

FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y COMANDO

Electrotecnia y Máquinas Eléctricas

15/08/2014

Objetivo

Considerar las características principales de los aparatos de comando y protección utilizados en las instalaciones eléctricas.

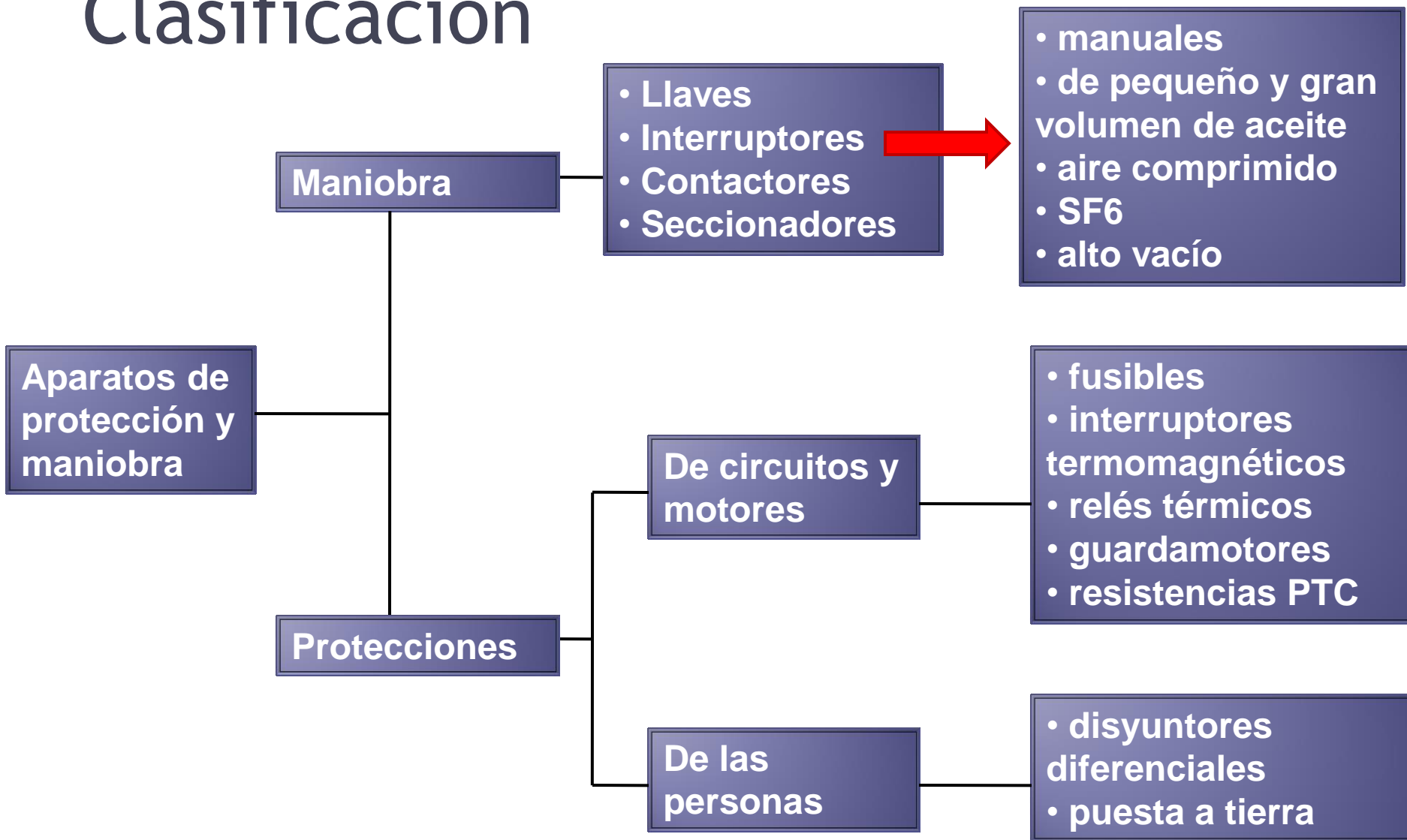
Descripción

- Dispositivos mecánicos destinados a cerrar o interrumpir (abrir) un circuito eléctrico por el que se establece una corriente eléctrica.
- Deben proporcionar condiciones garantizadas de funcionamiento y operación de las diferentes partes de una instalación eléctrica.
- Por Normas Nacionales (I.R.A.M.) e Internacionales (V.D.E., I.E.C.).

Características Generales

1. Todo aparato de comando y protección debe permitir:
 - que las secciones y superficies de las piezas en contacto sean suficientes para que la intensidad de corriente nominal, prevista en el circuito, no produzca excesivas elevaciones de temperatura (efecto Joule);
 - que el arco eléctrico de ruptura dure un tiempo muy corto (se extinga rápidamente, sin formación de arco permanente en dichas piezas).
2. N° de polos:
 - *unipolares*: actúan sobre un polo activo;
 - *multipolares* (bipolares, tripolares y tetrapolares): de accionamiento simultáneo en todas las fases del circuito.

Clasificación



Elementos de comando

Llaves eléctricas

- **Función:** comando de uno o más circuitos eléctricos.
- **Condiciones de funcionamiento:** normales (U e I nominales).
- **Accionamiento:** manual (energía proporcionada por el operador).
- **Protección:** si (protección contra contactos accidentales; ej carcasa de plástico).
- **Parámetros:**

- Tensión nominal [V]: tensión de diseño de la llave; debe ser mayor que la tensión de red y tal que:

$$U \leq 250V$$

- Intensidad nominal [A]: intensidad de corriente bajo tensión nominal, tal que:

$$I \leq 40A$$

- Resistencia de aislamiento, ensayos dieléctricos, aptitudes de interrupción (velocidad de cierre independiente del operador).

Llaves eléctricas

- **Variantes:** llave unipolar doble (Fig. 1), llave unipolar triple (Fig. 2), llave de dos posiciones (Fig. 3), llave de cambio simple (Fig. 4) y llave de cambio inversora (Fig. 5).-

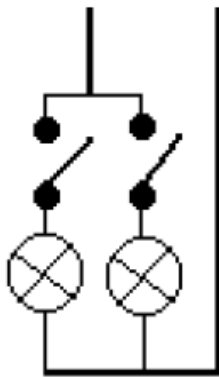


Fig. 1

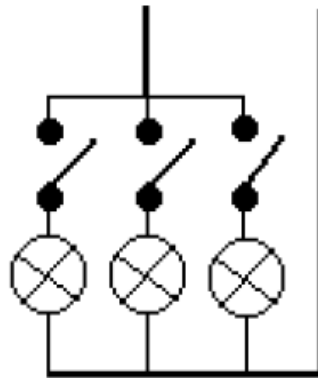


Figura 2

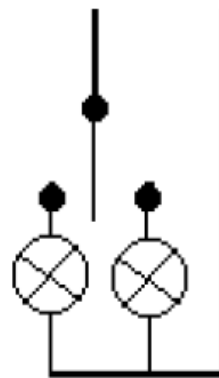


Fig. 3

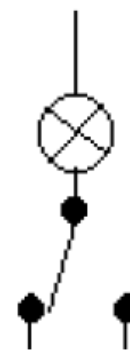


Fig. 4

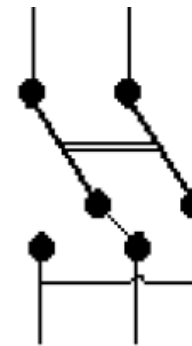


Fig. 5

Interruptores

- **Función:** establecer, soportar e interrumpir la corriente en un circuito eléctrico.
- **Condiciones de funcionamiento:** normales (corrientes de diseño) y anormales (sobreintensidad, cortocircuito, sobretensiones, bajas tensiones, descargas eléctricas a personas).
- **Accionamiento:**
 - Interruptores manuales;
 - Interruptores automáticos o disyuntores: fuente de energía no suministrada por el operador (energía eléctrica, neumática, potencial-resortes-, etc.). Además de ser un interruptor, es un protector de receptores.
- **Medio de apertura-cierre de contactos:** aire, aceite aislante, atmósfera gaseosa, SF₆, alto vacío.
- **Protección:** se suele proteger mediante fusibles.
- **Normas constructivas:** IRAM 2169, UNE 20317-88, UNE 60898 , IEC 898.

Interruptores

▪ *Parámetros:*

- Tensión de servicio U_e [V]
- Intensidad nominal I_n [A]: corriente que soporta el interruptor en forma continua a temperatura ambiente de 30°C .
- Capacidad de ruptura I_{cn} : Es el valor de corriente de apertura en estado de cortocircuito definida por el fabricante. Se debe verificar que:
$$I_{cn} < I_{cc}$$
- Número de polos.
- Poder de corte: se da en kA para una cierta tensión (Ej 80kA p/ 380V , $f_{dp}=0,7$)
- Tiempo de reacción

Interruptores

▪ **Tipos:**

•Según tensión nominal de trabajo:

• $U_n < 660V$: para intensidades nominales de 30, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 400, 600, 800 y 1000A. Ejemplo I.T.M. en aire.

• $U_n > 1kV$: tensiones nominales de 3,3; 6,6; 13,2; 33; 66; 132; 220kV, intensidades nominales de 400; 600; 800; 1250;...; 5000A.

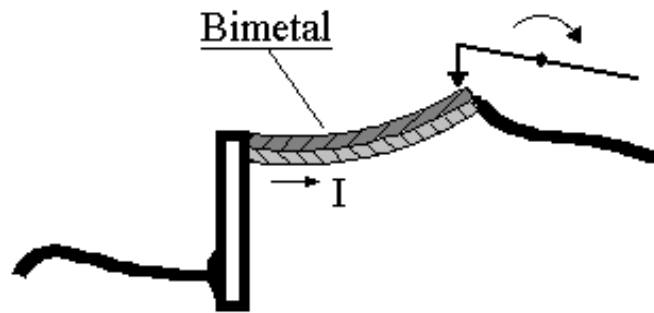
•Según la anomalía de la instalación ante la que reaccionan:

Anomalía	Interruptor
Sobreintensidades	Térmico
Cortocircuitos	Magnético
Sobretensiones o bajas tensiones	De máx o mín tensión
Descargas eléctricas a las personas	Diferencial

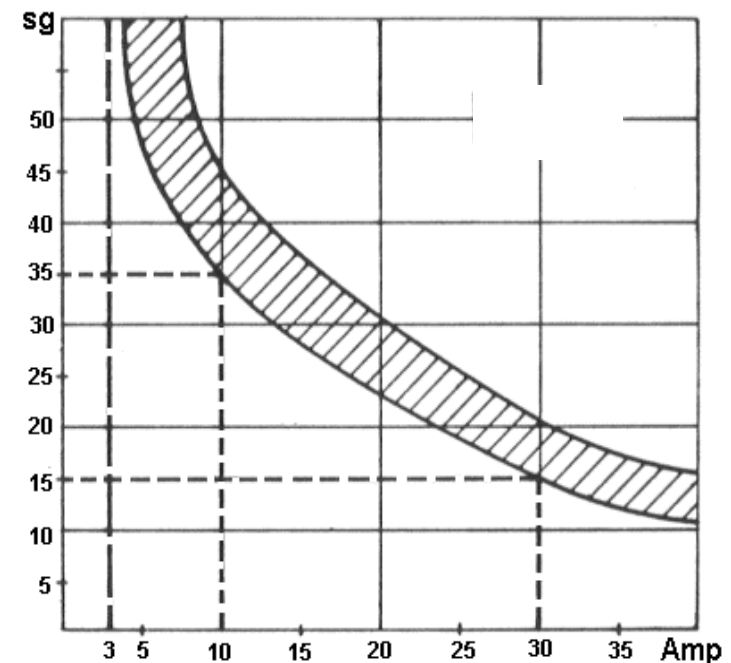
Interruptores

Interrupor o relé térmico:

- reaccionan ante sobreintensidades ligeramente superiores a la nominal.
- desconexión por deformación de chapa bimetálica:



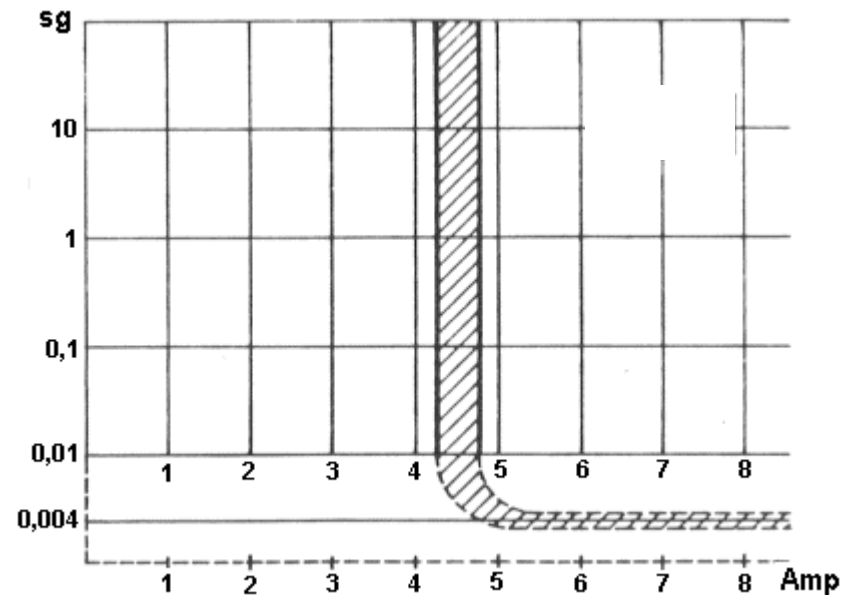
- Curva característica de disparo térmico:



Interruptores

Interruptor Magnético:

- reaccionan ante sobreintensidades de alto valor (cortocircuitos).
- desconexión por movimiento de un núcleo de hierro dentro de un campo magnético proporcional al valor de la intensidad que circula.
- Curva característica de disparo magnético:



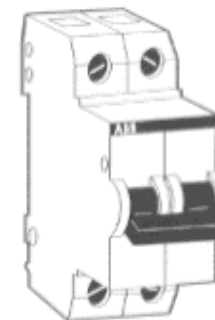
Interrupidores

Interrupor Termomagnético:

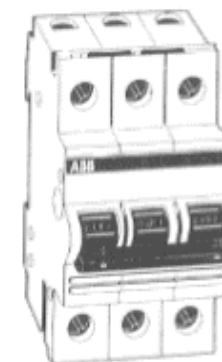
▪ **Combina desconexión manual (o a distancia), térmica y magnética. Cada uno puede actuar independientemente de los demás.**



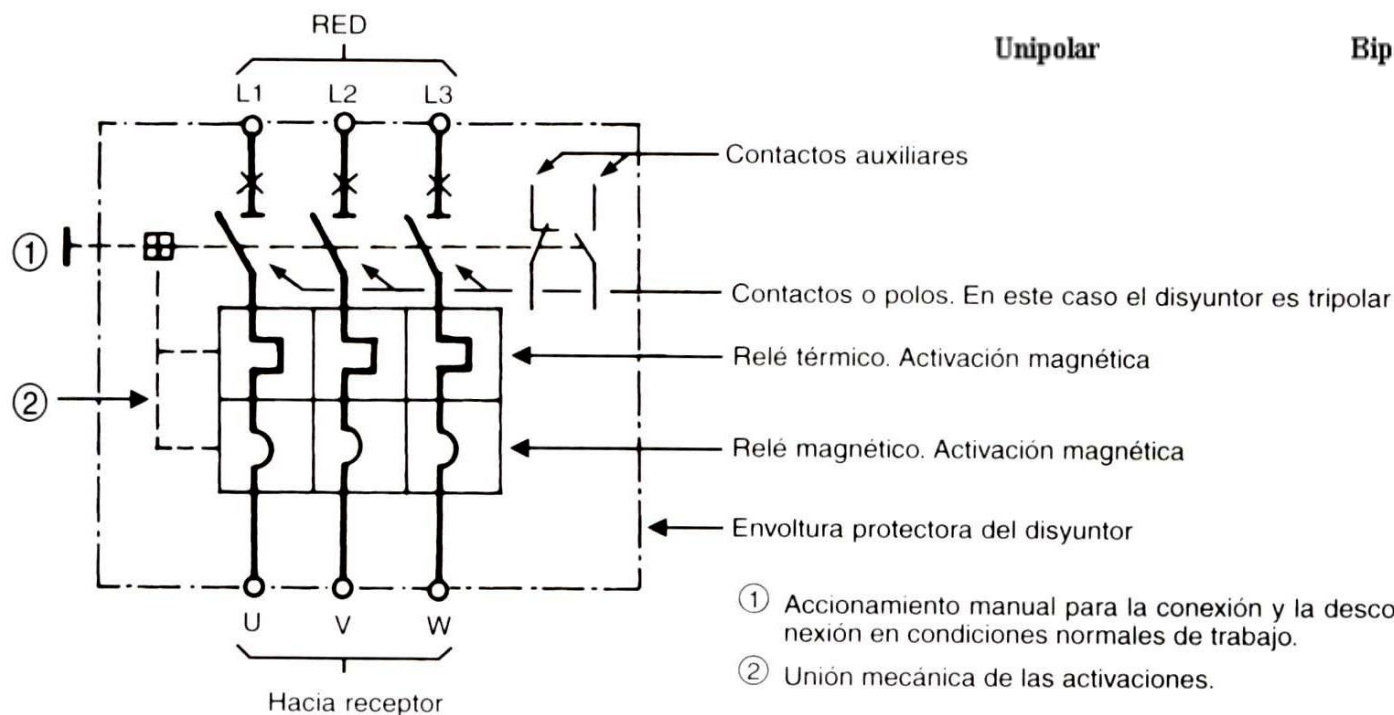
Unipolar



Bipolar



Tripolar



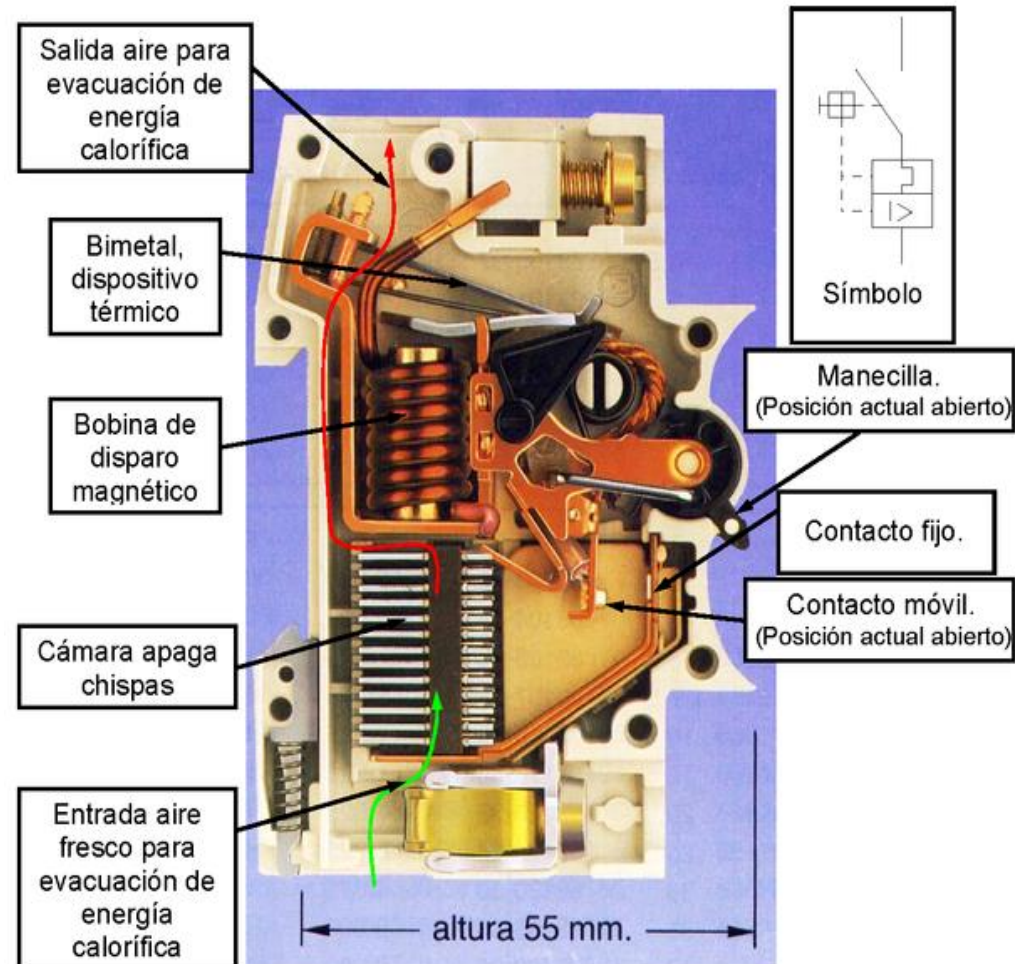
Interruptores

Interruptor Termomagnético:

▪ *Partes y funcionamiento:*

- contactos principales para la conexión y desconexión;
- bobina del disparador magnético (responde a cortocircuito)
- bimetal para disparo térmico (responde a sobrecarga);
- cámara apaga chispas: aloja los contactos principales, permite la extinción del arco eléctrico.

PARTES DE UN MAGNETOTERMICO

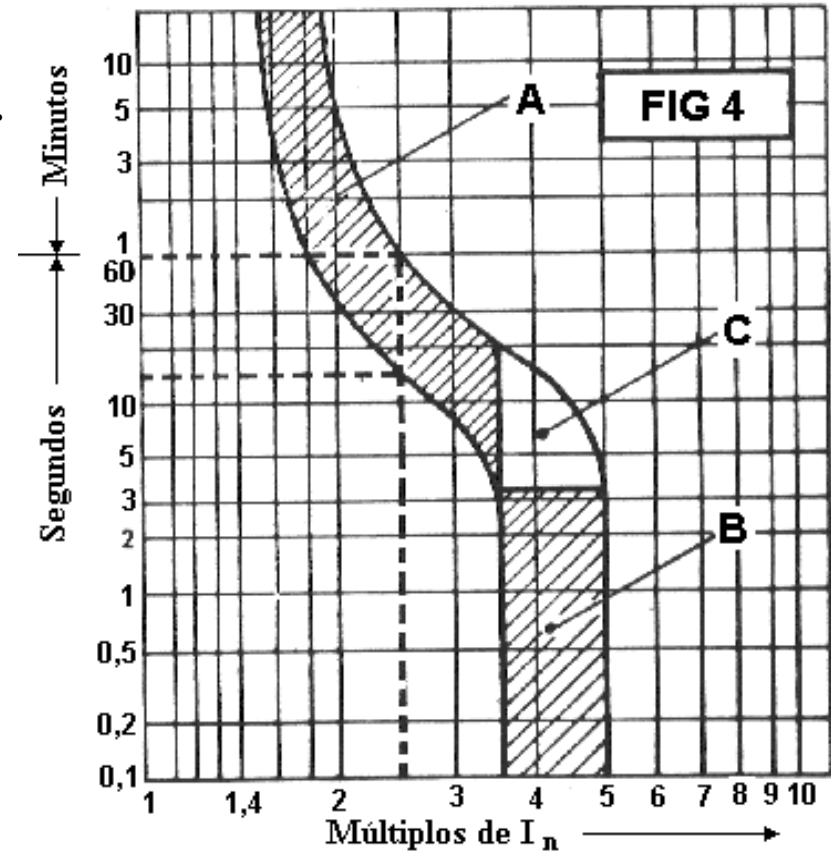


Interruptores

Interruptor Termomagnético:

▪ **Curva característica de disparo:** formada por la superposición de las características magnética y térmica. Determina el I.T.M. más adecuado para un circuito en particular.

- **Zona A:** desconexión térmica.
- **Zona B:** desconexión magnética.
- **Zona C:** disparo puede ser provocado por elemento térmico o magnético indistintamente.

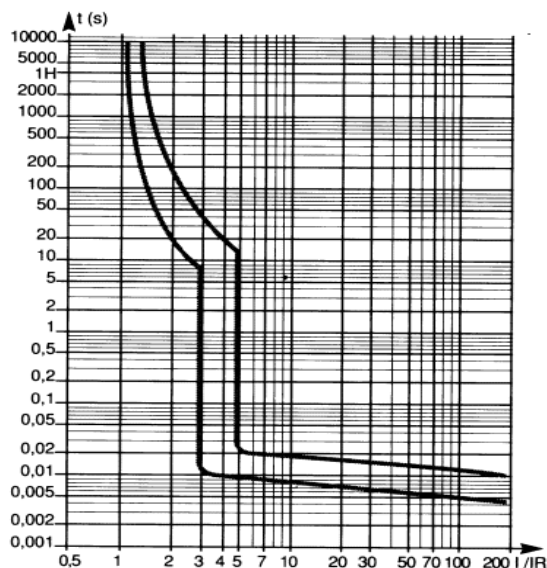


Interrupedores

Interrupedor Termomagnético

- Clasificación curvas de desconexión:

CURVA B

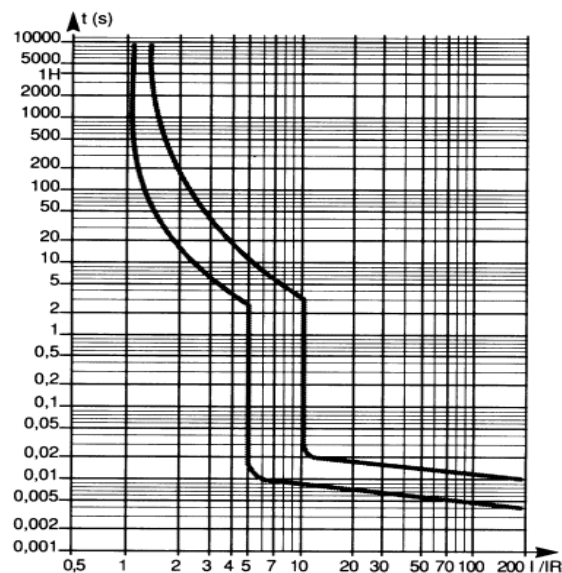


T: 1,1-1,4 I_n

M: 3-5 I_n

Grandes L, pequeñas S,
instalac de líneas y
generadores.

CURVA C

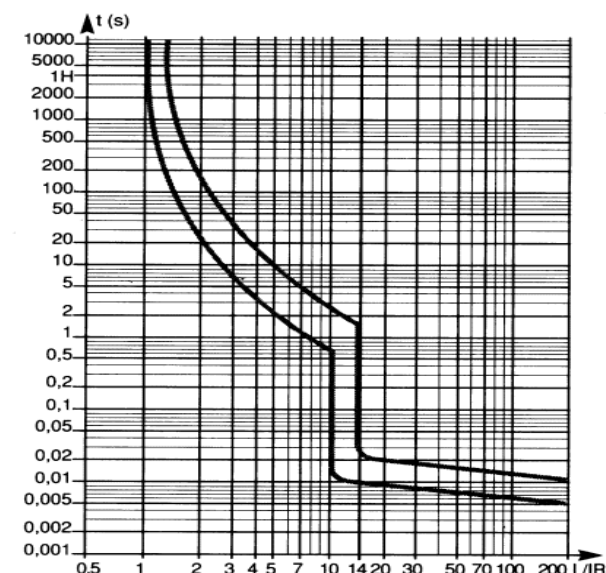


T: 1,13-1,45 I_n

M: 5-10 I_n

Instalac de líneas y
receptores. Cargas standard.

CURVA D



T: 1,13-1,45 I_n

M: 10-14 I_n

Instalac con receptores de
fuertes picos de arranque
(motores, trafos).

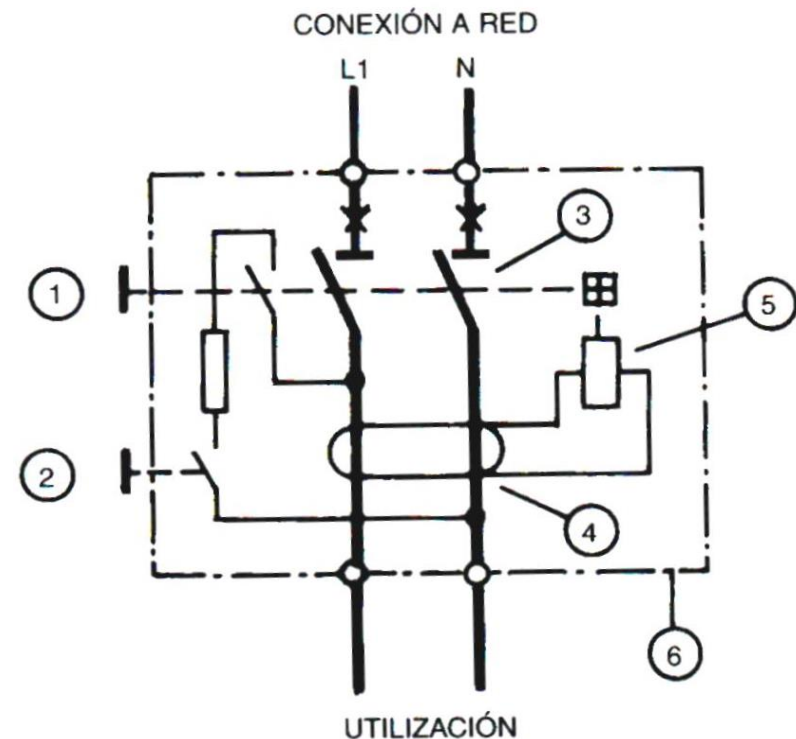
Interruptores

Interruptor Diferencial

▪ **Objetivo:** proteger a las personas y receptores de las derivaciones causadas por falta de aislamiento entre conductores activos y tierra o masa de los aparatos, que ocasiona una corriente residual que toma el camino anormal, generalmente la tierra, para retornar a la fuente.

▪ **Partes principales:**

1. Pulsador de accionamiento (marcha)
2. Pulsador de paro (ensayo)
3. Contactos principales
4. Transformador toroidal
5. Dispositivo accionador de disparo (desconexión)
6. Envoltura o carcasa protectora.

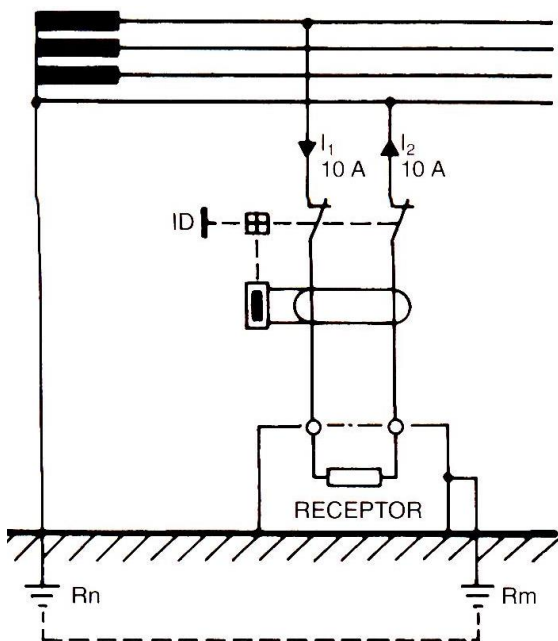


Interrupidores

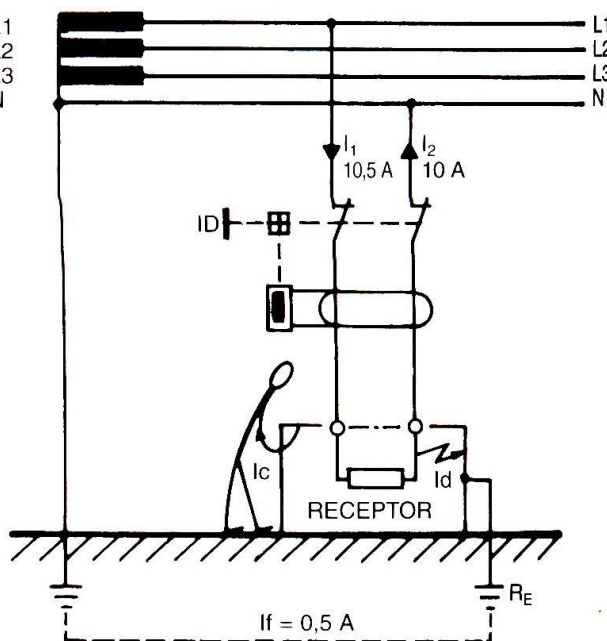
Interruptor Diferencial Monofásico

- Principio de funcionamiento:

1. Circuito en funcionamiento normal



2. Circuito en funcionamiento anormal



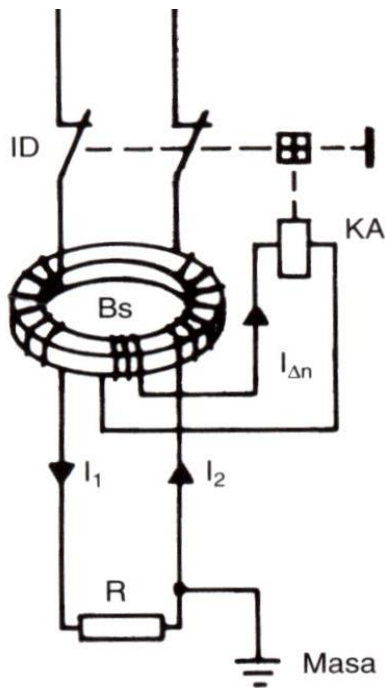
- I_1 : Intensidad de entrada al receptor.
- I_2 : Intensidad de salida del receptor.
- I_d : Intensidad de defecto $I_d = I_1 - I_2$
- I_c : Intensidad corporal en el caso de existir contacto con la masa de defecto .
- R_m : Toma de tierra de las masas

Si $I_1 > I_2 \rightarrow$ en el B del bobinado toroidal se produce un desequilibrio que produce un flujo diferencial, se induce una f.e.m. en la bobina que hace circular una corriente por un T.I. que alimenta la bobina de disparo y efectúa el disparo del mecanismo.

Interrupidores

Interruptor Diferencial Monofásico

- Principio de funcionamiento:



- Transformador de intensidad toroidal:

1°. Constituido por los propios conductores de potencia *bobinados en oposición*.

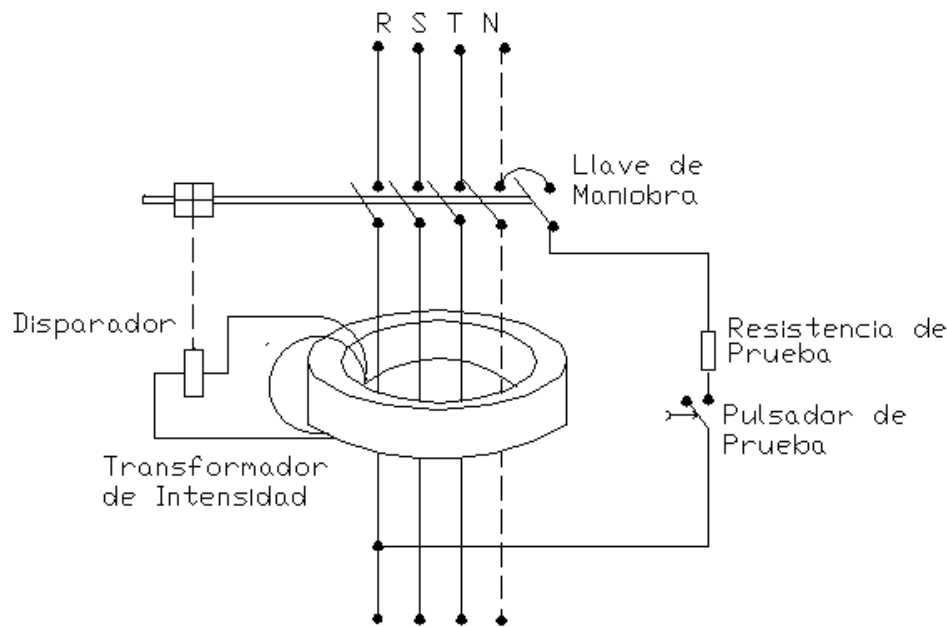
2°. Bobinado B_s , a cuyos bornes se conecta el relé KA . En él se induce una corriente $I_{\Delta n}$ proporcional a la corriente de defecto o residual I_d .

- Los I.D. actúan cuando existe una diferencia en los flujos magnéticos de los arrollamientos del primario.

Interruptores

Interruptor Diferencial Trifásico

- Principio de funcionamiento:



- Transformador de intensidad toroidal:

1°. Constituido por los propios conductores de potencia *bobinados en el mismo sentido*.

2°. Bobinado B_s , a cuyos bornes se conecta el disparador. En él se induce una corriente $I_{\Delta n}$ proporcional a la corriente de defecto o residual I_d .

Interruptores

Interruptor Diferencial

- ***Tipos:***

La *sensibilidad* de funcionamiento del aparato está dada por el valor mínimo de la **I_d** a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente la instalación a proteger, en un tiempo conveniente:

- **I.D. de alta sensibilidad, 10 y 30 mA:** de personas y animales, por contacto indirecto.
- **I.D. de media sensibilidad, 300 y 500mA:** de instalaciones, causa de deterioro de material e incendios.
- **I.D. antiparasitarios:** de receptores con circuitos electrónicos.
- **I.D. selectivos.**

Interruptores

Interruptor Diferencial

- *Máxima Resistencia a Tierra (R_E)*

$$R_E = \frac{U}{I_{dn}} \quad [\Omega]$$

R_E : Resistencia máxima a tierra.

U : Tensión de contacto máxima admisible.

I_{dn} : Intensidad nominal de defecto de los interruptores diferenciales (sensibilidad).

Tensión de contacto máximo admisible U_B [V]	Intensidad nominal de defecto [A]		
	0,01	0,03	0,3
	Resistencia máxima de tierra R_E		
	Σ	Σ	Σ
24	2400	800	80
50	5000	1660	166
	Intensidad de defecto . Muy alta sensibilidad Sin retardo	Intensidad de defecto Sensibilidad media. Retardo 50 ms.	Intensidad de defecto Sensibilidad baja. Retardo 400 ms.

Interruptores

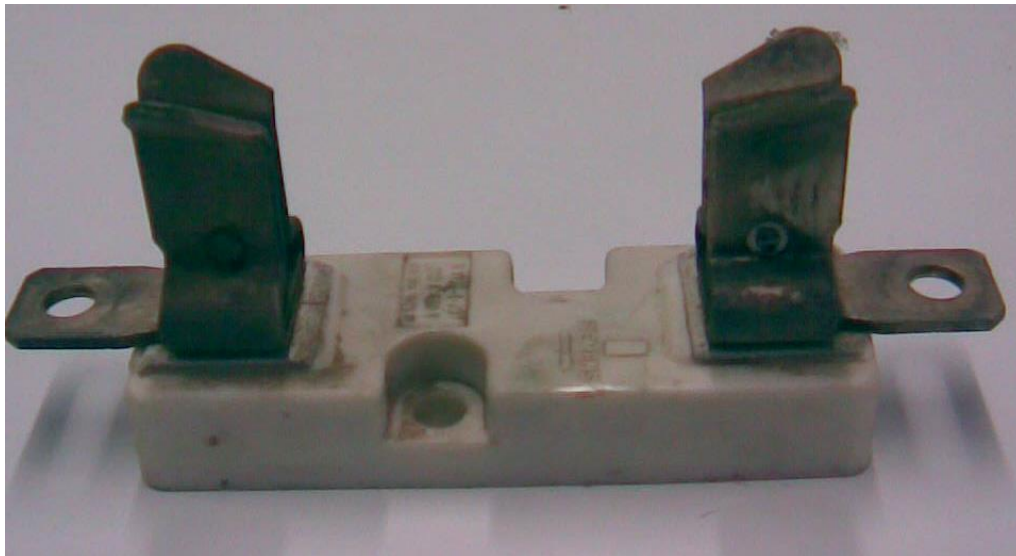
Interruptor Diferencial

▪ *Empleo de I.D.*

- El interruptor diferencial reacciona ante cualquier intensidad de derivación a tierra siempre que alcance el valor nominal de la corriente de defecto del aparato → no sólo protege contra tensiones de defecto, sino que también contra intensidades a tierra con peligro de incendio.
- En el sistema de protección diferencial deben ser conectados a tierra todos los aparatos que se quieren proteger contra las puestas accidentales a masa.
- Parámetros característicos de los ID: intensidad de corriente, número de polos, y sensibilidad, por ejemplo: *Interruptor diferencial 16A-IV-30mA*.

Seccionadores

- **Función:** Abrir o cerrar circuitos sin tensión.
- **Ventaja:** Permite determinar visualmente si un circuito está abierto o no.
- Se los observa en líneas de media y alta tensión.



Contactores

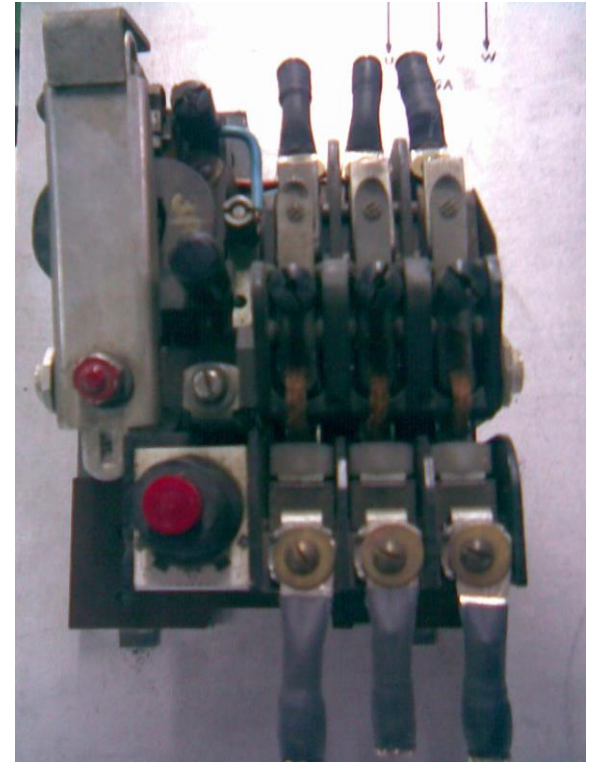
- **Función:** de conmutación (todo o nada), establece o interrumpe la alimentación de una instalación o un receptor (ej: motor trifásico). Permite tareas de automatización y protección.
- **Condiciones de funcionamiento:** normales (corrientes de diseño) y anormales (sobreintensidades, admite corrientes de arranque 6 a 8 veces la intensidad nominal)
- **Accionamiento:** exclusivamente automático (energía magneto eléctrica, neumática, potencial-resortes-, etc.); posibilidad de maniobra a distancia.
- **Medio de apertura-cierre de contactos principales:** aire, aceite aislante.
- **Protección:** se suele proteger mediante relés térmicos.



Contactores

▪ *Parámetros*

- Tensión y corriente de accionamiento: sobre la bobina de accionamiento del circuito de mando; tanto de CC como CA; las más comunes: 24, 48, 220 y 380V.
- Número de polos;
- Intensidad nominal del contactor, definida por el fabricante para carga resistiva pura; amplia gama.
- Potencia del contactor: depende del tipo de carga.
- Clase (según el n° de operaciones por hora): *clase 1*, hasta 120 ciclos de operación por hora; *clase 0,1* hasta 12 ciclos de operación por hora.



Contactores

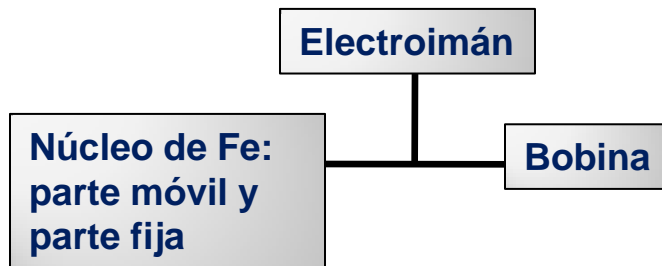
▪ *Tipos-Clasificación*

- Por su construcción: electromagnéticos, electromecánicos, neumáticos, hidráulicos, estáticos.
- Por el tipo de corriente que alimenta a la bobina: contactores para CA y para CC.
- Por la categoría de servicio:
 - **AC1** ($\cos \varphi \geq 0,9$): cargas puramente resistivas para calefacción eléctrica.
 - **AC2** ($\cos \varphi = 0,6$): motores síncronos (de anillos rozantes) para mezcladoras, centrífugas.
 - **AC3** ($\cos \varphi = 0,3$): motores asíncronos (rotor jaula de ardilla) en servicio continuo para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores.
 - **AC4** ($\cos \varphi = 0,3$): motores asíncronos (rotor jaula de ardilla) en servicio intermitente para grúas, ascensores.
- Servicio intermitente o continuo.

Contactores

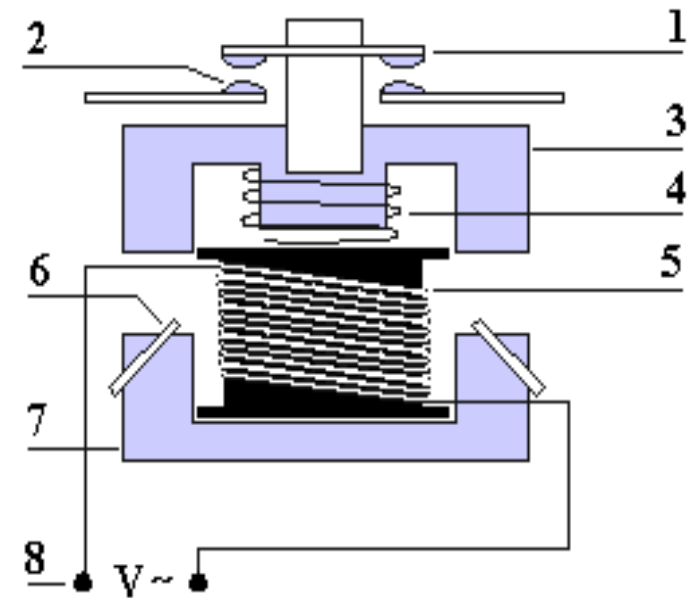
■ *Partes*

- *Circuito de mando*: destinado a la alimentación del electroimán de accionamiento.



- *Circuito principal*: contactos de aleación de Ag que cierran o abren el circuito principal, dando paso a la corriente desde la red a la carga. Montados en el portacontactos (solidario al Fe móvil).

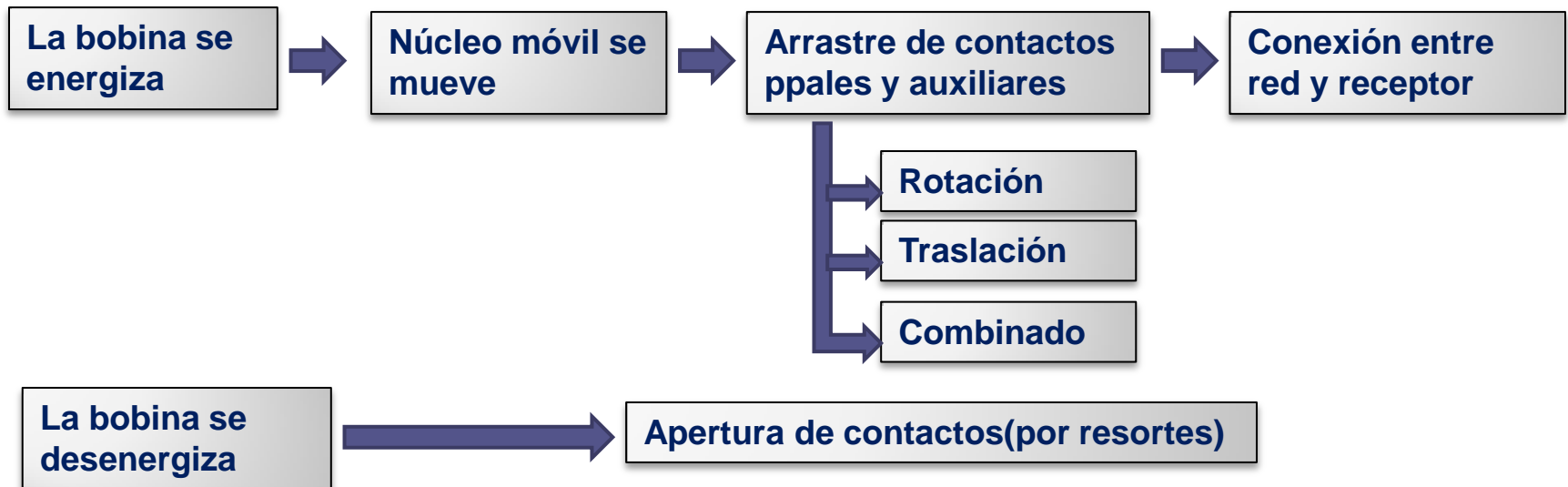
- *Contactos auxiliares*: habilitan corriente a la bobina. Conectados a pulsadores de marcha y parada, elementos de señalización, alarmas. Tipos: NA, NC



- 1- Contactos móviles. 2 - Contactos fijos.
 3- Hierro móvil. 4 - Muelle antagonista. 5 - Bobina.
 6- Espira de sombra (en corriente alterna).
 7- Hierro fijo. 8 - Alimentación bobina.

Contactores

▪ *Funcionamiento*

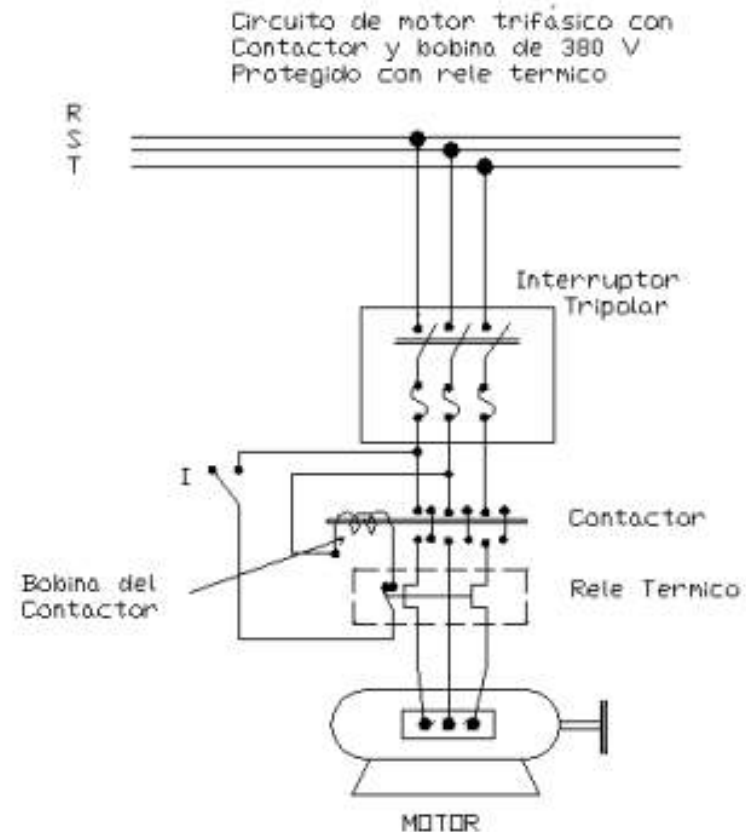
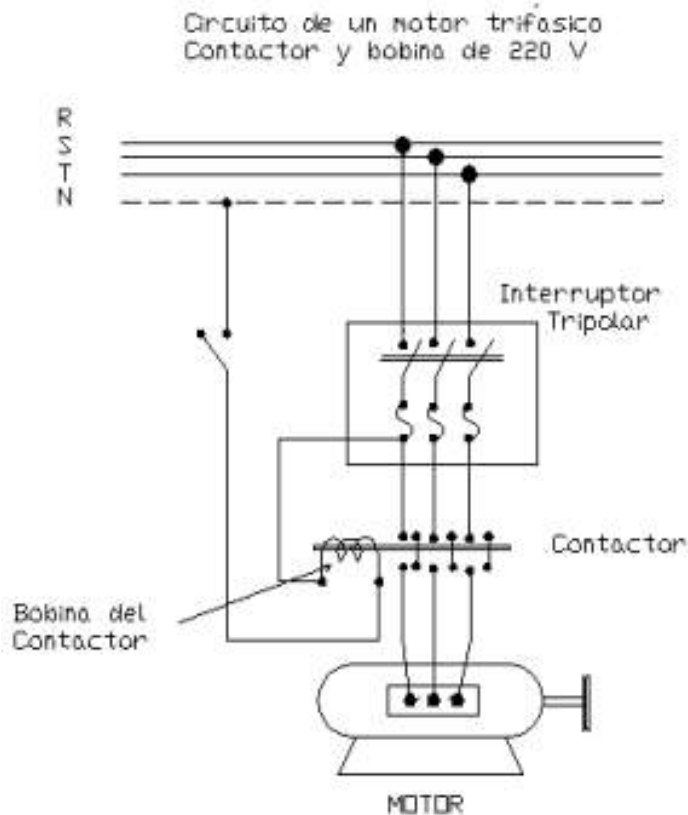


- ***Ventajas:*** aparato ágil, larga vida útil, robusto y fiable, numerosas maniobras de automatización, protege ante caídas de tensión importantes.

Contadores

APLICACIONES

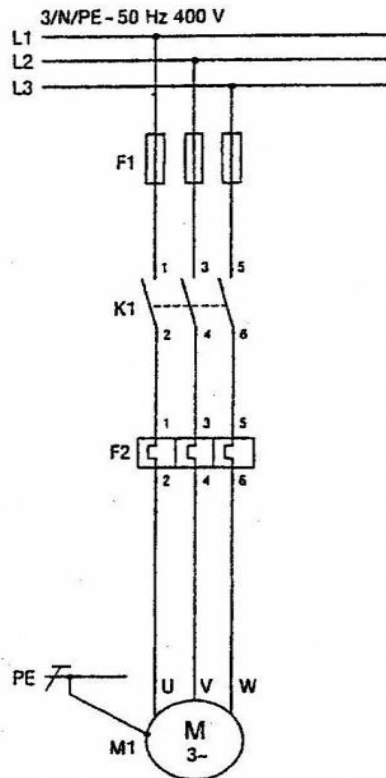
Comando de motor trifásico



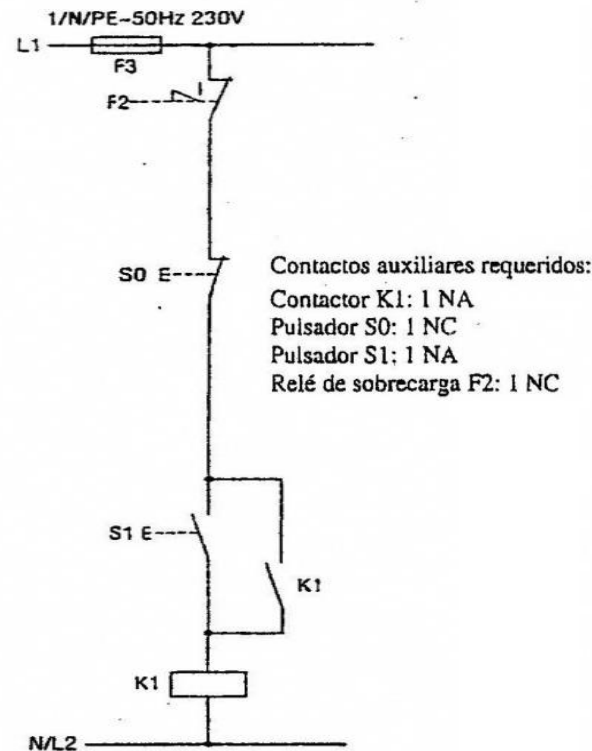
Contactores

APLICACIONES

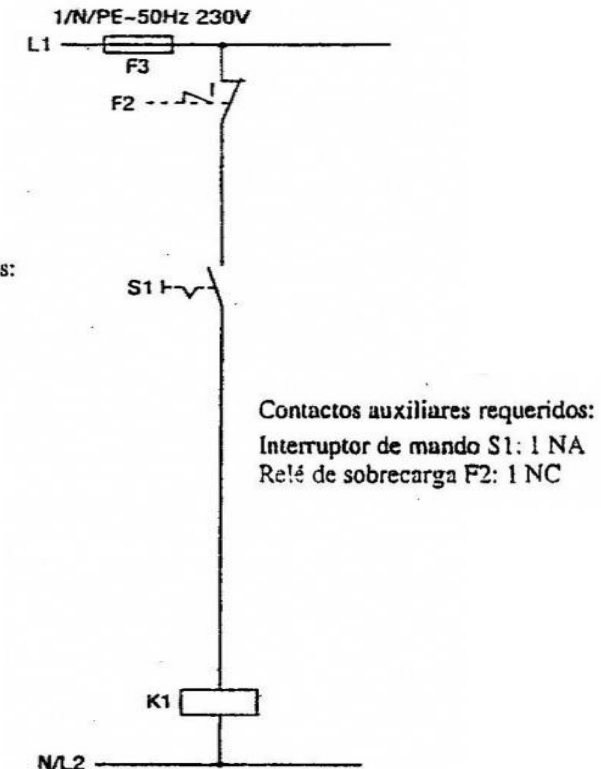
Arranque directo del motor trifásico



a) Circuito principal



b) Circuito auxiliar para operación por pulsador

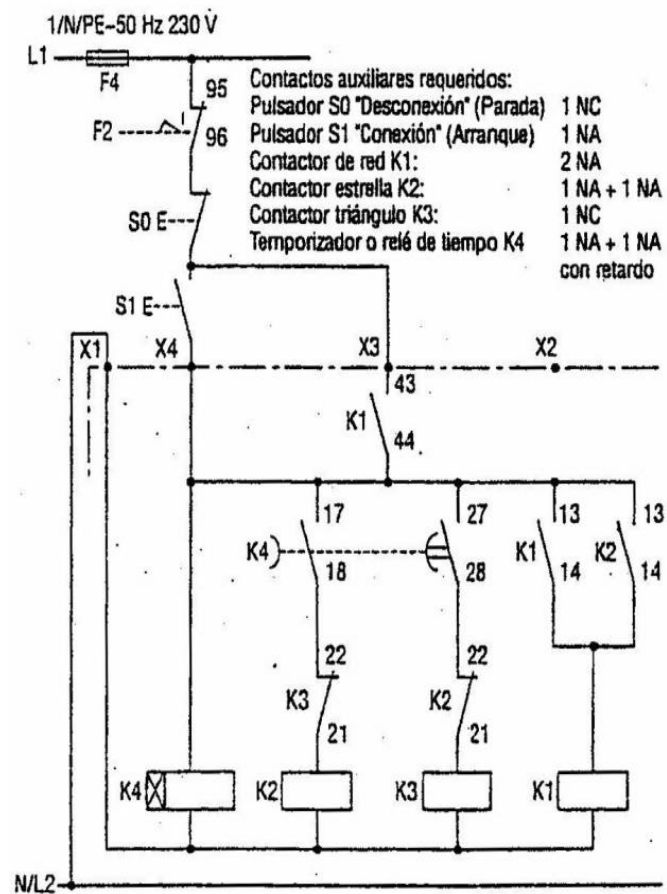
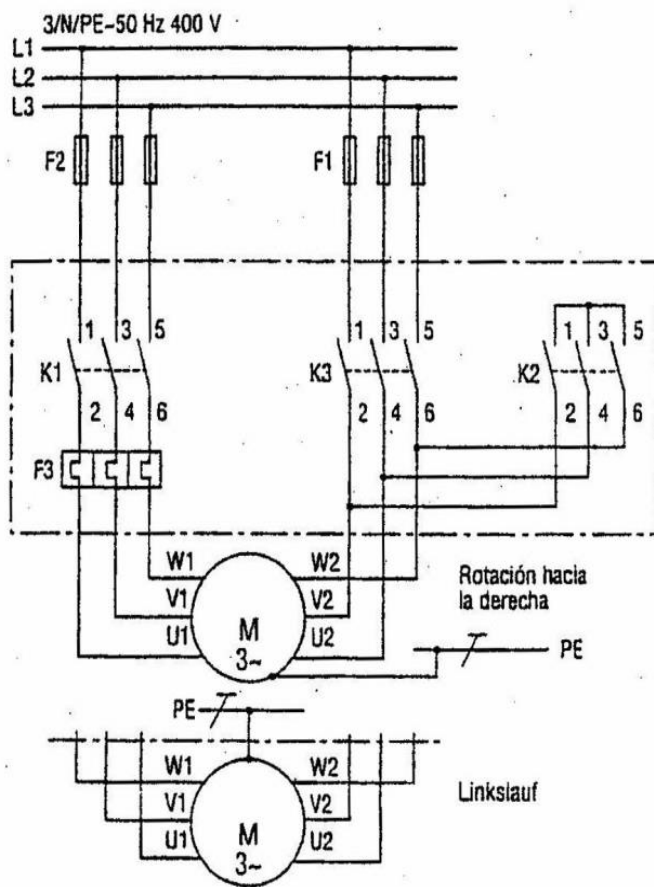


c) Circuito auxiliar para operación por medio de interruptor de mando

Contactores

APLICACIONES

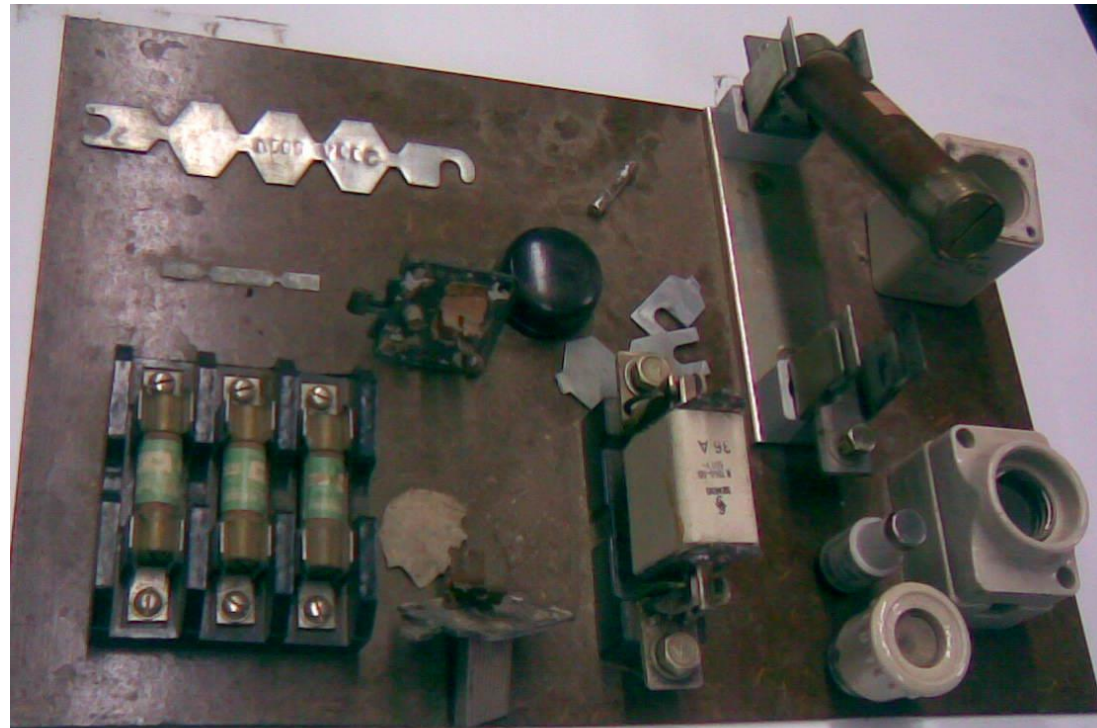
Arranque estrella-triángulo. LÓGICA



Elementos de protección

Fusibles

- **Función:** proteger circuitos eléctricos; se basan en la fusión por efecto de Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.
- **Condiciones de funcionamiento:** normales (corrientes de diseño) y anormales; se destruyen frente a sobrecargas (respuesta lenta) y cortocircuitos (respuesta rápida).
- **Accionamiento:** automático.
- **Sección:** circular (corriente pequeña) o laminada (corrientes grandes).
- **Material:** metal o aleación de bajo punto de fusión, a base de estaño, plomo, zinc, etc.



Fusibles

▪ *Parámetros:*

- Intensidad nominal : de diseño, funcionamiento normal.
- Poder de corte: intensidad máxima de cortocircuito que puede interrumpir.

▪ *Tipos*

- **gl** (fusible de empleo general): protección de líneas. Respuesta lenta en sobrecargas y rápida en cortocircuitos.
- **aM** (fusible de acompañamiento de motor): protección de motores, respuesta extremadamente lenta ante sobrecargas, y rápida frente a cortocircuitos.

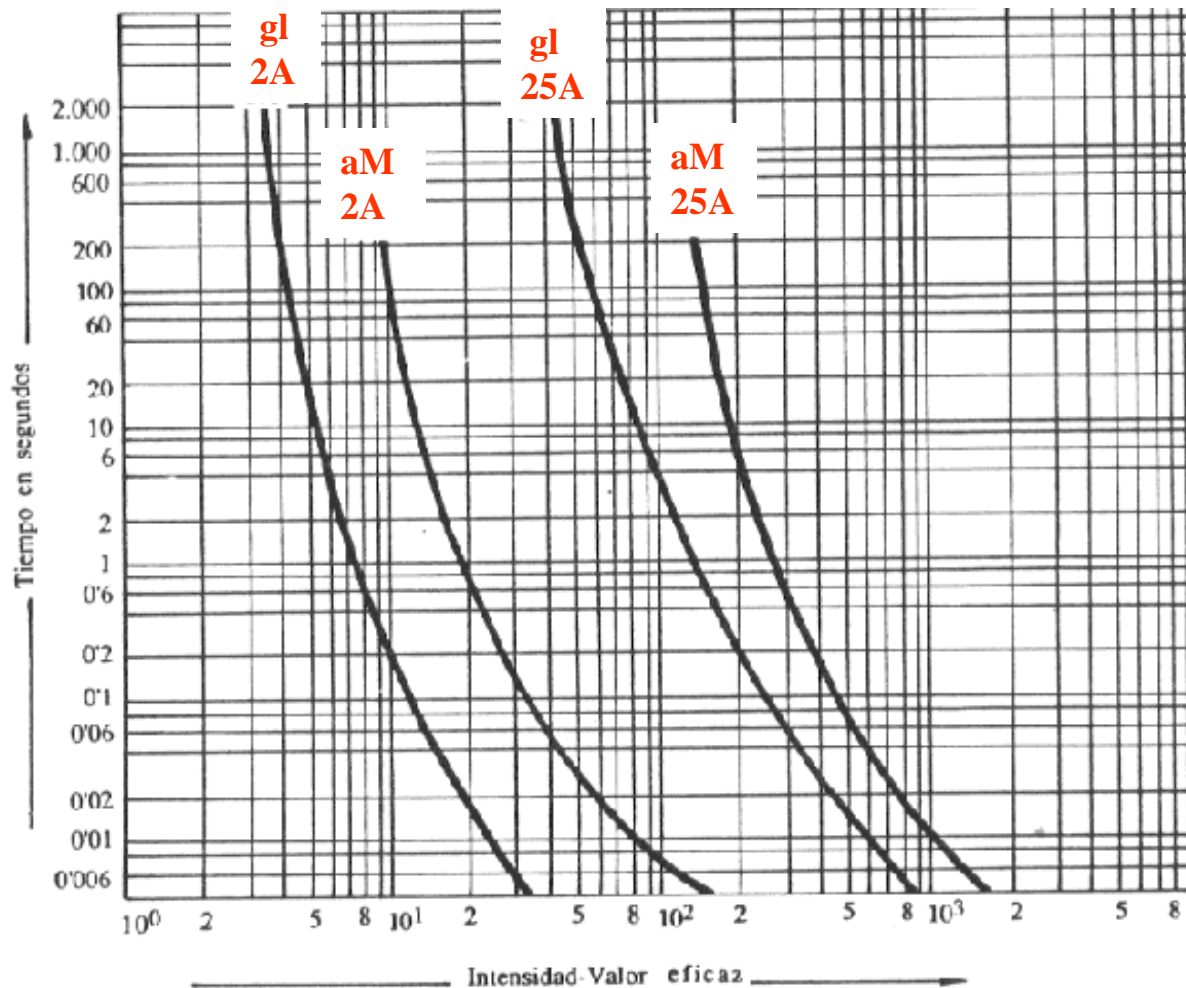
▪ *Inconvenientes*

- Imprecisión, comparado por ej con I.A. Mayor banda de dispersión.
- Independencia de actuación en redes polifásicas.

▪ *Normas:* VDE 0636, CEI 269-2.

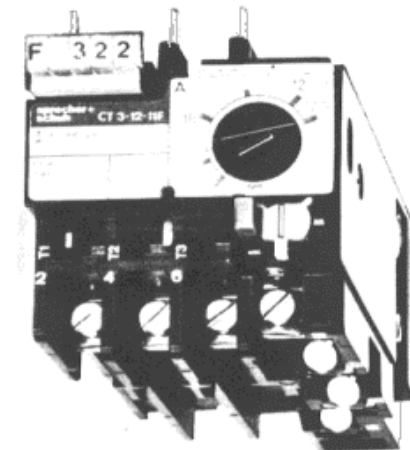
Fusibles

- Curvas de fusión *intensidad-tiempo* (curva media de los fusibles)



Relés Térmicos

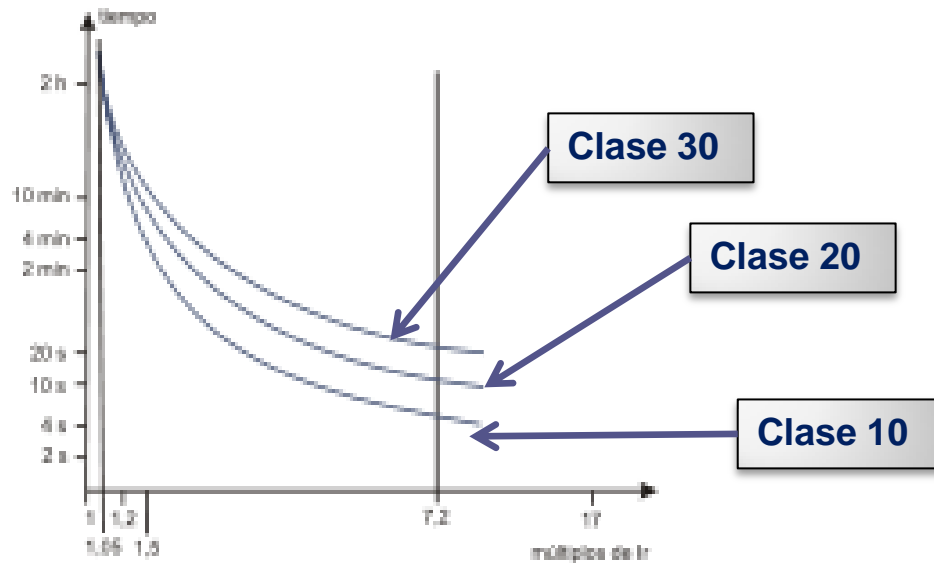
- **Función:** protección de motores. Censa la corriente que toma el motor de la red
→ es un Método Indirecto dado que controla el calentamiento excesivo de las bobinas del motor. Es simple y económico.
- **Condiciones de funcionamiento:** normales (corrientes de diseño) y anormales (sobrecargas débiles y prolongadas).
- **Accionamiento:** automático en base a la propiedad de los bimetales. El disparo provoca la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra.
- **Regulación:** siempre a la intensidad de servicio del motor (pinza amperométrica).



Relés Térmicos

■ *Tipos:*

- de CC y CA;
- según la *clase de disparo* (durante el arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente, y activarse únicamente si la duración del arranque resulta excesivamente larga)



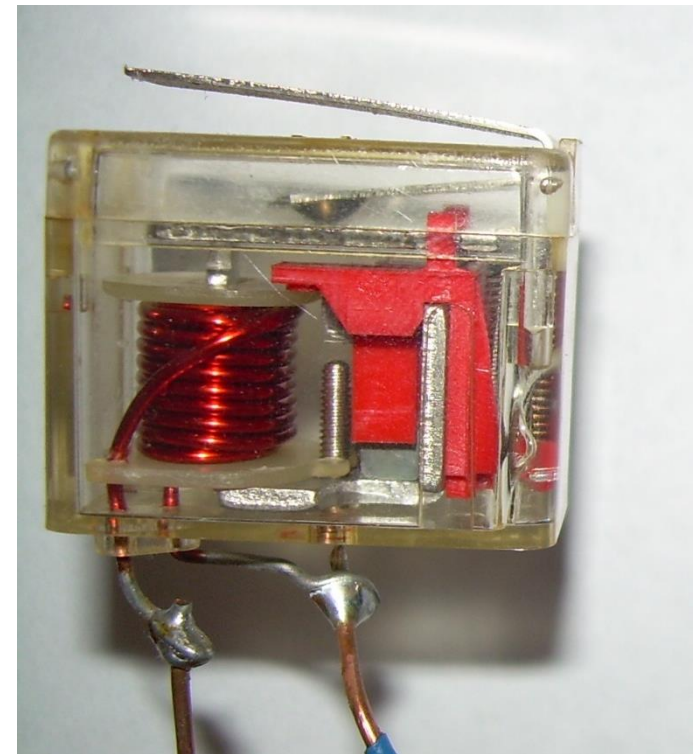
(Curvas de disparo intensidad-tiempo)

- **Relés de clase 10:** válidos para todas las aplicaciones, corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- **Relés de clase 20:** admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- **Relés de clase 30:** para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.

Relés Térmicos

▪ *Inconvenientes*

- No protege cuando el calentamiento del motor se debe a causas externas (distintas a la corriente que toma de la red).
 - Curva de disparo fija.
 - Protección lenta o nula contra fallos de fase.
 - Si no están compensados, son sensibles a cambios en la temperatura ambiente.
-
- ***Norma:*** IEC 947-4-1-1.



Guardamotor

- ***Función:*** disyuntor magneto-térmico para protección de motores eléctricos; dispositivo de arranque.
- ***Condiciones de funcionamiento:*** normales (corrientes de diseño) y sobrecargas de arranque.
- ***Accionamiento:*** automático
- Característica de disparo igual a un relé térmico, sensible a la falta de fase, con compensación de temperatura ambiente; disparo magnético ajustado para proteger al térmico.
- Dentro de ciertos límites reemplaza al conjunto **Contactador-Térmico-Protección falta de fase.**
- ***Inconveniente:*** no permite automatización (salvo junto a un contactor).

¡MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!