

3

Protección de las instalaciones

vamos a conocer...

1. Tensión e intensidad
2. Defectos que se pueden producir en las instalaciones eléctricas
3. Fusibles
4. Interruptor automático o magnetotérmico
5. Interruptor diferencial
6. Selectividad
7. Filiación
8. Protección contra sobretensiones
9. Representación de esquemas de cuadros de protección

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

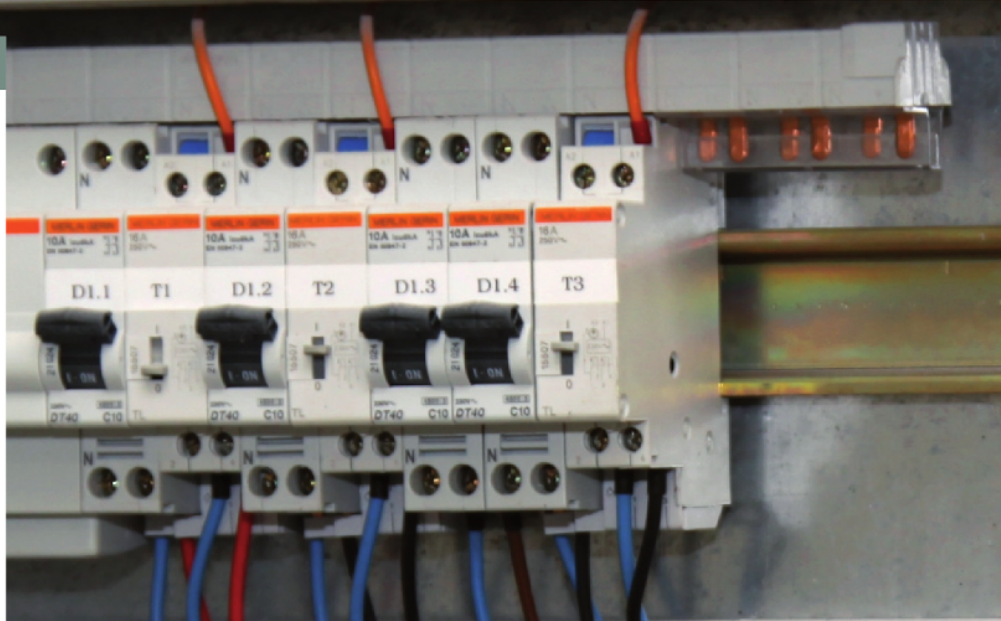
Cuadro general de protección

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

Instalación de un conmutador voltimétrico para comprobar la tensión de entrada en un cuadro eléctrico

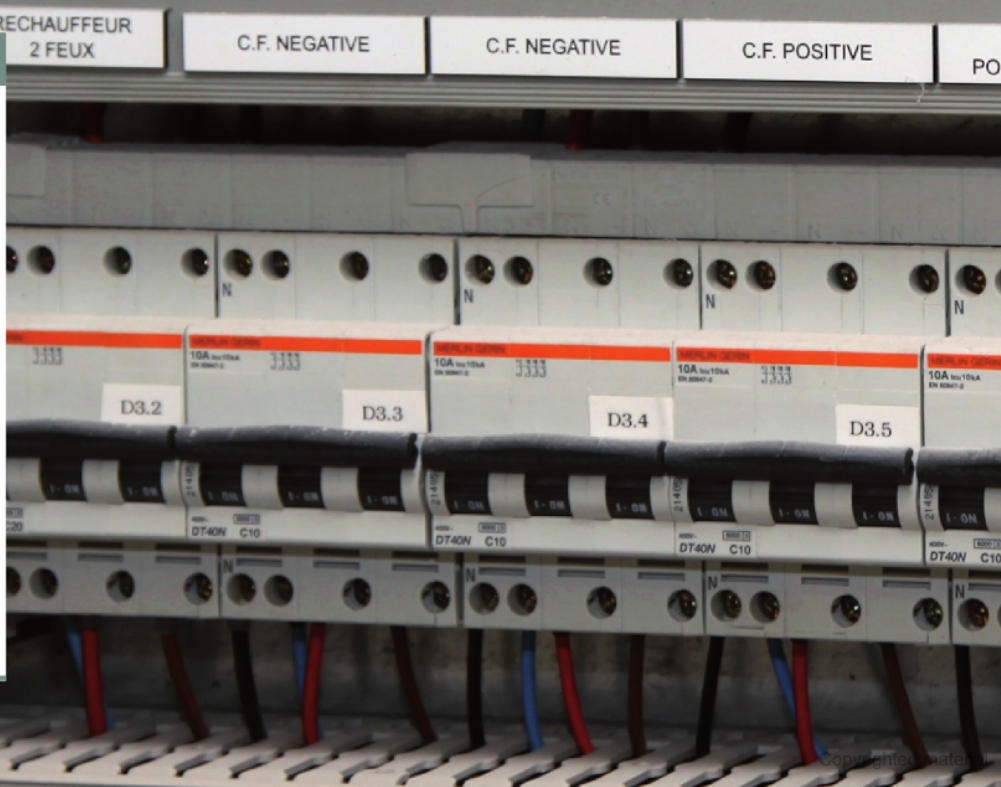
MUNDO TÉCNICO

Tipo de curva de los interruptores magnetotérmicos



y al finalizar..

- Conocerás las distintas posibilidades que ofrece el mercado en cuanto a elementos de protección de instalaciones eléctricas.
- Serás capaz de elegir adecuadamente las protecciones que hay que disponer en una determinada instalación, y qué dice la normativa al respecto.
- Podrás diseñar cuadros que cumplan los criterios de selectividad.
- Sabrás para qué sirve la técnica denominada filiación.
- Dibujarás esquemas de cuadros de protección, utilizando la simbología normalizada.
- Montarás el cuadro de protección para solucionar el caso práctico propuesto en esta unidad.



CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

Nuria Sánchez es una instaladora electricista a la que han encargado realizar la instalación de un local que va a ser utilizado como imprenta. El dueño le ha dicho que va a trabajar principalmente en dos líneas:

- Línea de imprenta: fotocopias, impresión de planos, documentos, libros, etc.
- Línea de serigrafía: para hacer camisetas, carteles de publicidad, decoración de cristales, cubiertas de carpetas, libros, etc.

Como equipamiento de estas dos líneas son necesarias diversas máquinas automáticas que funcionan con alimentación trifásica. Además el local dispondrá de unas oficinas dedicadas a tareas de gestión y administración. Se prevé que el sistema de calefacción en dichas oficinas sea mediante acumuladores eléctricos.

Nuria ha comprobado que el edificio en el que se encuentra este local tiene un pararrayos instalado.

Con todos estos datos, Nuria ha decidido dividir la instalación en los siguientes circuitos:

- Circuito de alimentación de la línea de imprenta: trifásico 230/400V.
- Circuito de alimentación de la línea de serigrafía: trifásico 230/400V.
- Circuito de alumbrado: monofásico 230V.
- Circuito de tomas de fuerza: monofásico 230V.
- Circuito de alimentación del sistema de calefacción: monofásico 230V.

Ahora, ayuda a Nuria a decidir los dispositivos de protección que tendría que colocar en el cuadro de alimentación y realiza un esquema del mismo.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, podéis debatir en clase sobre las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar todas las preguntas.

1. ¿Por qué crees que es necesario proteger una instalación eléctrica? Y, ¿contra qué tendríamos que protegerla?
2. Probablemente hayas oído hablar del interruptor automático, ¿para qué crees que sirve? Y los PIA's, ¿son lo mismo que el interruptor automático? ¿Y el ICP?
3. ¿El «diferencial» realiza la misma función que el «automático»? Entonces, si colocamos uno de ellos ¿es necesario que coloquemos también el otro en esta instalación?
4. Seguro que alguna vez has oído a alguien que una subida de tensión le quemó el ordenador. Imagínate el trastorno que causaría esto en la instalación de la imprenta del caso inicial. ¿Hay alguna manera de evitarlo?
5. ¿Cuál sería el esquema unifilar de los diferentes circuitos que forman la instalación eléctrica de la imprenta?

1. Tensión e intensidad

Aunque esta unidad trata de las protecciones a instalar en los circuitos de automatismos industriales, es conveniente que recuerdes los conceptos básicos de tensión e intensidad para que puedas comprender correctamente lo que se describe a continuación.

1.1. Tensión

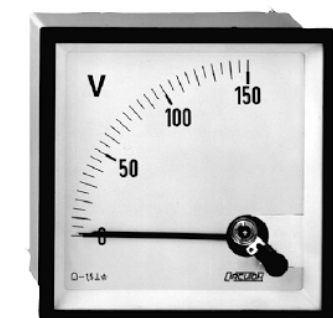
Se dice que existe una tensión o diferencia de potencial entre dos puntos cuando entre ambos existe un desequilibrio de cargas, es decir, uno tiene más cargas que el otro.

Cuando ambos puntos se unen a través de un elemento conductor, se origina un movimiento de cargas desde el punto que tiene la mayor acumulación hasta el otro punto, de tal forma que se trate de compensar dicho desequilibrio.

En un circuito de corriente continua se produce un movimiento de electrones desde el punto negativo hasta el positivo. Esto es lo que sucede en cualquier fuente de tensión, como por ejemplo, con una pila que alimenta un receptor.

La tensión se mide en voltios (V).

Para medir la tensión se utiliza un voltímetro, y la forma de conectarlo es enchufar directamente los dos terminales en los dos puntos en los que se desea realizar la medida, es decir, en paralelo.



↑ **Figura 3.1.** Voltímetros analógicos para montar de forma fija en panel y voltímetro para montar en carril DIN (CIRCUTOR).

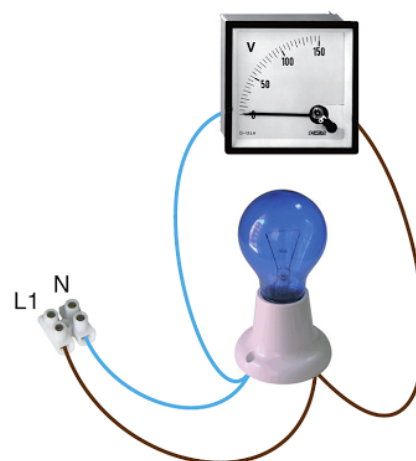
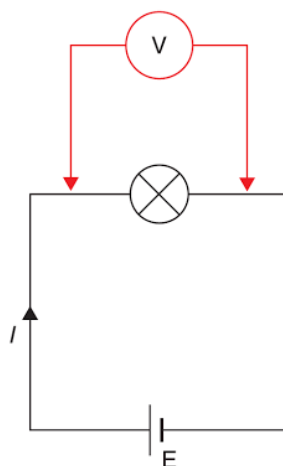


Polímetro



Puntas de prueba

↑ **Figura 3.3.** Instrumentos portátiles para la comprobación de tensión.

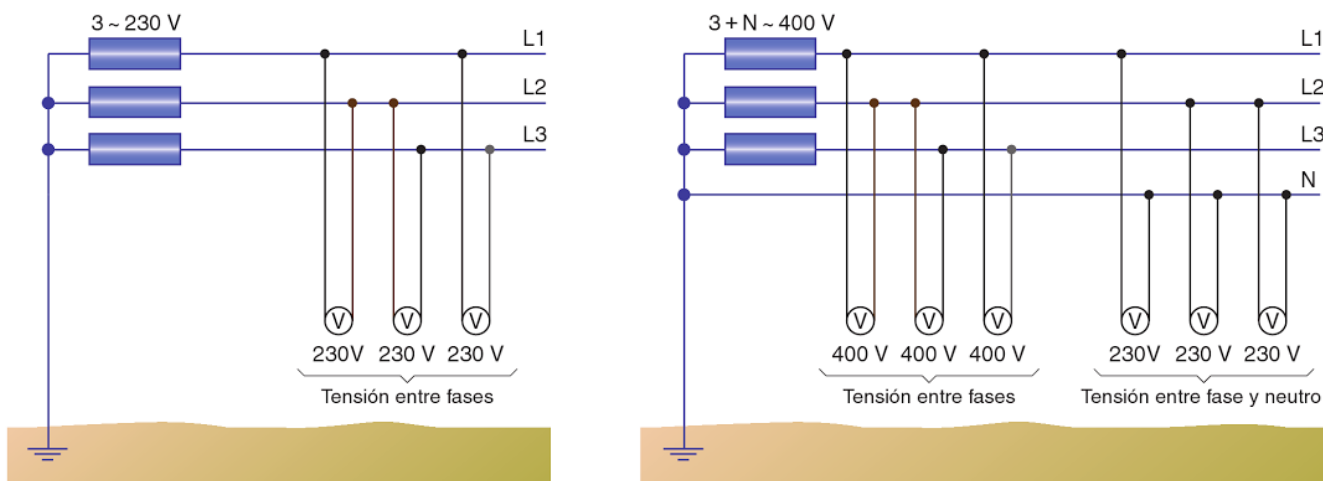


↑ **Figura 3.2.** Conexión en paralelo del voltímetro.

Los voltímetros pueden ser fijos o portátiles. Los primeros se instalan en puertas o en el interior de cuadros eléctricos. Los segundos se utilizan para la comprobación de tensión en tareas de mantenimiento y reparación. Aunque existen voltímetros portátiles, lo habitual es utilizar instrumentos multifunción que permiten la medida de tensión tanto en corriente alterna como en continua.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión establece que las tensiones nominales a utilizar en las distribuciones de corriente alterna son:

- 230 V entre fases para las redes trifásicas de tres conductores.
- 230 V entre fase y neutro, y 400 V entre fases, para las redes trifásicas de cuatro conductores.



↑ Figura 3.4. Tensiones nominales en corriente alterna.

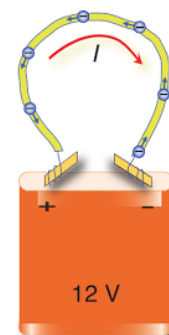
1.2. Intensidad

Se denomina **intensidad o corriente eléctrica** a la circulación de cargas eléctricas a través de un material conductor.

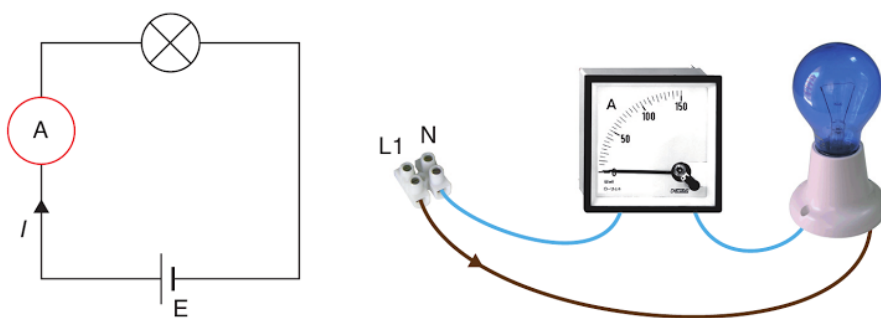
Aunque actualmente se sabe que en un circuito de corriente continua las cargas que se desplazan son las negativas, por razones históricas, se ha establecido como sentido de circulación de la corriente el de las cargas positivas, es decir, el contrario del que se produce en realidad. Por tanto en la figura 3.5, si tuviésemos que indicar el sentido de la corriente sería de izquierda a derecha (I).

La intensidad se mide en amperios (A).

Para medir la intensidad que circula por un circuito de una instalación se utiliza un **amperímetro**. Es necesario que dicha intensidad atraviese el instrumento, por lo que la forma correcta de realizar la medida es abriendo el circuito en un punto e intercalando el amperímetro en serie.



↑ Figura 3.5. Movimiento de electrones y sentido de la corriente.



↑ Figura 3.6. Conexión en serie de un amperímetro.

De igual forma que los voltímetros, los amperímetros pueden ser fijos o portátiles. Dentro de estos últimos dos son los instrumentos mayoritariamente utilizados: el polímetro y la pinza amperimétrica.

Es posible medir tensión, intensidad y varias magnitudes más utilizando un **polímetro** o multímetro analógico o digital, que permite alternar entre una magnitud u otra sin más que seleccionarla en la ruleta central y realizar adecuadamente la conexión de las puntas.



↑ Figura 3.7. Amperímetro analógico para montar en panel y amperímetro analógico para montar en carril DIN (CIRCUTOR).



↑ **Figura 3.8.** Conexionado de un multímetro digital para la medida de intensidad y para la medida de tensión (FLUKE).



↑ **Figura 3.9.** Pinza amperimétrica digital.



↑ **Figura 3.10.** Proceso de medida con pinza amperimétrica.

La **pinza amperimétrica** es un instrumento de gran utilidad para el técnico instalador electricista. Con ella se puede tomar la lectura de la corriente de un circuito de corriente alterna sin interrumpir el circuito. Su uso es muy sencillo ya que basta abrazar el conductor sobre el que se desea medir la intensidad con las pinzas y se obtiene la lectura en el indicador. Algunos modelos permiten también conectar unas puntas terminales para medir tensión o resistencias.

De forma general, se puede decir que la tensión aplicada a un circuito y la intensidad que circula por él están directamente relacionadas a través de la ley de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

El factor de proporcionalidad (R) es la resistencia de los elementos que componen el circuito, y se mide en ohmios (Ω). Representa la oposición a la circulación de la corriente.

La simbología e identificación de un voltímetro y un amperímetro en los esquemas es la siguiente:

Elemento	Símbolos	Identificador
Voltímetro		P
Amperímetro		P

2. Defectos que se pueden producir en las instalaciones eléctricas

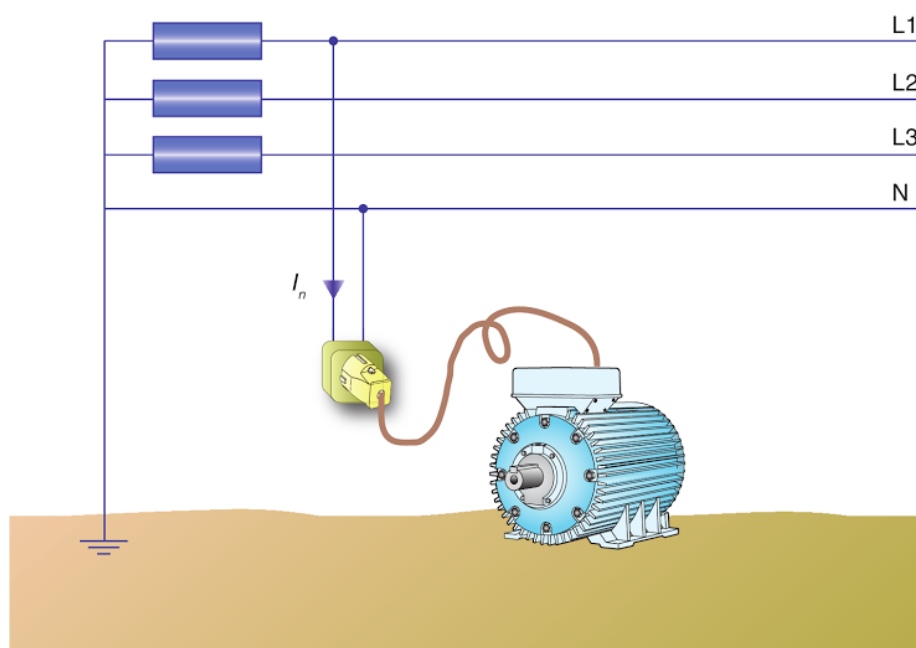
Debido al paso del tiempo, a las diversas condiciones de funcionamiento, a la influencia de otras instalaciones cercanas, así como a las condiciones climatológicas, en toda instalación es más que probable que vayan apareciendo diversos fallos o defectos que podrían dañar seriamente las instalaciones e incluso poner en riesgo la vida de las personas. Por tanto, resulta de suma importancia identificar dichos defectos y disponer de las medidas de protección adecuadas.

caso práctico inicial

Es necesario proteger las instalaciones para asegurar los bienes y las personas

2.1. Sobreintensidades

Las instalaciones se diseñan para trabajar bajo unas determinadas condiciones, a la intensidad que circula por la instalación en estas circunstancias se la denomina **intensidad nominal** (I_n) y es la intensidad que circula en condiciones «normales». Si los cálculos han sido realizados correctamente en el diseño, tanto los conductores como el resto de elementos del circuito están preparados para soportar esta intensidad por un periodo de tiempo infinito.



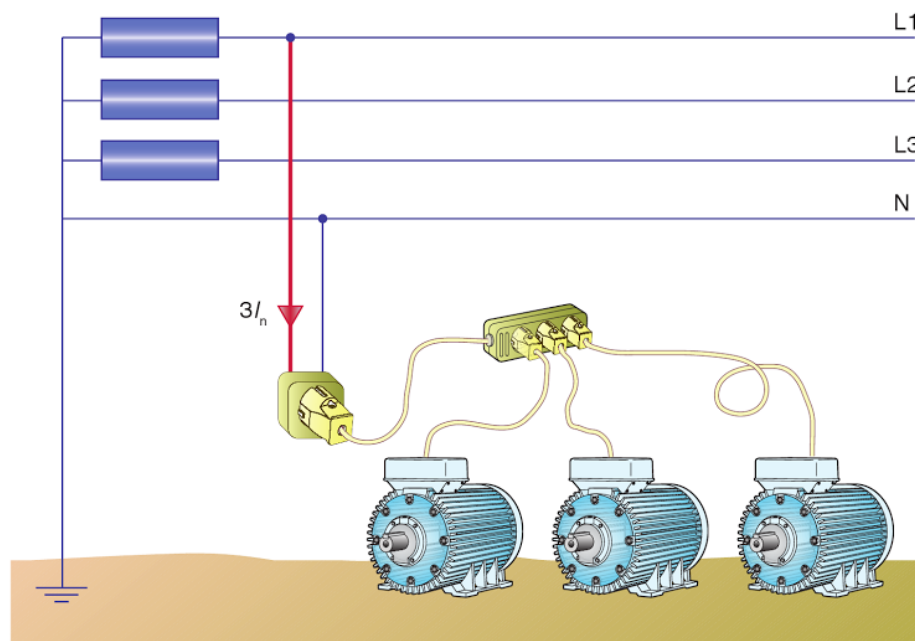
↑ **Figura 3.11.** Instalación en condiciones nominales.

Pero hay ocasiones en que a un determinado circuito se le está solicitando más potencia de aquella para la cual está preparado. Este sería el caso de pretender alimentar varios receptores a través de una sola toma de corriente, o demandarle a un motor más potencia mecánica de la que puede suministrar. En este caso, para generar la potencia necesaria, los receptores demandan más intensidad ($P=V \cdot I$, si V es fija, porque es la de la red, solo es posible aumentar I). La intensidad que circula en estas condiciones por la instalación se puede haber multiplicado por dos o hasta por tres (2 o 3 veces I_n). Se dice en este caso que se ha producido una **sobrecarga**. Si esta intensidad circula durante un tiempo suficiente se puede dañar el aislamiento de los conductores, por exceso de temperatura.

recuerda

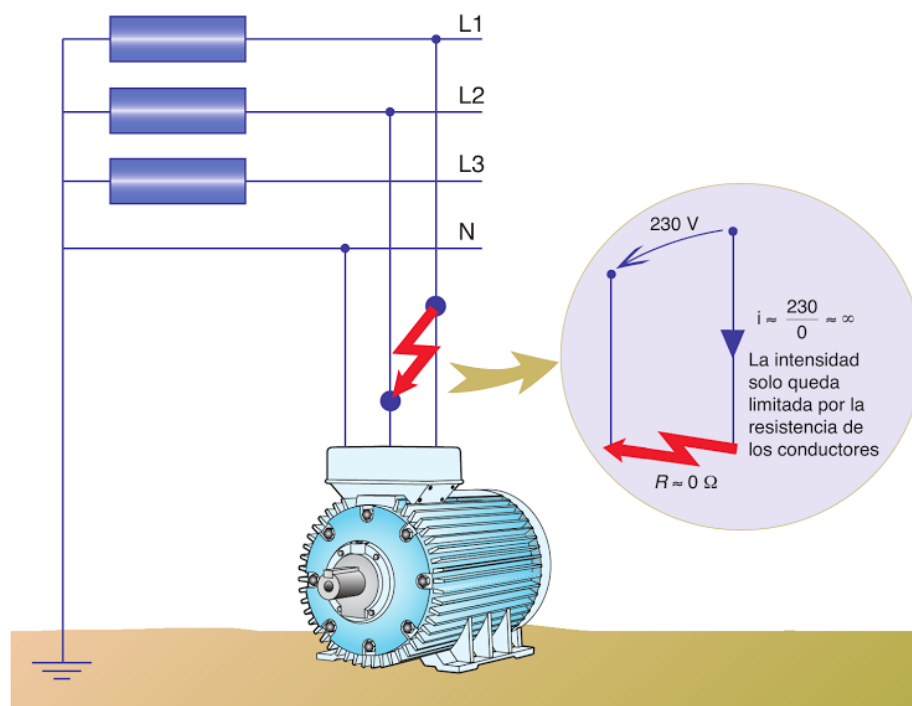
Cuando por un conductor circula una intensidad, se genera calor (efecto Joule). Su valor es:

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \quad \text{Julios}$$



↑ **Figura 3.12.** Instalación sobrecargada.

En otras ocasiones, y debido por ejemplo, a un defecto en el aislamiento de los conductores, se produce una unión con apenas resistencia entre dos conductores o dos puntos de una instalación que se encuentran a distinto potencial. Como la resistencia es prácticamente cero, la intensidad se hace en este caso muy grande, (20 o 30 veces la I_n), se ha producido un **cortocircuito**. La instalación no está preparada para soportar esta gran intensidad, y si no es cortada de inmediato, se corre el riesgo de destruir la instalación e incluso provocar un incendio.



↑ **Figura 3.13.** Ejemplo de un cortocircuito.

Sobrecargas y cortocircuitos reciben el nombre genérico de **sobreintensidades**, ya que en ambos casos se trata de una intensidad superior a la nominal.

caso práctico inicial

Es necesario proteger la instalación contra sobreintensidades.

2.2 Defectos de aislamiento

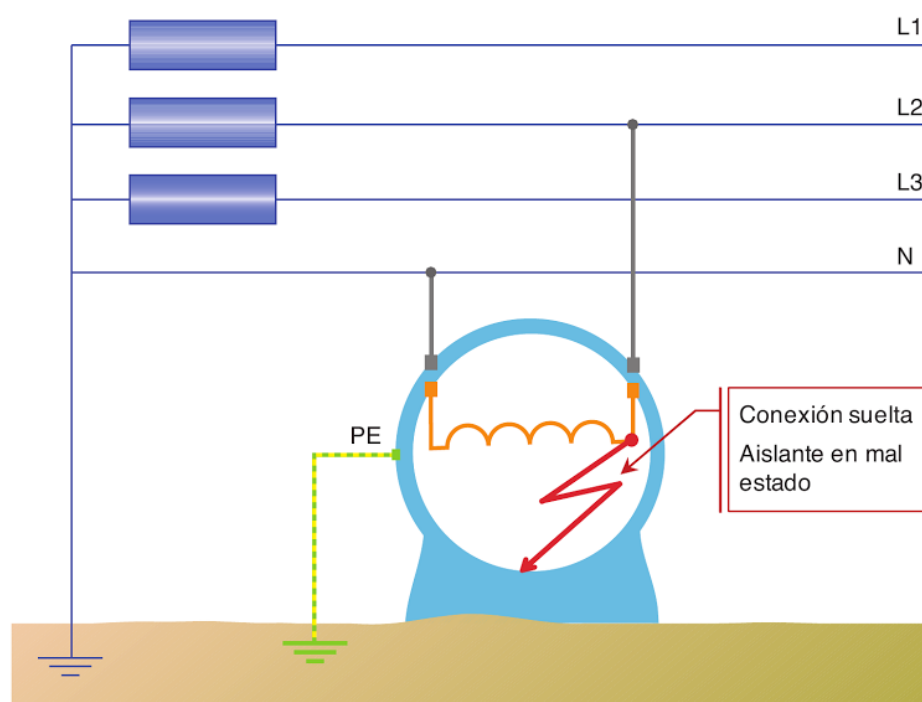
El correcto aislamiento de los elementos de una instalación, tanto entre conductores, como entre conductores y masas o tierra, garantiza que no se produzcan contactos indeseados de elementos conectados a distinto potencial.

Si este aislamiento no es el adecuado, o se ha visto dañado por cualquier motivo, pueden ocurrir dos cosas:

- Que debido al defecto, se pongan en contacto dos conductores activos (con distinta tensión), produciéndose un cortocircuito.
- Que se ponga en contacto una parte activa de la instalación, es decir, un conductor, con una que no lo era, por ejemplo una carcasa metálica. En este caso, la carcasa metálica se verá sometida a una diferencia de potencial con respecto a tierra, y se establecerá una circulación de corriente siempre que encuentre un camino cerrado para ello. Si el receptor tiene toma de tierra, la intensidad de defecto circulará por ella hacia tierra. Si una persona tocara la carcasa en estas condiciones, la intensidad circularía a través de ella, produciéndose un contacto indirecto. A estas corrientes que se derivan hacia tierra se les denomina **corrientes de fuga**.

caso práctico inicial

Es necesario proteger las instalaciones contra defectos de aislamiento



↑ **Figura 3.14.** Defectos de aislamiento en un motor monofásico.

vocabulario

Contacto directo

Contacto de una persona con una parte activa de una instalación.

Contacto indirecto

Contacto de una persona con una masa metálica de una instalación que, como consecuencia de un fallo de aislamiento, está sometida a tensión.

ACTIVIDADES

1. Enumera todas las causas que se te ocurran de por qué se puede producir un defecto de aislamiento.

caso práctico inicial

En todas las instalaciones es recomendable y en otras obligatorio proteger contra sobrecargas.

2.3. Sobretensiones

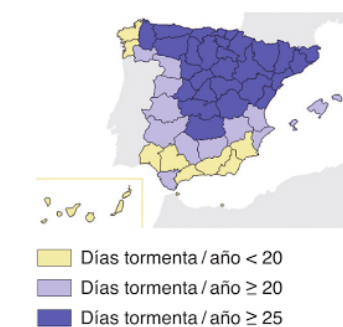
Decimos que se produce una sobretensión cuando se produce una tensión superior a la tensión nominal de la red. Como consecuencia, podemos tener desde una simple interrupción del servicio hasta la completa destrucción del cuadro de distribución o de los equipos a él conectados.

Las sobretensiones se pueden clasificar en dos tipos:

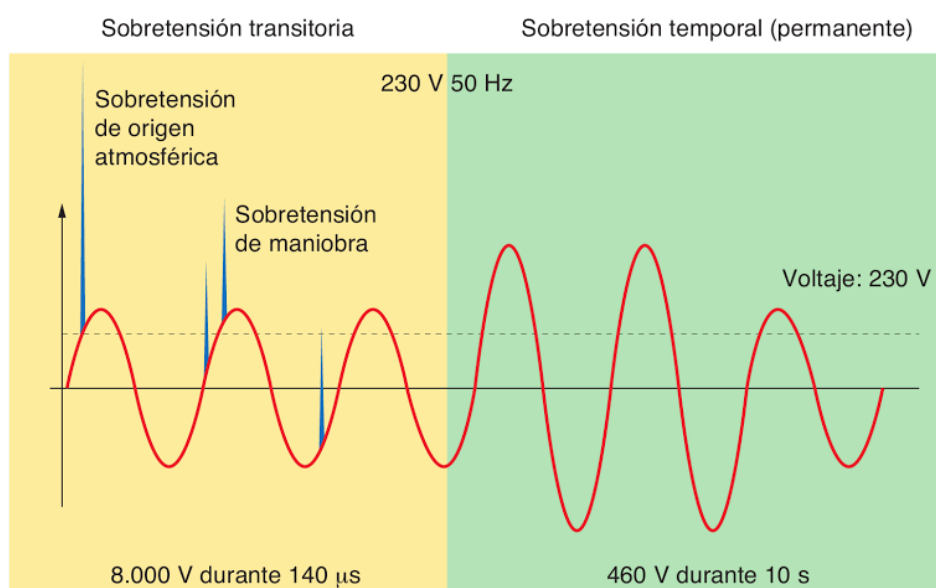
- **Sobretensiones transitorias:** gran valor de sobretensión en un periodo de tiempo muy pequeño. Debidas a fenómenos atmosféricos y a maniobras en la red como la conexión de receptores muy inductivos.
- **Sobretensiones temporales (también llamadas permanentes):** presentan un valor de sobretensión menor, a partir del 10% por encima del valor de tensión nominal, pero su duración en el tiempo es mayor. Pueden estar debidas a fallos en las instalaciones, por ejemplo la pérdida del neutro de un transformador.

saber más

En cada país hay mapas que indican el peligro de exposición al rayo dependiendo de las zonas.



↑ Figura 3.15. Días de tormenta.



↑ Figura 3.16. Clasificación de las sobretensiones (ABB).

3. Fusibles

3.1. Funcionamiento

Los fusibles son elementos de protección de las instalaciones eléctricas que se conectan en serie con el circuito que tienen que proteger.

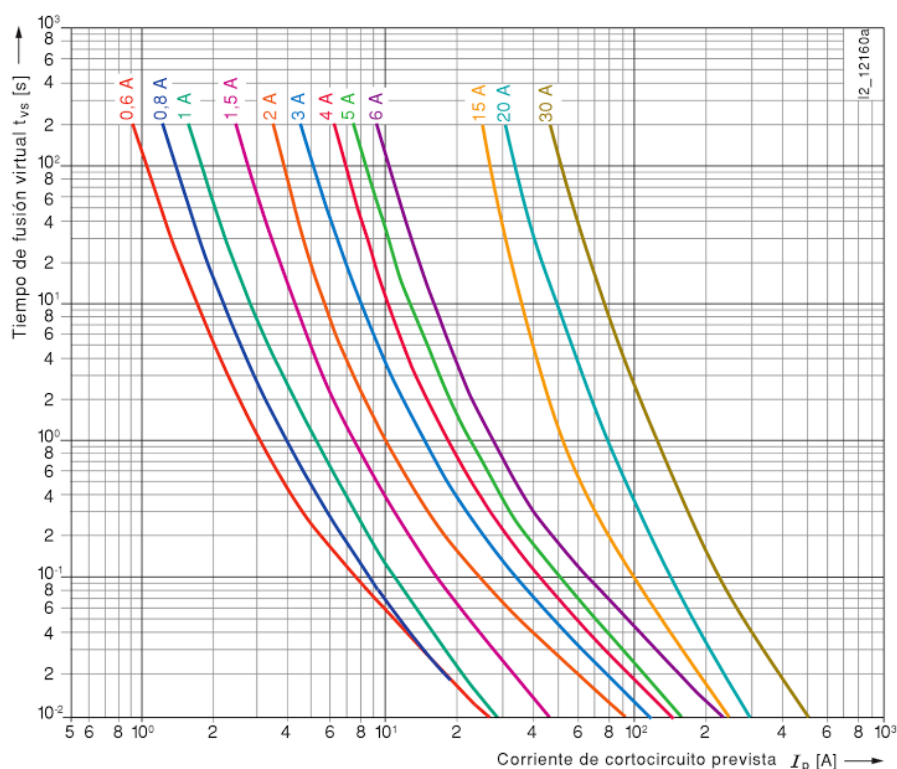
Se fabrican con un hilo de un material que tiene un punto de fusión más bajo que el del cobre y suelen disponer también una sección inferior a la de los conductores. El objetivo es que ante cualquier aumento de temperatura debido a una intensidad excesiva, sea el primer punto en calentarse. Si la temperatura es la suficiente, el elemento se funde, interrumpiendo la continuidad del circuito y evitando por tanto que la sobreintensidad peligrosa siga circulando y dañe al resto de componentes.

El hilo fusible está contenido en un compartimento, que algunas veces contiene algún material inerte (por ejemplo sílice) con el fin de que se extinga el arco en el momento de la fusión.

Como exteriormente no es posible ver si el fusible se ha fundido, algunos presentan un dispositivo indicador, denominado **dispositivo percutor**, que mediante un elemento coloreado indica el estado del fusible.

Los fusibles presentan como ventaja frente a otros dispositivos de protección contra sobreintensidades su bajo coste, pero por contra tienen como desventaja la necesidad de ser reemplazados cada vez que se produce un corte, ya que el fusible queda inservible para un nuevo uso.

En la siguiente figura se pueden observar las gráficas suministradas por el fabricante para distintos valores nominales de fusibles. En dichas gráficas queda representado el tiempo que tarda el fusible en fundirse en función de la intensidad que circula por él. Nótese que en los ejes están representados valores logarítmicos.



↑ **Figura 3.17.** Curvas de fusión de una familia de fusibles (SIEMENS AG).

Si la intensidad de cortocircuito es de 1 A, se observa en la gráfica que la curva que representa al fusible de 1 A (verde) no se corta nunca con la vertical correspondiente a corriente de cortocircuito 1 A (10^0 A), es decir, el tiempo es infinito. Lo que indica que el fusible no se funde nunca, lo cual es lógico, ya que se trata del valor de intensidad nominal. Para valores inferiores a este tampoco se fundiría nunca, permitiendo el funcionamiento normal de la instalación.

Si la intensidad de cortocircuito es de 8 A, buscando la intersección entre la curva correspondiente y la vertical trazada por una corriente de cortocircuito de 8 A se cortan en un punto. Mirando el valor de ese punto en el eje de tiempos se tiene un valor de aproximadamente $3 \cdot 10^{-1}$ segundos, es decir, 0,3 segundos tardará el fusible en fundirse.

vocabulario

Español-Inglés

Voltímetro: *voltmeter*

Amperímetro: *ammeter*

Conexión serie: *serial connection*

Conexión paralelo: *parallel connection*

Tensión: *voltage*

Corriente: *electric current*

Pinza amperimétrica: *clamp ammeter*

Sobrecorriente: *overcurrent*

Sobretensión: *overvoltage*

Cortocircuito: *short circuit*

Fusible: *fuse*

Interruptor diferencial: *differential switch*

Disyuntor: *circuit breakers*



Los símbolos e identificadores de los fusibles en los esquemas son los siguientes:

Elemento	Símbolos	Identificador
Fusible monopolar		F
Fusible bipolar		F
Fusible tripolar		F
Fusibles seccionador tripolar		F

3.2 Características

Las principales características que definen un fusible son:

- **Intensidad nominal:** intensidad que circula por la instalación en condiciones normales.
- **Tensión:** tensión a la cual va a ser colocado, es decir, la de la instalación.
- **Poder de corte:** valor máximo de la intensidad que es capaz de cortar.
- **Elemento percutor** o dispositivo indicador de que el fusible se ha fundido.
- **Tipo de fusible:** el tipo de fusible hace referencia al principal uso para el que ha sido diseñado y se identifica por dos letras:

1ª LETRA	g	Fusibles de distribución
	a	Fusibles de acompañamiento, acompañan a otro dispositivo de protección
2ª LETRA	G	Uso general
	L	Protección de líneas eléctricas
	M	Protección de motores
	R	Fusibles de actuación rápida

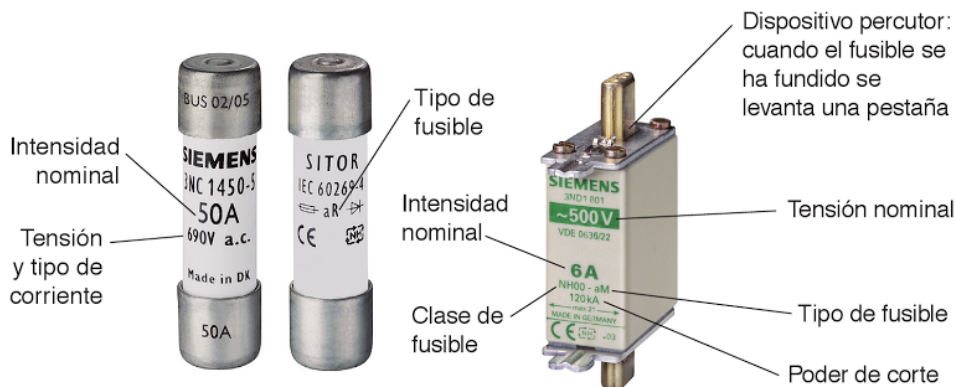
↑ **Figura 3.18.** Algunos tipos de bases portafusibles.

Así encontraremos fusibles tipo gG, gL, aM, etc.

3.3. Tipos constructivos

En cuanto a la forma constructiva del fusible existen varios tipos:

- **Fusibles cilíndricos:** son los fusibles tradicionales



↑ Figura 3.20. Fusibles cilíndricos (SIEMENS AG).

↑ Figura 3.21. Fusible de cuchillas (SIEMENS AG).

- **Fusibles de cuchillas o NH:** fusibles de baja tensión y alta capacidad de ruptura. Se fabrican para intensidades nominales de hasta 1250 A y tensiones nominales de hasta 690 V. Pueden llegar a tener capacidades de ruptura de hasta 120 kA. Poseen un alambre tensado en paralelo con el elemento fusible que, cuando este se funde, hace que una pequeña pestaña situada en la parte superior se levante, indicando el estado del fusible.
- **Fusibles Diazed:** de origen alemán, también denominados «fusibles botella» por la forma que tienen. Se fabrican para intensidades nominales entre 2 y 100 A. Tienen capacidades de corte de hasta 50 kA.



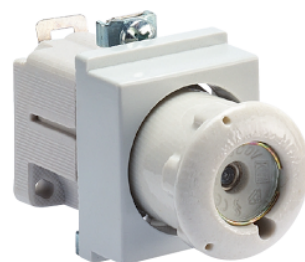
↑ Figura 3.22. Fusibles Diazed (SIEMENS AG).

saber más

Para extraer los fusibles NH de su base se utiliza una maneta como esta:



↑ Figura 3.19. Maneta.



↑ Figura 3.23. Algunos tipos de base portafusibles.

ACTIVIDADES

- Un circuito está protegido por un fusible de intensidad nominal 6 A. Teniendo en cuenta las gráficas de la figura 3.17, determina el tiempo en que abrirá el circuito para una intensidad de cortocircuito de 6 A, de 15 A y de 30 A.

4. Interruptor automático o magnetotérmico

4.1. Funcionamiento

caso práctico inicial

El interruptor automático protege contra sobreintensidades.



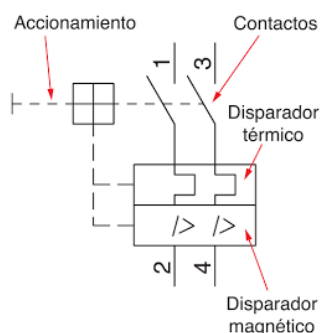
↑ **Figura 3.24.** Interruptores magnetotérmicos unipolar, bipolar, tripolar y tetrapolar (ZOLODA).

según el REBT

Toda instalación eléctrica deberá disponer de un interruptor general automático, independiente del Interruptor de Control de Potencia (ICP), de corte omnipolar, y con un poder de corte de 4.500 A como mínimo.

saber más

El símbolo del magnetotérmico puede resultar complejo, pero en él se



↑ **Figura 3.25.** Símbolo del magnetotérmico.

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo de protección contra corrientes de sobrecarga y cortocircuitos. Provoca la apertura automática del circuito en el que está instalado cuando dichas corrientes tienen lugar.

Como indica su nombre, consta de dos métodos de apertura:

- **Disparador magnético:** actúa frente a las corrientes de cortocircuito, y debido a que este tipo de corrientes son muy peligrosas, tiene que proporcionar un corte muy rápido.
- **Disparador térmico:** actúa frente a las corrientes de sobrecarga. El corte es más lento.

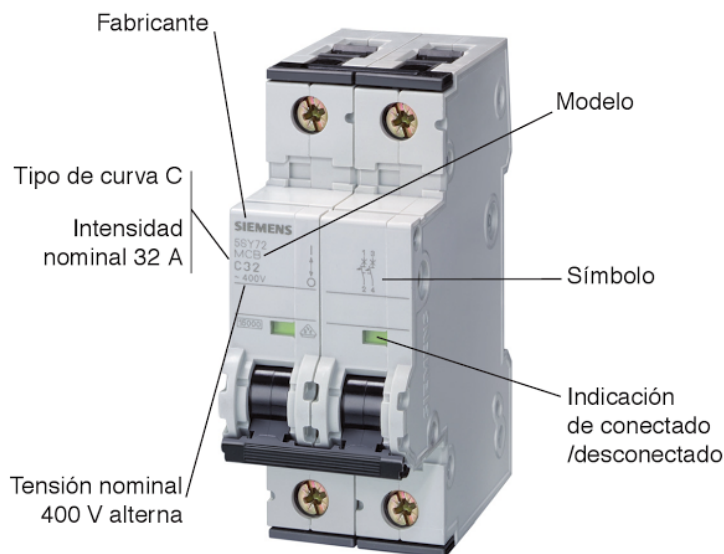
El disparador térmico está compuesto por dos láminas de metales distintos unidas entre sí. Cuando circula por ellas una intensidad de sobrecarga, poco a poco se van calentando, y como consecuencia, dilatando. Como ambas láminas son de metales distintos, una de ellas siempre se dilatará más que la otra, por lo que el resultado será una curvatura de ambas placas que provoca la apertura del circuito después de un tiempo.

El disparador magnético en cambio está formado por un electroimán. Cuando la intensidad que circula por él es la suficiente, se genera una fuerza que tira de los contactos asociados a él, abriendo de esta forma el circuito en tiempos prácticamente nulos (milisegundos).

Los símbolos para representar los interruptores magnetotérmicos en los esquemas son los siguientes:

Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor magnetotérmico unipolar		Q
Interruptor magnetotérmico bipolar		Q
Interruptor magnetotérmico tripolar		Q
Interruptor magnetotérmico tetrapolar		Q

4.2. Características



↑ **Figura 3.26.** Características de un interruptor magnetotérmico (SIEMENS AG).

Las principales características que definen un interruptor automático son:

- **Número de polos:** es el número de conductores que corta. Pueden ser unipolares, bipolares, tripolares, tetrapolares.
- **Intensidad nominal:** intensidad que va a circular por él en condiciones normales.
- **Poder de corte:** máxima intensidad que es capaz de cortar.
- **Tipo de curva:** determina el funcionamiento del dispositivo, tiempos de corte y disparador que actúa en función del valor de la intensidad. Los tipos de curvas más frecuentes son: Curva B, Curva C, Curva D y Curva ICP.

(Para profundizar más sobre los tipos de curvas de los interruptores magnetotérmicos, consulta la sección Mundo Técnico de esta unidad).

5. Interruptor diferencial

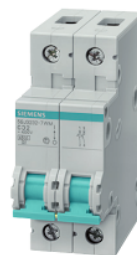
5.1. Funcionamiento

El interruptor diferencial es un dispositivo que **protege la instalación contra defectos de aislamiento, y por lo tanto, a las personas que la utilizan contra contactos indirectos.**

Un interruptor diferencial tiene dentro un pequeño núcleo magnético, con forma toroidal (aro macizo), que hace las funciones de núcleo de un transformador. Los conductores de alimentación de la instalación (tanto de ida como de retorno) se pasan por el interior de este núcleo y hacen las veces de primario del transformador. También existe un pequeño arrollamiento alrededor del núcleo que sería el equivalente al circuito secundario. Este devanado secundario funciona como un imán, y si la intensidad que circula por él es suficiente, es capaz de provocar la apertura de los contactos del interruptor.

saber más

Seguramente habrás oído hablar del ICP como elemento integrante del cuadro de mando y protección. Estas son las siglas de Interruptor de Control de Potencia. El ICP es obligatorio en toda instalación eléctrica y es el encargado de controlar que no se consume más potencia de la que se ha contratado a la compañía suministradora, es decir, de la que estamos pagando. En caso de que sea así desconecta el circuito.



↑ **Figura 3.27.** ICP (SIEMENS AG).

saber más

PIA son las iniciales de Pequeño Interruptor Automático. El REBT dice que hay que poner un PIA omnipolar en cada circuito de la instalación de la misma intensidad nominal que la de dicho circuito.

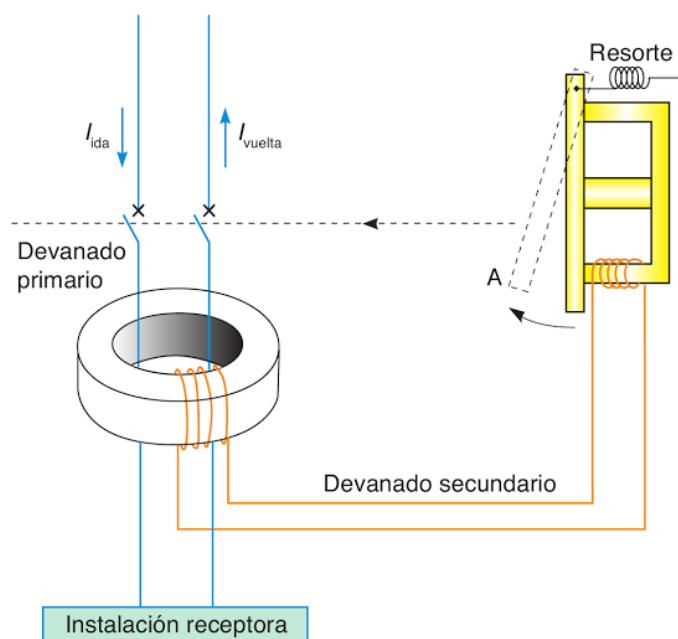


↑ **Figura 3.28.** PIA (SIEMENS AG).

caso práctico inicial

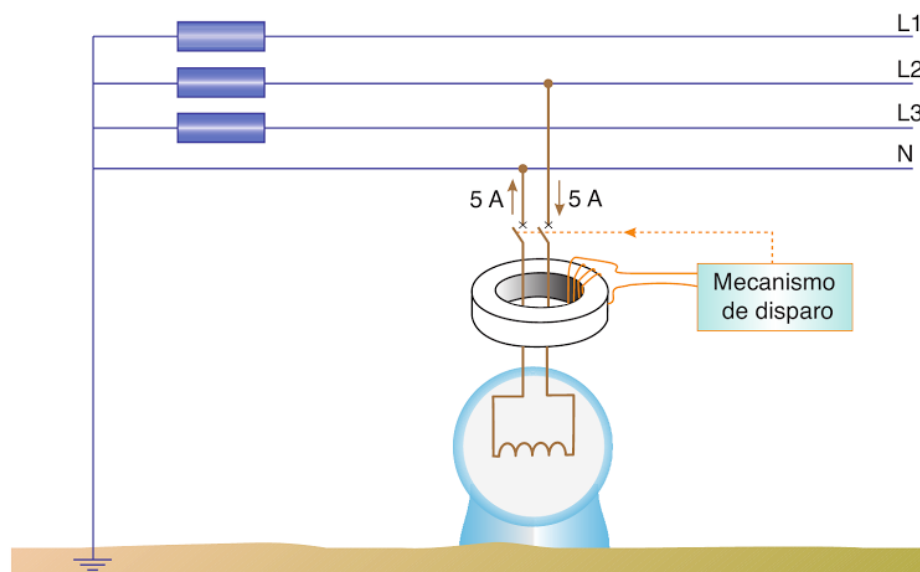
El interruptor diferencial protege a las personas contra contactos indirectos

→ **Figura 3.29.** Principio de funcionamiento de un interruptor diferencial.

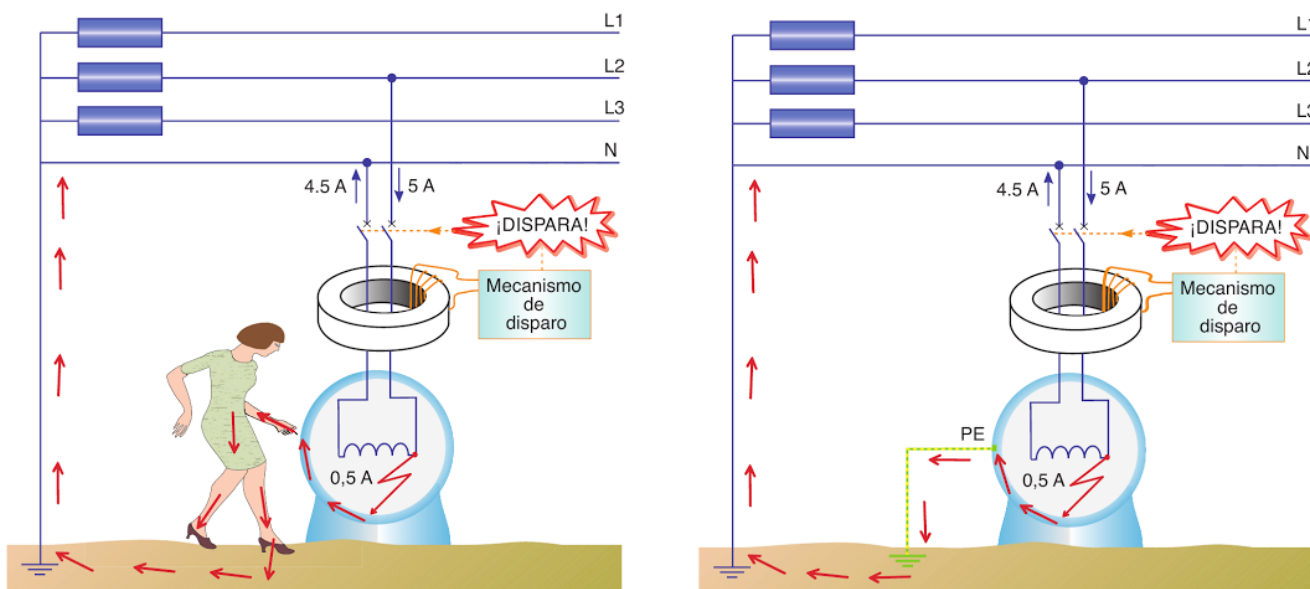


Cuando en la instalación no existe ningún defecto, toda la corriente que alimenta la instalación regresa por el conductor neutro. En estas condiciones, se tienen dos intensidades de igual valor, pero de sentido contrario, actuando como primario. Los efectos de estas intensidades se anulan entre ellos y por lo tanto no se induce tensión en el secundario.

→ **Figura 3.30.** Instalación sin defectos de aislamiento.



Si existe un defecto de aislamiento, parte de la intensidad se derivará por él, siempre que encuentre un camino cerrado. Cuando una persona toca la carcasa del receptor se cierra el circuito a través de tierra. Pero como en este caso la intensidad de ida y la de retorno ya no son iguales, sus efectos ya no se anulan y se induce tensión en el secundario. Si la intensidad perdida por el defecto es suficientemente grande, se tendrá la fuerza necesaria en el secundario para actuar sobre los contactos del diferencial y provocar su apertura. Este corte es prácticamente inmediato, protegiendo así a la persona de los efectos de un contacto indirecto.



↑ **Figura 3.31.** Instalación con defecto de aislamiento: sin toma de tierra (izquierda) y con toma de tierra (derecha).

Si la instalación tiene puesta a tierra (conductor de protección) el circuito de la corriente de defecto se cierra a través de ella, provocando el disparo del diferencial antes de que toque nadie.

Los símbolos e identificadores que se utilizan en los esquemas para representar el interruptor diferencial son los siguientes:

Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor diferencial bipolar		Q
Interruptor diferencial tetrapolar		Q

5.2. Características

Las principales características que definen un interruptor diferencial son:

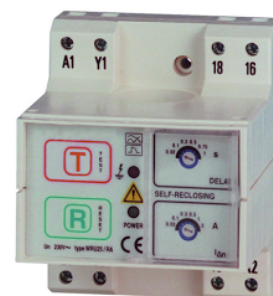
- **Intensidad nominal:** intensidad de la instalación en la cual va a ser instalado.
- **Tensión nominal:** tensión de la instalación en la que va a ser instalado.
- **Sensibilidad (ΔI_n):** es el mínimo valor de la intensidad de defecto que provoca la apertura del interruptor diferencial. En función de este valor, podemos clasificar los diferenciales como:
 - Baja sensibilidad: $\Delta I_n > 300$ mA. Aplicación en industrias que no requieren altos niveles de protección.
 - Alta sensibilidad: ΔI_n entre 10 y 30 mA. Los de 30 mA son los que se utilizan habitualmente en viviendas e instalaciones en general.
- **Número de polos:** los diferenciales se fabrican bipolares y tetrapolares.



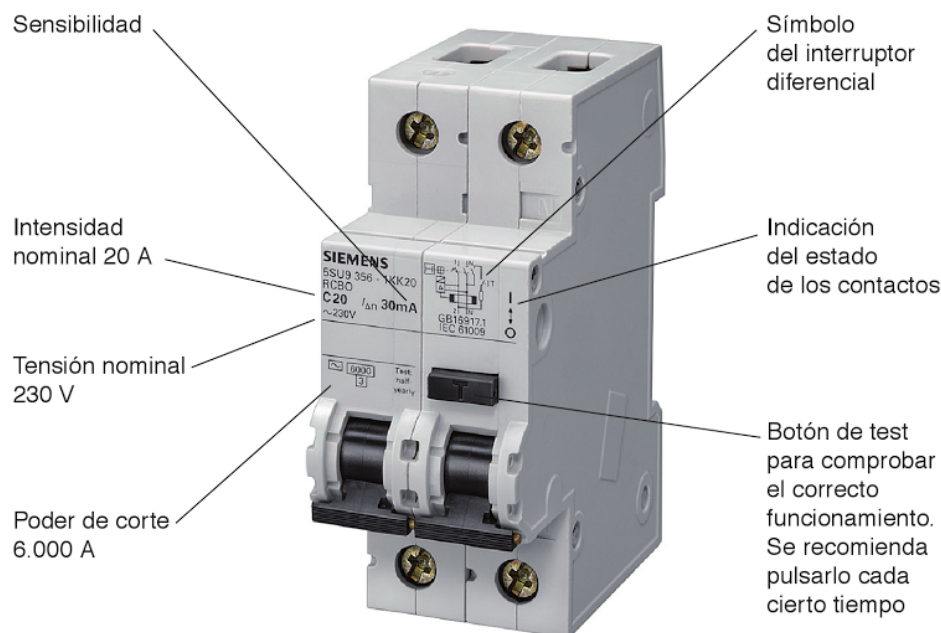
↑ **Figura 3.32.** Interruptor diferencial tetrapolar.

saber más

Existen dispositivos en el mercado, que cuando se ha producido un fallo, intentan una reconexión del sistema, que será posible si el defecto ha cesado, nunca en caso contrario. En ellos es posible ajustar tanto la sensibilidad como el tiempo de reconexión.



↑ **Figura 3.33.** Interruptor diferencial con cable de paso (CIRCUTOR).



↑ **Figura 3.34.** Interruptor diferencial bipolar (SIEMENS AG).

6. Selectividad

saber más

En la jerarquía de conexión de elementos de protección en un cuadro de distribución, se denomina:

- **Aguas arriba:** a los dispositivos que están en un nivel superior al aparato referenciado.
- **Aguas abajo:** a los dispositivos que están en un nivel inferior al aparato referenciado.

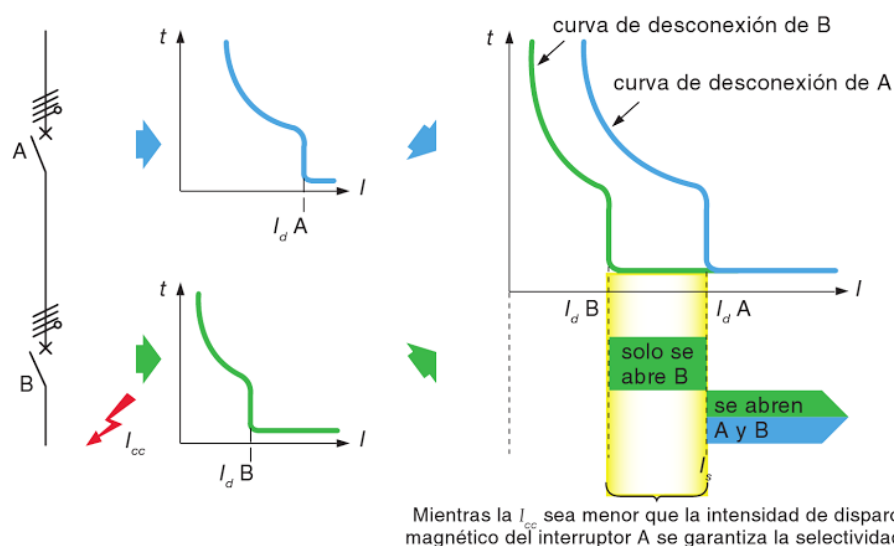
Cuando en una instalación eléctrica tiene lugar un fallo, lo ideal sería que las consecuencias de este se limitasen solamente a la zona afectada, manteniendo el resto de circuitos en funcionamiento para poder seguir trabajando con total normalidad.

Esto se puede conseguir instalando interruptores en los distintos circuitos de utilización y eligiéndolos de tal forma que se garantice que solo dispare aquel que protege el circuito en el que se ha producido el fallo. El resto de los interruptores «aguas arriba» no desconectan, permitiendo el funcionamiento del resto de la instalación. Si esto es posible diremos que las protecciones de la instalación tienen **selectividad**.

Cuando se cumple esta condición para cualquier valor de la intensidad de cortocircuito, se dice que la selectividad es **total**. Si solo se cumple para intensidades de cortocircuito inferiores a un determinado límite diremos que la selectividad es **parcial**.

Existen varios métodos para conseguir la selectividad:

- **Por tiempo:** el interruptor «aguas arriba» tiene que permitir configurar un retardo en el disparo para dar tiempo al interruptor «aguas abajo» a que desconecte.
- **Por intensidad:** consiste en elegir el interruptor «aguas arriba» con una intensidad de disparo, tanto térmico como magnético, superior a la del interruptor «aguas abajo».
- **Natural:** se obtiene utilizando dispositivos de características diferentes (tamaño, intensidad nominal, etc.) y aprovechando las diferencias en el modo de funcionamiento. Los fabricantes ofrecen tablas que indican si existe selectividad entre diversos productos de su gama.



← **Figura 3.35.** Curvas de disparo de selectividad por intensidad.

También es posible conseguir selectividad en la utilización de interruptores diferenciales, colocando aguas abajo interruptores de mayor sensibilidad que los que están instalados en la cabecera de la línea o bien utilizando el método del retardo en el disparo.

A. arriba		C60, N, H, L											
		curva C											
Aguas abajo	I (A)	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63
C60, N, H, L	(A)	15	25	30	45	75	120	150	188	240	300	375	473
curva C	0.5												
	0.75												
	1												
	2												
	3												
	4												
	6												
	10												
	16												
	20												
	25												
	32												

Zona de selectividad

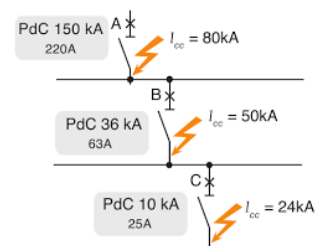
↑ **Figura 3.36.** Tabla de selectividad entre distintos productos de un mismo fabricante.

7. Filiación

Técnica que permite instalar en un circuito un interruptor automático con poder de corte menor al de la corriente de cortocircuito prevista para el mismo, siempre que «aguas arriba» haya otro interruptor con un poder de corte superior a esta intensidad de cortocircuito.

De esta manera se consigue un ahorro económico importante en los dispositivos de protección.

Los fabricantes también ofrecen tablas con los distintos productos de su gama que garantizan la filiación.



↑ **Figura 3.37.** Ejemplo de filiación.

8. Protección contra sobretensiones

La Guía Técnica de aplicación del REBT, ITC-23, establece la obligatoriedad de instalar dispositivos de protección contra sobretensiones en los siguientes casos:

SITUACIONES	EJEMPLOS
Línea de alimentación de baja tensión total o parcialmente aérea o cuando la instalación incluye líneas aéreas	Todas las instalaciones, ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.
Riesgo de fallo afectando a la vida humana	Los servicios de seguridad, centros de emergencias, equipo médico en hospitales
Riesgo de fallo afectando a la vida de los animales	Las explotaciones ganaderas, piscifactorías, etc
Riesgo de fallo afectando a los servicios públicos	La pérdida de servicios para el público, centros informáticos, sistemas de telecomunicación
Riesgo de fallo afectando a actividades agrícolas o industriales no interrumpibles	Industrias con hornos o en general procesos industriales continuos no interrumpibles
Riesgo de fallo afectando las instalaciones y equipos de los locales de pública concurrencia que tengan servicios de seguridad no autónomos	Sistemas de alumbrado de emergencia no autónomos
Instalaciones en edificios con sistemas de protección externa contra descargas atmosféricas o contra rayos.	Todas las instalaciones ya sean industriales, terciarias, viviendas, etc.

En la misma ITC-23 se hace una clasificación de los distintos receptores en función de la capacidad que tienen para soportar las sobretensiones.

Características de los dispositivos de protección contra sobretensiones

caso práctico inicial

Para proteger la instalación frente a las subidas de tensión se coloca un dispositivo de protección contra sobretensiones

Los dispositivos de protección siempre se instalan en paralelo con la instalación que se quiere proteger y con una unión a tierra lo más directa posible.

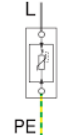
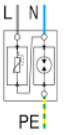
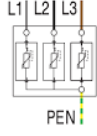
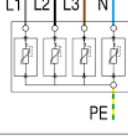


→ **Figura 3.38.** Distintos tipos de protección contra sobretensiones (SIEMENS AG).

En estado normal, el dispositivo de protección no afecta para nada a la instalación, pero cuando se produce una tensión mayor que la nominal de la instalación a proteger, la resistencia del dispositivo disminuye bruscamente, permitiendo una gran circulación de corriente hacia tierra y tratando así de mantener la tensión en unos límites aceptables.

El objetivo del dispositivo de protección es conseguir que la tensión en sus extremos sea siempre menor que la máxima admisible para los equipos que tiene que proteger, de acuerdo con su categoría de sobretensión.

Los símbolos utilizados para representar los dispositivos de protección contra sobretensiones son:

Elemento	Símbolos	Identificador
Protector contra sobretensión monofásico		F
Protector contra sobretensión bifásico		F
Protector contra sobretensión trifásico		F
Protector contra sobretensión tetrafásico		F

En función de sus características se distinguen tres tipos de dispositivos de protección frente a sobretensiones:

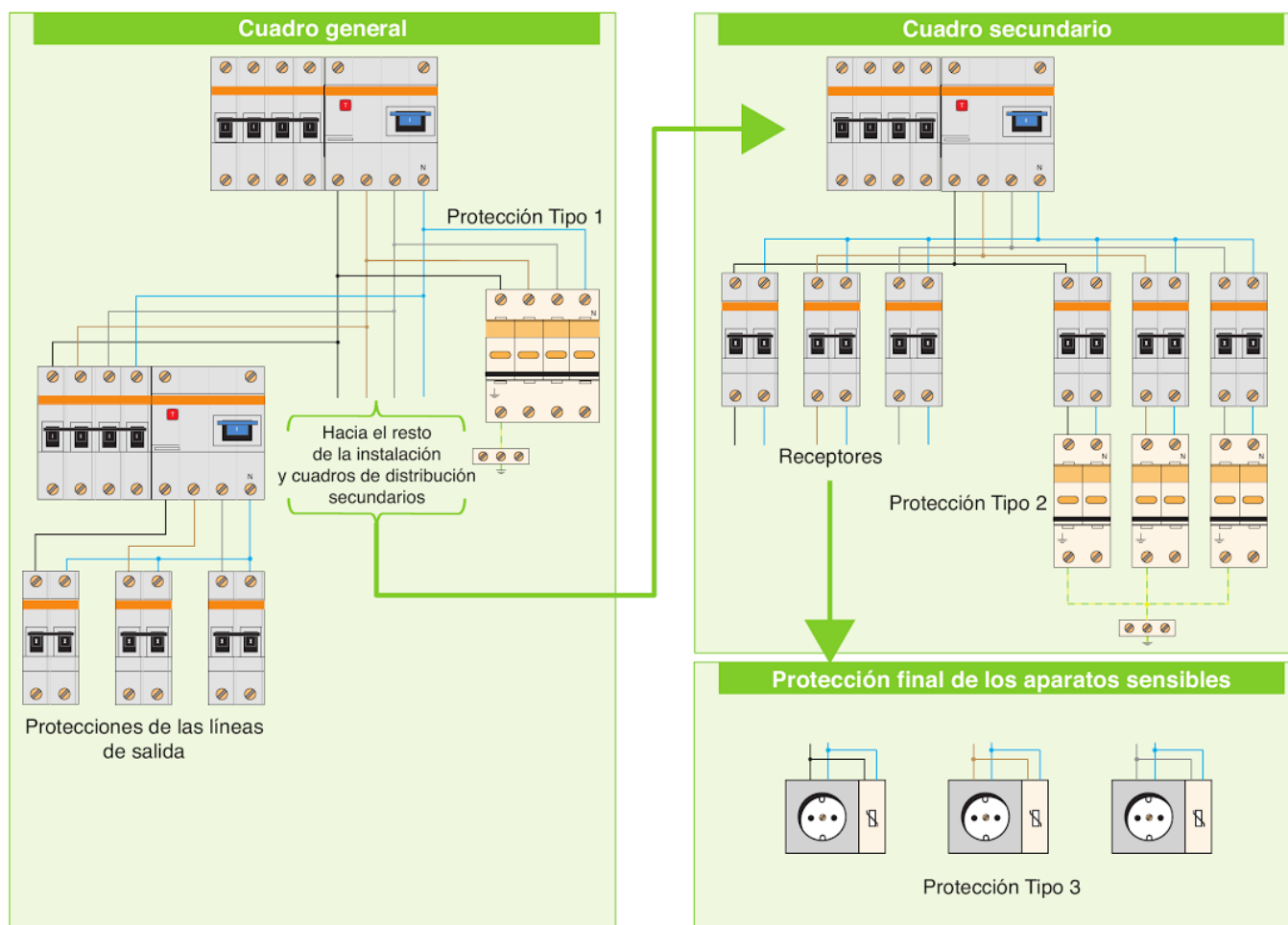
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Capacidad de absorción de energía	Muy alta-Alta	Media-Alta	Baja
Rapidez de respuesta	Baja-Media	Media-Alta	Muy alta
Origen de la sobretensión	Impacto directo de rayo	Sobretensiones de origen atmosférico y conmutaciones	

En general se logra protección contra sobretensiones instalando un dispositivo Tipo 2 lo más cerca posible del origen de la instalación, en el cuadro principal.

Pero si es necesario proteger receptores muy sensibles, es muy difícil que un solo dispositivo sea capaz de proteger a todos los equipos conectados a la instalación, por lo que se suelen combinar la acción de dos o más dispositivos de protección. Si el edificio dispone de pararrayos es necesario además instalar un dispositivo Tipo 1 en el origen de la línea.

En figura 3.39 se muestra un esquema completo con la ubicación de todos los tipos de protección.

En los cuadros secundarios, es necesario instalar también un interruptor de desconexión que evite el disparo del interruptor general en caso de que el dispositivo de protección contra sobretensiones se destruya por una descarga superior a la prevista.



↑ **Figura 3.39.** Esquema de conexión de los dispositivos de protección contra sobretensiones.

9. Representación de esquemas de cuadros de protección

La distribución jerárquica de los elementos de protección que intervienen en los cuadros de distribución se puede representar de forma gráfica con dos tipos de esquemas:

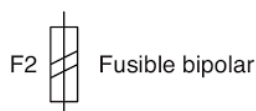
- **Multifilares.** En ellos se representan los símbolos de los aparatos con todos sus polos y las líneas eléctricas con todas sus fases, representándose detalladamente todas las conexiones eléctricas.

Los símbolos que has conocido a lo largo de esta unidad, son los utilizados en la representación multifilar.

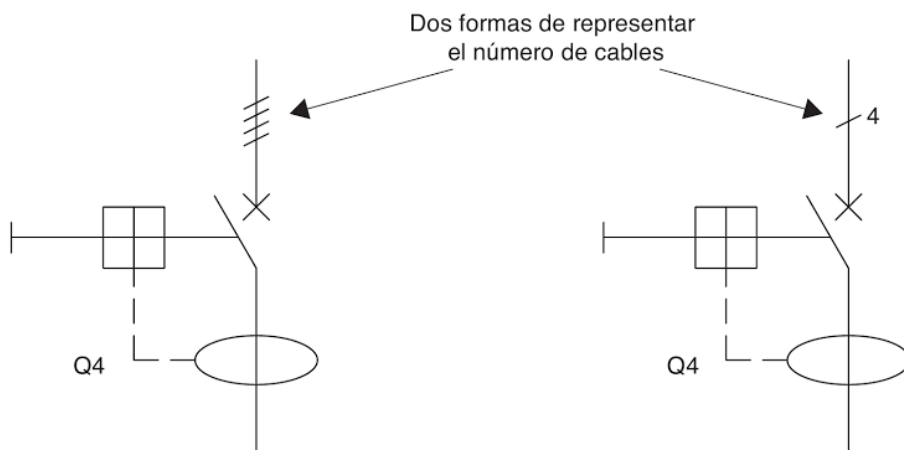
- **Unifilares.** En ellos se representa el símbolo de forma simplificada con un solo polo y el cableado mediante una única línea. En este tipo de esquemas, tanto el número de polos como el de los cables reales, se representa mediante pequeñas líneas oblicuas.

caso práctico inicial

El esquema unifilar es una representación simplificada de la instalación.



→ **Figura 3.40.** Representación unifilar.



↑ **Figura 3.41.** Representación unifilar de un diferencial y el número de cables que llegan a él.

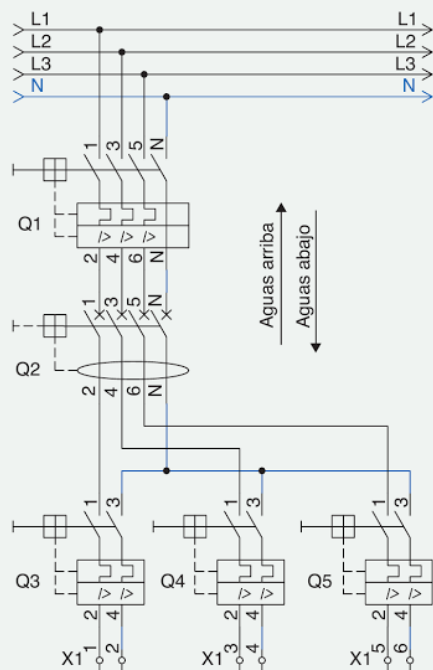
EJEMPLO

Ejemplo de representación

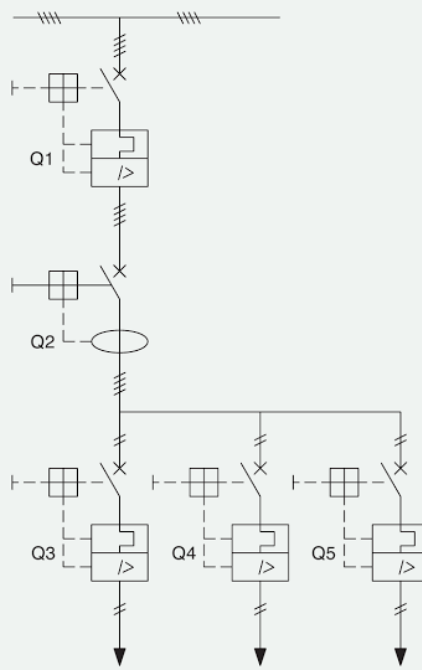
Imagina que debes realizar el montaje de un cuadro de distribución para tres líneas monofásicas de 230 V, a partir de una red de distribución trifásica con neutro de 400 V. La línea general debe estar protegida mediante un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial. Además, cada una de las líneas monofásicas debe disponer de interruptores magnetotérmicos individuales. Dibuja las representaciones unifilar y multifilar.

Solución:

Las representaciones multifilar y unifilar de este cuadro de protección son las siguientes:



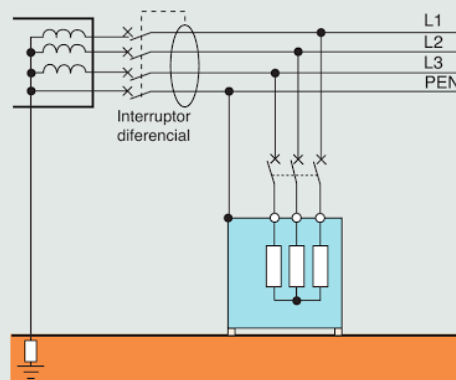
↑ **Figura 3.42.** Esquema multifilar



↑ **Figura 3.43.** Esquema unifilar.

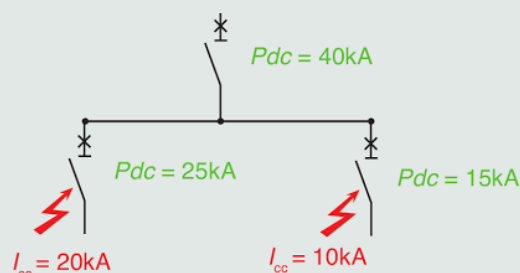
ACTIVIDADES FINALES

- 1. En el esquema de la figura siguiente, estudia la colocación del interruptor diferencial. ¿Es correcta? Describe que ocurriría en caso de que se produjese una corriente de defecto a través de la carcasa de la instalación receptora.



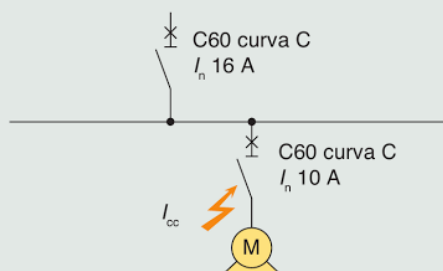
↑ Figura 3.44.

- 2. En el siguiente esquema se representan las intensidades de cortocircuito previstas en una instalación. Teniendo en cuenta el poder de corte de cada uno de los interruptores automáticos, ¿se cumplen los principios de filiación?, ¿qué propones para mejorar el diseño de la instalación?



↑ Figura 3.45.

- 3. Consulta la tabla mostrada en la figura 3.36. En caso de que se produzca un defecto en el motor ¿qué ocurrirá? ¿es esto lo más adecuado? En caso contrario propón alguna medida para corregirlo.



↑ Figura 3.46.

- 4. Supón una instalación donde los receptores son motores. En el momento del arranque presentan intensidades elevadas, del orden de 4 veces la intensidad nominal. Si tuvieras que elegir un interruptor automático para protegerla, consultando el apartado de mundo técnico, ¿qué tipo de curva te parece más apropiada?, ¿por qué?

- 5. Teniendo en cuenta las curvas representadas en el apartado «Mundo Técnico», y para un interruptor automático que sigue la curva C, indica cuánto tiempo, como máximo, tardará en desconectar el circuito en caso de que se produzca una sobreintensidad de valor:
 - a. 3 veces la intensidad nominal del circuito.
 - b. 8 veces la intensidad nominal del circuito.
 - c. 15 veces la intensidad nominal del circuito.
- 6. Realiza la actividad propuesta en el apartado «Práctica Profesional» de esta unidad. Completa la actividad con la práctica profesional 2.
- 7. Dibuja los esquemas multifilar y unifilar de un cuadro de protección para dos líneas trifásicas generales (una de fuerza y otra de alumbrado). La línea de fuerza se divide «Aguas abajo» en una línea de salida trifásica con neutro y 2 líneas monofásicas. La de alumbrado en tres líneas monofásicas. La protección general debe ser magnetotérmica y diferencial. Las líneas secundarias también deben disponer de ambos tipos de protección. Para las líneas de salida de tercer nivel, tanto de fuerza como de alumbrado, solamente se requiere protección magnetotérmica.
- 8. Dibuja los esquemas multifilar y unifilar de un «cuadro de obra» cuyas características son las siguientes:
 - a. La red de alimentación es trifásica con neutro a 400 V
 - b. Debe disponer de un interruptor general.
 - c. Debe disponer de una sola línea para el alumbrado de la obra a 230 V.
 - d. La alimentación del motor trifásico de la hormigonera se hace directamente desde el cuadro mediante bornes para raíl DIN.
 - e. Una línea de fuerza está destinada a la toma industrial trifásica que se ha ubicado en la puerta del armario.
 - f. La toma monofásica de 230 V también pertenece a la línea de fuerza.
 - g. Debe existir una línea trifásica auxiliar destinada a otros usos.
 - h. Se debe instalar un conmutador voltimétrico y un voltímetro para la comprobación de tensión entre fases a la entrada del cuadro.
 - i. Tres amperímetros deben marcar la corriente consumida en cada una de las fases de la instalación.
- 9. Utilizando el panel de pruebas, monta los elementos necesarios para del «cuadro de obra» de la actividad anterior. Realiza el cableado y comprueba su funcionamiento siguiendo los pasos vistos en la Práctica Profesional.

entra en internet

- 10. Busca catálogos de diversos fabricantes de fusibles y haz un listado con las intensidades nominales disponibles (calibre). ¿Coinciden en todos los casos? ¿Por qué crees que será?
- 11. Existen en el mercado dispositivos de protección magnética y diferencial con reconexión automática. Busca información acerca de estos dispositivos: utilidades, ventajas, tipos que existen, etc., y realiza un pequeño trabajo con imágenes.

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista
- Polímetro o puntas de prueba de tensión
- Crimpadura de punteros

MATERIAL

- Panel de pruebas montado en la actividad anterior
- 8 Bornes + 1 de toma de tierra para rail
- 4 interruptores magnetotérmicos tetrapolares
- 2 interruptores diferenciales tetrapolares
- 3 interruptores magnetotérmicos bipolares
- 1 dispositivo de protección contra sobretensiones tetrafásico.
- Cable de línea de 4 mm² (colores: negro, gris, marrón, azul claro y verde-amarillo)
- Cable de línea de 2,5 mm² (colores: negro, gris, marrón y azul claro)
- Manguera de 5 x 4 mm²
- Punteras para cables de 2,5 mm²

Cuadro general de protección

OBJETIVO

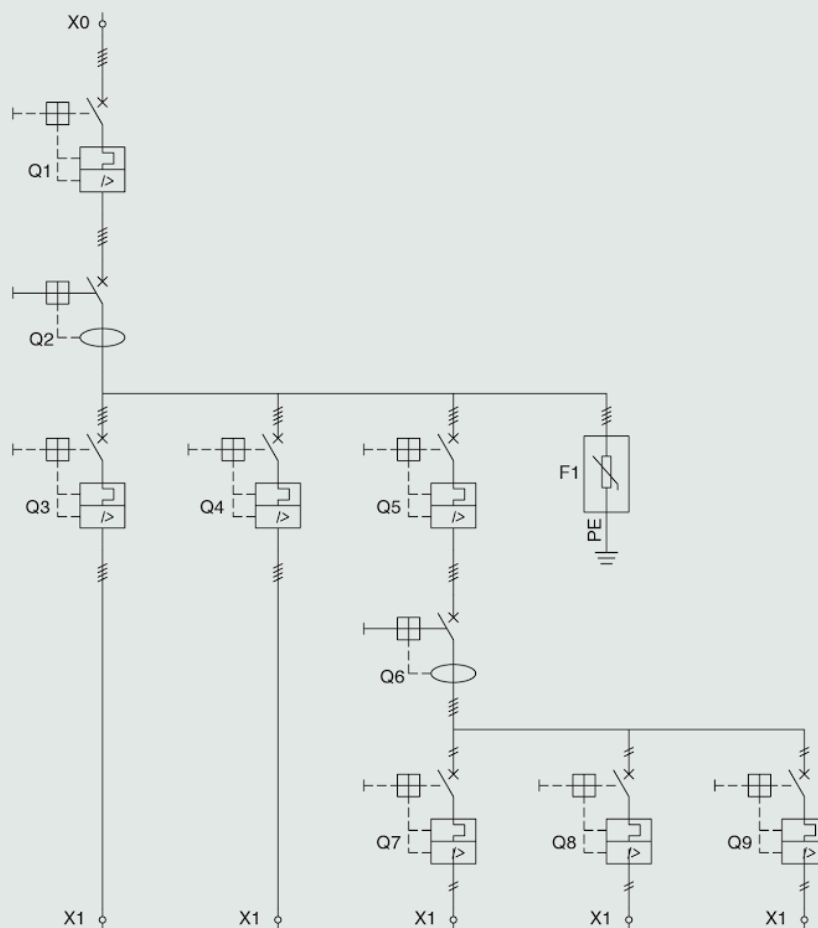
Montar y poner en marcha el cuadro general de protección propuesto en el Caso Práctico que se describe al inicio de esta unidad con dispositivos de protección magnetotérmica, diferencial y contra sobretensiones.

PRECAUCIONES

- No manipules las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

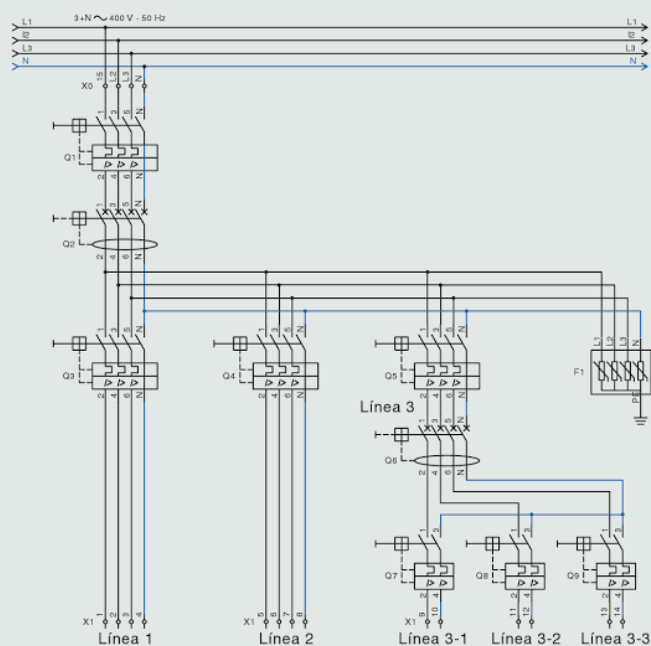
DESARROLLO

1. Dibuja el esquema unifilar del cuadro de protección.



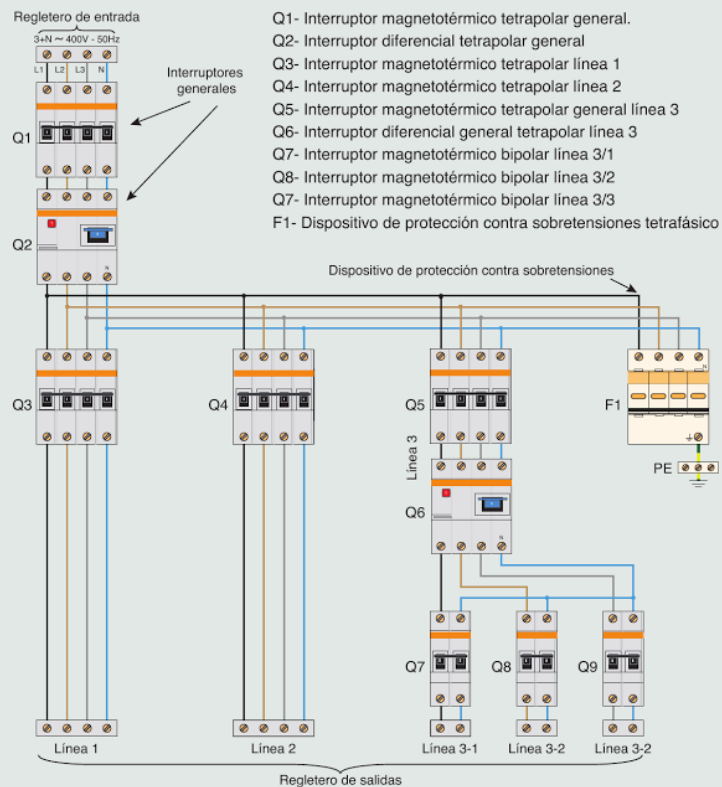
↑ **Figura 3.47.** Esquema unifilar del cuadro de protección.

2. Dibuja el esquema multifilar con las conexiones entre los dispositivos del cuadro.



← **Figura 3.48.** Esquema multifilar del cuadro de protección.

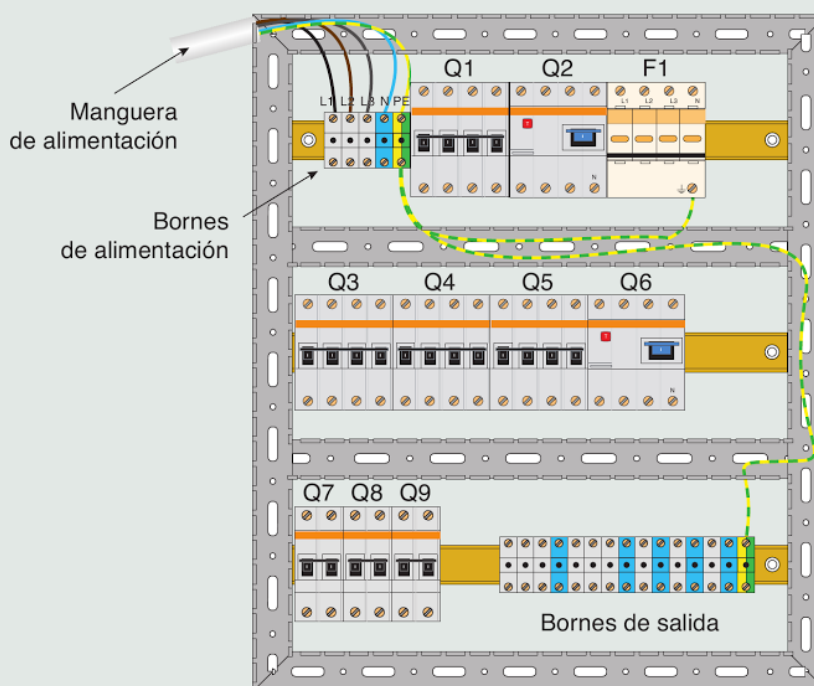
3. Elabora un croquis con el conexionado a realizar entre los dispositivos de protección y un listado identificando cada uno de ellos.



← **Figura 3.49.** Esquema multifilar del cuadro de protección.

PRÁCTICA PROFESIONAL 1 (cont.)

4. Coloca los elementos en los raíles del panel de pruebas como se muestra en la siguiente figura.

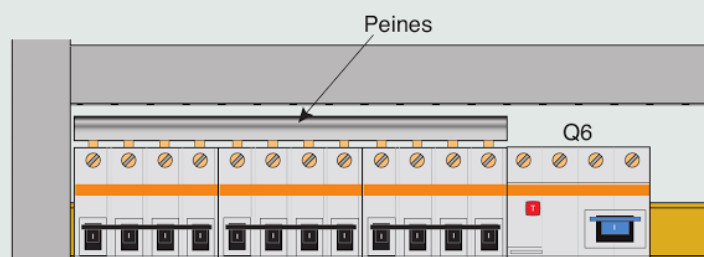


↑ **Figura 3.50.** Ubicación de los dispositivos de protección en el panel de pruebas.

5. En el bornero de entrada y en el de salida, pon bornes de color azul claro para la conexión de los cables de neutro.
6. Con el cable de 4 mm², realiza el cableado de la línea general y de las líneas 1 y 2 hasta los bornes de salida. Respetar los colores de los conductores de la siguiente forma: L1-Negro; L2-Marrón; L3-Gris; N- Azul Claro y PE- Verde/Amarillo.

Asegúrate de crimpar punteras en las terminaciones de todos conductores.

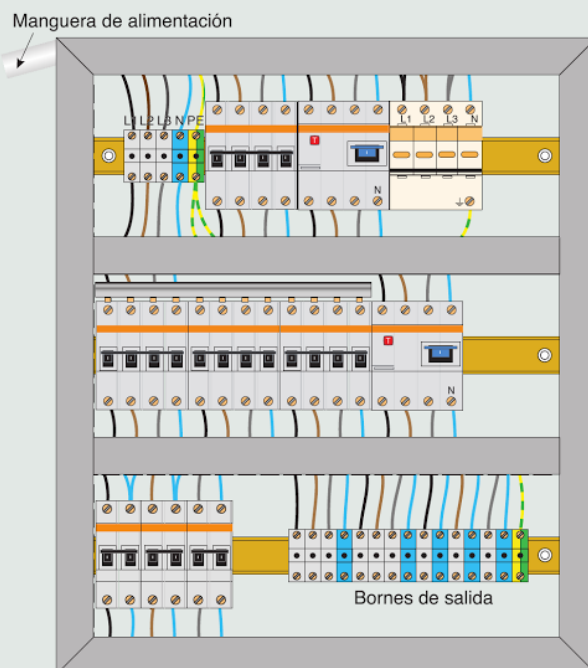
7. Para realizar los puentes entre los tres magnetotérmicos tetrapolares secundarios (Q3, Q4 y Q5) puedes utilizar peines. Si no dispones de ellos, realízalos con cable que pase por el interior de la canaleta.



↑ **Figura 3.51.** Uso de peines para puentes.

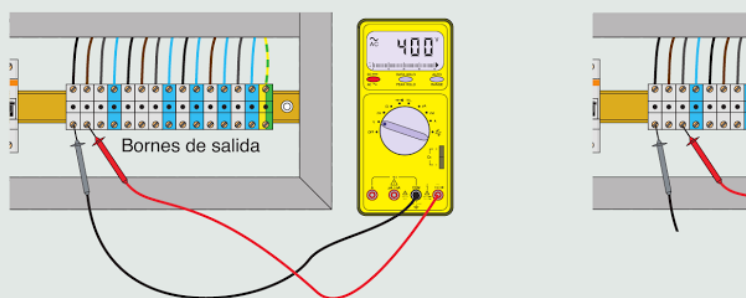
8. También, con cable de 4 mm², realiza el cableado de la línea 3 hasta la entrada del magnetotérmico Q6 y el del dispositivo de protección contra sobretensiones F1.

9. Con el cable de 2,5 mm², realiza, respetando el código de colores nombrado anteriormente, el cableado de las tres líneas secundarias monofásicas que salen desde Q6.
10. Acciona la palanca de todos los automáticos de panel para que estén en la posición de corte.
11. Conecta la manguera del panel de pruebas a una toma de corriente.
12. Conmuta el selector del polímetro para medir tensión de corriente alterna a 400 V
13. Conecta las puntas de prueba del polímetro en dos de las regletas de la línea 1.
14. Acciona los automáticos que alimentan dicha línea.
15. Comprueba que el polímetro marca la tensión adecuada, que en este caso debe ser de 400 V.



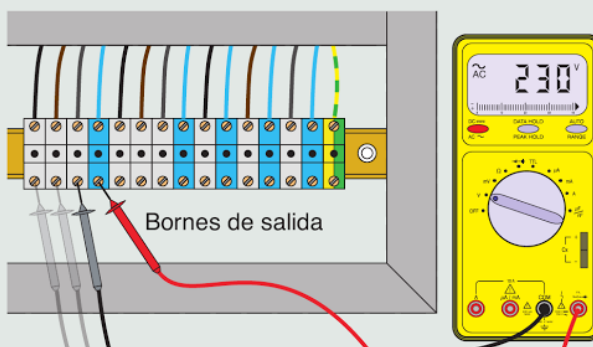
↑ **Figura 3.52.** Cuadro de protección completamente cableado.

16. Cambia una de las puntas de prueba a la tercera regleta de la misma línea y comprueba que también marca 400 V.



↑ **Figura 3.53.** Comprobación de tensión entre las fases de la línea 1.

17. Haz lo mismo entre el neutro y cada una de las fases. El polímetro debe marcar en este caso 230 V.
18. Repite los pasos del 13 al 17 para las demás líneas.



↑ **Figura 3.54.** Comprobación de tensión entre fases y neutro de la línea 1.

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

HERRAMIENTAS

- Herramientas básicas del electricista
- Crimpadora de puntos

MATERIAL

- Panel de pruebas montado en la práctica profesional anterior y todos sus elementos
- Conmutador voltimétrico trifásico para raíl DIN
- Voltímetro para raíl DIN con fondo de escala 400V
- Cable de línea de 1,5 mm²
- Puntero para cable de 1,5 mm²

Instalación de un conmutador voltimétrico para comprobar la tensión de entrada en un cuadro eléctrico

OBJETIVO

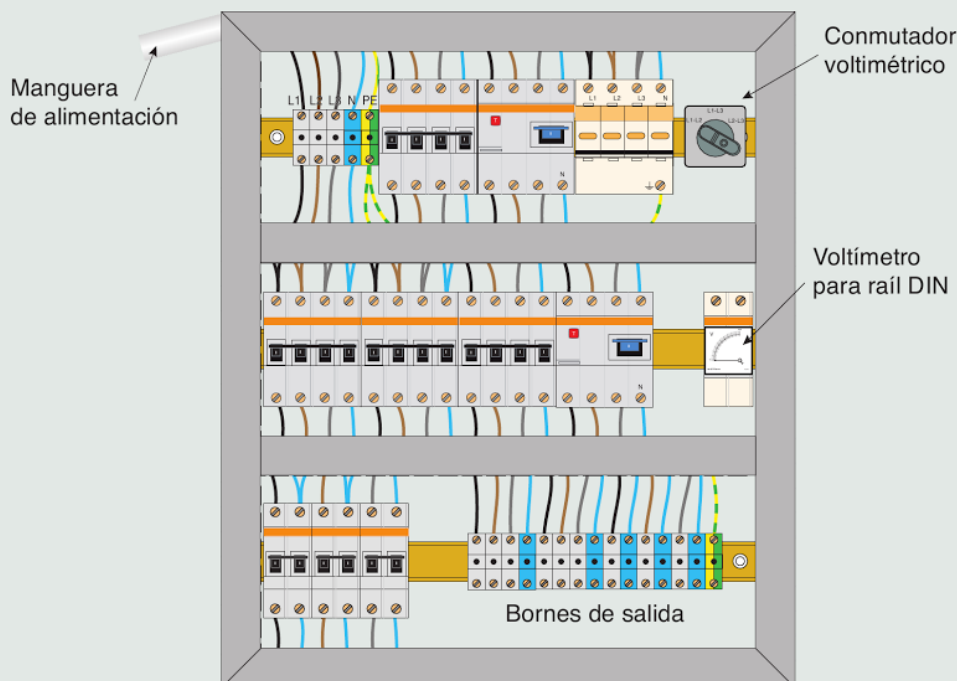
Instalar en el cuadro de protección montado en la práctica profesional anterior, un voltímetro y un conmutador voltimétrico para la comprobación de la tensión entre fases.

PRECAUCIONES

- No manipules las conexiones con el panel conectado a la red de alimentación.
- Consulta las hojas de instrucciones del conmutador voltimétrico para su correcto conexionado.
- Ten en cuenta las pautas que se marcan en las fichas de seguridad que tienes al final del libro.

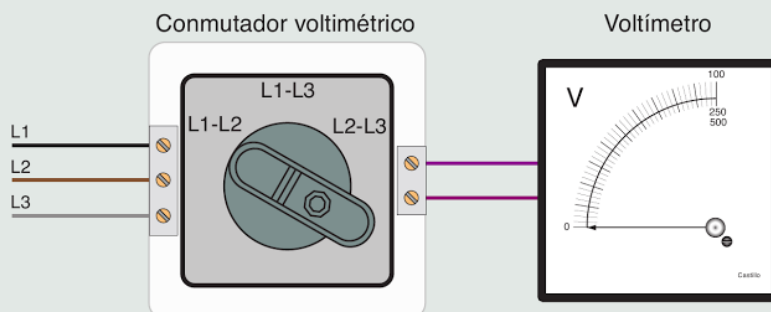
DESARROLLO

1. Colocar sobre los raíles superior y central del cuadro de pruebas, el conmutador voltimétrico y el voltímetro para raíl DIN respectivamente.



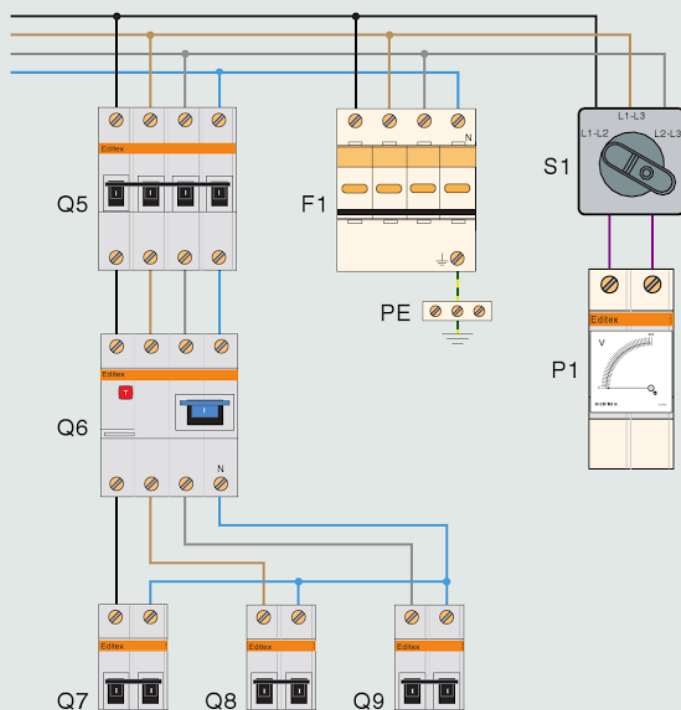
↑ **Figura 3.55.** Colocación del conmutador voltimétrico y el voltímetro.

2. Consulta la hoja de instrucciones del conmutador voltimétrico y observa cuáles son los bornes de entrada de línea y los de salida al voltímetro. La conexión debe ser similar a la mostrada en la figura 3.56.

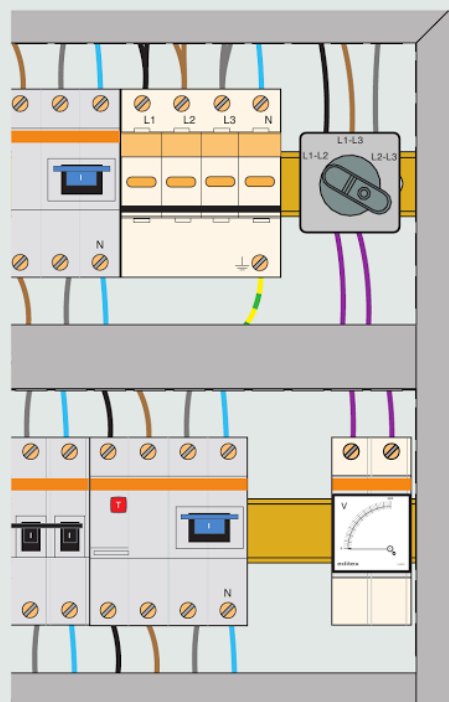


↑ **Figura 3.56.** Conexiones conmutador voltimétrico y el voltímetro.

3. Retira las tapas de la canaleta que sean necesarias para completar el cableado.
4. Utilizando el cable de 1,5 mm², conecta las tres fases de entrada del conmutador voltimétrico en la línea que une el diferencial Q2 con los magnetotérmicos secundarios Q3, Q4 y Q5 y el protector de sobretensiones F1.
5. Conecta los dos cables de salida del conmutador voltimétrico a los bornes del voltímetro.



↑ **Figura 3.57.** Conexión de los cables de salida del conmutador voltimétrico



↑ **Figura 3.58.**

6. Coloca nuevamente las tapas de la canaleta.
7. Conecta la manguera del panel de pruebas a una toma de corriente.
8. Acciona el conmutador voltimétrico y observa que el voltímetro marca 400 V en todas las posiciones.

MUNDO TÉCNICO

Tipo de curva de los interruptores magnetotérmicos

El tipo de curva determina el funcionamiento de los interruptores magnetotérmicos, tiempos de corte y disparador que actúa en función del valor de la intensidad.

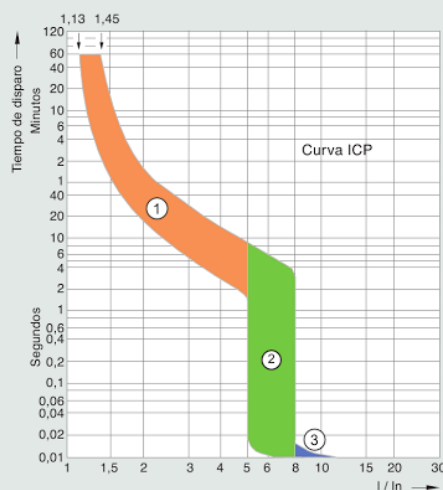
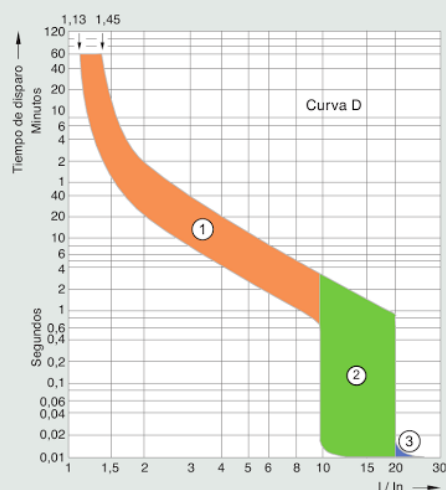
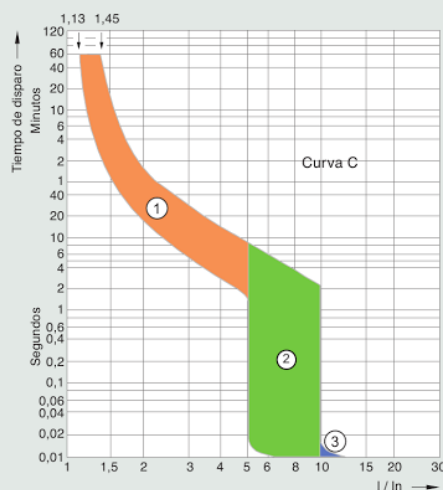
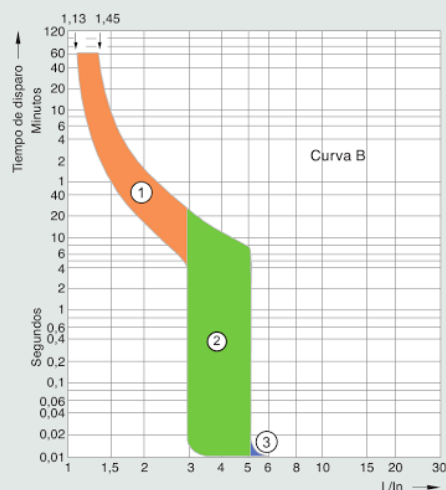
Es importante elegir un dispositivo de protección magnetotérmica teniendo en cuenta su curva de disparo, en función de las condiciones del circuito que quiere proteger.

Los tipos de curvas más frecuentes son los siguientes:

- Curva B: protección de conductores en que se prevean intensidades de cortocircuito bajas, es decir,

circuitos puramente resistivos como calefacción, iluminación, etc.

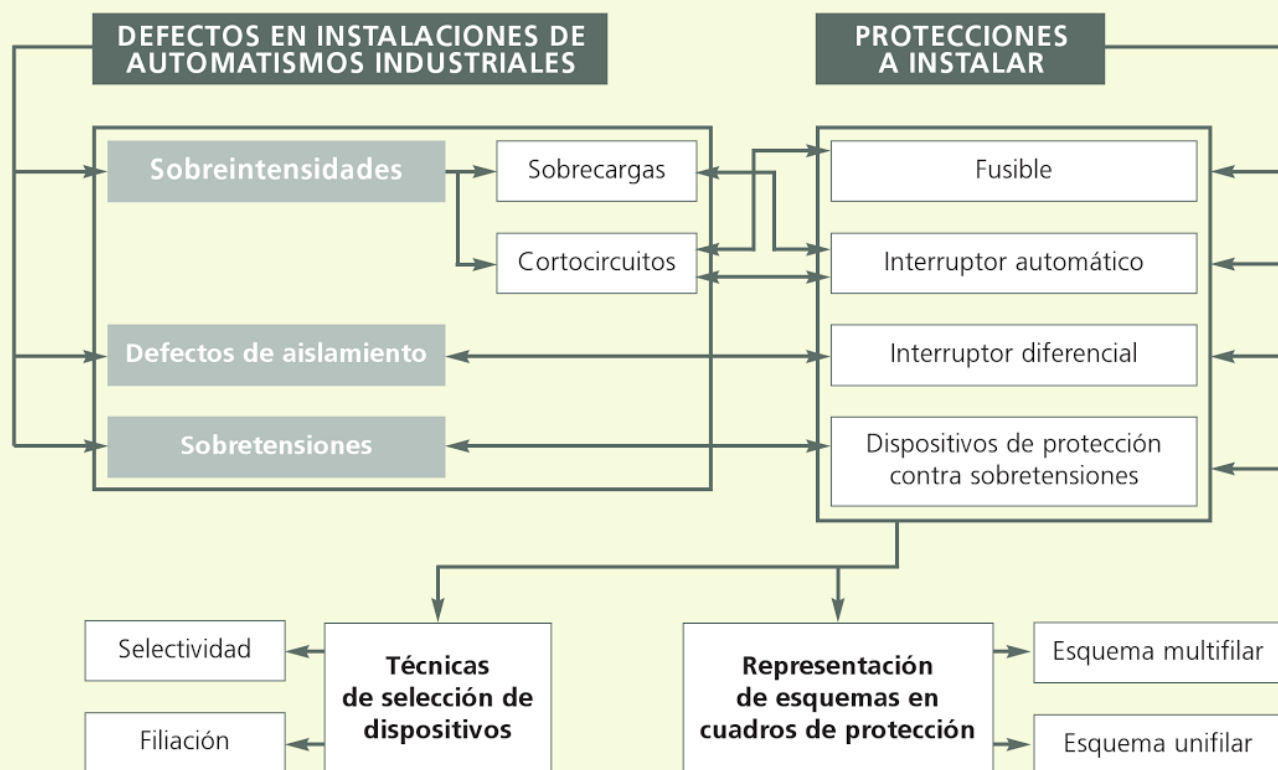
- Curva C: protección de conductores en instalaciones de uso general, con la posibilidad de conectar pequeños motores, lámparas de descarga, etc.
- Curva D: curva indicada para instalaciones donde se manejen aparatos con elevados impulsos de corriente, por ejemplo, grandes motores, cargas capacitivas, etc.
- Curva ICP: se utiliza como interruptor de control de potencia.



- 1: Zona de disparo térmico (lento)
- 2: Zona de disparo térmico y/o magnético
- 3: Zona de disparo magnético (muy rápido)

↑ Figura 3.59. Tipos de curva de los interruptores magnetotérmicos.

EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Si quisieras proteger una instalación contra sobrecargas y cortocircuitos con un solo dispositivo, colocarías:
 - Un interruptor diferencial.
 - Un fusible.
 - Un interruptor automático.
 - No es posible realizar las dos protecciones con un solo dispositivo.
- La protección contra sobretensiones, siempre se coloca en _____ con la instalación que se desea proteger.
- Existen en el mercado tres tipos fundamentales de fusibles: _____, _____ y _____.
- Asegurar, que cuando se produce un fallo en una instalación eléctrica, solo dispare el dispositivo de protección más cercano a dicho fallo, se denomina:
 - Contacto directo.
 - Selectividad.
 - Filiación.
 - Curva de disparo.
- Cuando en un esquema se representan todos los aparatos y todos los conductores que los unen, se denomina esquema unifilar:
 - Verdadero.
 - Falso.
- Una pinza amperimétrica es: _____.
- Se denomina sensibilidad de un interruptor automático a:
 - Valor de la intensidad que circula por la instalación en condiciones normales.
 - Valor de la tensión que existe en la instalación.
 - Valor de la mínima intensidad de defecto que provoca apertura del circuito.
 - En un interruptor automático no existe este concepto.