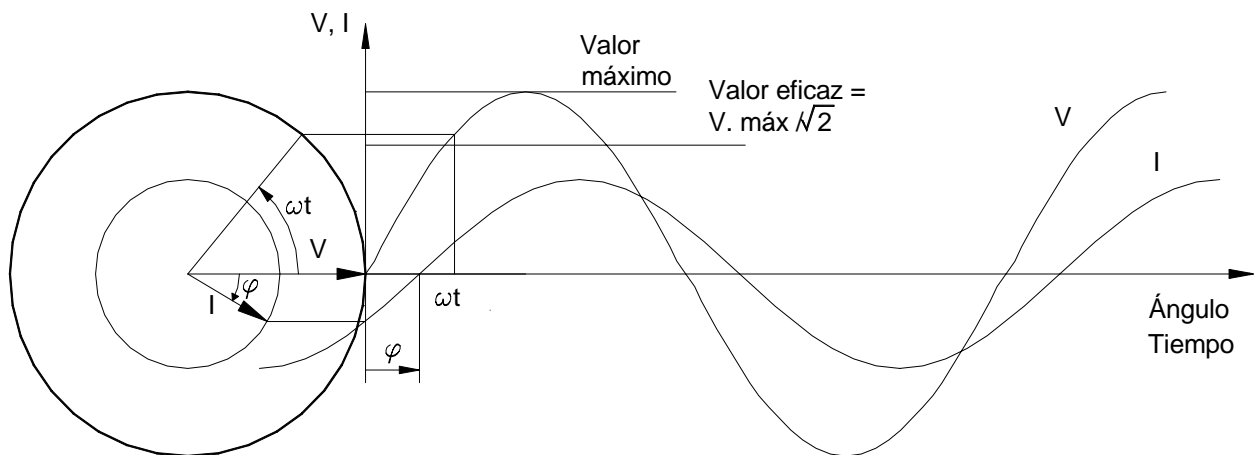




TIPOS DE CORRIENTE. SU GENERACIÓN.

Hasta ahora hemos considerado únicamente **corriente continua**, en la que la onda de corriente se propaga en una dirección, del polo positivo al negativo. Es decir, la polaridad de la fuente de tensión es siempre la misma, y normalmente constante.

Existen otras formas de corriente. Entre ellas la más común usada en el transporte de la energía eléctrica es la denominada **corriente alterna**



senoidal. La tensión varía en el tiempo, y sus distintos valores describen una curva de tipo senoidal. La polaridad de la fuente de tensión cambia de un modo periódico (se repite la curva cada cierto tiempo), y la corriente cambia de sentido por el cambio de polaridad (en el dibujo la intensidad de corriente **retrasa** con respecto de la tensión).

Tal vez te preguntes por las ventajas de la corriente alterna. Podemos considerar dos importantes, una de las cuales resuelve un problema con el que se encontraron los pioneros de la electricidad:

- La corriente alterna permite el uso de una máquina capaz de variar la tensión de la corriente eléctrica: el **transformador**. Cuando estudiamos la potencia eléctrica vimos que la potencia entregada por un generador eléctrico era igual al producto de la intensidad de corriente por la tensión. Este es el valor de la potencia instantánea. El valor medio de la potencia en alterna viene dado por $P_{ot} = V \cdot I \cdot \cos \varphi$ ¹. Si los

¹ Al $\cos \varphi$ se le denomina factor de potencia, y aparece en el estudio de la corriente alterna. Puede variar en las instalaciones eléctricas entre 0 y 1, y depende del tipo de receptores que estén conectados. Cuanto más bajo sea el f.d.p. más intensidad de corriente debe circular por el hilo conductor para proporcionar una determinada potencia, por lo que interesa que esté lo más cerca de 1 posible. Las empresas suministradoras penalizan bajos f.d.p., y bonifican con descuentos los f.d.p. cercanos a 1 (hay que tener en cuenta que el f.d.p. de una instalación se puede corregir fácilmente). En todo este estudio suponemos que el f.d.p. es igual a 1. Si los receptores son resistencias el f.d.p. es uno.

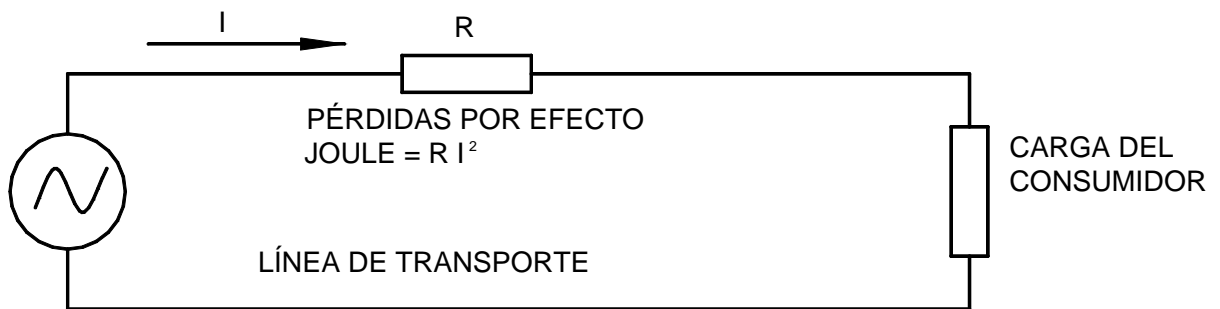


consumidores nos demandan una determinada potencia, podemos bajar la intensidad de corriente subiendo la tensión de la línea de transporte por medio de un transformador.

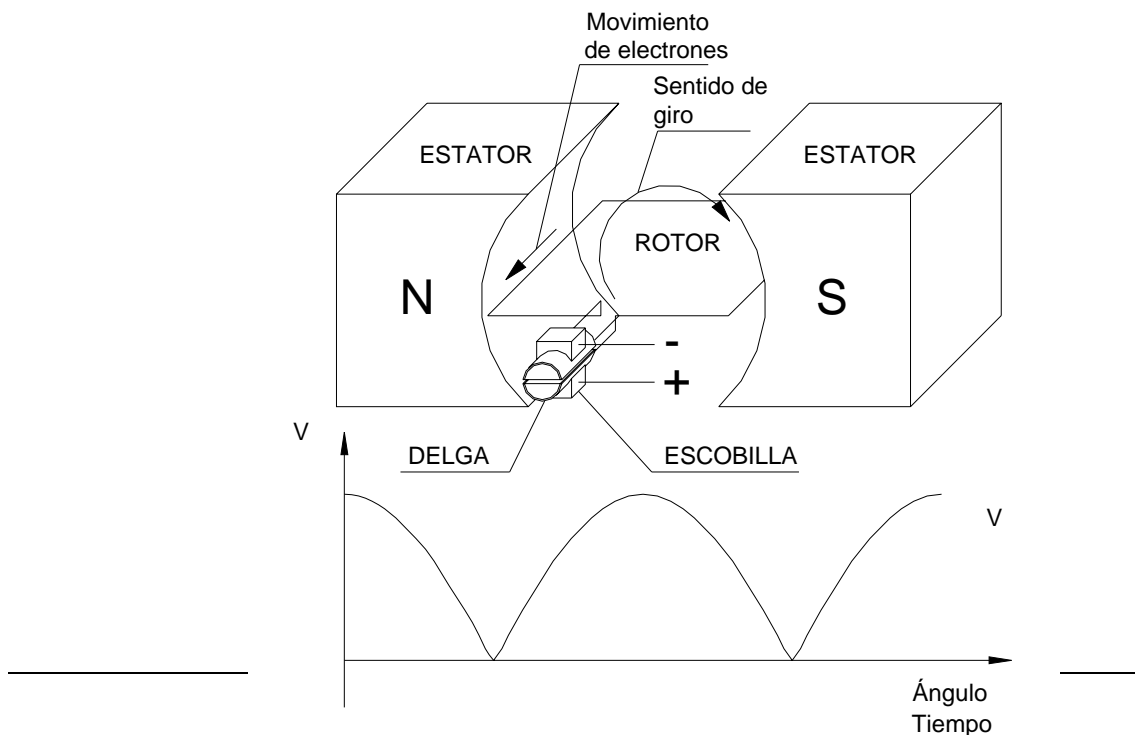
La línea de transporte tiene una determinada resistencia R, menor cuanto más sección tenga el cable utilizado. La pérdida calorífica (**efecto Joule**) en el transporte debida a esta resistencia vale:

$$Potencia\ perdida = V_R \cdot I = I \cdot R \cdot I = R \cdot I^2 \text{ (W)}$$

Vemos que la potencia perdida es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente, por lo que interesa **bajar la intensidad para disminuir las pérdidas por efecto Joule** en la línea de transporte.



- Es más robusta la máquina que permite generar corriente alterna senoidal (**alternador**) que la que genera corriente continua (**dinamo**). La dinamo recoge la corriente generada en las bobinas del **rotor** a través de unas **escobillas**, que rozan en unas **delgas** que giran con el rotor, y en las que terminan las espiras de las bobinas. Este mecanismo es



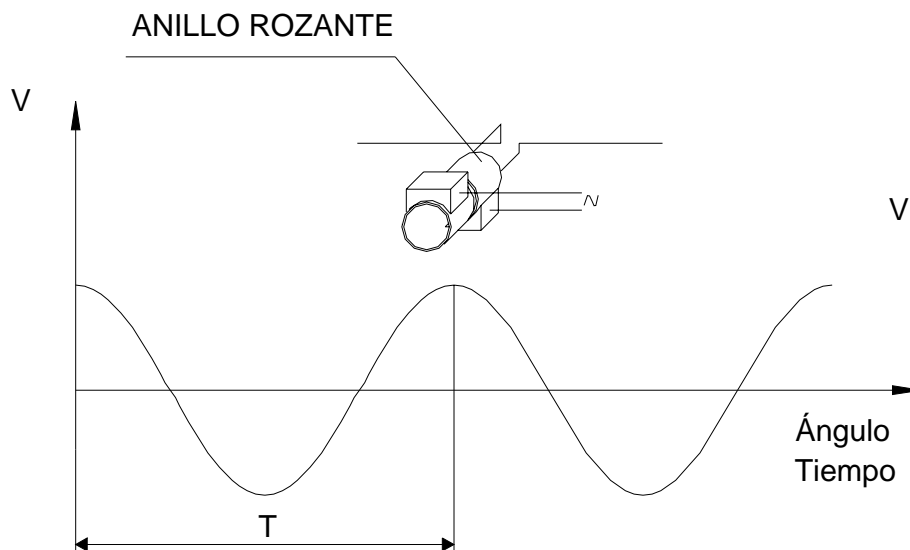


delicado: es una fuente de pérdidas de potencia y limita la máxima corriente que puede entregar la máquina.

En el alternador las bobinas en las que se genera la electricidad están en el **estator** (fijas en la periferia de la máquina), y el campo magnético se genera en el rotor por medio de bobinas por las que circula una corriente mucho menos que la generada. Esta se introduce en el rotor por medio de delgas y escobillas, aunque actualmente existen métodos para eliminarlas.

Puedes comprobar que el conjunto delgas y escobillas arriba dibujado realiza una **rectificación** de la corriente eléctrica: siempre es positiva la misma escobilla, ya que en el periodo de giro que le tocaría ser negativa se intercambian las delgas. Así se obtiene una corriente continua pulsante.

Si las delgas fueran anillos cerrados obtendríamos una corriente alterna, con un cambio de polaridad en cada giro del rotor.



Este es el tipo de corriente que producen las centrales eléctricas. Como ya se ha advertido el bobinado donde se genera la corriente suele estar en el estator (quieto), y este es cortado por un campo magnético que gira con el rotor.

La onda generada es de tipo cosenoidal, y se caracteriza por varios parámetros importantes:

- **Periodo (T):** tiempo transcurrido hasta que se repite la onda. En la corriente comercial es de 0,02 sg.



- **Frecuencia (F):** número de veces que se repite la onda por segundo. Lógicamente es la inversa del periodo. $F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Hz}$. La unidad es el Hercio, inversa del sg.
- **Valor máximo.** Es el valor de pico. La tensión varía entre el valor máximo positivo y el mismo valor máximo negativo.
- **Valor eficaz:** coincide con el valor de la señal continua que genera en una resistencia el mismo calor que la alterna considerada. Puede demostrarse que para corrientes cosenoidales:

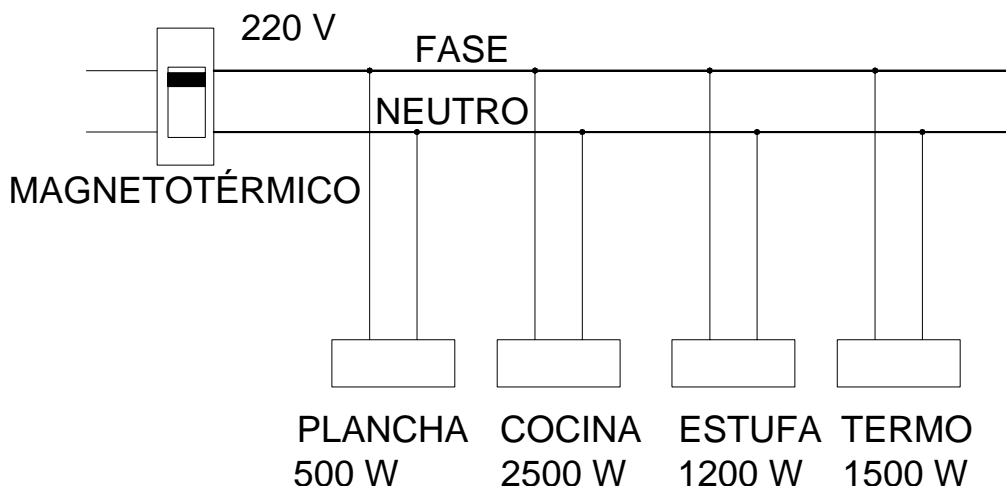
$$V_{EF} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}}$$

El valor medido por los voltímetros y amperímetros coincide con el valor eficaz de las tensiones e intensidades. Esta es la tensión que medimos en el enchufe de nuestra casa.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La distribución eléctrica se realiza, por razones técnicas y económicas, en **trifásica**. Existen tres hilos sometidos a tensión denominados **fases**. Por cada hilo se desplaza una onda desfasada 120° con respecto a las que circulan por los otros dos hilos. En algunas zonas de la distribución aparece un cuarto hilo denominado **neutro**. La tensión entre dos fases cualesquiera es $\sqrt{3}$ veces mayor que la existente entre cualquier fase y el neutro. Si entre dos fases tenemos 380 V, entre fase y neutro hay 220 V de tensión.

Normalmente a una casa pequeña llegan una fase y el neutro, y todas las conexiones eléctricas se realizan en **paralelo entre fase y neutro**, de modo que todos los aparatos están alimentados a la misma tensión (conexión en paralelo).



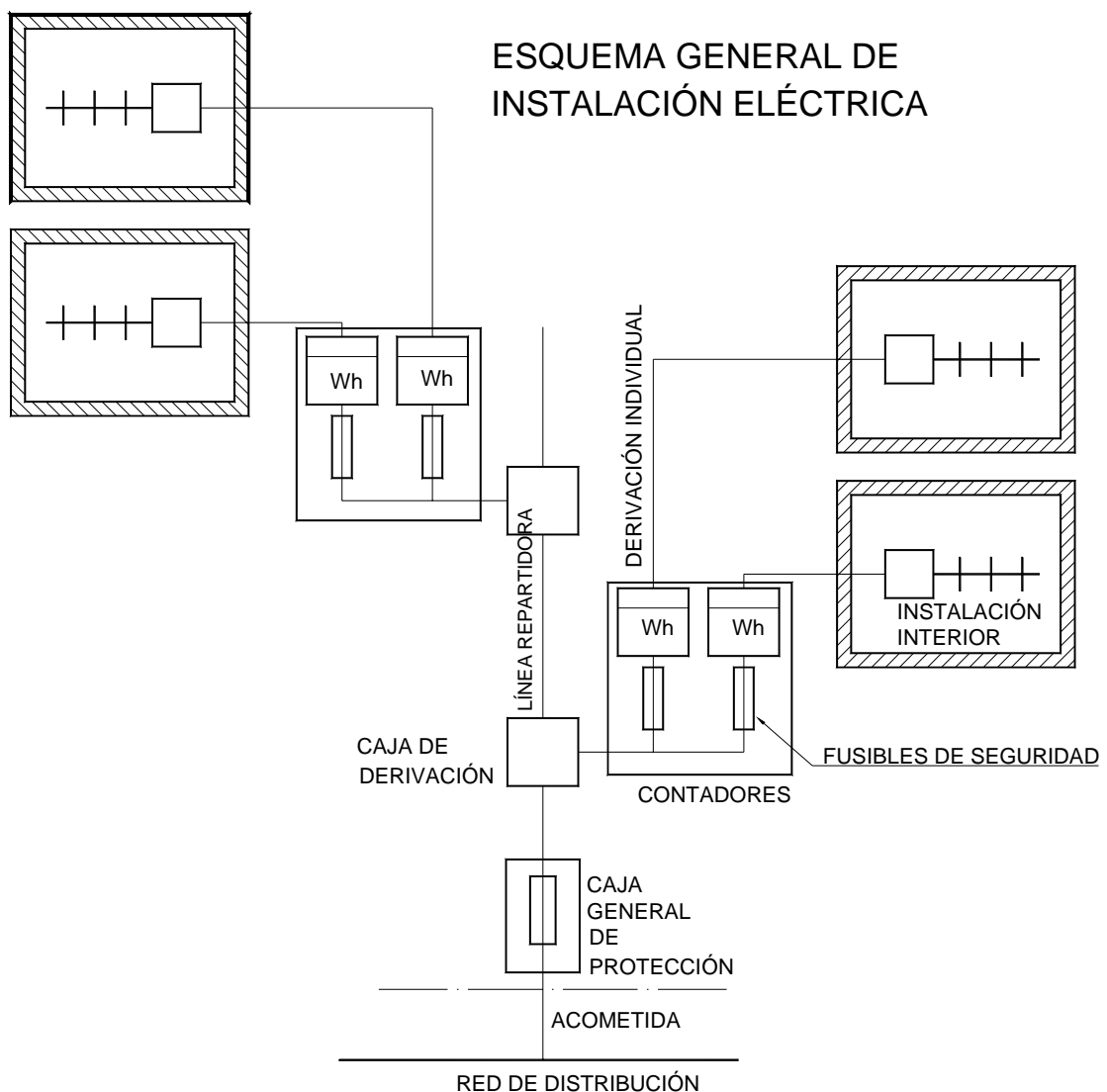


Como puedes ver en el dibujo todos los aparatos están conectados a la misma tensión: están conectados en paralelo.

Si la instalación es más importante llegan las tres fases y el neutro, y esto por dos razones:

- Existen aparatos (motores) que funcionan en trifásica. Necesitan las tres fases para funcionar. Se obtiene un funcionamiento en el que la potencia absorbida y entregada es constante.
- Interesa que por las tres fases circule la misma intensidad de corriente. En estas instalaciones se distribuyen los aparatos conectados entre las fases, de modo que haya equilibrio entre las corrientes que circula por cada fase.

En la instalación eléctrica de un edificio encontramos la siguiente configuración:



Podemos distinguir los siguientes elementos:



Red de distribución: es el cableado con el que la compañía eléctrica acerca el suministro a los distintos puntos a los que debe dar energía eléctrica.

Acometida: es el enganche entre el abonado y la red de distribución. El abonado coloca una **caja general de protección**, con fusibles que impiden que circule una intensidad superior a la prevista.

Línea repartidora, entre la caja general de protección y las distintas zonas de contadores. Normalmente los **contadores están concentrados** en una zona accesible del edificio, en el local de contadores.

Antes de cada contador, que contabiliza la energía gastada por cada usuario, se coloca un **fusible de seguridad**, que protege cada **derivación individual**. La derivación individual va desde el contador hasta el **cuadro de mando y protección** de cada abonado particular, en el que se inicia la **instalación interior**.

Nos centraremos en este estudio en el cuadro de mando y en la instalación de interior.

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN SENCILLA

Como ya indicamos anteriormente los aparatos suelen conectarse en paralelo. Interesa conocer la **potencia instalada**, para de esta manera poder calcular la **corriente eléctrica** que circulará por los hilos de la instalación, y poder elegir la **sección de los cables** y los aparatos de maniobra, control y seguridad adecuados.

La sección de los hilos que conducen la corriente eléctrica tiene que ser adecuada a la intensidad de corriente que transportan. Hasta ahora hemos supuesto que la conducción eléctrica no tenía resistencia, pero realmente hay una resistencia y, por tanto, una caída de tensión que vale $R \cdot I$. Las resistencias, al circular por ellas una corriente, se calientan: eso es lo que pasa con los cables utilizados en la instalación eléctrica. **Disipan una potencia**, en forma de calor, igual a $R \cdot I^2$ (fíjate que es **proporcional al cuadrado de la intensidad**).

Por tanto, **cuanto mayor sea la intensidad de corriente el hilo debe tener menos resistencia**, para evitar que disipe un calor excesivo y se queme. Bajar la resistencia implica aumentar el grosor del mismo. El Reglamento





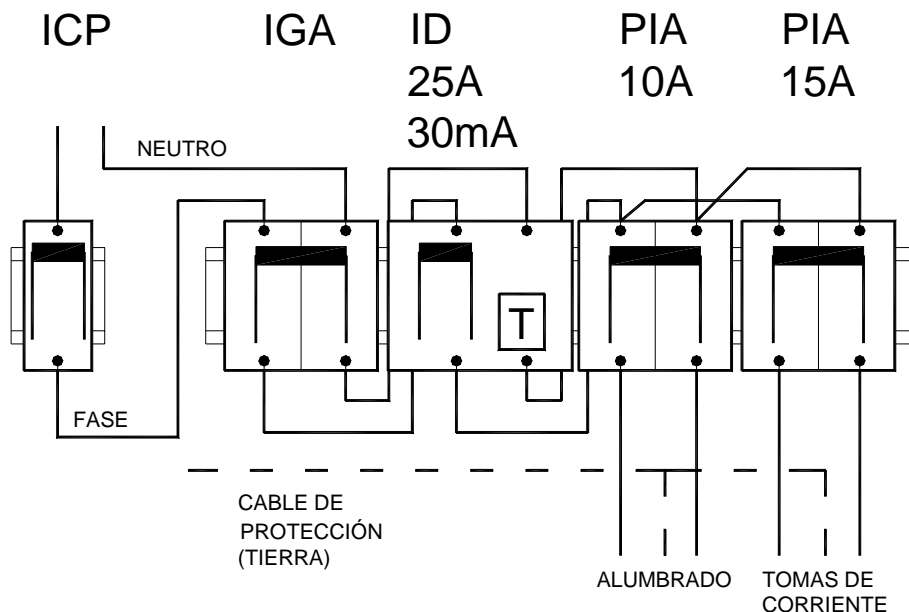
Electrotécnico de Baja Tensión exige que las caídas de tensión no sean superiores a unos valores determinados, que dependen del tipo de instalación.

Una vez elegidos los hilos conductores hay que evitar que circule una corriente superior a la de cálculo. De otro modo podríamos quemar la instalación. Para ello hay que colocar los aparatos de control y seguridad adecuados.

NIVEL DE ELECTRIFICACIÓN

En el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión se consideran cuatro niveles de electrificación, dependiendo de los aparatos instalados.

- **Nivel de electrificación mínimo.** Previsto para viviendas de menos de 80 m². La potencia máxima es de 3000 W. Consta de dos circuitos independientes:
 - Circuito de alumbrado
 - Circuito de otros usos.
- **Nivel de electrificación medio.** Previsto para viviendas de menos de 150 m². La potencia máxima es de 5000 W. Consta de cuatro circuitos independientes:
 - Circuito de alumbrado
 - Circuito de tomas de corriente
 - Circuito de máquinas de lavar, calentador de agua, etc.
 - Circuito de cocina eléctrica.



- **Nivel de electrificación elevado.** Previsto para viviendas de menos de 200 m². La potencia máxima es de 8000 W. Costa de seis circuitos independientes:
 - Dos circuitos de alumbrado
 - Dos circuitos de tomas de corriente
 - Circuito de máquinas de lavar, calentador de agua, etc.
 - Circuito de cocina eléctrica y horno.



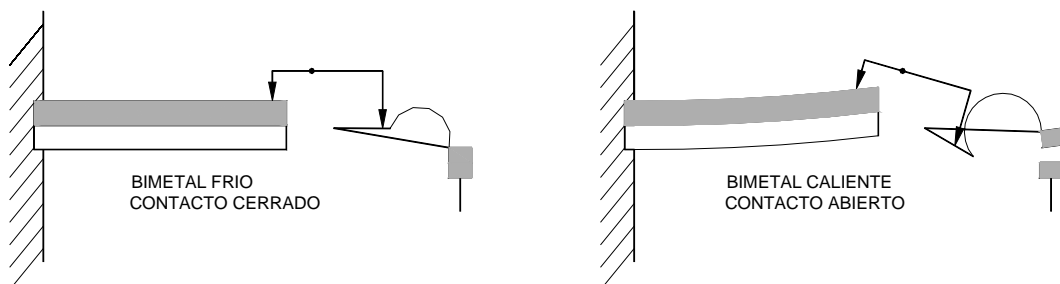
- **Grado de electrificación especial.** Se calcula en cada caso.

El cuadro de mando consta de un **Interruptor General Automático (IGA)**, de un **Interruptor Diferencial (ID)**, y de tantos **Pequeños Interruptores Automáticos (PIA)** como circuitos tenga la vivienda.

INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA (ICP)

En muchas instalaciones domésticas, delante del cuadro de mando, encontramos el **Interruptor de Control de Potencia**. Para evitar que consumamos en un momento determinado una potencia superior a la contratada la compañía eléctrica coloca el ICP. Cuando la potencia demandada es superior a la contratada el ICP corta la corriente.

El ICP deja pasar una corriente determinada. El funcionamiento suele ser de tipo **térmico**. Consta de dos láminas unidas de diferente coeficiente de dilatación. El paso de la corriente eléctrica calienta, por efecto Joule, la bilámina. Si no se sobrepasa la corriente máxima el calor generado se disipa sin problemas, por lo que la **bilámina** no se calienta lo suficiente como para deformarse y cortar el paso de corriente. Si la corriente es excesiva la bilámina se deforma con el calor, y se corta el paso de corriente.



En la figura la lámina clara tiene un coeficiente de dilatación superior al de la oscura, por lo que se alarga más al calentarse, doblándose el conjunto hacia arriba.

INTERRUPTOR GENERAL AUTOMÁTICO Y PEQUEÑOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.

El **Interruptor General Automático** se calcula de modo que pueda **cortar la máxima corriente de cortocircuito** que se pueda producir. Se produce un cortocircuito cuando se conectan dos hilos (fase-neutro o fase-fase) sin ninguna carga intermedia. Como la resistencia en la conexión es nula, la limitación de corriente sólo se debe a la resistencia de los hilos que llegan hasta donde se ha producido el cortocircuito, que es pequeña. La corriente presente es muy grande. Si no la cortamos inmediatamente los cables se quemarían.



El IGA tiene la misión de cortar esta corriente de corto. En el aparato aparecen escritas diversas características. Por ejemplo:

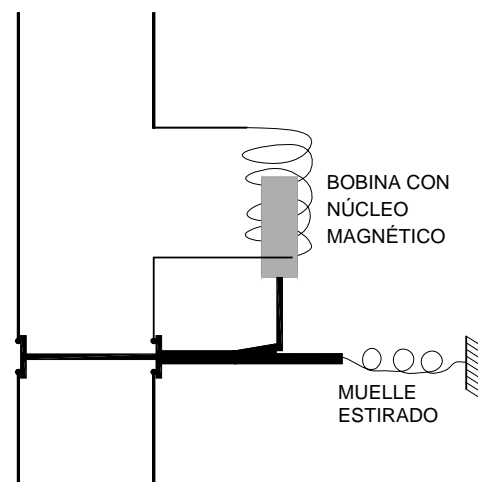
- Tensión nominal: 220 – 380 V
- Corriente nominal: 40 A
- Corriente máxima que es capaz de cortar: 6000 A

Tiene un funcionamiento doble: térmico y magnético:

El **funcionamiento térmico** es similar al del ICP. Si la corriente es superior a la nominal se calienta una bilamina, y cuando la temperatura es suficientemente grande se corta la corriente. Date cuenta que el funcionamiento es lento, tanto más rápido cuanto mayor sea la sobrecorriente presente.

El **funcionamiento magnético** es más rápido, pero sólo actúa si la corriente es muy superior a la nominal (como sucede ante un cortocircuito). Cuando la corriente en la bobina es suficientemente grande la fuerza con la que el núcleo magnético se introduce en la bobina es suficiente para soltar el resalte incluido en los contactos que mantiene cerrado el circuito. El muelle estira de los contactos, y el circuito se abre. El funcionamiento es muy rápido, y la alta corriente anormal se corta en un tiempo lo suficientemente rápido, impidiendo que se quemara la instalación.

Los **Pequeños Interruptores Automáticos (PIA)** funcionan igual que el IGA, pero **cada uno protege uno de los circuitos** de los que se compone la instalación. Si se produce algún fallo en un circuito particular los demás siguen funcionando normalmente, y sólo corta la corriente el PIA correspondiente a ese circuito. La corriente nominal de los PIA es menor que la del IGA.



INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Se coloca después del Interruptor general Automático, y antes de los PIA. Sirve para detectar **derivaciones de corriente a tierra**, y nos protege de electrocuciones por contactos directos o indirectos. La corriente circula por un circuito cerrado. El diferencial capta las derivaciones de corriente por caminos distintos al circuito eléctrico previsto, y corta la corriente si es superior a un valor determinado, normalmente 30 mA. Para que funcione correctamente es necesario que esté asociado con la instalación del **conductor de protección o tierra**.

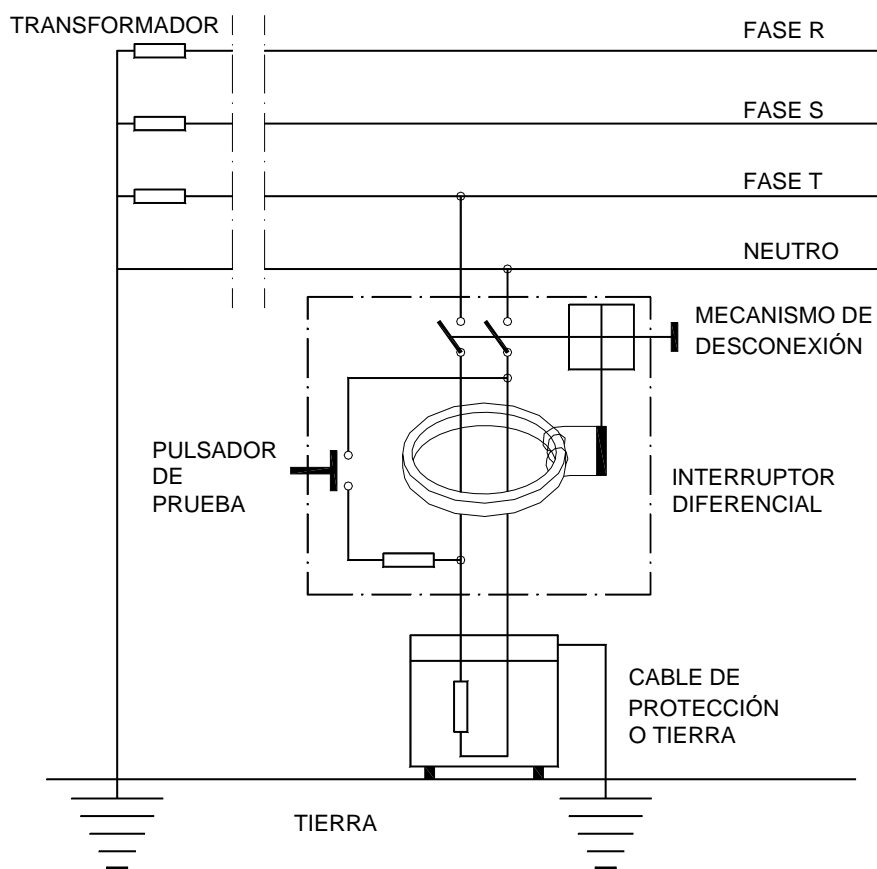
Las derivaciones de corriente pueden deberse a un defecto del aparato eléctrico: por ejemplo, si un conductor pierde el aislamiento, y toca la carcasa. También puede suceder que por equivocación toquemos un conductor activo.



Si la carcasa del aparato está conectada a tierra y un conductor entra en contacto con ella una parte de corriente se derivará por el cable de tierra, el diferencial lo captará y cortará la corriente. Si somos nosotros los que tocamos el conductor activo se derivará parte de la corriente por nuestro cuerpo a tierra, pero no más que la sensibilidad del diferencial, normalmente 30 mA. Así nos protege de electrocuciones.

El ID consta de un pulsador, marcado muchas veces con una T, que sirve para testar su correcto funcionamiento: provoca una derivación artificial que debe hacer saltar el contacto.

Es fundamental una buena conexión a tierra de todos los aparatos que puedan, por un defecto, ponerse en tensión: lámparas metálicas, lavadoras, cocinas eléctricas, termos, neveras... Para esto existe un **hilo, cuya cubierta es verde**



y amarilla, que está conectado a tierra, y que forma parte de la instalación eléctrica de la vivienda. La conexión a tierra se suele realizar por medio de picas de cobre y además se aprovecha la estructura metálica del edificio.

CIRCUITOS INTERIORES

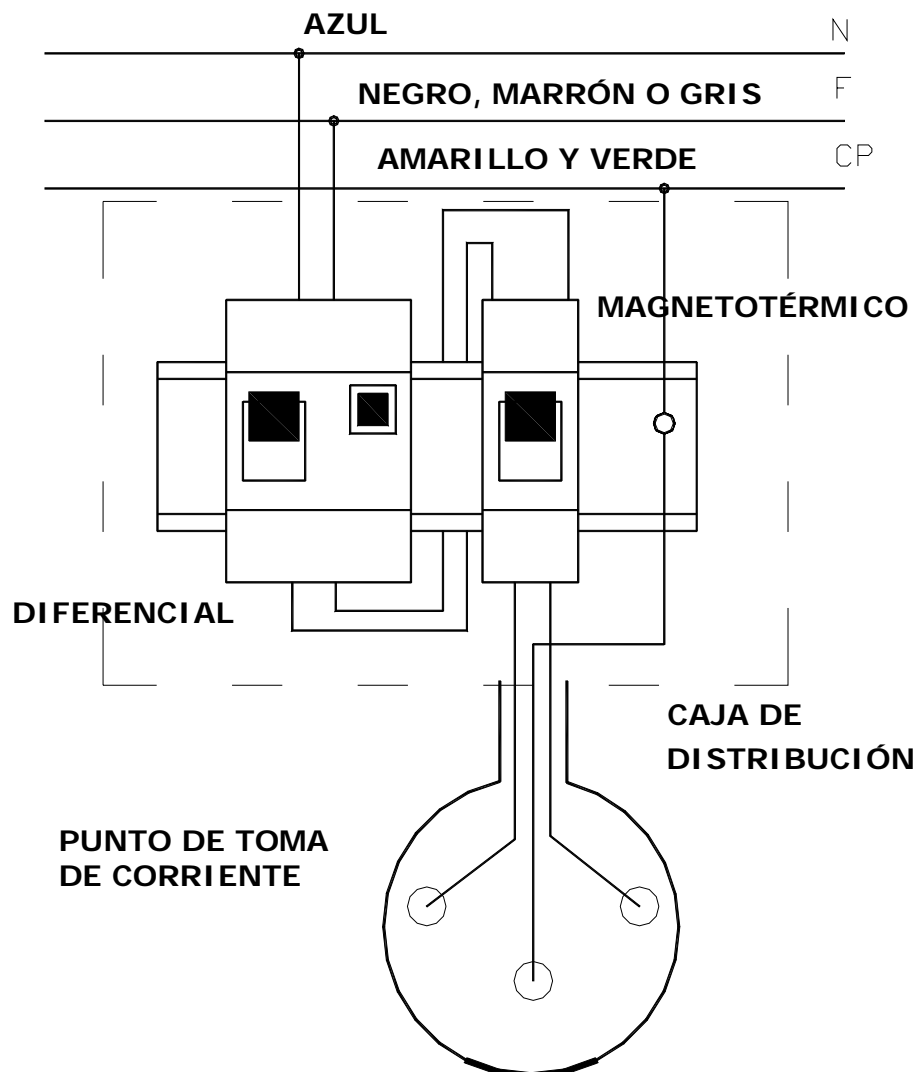
Desde el cuadro de mando y control parten los distintos circuitos interiores. Cada uno lleva los hilos de **fase** (color **negro**, marrón o gris), el **neutro** (**azul**) y el de **tierra** (**amarillo-verde**). Se canalizan por tubos, normalmente empotrados, hacia cajas de registro. Desde estas cajas parten los tubos a tomas de corriente, lámparas, interruptores, conmutadores, llaves de cruce...



Todas las uniones de cables se realizan en el interior de las cajas de registro, por medio de **clemas**. En el interior de los tubos no puede haber ningún empalme. En las páginas siguientes puedes encontrar diversos circuitos, algunos muy sencillos y otros de una complejidad mayor.

INSTALACIÓN DE TOMA DE CORRIENTE CON PROTECCIONES

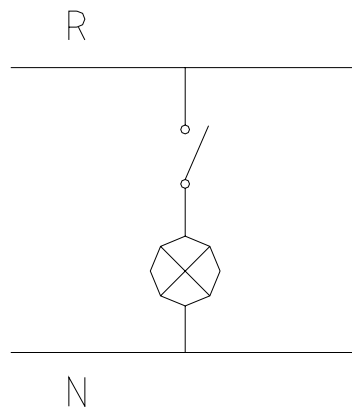
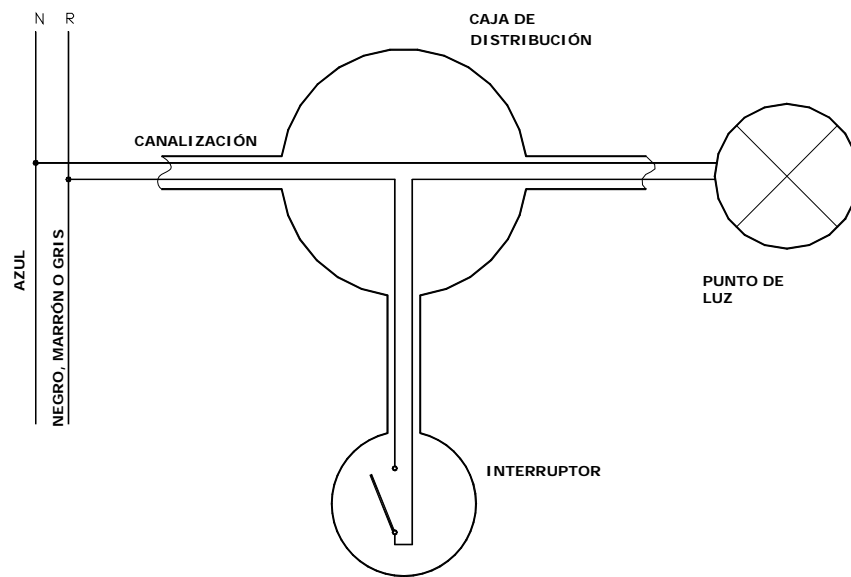
Debemos proteger los circuitos eléctricos y a las personas que manejan esos circuitos. En un circuito pueden producirse **sobrecargas** (una intensidad de corriente anormalmente alta, pero no excesiva), **cortocircuitos** (la intensidad de corriente crece bruscamente muy por encima de su valor nominal) o **derivaciones** (la corriente sigue un camino no previsto en la instalación). Los aparatos utilizados para detectar y dejar fuera de servicio una instalación en la que se produzcan estos fallos son los magnetotérmicos o interruptores automáticos y los diferenciales.





INSTALACIÓN DE UN PUNTO DE LUZ

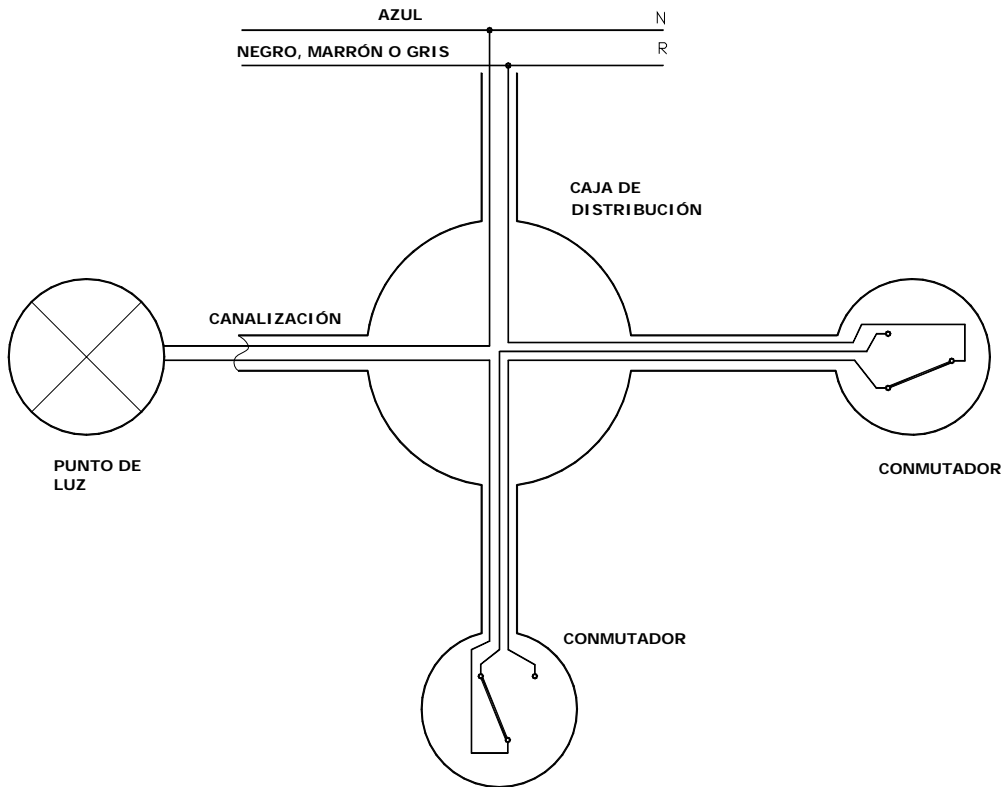
Por medio de este circuito conseguimos encender una bombilla por medio de un interruptor. El interruptor **corta el hilo de fase**. El neutro se lleva directamente a la bombilla. Hay que cuidar el empalme de los hilos: los tornillos de las clemas hay que apretarlos con firmeza, y el cable se debe pelar lo justo, de modo que no haya posibilidad de un contacto indeseado al moverlo o manipularlo. No se han dibujado los aparatos de protección, pero debemos instalarlos en nuestro montaje.



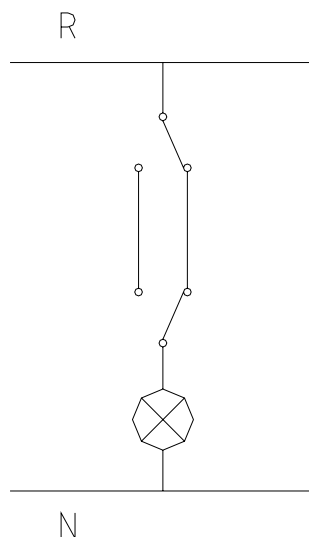


INSTALACIÓN DE UN PUNTO DE LUZ CONMUTADO

En este esquema se explica el método utilizado para encender un punto de luz desde dos puntos distintos utilizando conmutadores. El conmutador tiene tres bornes, uno común y dos conmutados. **No son equivalentes, y hay que**



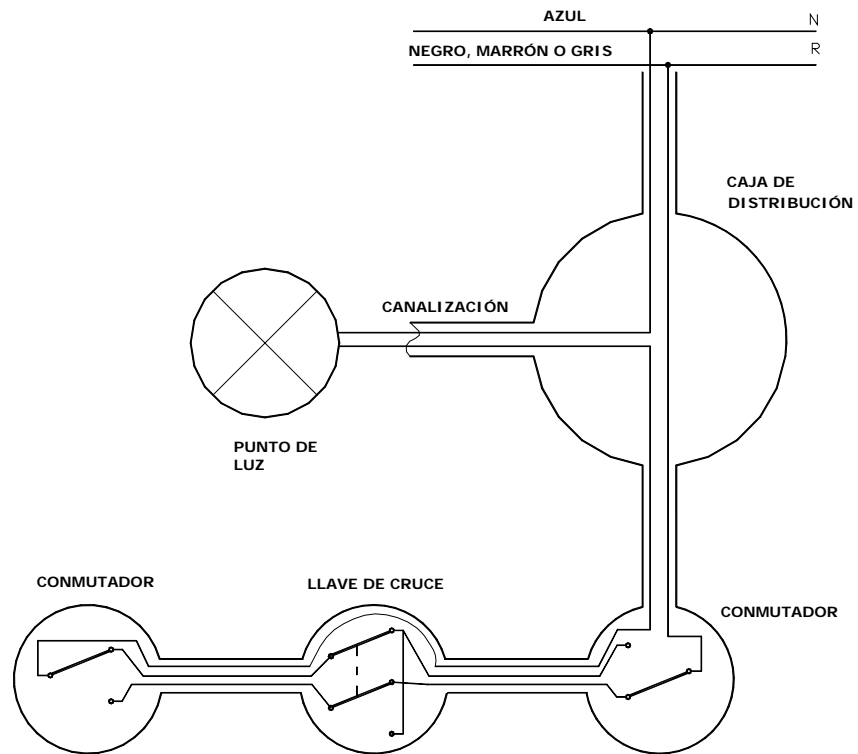
distinguir el común de los dos conmutados. Como en el anterior circuito el neutro se lleva directamente a la lámpara, y la fase al común de un conmutador. El común del otro conmutador va a la lámpara.



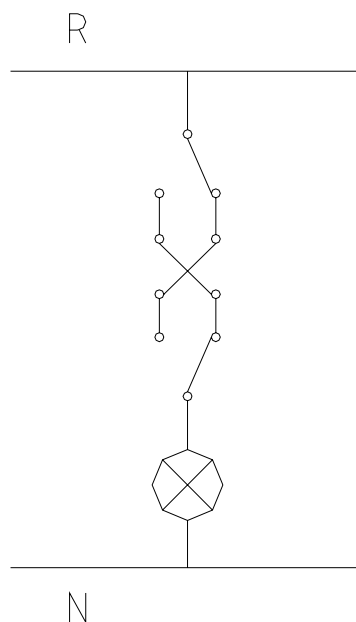


INSTALACIÓN DE UN PUNTO DE LUZ CON LLAVE DE CRUCE

Podemos encender un punto de luz desde un número de puntos mayor de dos haciendo uso de **llaves de cruce**. La fase la conectamos al común de un conmutador, y los bornes conmutados se llevan a la llave de cruce, desde donde parten los hilos que acaban en los bornes conmutados de un segundo conmutador.



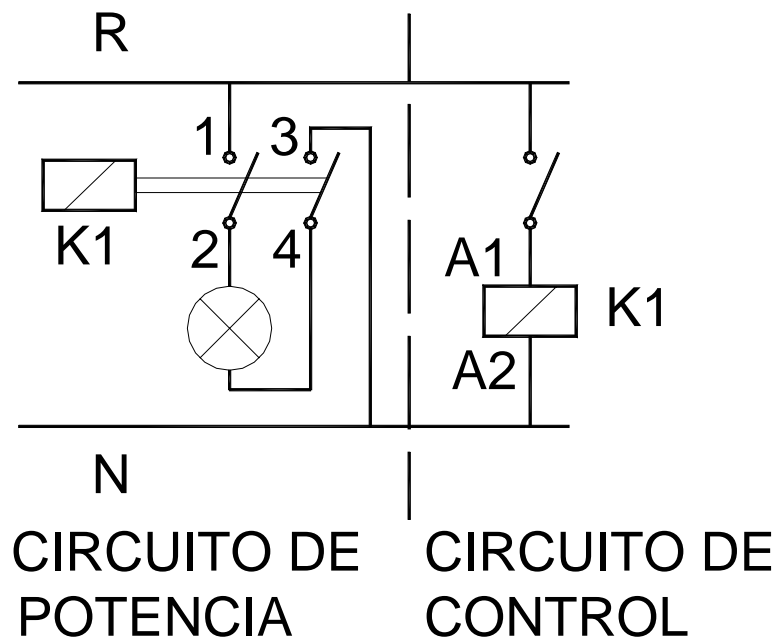
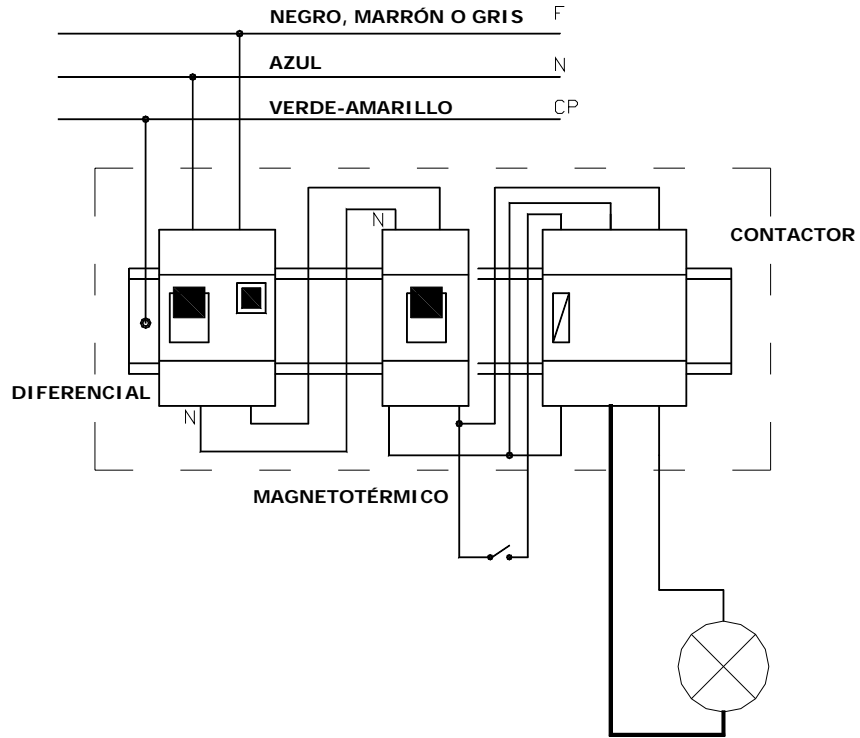
Pueden ponerse más llaves de cruce intermedias, y así poder encender la lámpara desde un número ilimitado de puntos.





USO DEL CONTACTOR COMO ELEMENTO DE CONTROL DE CIRCUITOS

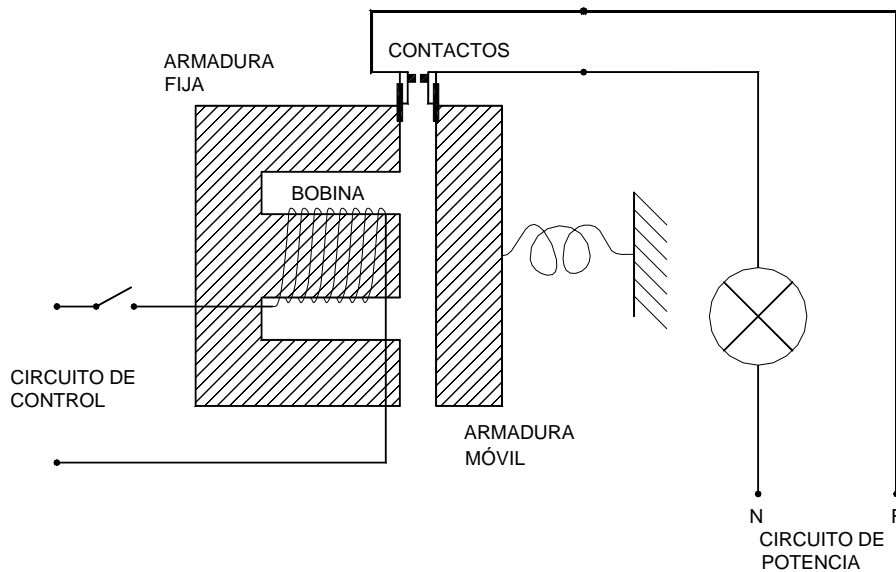
El siguiente montaje hace uso de un **contactor** para conectar un dispositivo eléctrico. El interruptor del circuito de control puede sustituirse por un reloj programado.





Al cerrar el interruptor se alimenta la bobina del contactor (K1), y este cierra el contacto asociado, con lo que se enciende la bombilla. Al abrir el interruptor se apaga la bombilla, ya que deja de alimentarse la bobina K1 y el contacto asociado a la bobina se abre, cortando la corriente.

El contactor es un interruptor de tipo electromagnético. Consta de un electroimán en forma de E sobre el que va arrollada una bobina de control. Al aplicar tensión a la bobina se produce una atracción sobre una armadura móvil que en su movimiento provoca el cierre de unos contactos y la puesta en



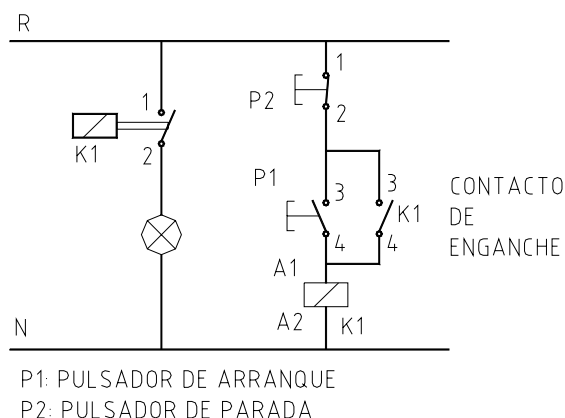
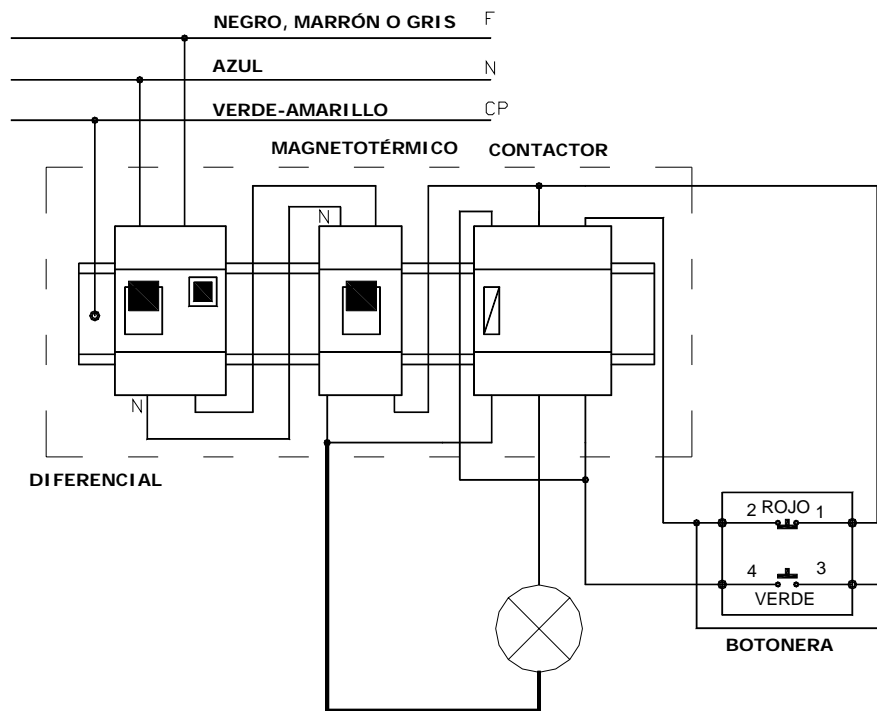
marcha de la maquinaria principal (en el esquema sólo se ha dibujado un contacto, pero suelen estar asociados más contactos, unos normalmente abiertos y otros cerrados).

El contactor permite controlar circuitos de potencia grande (**circuito controlado o de potencia**) por medio de un circuito de baja potencia (**circuito de mando o control**).



USO DEL CONTACTOR CON CONTACTO DE ENGANCHE

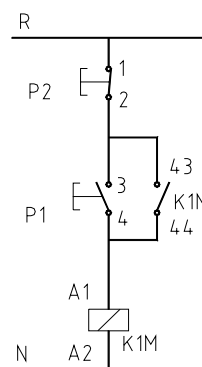
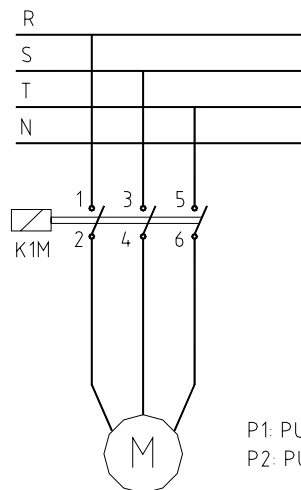
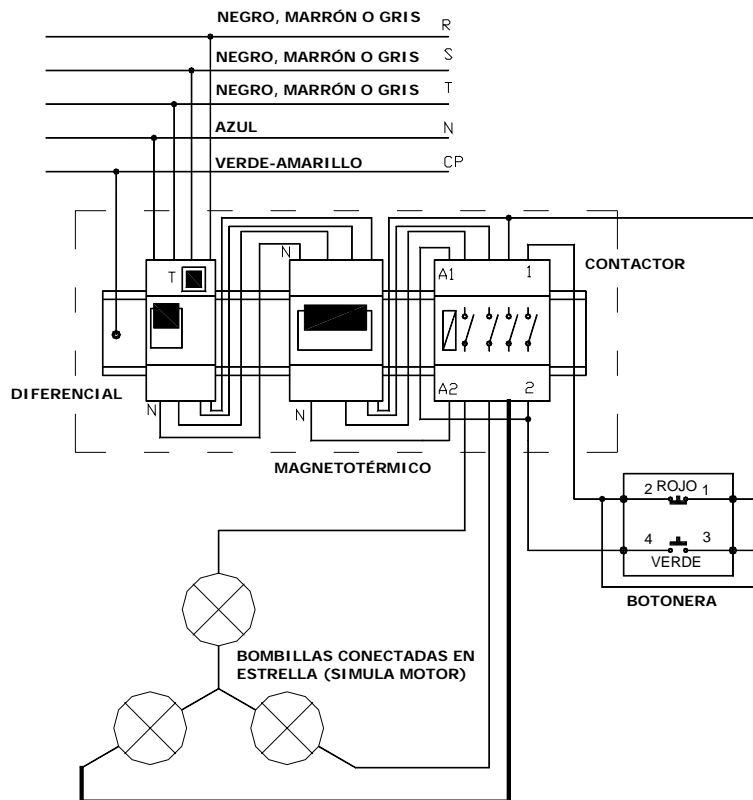
Muchas máquinas no deben arrancar solas cuando vuelve la corriente tras un fallo de la misma, sino que deben volver a funcionar cuando el operador pulse un botón de arranque. Así se evita una posible fuente de accidentes. Una manera de conseguir esto consiste en usar uno de los contactos del contactor como **contacto de enganche**. Este contacto puentea el pulsador de arranque (normalmente abierto), y hace que siga alimentada la bobina del contactor aunque dejemos de pulsarlo. Fíjate que está colocado en paralelo con este pulsador. Para parar la máquina hemos de cortar la corriente pulsando un pulsador de parada, colocado en serie con la bobina, y que estará normalmente cerrado. Date cuenta de que cuando se va la corriente la bobina deja de estar alimentada, y todos los contactos van a la posición de reposo: aunque vuelva la corriente la máquina no arrancará hasta que presionemos el pulsador de arranque.





ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO: CIRCUITO DE POTENCIA Y DE MANDO.

El contactor permite controlar circuitos de “grandes corrientes” actuando sobre el circuito de la bobina de “débil corriente”, lo que permite actuar y controlar a distancia un circuito principal mediante el circuito de mando. En este ejemplo se utiliza un **contacto auxiliar normalmente abierto del contactor para puentear el pulsador de marcha (P1), una vez que actúa el contactor**. Para parar hemos de quitar corriente del circuito de mando, pulsando el pulsador de parada (P2) (normalmente cerrado).

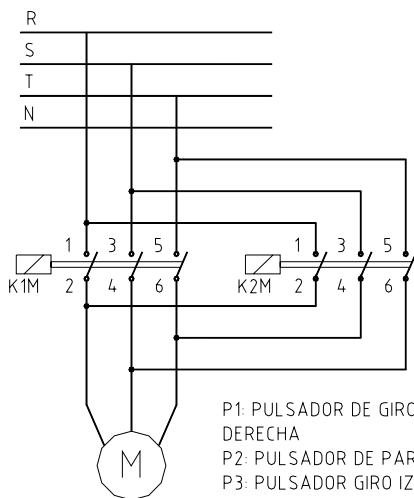
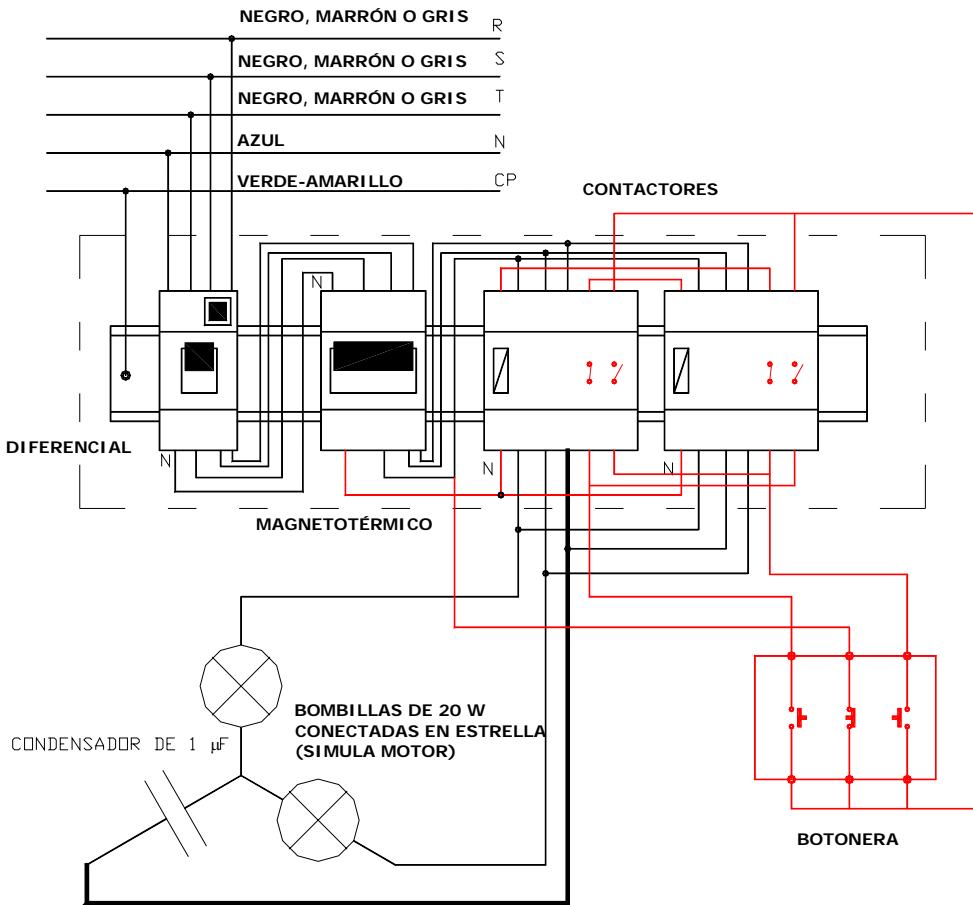


P1: PULSADOR DE ARRANQUE (VERDE)
P2: PULSADOR DE PARADA (ROJO)

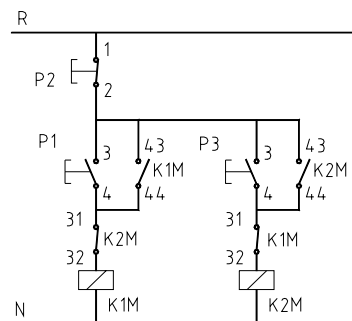


ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO CON INVERSIÓN DE GIRO.

Con el siguiente esquema se consigue cambiar el sentido de giro de un motor trifásico al invertir dos de las fases de alimentación. Las dos bombillas y el condensador simulan un motor: en un sentido de giro luce más una de las bombillas, y en el contrario la otra.



P1: PULSADOR DE GIRO DERECHA
P2: PULSADOR DE PARADA
P3: PULSADOR GIRO IZQUIERDA





El funcionamiento de este circuito es más complejo. Al pulsar P1 actúa el contactor K1M (cambiando la posición de todos los contactos asociados). El contacto K1M abierto se cierra (puenteando P1) y el K1M cerrado se abre (impidiendo que pase corriente a K2M: date cuenta de que si los dos contactores actúan a la vez se produce un cortocircuito entre las fases S y T). En esta situación está anulado el pulsador P3.

Para hacer girar al motor en la otra dirección antes hemos de parar el motor. Pulsando P2 quitamos corriente al circuito de mando, con lo que se abre el contacto K1M normalmente abierto y se cierra el contacto K1M normalmente cerrado. Si pulsamos ahora P3 el motor arranca girando sentido inverso al anterior: ahora se anula P1, por estar K2M normalmente cerrado abierto.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LOS MONTAJES

Antes de empezar a realizar los montajes hemos de analizar el funcionamiento de los circuitos propuestos. Los bornes de los aparatos eléctricos están marcados con números. En los aparatos hemos de localizar los bornes para así realizar las conexiones correctas.

Trabajar con aparatos en tensión es peligroso. Por eso siempre hemos de hacer el montaje **sin colocar el enchufe de red**. Este lo colocaremos al final, una vez que hayamos revisado el circuito y estemos seguros que el montaje es correcto. Si detectamos algún error o queremos realizar alguna modificación posterior hemos de desenchufar antes de tocar nada, y si la modificación es importante desbornaremos el enchufe de toma de corriente.

Los cables que usaremos son rígidos. Hemos de tener cuidado al pelar los extremos de no dañar el cobre y de pelar la distancia justa, ni más ni menos. No se debe ver cobre al mirar una conexión realizada en un borne atornillado, pero el tornillo o la mordaza de contacto debe pisar sobre el cobre, no sobre la parte aislada.



POTENCIA ELÉCTRICA

Conocemos que la potencia eléctrica es el producto de la tensión por la intensidad de corriente