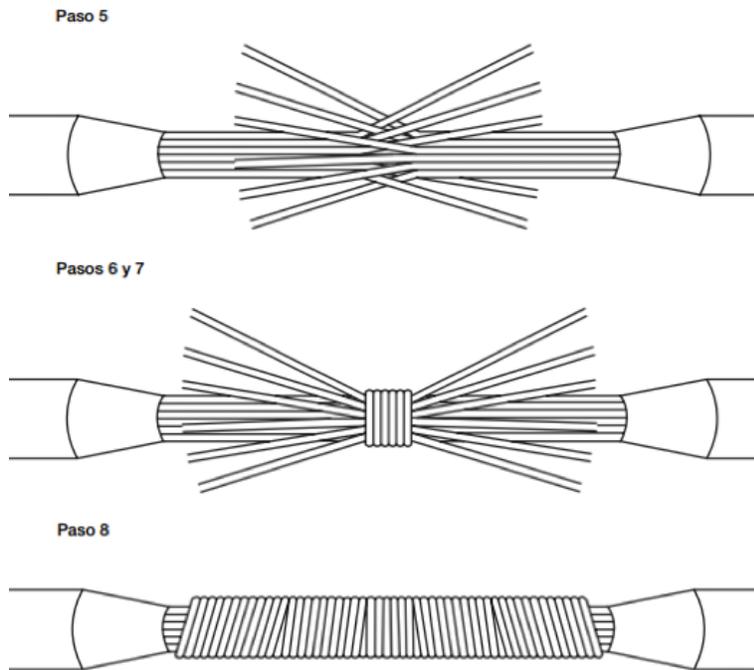
Este tipo de empalme se utiliza para la prolongación de cables gruesos.

Pasos 1, 2, 3 y 4



1. Retire aproximadamente de 8 a 10 cm de aislamiento de las puntas de los cables a unir.
2. Con un alambre delgado (sujételo con un alicates), realice un atado en forma de anillo de aproximadamente 3cm del aislamiento de cada una de las puntas y con las pinzas apriéte los.
3. Abra los alambres del cable tomando como punto de partida el anillo, enderece y limpie cada alambre.
4. De cada uno de los cables corte el alambre central a la altura de donde realizó la atadura del anillo.
5. Retire el anillo de una de las puntas de los cables y coloque ésta de frente a la otra punta, entrelazando los hilos que quedaron abiertos.

6. Comience a enrollar los alambres de la punta del cable atado, en sentido contrario al trenzado del cable al que le quitó la atadura o anillo.
7. Quite el anillo de la otra punta y comience a enrollar los hilos del otro lado, continúe enrollando hasta que no queden puntas sueltas.
8. Con la ayuda de las pinzas, apriete las vueltas o espiras y corte los extremos sobrantes.



## Sesión N° 2: Uniones y conexiones de conductores

### 2.1 Actividad de Inicio

#### CONSIDERACIONES PARA UN CORRECTO EMPALME:

1. Al pelar los cables que se van a empalmar deben ser lo suficientemente largos como para que haya una buena zona de contacto entre los cables. En el empalme torzal simple, que es el más común, la longitud ideal para pelarlos sería de  $\frac{3}{4}$  a 1 pulgada.
2. Deben ir sólidamente unidos entre sí. Utilizando el alicates universal, se unen los conductores de forma sólida, pero apretando levemente, esto para evitar el maltrato del alma conductora.
3. Debe tratarse que no queden zonas cortantes o puntiagudas para que no atraviese la aislación (por ej. hebras de hilos que sobresalen). Aunque también se podría utilizar capuchones, sin embargo, para una correcta unión es prioritario tener en consideración esta parte.
4. Al colocar la aislación debe cubrirse toda el área conductora del empalme, y mientras se va colocando debe irse apretando para solidificar el aislante en toda la zona conductora.
5. En el registro o punto de salida (por ej. enchufes o luces) debe acomodarse el empalme de forma que quede en lo posible, fuera del contacto con otros empalmes: esto para asegurar el aislamiento definitivo de potenciales, neutro y tierra. Esto es importante, porque así se puede evitar las posibles fallas de aislamiento por sobrecarga o cortocircuito, que como ya se sabe estas fallas producen calentamiento en los cables conductores y los puntos de empalmes.

## Sesión N° 3: Uniones y conexiones de conductores

### 3.1 Actividad de inicio

#### Tipos de aislamientos en conductores eléctricos.

El aislante es el material que separa el alma conductora del exterior. Si los cables no tuvieran aislante sería muy difícil la distribución de los circuitos en las instalaciones eléctricas. Esto permite que en la instalación no se energicen la carcasa de los equipos, canalizaciones metálicas, evitar cortocircuitos, así como la electrocución de las personas. Por lo que se puede notar que sin un buen aislante, la instalación no estaría muy segura.

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

Letras de designación del aislamiento:

- R:** Aislamiento de hule
- T:** Aislamiento termoplástico
- X:** aislamiento de polímero sintético barnizado
- H:** resistente al calor hasta 75°C
- HH:** resistente al calor hasta 90°C
- W:** resistente a la humedad
- UF:** para uso subterráneo
- N:** cubierta de nylon

**NOTA:** Si no se indica H, resiste hasta 60°C.

**Tabla** - Tipos de conductores eléctricos según su tipo de aislante y condiciones de uso (Procobre, 1999).

NOMBRE COMERCIAL	TIPO DE AISLANTE	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA PROTECTORA	UTILIZACIÓN
Hule resistente al calor	RHH	90	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales secos
Hule resistente al calor y a la humedad	RHW	75	Hule resistente al calor y a la humedad	Resistente a la humedad, retardadora de la flama.	Locales secos y húmedos
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico resistente al calor y a la humedad	THW	75	Termoplástico, resistente al calor y a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales secos y húmedos
Termoplástico resistente al calor	THHN	90	Termoplástico resistente al calor, retardador de la flama	Nylon o equivalente	Locales secos
Termoplástico, resistente al calor y a la humedad	THWN	75	Termoplástico, resistente al calor y a la humedad, retardador de la flama	Nylon o equivalente	Locales secos y húmedos
Poliétileno vulcanizado resistente a la humedad y al calor	XHHW	75	Poliétileno vulcanizado, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos
		90		Ninguna	Locales secos
Conductor de uso subterráneo	UF	75	Resistente al calor y a la humedad	Integral al aislamiento	Para uso subterráneo, directamente enterrado
Sintético resistente al calor	SIS	90	Hule resistente al calor	Ninguna	Alambrado de tableros solamente

INSTALACIONES ELÉCTRICAS DOMICILIARIAS

Etileno propileno	FEP	90	Etileno propileno	Ninguna	Locales secos
Silicón y asbesto	SA	90	Hule silicón	Asbesto o fibra de vidrio	Locales secos
		125			Aplicaciones especiales
Conductor monofásico para acometida subterránea	USE	75	Resistente al calor y la humedad	No metálica, resistente a la humedad	Acometidas subterráneas, como alimentador o circuitos derivados subterráneo

Se adjuntan las tablas 8.6 y 8.6a de la Norma Chilena de Electricidad 4/2003. Para conocer más tipos de conductores, su aislación y tipos de usos entre otras cosas.

**Tabla N° 8.6**  
**Características y Condiciones de Uso de Conductores Aislados. Secciones Métricas**

Características constructivas	Letras de identificación	Condiciones de uso	Máxima temperatura de servicio [° C]	Espesores de aislación		Tensión de servicio [V]	Chaqueta exterior
				Sección nominal [mm <sup>2</sup> ]	Espesor [mm]		
Conductor unipolar, (alambre) aislación de PVC	NYA	Ambientes secos canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras	70	1,5 2,5 4, 6 10, 16 25,35 50,70	0,6 0,7 0,8 1,0 1,2 1,4	600	No tiene
Conductor unipolar, (alambre o cableado) aislación de PVC	NSYA	Ambientes secos o húmedos, canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras, en tendidos aéreos a la intemperie en líneas de acometida, fuera del alcance de la mano	70	1,5 a 6 10, 16 25, 35 50, 70 95, 120 150 185 240 300 400	1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8	600	No tiene
Cable multiconductor con aislación PVC y chaqueta	NYY	Ambientes secos, húmedos, intemperie sin exposición a rayos solares. Tendidos subterráneos en ducto o directamente en tierra	70	1,5 2,5 4 a 16 25 a 35 50 a 70 95 a 120 150 a 240 300 a 400	0,8 0,9 1,0 1,2 1,4 1,6 2,0 2,6	600	PVC
Cable plano multiconductor, dos o tres alambres. Aislación PVC y chaqueta	NYFY (TPS)	Instalaciones sobrepuestas en ambientes interiores, no necesitan ducto. Se usa también en bajadas de acometidas	70	2x1 a 3x1,5 2x2,5; 3x2,5; 2x4 2x8,37 y 2x10	0,8 0,9 1,0	600	PVC

INSTALACIONES ELÉCTRICAS DOMICILIARIAS

Tabla Nº 8.6a  
Características y Condiciones de Uso de Conductores Aislados. Secciones AWG

Características constructivas	Letras de identificación	Condiciones de uso	Máxima temperatura de servicio [° C]	Espesores de aislación		Tensión de servicio [V]	Chaqueta Exterior
				Sección nominal [mm²]	Espeor [mm]		
Conductor unipolar; aislación PVC	THW	Ambientes secos y húmedos; canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras	75	2,08 a 5,28 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253 304 a 506	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	600	No tiene
Conductor unipolar; aislación PVC	THWN	Ambientes secos y húmedos; canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras. La cubierta lo hace resistente a la acción de aceites, grasas, ácidos y gasolina	75	2,08 a 3,31 5,28 8,37 a 13,3 21,2 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253 304 a 506	0,38 0,51 0,78 1,02 1,27 1,52 1,78	600	Nylon
Conductor unipolar; aislación PVC	THHN	Ambientes secos y húmedos; canalizados en tuberías, bandejas, escalerillas, molduras. La cubierta lo hace resistente a la acción de aceites, grasas, ácidos y gasolina	90	2,08 a 3,31 5,28 8,37 a 13,3 21,2 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253 304 a 506	0,38 0,51 0,78 1,02 1,27 1,52 1,78	600	Nylon
Conductor cableado, mono o multipolar. Aislación y chaqueta de sill vinil acetato	EVA	En interiores, tuberías, bandejas, escalerillas, muy retardante a la llama, autoextinguente, se quema sin emitir gases tóxicos ni corrosivos, libre de materias halógenas. Indicado para uso en ambientes de trabajo cerrados como minas o túneles, o lugares de reunión de personas	90	1,5 a 2,5 4 a 16 26 a 36 50 a 70 95 a 120 150 185 240 300 400 500 a 630	0,8 1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8	1000	EVA
Conductor cableado o alambre, aislación de Polietileno	PW	Líneas aéreas a la intemperie	75	8,37 a 21,2 33,6 a 42,4 50,5 a 107	0,76 1,14 1,52	600	No tiene
Conductor unipolar, cableado, aislación Polietileno reticulado chaqueta PVC	TTU	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	75	8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	1,14 1,40 1,65 2,03	600	PVC
Conductor multipolar, (2,3 o 4 conductores por cable) aislación PVC, chaqueta PVC	TTMU	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	75	2,08 a 5,28 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4	1,14 1,52 2,03 2,79	600	PVC

Tabla Nº 8.6a (Continuación)  
Características y Condiciones de Uso de Conductores Aislados. Secciones AWG

Características constructivas	Letras de identificación	Condiciones de uso	Máxima temperatura de servicio [° C]	Espesores de aislación		Tensión de servicio [V]	Chaqueta exterior
				Sección nominal [mm²]	Espeor [mm]		
Conductor unipolar, cableado, aislación Polietileno reticulado chaqueta PVC	XTU	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	90	2,08 a 5,28 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	PVC
Conductor multipolar, (2,3 o 4 conductores por cable) aislación Polietileno reticulado, chaqueta PVC	XTMU	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	90	2,08 a 5,28 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4	1,14 1,52 2,03 2,79	600	PVC
Conductor monopolar; alambre o cableado. Aislación polietileno chaqueta PVC	PT	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	75	8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	1,14 1,40 1,65 2,03	600	PVC
Conductor monopolar; alambre o cableado. Aislación etileno propileno chaqueta neopreno	USE-RHH	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	90	3,31 a 5,28 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	Neopreno
Conductor tripolar; alambre o cableado. Aislación etileno propileno chaqueta neopreno	USE-RHHM	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	90	3,31 a 5,28 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	Neopreno
Conductor monopolar; alambre o cableado. Aislación etileno propileno chaqueta PVC	ET	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	90	3,31 a 5,28 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	PVC
Conductor monopolar; alambre o cableado. Aislación etileno propileno chaqueta neopreno	EN	Instalaciones aéreas o subterráneas, en ducto o directamente en tierra o bajo agua, interiores canalizados en ductos, bandejas, o escalerillas. Ambiente seco, húmedo o mojado.	90	3,31 a 5,28 8,37 a 33,6 42,4 a 107 126,7 a 253,4 380 a 506,7	0,76 1,14 1,40 1,65 2,03	600	Neopreno

## Sesión N° 4: Uniones y conexiones de conductores

### 4.1 Actividad de inicio

Características de los cables eléctricos: partes, calibre y la intensidad de corriente admisible para conductores aislados (ampacidad).

Son los elementos que proveen la trayectoria para el flujo de la corriente en las instalaciones eléctricas. Con los conductores eléctricos se hace la distribución de la energía eléctrica para el control y consumo de los equipos de la instalación.

Las partes de un conductor, son las siguientes:

- a) **Alma conductora:** es la parte que lleva toda la corriente de consumo. Los materiales comúnmente utilizados son el cobre y el aluminio, pero con más frecuencia son de cobre.
- b) **Aislante:** se encarga de separar o aislar el flujo de corriente del exterior, para evitar cortocircuitos y la electrocución. Este se fabrica de un material termoplástico o en hule.
- c) **Cubierta protectora:** no todos la traen, esta se encarga de proteger el material aislante y el alma conductora contra daños físicos y químicos. Se construye generalmente de nylon, esto varía según el ambiente en el que se vaya a utilizar.

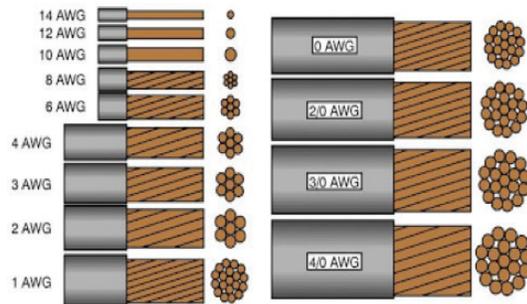
**Calibre**

El calibre define el tamaño de la sección transversal del conductor. El calibre puede estar expresado en mm<sup>2</sup> o bajo la normalización americana, en AWG (American Wire Gauge). Cuando se expresa en AWG, el más grueso es el 4/0, siguiendo en orden descendente 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 16 y 18 que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas. En este caso, mientras más grande es el número más pequeña es la sección transversal del conductor. Para conductores con un área mayor del designado como 4/0, se hace una designación en función de su área en pulgadas, denominada CM (circular mil), siguiendo 250,000 CM o 250 KCM. (Domínguez, 2015)

Apéndice 6, NCH Eléc. 4/2003.

**APÉNDICE 6  
EQUIVALENCIA DE SECCIONES AWG - mm<sup>2</sup>**

Calibre AWG/MCM	Sección nominal [mm <sup>2</sup> ]
14	2,08
12	3,31
10	5,26
8	8,37
6	13,3
4	21,2
3	26,7
2	33,6
1	42,4
1/0	53,5
2/0	67,4
3/0	85
4/0	107,2
250	126,7
300	152
350	177,3
400	202,7
500	253
600	304
700	
750	380
800	
900	
1.000	506,7



**Intensidad de corriente admisible para conductores aislados (ampacidad)**

Es su capacidad de conducción continua de corriente bajo condiciones específicas. La ampacidad de un conductor lo define su calibre, así como la temperatura ambiente a la que se encuentre. Existen tablas que especifican la ampacidad de los conductores según el material aislante, y la máxima temperatura ambiente a la que pueden estar expuestos. Mientras más grande es la sección del conductor más corriente éste puede conducir sin que se sobrecaliente. (SEC, 2003)

Calibre (AWG o kcmil)	Area	
	mm <sup>2</sup>	Circular mils
18	0.823	1620
16	1.31	2580
14	2.08	4110
12	3.31	6530
10	5.261	10380
8	8.367	16510
6	13.3	26240
4	21.15	41740
3	26.67	52620
2	33.62	66360
1	42.41	83690
1/0	53.49	105600
2/0	67.43	133100
3/0	85.01	167800
4/0	107.2	211600
250	127	—
300	152	—
350	177	—
400	203	—
500	253	—
600	304	—

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
	Cobre			Aluminio			
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Ampacidad de conductores según su calibre, aislante y máxima temperatura ambiente (Tabla 310.15, NEC 2011).

En nuestro país también se hace referencia al ampacidad de conductores en nuestra NCH. ELEC. 4/2003. En las tablas 8.7 y 8.7a. (SEC, 2003)

Instalaciones de Consumo en Baja Tensión

NCH Elec. 4/2003

**Tabla N° 8.7**  
Intensidad de Corriente Admisible para Conductores Aislados  
Fabricados según Normas Europeas. Secciones Milimétricas.  
Temperatura de Servicio: 70° C; Temperatura Ambiente: 30° C.

Sección nominal [mm <sup>2</sup> ]	Corriente admisible Amperes [A]		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
0,75	-	12	15
1	11	15	19
1,5	15	19	23
2,5	20	25	32
4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	82	98
25	83	108	129
35	103	134	158
50	132	167	197
70	164	207	244
95	197	249	291
120	235	291	343
150	-	327	382
185	-	374	436
240	-	442	518
300	-	510	595
400	-	-	708
500	-	-	809

Grupo 1: Conductores monopolares en tuberías.

Grupo 2: Conductores multipolares con cubierta común; cables planos, cables móviles, portátiles y similares.

Grupo 3: Conductores monopolares tendidos libremente al aire con un espacio mínimo entre ellos igual al diámetro del conductor.

Instalaciones de Consumo en Baja Tensión

NCH Elec. 4/2003

**Tabla N° 8.7a**  
Intensidad de Corriente Admisible para Conductores Aislados  
Fabricados según Normas Norteamericanas. Secciones AWG.  
Temperatura Ambiente de: 30° C.

Sección [mm <sup>2</sup> ]	Temperatura de servicio [°C]					
	60		75		90	
	Tipos TW, UF		Tipos THW, THWN, TTU, TTMU, PT, PW		Tipos THHN,XTU,XTMU,EVA, USE-RHH, USE-RHHM, ET, EN	
	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B
2,08	20	25	20	25	25	35
3,31	25	30	25	35	30	40
5,26	30	40	35	50	40	55
8,37	40	60	50	70	55	80
13,3	55	80	65	95	75	105
21,2	70	105	85	125	85	140
26,7	85	120	100	145	110	165
33,6	95	140	115	170	130	190
42,4	110	165	130	195	150	220
53,5	125	195	150	230	170	260
67,4	145	225	175	265	195	300
85	165	260	200	310	225	350
107,2	195	300	230	360	260	405
128,7	215	340	255	405	290	455
151,8	240	375	285	445	320	505
177,3	250	420	310	505	360	570
202,7	280	455	335	545	380	615
253,2	320	515	380	620	430	700
303,6	355	575	420	690	475	780
354,7	385	630	460	755	520	855
379,5	400	655	475	785	535	885
405,4	410	680	490	815	555	920
456,0	435	730	520	870	595	985
506,7	455	780	545	935	615	1055
633,4	495	890	590	1065	685	1200
790,1	520	980	625	1175	705	1325
886,7	545	1070	650	1280	735	1455
1.013	580	1155	685	1385	790	1560

Grupo A.- Hasta tres conductores en ducto, en cable o directamente enterrados.

Grupo B.- Conductor simple al aire libre. Para aplicar esta capacidad, en caso de conductores que corran paralelamente, debe existir entre ellos una separación mínima equivalente a un diámetro del conductor.

No obstante lo indicado en la tabla, las protecciones de cortocircuito de los conductores de 2,08 mm<sup>2</sup>, 3,31 mm<sup>2</sup> y 5,26 mm<sup>2</sup>, no deberán exceder de 16, 20 y 32 A, respectivamente

## Sesión N° 5: Uniones y conexiones de conductores

### 5.2 Actividad N° 1

Aislado los empalmes eléctricos: encintado y colocación de conectores.

Cada vez que se realiza un empalme entre dos o más conductores eléctricos, es necesario aislar este empalme. Existen dos métodos básicos para aislar y solidificar el empalme realizado. Uno de ellos es el encintado y el otro es utilizando conectores.

#### 1. Cintas de plástico

Esta es la más usada en las instalaciones eléctricas y su calidad depende del fabricante, sin embargo, ésta debe garantizar daños físicos leves, resistir a la humedad y adaptarse sólidamente al empalme. La cinta de plástico tiene la característica de ser adhesiva y flexible.

Al momento de realizar el encintado de un empalme, es necesario que se tenga esto en cuenta:

1. No dejar ninguna parte del material conductor sin aislar, o sea, debe de encintarse absolutamente todo el conductor, partiendo por encima del aislante del conductor y terminar por todo el empalme o unión.
2. A medida que se está encintando, debe de irse apretando, procurando que quede firme y bien adherido al empalme.

#### 3. Cintas de hule

Cuando se necesite que el empalme soporte humedades y temperaturas leves, se utiliza este tipo de cintas, las que hay que estirlas fuertemente cada vez que se esté encintando el empalme. Tiene la característica, de que se adhieren firmemente una capa sobre la otra, impidiendo que penetre la humedad al empalme.

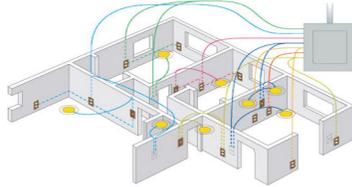
#### 4. Conector para empalme

Éste se fabrica de un material termoplástico muy resistente y rígido el que en su interior puede tener una rosca, aunque es más común que se utilice con un resorte para que este apriete y sujete el empalme. Se coloca enroscando el empalme torzal simple, como si se estuviera apretando un tornillo. Estos se construyen de diferentes diámetros, y soportan una cantidad de conductores (especificada por el fabricante).

## Sesión N° 6: Montaje de tablero eléctrico

### 6.1 Actividad de inicio

Funciones y partes principales del Tablero de Alumbrado eléctrico



El Tablero de Alumbrado es el corazón de una instalación eléctrica, ya que de este salen todos los conductores que alimentan a los diferentes circuitos de una residencia, comercio o industria. Las funciones del Tablero de Alumbrado son distribuir, controlar y proteger todos los circuitos que se encuentren instalados.

**Distribuir:** en el momento en que se diseña la instalación existen varios circuitos independientes. Por ejemplo, un circuito de iluminación o alumbrado, circuitos para enchufes de uso general, salida especial para un aire acondicionado o calentador de agua, etc.

**Controlar:** si se desea interrumpir un circuito para un mantenimiento o cualquier verificación, entonces por medio de un disyuntor se puede poner en OFF el circuito en particular o toda la instalación.

**Proteger:** los disyuntores o breakers, interruptores diferenciales y fusibles se encargan de proteger a los circuitos ante fallas eléctricas que se presenten en la instalación, tales como sobrecargas, cortocircuitos o fallas a tierra.

#### Las principales partes de un Tablero de Alumbrado:

1. **Conductores alimentadores:** son los conductores que suministran y soportan la potencia de toda la instalación y van desde la salida del medidor de energía hasta el Tablero de Alumbrado.
2. **Interruptor Automático principal:** se encarga de proteger toda la instalación y ante una desconexión de éste, se corta todo el suministro eléctrico.
3. **Disyuntores de un circuito secundario:** son los dispositivos de protección, que dependiendo del tipo de tablero, se encuentran instalados en una barra (sistema americano) o rieles (sistema europeo).
4. **Conductores de un circuito secundario:** son los conductores derivados que parten desde el último dispositivo de protección ubicado en el Tablero de Alumbrado hasta el punto de consumo eléctrico.
5. **Barra de neutro:** es una barra que posee varios tornillos para poder derivar el neutro de los cables alimentadores hacia los circuitos secundarios, los cables pueden ir directamente al neutro sin pasar por ningún dispositivo de protección.
6. **Barra de tierra:** para la protección contra fallas de aislamiento, en el tablero se coloca una barra con el cable de tierra principal para luego distribuirse por toda la instalación.

## 6.2 Actividad Nº 1 – Las normas chilenas NCH 4/2003 y los TDA

### EXTRACTO DE LAS NORMAS NCH 4/2003, CAPÍTULO 6:

#### 6. TABLEROS

##### 6.0. CONCEPTOS GENERALES

- 6.0.1. Los tableros son equipos eléctricos de una instalación, que concentran dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella.
- 6.0.2. La cantidad de tableros que sea necesario para el comando y protección de una instalación se determinará buscando salvaguardar la seguridad y tratando de obtener la mejor funcionalidad y flexibilidad en la operación de dicha instalación, tomando en cuenta la distribución y finalidad de cada uno de los recintos en que estén subdivididos el o los edificios componentes de la propiedad.
- 6.0.3. Los tableros serán instalados en lugares seguros y fácilmente accesibles, teniendo en cuenta las condiciones particulares siguientes:
  - 6.0.3.1. Los tableros de locales de reunión de personas se ubicarán en recintos sólo accesibles al personal de operación y administración.
  - 6.0.3.2. En caso de ser necesaria la instalación de tableros en recintos peligrosos, éstos deberán ser construidos utilizando equipos y métodos constructivos acorde a las normas específicas sobre la materia.
- 6.0.4. Todos los tableros deberán llevar estampada en forma visible, legible e indeleble la marca de fabricación, la tensión de servicio, la corriente nominal y el número de fases. El responsable de la instalación deberá agregar en su oportunidad su nombre o marca registrada.

##### 6.1. CLASIFICACIÓN

- 6.1.1. Atendiendo a la función y ubicación de los distintos Tableros dentro de la instalación, estos se clasificarán como sigue:
  - 6.1.1.1. **Tableros Generales:** Son los tableros principales de las instalaciones. En ellos estarán montados los dispositivos de protección y maniobra que protegen los alimentadores y que permiten operar sobre toda la instalación de consumo en forma conjunta o fraccionada.
  - 6.1.1.2. **Tableros Generales Auxiliares:** Son tableros que son alimentados desde un tablero general y desde ellos se protegen y operan subalimentadores que energizan tableros de distribución.

- 6.1.1.3. Tableros de Distribución:** Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente sobre los circuitos en que está dividida una instalación o parte de ella; pueden ser alimentados desde un tablero general, un tablero general auxiliar o directamente desde el empalme.
- 6.1.1.4. Tableros de Paso:** Son tableros que contienen protecciones cuya finalidad es proteger derivaciones que por su capacidad de transporte no pueden ser conectadas directamente a un alimentador, subalimentador o línea de distribución del cual están tomadas.
- 6.1.1.5. Tableros de Comando:** Son tableros que contienen los dispositivos de protección y de maniobra que permiten proteger y operar sobre artefactos individuales o sobre grupos de artefactos pertenecientes a un mismo circuito.
- 6.1.1.6. Centros de Control:** Son tableros que contienen dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permiten la operación de grupos de artefactos, en forma individual, en subgrupos, en forma programada o manual.
- 6.1.2.** Atendiendo a la utilización de la energía eléctrica controlada desde un tablero, éstos se clasificarán en:
- Tableros de Alumbrado,
  - Tableros de Fuerza,
  - Tableros de Calefacción,
  - Tableros de Control,
  - Tableros de Computación.

## 6.2. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

### 6.2.1. Formas constructivas

6.2.1.1. Todos los dispositivos y componentes de un tablero deberán montarse dentro de cajas, gabinetes o armarios, dependiendo del tamaño que ellos alcancen.

6.2.1.2. Los materiales empleados en la construcción de tableros deberán ser resistentes al fuego, autoextinguentes, no higroscópicos, resistentes a la corrosión o estar adecuadamente protegido contra ella.

6.2.1.3. Todos los tableros deberán contar con una cubierta cubre equipos y con una puerta exterior. La cubierta cubre equipos tendrá por finalidad impedir el contacto de cuerpos extraños con las partes energizadas, o bien, que partes energizadas queden al alcance del usuario al operar las protecciones o dispositivos de maniobra; deberá contar con perforaciones de tamaño adecuado como para dejar pasar libremente, sin que ninguno de los elementos indicados sea solidario a ella, palanquitas, perillas de operación o piezas de reemplazo, si procede, de los dispositivos de maniobra o protección. La cubierta cubre equipos se fijará mediante bisagras en disposición vertical, elementos de cierre a presión o cierres de tipo atornillado; en este último caso los tornillos de fijación empleados deberán ser del tipo imperdible.

La puerta exterior será totalmente cerrada permitiéndose sobre ella sólo luces piloto de indicación de tablero energizado. Su fijación se hará mediante bisagras en disposición vertical u horizontal.

Las partes energizadas de un tablero sólo podrán alcanzarse removiendo la cubierta cubre equipos, entendiéndose que esta maniobra solo se realizará por necesidad de efectuar trabajos de mantenimiento o modificaciones en el interior del tablero.

Los elementos de operación de las protecciones o dispositivos de maniobra sólo serán accesibles abriendo la puerta exterior la que deberá permanecer cerrada, para lo cual deberá contar con una chapa con llave o un dispositivo equivalente.

Se podrá exceptuar de la exigencia de contar con puerta exterior a todo tablero de uso doméstico o similar, con no más de cuatro circuitos.

6.2.1.4. Las cajas mencionadas en 6.2.1.1 se utilizarán para montajes embutidos o sobrepuestos en muros y se utilizarán en el montaje de tableros de baja capacidad y dimensiones reducidas.

6.2.1.5. Los gabinetes mencionados en 6.2.1.1 se utilizarán para montajes embutidos o sobrepuestos en muros o bien sobre estructuras autosoportantes y se utilizarán en el montaje de tableros de mediana capacidad y dimensiones.

6.2.1.6. Los armarios mencionados en 6.2.1.1 se utilizarán en el montaje de tableros de gran capacidad, se construirán de modo tal que sean autosoportantes y se montarán anclados al piso. Además de ser accesibles frontalmente a través de puertas y cubiertas cubre equipos como las prescritas en 6.2.1.3 podrán ser accesibles por los costados o por su parte trasera mediante tapas removibles fijadas mediante pernos del tipo imperdible.

- 6.2.1.7. El conjunto de elementos que constituyen la parte eléctrica de un tablero deberá ser montado sobre un bastidor o placa de montaje mecánicamente independiente de la caja, gabinete o armario los que se fijarán a éstos mediante pernos, de modo de ser fácilmente removidos en caso de ser necesario.
- 6.2.1.8. El tamaño de caja, gabinete o armario se seleccionará considerando que:
- El cableado de interconexión entre sus dispositivos deberá hacerse a través de bandejas no conductoras que permitan el paso cómodo y seguro de los conductores.
  - Deberá quedar un espacio suficiente entre las paredes de las cajas, gabinetes o armarios y las protecciones o dispositivos de comando y/o maniobra de modo tal de permitir un fácil mantenimiento del tablero.
  - Se deberá considerar un volumen libre de 25% de espacio libre para proveer ampliaciones de capacidad del tablero.
- 6.2.1.9. Las cajas, gabinetes o armarios en que se monten los tableros podrán ser construidos con placas de acero o materiales no conductores.
- 6.2.1.10. Las cajas y gabinetes metálicos podrán estar constituidos por placas de acero plegadas y soldadas las que le darán forma y rigidez mecánica. Los armarios metálicos se estructurarán sobre bastidores de perfiles de resistencia mecánica adecuada a las exigencias del montaje y se cerrarán con placas plegadas las que formarán sus cubiertas y puertas. Será recomendable la construcción modular de estos contenedores de modo de poder construir tableros de gran tamaño mediante el montaje de grupos de estos módulos.
- 6.2.1.11. Las placas de acero que se utilicen en la construcción de cajas, gabinetes o armarios tendrán espesores mínimos de acuerdo a lo indicado en la tabla N° 6.2.
- 6.2.1.12. Todos los componentes metálicos de cajas, gabinetes y armarios deberán someterse a un proceso de acabado que garantice una adecuada resistencia a la corrosión; este proceso consistirá a lo menos en un lavado de desgrase, decapado ácido, imprimación, aplicación de dos manos de esmalte anticorrosivo y aplicación por proceso de adherencia electrostática de dos manos de esmalte de acabado. La calidad de esta terminación se deberá comprobar mediante la aplicación de las normas de control de calidad correspondientes.
- 6.2.1.13. Los materiales no metálicos empleados en la construcción de cajas, gabinetes o armarios deberán cumplir las siguientes condiciones:
- Serán no higroscópicos.
  - En caso de combustión deberán ser autoextinguentes, arder sin llama y emitir humos de baja opacidad, sus residuos gaseosos serán no tóxicos.
  - Tendrán una resistencia mecánica suficiente como para soportar una energía de choque de 2 joules para tableros con puerta y 0,5 joules para tableros sin puerta.
- NA. En tanto no se dicte la Norma Nacional correspondiente la calidad de los materiales no metálicos destinados a la construcción de tableros se podrá ensayar de acuerdo a la Norma CEI 695.

**Tabla N° 6.2**  
**Espesor Mínimo de la Plancha de Acero para Cajas, Gabinetes o Armarios**

Superficie libre [m <sup>2</sup> ]	Espesor de la plancha [mm]
0,25	1,2
0,75	1,5
1	1,8
sobre 1	2,0

6.2.1.14. Las distancias mínimas entre partes desnudas energizadas dentro de un tablero serán determinadas de acuerdo a la Tabla N° 6.3. Se exceptúan de esta exigencia a las distancias entre contactos de dispositivos de protección y de maniobra las cuales deberán cumplir con las Normas específicas respectivas.

**Tabla N° 6.3**  
**Distancias entre Partes Energizadas Desnudas dentro de un Tablero**

Tensiones de servicio [V]	Distinta polaridad tendido al aire	Distinta polaridad montada sobre la misma superficie	Partes energizadas con respecto a tierra
	[mm]		
0 a 200	15	20	15
201 a 400	20	35	15
401 a 1000	30	50	30

6.2.1.15. Los tableros deberán construirse con un índice de protección (grado IP) adecuado al medio ambiente y condiciones de instalación. En general no se aceptará la construcción de tableros de tipo abierto. Ver 5.3.2.

NA. De acuerdo a esta disposición no será aceptable la construcción de tableros grados IP00 y como referencia se sugiere considerar un grado IP 41 como mínimo para tableros en interior e IP44 como mínimo para tableros instalados en exterior.

6.2.1.16. La altura mínima de montaje de los dispositivos de comando o accionamiento colocados en un tablero será de 0,60 m y la altura máxima será de 2,0 m, ambas distancias medidas respecto del nivel de piso terminado.

## 6.2.2. Material eléctrico

- 6.2.2.1. Los conductores de alimentación que lleguen a un tablero deberán hacerlo a puentes de conexión o barras metálicas de distribución desde donde se harán las derivaciones para la conexión de los dispositivos de comando o protección constitutivos del tablero. No se aceptará el cableado de un tablero con conexiones hechas de dispositivo a dispositivo.
- 6.2.2.2. Las barras de distribución se deberán montar rígidamente soportadas en las cajas, gabinetes o armarios; estos soportes deberán ser aislantes.
- 6.2.2.3. La cantidad y dimensiones de los soportes de barras se fijarán de acuerdo al cálculo de esfuerzos dinámicos que se originen en la más alta corriente de cortocircuito estimada para el tablero y teniendo en consideración la presencia de armónicas de corriente o tensión que puedan originar resonancias mecánicas de las barras.
- 6.2.2.4. Tanto las barras como los conductores del cableado interno de los tableros deberán cumplir el código de colores indicado en 8.0.4.15.
- 6.2.2.5. La capacidad de transporte de corriente de las barras de distribución de un tablero se fijará de acuerdo a la tabla N° 6.4.
- 6.2.2.6. Todo el cableado interno de los tableros que corresponda a la alimentación de los consumos externos se deberá hacer llegar a regletas de conexiones de modo tal que los conductores externos provenientes de estos consumos se conecten a estas regletas y no directamente a los terminales de los dispositivos de protección o comando.
- 6.2.2.7. Todos los tableros cuya capacidad sea igual o superior a 200 Amperes deberán llevar instrumentos de medida que indiquen la tensión y corriente sobre cada fase.
- 6.2.2.8. Todos los tableros deberán llevar luces piloto sobre cada fase para indicación de tablero energizado. Se exceptúan de esta exigencia a los tableros de uso doméstico o similar de menos de ocho circuitos.
- 6.2.2.9. Los tableros generales y generales auxiliares considerados en 6.2.2.7 y aquellos cuyas características de funcionamiento lo exijan deberán llevar luces piloto de indicación del estado de funcionamiento de cada uno de los alimentadores, subalimentadores o circuitos controlados desde ellos.
- 6.2.2.10. Los dispositivos de control, luces piloto, instrumentos de medida u otros similares montados en un tablero y que necesiten de energía eléctrica para su funcionamiento, deberán ser alimentados desde circuitos independientes cuya protección podrá ser como máximo de 10 Amperes y de la capacidad de ruptura adecuada.

**Capacidad de Corriente para Barras de Cobre de Sección Rectangular  
Corriente Permanente en Amperes**

Dimensiones de las barras [mm <sup>2</sup> ]	Barras pintadas Número de barras				Barras desnudas Número de barras			
	I	II	III	50 mm* II II	I	II	III	50 mm* II II
12x2	125	225			110	200		
15x2	155	270			140	240		
15x3	185	330			170	300		
20x2	205	350			185	315		
20x3	245	425			220	380		
20x5	325	560			295	500		
25x3	300	520			270	460		
25x5	395	670			350	600		
30x3	355	610			315	540		
30x5	450	780			400	700		
40x3	460	790			425	710		
40x5	600	1.000			520	900		
40x10	850	1.500	2.060	2.800	760	1.350	1.850	2.500
50x5	720	1.220	1.750	2.300	630	1.100	1.650	2.100
50x10	1.030	1.800	2.450	3.330	920	1.600	2.250	3.000
60x5	850	1.430	1.950	2.650	760	1.250	1.760	2.400
60x10	1.200	2.100	2.800	3.700	1.060	1.900	2.600	3.500
80x5	1.070	1.900	2.500	3.200	870	1.700	2.300	3.000
80x10	1.560	2.500	3.300	4.500	1.380	2.300	3.100	4.200
100x5	1.350	2.300	3.000	3.800	1.200	2.050	2.850	3.500
100x10	1.880	3.100	4.000	5.400	1.700	2.800	3.650	5.000
120x10	2.250	3.500	4.500	6.100	2.000	3.100	4.100	5.100
160x10	2.800	4.400	5.800	7.800	2.500	3.900	5.300	7.300
200x10	3.350	5.300	6.900	9.400	3.000	4.750	6.350	8.800

**6.2.3. Orden de conexionado**

- 6.2.3.1. Los conductores del lado de la alimentación llegarán siempre al dispositivo de maniobra y de allí al dispositivo de protección, en caso que éstos constituyan elementos separados.
- 6.2.3.2. Los conductores de alimentación deberán llegar siempre a los contactos fijos de interruptores, disyuntores, seccionadores o contactores; si por alguna razón ineludible no resulta posible cumplir esta exigencia, esta condición deberá indicarse claramente en un letrero colocado bajo el dispositivo correspondiente.
- 6.2.3.3. En los tableros cuyas protecciones sean fusibles tipo D los conductores del lado de la alimentación llegarán siempre al contacto central de la base.
- 6.2.3.4. En tableros en que se usen fusibles como limitadores de corriente de cortocircuito, en serie con disyuntores, los conductores de la alimentación llegarán primero a los fusibles.

**6.2.4. Conexión a tierra**

- 6.2.4.1. Todo tablero deberá contar con una barra o puente de conexión a tierra.
- 6.2.4.2. Si la caja, gabinete o armario que contiene a un tablero es metálico, deberá protegerse contra tensiones peligrosas.
- 6.2.4.3. Las conexiones a tierra de un tablero deberán cumplir con lo dispuesto en la sección 10.

### 6.3. DISPOSICIONES APLICABLES A TABLEROS GENERALES

- 6.3.1. Se deberá colocar un tablero general en toda instalación en que exista más de un tablero de distribución y la distancia entre estos tableros y el empalme sea superior a 10 m.
- 6.3.2. También se deberá colocar un tablero general en aquellas instalaciones en que, existiendo un único tablero de distribución, éste esté separado más de 30 m del equipo de medida del empalme y el alimentador de este tablero no quede protegido por la protección del empalme.
- NA. Debe entenderse que las disposiciones de 6.3.1 y 6.3.2 son aplicables en conjunto de modo que prima la condición de no existencia de tablero g0eneral en caso de que el alimentador esté protegido por la protección del empalme.
- 6.3.3. Todo tablero del cual dependan más de seis alimentadores deberá llevar un interruptor general o protecciones generales que permitan operar sobre toda la instalación en forma simultánea.
- NA. Dado el hecho de que generalmente esta exigencia se cumple instalando un disyuntor, lo que significa una protección y un elemento de comando reunido en un solo aparato, se tiende a establecer que la norma exige una protección en esta posición, sin embargo 6.3.3 indica que es suficiente con un interruptor (elemento de comando).
- 6.3.4. Los tableros generales auxiliares se colocarán en aquellas instalaciones en que se necesite derivar desde un alimentador, subalimentadores, para energizar distintos tableros de distribución en forma individual o en grupo.
- 6.3.5. En un tablero general no podrán colocarse dispositivos de operación o protección para alimentadores de distintas tensiones.

### 6.4. DISPOSICIONES APLICABLES A TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

- 6.4.1. En un tablero de distribución de Alumbrado no deberán colocarse más de 42 dispositivos de protección distintos a las protecciones generales.  
Para los efectos de aplicación de esta disposición una protección bipolar se considerará como dos dispositivos de protección y una protección tripolar como tres.
- 6.4.2. Todo tablero de distribución cuya capacidad sea inferior o igual a 200 Amperes o cuyo alimentador tenga un dispositivo de protección de capacidad nominal inferior o igual a 200 Amperes, no necesitará de dispositivos de operación o protección generales.
- 6.4.3. En caso de que varios tableros de distribución sean alimentados desde un alimentador común y las protecciones de este tenga una capacidad superior a 200 Amperes, cada tablero de distribución deberá llevar dispositivos de operación y protección generales, aunque su capacidad individual sea inferior a 200 Amperes.
- 6.4.4. Cuando exista un único tablero de distribución en una instalación se aplicará 6.3.3.
- 6.4.5. En un tablero de distribución en que se alimentan circuitos de distintos servicios, tales como fuerza, alumbrado, calefacción u otros, las protecciones se deberán agrupar ordenadamente ocupando distintas secciones del tablero. Se colocarán protecciones generales correspondientes a cada servicio cuando las condiciones de seguridad y funcionamiento lo requieran.

## Sesión N° 8: Montaje de ductos y accesorios

### 8.1 Actividad de inicio

Tipos de canalizaciones eléctricas: características y aplicaciones

Las canalizaciones eléctricas o simplemente tubos en instalaciones eléctricas, son los elementos que se encargan de contener los conductores eléctricos. La función de las canalizaciones eléctricas son proteger a los conductores, ya sea de daños mecánicos, químicos, altas temperatura y humedad; también, distribuirlo de forma uniforme, acomodando el cableado eléctrico en la instalación.

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

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

### **Tubos de PVC**

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

Aplicaciones:

- Empotrados bajo concreto, en suelos, techos y paredes.
- En zonas húmedas.
- En superficies, considerando sus limitaciones térmicas y mecánicas.

### **Tubos EMT**

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

Aplicaciones:

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

### **Tubos IMC**

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

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

Aplicaciones:

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

### **Tubos flexibles metálicos**

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

Aplicaciones:

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

### **Tubos flexibles de plásticos**

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

Aplicaciones:

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

### **Tubo Liquidtigh**

Su construcción es similar al tubo flexible metálico, pero la diferencia está en que tiene un recubrimiento de un material aislante termoplástico. Este acabado final, lo hace sólidamente hermético, resistente y flexible.

Aplicaciones:

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

## 8.2 Actividad Nº 1 – Practicando curvas en tubos conduit

### Terminología (Extracto de las normas NCH 4/2003, capítulo 4)

**4.1.7. APARATO:** Elemento de la instalación destinado a controlar el paso de la energía eléctrica.

Esta definición implica que a cualquier aparato que controle el paso de la corriente eléctrica, ya sea para interrumpirla o darle paso, se le denomina interruptor.

Presente a sus alumnos algunos ejemplos de estos aparatos: Interruptores de uno o varios efectos, disyuntores (Interruptor termomagnético), Interruptor diferencial. Puede mostrar estos aparatos físicamente, según las siguientes imágenes y se le pide a los alumnos que definan e identifiquen la función de cada uno de ellos en una instalación eléctrica:



Todos estos aparatos están en todos nuestros hogares ya que forman parte de una instalación eléctrica.

Igualmente, en las normas se define:

**4.1.9. ARTEFACTO:** Elemento fijo o portátil, parte de una instalación, que consume energía eléctrica.

En otras palabras, son aquellos consumos eléctricos que se conectan a una instalación y que realizan un trabajo, tales como: ampolleta, televisor, computador, aspiradora, estufa, juguera, equipo de música, hervidor de agua, refrigerador, horno microondas, plancha eléctrica, secador de pelo, lavadora, etc.

Todos estos artefactos y otros que suelen estar en nuestros hogares, traen características técnicas de fábrica, tales como: Voltaje de funcionamiento (en Chile 220v) frecuencia de funcionamiento (en Chile 50 Hz) y la potencia que consumen, en Watt. El dato de la potencia es muy importante ya que si es muy alta, puede sobrepasar el límite asignado por la compañía distribuidora de energía eléctrica y al conectarlos a la red, hacen operar el disyuntor termomagnético del medidor, interrumpiéndose la energía eléctrica en la instalación eléctrica.

Por ejemplo, supongamos una plancha, con una potencia de 1000 w que funciona con un voltaje de 220 v a una frecuencia de 50 Hz, por lo que consume una corriente de 4,55 Amperes. Al conectarla, al mismo tiempo que un hervidor de 1800 W, con un consumo de 8,18 Amperes y si el medidor tiene un automático de 10 A, que es muy común, este operará y cortará la energía eléctrica, ya que estos dos consumos superan los 10 A ( $4,55 + 8,18 = 12,73$  A). Esto sin contar que, eventualmente puede haber otros artefactos también conectados.

En la figura siguiente se muestran algunos tipos de artefactos, de los cuales se pide a los alumnos que definan e identifiquen que su potencia es importante al momento de conectarlos a la red.



También en las normas se define:

**4.1.3. ACCESORIO**

**4.1.3.1. Aplicado a materiales:** Material complementario utilizado en instalaciones eléctricas, cuyo fin es cumplir funciones de índole más bien mecánicas que eléctricas.

**4.1.3.2. Aplicado a equipos:** Equipo complementario necesario para el funcionamiento del equipo principal.

De acuerdo a estas definiciones, entenderemos por accesorios a: abrazaderas, canalizaciones, tarugos, cajas de derivación, salidas de cajas, curvas, tornillos, riel DIN, cajas de tableros, regletas, etc. que, en general, permiten fijar componentes de una instalación.

Según el código eléctrico también se define:

**4.1.19. EQUIPO ELÉCTRICO:** Término aplicable a aparatos de maniobra, regulación, seguridad o control y a los artefactos y accesorios que forman parte de una instalación eléctrica. Dependiendo de su forma constructiva y características de resistencia a la acción del medio ambiente se calificarán según los tipos detallados a continuación y de acuerdo al cumplimiento de la norma específica sobre la materia.

Sesión N° 9: Montaje de ductos y accesorios

9.1.1 Tablas Nch/2003

Cantidad Máxima de Conductores Acero Barnizado.

**Tabla N° 8.17**  
**Cantidad Máxima de Conductores en Tubos de Acero Barnizado,**  
**Tubos Galvanizados Livianos y Tubos Plásticos Flexibles**

Tipo de ducto		t.p.r.	t.a.	t.a.g.	t.p.f.	t.a.		t.a.g.
Diámetro nominal		1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"
Conductor								
Tipo y sección nominal [mm²]		Cantidad de conductores						
NYA – THHN								
1	-	7	10	16	30	-	-	-
1,5	-	6	7	13	25	-	-	-
2,5	-	3	6	7	16	26	-	-
4	-	3	4	6	10	18	26	-
6	-	1	3	5	7	14	22	40
10	-	1	1	3	5	9	13	25

**Tabla N° 8.17a**  
**Cantidad Máxima de Conductores en Tubos de Acero Barnizado,**  
**Tubos Galvanizados Livianos y Tubo Plástico Flexible**

Tipo de ducto		t.p.r.	t.a.	t.a.g.	t.p.f.	t.a.		t.a.g.
Diámetro nominal		1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"
Conductor								
Tipo y sección Nominal [mm²]		Cantidad de Conductores						
NSYA	THW – THWN							
1,5	-	3	5	8	15	25	-	-
-	2,08	2	3	5	10	16	24	-
2,5	-	3	4	7	12	20	30	-
-	3,31	1	3	4	8	13	19	36
4	-	2	3	5	9	15	23	43
-	5,26	1	2	3	6	10	15	28
6	-	1	3	4	8	12	19	35
-	8,37	1	1	2	3	6	9	17
10	-	1	1	2	5	8	12	22
-	13,3	-	1	1	3	5	8	15
16	-	-	1	1	3	5	7	14
-	21,2	-	1	1	2	3	5	9
25	-	-	1	1	2	3	5	9
-	26,7	-	-	1	1	3	4	8
-	33,6	-	-	1	1	2	4	7
35	-	-	-	1	1	2	4	7
-	42,4	-	-	-	1	1	3	5
50	-	-	-	-	1	1	3	5
-	53,5	-	-	-	1	1	2	4
-	67,4	-	-	-	1	1	2	3
70	-	-	-	-	-	1	2	4
-	85,0	-	-	-	-	1	1	3
95	-	-	-	-	-	1	1	3
-	107,2	-	-	-	-	1	1	2
120	-	-	-	-	-	-	1	2

Conductores Acero Galvanizado pared gruesa, no metálicas y metálica flexible.

**Tabla N° 8.18**  
**Cantidad Máxima de Conductores en Tubos de Acero Galvanizado de Pared Gruesa**  
**(Cañerías), Tuberías No Metálicas y Tuberías Metálicas Flexibles**

Tipo de Ducto		t.p.p	t.p.r.	c.a.g.		t.p.p. - t.p.r. - c.a.g.								t.p.p.	t.p.r.	c.a.g.
Diámetro nominal		1/2 "	16 mm	1/2 "	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	110 mm	4"	
Conductor		Cantidad de Conductores														
Tipo y Sección Nominal [mm <sup>2</sup> ]																
NSYA	THW - THWN															
1,5	-	4	5	7	12	20	36	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	2,08	3	3	5	8	13	23	32	-	-	-	-	-	-	-	
2,5	-	3	4	6	10	16	28	39	-	-	-	-	-	-	-	
-	3,31	2	3	4	7	11	19	26	42	-	-	-	-	-	-	
4	-	2	3	4	8	13	22	30	50	-	-	-	-	-	-	
-	5,26	1	2	3	5	8	14	20	33	-	-	-	-	-	-	
6	-	2	2	3	6	10	18	24	40	-	-	-	-	-	-	
-	8,37	1	1	1	3	5	9	12	20	31	-	-	-	-	-	
10	-	1	1	2	4	6	11	16	26	37	-	-	-	-	-	
-	13,3	1	1	1	2	4	7	10	16	23	38	-	-	-	-	
16	-	1	1	1	2	4	7	10	16	23	36	-	-	-	-	
-	21,2	1	1	1	1	3	5	7	11	16	25	-	-	-	-	
25	-	1	1	1	1	3	5	6	9	15	24	32	-	-	-	
-	26,7	1	1	1	1	2	4	6	10	14	20	29	-	-	-	
-	33,6	1	1	1	1	2	4	5	8	12	14	24	29	30	31	
35	-	1	1	1	1	2	4	5	8	13	19	26	30	31	33	
-	42,4	1	1	1	1	1	2	4	6	9	13	18	21	22	23	
50	-	1	1	1	1	1	2	4	6	9	13	18	21	22	23	
-	53,5	1	1	1	1	1	2	3	5	7	11	15	18	19	20	
-	67,4	1	1	1	1	1	1	2	4	6	9	12	15	15	16	
70	-	1	1	1	1	1	2	3	4	6	10	14	16	17	18	
-	85,0	1	1	1	1	1	1	2	3	5	8	11	13	13	14	
95	-	1	1	1	1	1	1	2	3	5	8	10	12	13	13	
-	107,2	1	1	1	1	1	1	1	3	4	7	9	11	11	12	
120	-	1	1	1	1	1	1	1	3	4	6	8	10	10	11	
-	126,7	1	1	1	1	1	1	2	3	5	7	8	9	9	9	
150	-	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	7	8	8	
-	152	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	7	8	8	
-	177,3	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	6	7	7	7	
185	-	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	6	7	7	7	
-	202	1	1	1	1	1	1	1	2	4	5	6	6	6	6	
240	-	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
-	253	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
300	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4	4	
-	304,0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4	4	
-	380,0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	
400	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	
-	506,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	

Conductores Acero Galvanizado pared gruesa y tuberías no metálicas.

**Tabla N° 8.18a**  
**Cantidad Máxima de Conductores en Tubos de Acero Galvanizado de Pared Gruesa**  
**(Cañerías) y Tuberías No Metálicas**

Tipo de ducto		t.p.p.	t.p.r.	c.a.g.	t.p.p. - t.p.r. - c.a.g.								t.p.p.	t.p.r.	c.a.g.
Conductor	Diámetro nominal	1/2"	16 mm	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	110 mm	4"
	Tipo y sección nominal [mm <sup>2</sup> ]	Cantidad de Conductores													
	NYN	TTU, XTU, RRH													
1,5	-	6	7	12	21	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	2,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,5	-	4	5	7	14	22	39	-	-	-	-	-	-	-	-
-	3,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	3	3	5	7	15	26	36	-	-	-	-	-	-	-
-	5,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	2	3	4	7	12	21	28	47	-	-	-	-	-	-
-	8,37	-	-	1	1	3	7	13	20	-	-	-	-	-	-
10	-	1	1	2	4	7	13	18	29	-	-	-	-	-	-
-	13,3	-	-	1	1	1	4	7	13	20	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	21,2	-	-	1	1	1	3	6	8	14	22	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	26,7	-	-	-	1	1	3	4	8	12	18	25	-	-	-
-	33,6	-	-	-	1	1	1	3	7	8	16	22	25	26	27
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	42,4	-	-	-	1	1	1	2	4	7	11	15	17	18	19
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	53,5	-	-	-	1	1	1	2	4	6	10	13	15	16	17
-	67,4	-	-	-	-	1	1	1	3	5	8	11	13	13	14
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	85,0	-	-	-	-	1	1	1	3	4	7	9	11	11	12
95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	107,2	-	-	-	-	1	1	1	2	3	6	8	9	10	10
120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	126,7	-	-	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	7	8
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	152	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4	5	6	6	7
-	177,3	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	6	6	6
185	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	202	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	5	5	5
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	253	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2	3	4	4	5
300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## 9.1.2 Actividad de inicio

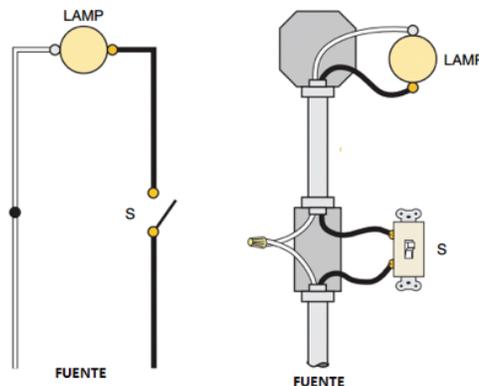
### Conexiones básicas de los interruptores eléctricos.

En este apunte se tratarán las conexiones básicas de los interruptores y los circuitos más usados en las instalaciones eléctricas residenciales. Cabe destacar que este tipo de conexión es aplicable a cualquier instalación eléctrica, ya sea a nivel comercial como industrial.

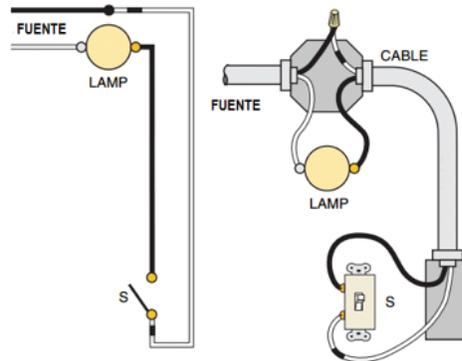
#### Conexión del interruptor simple

Esta es la conexión más básica que se puede encontrar en una instalación eléctrica. Consiste en controlar desde un solo punto una lámpara. Aquí se tienen dos tipos de esquemas que representan el mismo circuito, el primero es un esquema funcional, es claro y sencillo, e indica el funcionamiento básico del circuito. El segundo es un esquema de conexión, que, aunque tiene de forma pictórica los componentes, también se puede presentar en forma simbólica. Este tipo de esquema, representa la conexión real de los componentes eléctricos, así se vería en una instalación.

Funcionamiento: La fuente de alimentación, puede venir de otro circuito, o quizás del panel de disyuntores o breakers. Al presionar el interruptor "S" la lámpara "LAMP" enciende, ya que se cerró el circuito, y puede circular corriente sin problemas. Observe que el interruptor interrumpe el cable negro, este es el potencial o vivo, y es el que siempre se interrumpe por norma (NEC). El cable blanco es el neutro, y se empalma en la caja del interruptor y se lleva a la lámpara. Aunque quizás pienses que se puede llevar directamente el cable neutro, sin tener que empalmarlo en la caja de interruptores, está regulado que se debe empalmar o atornillar los cables que llegan a cada caja de conexión, tanto el potencial, como el mismo neutro. Esto facilita el trabajo para posibles reparaciones o derivaciones futuras que se vayan a realizar.

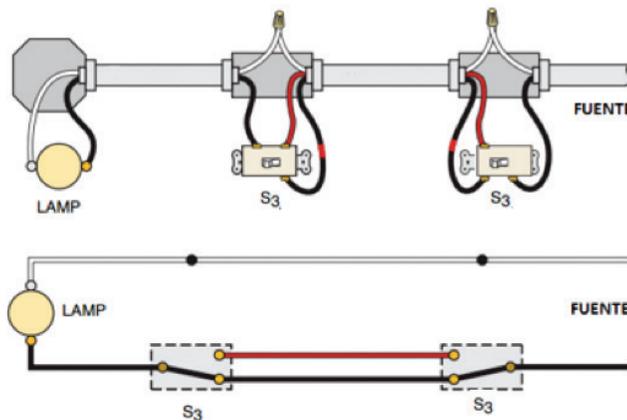


Funcionamiento: Este circuito funciona igual que el anterior, sin embargo, la conexión varía por la entrada de la fuente de alimentación. Éste entra por la caja de la lámpara. El neutro se conecta directo a la lámpara, y el potencial se empalma con el cable blanco marcado con tape (éste puede ser negro por igual). Este va hacia el interruptor, para interrumpir el circuito. Luego se lleva un cable negro directo a la lámpara (éste se conoce como retorno o vuelta de llave).



### Conexión del interruptor de tres vías

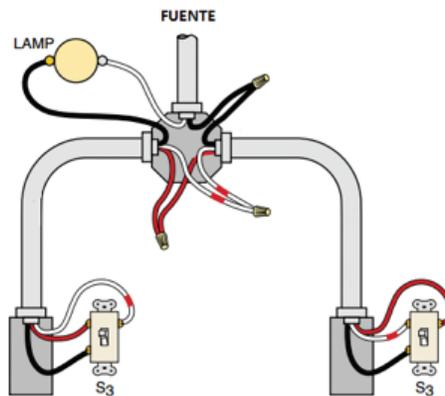
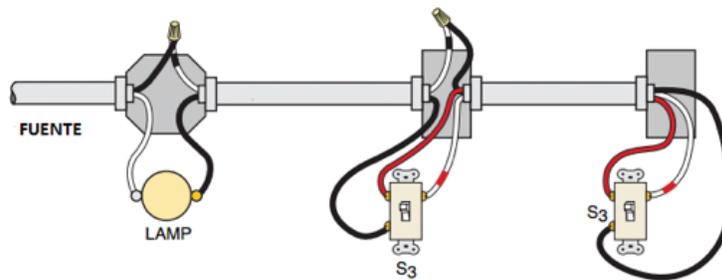
Este es el circuito más utilizado para la conexión de los interruptores de tres vías. Este circuito se utiliza para controlar una lámpara o grupo de lámparas desde dos puntos, es decir el encendido o apagado desde dos ubicaciones diferente.



Funcionamiento: En este primer estado, la lámpara se encuentra encendida, ya que no existe una interrupción del potencial hacia la lámpara. Tan pronto se accione cualquiera de los dos interruptores “S3”, la lámpara se apaga. Se trata de conmutar los interruptores, hasta que se encuentren en el mismo camino en común para poder dejar pasar la corriente.

En el caso del circuito, la fuente de alimentación entra por la caja del interruptor. El neutro (cable blanco), se empalma en la primera y segunda caja, luego va hacia la lámpara. El cable potencial (cable negro) se conecta directo al común del interruptor “S3”. De los otros dos tornillos se sacan los cables vueltas de llave (estos conductores pueden ser del mismo color o de colores diferentes) que se llevan hacia los tornillos del segundo interruptor, luego se fija el cable negro en el común de este, y se conecta directo a la lámpara.

Hay situaciones en la que la conexión puede variar levemente. Esto se debe a la forma en que se alimenta el circuito, así como la ubicación en la que se encuentre la caja de la lámpara o de los interruptores. En las siguientes figuras se puede observar esos casos.



## Sesión N° 10: Circuito eléctrico de un efecto (9/12)

### 10.1 Actividad de inicio

#### Cálculo de la sección de conductores

El cálculo eléctrico de la sección de los conductores empleados en las instalaciones eléctricas de baja tensión se efectúa de dos formas diferentes:

- Por el método de la densidad de corriente y
- Por el método de la caída de tensión.

El método basado en la densidad de corriente, también llamado método de capacidad térmica, se emplea en líneas o conductores que tienen poca longitud, donde la caída de tensión es despreciable, cuando la acometida a la toma de corriente es relativamente corta.

Esto ocurre en la alimentación de receptores como estufas, lavarropas, motores, etc., y en líneas interiores de viviendas o fábricas.

Para hallar la sección de los conductores de una línea por este método:

1. Se calcula la intensidad nominal que pasaría por el conductor.
2. Se consultan las tablas apropiadas para cada caso concreto.
3. Mediante la consulta de estas tablas, se halla el valor de la sección, teniendo en cuenta el tipo de canalización, el número de conductores y la clase de aislamiento.

Primero, se calcula la intensidad nominal mediante la fórmula conocida:

$$I = P / V$$

$$I = 3.000 \text{ W} / 220 \text{ V}$$

$$I = 13,6 \text{ A}$$

Intensidad nominal del aparato $I_n$ , A	Sección del conductor mm <sup>2</sup>
$I_n < 10$	0,75
$10 < I_n < 13,5$	1
$13,5 < I_n < 16$	1,5
$16 < I_n < 25$	2,5
$25 < I_n < 32$	4
$32 < I_n < 40$	6
$40 < I_n < 60$	10

Según los datos del problema, se trata de la alimentación de un electrodoméstico; por tanto, en la tabla destinada a este fin obtenemos que debemos elegir una sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>, pues la intensidad nominal del lavarropas es de 13,6 A, valor comprendido entre 13,5 y 16 A. En efecto, el cable tendrá una sección de:  $S = 1.5 \text{ mm}^2$ .

Existen tablas específicas para los distintos tipos de conductores, así como para las distintas situaciones en que pueden presentarse: aislados con goma o policloruro de vinilo, bajo tubo al aire, etc. Tanto los reglamentos eléctricos de los distintos países, como los fabricantes de conductores, facilitan distintas tablas para las diferentes situaciones.

Cuando los conductores tienen cierta longitud –además de lo ya dicho–, su sección viene impuesta por la tensión desde el origen de la instalación interior a los puntos de utilización. Esta caída de tensión será, como máximo, del 1,5 %, considerando alimentados los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. Esto es:

$$\begin{aligned} e_{\text{máx}} &= (1,5 / 100) \cdot 220 \text{ V} \\ e_{\text{máx}} &= 3,3 \text{ V} \end{aligned}$$

Una fórmula a utilizar para obtener la caída de tensión es:

$$e = (\rho \cdot 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi) / S$$

Siempre se cumple que  $e < e_{\text{máx}}$ .

La  $e$  en estas condiciones, considerando un  $\cos \phi = 1$  y sabiendo que la resistividad del cobre es  $\rho = 0,0172$ :

$$\begin{aligned} e &= (0,0172 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 13,6 \cdot 1) / 1,5 \\ e &= 15,6 \text{ V} \end{aligned}$$

Como este valor está muy por encima del permitido, procedemos a calcular la sección del cable que nos impide superar los 3,3 V autorizados.

$$\begin{aligned} S &= (\rho \cdot 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi) / e \\ S &= (0,0172 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 13,6 \cdot 1) / 3,3 \\ S &= 9,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Elegimos, entonces, 10 mm<sup>2</sup>, que es una sección normalizada.

## Sesión N° 13: Circuito eléctrico de tres efectos (9/32)

### 1.1 Actividad de inicio

#### TECNOLOGÍA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

##### CONCEPTOS BÁSICOS:

- **Conductores:** Son materiales, en forma de hilo sólido (alambre) o cable (compuesto por varios hilos muy delgados), a través de los cuales se desplaza fácilmente la corriente eléctrica.

Los conductores más usados son de cobre y deben tener baja resistencia eléctrica, ser mecánicamente fuertes y flexibles y llevar un aislamiento acorde al uso que se le va a dar.

En las instalaciones eléctricas domiciliarias, normalmente se usan los siguientes tipos de conductores:

**Cable paralelo o dúplex:** Está conformado por dos cables, los cuales se encuentran unidos o pegados únicamente por sus aislamientos. Se usan mucho para conectar electrodomésticos y lámparas.

**Cable encauchetado:** Cuando dos o más cables independientes vienen dentro de otro aislamiento común.

**Cable coaxial y amphenol:** Cables especialmente fabricados para conectar las antenas de los televisores.

#### TIPOS Y COLOR DEL AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

El aislamiento de los conductores se fabrica con materiales plásticos, aunque para usos especiales se usan de asbesto o silicona (para elementos calefactores), que evitan los cortocircuitos y las fugas de corriente ocasionadas por el calor.

Los tipos de aislamiento más comunes son:

T: Plástico o termoplástico.

TW: Resistente a la humedad.

TH: Resistente al calor.

THW: Resistente al calor y la humedad.

El aislamiento más usado para instalaciones residenciales es el THW, fabricado para bajas tensiones (hasta 600V).

El color del aislamiento, de acuerdo a normas internacionales y a la norma NTC 2050 de ICONTEC es:

**Neutro (puesto a tierra):** Blanco o gris

**Puesta a tierra:** Verde o verde con rayas amarillas o desnudo.

**Fases o conductores activos:** Colores que no sean blanco, gris o verde. Se recomienda rojo, amarillo y azul.

#### **CALIBRE DE LOS CONDUCTORES:**

Es la sección o área transversal que tienen los conductores. Tienen relación directa con la naturaleza y resistencia de éstos.

De acuerdo a la AWG el calibre de los conductores se identifica mediante un número.

Los números más altos hacen referencia a los calibres más delgados y los números más bajos a calibres más gruesos, como puede apreciarse en la siguiente tabla:

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE COBRE (sin el aislamiento)			
NºAWG	Diámetro	Sección en mm <sup>2</sup>	Tipo de conductor
8	1,02	0,82	Cable y alambre
16	1,29	1,31	Cable y alambre
14	1,63	2,08	Cable y alambre
12	2,05	3,30	Cable y alambre
10	2,59	5,25	Cable y alambre
8	3,26	8,36	Cable y alambre
6	4,11	13,29,	Cable
4	5,19	21,14	Cable
3	5,83	26,66	Cable
2	6,54	33,62	Cable
1	7,33	42,20	Cable
1/0	8,25	53,50	Cable
2/0	9,27	67,44	Cable
3/0	10,40	85,02	Cable
4/0	11,68	107,21	Cable

En instalaciones residenciales normales, para conductores NO 10 AWG o menores se emplea alambre sólido, y para conductores NO 6 o mayores se emplea cable. Cuando se usa el NO 8 puede ser cable o alambre.

El calibre más pequeño que se permite es el NO 14.

Lámparas y electrodomésticos menores. Pueden emplear conductores calibre 16 e incluso 18.

Para la conexión de timbres y teléfonos se pueden emplear conductores con un calibre NO 22.

### CORRIENTE QUE PUEDEN CONDUCIR

La cantidad de corriente que puede pasar por un conductor depende del calibre que éste tenga, así como de ciertas condiciones en el uso de los mismos.

Como se puede apreciar en la anterior y siguiente tabla:

CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE EN LOS CONDUCTORES DE COBRE AISLADO EXPRESADA EN A y DE 0 A 2000V				
CALIBRE AWG	POR DUCTO		AL AIRE LIBRE	
	TW	THW	TW	THW
18	6			
16	8			
14	20	20	25	30
12	25	25	30	35
10	30	35	40	50
8	40	50	60	70
6	55	65	80	95
4	70	85	105	125
3	85	100	120	145
2	95	115	140	170
1	110	130	165	195
1/0	125	150	195	230
2/0	145	175	225	265
3/0	165	200	260	310
4/0	195	230	300	360

Los valores consignados en la tabla anterior son válidos a temperatura normal y cuando no pasan más de tres conductores por el mismo ducto. Si pasan cuatro o más conductores, la capacidad de conducción de un conductor disminuye, de acuerdo con los factores de reducción expresados en la siguiente tabla:

NÚMEROS DE CONDUCTORES	FACTOR DE CORRECCIÓN
4 – 6	0,80
7 – 9	0,70
10 - 20	0,50
21 – 30	0,45
31 – 40	0,40
43 y más	0,50

La temperatura también afecta la capacidad de conducción de los conductores, para transportar determinada cantidad de corriente. En la siguiente tabla vemos los factores de corrección para temperaturas mayores de 30 OC.

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURAS MAYORES DE 300C					
TEMPERATURA AMBIENTE (0C)	TW	THW	TEMPERATURA AMBIENTE (0C)	TW	THW
21 – 25	1,08	1,05	41 – 45	0,71	0,82
26 – 30	1,00	1,00	46 – 50	0,58	0,75
31 – 35	0,91	0,94	51 – 55	0,41	0,67
36 – 40	0,82	0,88	56 - 60		0,58

- **Ductos y canalizaciones**

**Canalización:** Es el sistema diseñado y empleado para contener (alojar) los conductores, mediante la utilización de ductos o tuberías.

**Ducto:** Cuerpo cilíndrico y cerrado, diseñado especialmente para que pasen por su interior los conductores.

Entre los principales tenemos: **Tubos metálicos rígidos** conocidos como tubos conduit. Tienen mayor resistencia mecánica a los golpes, conductividad eléctrica y resistencia térmica.

**Tubos rígidos PVC:** Son tubos elaborados en material no metálico a base de policloruro de vinilo. Se caracterizan por su peso liviano, fácil instalación, resistente a la corrosión, al impacto y al fuego, fácil alambrado por cuanto su superficie interior es totalmente lisa, además por la seguridad ya que es un magnífico aislante contra posibles descargas eléctricas y no es conductor, es económico especialmente por el ahorro de tiempo en la instalación y poco mantenimiento. Por estos aspectos es el empleado casi en un ciento por ciento en las instalaciones residenciales.

El PVC liviano: Se usa en lugares donde no hay riesgos de daño mecánico, especialmente en las paredes.

El PVC pesado: Se utiliza en las placas de concreto o donde hay posibilidad de daño mecánico, como pueden ser los pisos y se deben instalar a unos 46 cm de profundidad, protegidos por una capa de concreto que tenga por lo menos 5cm de espesor.

En instalaciones residenciales, los ductos deben ir incrustados o empotrados (salvo casos especiales), teniendo la precaución de que un tramo de canalización (espacio entre caja y caja) nunca tenga más de tres codos de 90°.

Los ductos nunca deben tener un diámetro inferior a media pulgada.

Para telefonía, sonido, antenas de TV y timbres se permite el uso de tuberías menores de media pulgada, pero los conductores no pueden ocupar más del 40% del área total del ducto.

Para instalar el conductor de puesta a tierra debe utilizarse un conductor desnudo mínimo N014 AWG, que se conecta sólidamente a todas las cajas usadas en la instalación y también al tablero de distribución.

El diámetro de los tubos tiene que estar de acuerdo con el número de conductores que se introducirán en ellos:

NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES THW EN LOS TUBOS								
CALIBRE AWG	DIÁMETRO DEL TUBO O DUCTO							
	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"
14	4	8	13	23	32	55	79	123
12	3	6	10	19	26	44	63	99
10	2	5	8	15	20	34	49	77
8	1	3	5	9	12	20	29	46
6	1	1	3	7	9	16	22	35
4	1	1	3	5	7	12	17	26
3		1	2	4	4	10	14	22
2		1	1	3	3	8	12	19
1		1	1	2	2	6	8	13
1/0		1	1	1	1	5	7	11
2/0		1	1	1	1	4	6	10
3/0			1	1	1	3	5	8
4/0				1	1	3	4	7

#### Curvado de la tubería PVC:

Cuando no es posible utilizar las curvas de 90° y 45°, sino que hay que curvar el tubo con un ángulo diferente, es necesario tener en cuenta:

- No calentar demasiado el tubo, ni aplicarle llama directamente.
  - El calor se aplica alrededor del tubo y en forma uniforme.
  - Hay que usar siempre un caucho dobla tubos, que tenga un diámetro de acuerdo al tubo que se va a doblar.
  - Si no es posible conseguir el caucho, se puede rellenar el interior del tubo con arena, para evitar de esta manera arrugas, aplastamientos o reducción del diámetro interior.
  - Para obtener que el calentamiento del tubo sea uniforme, se recomienda insertar el tubo PVC dentro de un tubo metálico, con un diámetro mucho mayor, el cual se coloca sobre la fuente de calor y se gira constantemente.
  - Cuando el tubo esté lo suficientemente caliente se procede a realizar la curva, valiéndose de una horma y tensionado los extremos. Una vez curvado, se enfría el tubo usando un trapo mojado en agua fría.
- **Acometida general:** Parte de la instalación eléctrica que va desde la red de distribución hasta el contador eléctrico, ubicado en el predio del usuario.
  - **Acometida aérea:** Cuando las líneas de alimentación van por el aire, desde el poste de distribución hasta el soporte junto al cual se ubicará el tubo de la bajante que va al conductor.
  - **Acometida Subterránea:** Cuando las líneas de alimentación van por ducto y bajo tierra.
  - **Acometida monofásica bifilar:** Cuando la acometida está conformada por una fase (puede ser R,S o T) y el neutro. La tensión en los sistemas monofásicos es de 120V.

Se permite una acometida monofásica bifilar siempre y cuando la carga instalada no sobrepase los 9 KW.

El calibre de la fase y el neutro debe ser el mismo, y se calcula de acuerdo a la carga total instalada, teniendo en cuenta el factor de demanda, así como las tomas especiales para calefacción.

Ejercicio de aplicación:

¿Qué calibre deben tener los conductores usados en una acometida monofásica bifilar, si la carga instalada es de 7 KW y se dispone de una estufa de 1500W a 115V, siendo el factor de potencia 1?

Carga en funcionamiento:

Estufa	1500W (100%)	$I = P / (E \times \cos\phi)$
Primeros 3.000W	3000W (100%)	$I = 5375W / (115V \times 1)$
Resto: 2.500W	875W (35%)	
Total, de la carga	5375W	$I = 46,74A$

Como la I es de 46,74A el calibre requerido es el N0 8 AWG, con aislamiento THW, que soporta hasta 50A. (Se toma en cuenta este calibre ya que, aun cuando la acometida sea aérea, tendremos por lo menos un tramo por ducto).

Acometida monofásica trifilar: Cuando la acometida está conformada por dos fases y el neutro, derivados de un transformador, donde el neutro es el punto medio del secundario. Se dispone de dos tensiones diferentes: tensión de fase y tensión de línea. Su uso se reduce prácticamente a las zonas rurales, cuando se tienen estos transformadores.

Se permite una acometida monofásica trifilar si la carga instalada no sobrepasa los 9KW.

El calibre de los conductores de fase (menor que en el sistema monofásico bifilar) se calcula de acuerdo a la carga total instalada, teniendo en cuenta: Carga por fases, tomas especiales (calefacción), factor de demanda, factores de corrección (temperatura y número de conductores por ducto).

El calibre del conductor neutro (de menor calibre que el de la fase) se calcula según la diferencia de intensidades que circule por cada una de las fases.

Ejercicio de aplicación:

Calcular el calibre de los conductores de acometida de una residencia en la cual se instalarán los siguientes elementos:

1 estufa de 4.500W a 220V	1 greca de 500W a 110V
1 calentador de agua de 1.500W a 220V	1 nevera de 350W a 110V
1 plancha de 900W a 110V	1 TV a 150W a 110V
Carga total instalada = 8.900W	

Corriente (I1) que circula por L1:

$$I1 = (400W + 150W + 900W / 110V) + (4.500W + 1.500W / 220V)$$

$$I1 = 13,18A + 27,27 A$$

$$I1 = 40,45A$$

Corriente (I2) que circula por L2:

$$I2 = (600W + 350W + 500W / 110V) + (4.500W + 1.500 / 220V)$$

$$I2 = 13,18A + 27,27 A$$

$$I2 = 40,45A$$

Corriente (In) que circula por el neutro:

$$In = I1 - I2$$

$$In = 40,45A - 40,45A$$

$$In = 0A$$

De acuerdo a las intensidades obtenidas, con los cálculos anteriores, deberían elegirse los siguientes conductores:

**Fases:** Alambre THW calibre N08 AWG

**Neutro:** Alambre de un calibre muy pequeño

Pero si se toma en cuenta el factor de demanda, el cálculo se debe realizar de siguiente manera:

Carga en funcionamiento:

Elementos de calefacción = 6.000 W	
Primeros 3.500 W	2.625W (75%)
Resto 2.500W	1.625W (65%)
Iluminación y electrodomésticos menores	8.900W (100%)
Carga total que se toma en cuenta	7.150W

Cálculo de las intensidades:

$$FASES: I = P/EL \quad I = 7.150W$$

$$220 V$$

$$I = 32,5A$$

Para esta intensidad se debe emplear alambre THW calibre N010 AWG, que tiene capacidad para transportar hasta 35A.

Neutro: Teóricamente la intensidad, a plena carga, sería 0, pero como no se sabe cuándo estará más o menos cargado, normalmente se usa un número menos que las fases, por lo cual en este caso se elige alambre THW calibre N012 AWG.

Como las cargas son relativamente pequeñas, es más conveniente realizar el cálculo sobre una demanda del 100% para todos los elementos, tanto más que en la actualidad el uso de electrodomésticos es cada vez mayor. En consecuencia, el cálculo quedaría así:

$$\begin{aligned} \text{Carga instalada} &= \text{Carga en funcionamiento} = 8.900 \text{ W} \\ I &= P/(EL) \quad I = 8.900 \text{ W} / 220\text{V} \quad I = 40, 45\text{A} \end{aligned}$$

Como la intensidad no sobrepasa los 50A se empleará alambre THW calibre N08 AWG para las fases y N010 AWG para el neutro.

Acometida trifásica tetrafilar: Cuando la acometida está conformada por las tres fases (R,S o T) y el neutro.

En estos casos se dispone de dos tensiones: La tensión de línea (208V) y la tensión de fase (120V).

Este sistema se usa cuando la carga instalada supera los 9KW, teniendo en cuenta lo siguiente:

Si la carga está entre 9 y 25KW la acometida puede ser aérea.  
Si la carga es mayor de 25KW la acometida debe ser subterránea.

El calibre mínimo de los conductores de fase, si se usa alambre THW debe ser el N08 AWG. Por su parte el conductor neutro puede ser uno o dos números inferior al de las fases.

El cálculo de los conductores de fase se realiza teniendo en cuenta los factores de demanda, temperatura y caída de tensión.

Tabla con la potencia aproximada de algunos electrodomésticos de mayor uso:

Aspiradora	600W
Batidora	300W
Brilladora	400W
Cafetera	800W
Calentador de agua	1.500W
Congelador	800W
Estufa integral	8.500W
Horno	3.000W
Lavadora de ropa	600W
Lavaplatos	1.200W
Licuada	350W
Máquina de coser	100W
Nevera	300W
Plancha	1.000W
Secador de pelo	1.000W
Secadora de ropa	4.000W
TV	350W
Ventilador	250W
Waflera	1.200W

## Ejercicio de aplicación:

Calcular el calibre de los conductores de acometida de una residencia unifamiliar, si la tensión de línea es de 208V, la temperatura ambiente de 35°C, el factor de potencia 0,95 y en la cual se instalarán los siguientes elementos:

1 estufa 6.000W 1 nevera 300W 1 horno 3.000W 3 televisores 1.000W  
 1 calentador de agua 1.500W 15 bombillos 1.500W 1 plancha 1.000W  
 20 tomacorrientes 4.000W 1 waflera 900W Otros 2.000W

Carga total instalada= 21.200W

Carga utilizada o en funcionamiento:

Elementos de calefacción mayores (estufa, horno y calentador) = 10.500W

Primeros 3.500W 2.450W (70%)

Resto 7.000W 3.850W (55%)

Alumbrado y electrodomésticos menores = 10.700W

Primeros 3.000W 3.000W (100%)

Resto 7.700W 2.695W (35%)

Potencia total instalada que se toma en cuenta 11.995W

$I = P / (1,73 \times E \times \cos\phi)$   $I = 11.995W / (1,73 \times 208V \times 0,95)$   $I = 35,09A$

Para 35,09A se necesitarían conductores de fase THW calibre N08 AWG. Pero como se tiene una temperatura de 35°C aplicamos el factor de corrección, correspondiente a esta temperatura, a la intensidad máxima que puede transportar este conductor:

$50A \times 0,94 = 47A$  Como este valor está por encima de la corriente requerida (35,09A), el conductor elegido es correcto.

Para el conductor neutro es suficiente el conductor THW calibre N010 AWG.

- **Factor de demanda:** Porcentaje de la carga que se considera estará en funcionamiento, con relación a la carga total instalada. Está dada por las siguientes tablas:

FACTOR DE DEMANDA PARA ALUMBRADO Y UTENSILIOS MENORES EN %		
Tipo de edificación	Carga total instalada en W	Factor en %
Casas unifamiliares	Primeros 3.000	100
	Sobre los 3.000	35
Casas multifamiliares	Primeros 3.000	100
	Entre 3.000 y 120.000	35
	Sobre 120.000	25
Oficinas y locales comerciales	Primeros 20.000	100
	Sobre 20.000	50
Escuelas	Primeros 15.000	100
	Sobre 15.000	50

FACTORES DE DEMANDA PARA ESTUFAS Y ELECTRODOMÉSTICOS MAYORES EN %					
Cantidad	Entre 1.5 y 3,5 KW	Entre 3.5 y 8,5 KW	Cantidad	Entre 1.5 y 3,5 KW	Entre 3.5 y 8,5 KW
1	80	80	6	59	43
2	75	65	7	56	40
3	70	55	8	53	39
4	66	50	9	51	35
5	62	45	10	49	43

- **Circuitos ramales:** Llamados también circuitos parciales. Son parte de la instalación eléctrica de una residencia que va desde el tablero de distribución hasta las cajas de salida.

**Se clasifican en:**

**Circuitos de Alumbrado:** Sirven para alimentar los elementos de iluminación (bombillos y lámparas en general) y los tomacorrientes normales (para lámparas portátiles y electrodomésticos menores como radios, televisores, nevera, licuadora, etc.)

**Circuitos de Calefacción:** En los cuales se pueden conectar especialmente elementos de calefacción (como estufas, calentadores y otros electrodomésticos mayores), y las llamadas tomas especiales.

**Circuitos de fuerza motriz:** En instalaciones residenciales se usan estos circuitos cuando es necesario emplear motores para máquinas de potencias apreciables, por lo cual su uso es bastante restringido.

Forma de distribuirlos:

Existen muchas formas de realizar la distribución de los circuitos parciales o ramales a partir del contador o totalizador y que obedecen a las necesidades específicas de una instalación.

#### **Sistema monofásico bifilar ( $\pm 4,5\text{KW}$ )**

Componentes del circuito:

- Acometida general
- Contador monofásico
- 1 acometida parcial
- 1 totalizador
- 1 tablero de distribución
- 3 circuitos ramales

#### **Sistema monofásico bifilar ( $\pm 7\text{KW}$ )**

Componentes del circuito:

- Acometida general
- Contador monofásico
- 1 acometida parcial
- 1 totalizador
- 2 tableros de distribución: 1 para 3 circuitos y uno para 2 circuitos

#### **Sistema trifásico tetrafililar ( $\pm 10\text{KW}$ )**

- Acometida general
- Contador trifásico
- 1 acometida parcial
- 1 totalizador
- 1 tablero de distribución para 5 circuitos

Características en la distribución de los circuitos ramales:

Para que la distribución de los circuitos ramales quede correcta, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Eficiencia: Tener en cuenta la carga que se ha de instalar, de tal manera que se realice una distribución equilibrada (las fases deben quedar en lo posible con cargas iguales).
- Economía: La distribución se hará de tal manera que se empleen los elementos adecuados y estrictamente necesarios.
- Seguridad: El uso correcto de los componentes garantiza la seguridad no sólo de las personas, sino también de los mismos componentes y de la edificación en sí.
- Funcionalidad y facilidad de operación: Una buena distribución supone un estudio de la función de cada circuito, así como de la ubicación de los diferentes elementos empleados en el mismo.

**Cuadro de cargas:**

Es un cuadro en el cual se señalan los diferentes circuitos ramales con las correspondientes cargas que lo componen, así como la potencia total, fases y protección de cada uno de ellos. Este cuadro debe incluirse en los planos eléctricos.

Para su realización hay que tener presente los siguientes aspectos:

- Los circuitos ramales normales no deben superar los 1.000W
- En sistemas monofásicos, no se pueden tener menos de 9 circuitos cuando la carga total instalada es la máxima, es decir 9KW.
- Por esta razón comercialmente se encuentran cajas de distribución monofásicas únicamente hasta 12 circuitos. A partir de ese número solamente se encuentran cajas trifásicas.
- Las tomas especiales (para estufas, calentadores, etc.) deben constituir circuitos ramales independientes.
- En los sistemas trifásicos tetrafilares, los circuitos ramales deben distribuirse de tal manera que las tres fases queden en lo posible equilibradas (normalmente no se permiten desequilibrios mayores del 5%).

Cuadro de cargas para un sistema monofásico bifilar:

En forma práctica veamos cómo se diseña un cuadro de cargas, así como los demás cálculos y aplicaciones que se deducen, para instalar en una residencia los siguientes elementos, a 120V: 12 ampolletas de 100W, 4 ampolletas de 60W, 12 enchufes normales para 200W, 1 enchufe especial para 1.500W y 1 enchufe especial para 2.200W

CIRCUITO N°	100W	60W	200W	1.500W	2.200W	TOTAL W	TOTAL A	BREKER O TACO
1	3	1	3			960	8	15A
2	3	1	3			960	8	15A
3	3	1	3			960	8	15A
4	3	1	3			960	8	15A
5				1		1.500	12,5	15A
6					1	2.200	18,3	15A
TOTAL	12	4	12	1	1	7.540	62,8	15A

Cálculo de los conductores de acometida:

Carga en funcionamiento (7.540W):

Tomas especiales		2.775W (75%)
Iluminación:		
Primeros 3.000W		3.000W (100%)
Resto 840W		294W (35%)
Total, de la carga que se considera		6.069W
$I = P / E$	$I = 6.069W / 120V$	$I = 50,58A$

- Para transportar los 50,58A se requieren conductores (para fase y neutro) THW calibre N06 AWG (si es por ducto) o bien THW calibre N08 AWG (si es aérea).
- Diámetro del ducto para la acometida: 1"
- Contador: Monofásico para 15 ó 20A
- Totalizador: Capacitado para 60A
- Caja de distribución: Caja para 6 circuitos
- Automáticos: 5 automáticos para 15ª y 1 automático para 20A
- Conductores para los circuitos ramales: THW N012 AWG
- Diámetro de los ductos para los circuitos ramales: de ½ "

Cuadro de cargas para un sistema trifásico tetrafilar:

Para la instalación eléctrica de una residencia que tiene los siguientes elementos:

- 16 ampolletas de 100W cada uno y a 120V
- 16 fusibles normales para 200W y 120V cada uno
- 2 fusibles especiales para 1.000W y 120V
- 1 estufa trifásica para 6.000W y 208V
- 1 calentador de agua para 1.500W y 208V

CIRCUITO Nº	100W	200W	1.000W	1.500W	6.000W	TOTAL W	TOTAL A	FASES	BREKER O TACO
1					1	6.000	16,67	L1-L2-L3	3X20A
2				1		1.500	5,12	L1-L2	2X15A
3			1			1.000	8,33	L3	15A
4			1			1.000	8,33	L1	15A
5	2	4				1.000	8,33	L2	15A
6	2	4				1.000	8,33	L3	15A
7	5	2				900	7,50	L1	15A
8	3	3				900	7,50	L2	15A
9	4	3				1.000	8,33	L3	15A
TOTAL	16	16	2	1	1	14.300	78,44		

Carga por fase	Diferencia de fases
Fase L1 = 9.400W	L1 – L2 = 0W
Fase L2 = 9.400W	L1 – L3 = 400W
Fase L3 = 9.000W	L2 – L3 = 400W

Cálculo del desequilibrio de fases en %:

$$L1 - L2 = 100\% \times 0W / 9.400W = 0\% \text{ fases equilibradas}$$

$$L1 - L3 = 100\% \times 400W / 9.400W = 4,26\% \text{ desequilibrio de fases aceptable, por ser menos del 5\%}$$

Cálculo de los conductores de acometida:

Carga en funcionamiento:

Calefacción (9.500W)	
Primeros 3.500W	2.310W (66%)
Resto 5.000W	3.000W (50%)
Iluminación (4.800W)	
Primeros 3.000W	3.000W (100%)
Resto 1.800W	630W (35%)
Total, de la carga utilizada	8.940W

$$I = P / (1,73 \times E) \quad I = 8.940W / (1,73 \times 208V) \quad I = 24,84A$$

- De acuerdo con la corriente calculada, los conductores de acometida serían: Tres conductores para las fases THW calibre N010 AWG y un conductor para el neutro THW calibre N012 AWG.
- Sin embargo, de acuerdo a las normas técnicas vigentes para los sistemas trifásicos tetrafilares, el calibre será el N08 AWG para las fases, y el calibre N010 AWG para el neutro (que son calibres mínimos permitidos).
- Contador: Contador trifásico de 3 x 20A
- Diámetro de ducto de acometida: 1" (mínimo permitido)
- Totalizador: capacitado para 30A
- Caja de distribución: Caja trifásica para 12 circuitos
- Automáticos: 3 automáticos para 20A y 9 automático para 15A
- Conductores para los circuitos ramales: TWH N0 12 AWG
- Diámetro de los ductos para los circuitos ramales: De ½" y ¾"

- **Esquemas eléctricos:**

Es la representación gráfica de un circuito o instalación eléctrica, en la que van indicadas las relaciones mutuas que existen entre sus diferentes elementos, así como los sistemas que los interconectan. Para su representación se emplean básicamente:

**Símbolos:** Representan los aparatos y elementos (interruptores, bombillos, tomacorrientes, etc.) que se emplean en una instalación.

**Trazos:** Líneas que indican conductores eléctricos y/o ductos que interconectan los diferentes elementos de una instalación eléctrica. Cuando el trazo está hecho con línea punteada y curva indica control o dependencia entre dichos elementos.

**Marcas e índices:** Son letras y números que se emplean para identificar plenamente un símbolo.

Plano eléctrico:

Nombre específico que se da a los esquemas eléctricos realizados sobre un plano arquitectónico. Es un conjunto de símbolos mediante los cuales se señalan e interpretan las necesidades del usuario.

Deben figurar la cantidad, tipo y distribución de todos los componentes usados en la instalación (ductos, conductores, cajas, interruptores, etc.), así como el control.

Un plano debe ser elaborado en forma nítida y clara, de manera que pueda ser interpretado correctamente por cualquier técnico electricista.

En instalaciones residenciales se denomina “**punto**” el sitio donde se toma la corriente para alimentar un aparato o equipo eléctrico (tomacorrientes, lámparas, electrodomésticos, etc.).

**Clases de esquemas:**

**Esquema Multifilar o General de Conexiones:** Esquema en el que se representan todos los elementos y conductores, dispuestos según su posición real, con las conexiones a realizar entre ellos, de tal manera que la representación gráfica proporciona una imagen clara del conexionado. Tiene un uso limitado en instalaciones residenciales.

**Esquema Unifilar:** Esquema más simple, ya que en él se emplea solamente un trazo, que en realidad representa el ducto.

Los conductores que van por el interior del ducto se representan mediante pequeñas líneas oblicuas (tantas líneas cuantos conductores vayan), que cortan el trazo único.

Todos los elementos del esquema se ubican según su posición real.

En estos esquemas es necesario añadir una información complementaria, colocada junto al trazo:

- Indicación del diámetro del ducto, por ejemplo, ½”
- Indicación del calibre de los conductores, por ejemplo # 12
- Es conveniente agrupar las líneas que indican las fases y dejar un poco separada la línea que indica el conductor neutro.
- Cuando los datos de información de ductos y/o conductores es la misma en todo el plano, o prima uno de ellos, se puede simplificar dicha información mediante una nota al pie del esquema.

Esquema de Funcionamiento o Desarrollado: Es un esquema muy simple, orientado específicamente a dar una idea clara del funcionamiento del circuito en cuanto a su principio esencial.

Esquema de Situación o Plano de la Instalación: Nombre dado cuando el esquema unifilar se ubica en un plano arquitectónico. No se puede considerar como un plano eléctrico, sino como una base o requisito para realizar sobre él el plano de la instalación eléctrica. Por este motivo en el plano arquitectónico utilizado deben eliminarse todos aquellos trazos que no sean estrictamente necesarios, de tal manera que el plano eléctrico resulte claro para su lectura e interpretación.

Esquema del Cuadro de Protecciones: Es el esquema de la instalación, que se reduce estrictamente al tablero de distribución, donde se encuentran los elementos de protección (tacos) con sus respectivos valores y nombres del circuito que protegen.

## ELABORACIÓN DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS DE UNA RESIDENCIA

### 1. Proceso para el diseño de una instalación

- Localizar, sobre el plano arquitectónico, la ubicación de las salidas para lámparas, interruptores y tomacorrientes.
- Localizar las salidas para timbres, pulsadores, salidas para teléfono y antena de TV.
- Determinar y ubicar las salidas para tomas especiales (para estufas, calentadores de agua, etc.)
- Determinar los circuitos ramales con capacidad máxima de 1.000W.
- Localizar el contador y el tablero de distribución.
- Determinar el calibre de los conductores, tanto de acometida, como de los circuitos ramales.
- Ubicar los ductos y determinar sus calibres.

### 2. Elaboración del plano eléctrico

- Elaboración del cuadro de cargas.
- Diseño del esquema unifilar, indicando el calibre de los conductores y el diámetro de los ductos.
- Indicación del control o dependencia entre luminarias e interruptores.
- Diagrama vertical de bloques de la instalación hasta los circuitos ramales.
- Relación de símbolos y convenciones.
- Indicación, en la leyenda o rótulo del plano, de los siguientes datos: Nombre del propietario, nombre del constructor, nombre del electricista responsable, así como su número de registro, firma responsable de la instalación eléctrica, ubicación de la obra, escala del plano y fecha de elaboración del mismo.

### 3. Pruebas de la instalación

- Prueba de la puesta a tierra: Esta prueba se realiza con el medidor de tierra, el cual debe indicar máximo 25 ohmios, aun cuando lo ideal es que sea de 10 ohmios e incluso menos.
- Prueba de continuidad de conducción entre cajas y entre éstas y la puesta a tierra (tomada en la caja de distribución).
- Prueba de aislamiento entre conductores y entre conductores y ductos (si son metálicos) y las cajas.

Esta última prueba se realiza con el Megger, tratando en lo posible de que las cargas no estén conectadas, y de acuerdo a la siguiente tabla:

Calibre del conductor	Aislamiento	Capacidad de conducción
14 - 12 AWG	1.000.000 $\Omega$	15- 20A
10 – 8 AWG	250.000 $\Omega$	25 – 50A
6 – 2 AWG	100.000 $\Omega$	50 – 100A
Mayor de 2 AWG	50.000 $\Omega$	100 – 200A

Solamente cuando se hayan realizado satisfactoriamente todas estas pruebas se energizarán los diferentes circuitos, con sus correspondientes cargas, para poder comprobar toda la instalación.

#### EJERCICIO DE APLICACIÓN:

Calcular el calibre de los conductores de acometida de una residencia unifamiliar, diseño de los esquemas de ubicación y multifilares, plano eléctrico, cálculos, cuadros de cargas para un sistema trifásico tetrafilar. Si la tensión de línea es de 208V, la temperatura ambiente de 260C, el factor de potencia 0,95 y en la cual se instalarán los siguientes elementos:

1 estufa trifásica	6.000W	3 televisores	1.000W
1 brilladora	400W	1 calentador de agua	1.500W
1 cafetera	800W	1 lavadora de ropa	600W
1 licuadora	350W	1 plancha	1.000W
1 nevera	300W	1 secador de pelo	1.000W
28 ampolletas	2.800W	22 enchufes	4.400W
1 horno	3.000W		
2 enchufes especiales para 1.000W			
1 enchufe especial para 6.000W			

## Sesión N° 14: Circuito eléctrico mixto 9/12; 9/15 y 9/32

### 14.1 Actividad de inicio

#### Protecciones eléctricas

Toda instalación eléctrica debe contar con protecciones que tienen como objetivo el reducir al máximo los efectos producidos por una falla, llámese sobrecargas, cortocircuitos, o pérdidas de aislación. Entre las protecciones de mayor aplicación, tenemos a:

**Los Fusibles:** los fusibles son dispositivos de protección de las instalaciones eléctricas y que están diseñados para interrumpir la corriente por la fusión de un hilo conductor y que se sustenta entre dos cuerpos conductores, en el interior de un envase cerámico o de vidrio dándole su forma característica al fusible. Este hilo conductor permite el paso de corriente por el circuito mientras esta corriente esté entre límites aceptables. Si estos límites son excedidos, el hilo se funde, despejando la falla debido a que el circuito se interrumpe protegiendo así la instalación de los efectos negativos de este exceso. Es decir, se usan para el caso de cortocircuitos.

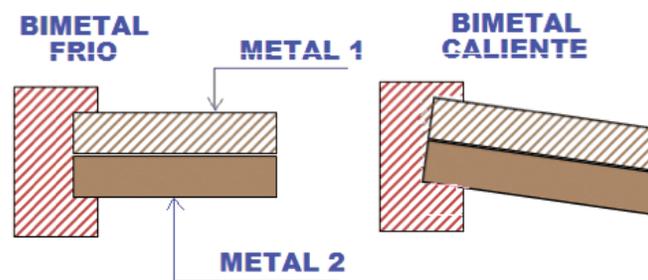
**El Interruptor termomagnético:** El disyuntor es un dispositivo capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales y anormales. Su función principal es la de proteger una instalación eléctrica ante fallas de cortocircuitos o de sobrecargas.

Los disyuntores magneto-térmicos, conocidos comúnmente como interruptores automáticos, se caracterizan por:

- Desconectar o conectar un circuito eléctrico en condiciones normales de operación.
- Desconectar un circuito eléctrico en condiciones de falla, ya sea de sobrecargas o de corto circuitos.
- Poseer un elevado número de maniobras, lo que le permite ser utilizado nuevamente después del “despeje” de una falla, a diferencia del fusible, que solo sirve una vez.

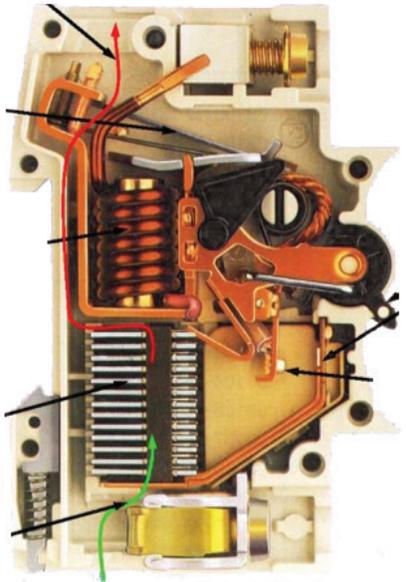
El disyuntor magneto-térmico es un interruptor que desconecta el circuito, a través del accionamiento de dos unidades:

a) Unidad térmica:



El bimetálico al calentarse se dilata y desconecta

b) Unidad magnética:

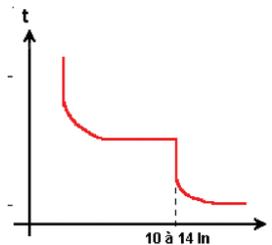


¿Qué hacemos para seleccionar un disyuntor?

Para seleccionar un disyuntor se deben considerar las siguientes características:

- Voltaje aplicado.
- La corriente  $I_n$  de funcionamiento normal (Nominal).
- El poder de corte ( $I_{cu}$ ) o corriente máxima que puede cortar el disyuntor en KA (corriente de corta duración admisible).
- La curva de disparo, según el tipo de consumos que tenga el circuito.

### Tipos de curvas de disparo de un disyuntor



Protección Cortocircuitos:  **$I_m$**  = Con este valor de corriente actuará el disyuntor.  
 **$I_n$**  = Corriente normal de funcionamiento (Nominal).

#### Curva B

Disparo:  $I_m = 3$  a  $5 I_n$

Uso: Protección de generadores, de cables de grandes longitudes y de las personas.

#### Curva C

Disparo:  **$I_m$**  = 5 a  $10 I_n$

Uso: Aplicaciones comunes en instalaciones eléctricas domiciliarias.

#### Curva D

Disparo:  **$I_m$**  = 10 a  $14 I_n$

Uso: Protección de circuitos con fuertes corrientes de arranque.

#### Curva Z

Disparo:  **$I_m$**  = 2,4 a  $3,6 I_n$

Uso: Protección de circuitos electrónicos.

#### Curva MA

Disparo:  **$I_m$**  =  $12,5 I_n$

Uso: Protección de circuitos como guardamotores.

Antes de proceder a dibujar el diagrama unilineal de protecciones debemos determinar el valor de corriente del disyuntor y se hará de la siguiente manera. Presente ejemplos de cálculos de disyuntores, como por del tipo de ejercicios que se dan aquí.

Por ejemplo, calculemos el disyuntor de protección para los siguientes casos:

1. Circuito con 13 centros de alumbrado de 100 w c/u.:

Potencia total del circuito:  $13 \times 100 = 1300$  w, con este valor se calcula la  $I_n$  del circuito:

$$I_n = \frac{P}{V} = \frac{1300}{220} = 5,91 \text{ A}$$

Según normas, para elegir el disyuntor, se debe considerar un 125 % del valor de  $I_n$  cuando los consumos son de alumbrado solamente, luego, la corriente del disyuntor será de:

$$I_{\text{Disy}} = I_n \times 1,25 = 5,91 \times 1,25 = 8,86 \text{ A}$$

Entonces, de acuerdo con este valor calculado de corriente de 8,86 A, se elige un disyuntor de 10 A con una curva tipo C, de 6 KA de capacidad de ruptura.

2. Consideremos ahora un circuito de enchufes normales, con 8 centros. Por norma, de acuerdo con el Artículo 11.04.11 del código eléctrico, se considera que cada enchufe tiene una potencia de 150 W. Entonces, la potencia total del circuito es de:

$$P_t = 8 \times 150 = 1200 \text{ W}$$

Entonces, el  $I_n$  del circuito de enchufes se calcula de la misma forma que en el ejercicio anterior lo que da como resultado.

$$I_n = \frac{P}{V} = \frac{1200}{220} = 5,46 \text{ A}$$

$$I_{\text{Disy}} = I_n \times 1,25 = 5,46 \times 1,25 = 6,82 \text{ A}$$

Entonces, el disyuntor a utilizar es de 1x10 A, curva tipo C, de 6 KA.

**Nota:** se debe considerar un valor de disyuntor comercial con un valor de rango superior al valor calculado.

3. Consideremos ahora el caso de un circuito con dos enchufes especiales: uno para microondas de 1200 w y otro para una lavadora de ½ HP.

La potencia total del circuito será de: 1 HP = 746 W, entonces ½ HP = 373 W

Lo que resulta  $P_t = 1200 + 373 = 1573 \text{ W}$

Para calcular la corriente nominal  $I_n$ , se debe considerar en este caso, el factor térmico del microondas y del valor de corriente de arranque del motor de la lavadora, para ello, de acuerdo con la norma, la tolerancia sobre el valor de  $I_n$ , es de un 50 %. Entonces:

$$I_n = \frac{P}{V} = \frac{1573}{220} = 7,15 \text{ A}$$

$$I_{Disy} = I_n \times 1,50 = 7,15 \times 1,50 = 10,73 \text{ A}$$

Luego, el disyuntor a utilizar es de 1x10 A, con curva tipo D, de 10 KA.

## Sesión N° 15: Circuito eléctrico de simple combinación (9/24)

### 15.1 Actividad de inicio

#### Las protecciones en las instalaciones eléctricas domiciliarias

En una instalación eléctrica existen tres tipos de protecciones, todas tendientes a evitar que las personas sufran algún tipo de accidentes en caso de producirse una falla en la instalación, así como también evitar las pérdidas de los bienes materiales.

Cada protección cumple una función diferente, y por lo tanto, son todas necesarias y deben ser colocadas en la instalación eléctrica de la vivienda. Las protecciones mínimas con que debe contar una instalación domiciliaria son:

- 1) Interruptor termomagnético, llamada comúnmente Llave Interruptora Termomagnética.
- 2) Interruptor Diferencial, llamado comúnmente Disyuntor Diferencial.
- 3) Puesta a tierra.

#### 1. EL INTERRUPTOR TERMONAGNÉTICO

Este elemento, solo protege a las instalaciones eléctricas contra cortos circuitos y sobrecargas.

- a) Corto circuito: cuando en el circuito accidentalmente se conectan (“tocan”) el conductor Fase (“vivo”) y el Neutro. Eso puede ocurrir, por ejemplo: en un portalámparas donde sus bornes se encuentran sin el debido ajuste, en el cordón (“cable”) de una plancha deteriorado, en una extensión (“alargue”) defectuoso por su mal conexionado, etc.

Cuando se tocan la Fase y el Neutro se produce un chispazo capaz de provocar un incendio.

- b) Sobre carga: cuando conectamos una gran cantidad de electrodomésticos en un circuito que supera la capacidad de carga eléctrica de los cables que lo conforman, se produce una sobrecarga, lo que ocasiona el calentamiento del cable y el deterioro de su aislación hasta destruirlo totalmente y provocar un incendio.

Esto significa que el Interruptor Termomagnético está destinado a evitar pérdidas de los bienes materiales, porque impide que se produzcan incendios debido a sobrecargas y/o cortocircuitos, pero no protege a las personas.

Para una correcta instalación del Interruptor Termomagnético (I.T.M.) debe tenerse en cuenta la carga total de la instalación, y con ella determinar la sección de los conductores y la intensidad de corriente para elegir la Llave Interruptora Termomagnética.

La siguiente tabla indica las secciones mínimas de conductores (cables) con la que deben conectarse los Interruptores Termomagnéticos.

Termomagnética (I.T.M.)	Conductor (Cable)	
2 x 6 Amper	1,5 mm <sup>2</sup>	En la tabla precedente los I.T.M. son del tipo clase C y A, los conductores son unipolares, antillamas y alojados en cañerías.
2 x 10 Amper	1,5 mm <sup>2</sup>	
2 x 10 Amper	2,5 mm <sup>2</sup>	
2 x 15 Amper	2,5 mm <sup>2</sup>	
2 x 16 Amper	4 mm <sup>2</sup>	
2 x 20 Amper	6 mm <sup>2</sup>	

## 2. EL INTERRUPTOR DIFERENCIAL (DISYUNTOR)

Convivimos de muy temprana edad con la energía eléctrica, y de acuerdo con nuestras exigencias en pos de una mejor calidad de vida y comodidades, es innumerables la cantidad de electrodomésticos que incorporamos para convivir con ellos en nuestra casa.

Estos aparatos eléctricos pueden ser causales de un accidente fatal, ya sea por su mala manipulación y/o paso del tiempo que ocasiona el deterioro de las partes aislantes. Más peligroso es el caso de las instalaciones eléctricas precarias e imprudentes. También los accidentes eléctricos pueden ser causados debido a errores propios de la edad, por ejemplo, de los niños y ancianos.

Se hace imprescindible, entonces, resguardar la vida de las personas y animales domésticos ante un eventual accidente eléctrico. Esa protección “salva vidas” se llama INTERRUPTOR DIFERENCIAL (DISYUNTOR); describimos algunas características principales:

Es un aparato que protege a las personas ante cualquier contacto peligroso con la corriente eléctrica. Funciona automáticamente cortando la corriente, en un tiempo de 30 m seg. (0,03 segundos), pero siempre se recibe una “pequeña descarga”, en el momento del accidente, que no causa ningún tipo de daño a las personas y que en algunos casos es imperceptible. Si la instalación contara con la conexión a tierra las personas y/o animales no sentirían absolutamente nada ante esta “descarga eléctrica”.

No protege al circuito eléctrico ante una sobrecarga ni cortocircuito. El interruptor Diferencial (Disyuntor) siempre deberá instalarse acompañado de una protección termomagnética. Detecta cualquier fuga a tierra, ya sea en la instalación y/o aparato eléctrico.

### Consejos útiles:

- 1º Si su instalación no cuenta con Interruptor Diferencial (Disyuntor) compre uno que cumpla con las Normas IRAM. Evite los disyuntores de dudosa calidad.
- 2º La instalación de estos aparatos la debe hacer un electricista idóneo.
- 3º La verificación del buen funcionamiento no termina con pulsar el botón de prueba, que tienen incorporado todos los disyuntores. Haga que un electricista idóneo realice la verificación completa del buen funcionamiento.
- 4º Los Interruptores Diferenciales (Disyuntores) deberán estar acompañados por Interruptores Termomagnéticos adecuados al consumo eléctrico de su vivienda, y darán una mejor protección a Ud. y los suyos si en su instalación existe la conexión a tierra. Llame a un electricista idóneo.

Recuerde que el uso del Interruptor Diferencial (Disyuntor) puede salvarle la vida.

### 3. PUESTA A TIERRA DE SEGURIDAD

Otra de las protecciones en instalaciones eléctricas domiciliarias es la Puesta a tierra, llamada Puesta a tierra de Seguridad. Es de vital importancia para la prevención de accidentes ocasionados por la corriente eléctrica.

Comenzaremos por describir, básicamente, qué es una puesta a tierra.

Componentes del sistema puesta a tierra

- a) Un conductor, cable, unipolar antillama de color verde de  $2,5 \text{ mm}^2$  que recorre todos los circuitos de la instalación domiciliaria, comercial y/o industrial. Este cable normalmente no conduce corriente eléctrica y va conectado al tercer borne de los enchufes existentes en la instalación. Para una mejor comprensión es la tercer “patita” del “enchufe macho” de cualquier electrodoméstico, fácil de identificar pues es la del medio. Internamente éste cable está conectado (fijado) a la carcasa de los aparatos eléctricos.
- b) Un conductor, cable, unipolar antillama de color, también, verde pero de  $6 \text{ mm}^2$  que servirá para conectar la conexión de tierra (cable que recorre la instalación) al suelo, es decir a la tierra propiamente dicha. Esta conexión se hace a través de una jabalina (electrodo dispersor), de cobre con alma de acero de  $5/8" \times 2 \text{ m}$ . (el cable ya en el suelo irá desnudo)
- c) El terreno o suelo que, dependiendo de sus características la puesta a tierra, puede resultar favorable o deficiente.

Funcionamiento de la puesta a tierra

La puesta a tierra funciona y salva vidas en situaciones como la siguiente: cuando un electrodoméstico, herramienta y/o cualquier aparato eléctrico se electrifica (el cable de fase está “pelado” y toca la carcasa) y una persona toca dicho artefacto puede recibir una descarga eléctrica capaz de producirle la muerte. En este caso el cable de puesta a tierra (verde-amarillo) derivará una corriente a tierra. Esta corriente será detectada por el Interruptor Diferencial que actuará instantáneamente.

En el caso de no contar con un Interruptor Diferencial (Disyuntor) la puesta a tierra trabajaría en conjunto con el Interruptor Termomagnético cortando la corriente en forma inmediata, siempre y cuando éste I.T.M. sea el adecuado para el circuito y el terreno donde está hincado la jabalina sea de tipo arcilloso.

#### Consideraciones generales

En el montaje y conexión de una puesta a tierra no siempre basta con el “clavar”, hincado, de una jabalina. En la Patagonia, en particular la Ciudad de Neuquén hay lugares donde es necesario más de una jabalina y de la implementación de sistemas de puesta a tierra compuestos por jabalinas y conductores de cobre desnudos de  $50 \text{ mm}^2$ , enterrados horizontalmente. Por tal motivo se sugiere, siempre, que éste tipo de trabajo lo realice un electricista idóneo.

EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA NO ES SEGURO SI NO ESTA ACOMPAÑADO POR LAS PROTECCIONES: DISYUNTOR Y TERMOMAGNÉTICAS ADECUADAS AL CIRCUITO ELÉCTRICO.

En una instalación eléctrica existen tres tipos de protecciones, todas tendientes a evitar que las personas sufran algún tipo de accidentes en caso de producirse una falla en la instalación, así como también evitar las pérdidas de los bienes materiales.

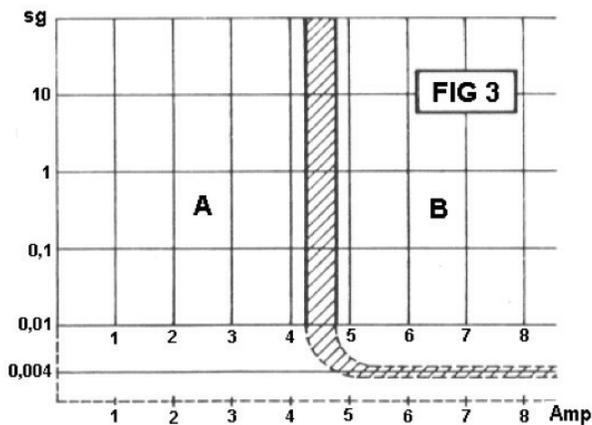
Cada protección cumple una función diferente, y por lo tanto, son todas necesarias y deben ser colocadas en la instalación eléctrica de la vivienda. Las protecciones mínimas con que debe contar una instalación domiciliaria son:

- 1) Interruptor termomagnético, llamada comúnmente Llave Interruptora Termomagnética.
- 2) Interruptor Diferencial, llamado comúnmente Disyuntor Diferencial.
- 3) Puesta a tierra

### INTERRUPTORES MAGNÉTICOS

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobreintensidades de alto valor, cortándolas en tiempos lo suficientemente cortos como para no perjudicar ni a la red ni a los aparatos asociados a ella.

Para iniciar la desconexión se sirven del movimiento de un núcleo de hierro dentro de un campo magnético proporcional al valor de la intensidad que circula.



La curva característica de un disparo magnético es la representada en la figura siguiente.

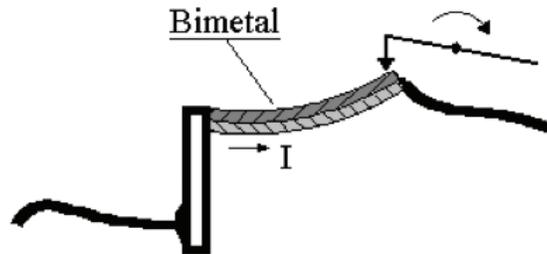
El dispositivo permite trabajar en la zona A pero no en la B. La desconexión se efectúa cuando las condiciones del circuito llegan a la zona rayada de separación entre ambas.

Así pues, para la curva ejemplo de la figura 3, cualquier intensidad menor de 4,25 A, no provocaría la desconexión, por más tiempo que estuviera circulando. En cambio, para cualquier intensidad mayor de 4,75 A, provocaría la desconexión inmediata.

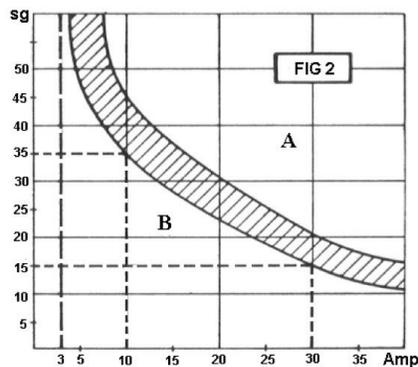
El límite inferior de la curva (unos 4 milisegundos), viene determinado por el tiempo que transcurre desde el instante de establecimiento de la intensidad, hasta la extinción del arco. Este tiempo marca la inercia mecánica y eléctrica propia de estos aparatos.

## INTERRUPTORES TÉRMICOS

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobrecargas ligeramente superiores a la nominal, asegurando una desconexión en un tiempo lo suficientemente corto para no perjudicar ni a la red ni a los receptores asociados con él.



Para provocar la desconexión, aprovechan la deformación de una lámina bimetálica, que se curva en función del calor producido por la corriente al pasar a través de ella.



La curva característica de un disparo térmico es la representada en la figura 2.

El dispositivo térmico permite trabajar en la zona A pero no llegar a la zona B. La interrupción del circuito se efectúa siempre cuando las condiciones de trabajo llegan a la zona rayada que marca la separación entre ambas. Esta zona rayada marca las tolerancias lógicas que tendrá la fabricación de este tipo de aparatos.

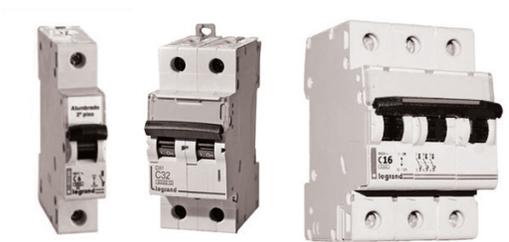
Así, pues, en la curva de la figura 2, que citamos a título de ejemplo, circulando una intensidad de 3A., el interruptor no desconectaría nunca.

Con 10A iniciaría la desconexión a los 35 seg., y con 30 A la desconexión se iniciará a los 15 seg.

La forma y límites de la curva característica de un interruptor térmico varía según la técnica empleada en el sistema de caldeo del bimetálico.

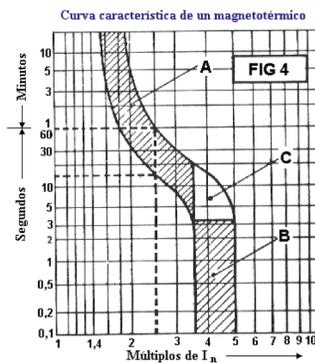
## INTERRUPTORES MAGNETO-TÉRMICOS

Generalmente, los interruptores automáticos combinan varios de los sistemas de protección descritos, en un solo aparato. Los más utilizados son los magneto-térmicos.



Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

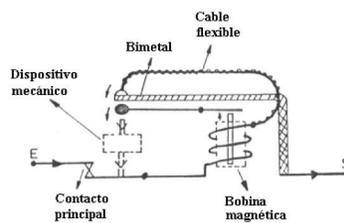
En el gráfico de la figura 4. puede verse la curva de desconexión de un magneto-térmico, en la que se aprecia una zona A, claramente térmica, una zona B que corresponde a la reacción magnética, y la zona de solape C, en donde el disparo puede ser provocado por el elemento magnético o térmico indistintamente.



Normalmente, en los gráficos en que se ilustra la curva característica de los magneto-térmicos, se concede el eje vertical a la escala de tiempos, graduada logarítmicamente, y el eje horizontal a la escala de intensidades, graduada también a escala logarítmica, y en múltiplos de la intensidad nominal.

Así, por ejemplo, un punto  $3 I_n$  corresponderá a 30A, si el aparato es de 10A, o bien a 75A, si el aparato es de 25A, etc.

### Descripción de un magnetotérmico unipolar



Como en casos anteriores, la zona de tolerancia delimita las dos zonas características de “no desconexión” y de “segura desconexión”. Así, para una intensidad 2,5 In podría suceder la desconexión entre los 15 y los 60 seg., siendo correcto cualquier tiempo intermedio de disparo.

Mecánicamente, podemos decir que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta, aunque se sujete la manecilla de conexión.

Para los magneto-térmicos bipolares o tripolares, podemos decir también que cuando una fase es afectada en la desconexión, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas.

### **APLICACIONES DE LOS MAGNETOTÉRMICOS**

Si comparamos los fusibles con los magneto-térmicos, veremos cómo estos últimos presentan una mayor seguridad y prestaciones ya que interrumpen circuitos con más rapidez y capacidad de ruptura que los fusibles normales. Después, a la hora de restablecer el circuito, no se precisa ningún material ni persona experta, basta presionar un botón o mover un resorte que se halla perfectamente aislado y visible.

Por contra, un fusible requiere el gasto de compra de un cartucho nuevo, su colocación en la base, sometida a tensión y una persona lo bastante capacitada para efectuar estas operaciones. Estas molestias ocasionadas por la fusión de un fusible, llevan en muchas ocasiones a colocar cartuchos inadecuados, por personas inexpertas, ignorando el peligro que esto puede ocasionar a las personas y aparatos que con él van asociados.

Cuando se trata de magneto-térmicos tripolares, si una fase sufre perturbaciones, al disparar su polo arrastra a los otros dos y desconecta completamente el sistema. Si este circuito se hubiera protegido sólo con tres fusibles, se fundiría el correspondiente a la fase perjudicada y dejaría a todo el sistema en marcha con sólo dos fases, con los consiguientes peligros de averías que tal estado acarrea en determinados circuitos.

Naturalmente los fusibles son imprescindibles en cuadros generales de protección y en todos aquellos casos en que se desee una protección adicional.

Otra aplicación muy interesante de los magnetotérmicos la tenemos en la posibilidad de su desconexión a distancia, ya que algunos modelos se fabrican con la particularidad de poder acoplarles una bobina llamada de emisión (accionada con la aparición de una tensión) o de mínima tensión (accionada cuando la tensión desaparece), encargada de accionar el resorte de desconexión del magneto-térmico.

## CURVAS DE DISPARO

Según sean los límites que posea la curva característica de un magnetotérmico, así será su comportamiento, debiendo adaptar en cada caso el aparato correspondiente a las peculiaridades del circuito que se pretenda proteger.

Existen una serie de curvas características para los magneto-térmicos, tales como:

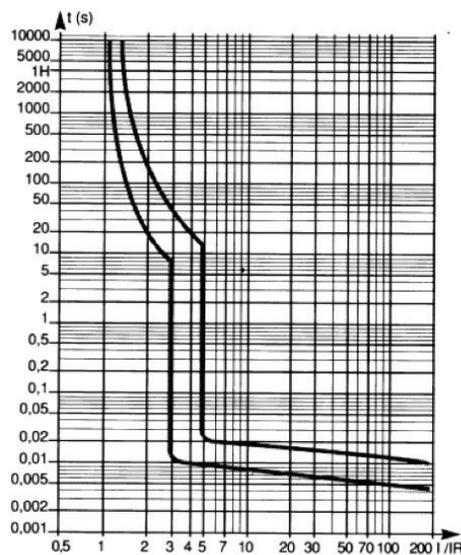
- Curva B.
- Curva C.
- Curva D.
- Curva Z
- Curva MA
- Curva Unesa

A continuación, se exponen cada una de las curvas por separado, estudiando para cada una de ellas la forma que presentan y las aplicaciones en las que se utilizan.

### CURVA B

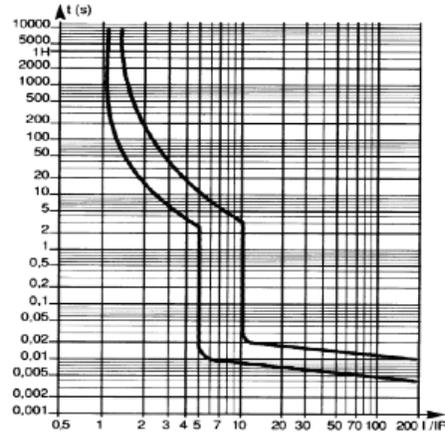
Estos magnetotérmicos actúan entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal  $I_n$  en la zona térmica y en su zona magnética entre un 3  $I_n$  y 5  $I_n$ , o 3,2  $I_n$  y 4,8  $I_n$ , según el tipo de aparato, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2, respectivamente. Permiten realizar la protección de las personas para longitudes mayores que con la curva C, siendo indicado para instalaciones de líneas y generadores.

Así, por ejemplo, en un magnetotérmico de intensidad nominal 10A, para una intensidad de 20A., la desconexión la efectuará el elemento térmico en un tiempo comprendido entre 20 seg. y 200 seg. Para una intensidad de 50A, la desconexión la efectuará el elemento magnético en un tiempo del orden de comprendo entre 0,01 y 0,009 seg.



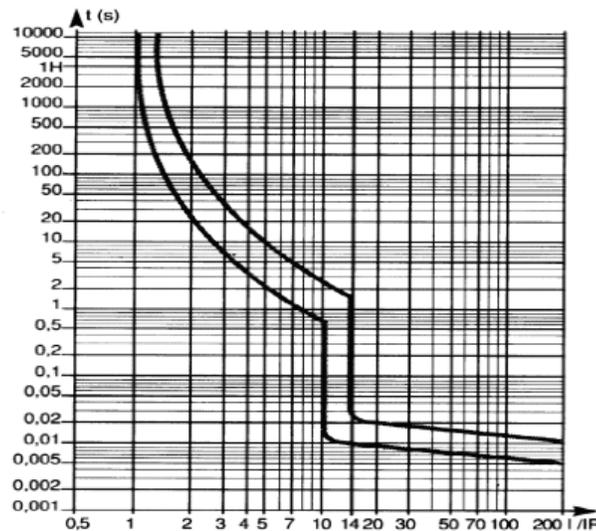
**CURVA C**

Estos magnetotérmicos actúan entre 1,13 y 1,45 veces la intensidad nominal en su zona térmica y en su zona magnética entre 5 In y 10 In, o 7 In y 10 In, según el tipo de aparato, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2, respectivamente. Se aplican para evitar los disparos intempestivos, en el caso de la protección de receptores, que presentan, una vez en servicio, puntas de corriente de cierta consideración. Se utilizan en las instalaciones de líneas-receptores.



**CURVA D**

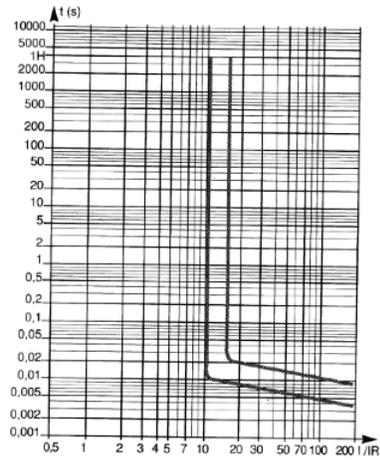
Estos magnetotérmicos actúan en la zona térmica con sobrecargas comprendidas entre 1,1 y 1,4 In y en su zona magnética actúan entre 10 In y 14 In, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2. Son adecuados para instalaciones que alimentan receptores con fuertes puntas de arranque.



### CURVA MA

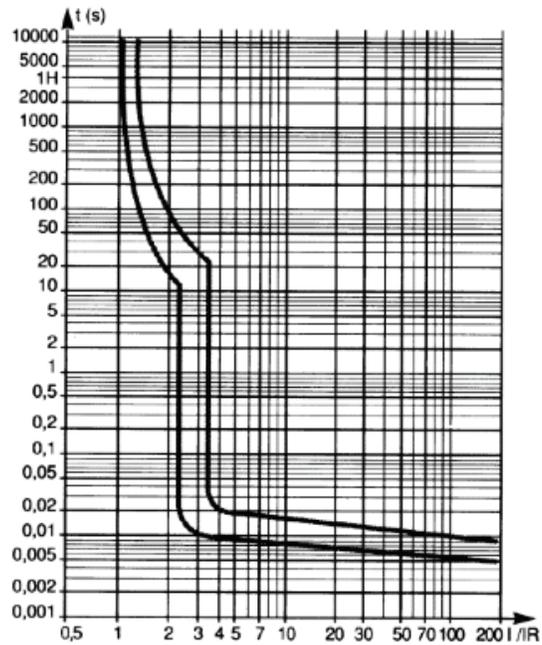
Curva de disparo magnético exclusivamente, con un valor de  $12 I_n$ , de acuerdo con la norma EN 60947.2. Se utilizan para la protección de motores.

Los interruptores automáticos equipados con esta curva no son interruptores magnetotérmicos, ya que carecen de protección térmica.



### CURVA Z

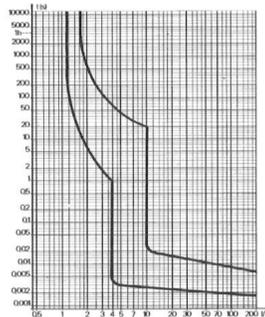
Estos magnéticos actúan entre  $2,4 I_n$  y  $3,6 I_n$ , de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2. Se utilizan para proteger instalaciones con receptores electrónicos.



**CURVA UNESA(ICP)**

El disparo térmico actúa entre 1,13 y 1,45 veces la  $I_n$ , siendo éste común para todas las curvas. El disparo magnético actúa entre 3,9  $I_n$  y 8,9  $I_n$ .

Se emplean como Interruptores de Control de Potencia (ICPM). En uso general, equivaldría a los interruptores de curva C. Esta curva no está englobada en la norma EN, sino en la recomendación UNESA: RU 6101B.



Todos los magneto-térmicos utilizados como ICPM deberán poder ser identificados por su parte frontal y, además de estar homologados oficialmente y cumplir el Reglamento de Verificaciones Eléctricas, llevarán grabadas las siguientes características:

- a. Nombre del Fabricante o Marca comercial.
- b. Tipo del aparato.
- c. Intensidad nominal.
- d. Naturaleza de la corriente y frecuencia.
- e. Tensión nominal 220/380 V.
- f. Poder de cortocircuito.
- g. Número de fabricación.

Las intensidades nominales de los magneto-térmicos más corrientemente utilizados son las siguientes: 1,5 - 3 - 3,5 - 5 - 7,5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 y 63 A.

Las características de desconexión deberán ser las que a continuación se especifican:

k	Tiempo de "no desconexión" seg.	Tiempo de "desconexión" seg.
1,13 $I_n$	7200	-
1,45 $I_n$	10	500
3,5 $I_n$	0,2	40
5 $I_n$	-	0,2

Referente al poder de corte de los magneto-térmicos, las normas exigen un poder de corte superior a los 4500 A., valor superado ampliamente por la mayoría de las casas fabricantes de estos aparatos.

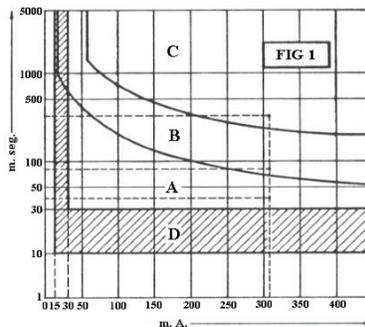
Según la norma VDE-0100 los interruptores automáticos deben protegerse contra sobreintensidades que rebasen su poder de corte. Por tal motivo en la caja general de protección de una instalación se colocan fusibles del tipo -gl- cuyo poder de corte supera los 50 kA.

## INTERRUPTORES DIFERENCIALES

Son interruptores automáticos que evitan el paso de corriente de intensidad peligrosa por el cuerpo humano. La peligrosidad de los efectos que se pueden producir depende de la intensidad de la corriente y de su duración, tal como se determina en el gráfico de la figura 1.

En dicho gráfico, si fijamos una intensidad circulante en mA., y un tiempo de duración en ms., se nos determina un punto. Si este punto se halla en la zona A, los efectos que se producirán serán inofensivos para personas normales. Si se halla en la zona B, ocasionará molestias que pueden ser peligrosas, y si se halla en la zona C podrá resultar mortal, ya que puede ocasionar inconsciencia o fibrilación ventricular.

Por ejemplo, vemos en el gráfico que una intensidad de 310 mA., según actúe durante 40, 80 o 400 ms. está situada en la zona A, B ó C.



La intensidad circulante por el cuerpo humano viene limitada, por una parte, por la resistencia propia del cuerpo (unos 550 ohmios mínimos) y por otra, por la resistencia del contacto con las zonas en tensión. Para el caso más desfavorable de resistencia del cuerpo y suponiendo un contacto perfecto, la intensidad circulante será máxima.

$$I_{\max} = \frac{E}{0 + 550}$$

En el supuesto de una tensión de 220V., que es la tensión normalizada en viviendas, la intensidad alcanzará un valor de 400 mA.

Si trasladamos esta intensidad al gráfico, veremos que para que no se produzcan más efectos que los inofensivos de la zona A, debe ser cortado en un tiempo máximo de 60 msg.

Esta desconexión la garantizan los interruptores diferenciales, ya que su curva característica (señalada con D en la figura 1) delimita debajo de ella un campo de trabajo donde no se desconecta por hallarse en la zona de seguridad A. No obstante, cuando los valores intensidad-tiempo tiendan a crecer, alcanzado las zonas peligrosas B ó C, deben cruzar la banda de desconexión D y en este instante el interruptor se abrirá.

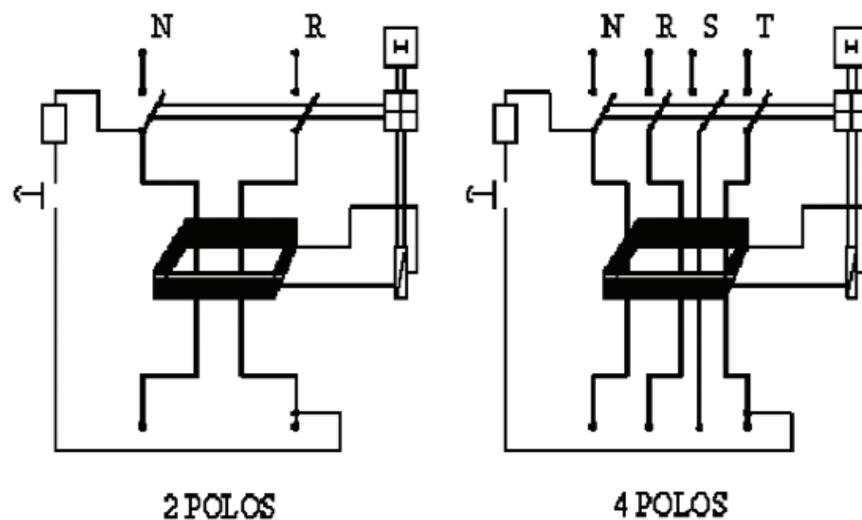
Los diferenciales se basan en una característica de los circuitos bifásicos o trifásicos, en los que la suma de las intensidades debe ser cero cuando no existen fugas.

Cuando por algún motivo la suma de intensidades no es cero, en la bobina auxiliar aparece una tensión que, aplicada a una pequeña bobina, acciona un pivote que a su vez acciona el dispositivo mecánico que abre los contactos principales del circuito. Según sea el valor de la intensidad de desequilibrio que acciona el diferencial, así se definirá su sensibilidad.

Normalmente se fabrican de dos sensibilidades, 30 y 300 mA.

Referente al dispositivo de disparo automático es del tipo llamado de “libre mecanismo”, es decir, que, aun reteniendo el correspondiente mando en la posición de circuito cerrado, éste se abre si aparece el defecto correspondiente.

La intensidad nominal que puede controlar un diferencial, depende de las dimensiones de los contactos principales, y se fabrican con intensidades comprendidas entre 25 y 63 A, siendo el más corriente el de 40A., por ser el que se suele utilizar en viviendas.

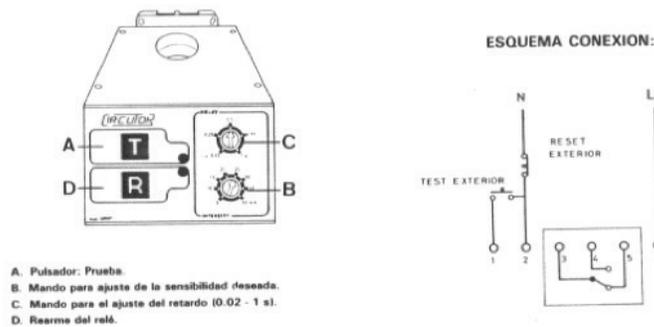


Se fabrican dos modelos de diferenciales, uno de dos polos para suministros bifásicos y otro de cuatro polos para los suministros trifásicos con neutro.

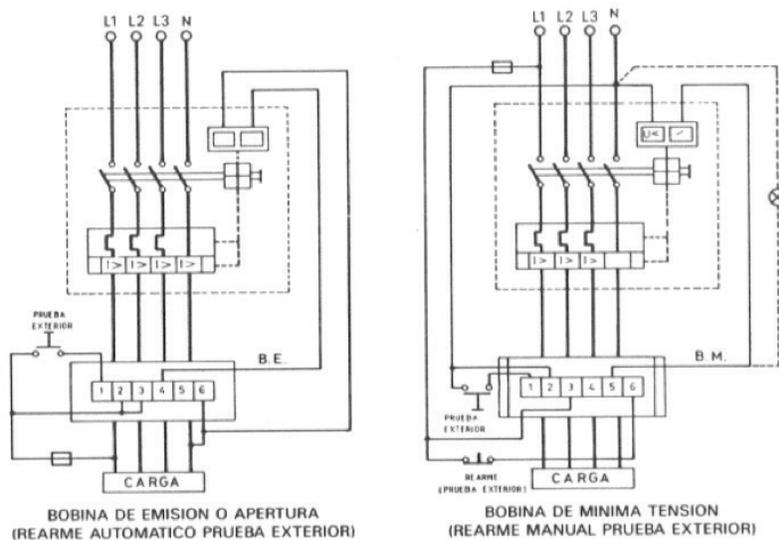
Según normas VDE-0100, los diferenciales deben de disponer de un botón de prueba mediante el cual se provoca una fuga igual a la sensibilidad del aparato y por tanto su desconexión inmediata. La finalidad de este pulsador es la de permitir al usuario comprobar periódicamente el correcto funcionamiento del interruptor diferencial.

Para intensidades superiores a los 63A., los diferenciales suelen utilizarse de forma indirecta, es decir, la señal diferencial obtenida de un toroidal es utilizada para accionar un contacto conmutado, encargado de accionar la bobina de emisión o la de mínima tensión del magneto-térmico de línea.

Este tipo de diferenciales suele fabricarse según una extensa gama de prestaciones, por lo que resulta difícil generalizar.



En la figura vemos un modelo de Circutor que tiene la particularidad de poder regular la sensibilidad y el tiempo de retardo de desconexión del diferencial.



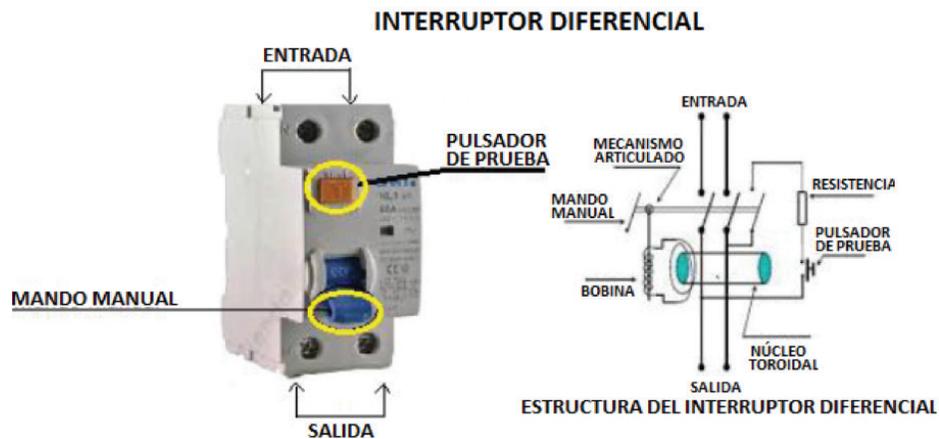
## Sesión N° 16: Circuito eléctrico de conmutación

### 16.1 Actividad de inicio

#### Las Protecciones eléctricas y curvas de operación

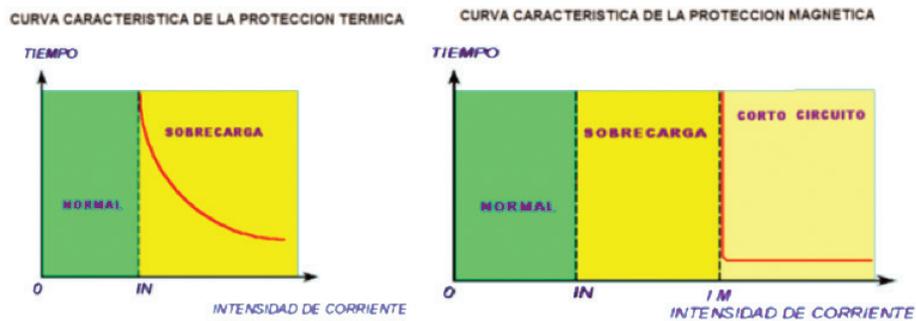
El Interruptor diferencial: es un dispositivo de protección que se utiliza para proteger a las personas frente a contactos eléctricos. Es un interruptor diseñado para detectar la diferencia entre la corriente de entrada y la de salida en un circuito y por este motivo se le denomina interruptor diferencial. Cuando esta diferencia supera un valor determinado (llamado de sensibilidad), para el que está calibrado (5mA, 30 mA, etc.), el dispositivo desconecta el circuito, interrumpiendo el paso de la corriente de la instalación eléctrica. Se le utiliza generalmente en los circuitos de enchufes de una instalación eléctrica.

A estos aparatos, como se observa en la figura, a su entrada se conecta la fase y el neutro y en la salida igualmente. Por esta razón que indican claramente los terminales en cada caso ya que si se conectan invertidos el diferencial no funciona.



El funcionamiento de este protector se da debido que al producirse cualquier circulación de corriente por algún medio conductor (se incluye a una persona) que no sea por el retorno (neutro) y que supere el valor de la sensibilidad del disyuntor diferencial, este desconecta el circuito y con ello protege la vida de la persona, si es el caso por donde circula la corriente de fuga. Debido a esto es que también se le considera un “salvavidas”. La sensibilidad es la corriente de fuga que detecta el disyuntor y que una vez superado el valor que trae de fábrica, por ejemplo 30 mA, desconecta el circuito. Debe tenerse en cuenta que a mayor sensibilidad mayor costo del dispositivo, considerando que a menor corriente se tiene mayor sensibilidad.

### Curvas de respuestas de las protecciones térmica y magnética

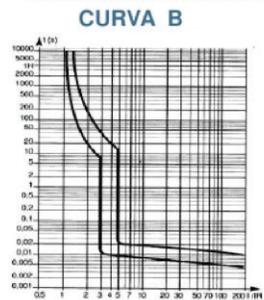


En esta comparación de las curvas se observa que la protección térmica actúa en el caso de sobrecargas, en cambio la protección magnética soporta sobrecargas y actúa en el caso de cortocircuitos.

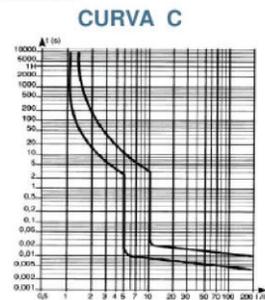
Las curvas de respuesta de los interruptores termomagnético se muestran en las siguientes figuras:

### Interruptor Termomagnético

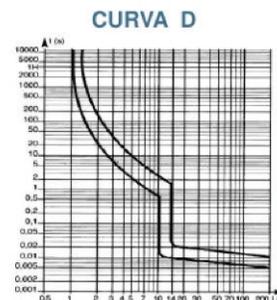
- Clasificación curvas de desconexión:



T: 1,1-1,4 In  
M: 3-5 In  
Grandes L, pequeñas S, instalac de líneas y generadores.

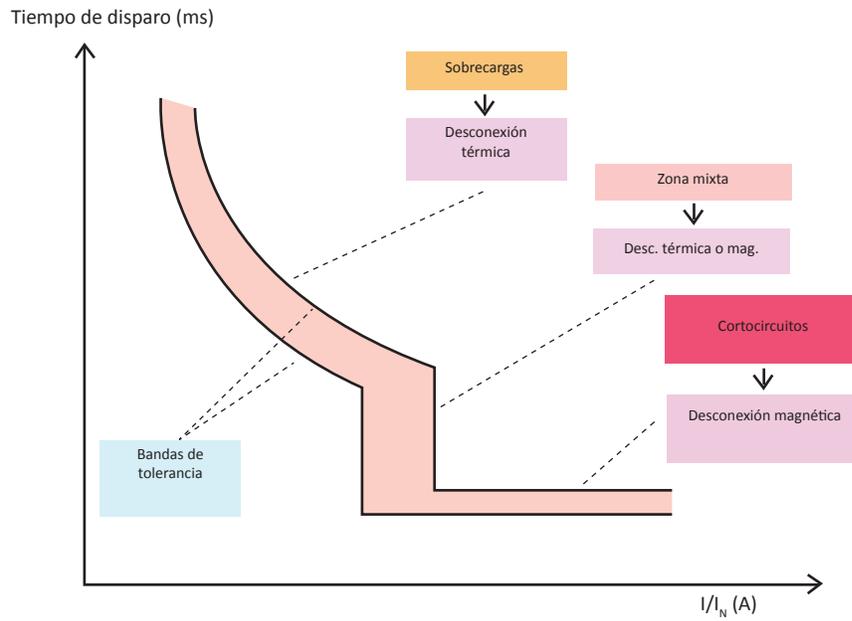


T: 1,13-1,45 In  
M: 5-10 In  
Instalac de líneas y receptores. Cargas standard.



T: 1,13-1,45 In  
M: 10-14 In  
Instalac con receptores de fuertes picos de arranque (motores, trafos).

En el siguiente diagrama se explica cómo funcionan estas curvas de respuesta para los diversos tipos de curvas y aplicaciones de los interruptores automáticos según su letra de clasificación.



## Sesión N° 17: Circuito eléctrico de doble combinación o de cruce

### 17.1 Actividad de inicio

EXTRACTO DE LAS NORMAS NCH 4/2003, CAP. 8.2.11

#### Cantidad máxima de conductores en tuberías

- 8.2.11.1.** La cantidad máxima de los diferentes tipos de conductores en los distintos tipos de tuberías se fijará de acuerdo a lo prescrito en las tablas N° 8.16 a N° 8.19.
- 8.2.11.2.** Para fijar la cantidad máxima de conductores en una tubería se aceptará que el conductor o haz de conductores, incluyendo la aislación de cada uno de ellos, ocupe un porcentaje de la sección transversal de la tubería que esté de acuerdo a lo prescrito por la tabla N° 8.16.
- 8.2.11.3.** La cantidad de conductores, determinada de acuerdo a la tabla N° 8.16 y sus condiciones de aplicación, se verificará comparando el diámetro interno de la tubería considerada con el diámetro de la envolvente teórica del haz de conductores respectivo. La diferencia entre ellos no deberá ser inferior a 3 mm para los valores de las tablas N° 8.17, N° 8.17a, N° 8.18 y N° 8.18a y de 12 mm, para la tabla N° 8.19.
- 8.2.11.4.** Los valores de las tablas N° 8.17, N° 8.17a, N° 8.18 y N° 8.18a serán válidos para tramos de tuberías de hasta 20 m de largo, rectos o con no más de dos curvas con una desviación total no superior a 180°: Para tramos de distancias superiores o para desviaciones mayores a las indicadas se deberá colocar cajas de paso intermedias.
- 8.2.11.5.** En tuberías que lleven más de tres conductores se deberán aplicar los factores de corrección de capacidad de transporte de corriente indicado en la tabla N° 8.8.

#### Tabla N° 8.16

##### Porcentaje de Sección Transversal de la Tubería ocupada por los Conductores

Número de conductores	1	2	3 o más
Porcentaje ocupado	50	31	35

Condiciones de aplicación de la tabla N° 8.16:

- Cuando se trata de tuberías de unión de gabinetes de tableros o similares, de una longitud no superior a 1 m se podrá considerar un porcentaje de área de hasta el 60 %.
- Cuando en el cálculo de la cantidad de conductores de un determinado tipo de tubería se obtengan valores decimales, sólo se aproximará al entero superior si el decimal es de 0,8 o mayor.
- Para combinación de conductores de diferentes secciones nominales se respetarán los valores indicados en la tabla N° 8.16, usando las dimensiones de conductores y tuberías indicadas en las tablas N° 8.10 y N° 8.18, respectivamente.
- Cuando el conductor de tierra forme parte del haz de conductores deberá incluirse en el cálculo.

### 8.2.12. Cajas de derivación, de aparatos y de accesorios

8.2.12.1. Las cajas se emplearán en las canalizaciones en tuberías como puntos de unión o derivación, en lugares donde se colocarán aparatos o accesorios y como puntos desde donde se pueden tirar los conductores para alambrar las tuberías. Se podrán utilizar también, para proteger derivaciones en tendido de cables sobre soportes o cables planos.

8.2.12.2. Las cajas podrán fabricarse en materiales metálicos o no metálicos. Las cajas metálicas podrán utilizarse con los distintos tipos de canalización considerados en esta norma; si se usan con tuberías no metálicas cada caja deberá conectarse a un conductor de protección; esta conexión se deberá hacer con un perno colocado en la caja con este único propósito. No se acepta que se usen para este efecto los pernos de sujeción de la tapa.

Las cajas no metálicas no podrán utilizarse en canalizaciones con tuberías metálicas.

8.2.12.3. Toda unión, derivación o alimentación de artefacto se debe hacer en una caja. No se permite hacer derivaciones en cajas en que vayan colocados accesorios, excepto lo indicado en 11.0.2.3, pero a través de una caja de accesorios podrá pasar la alimentación de un máximo de dos artefactos.

**Tabla N° 8.17**

#### Cantidad Máxima de Conductores en Tubos de Acero Barnizado, Tubos Galvanizados Livianos y Tubos Plásticos Flexibles

Tipo de ducto	t.p.r.	t.a.	t.a.g.	t.p.f.	t.a.	t.a.g.	
Diámetro nominal	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Conductor							
Tipo y sección nominal [mm <sup>2</sup> ]	Cantidad de conductores						
<b>NYA – THHN</b>							
1	7	10	16	30	-	-	-
1,5	6	7	13	25	-	-	-
2,5	3	6	7	16	26	-	-
4	3	4	6	10	18	26	-
6	1	3	5	7	14	22	40
10	1	1	3	5	9	13	25



Tabla N° 8.18

**Cantidad Máxima de Conductores en Tubos de Acero Galvanizado de Pared Gruesa (Cañerías), Tuberías No Metálicas y Tuberías Metálicas Flexibles**

Tipo de Ducto		tp.p	tp.r.	c.a.g.		tp.p. - tp.r. - c.a.g.							tp.p.	tp.r.	c.a.g.
Conductor	Diámetro nominal	1/2"	16 mm	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	110 mm	4"
	Tipo y Sección Nominal [mm <sup>2</sup> ]	Cantidad de Conductores													
NSYA	THW - THWN														
1,5	-	4	5	7	12	20	36	-	-	-	-	-	-	-	-
-	2,08	3	3	5	8	13	23	32	-	-	-	-	-	-	-
2,5	-	3	4	6	10	18	28	39	-	-	-	-	-	-	-
-	3,31	2	3	4	7	11	19	26	42	-	-	-	-	-	-
4	-	2	3	4	8	13	22	30	50	-	-	-	-	-	-
-	5,26	1	2	3	5	8	14	20	33	-	-	-	-	-	-
6	-	2	2	3	6	10	18	24	40	-	-	-	-	-	-
-	8,37	1	1	1	3	5	9	12	20	31	-	-	-	-	-
10	-	1	1	2	4	6	11	16	26	37	-	-	-	-	-
-	13,3	1	1	1	2	4	7	10	16	23	38	-	-	-	-
16	-	1	1	1	2	4	7	10	16	23	36	-	-	-	-
-	21,2	1	1	1	3	5	7	11	16	25	-	-	-	-	-
25	-	1	1	1	3	5	6	9	15	24	32	-	-	-	-
-	28,7	1	1	1	2	4	6	10	14	20	29	-	-	-	-
35	-	1	1	1	2	4	5	8	12	14	24	29	30	31	33
-	33,8	1	1	1	2	4	5	8	13	19	26	30	31	33	33
50	-	1	1	1	1	2	4	6	9	13	18	21	22	23	23
-	42,4	1	1	1	1	2	4	6	9	13	18	21	22	23	23
50	-	1	1	1	1	2	3	5	7	11	15	18	19	20	20
-	53,5	1	1	1	1	2	3	5	7	11	15	18	19	20	20
70	-	1	1	1	1	2	3	4	6	10	14	16	17	18	18
-	67,4	1	1	1	1	2	3	4	6	10	14	16	17	18	18
70	-	1	1	1	1	2	3	5	8	11	13	13	14	14	14
-	85,0	1	1	1	1	2	3	5	8	10	12	13	13	13	13
95	-	1	1	1	1	2	3	4	7	9	11	11	12	12	12
-	107,2	1	1	1	1	2	3	4	7	9	11	11	12	12	12
120	-	1	1	1	1	3	4	6	8	10	10	10	11	11	11
-	126,7	1	1	1	1	3	4	6	8	10	10	10	11	11	11
150	-	1	1	1	1	2	3	4	6	7	8	8	9	9	9
-	152	1	1	1	1	2	3	4	6	7	8	8	9	9	9
150	-	1	1	1	1	2	3	4	6	7	8	8	9	9	9
-	177,3	1	1	1	1	2	3	4	6	7	8	8	9	9	9
185	-	1	1	1	1	3	4	5	6	7	7	7	7	7	7
-	202	1	1	1	1	3	4	5	6	7	7	7	7	7	7
240	-	1	1	1	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6
-	253	1	1	1	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6
300	-	1	1	1	1	2	3	4	5	5	5	5	5	5	5
-	304,0	1	1	1	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4
380	-	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
-	380,0	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
400	-	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
-	506,7	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3



**Tabla N° 8.19**

**Dimensiones y Porcentajes de Sección Transversal para los Distintos Tipos de Ductos**

Diámetro nominal			Diámetro interno	Sección transversal	50% Sección transversal	31% Sección transversal	35% Sección transversal
Tipo de ducto							
t.p.p. t.p.r. c.a.g.	t.a. t.a.g. t.p.f.	t.a.	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]
	++ ½"		11,70	107,51	53,76	33,33	37,63
+ ½"			12,00	113,10	56,55	35,06	39,59
+ 16 mm			13,40	141,03	70,52	43,72	49,32
	5/8"		13,88	151,31	75,65	46,91	52,96
+ ½"			15,76	195,08	97,54	60,47	68,28
	¾"		17,08	228,32	114,16	70,78	79,91
¾"			20,98	345,94	172,52	106,96	120,70
	1"		23,00	415,48	207,74	128,80	145,42
1"			26,64	557,39	278,70	172,79	195,09
	1 ¼"		29,35	976,56	338,28	209,73	236,80
1 ¼"			35,08	1000,90	483,52	299,62	339,28
	1 ½"		35,70	1316,40	500,45	310,30	350,34
1 ½"			40,94	1839,85	658,20	408,08	460,74
	2"		48,40				643,95
		50 mm	50,00				687,23
2"			52,48				757,09
2 ½"			62,68				1079,98
		75 mm	75,00				1546,22
3"			77,92				1669,00
3 ½"			90,10				2231,56
+ 4"			97,80				2618,54
+110 mm			99,40				2716,01
		100 mm	100,00				2748,90
+ 4"			102,26				2874,55

- + Estos seis valores corresponden a tubería de polietileno, tubería de PVC y tubo de acero galvanizado de pared gruesa, respectivamente. Los restantes valores corresponden a tubo de acero galvanizado pared gruesa, no existiendo diferencias notorias entre los distintos tipos.
- ++ Corresponde a tubo plástico flexible, las otras medidas de este tipo de tubería se consideran equivalentes a las del tubo de acero.

Importante: Los valores que aparecen en esta tabla corresponden a las dimensiones más usuales de las tuberías que se ofrecen en el mercado y son solo referenciales y no deben entenderse como valores de norma para la fabricación de tuberías.

Las abreviaturas utilizadas tienen los significados siguientes:

- tpp tubo de polietileno
- tpf tubo plástico flexible
- tp tubo de PVC
- tag tubo de acero galvanizado
- ta tubo de acero barnizado
- cag cañería de acero galvanizado

- 8.2.12.4. Las cajas podrán ser de forma rectangular, cuadrada, poligonales o redondas.
- 8.2.12.5. Las cajas redondas deberán tener sus entradas diseñadas de modo tal que permitan la fijación de la tubería o el cable sin necesidad de usar tuercas, contratuercas o boquillas roscadas.
- 8.2.12.6. En las cajas de las otras formas, la entrada de las tuberías o cables a la caja se hará a través de perforaciones que se dejarán en la caja durante su proceso de fabricación y la fijación de ellas se hará con boquillas y una contratuerca. En el caso de tuberías de diámetro nominal inferior a 25 mm, la unión se podrá hacer mediante tuerca y contratuerca.
- 8.2.12.7. No se podrá efectuar la fijación de las tuberías metálicas de pared delgada a las cajas roscando el tubo; se recomienda el uso de uniones emballetadas.
- 8.2.12.8. La entrada de un cable a una caja se fijará y protegerá mediante una prensaestopas o dispositivo similar, adecuado a la forma del cable.
- 8.2.12.9. Las entradas de una caja que no se usen deberán dejarse cerradas. Para posibilitar el cumplimiento de esta disposición, las perforaciones de entrada que se hagan durante el proceso de fabricación serán semicizalladas, de modo que puedan ser retiradas con facilidad con la ayuda de herramientas, pero deberán resistir sin desprenderse los esfuerzos propios de su manipulación e Instalación.
- 8.2.12.10. Toda caja deberá tener su respectiva tapa, la que deberá quedar firmemente asegurada en su posición mediante pernos u otro sistema de cierre que exija de una herramienta para removerlo.
- 8.2.12.11. Las cajas usadas en lugares húmedos o mojados deberán ser de construcción adecuada para resistir las condiciones ambientes e impedir la entrada de humedad o fluido en su interior.
- NA. Se deberá considerar un grado de protección IP adecuado al lugar de instalación. Ver Apéndice I.
- 8.2.12.12. Las cajas que se usen en lugares en que haya gran cantidad de polvo en suspensión deberán ser de construcción estanca al polvo.
- NA. Corresponde a un grado de protección IP 5X. Ver Apéndice 1.
- 8.2.12.13. Las uniones de las tuberías con cajas a prueba de humedad, goteo, chorro, de agua, salpicaduras o polvo deben efectuarse de modo que el conjunto conserve sus características de estanqueidad.
- 8.2.12.14. Las cajas deben estar rígidamente fijas a la superficie sobre la cual van montadas. En general, para canalizaciones ocultas o a la vista, las cajas deberán estar fijadas a alguna parte estructural de la construcción.
- 8.2.12.15. Los conductores deberán quedar libremente accesibles dentro de la caja sólo retirando la tapa, y ésta deberá poder retirarse sin necesidad de romper el enlucido de los muros, ni retirar ningún otro tipo de cubierta.
- 8.2.12.16. La cantidad de conductores que pueden ir dentro de una caja se fijará en función del volumen requerido para su fácil manipulación y correcto funcionamiento. Dicho volumen se establece en la tabla N° 8.20.
- 8.2.12.17. Las tuercas, contratuercas y boquillas utilizadas para fijar las tuberías o cables a las entradas de las cajas, deberán ser resistentes a la corrosión o estar protegidas contra ella, y tener la resistencia mecánica adecuada al uso que se les esté dando.

Tabla N° 8.20

## Volumen Requerido por un Conductor

Sección nominal [mm <sup>2</sup> ]	Tipo de conductor		
	NYA	NSYA	THW
	Volumen por cada conductor [cm <sup>3</sup> ]		
1	12,6	-	-
1,5	12,6	12,7	-
2,08	-	-	16,4
2,5	14,9	15,0	-
3,31	-	-	19,4
4	17,5	17,6	-
5,26	-	-	22,8
6	22,2	22,4	-
8,37	-	-	28,9

- 8.2.12.18.** En alimentación de centro a centro, cuando se necesite pasar conductores a través de una tapa deberán protegerse las pasadas con una boquilla o pasacables aprobado para dicho uso.
- 8.2.12.19.** Las cajas metálicas deberán ser construidas y terminadas de modo que sean resistentes a la corrosión. Si son de material ferroso se protegerán mediante un proceso de galvanizado en caliente o un proceso de pintado, con un tratamiento con pinturas antioxidantes que garanticen un resultado similar.
- 8.2.12.20.** Las cajas metálicas tendrán un espesor mínimo de paredes de 1,2 mm.
- 8.2.12.21.** Las cajas metálicas cuyo volumen sea superior a los 20.000 cm<sup>3</sup> deberán cumplir las prescripciones de los gabinetes para tableros o cajas de barras.
- 8.2.12.22.** Las tapas de las cajas metálicas deberán tener un espesor igual al de las cajas y deberán ser también resistentes a la corrosión o estar protegidas contra ella.
- 8.2.12.23.** Las cajas metálicas o no metálicas para instalar en pisos, ya sean como cajas de derivación o cajas de enchufe, deben ser a prueba de polvo y humedad  
**NA.** Corresponde a un grado de protección IP 51 o superior. Ver apéndice 1.
- 8.2.12.24.** En casos especiales, como, por ejemplo, en el piso de altillos o vitrinas, se aceptará el uso de cajas corrientes en el piso, siempre que estos recintos se puedan considerar libres de los efectos del polvo y de la humedad.
- 8.2.12.25.** En canalizaciones de alimentadores se podrá pasar o derivar los conductores o cables que forman los distintos alimentadores a través de una caja común.

- 8.2.12.26.** En este tipo de cajas deberán cumplirse las siguientes condiciones:
- En cajas de paso para tramos rectos, el largo de la caja no podrá ser inferior a 6 veces el diámetro nominal de la tubería de mayor diámetro que entra en la caja.
  - En cajas utilizadas en cambios de dirección de las tuberías o en derivaciones, el largo de la caja no podrá ser inferior a 4 veces el diámetro nominal de la tubería mayor más la suma de los diámetros nominales de las tuberías restantes; y la distancia entre la tubería de entrada y la salida del mismo alimentador no podrá ser inferior a 4 veces el mismo diámetro nominal de la tubería mayor.
- 8.2.12.27.** En el interior de las cajas de paso o derivación señaladas en 8.2.12.26, los conductores de cada alimentador deberán quedar ordenados y separados del resto de los conductores.
- 8.2.12.28.** Las cajas no metálicas deberán ser de un material autoextinguente, en caso de Combustión deberá arder sin llama, no emitir gases tóxicos, estar libres de materiales halógenos y emitir humos de muy baja opacidad; deberán, además, ser adecuadas para soportar la acción de la humedad y agentes químicos, resistentes a las compresiones y deformaciones por efecto del calor, en condiciones similares a las que encontrará en su manipulación y uso.
- NA.** Esta condición es equivalente al cumplimiento de la Clasificación M1, VOF4, de las normas NF F16 101 y NF F 16 102.
- 8.2.12.29.** Las cajas no metálicas tendrán paredes de un espesor mínimo de 1,6 mm.
- 8.2.13.** Canalizaciones en molduras y bandejas portaconductores no metálicas livianas para usos habitacionales o similares
- 8.2.13.1.** Las molduras y bandejas no metálicas portaconductores livianas, para usos habitacionales o similares, son perfiles de material no metálico, de sección cuadrada, rectangular u otra, de tapa removible, que en conjunto con sus aparatos y accesorios forman un sistema completo de canalización. Su sistema de ajuste y cierre será tal que ninguno de sus componentes podrá ser removido sin ayuda de una herramienta
- NA.** Al proyectar una instalación con este tipo de canalización, se deberá considerar que debe mantenerse un grado de protección uniforme a lo largo de todo su recorrido, en conjunto con sus aparatos complementarios; un grado IP mínimo recomendable es IP 51.
- 8.2.13.2.** Dentro de este campo de aplicación, vale decir en usos habitacionales o similares, se denominará moldura a aquellos perfiles que, por la dimensión reducida de su sección transversal, requieren que sus aparatos complementarios sean montados en forma anexa, y se denominará bandeja a aquellos perfiles en que la dimensión de su sección transversal permite el montaje de los aparatos en su interior.
- NA.** Se entenderá por aparato complementario, en el sentido de este Artículo, a los interruptores y enchufes.
- 8.2.13.3.** Tanto las molduras como las bandejas portaconductores, en el alcance de esta sección, podrán usarse solo a la vista, sobrepuestas en paredes y muros de habitaciones oficinas y recintos similares de ambiente seco y limpio. Deberán ser accesibles en todo su recorrido; solo se exceptuará esta exigencia de accesibilidad en cruces de muro de una habitación a otra.

- 8.2.13.4. No podrán usarse molduras o bandejas en recintos húmedos, con polvo en suspensión en ambientes que presenten riesgo de incendio o explosión; tampoco podrán ser instaladas ocultas.
- 8.2.13.5. Tanto en uniones como en derivaciones o cambios de dirección de la canalización, sólo podrán usarse los accesorios aprobados como componentes del sistema para estas funciones. Queda prohibido solucionar alguna de estas condiciones mediante cortes del perfil principal y adaptaciones de forma para evitar el uso de los citados accesorios.
- 8.2.13.6. Las molduras y bandejas podrán ser simples o compuestas; en las compuestas un tabique fijo o removible permitirá dividir la sección transversal en dos o más sectores.
- 8.2.13.7. En molduras o bandejas compuestas, se permitirá llevar por separado, en cada una de las secciones en que éstas estén divididas, conductores de distintos servicios.
- NA. Se entenderá como conductores de distintos servicios a los correspondientes a potencia, comunicaciones, datos o control.
- 8.2.13.8. La cantidad máxima de conductores a instalar en una moldura se fijará de acuerdo a la tabla 8.18, haciendo la equivalencia entre la sección interna de la moldura y la cañería correspondiente.
- 8.2.13.9. La cantidad máxima de conductores a instalar en una bandeja no metálica liviana se fijará de acuerdo a 8.2.19.20.
- 8.2.13.10. La capacidad de transporte de los conductores instalados en molduras o bandejas porta-conductores no metálicas livianas deberá ser afectada por los factores de corrección de las tablas 8.8, 8.9 y 8.9a, según corresponda.

## Sesión N° 18: Circuito eléctrico mixto 9/12; 9/15 y 9/24

### 18.1 Actividad de inicio

#### **Tipos de cables eléctricos según su aplicación**

En las instalaciones eléctricas existen diversas formas en las que se puede distribuir la energía eléctrica, según las condiciones en la que se debe someter los cables eléctricos. Por esta situación se han diseñado diversos tipos de cables que dependen donde vayan a ser instalados. Estas condiciones pueden ser en una zona subterránea, aérea, equipos industriales o domésticos. En este post verás los tipos de cables más utilizados a nivel residencial.

#### **Cable de distribución aérea**

Cable generalmente compuesto por tres o cuatro cables, con aislamiento individual termoplástico de polietileno o de PVC. Estos están dispuestos helicoidalmente alrededor de un conductor neutro mensajero sin ningún aislante.

Aplicaciones:

- Estos cables se usan en sistemas de distribución aérea de energía eléctrica en baja tensión.
- Como acometida aérea de servicios secundarios.
- Alumbrado general.

#### **Cable concéntrico**

Alambre o cable de cobre suave, con aislamiento termoplástico de policloruro de vinilo (PVC), rodeado concéntricamente por un neutro a base de alambres de cobre desnudo suave, dispuestos en forma helicoidal y cubierta termoplástica de polietileno o PVC. Se utiliza en las acometidas eléctricas monofásicas a dos o tres hilos.

#### **Cable multiconductor**

Cable de tres o cuatro conductores de cobre suave, con aislamiento individual termoplástico de policloruro de vinilo (PVC), e identificados por el color del aislamiento, rellenos para dar sección circular, cinta reunidora y cubierta exterior termoplástica de policloruro de vinilo (PVC).

Aplicaciones:

Equipos industriales de alimentación trifásica, como motores de correa transportadora y pequeñas bombas.

Equipos comerciales, como hornos, extractores, neveras industriales, lavadoras industriales.

**Cordón dúplex o SPT**

Cordón flexible de dos conductores paralelos (cordones de cobre suave), se fabrican en calibres desde 22 AWG hasta 10 AWG. Poseen aislamiento individual de policloruro de vinilo (PVC) y unidos por una pista del mismo material.

Aplicaciones:

Están diseñados para suministrar energía eléctrica en baja tensión a aparatos electrodomésticos como ventiladores, lámparas, estéreos, televisores, radios, batidoras y para elaborar extensiones.

**Cable SJT**

Cable de dos, tres o cuatro conductores de cobre suave en construcción flexible, con aislamiento individual de PVC, e identificados por colores (negro, azul, gris, blanco, verde). Y por último, con una cubierta exterior de PVC, la superficie exterior puede presentarse en forma estriada o lisa.

Aplicaciones:

Encuentran su principal aplicación en el suministro de energía eléctrica de baja tensión en computadoras, aspiradoras, mezcladoras, pulidoras, taladros, caladoras y otros productos portátiles y electrodomésticos.

**Cable UF**

Pueden ser sólidos o cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico, PVC resistente a la humedad, posteriormente los conductores son dispuestos paralelamente y sobre ellos se aplica una chaqueta también de PVC generalmente de color gris.

Aplicaciones:

Son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, son útiles además para ser enterrados directamente, en instalaciones cubiertas y expuestas, se usan en viviendas del lado interior o exterior de las paredes.

## Sesión N° 19: Circuitos de enchufes

### 19.1 Actividad de inicio

EXTRACTO DE LAS NORMAS NCH 4/2003, CAP. 9.2

#### MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

- 9.2.1.** La primera medida contra los contactos indirectos es evitar que estos se produzcan esto se logrará manteniendo la aislación en los diversos puntos de la instalación en sus valores adecuados.
- 9.2.2.** Se considera que una instalación tiene un adecuado valor de resistencia de aislación si ejecutadas las mediciones en la forma que se describe a continuación se obtienen valores no inferiores a los prescritos:
- 9.2.2.1.** La resistencia de aislación de una instalación de baja tensión se medirá aplicando una tensión no inferior a 500 V y utilizando instrumentos de corriente continua.  
Durante el proceso de medición los conductores de la instalación o la parte de ella que se quiere medir, incluido el neutro, estarán desconectados de la fuente de alimentación.
- 9.2.2.2.** Se efectuará una primera medición de aislación con respecto a tierra, para lo cual se unirán entre si todos los conductores de la instalación, exceptuando el de protección; se conectarán todos los artefactos de consumo y todos los interruptores estarán en la posición "cerrado". Se aceptará también que la medición se ejecute midiendo la aislación de cada conductor en forma individual, sin necesidad de unirlos.  
A continuación, se efectuará una medida de aislación entre conductores, para lo cual éstos se separarán, se desconectarán los artefactos de consumo y los interruptores se mantendrán en la posición "cerrado". La medida se efectuará sucesivamente tomando los conductores de dos en dos.
- 9.2.2.3.** El valor mínimo de resistencia de aislación será de 300.000 Ohm para instalaciones con tensiones de servicio de hasta 220 V. Para tensiones superiores se aceptará una resistencia de aislación de 1.000 Ohm por volt de tensión de servicio para toda la instalación, si su extensión no excede de 100 m. Las instalaciones de extensión superior a 100 m se separarán en tramos no superiores a dicho valor, cada uno de los cuales deberá cumplir con el valor de resistencia de aislación prescrito.
- 9.2.3.** Asumiendo que aún en una instalación en condiciones óptimas, ante una situación de falla, una parte metálica del equipo puede quedar energizada, y además de la verificación y cumplimiento de lo prescrito en 9.2.2, se deberán tomar medidas complementarias para protección contra tensiones de contacto peligrosas. Estas medidas se clasificarán en dos grupos: los sistemas de protección clase A y los sistemas de protección clase B.

- 9.2.4. En los sistemas de protección clase A, se trata de tomar medidas destinadas a suprimir el riesgo haciendo que los contactos no sean peligrosos, o bien impidiendo los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores entre los cuales puedan aparecer tensiones peligrosas. Dentro de esta clase encontraremos los siguientes sistemas de protección:
- Empleo de transformadores de aislación.
  - Empleo de tensiones extra bajas.
  - Empleo de aislación de protección o doble aislación.
  - Conexiones equipotenciales.
- 9.2.5. En los sistemas de protección clase B se exige la puesta a tierra o puesta a neutro de las carcasas metálicas, asociando ésta a un dispositivo de corte automático que produzca la desconexión de la parte de la instalación fallada; dentro de esta clase encontramos los siguientes sistemas:
- Puesta a tierra de protección y dispositivo de corte automático operado por corriente de falla.
  - Neutralización y dispositivo de corte automático operado por corriente de falla.
- 9.2.6. Sistemas de protección clase A. La aplicación de estas medidas, por sus características, será posibles en casos muy restringidos y sólo para ciertos equipos o partes de la instalación.
- 9.2.6.1. Empleo de transformadores de aislación: Este sistema consiste en alimentar el o los circuitos que se desea proteger a través de un transformador, generalmente de razón 1/1, cuyo secundario este aislado de tierra. Se deberán cumplir las condiciones siguientes:
- Su construcción será de tipo doble aislación.
  - El circuito secundario no tendrá ningún punto común con el circuito primario ni con ningún otro circuito distinto.
  - No se emplearán conductores ni contactos de tierra de protección en los circuitos conectados al secundario.
  - Las carcasas de los equipos conectados al secundario no estarán conectados a tierra ni a la carcasa de otros equipos conectados a otros circuitos, pero la carcasa de todos los equipos conectados al circuito secundario y que pueden tocarse simultáneamente, estarán interconectados mediante un conductor de protección.
  - El límite de tensión y de potencia para transformadores de aislación monofásicos será de 220 V y 10 KVA; para otros transformadores de aislación estos valores límites serán de 380 V y 18 KVA, respectivamente.
  - En trabajos que se efectúen dentro de recipientes metálicos, tales como estanques, calderas, etc., los transformadores de aislación deben instalarse fuera de estos recipientes.

Este tipo de protección es aconsejable de usar en instalaciones que se efectúen en o sobre calderas, andamiajes metálicos, cascos navales y, en general, donde las condiciones de trabajo sean extremadamente peligrosas por tratarse de locales o ubicaciones muy conductoras. El empleo de este sistema de protección hará innecesaria la adopción de medidas adicionales.

**9.2.6.2.** Empleo de tensiones extra bajas: En este sistema se empleará como tensión de servicio un valor de 42 V o 24 V, de acuerdo a lo prescrito en 9.0.6.3. Su aplicación requiere del cumplimiento de las siguientes condiciones:

- La tensión extra baja será proporcionada por transformadores, generadores o baterías cuyas características sean las adecuadas para este tipo de trabajo.
- El circuito no será puesto a tierra ni se conectará con circuitos de tensión más elevada, ya sea directamente o mediante conductores de protección.
- No se podrá efectuar una transformación de media o alta tensión a tensión extra baja.

El empleo de este sistema de protección es recomendable en instalaciones erigidas en recintos o lugares muy conductores y hará innecesaria la adopción de otras medidas adicionales de protección

**NA.** Como ejemplo de lugares muy conductores pueden citarse piscinas en que se utilicen circuitos de iluminación subacuática, circuitos de alimentación a tinas domésticas de hidromasaje, saunas, etc.

**9.2.6.3.** Empleo de aislación de protección o doble aislación: Este sistema consiste en recubrir todas las partes accesibles de carcazas metálicas con un material aislante apropiado, que cumpla lo prescrito en 9.1.1.4 o utilizar carcazas aislantes que cumplan iguales condiciones.

**NA.** El empleo de materiales no conductores en la construcción de las carcasas de electrodomésticos y maquinas herramientas portátiles ha hecho que este sistema de protección haya alcanzado una gran difusión y efectividad.

**9.2.6.4.** Conexiones equipotenciales: Este sistema consiste en unir todas las partes metálicas de la canalización y las masas de los equipos eléctricos entre sí y con los elementos conductores ajenos a la instalación que sean accesibles simultáneamente, para evitar que puedan aparecer tensiones peligrosas entre ellos.

Esta medida puede, además, comprender la puesta a tierra de la unión equipotencial para evitar que aparezcan tensiones peligrosas entre la unión y el piso.

En las condiciones indicadas, deben insertarse partes aislantes en los elementos conductores unidos a la conexión equipotencial, por ejemplo, coplas o uniones aislantes en sistemas de cañerías, a fin de evitar la transferencia de tensiones a puntos alejados de la conexión.

Las puertas y ventanas metálicas o los marcos metálicos que estén colocados en muros no conductores y fuera del contacto de otras estructuras metálicas no necesitan conectarse a la conexión equipotencial.

El empleo de este sistema de protección es recomendable en lugares mojados, debiendo asociarse a uno de los sistemas de protección clase B.

**9.2.7.** Sistemas de protección clase B. Son aquellos que se indican a continuación; en ellos, las puestas a tierra deberán cumplir lo prescrito en la sección 10.

**9.2.7.1.** Dispositivos automáticos de corte por corriente de falla asociados con una puesta a tierra de protección. Este sistema consiste en la conexión a una tierra de protección de todas las carcasas metálicas de los equipos y la protección de los circuitos mediante un dispositivo de corte automático sensible a las corrientes de falla, el cual desconectará la instalación o el equipo fallado; Ver hoja de norma N° 13. La aplicación de este sistema requiere del cumplimiento de las siguientes condiciones:

a) En instalaciones con neutro a tierra:

- La corriente de falla deberá ser de una magnitud tal que asegure la operación del dispositivo de protección en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer a un potencial que exceda el valor de seguridad prescrito en 9.0.6.3, en relación con una toma de tierra.
- Todas las masas de una instalación deben estar conectadas a la misma toma de tierra.

c) En instalaciones con neutro flotante o conectado a tierra a través de una impedancia.

Se cumplirán las mismas condiciones de a); en donde no se pueda cumplir la primera condición, deberán cumplirse las siguientes otras condiciones:

- Deberá existir un dispositivo automático de señalización que muestre cuando se haya presentado una primera falla de aislación en la instalación.
- En caso de fallas simultáneas que afecten la aislación de fases distintas o de una fase y neutro, la separación de la parte fallada de la instalación debe asegurarse mediante dispositivos de corte automático que interrumpan todos los conductores de alimentación, incluso el neutro.

**9.2.7.2.** Como dispositivos de corte automático para la aplicación de las medidas contenidas en 9.2.7.1 se podrán emplear fusibles o disyuntores, siempre que sus características de operación sean adecuadas. El empleo de estos dispositivos exigirá que la impedancia de falla tenga un valor extremadamente bajo y el valor de la resistencia de la tierra de protección debe ser tal que no permita la aparición de tensiones que excedan los valores de seguridad. En general, esto sólo será posible de obtener cuando el terreno sea buen conductor y cuando en la red exista un gran número de puestas a tierra de servicio. Ver sección 10.

En instalaciones en que la impedancia de falla y la puesta a tierra de protección tengan valores tales que no permitan el cumplimiento de las prescripciones de 9.2.7.1, se deberán utilizar los protectores diferenciales como dispositivos asociados a los de corte automático.

**9.2.7.3.** Empleo de protectores diferenciales. Las condiciones de operación de un protector diferencial se establecen en la definición 4.1.27.4 de la sección Terminología, para una mejor comprensión de su alcance ver hoja de norma N° 13. En los casos en que el diferencial se emplee en instalaciones de uso doméstico o similar en caso de falla deberá interrumpir el suministro eléctrico al circuito protegido, aún en ausencia del conductor neutro. Otras características de este sistema de protección son las siguientes:

- El valor mínimo de corriente de falla diferencial a partir del cual el dispositivo opera determina la sensibilidad del aparato.
- El valor de resistencia de la puesta a tierra a que debe asociarse un protector diferencial se determinará de acuerdo a la sensibilidad de éste y debe cumplir la relación:

$$R = \frac{V_s}{I_s}$$

Siendo IS el valor de la sensibilidad del diferencial expresado en Amperes, VS el voltaje de seguridad de acuerdo a 9.0.6.3 y R la resistencia de puesta a tierra de protección.

- De forma similar, se puede emplear estos aparatos cuando se aplica el sistema de neutralización como medio de protección, cumpliendo las prescripciones del párrafo 9.2.7.4.

**9.2.7.4.** Neutralización. Este sistema consiste en unir las masas de la instalación al conductor neutro, de forma tal que las fallas francas de aislación se transformen en un cortocircuito fase-neutro, provocando la operación de los aparatos de protección del circuito. Ver hoja de norma N° 14.

En la implementación de este sistema se pueden adoptar dos modalidades: la conexión directa de las carcasas al neutro de la instalación, figura 1 de hoja de norma N° 14, o la conexión de las carcasas a un conductor de protección asociado al neutro de la instalación, figura 2 de hoja de norma N° 14. Sin embargo, para los fines de aplicación de esta Norma sólo se considerará aceptable la Neutralización con un conductor de protección asociado al neutro.

Para utilizar este sistema de protección deben cumplirse las siguientes condiciones:

- La red de distribución deberá cumplir lo establecido en 10.1.6.
- Los dispositivos de protección deberán ser disyuntores o fusibles.
- La corriente de falla estimada en el punto será de una magnitud tal que asegure la operación de las protecciones en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Todas las carcasas de los equipos deberán estar unidas a un conductor de protección, el que estará unido al neutro de la instalación.
- En caso de instalaciones alimentadas desde una subestación propia, el conductor de protección se conectará directamente al borne de neutro del transformador o al electrodo de tierra de servicio del mismo. En este caso la resistencia de la puesta a tierra de servicio de la subestación deberá tener un valor inferior a 20 Ohm.
- En caso de instalaciones con empalme en BT el conductor de protección se conectará al neutro en el empalme, debiendo además asociarse el sistema de neutralización a otro sistema de protección contra contactos indirectos que garantice que no existirán tensiones peligrosas ante un eventual corte del neutro de la red de distribución.
- La sección del conductor de protección será igual a la del neutro.
- El conductor de protección será aislado y de iguales características que el neutro.

Se recomienda emplear el sistema de neutralización asociado a protectores diferenciales de alta sensibilidad, efectuando la unión entre el neutro y el conductor de protección antes del diferencial.

### **9.3. Protección contra sobretensiones en instalaciones y equipos**

Se recomienda instalar dispositivos protectores o supresores de sobretensión en circuitos de una instalación de consumo que alimente a consumos constituidos por equipos electrónicos, tales como computadores, máquinas de fax, impresoras, plantas telefónicas, reproductores de audio y vídeo, etc.

## Sesión N° 20: Circuitos de alumbrado y de enchufes

### 20.1 Actividad de inicio

#### EXTRACTO DE LAS NORMAS NCH 4/2003, CAP. 10

##### PUESTAS A TIERRA

##### 10.0. CONCEPTOS GENERALES

- 10.0.1. En una instalación podrá existir una puesta a tierra de servicio y una puesta a tierra de protección.
- 10.0.2. Se entenderá por tierra de servicio la puesta a tierra de un punto de la alimentación, en particular el neutro del empalme en caso de instalaciones conectadas en BT o el neutro del transformador que alimente la instalación en caso de empalmes en media o alta tensión, alimentados con transformadores monofásicos o trifásicos con su secundario conectado en estrella.
- 10.0.3. Se entenderá por tierra de protección a la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forma parte del circuito activo, pero que en condiciones de falla puede quedar energizada. Su finalidad es proteger a las personas contra tensiones de contacto peligrosas.

##### 10.1. TIERRA DE SERVICIO

- 10.1.1. El conductor neutro de cada instalación de consumo deberá conectarse a una puesta a tierra de servicio.
- 10.1.2. La puesta a tierra de servicio se efectuará en un punto lo más próximo posible al empalme, preferentemente en el punto de unión de la acometida con la instalación.
- 10.1.3. En el conductor neutro de la instalación no se deberá colocar protecciones ni interruptores, excepto que éstos actúen simultáneamente sobre los conductores activos y el neutro.
- 10.1.4. La sección del conductor de puesta a tierra de servicio se fijará de acuerdo a la siguiente tabla.
- 10.1.5. El conductor de puesta a tierra de servicio tendrá aislación de color blanco, de acuerdo al código de colores establecido en el párrafo 8.0.4.15.

### Secciones Nominales para Conductores de Puesta a Tierra de Servicio

Sección nominal del conductor de acometida [mm <sup>2</sup> ]	Sección nominal del conductor de tierra de servicio [mm <sup>2</sup> ]
hasta 6	4
entre 10 y 25	10
entre 35 y 70	16
entre 95 y 120	35
entre 150 y 240	50
entre 300 y 400	70

- 10.1.6.** En instalaciones de consumo conectadas a la red de media tensión a través de transformadores, se deberá tener puestas a tierra de servicio que cumplan con las siguientes condiciones:
- 10.1.6.1.** La tierra de servicio se diseñará de modo tal que, en caso de circulación de una corriente de falla permanente, la tensión de cualquier conductor activo con respecto a tierra no sobrepase los 250 V.
- 10.1.6.2.** El conductor neutro se pondrá a tierra en la proximidad de la subestación y en distintos puntos de la red de distribución interna en BT, a distancias no superiores a 200 m y en los extremos de líneas, cuando las líneas de distribución excedan dicha longitud.  
La resistencia combinada de todas las puestas a tierra resultantes de la aplicación de esta exigencia no deberá exceder de 5 Ohm.
- 10.1.6.3.** En general, se usará la puesta a tierra de protección de MT en la subestación como puesta a tierra de servicio. En condiciones especiales, determinadas por los requerimientos de un proyecto en particular, se podrá separar la tierra de servicio de BT de la tierra de protección de MT. Esta condición deberá quedar claramente establecida y justificada en el proyecto.
- NA.** Esta disposición primará sobre cualquier disposición en contrario que aparezca en la Norma vigente NSEC 20 En 78. Subestaciones Interiores
- 10.1.7.** La sección mínima del conductor de puesta a tierra de servicio será de 21 mm<sup>2</sup>, si se usa conductor de cobre.
- 10.1.8.** Si dentro de las zonas servida por la red interna de distribución considerada en 10.1.6 existen redes metálicas de tuberías de agua, se recomienda evitar la unión del neutro de la red con dichas tuberías. Esta unión sólo será aceptable en caso que exista una dificultad física que imposibilite la separación y se deberán adoptar las medidas necesarias para evitar que través de estas tuberías se transfieran potenciales peligrosos.

**10.2. TIERRA DE PROTECCIÓN**

- 10.2.1. Toda pieza conductora que pertenezca a la instalación eléctrica o forme parte de un equipo eléctrico y que no sea parte integrante del circuito, podrá conectarse a una puesta a tierra de protección para evitar tensiones de contacto peligrosas.
- 10.2.2. La puesta a tierra de protección se diseñará de modo de evitar la permanencia de tensiones de contacto en las piezas conductoras señaladas en 10.2.1, superiores al valor de tensión de seguridad prescrito en 9.0.6.3.
- 10.2.3. La protección ofrecida por una tierra se logrará mediante una puesta a tierra individual por cada equipo protegido, o bien, mediante una puesta a tierra común y un conductor de protección al cual se conectarán los equipos protegidos. Ver hoja de norma N° 15.
- 10.2.4. La resistencia de cada puesta a tierra de protección en cualquiera de las dos soluciones no deberá ser superior a:

$$R_{TP} = \frac{V_S}{I_O}; \quad I_O = K \cdot I_N$$

Donde VS es la tensión de seguridad de acuerdo a 9.0.6.3, e IO es la corriente de operación de la protección del circuito o del equipo protegido por la puesta a tierra, IO=K\*IN; siendo IN la corriente nominal de la protección considerada y K una constante determinada.

Tipo de protección	Factor K		
	Para tableros de distribución		Para acometidas de empalmes y tableros generales
	Rápido	Lento	
Fusibles	3,5	Hasta 50 A	2,5
		Sobre 63 A	
		3,5	5
Disyuntores caja moldeada sobre 63 A	1,25 <sup>(*)</sup>		1,25
Disyuntores pequeños, curva tipo C	3,5		2,5
Disyuntores pequeños, curva tipo B	2,5		2,5

(\*) En caso de disyuntores regulables el factor k se aplicará sobre el valor de corriente regulada

10.2.5.- Adicional a lo establecido en 10.2.4, la suma de la resistencia de la puesta a tierra de servicio más la resistencia de la puesta a tierra de protección, las resistencias de las conexiones del conductor neutro y de la línea de protección, no deberán exceder, en cada caso, de:

$$R_s = \frac{220}{I_N}$$

10.2.6.- En caso de no poder cumplir las exigencias indicadas en 10.2.4 y 10.2.5, se deberá adoptar alguna de las medidas de protección contra contactos indirectos indicadas en la sección 9.

10.2.7.- El conductor de tierra de protección deberá cumplir el código de colores indicado en 8.0.4.15 y su sección se fijará de acuerdo a la tabla N° 10.23.

**10.2.8.** Las uniones entre el conductor de puesta a tierra y el electrodo de puesta a tierra, o las uniones entre los conductores que formen el electrodo de tierra se harán mediante abrazaderas, prensas de unión o soldaduras de alto punto de fusión. No se aceptará el empleo de soldadura de plomo - estaño como único método de unión en puestas a tierra; sin embargo, se le podrá usar como complemento al uso de abrazaderas o prensas de unión. Los materiales empleados en estas uniones y su forma de ejecución serán resistentes a la corrosión.

**NA.** No debe confundirse el sistema de tierra de protección con otros sistemas de protección contra contactos indirectos. Al depender de la resistencia del circuito tierra de protección -conductores de unión - tierra de servicio, la efectividad de este sistema de protección se ve considerablemente limitado y su aplicación se restringe sólo a circuitos o equipos protegidos por protecciones de baja capacidad nominal; no más de 16 A, en instalaciones sobre terrenos de muy buena conductividad. En nuestro país se ha confundido tradicionalmente el sistema de tierra de protección con el de neutralización, sistema este último de muy amplia aplicación.

**Secciones Nominales para Conductores de Protección**

Sección nominal de los conductores activos [mm <sup>2</sup> ]	Sección nominal del conductor de protección [mm <sup>2</sup> ]
1,5	1,5
2,5	2,5
4	2,5
6	4
10	6
16	6
25	10
35	10
50	16
70	16
95 hasta 185	25
240 hasta 300	35
400 o más	50

**10.3. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA**

**10.3.1.** Para la selección y disposición de los electrodos de tierra se tendrá en cuenta la calidad del suelo, parámetros eléctricos del sistema y la superficie de terreno disponible.

**10.3.2.** La resistencia de puesta a tierra de un electrodo dependerá de la resistividad específica del terreno en que éste se instale. En la siguiente tabla se muestran las resistencias obtenidas con distintos tipos de electrodos de diversas dimensiones, enterrados en un terreno homogéneo de 100 Ohm - metro de resistividad.

Resistencia de Puesta a Tierra en Terrenos de Resistividad Específica de 100  $\Omega$ -m

Sección nominal de los conductores activos [mm <sup>2</sup> ]	Sección nominal del conductor de protección [mm <sup>2</sup> ]
1,5	1,5
2,5	2,5
4	2,5
6	4
10	6
16	6
25	10
35	10
50	16
70	16
95 hasta 185	25
240 hasta 300	35
400 o más	50

Para valores de resistividad específica del terreno distinto de 100 Ohm - metro se multiplicará el valor indicado en esta tabla por la razón  $\rho/100$ .

**10.3.3.** Se aceptará el uso de las barras de hormigón armado de zapatas y vigas de fundación de edificios como electrodos de tierra, siempre que la longitud total de estas barras no sea inferior a 15 m, su profundidad de enterramiento no sea inferior a 0,75 m, y su diámetro no sea inferior a 10 mm. La longitud requerida puede obtenerse con una o más barras. Las uniones entre las barras embutidas en el hormigón y entre éstas y su conexión al exterior se harán mediante soldaduras de alto punto de fusión.

**NA.** Las soldaduras de alto punto de fusión disponibles son la soldadura oxi - acetileno y la soldadura por reacción exotérmica

**10.3.4.** Otros tipos de electrodos de tierra posibles de utilizar serán los siguientes:

**10.3.4.1.** Electrodo de cable o de cinta enterrados adoptando algunas de las disposiciones indicadas en la hoja de norma N° 14.

**10.3.4.2.** Electrodo de barra, formados por barras redondas, tubos o perfiles metálicos enterrados en forma vertical. Si para obtener la resistencia de puesta a tierra exigida es necesario enterrar más de una barra, la distancia entre ellas deberá ser como mínimo el doble del largo de cada una.

**10.3.4.3.** Electrodo de plancha, formados por planchas metálicas corrugadas o lisas, continuas o perforadas, enterradas en el suelo en forma vertical. Las dimensiones mínimas recomendadas para estas planchas son de 0,5 m x 1 m y 4 mm de espesor. Si es necesario colocar varias planchas para obtener la resistencia de puesta a tierra exigida, la distancia mínima entre ellas será de 3 m.

**10.3.4.4.** Se podrá usar también como electrodo de tierra un conductor de cobre desnudo con una sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> y de una longitud no inferior a 20 m, colocado a lo largo de los cimientos de una construcción y cubierto por el hormigón de éstos.

El conductor será colocado en la parte más baja del cimiento y deberá estar cubierto por un mínimo de 5 cm de hormigón.

#### **10.4. MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA**

**10.4.1.** Durante la construcción de una puesta a tierra deberán adoptarse las disposiciones necesarias como para que su resistencia pueda medirse sin dificultades.

**10.4.2.** Para cumplir lo establecido en 10.4.1 se dejará por lo menos un punto de la puesta a tierra accesible, de manera permanente, recomendándose adoptar una disposición como la mostrada en la hoja de norma N° 16.

**10.4.3.** La resistencia de la puesta a tierra podrá medirse utilizándose un instrumento adecuado para tal efecto, o bien mediante un voltímetro y un amperímetro. En caso de utilizar este último método, deberán cumplirse las condiciones y adoptar la disposición mostrada en la hoja de norma N° 17.

**NA.** Se reconoce como instrumentos adecuados para las mediciones de resistencia de puesta a tierra a los geóhmetros de tres o cuatro electrodos, presentando los últimos la ventaja de permitir además la medición de la resistividad específica del terreno.

**10.4.4.** La responsabilidad por el correcto diseño y construcción de una puesta a tierra corresponderá al proyectista y/o instalador a cargo del montaje de la instalación.

El mantenimiento de las características de operación de la puesta a tierra será de responsabilidad del usuario de la instalación, así como también serán de su exclusiva responsabilidad los daños a personas, y daños o fallas de funcionamiento de la instalación o equipos, que sean atribuibles a un deterioro o ausencia de la puesta a tierra.

## Sesión N° 21: Conexión de puesta a tierra de protección

### 21.1 Actividad de inicio - Toma a Tierra de Protección y de Servicio

Muchas veces confundimos ambos sistemas de protección, pero, los sistemas de puesta a tierra de PROTECCIÓN y de SERVICIO son sistemas que cumplen funciones distintas en una instalación eléctrica interior.

#### TIERRA DE PROTECCIÓN

¿Qué es la TOMA DE TIERRA? ¿Es Importante?

Sí, es importante, ya que la toma de tierra, también denominado hilo de tierra, toma de conexión a tierra, puesta a tierra, pozo a tierra, polo a tierra, conexión a tierra, conexión de puesta a tierra, o simplemente tierra, se emplea en las instalaciones eléctricas para llevar a tierra cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica a los elementos que puedan estar en contacto con los usuarios (carcasas, aislamientos,...) de aparatos de uso normal, por un fallo del aislamiento de los conductores activos, evitando el paso de corriente al posible usuario.

La toma a tierra es un sistema de protección al usuario de los aparatos conectados a la red eléctrica. Consiste en una pieza metálica, conocida como pica, electrodo o jabalina, enterrada en el suelo con poca resistencia y si es posible, conectada también a las partes metálicas de la estructura de un edificio. Se conecta y distribuye por la instalación por medio de un cable con aislante de color verde y amarillo o simplemente verde, que debe acompañar en todas sus derivaciones a los cables de tensión eléctrica, y debe llegar a través de contactos específicos a las bases de enchufe, y a cualquier aparato que disponga de partes metálicas accesibles que no estén suficientemente separadas de los elementos conductores en su interior.

#### TIERRA DE SERVICIO

La TIERRA DE SERVICIO es una protección que se realiza mediante Mallas que son enterradas, donde el conductor Neutro de cada instalación de consumo deberá conectarse a una puesta a tierra de servicio.

La puesta a tierra de servicio se efectuará en un punto lo más próximo posible al empalme, preferentemente en el punto de unión de la acometida con la instalación. En el conductor neutro de la instalación no se deberán colocar protecciones ni interruptores activos.



## Sesión N° 23: Puesta en servicio

**Apunte:** SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, Extracto de Tecsup virtu@l, Recuperado de <http://docshare01.docshare.tips/files/29685/296852504.pdf>

El cuerpo humano se comporta como una resistencia eléctrica variable en función de una serie de circunstancias, como la edad, el sexo, el estado de salud, etc. Así, por ejemplo, las mujeres y los niños son más vulnerables que los hombres a las descargas eléctricas en baja tensión; esto es debido a que tienen una piel más sensible y, por tanto, menor resistencia al paso de la corriente eléctrica. Cuando el cuerpo humano está sometido a una tensión, circula una intensidad a través de él, más o menos fuerte en función de esta tensión y –como veíamos– de la resistencia del cuerpo. Esta intensidad es capaz de producir lesiones que pueden llegar a causar la muerte. Entre los efectos cabe señalar:

- 1 a 2 miliamperios (mA) = Cosquilleo.
- 9 mA = Contracción muscular, se puede despegar.
- 10 mA = Soportable.
- 15 mA = Tetanización. Músculos agarrotados de brazos.
- 25 mA = Tetanización muscular del tórax, asfixia sí no se corta.
- 50 mA = Fibrilación ventricular del corazón (respiración artificial, masaje corazón).
- 1 amperio = Muerte casi cierta.

Otros efectos importantes de la corriente eléctrica sobre las personas son las quemaduras que se producen, y que resultan más o menos graves en función de la zona del cuerpo afectada y del tiempo que dura el choque eléctrico.

A la electricidad no hay que tenerle miedo, siempre y cuando se la trate con respeto y se sigan unas cuantas reglas básicas. En este capítulo veremos las diferentes consecuencias que pueden provocar los accidentes eléctricos: muerte a personas y animales, heridas de diversa consideración (principalmente quemaduras), incendios en los locales e instalaciones, etc. Pero, si bien es cierto que estos riesgos están presentes para toda persona que pretenda trabajar con la electricidad, también existe –y aquí se dará a conocer– toda una serie de medios, de normas y de reglamentos de seguridad.

### Riesgos eléctricos

En cuanto al riesgo de incendio, dos son sus causas más importantes:

- Sobrecalentamiento de las instalaciones debido a un consumo superior al normal o por malos contactos entre piezas móviles.
- Cortocircuitos causados por contactos directos entre fases distintas, o entre una fase y neutro. Una intensidad superior a 300 mA puede poner incandescentes dos puntos de piezas metálicas que se toquen accidentalmente.

Estos accidentes se deben a varias circunstancias: antigüedad de las instalaciones eléctricas, incorrecto montaje de las nuevas o causas diversas –como pueden ser los factores atmosféricos (rayos, viento, etc.)–.

Algunos ejemplos de diferentes circunstancias de electrocución o choque eléctrico:

**Una persona bien aislada respecto del suelo.** Al tocar un conductor a 220 V, sentirá poco más que un cosquilleo.

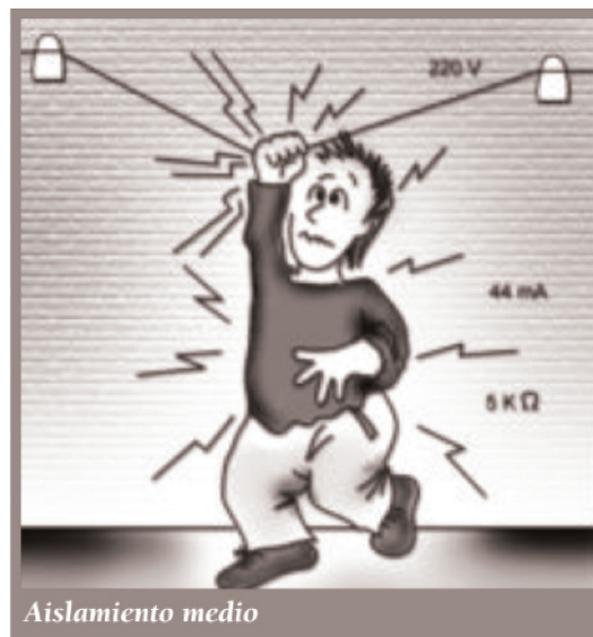


*Descarga eléctrica en baja tensión*



*Buen aislamiento respecto del suelo*

**El aislamiento ya no es tan bueno.** Aquí, las consecuencias son una contracción muscular del tórax, que llega a provocar la asfixia de la persona.



*Aislamiento medio*

La persona está sumergida en agua. Si su cuerpo toca un conductor activo su cuerpo, ofrece muy poca resistencia, arriesgándose a una muerte segura.



### Protecciones contra los contactos eléctricos

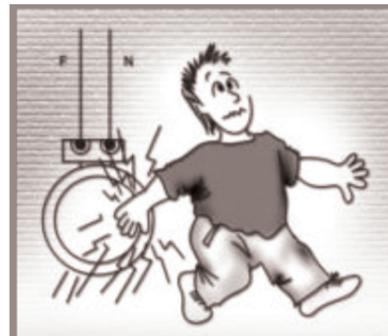
Existen dos formas distintas de contactos: directos e indirectos.

Para evitar los contactos eléctricos –muchos de ellos provocados por falta de atención– se han ideado varios sistemas de protección o barreras.

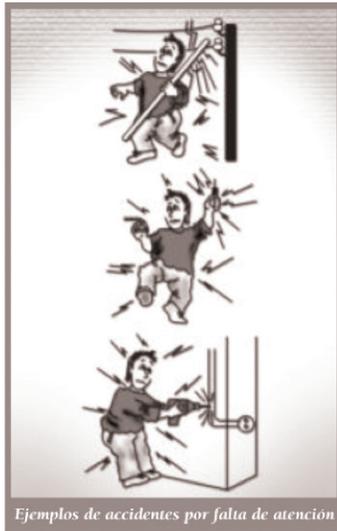
Las partes activas (hilos conductores de la electricidad) y las partes metálicas tienen que estar totalmente aisladas por medio de carcasas protectoras. Algunos aparatos van dotados de doble aislamiento.



Se produce un contacto directo cuando una persona toca la parte de una instalación eléctrica que está bajo potencial eléctrico; por ejemplo: un conductor desnudo, un borne metálico, un casquillo portalámparas, etc.

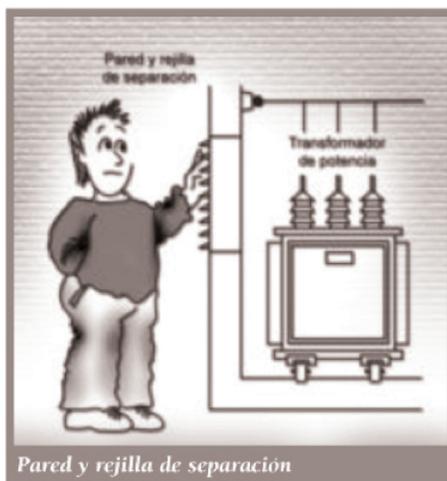


El contacto indirecto es aquel que se establece cuando una persona toca masas metálicas que accidentalmente están en contacto con una parte sometida a potencial eléctrico, debido a un fallo de aislamiento.



Si las partes metálicas de gran tamaño están conectadas a tensión, se las aislará por medio de barras o rejillas que impidan su accesibilidad por parte de las personas.

Las líneas activas de conductores desnudos estarán a suficiente altura, según marca la normativa.



Al posarse los pájaros sobre los conductores aéreos no sufren ningún tipo de descarga por no estar sometidos a una diferencia de potencial  $-ddp-$ . Recordemos que el potencial no "mata"; el daño lo produce la intensidad de corriente eléctrica y ésta sólo aparece como consecuencia de que se establezca una  $ddp$  y no un determinado potencial, que es el existente en un conductor eléctrico. Si un pájaro más grande es capaz de posarse sobre dos conductores, entonces quedará inmediatamente electrocutado.

Cuando una persona entra en contacto con un potencial eléctrico, se establece una  $ddp$  entre ella y la tierra, estableciendo una intensidad eléctrica que circula por la persona hasta el suelo

### Actividad 23.2 – Elaboremos un Informe técnico.

1. Solicitar a los alumnos que hagan un dibujo del tablero de distribución que poseen en sus viviendas.
2. En dicho dibujo, confeccionar un listado con los distintos elementos de protección.
3. Para cada elemento de la lista, describir su función.
4. Imaginar y describir situaciones que puedan activar los distintos elementos de protección descritos.
5. ¿Qué elementos de protección agregarían en su vivienda y por qué?
6. Solicitar a los alumnos que realicen un listado de los distintos electrodomésticos y aparatos eléctricos que tienen en sus casas. Para cada aparato, indicar si posee algún tipo de protección y describirla. Esta protección puede ser un aislamiento especial, un fusible, una puesta a tierra, etc.
7. Indicar a los alumnos que especifiquen el consumo de potencia de los distintos aparatos listados.
8. Solicitar a los alumnos que averigüen la cantidad de tiempo que, en promedio, por día se usa cada aparato, y que en función de ello calculen el consumo mensual promedio de energía en sus viviendas y el costo promedio de este consumo. Establecer la diferencia entre los conceptos de potencia y energía.
9. Solicitar a los alumnos que comparen los valores calculados en el punto 8 con los que indican las distintas facturas de la compañía eléctrica.