
AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

COLEGIO SALESIANO "SAN LUIS REY"

MOD-6: GESTION DEL DESARROLLO DE SISTEMAS
AUTOMATICOS

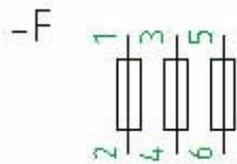
ÍNDICE

1.	SIMBOLOGÍA, REFERENCIADO Y MARCADO DE BORNES	1
2.	ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS	8
2.1	ESQUEMA DE FUERZA O POTENCIA	8
2.2	ESQUEMA DE MANDO	9
2.3	TIPOS DE REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS	10
3.	CONTACTORES Y RELÉS AUXILIARES	11
3.1	CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	12
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR	13
3.3	CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR	14
3.4	CONTACTORES DE MANIOBRA Y RELÉS	15
3.5	TEMPORIZADORES	15
4.	PROTECCIÓN DE CIRCUITOS	16
4.1	PERTURBACIONES EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	16
4.2	SECCIONADORES	17
4.3	INTERRUPTORES	18
4.4	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS O DISYUNTORES	20
4.4.1	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO ELECTROMAGNÉTICO	22
4.4.2	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO	23
4.5	CORTACIRCUITOS FUSIBLES	25
4.6	RELÉ TÉRMICO	27
4.7	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	29
4.8	LIMITADOR DE SOBRETENSIÓN	30
5.	CRITERIOS DE PROTECCIÓN DE CIRCUITOS CON CONTACTORES	31
6.	PRINCIPALES TIPOS DE ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS	33
7.	RECOMENDACIONES PARA EL CABLEADO	35
7.1	CONEXIONES	35
7.2	IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES	36
7.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES	37
7.4	ARMARIOS Y ENVOLVENTES	40
7.5	GRADOS DE PROTECCIÓN DE LAS ENVOLVENTES. ÍNDICES IP E IK	42
8.	PULSATERÍA DE MANDO Y SEÑALIZACIÓN	44
8.1	DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE MANDO	47
8.2	FUNCIONES GENERALES	47
8.3	SEÑALIZACIÓN. CÓDIGOS DE SEGURIDAD VISUAL Y AUDITIVA	49
9.	ELECTRÓNICA Y EQUIPOS PROGRAMABLES	54
10.	EJEMPLOS DE CUADROS REALES	55

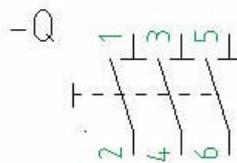
1. SIMBOLOGÍA, REFERENCIADO Y MARCADO DE BORNES

Todos los esquemas de una instalación han de utilizar los símbolos representativos de los elementos que los componen. Por lo tanto todo elemento de un circuito tiene una representación simbólica y unas referencias normalizadas.

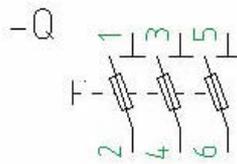
Repasamos los símbolos más significativos utilizados en los circuitos. La lista completa puede consultarse al final del tema.



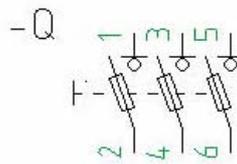
Fusibles. Protegen el circuito frente cortocircuitos y se colocan en cabecera de la línea o del receptor. Tienen un alto poder de corte por lo que aseguran una protección fiable a bajo coste.



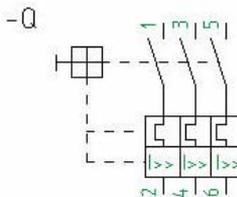
Seccionador. Nos permiten separar una parte de la instalación. No pueden abrir el circuito en carga y el corte debe ser visible.



Seccionador fusible. Combina las propiedades de ambos componentes, protección contra cortocircuitos y seccionamiento visible de la instalación.



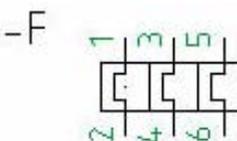
Interruptor seccionador fusible. Permite la apertura en carga de la instalación, a la vez que protege y secciona.



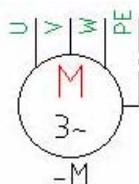
Guardamotor. Interruptor magnetotérmico con la curva térmica regulable que se adapta a la curva de funcionamiento del motor que protege, mientras que la parte electromagnética protege frente cortocircuitos.



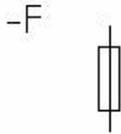
Contactor. Contactos principales del contactor. Es el encargado de realizar la conexión y desconexión del circuito en carga.



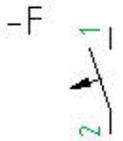
Relé térmico. Protege la instalación contra sobrecargas continuadas. Suelen tener una regulación de la intensidad para ajustarlo a las características del motor que protege.



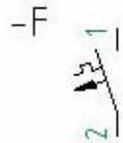
Motor trifásico. Receptor por excelencia. Existen varios tipos en función de las características de tensión y la conexión del motor.



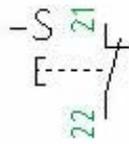
Fusible de protección para el circuito de mando, protegen frente cortocircuitos.



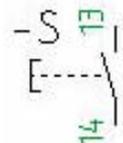
Interruptor electromagnético. Actúa cuando la intensidad supera el valor nominal del dispositivo. Protege contra cortocircuitos.



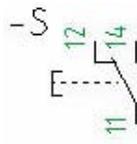
Interruptor magnetotérmico. Protege frente a sobrecargas y cortocircuitos.



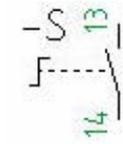
Pulsador NC. Pulsador normalmente cerrado. Al pulsarlo se abren los contactos y al soltarlo se vuelven a cerrar.



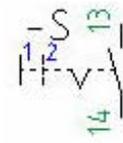
Pulsador NA. Pulsador normalmente abierto. Al pulsarlo se cierran los contactos y al soltarlo vuelven a abrirse.



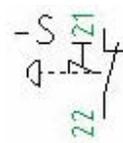
Pulsador conmutado. Al pulsarlo se abre un contacto y se cierra el otro, volviendo a su situación original al soltarlo.



Mando rotativo. De reenganche, al accionarlo mantiene la posición.



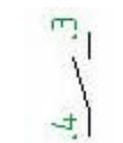
Selector rotativo de 2 posiciones. De posición mantenida.



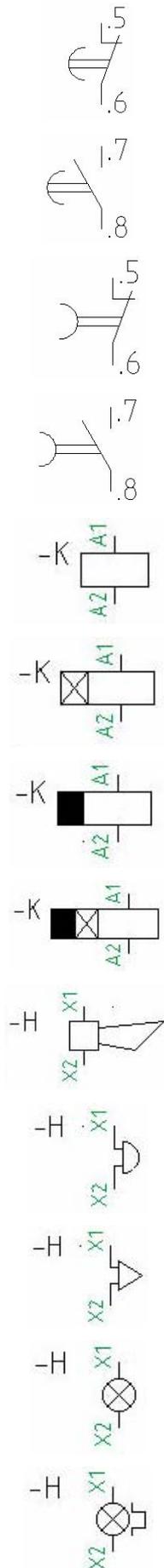
Pulsador de parada de emergencia. Seta de emergencia de accionamiento manual con enclavamiento mecánico.



Contacto auxiliar NC. Se identifican los bornes con 2 cifras, siendo las últimas (.1 y .2) la que indica la función.



Contacto auxiliar NA. Se identifican los bornes con 2 cifras, siendo las últimas (.3 y .4) las que indica la función.



Contacto NC temporizado al trabajo. La segunda cifra indica la función (.5 y .6)

Contacto NA temporizado al trabajo. La segunda cifra indica la función (.7 y .8)

Contacto NC temporizado al reposo. La segunda cifra indica la función (.5 y .6)

Contacto NA temporizado al reposo. La segunda cifra indica la función (.7 y .8)

Bobina de contactor. Símbolo general.

Bobina de contactor. Temporización al trabajo.

Bobina de contactor. Temporización al reposo.

Bobina de contactor. Temporización al trabajo y al reposo.

Avisador acústico. Bocina.

Avisador acústico. Timbre.

Avisador acústico. Sirena.

Indicado luminoso.

Indicador luminoso. Lámpara de intermitencia.

Según la norma EN-UNE los aparatos utilizados en automatismos se identificarán mediante un conjunto de 3 cifras y letras:

Designación		
1ª	Letra	indica el tipo de aparato
2ª	Cifra	Indica su número dentro del esquema
3ª	Letra	Indica su función

Ejemplo de aplicación	
K	Contactador (tabla de tipos de aparatos)
2	Contactador nº 2 dentro del esquema
M	Principal (tabla de funciones)

Así un el contactor principal nº 2 de un esquema se identificará mediante **K 2 M**.

También es muy utilizada la norma IEC-CEI similar a la anterior, sólo que cambia el orden poniéndose primero las letras que indican el tipo de aparato y la función, seguidas del número identificativo.

Descripción	EN-UNE	IEC-CEI
Contactor Principal 3	K 3 M	K M 3
Contactor Auxiliar 2	K 2 A	K A 2

Tabla de designación de tipos de aparatos

DESIGNACIÓN DEL TIPO DE APARATO		
Letra	Tipo de aparato	Ejemplo de aplicación
A	Grupos constructivos y partes	Amplificadores, amplificadores magnéticos, láser, máser, combinaciones de aparatos
B	Convertidores de magnitudes no eléctricas a eléctricas y viceversa	Transductores, sondas térmicas, termocélulas, células fotoeléctricas, dinamómetros, cristales piezoeléctricos, micrófonos, altavoces, aparatos de campo giratorio
C	Condensadores	
D	Dispositivos de retardo, de memoria y elementos binarios	Conductores de retardo, elementos de enlace, elementos monoestables y biestables, memorias de núcleos, registradores, memorias de disco, aparatos de cita magnética
E	Diversos	Instalaciones de alumbrado, calefacción y otras no indicadas
F	Dispositivos de protección	Fusibles, descargadores de sobretensión, relés de protección, disparadores
G	Generadores	Transformadores frecuencia rotativos, baterías, equipos de alimentación, osciladores
H	Equipos de señalización	Aparatos de señalización ópticos y acústicos
K	Relés, contactores	Relés auxiliares, intermitentes y de tiempo: contactores de potencia y auxiliares
L	Inductancias	Bobinas de reactancia
M	Motores	
N	Amplificadores, reguladores	Circuitos integrados
P	Aparatos de medida, equipos de prueba	Instrumentos de medida, registradores y contadores, emisores de impulsos, relojes
Q	Aparatos de maniobra para altas intensidades	Interruptores de potencia y de protección, seccionadores, interruptores automáticos, seccionadores bajo carga con fusibles
R	Resistencias	Resistencias, potenciómetros, reóstatos, shunts, resistencias derivación, termistores
S	Interruptores, selectores	Pulsadores, interruptores de posición y mando, selectores rotativos, selectores, ...
T	Transformadores	Transformadores de tensión e intensidad, transmisores
U	Moduladores, convertidores	Discriminadores, convertidores de frecuencia, demoduladores, inversores, variadores, onduladores
V	Válvulas, semiconductores	Válvulas de vacío y descarga en gases, diodos, transistores, tiristores
W	Vías de conducción, guíasondas	Hilos de conexión, cables, guíasondas y acoplamientos, dipolos, antenas parabólicas
X	Bornes, clavijas, enchufes	Clavijas y cajas de enchufe, clavijas de prueba, regletas de bornes y de soldadura
Y	Equipos eléctricos accionados mecánicamente	Frenos, embragues, válvulas
Z	Equipos de compensación, filtros, limitadores	Equipos para limitación de cables, reguladores dinámicos, filtros de cristal

Tabla de designación de funciones dentro del esquema

FUNCIONES GENERALES			
Letra	Tipo de función	Letra	Tipo de función
A	Función auxiliar	N	Medida
B	Dirección de movimiento	P	Proporcional
C	Contar	Q	Estado (marcha, paro, limitación)
D	Diferenciar	R	Reposición, borrar
E	Función conectar	S	Memorizar, registrar, grabar
F	Protección	T	Medida de tiempo, retardar
G	Prueba	V	Velocidad (acelerar, frenar)
H	Señalización	W	Sumar
J	Integración	X	Multiplicar
K	Servicio pulsante	Y	Analógico
L	Identificación conductores	Z	Digital
M	Función principal		

MARCADO DE BORNES

La Norma dice "... toda escritura que figure en un documento debe poderse leer en dos orientaciones separadas con un ángulo de 90°, desde los bordes inferior y derecho del documento."

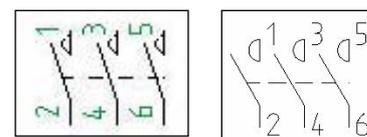
De acuerdo con la última recomendación CEI-IEC el marcado de los bornes se hará con orientación vertical, alineado con los conductores de alimentación de los aparatos. Las referencias que se indican son la que deben figurar en la placa de características o en los bornes del aparato, de modo que a cada aparato se le asignan unas referencias numéricas o alfanuméricas propias.

Representación según la última recomendación de las normas IEC	Representación tradicional

☒ Contactos principales de potencia

La referencia de sus bornas consta de una sola cifra:

- de 1 a 6 en aparatos tripolares
- de 1 a 8 en aparatos tetrapolares



Las cifras impares se sitúan en la parte superior y la progresión se efectúa en sentido descendente y de izquierda a derecha.

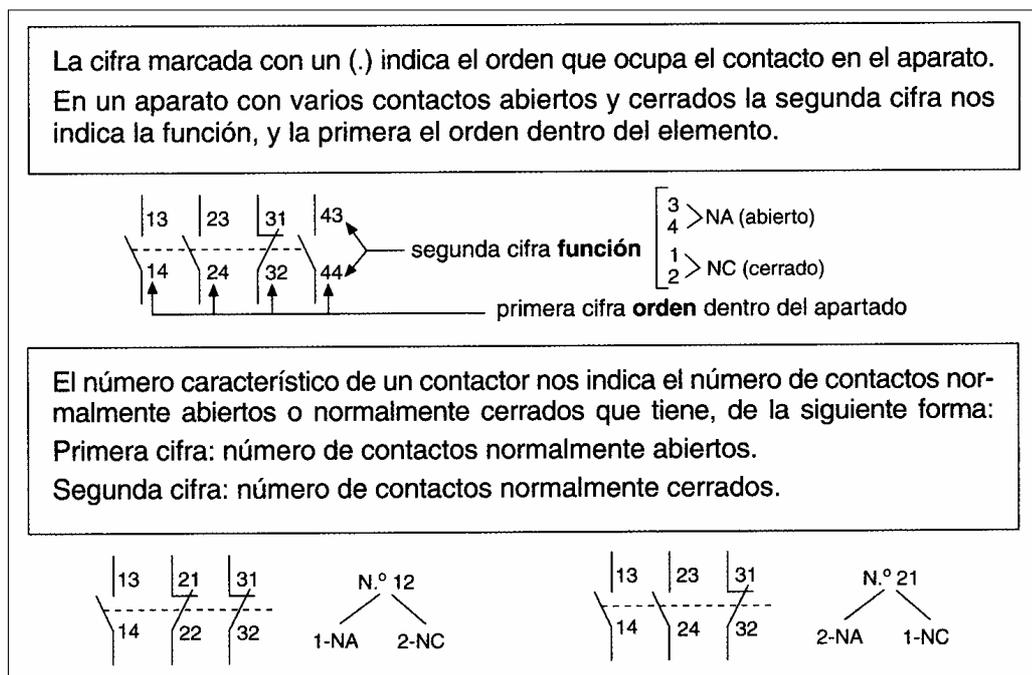
☒ **Identificación y marcado de contactores**

En un contactor los contactos principales y auxiliares se marcan de acuerdo con lo que hemos visto anteriormente. En el caso de los contactos auxiliares, veíamos que la primera cifra indicaba el orden del contacto en el aparato y la segunda su función.

Estos contactos auxiliares definen el **número característico del contactor**, un número de 2 cifras en función del número de contactos normalmente abiertos (*primera cifra*) o cerrados (*segunda cifra*) de que disponga.

Nº Contactor 21: 2 contactos NA + 1 contacto NC

Nº Contactor 12: 1 contacto NA + 2 contactos NC



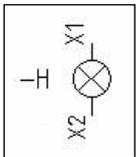
☒ **Bobinas de mando electromagnético y señalización**

El marcado de las bobinas, se hace de acuerdo con señalado en el siguiente cuadro:

- Bobina normal: A1, A2
- Bobina con 3 bornes: A1, A2 y A3
- Bobina con 2 arrollamientos: A1, A2 y B1, B2
- Accionamiento por corriente de trabajo: C1, C2
- Accionamiento por mínima tensión: D1, D2
- Bobina de enclavamiento: E1, E2

⊗ **Lámparas de señalización o de alumbrado:**

Si se desea expresar el color o el tipo de las lámparas de señalización o de alumbrado en los esquemas, se representará con las siglas de la siguiente tabla:



Especificación de color		Especificación de tipo	
Rojo	RD ó C2	Neón	Ne
Naranja	OG ó C3	Vapor de sodio	Na
Amarillo	YE ó C4	Mercurio	Hg
Verde	GN ó C5	Yodo	I
Azul	BU ó C6	Electroluminescente	EL
Blanco	WH ó C9	Fluorescente	FL
		Infrarrojo	IR
		Ultravioleta	UV

2. ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS

De acuerdo con las normas UNE, tanto los esquemas de mando como de fuerza, se representarán preferentemente en formato A4 (210 x 297 mm). Para los grosores de los trazos se recomiendan 0,5 mm para mando y 0,7 mm para fuerza. Si ambos esquemas se dibujan en el mismo plano, se dibujará el de fuerza a la izquierda y el de mando a la derecha. Si van en planos diferentes, irá primero el de fuerza y en el plano siguiente el de mando.

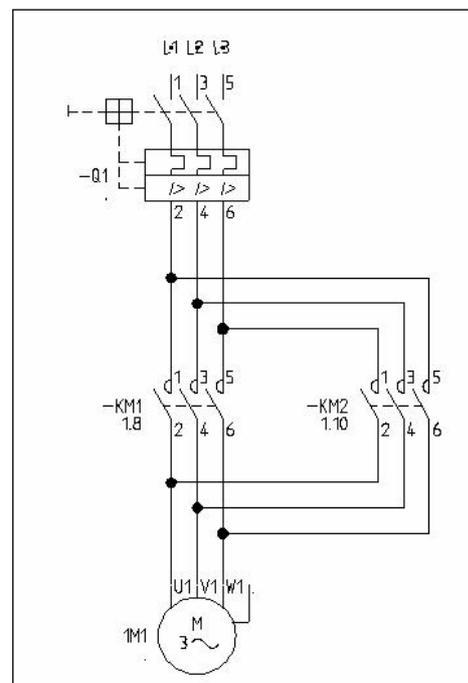
Veamos algunas consideraciones para cada tipo de esquema.

2.1 ESQUEMA DE FUERZA O POTENCIA

Aquí representaremos el circuito de alimentación de los actuadores. Aparecerán los contactos principales de los siguientes elementos:

- ⊗ Dispositivos de protección (*disyuntores, relés, ...*).
- ⊗ Dispositivos de conexión y desconexión (*interruptores, contactores, ...*).
- ⊗ Actuadores (*motores, líneas, ...*).

Todos los elementos estarán identificados por la clase de aparato, número dentro del conjunto y su función. También es aconsejable, si el esquema es muy complejo, incluir referencias a bobinas y contactos auxiliares.



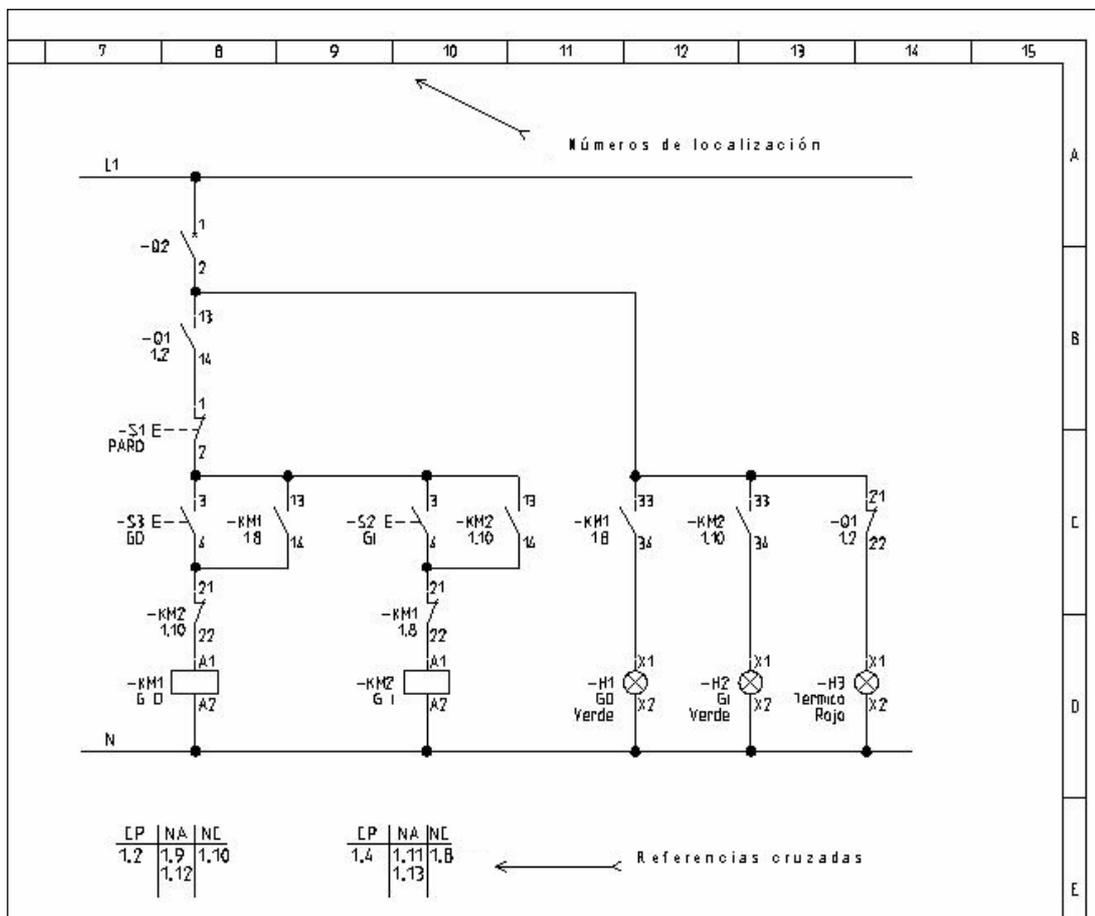
2.2 ESQUEMA DE MANDO

Se trata de una representación lógica de los elementos que componen el automatismo que gobierna la instalación. En él representaremos los siguientes elementos:

- ⊗ Bobinas de los elementos de mando y protección (*contactores, relés, ...*).
- ⊗ Contactos auxiliares de los aparatos.
- ⊗ Elementos de diálogo hombre-máquina (*pulsadores, finales de carrera, ...*).
- ⊗ Dispositivos de señalización (*lámparas, sirenas, ...*).

Todos los elementos estarán identificados por la clase de aparato, número dentro del conjunto y la función (*principal, auxiliar u otras*) que desarrolla.

Es habitual dividir el plano en una cuadrícula, marcada en los bordes del dibujo, que se identifican con letras en sentido vertical y con números en horizontal.



Es aconsejable incluir la **Tabla de Referencias Cruzadas** debajo de las bobinas de cada contactor, donde se indica la cuadrícula donde se utilizan los posibles contactos auxiliares del aparato. **En el esquema de la figura:**

De KM1: Se utilizan 3 contactos auxiliares, 2 NA (en las columnas 9 y 12) y 1 NC (en la columna 10).

De KM2: Se utilizan 3 contactos auxiliares, 2 NA (en las columnas 11 y 13) y 1 NC (en la columna 8).

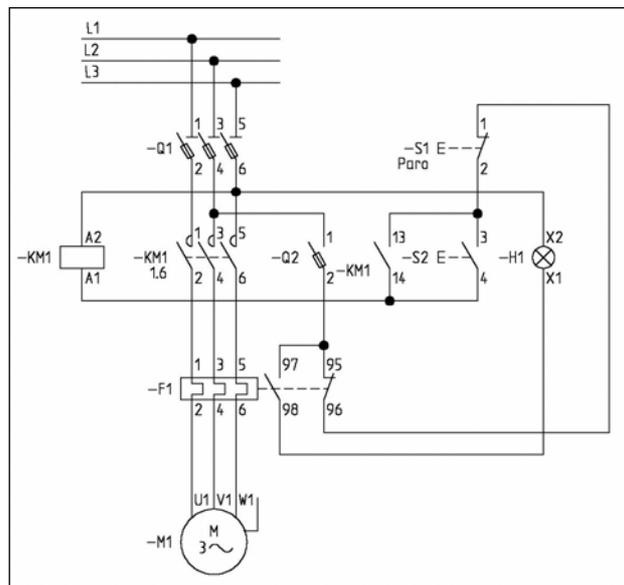
2.3 TIPOS DE REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS

ESQUEMA DE CONJUNTO

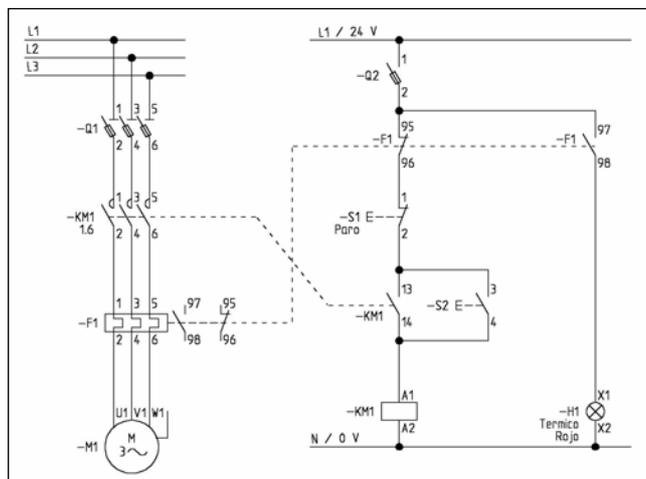
Se caracteriza porque todos los símbolos de los aparatos de un mismo conjunto se representan próximos entre sí y con las conexiones entre los mismo claramente identificadas.

Su utilización en esquemas complejos es desaconsejable dado lo confuso que puede llegar a ser en instalaciones de grandes dimensiones o con muchos aparatos.

En la imagen podemos ver el arranque directo de un motor trifásico, con enclavamiento y protección térmica.



ESQUEMA SEMIDESARROLLADO



En este esquema los símbolos de un mismo aparato o conjunto se encuentran separados, pero lo suficientemente próximos para apreciarse las conexiones mecánicas de los dispositivos.

Los circuitos de **mando** y de **potencia**, aparecen claramente diferenciados.

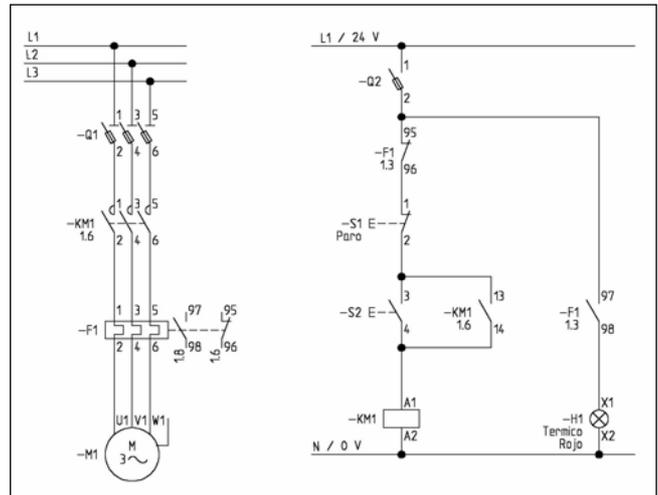
Podemos ver aquí el mismo esquema anterior en representación semidesarrollada, marcándose de forma clara los enclavamientos mecánicos.

ESQUEMA DESARROLLADO

En este caso los esquemas de potencia y de mando se dibujan por separado, no incluyéndose las uniones mecánicas entre los componentes, para que no se confundan con conexiones eléctricas (si es imprescindible incluirlas se hará con un trazo fino y discontinuo que no de lugar a confusiones).

Lo que se pretende es facilitar la comprensión del funcionamiento del esquema, más que ver cómo se hará la implantación real de la instalación.

El esquema del arranque directo de un motor trifásico utilizado como ejemplo en su representación desarrollada.



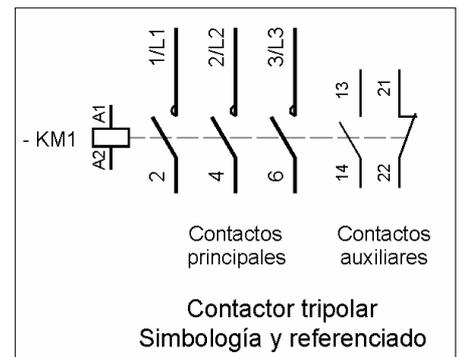
3. CONTACTORES Y RELÉS AUXILIARES

El contactor está encuadrado como un elemento de **control de potencia**, en los sistemas automáticos eléctricos.

Una propiedad que caracteriza al contactor es que produce una **separación galvánica total** entre el circuito que entrega la energía eléctrica y el que la recibe, esto le diferencia con los recientes contactores electrónicos, en los que siempre existe una pequeña corriente.

Mediante el contactor podemos **gobernar potencias de valores muy elevados** (de 0 hasta 750 kw).

Lo que **no** nos permite es la **regulación** ni valores intermedios, la corriente pasa o no pasa pero no existen zonas intermedias de funcionamiento.



Simbología y referenciado (*imagen derecha*).

Distintos modelos de contactores (*Siemens y Telemecanique, abajo*).



3.1 CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR.

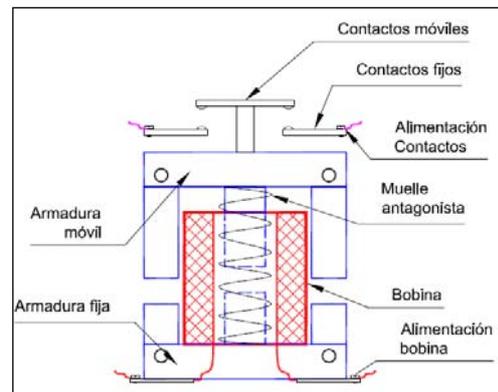
ELECTROIMÁN

Es el elemento motor del contactor, está compuesto por un electroimán (*formado por un circuito magnético y una bobina*). El circuito magnético suele tener una parte fija y otra móvil (*normalmente armaduras*) separadas por un entrehierro, este último evita todo riesgo de remanencia y se realiza por falta de metal o insertando un material amagnético. Para que la armadura móvil vuelva a su sitio, se dispone de un muelle antagonista.

El circuito magnético (conjunto de materiales ferromagnéticos) difiere en el caso de contactores de C.C, estos no necesitan estar constituidos de chapas magnéticas apiladas, pues como el flujo es constante, no existen pérdidas por histéresis y corrientes de Foucault.

La bobina produce el flujo magnético necesario para la atracción de la armadura móvil del electroimán, esta es solidaria con los polos principales móviles del contactor, con lo que estos son arrastrados y contactan con los polos principales fijos del contactor, en este momento la resistencia entre los contactos fijos y los móviles es nula y pasa la corriente sin dificultad. La bobina está fabricada para resistir los choques mecánicos producidos por el cierre la apertura del contactor.

Esquema simplificado del núcleo magnético y los contactos principales de un contactor.



POLOS DEL CONTACTOR

Son los encargados de establecer o interrumpir la corriente en el circuito de potencia. Tienen que estar dimensionados para permitir el paso de la corriente nominal del contactor en servicio continuo, sin calentamiento anormal.

Tienen una parte fija y otra móvil. Los polos están equipados normalmente de plata, óxido de cadmio (inoxidable de gran resistencia mecánica y al arco eléctrico). A veces están equipados de un dispositivo para la extinción del arco eléctrico.

En ciertos automatismos se necesitan contactos principales que estén cerrados en posición de reposo (el electroimán sin alimentación eléctrica), se denominan ruptores.

CONTACTOS AUXILIARES

Se utilizan para la autoalimentación del propio contactor, también para el mando, enclavamiento y señalización de un sistema de automatismos. Existen varios tipos o funciones realizadas por estos.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR

- ⊗ Abre y cierra (gobierna) corrientes de elevado valor (*las de los receptores*) mediante corrientes de pequeño valor (*la necesaria para activar la bobina del contactor*).
- ⊗ Puede funcionar de una forma continua o intermitente.
- ⊗ Puede o da opción al mando a distancia con conductores de pequeña sección en grandes potencias, según cómo dispongamos los elementos de mando.
- ⊗ Es robusto y fiable.
- ⊗ En condiciones normales, no sometido a sobrecargas de tipo eléctrico y condiciones atmosféricas desfavorables, tiene una duración prolongada (millones de maniobras).
- ⊗ Protege al receptor ante las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).

Muchos tipos de receptores pueden sufrir desperfectos alimentados con una tensión inferior a la nominal (*subtensión*). Al disminuir la tensión tiene que aumentar la intensidad, lo que se conoce como una *sobrecarga*. Este aumento de corriente, viene acompañado de un calentamiento y a veces de efectos dinámicos.

- ⊗ Mediante el contactor se pueden realizar circuitos simples o muy complejos.

Utilizando los contactos auxiliares, se pueden realizar los circuitos y combinaciones, tan complejos como se quiera, aunque para circuitos de gran complejidad, se utilizan otros sistemas, como autómatas que controlan a su vez los contactores de potencia.

Categorías de empleo de contactores según IEC 947-4 (UNE-EN 60947-4)

CATEGORÍA		APLICACIONES CARACTERÍSTICAS
CORRIENTE ALTERNA	AC1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas, hornos y resistencias.
	AC2	Arranque de motores de rotor bobinado, inversión del sentido de giro
	AC3	Arranque de motores de jaula de ardilla. Desconexión de motores en marcha.
	AC4	Arranque de motores de jaula de ardilla. Inversión a rotor lanzado y marcha por impulsos.
CORRIENTE CONTINUA	DC1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas, hornos y resistencias.
	DC2	Arranque de motores con excitación en derivación, desconexión de motores durante la marcha.
	DC3	Arranque de motores con excitación en derivación. Inversión a rotor lanzado y marcha por impulsos
	DC4	Arranque de motores con excitación en serie, desconexión de motores durante la marcha.
	DC5	Arranque de motores con excitación en serie. Inversión a rotor lanzado y marcha por impulsos

3.3 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR.

Para elegir el contactor que más se ajusta a nuestras necesidades, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
- Potencia nominal de la carga.
- Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema. Existen maniobras que modifican la corriente de arranque y de corte.
- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
- Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido.
- Por la categoría de empleo.

Existen tres consideraciones importantes que debemos tener en cuenta en cuanto a la elección y características de los contactores:

- **Poder de cierre:** Valor de la corriente independientemente de la tensión, que un contactor puede establecer en forma satisfactoria y sin peligro que sus contactos se suelden.
- **Poder de corte:** Valor de la corriente que el contactor puede cortar, sin riesgo de daño de los contactos y de los aislantes de la cámara apagachispas. La corriente será menor cuanto más grande sea la tensión del circuito de potencia.
- **Intensidad de servicio:** El valor de la intensidad permanente que circula por sus contactos principales.

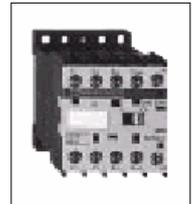
Toda la información necesaria se encuentra en la **placa de características** del contactor que normalmente se encuentra en uno de los laterales del mismo, en caso de duda, consultar las especificaciones técnicas en un catálogo del fabricante.

3.4 CONTACTORES DE MANIOBRA Y RELÉS AUXILIARES

Su principio de funcionamiento es el mismo que el del contactor, utilizando un dimensionamiento menor de los contactos y que su utilización no se realiza en el circuito de fuerza, si no en el de mando.

Dependiendo de las condiciones de trabajo, pueden ser de tipo robusto, similares a un contactor de potencia, pero sus contactos soportan una intensidad menor, o mucho más pequeños si las condiciones de la instalación no son excesivamente severas.

Una de sus aplicaciones más habituales de estos últimos es en las salidas de los autómatas programables, de modo que en caso de algún defecto en el circuito, afecte sólo al relé, sin provocar daños en el automático.



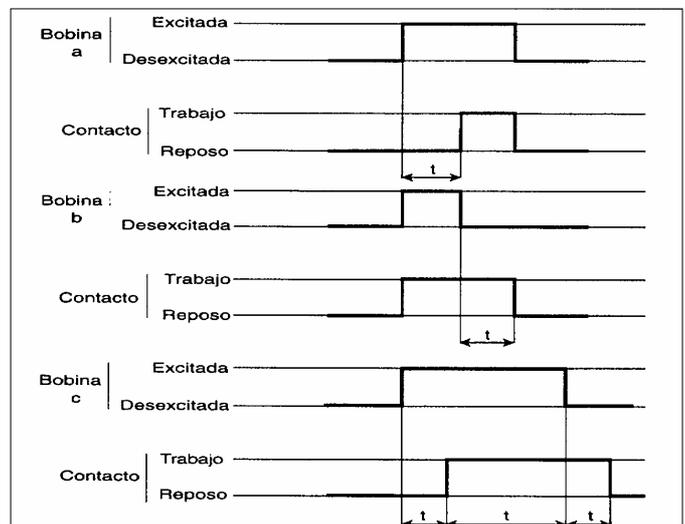
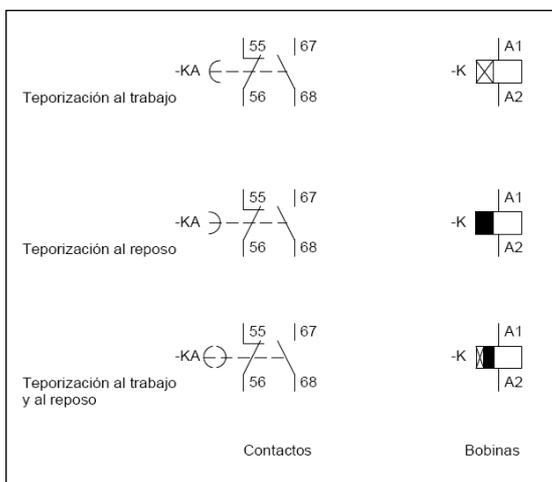
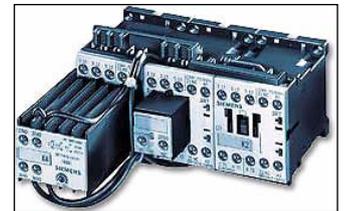
3.5 TEMPORIZADORES

En muchos sistemas automáticos es necesaria la utilización de retardos en las acciones a realizar. Existe un elevado número de sistemas de temporización atendiendo al sistema físico en que se basan (magnético, electrónico, térmico, neumático, etc.). Así mismo pueden situarse sobre el contactor (*cabezas temporizadas*) o ser independientes.



Existen tres tipos principales de temporización:

- Retardo a la conexión:** El paso de contactos abiertos a cerrados se realiza un tiempo después de la conexión del órgano de mando.
- Retardo a la desconexión:** Cuando los contactos pasan de cerrado a abierto transcurrido un tiempo de retardo.
- Retardo a la conexión-desconexión:** Es una combinación de los tipos anteriores en un único aparato.



4. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS

4.1 PERTURBACIONES EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las principales causas que perturban el buen funcionamiento de un sistema eléctrico son:

- Perforación en los aislantes de máquinas y conductores producidos por el envejecimiento, corrosión o calentamiento.
- Descargas atmosféricas (*rayos, ionización, ...*) y sobretensiones interiores.
- Influencia de animales (*ratones e insectos principalmente*).
- Perturbaciones mecánicas: caída de árboles o ramas sobre las líneas, agarrotamiento o embalamiento de máquinas, ...
- Factores humanos: apertura de un seccionador en carga, maniobras incorrectas con maquinaria, ...
- Exceso de carga conectada a líneas, transformadores y generadores.
- Puestas a tierra accidentales, producidas por la humedad del terreno.

Todas estas causas se traducen en alguno de los siguientes efectos:

Cortocircuitos: se produce cuando hay conexión directa entre dos o más conductores de distinta fase. El resultado es un aumento extraordinario de la intensidad de corriente que atraviesa el circuito eléctrico.

Sobrecargas: consisten en hacer trabajar a la instalación a mayor intensidad de corriente que aquella para la que se ha proyectado.

Retorno de corriente: se da sobre todo en circuitos de c.c., cuando la intensidad disminuye hasta hacerse negativa, lo que provoca la inversión del sentido de la corriente.

Sobretensión: consiste en un aumento de la tensión por encima del valor nominal. Puede ser provocado por causas atmosféricas (*caída de un rayo*) o por maniobras incorrectas en la red.

Subtensión: aparece cuando la tensión se hace inferior a la nominal. Puede ser muy perjudicial ya que la carga conectada al sistema no puede disminuir la potencia que absorbe, y como la tensión es menor que la prevista, lo compensa demandando más intensidad de corriente, esto es, con una sobreintensidad (*sobrecarga*).

Derivación: Sucede cuando a través de los elementos metálicos de la instalación una parte de la corriente deriva a tierra. Es un defecto peligroso, para los operarios porque puede provocar un contacto indirecto y para la instalación porque la corriente de fuga podría provocar un incendio (*calentamiento por efecto Joule*).

Los distintos elementos de protección los desarrollaremos en los puntos siguientes. En el siguiente cuadro resumen podemos ver de forma simple los elementos de protección más habituales según el tipo de defecto.

Defecto	Sistema de protección
Cortocircuito	Fusible Interruptor automático electromagnético
Sobrecarga	Relé térmico Interruptor automático magnetotérmico
Retorno de corriente	Relé antiretorno de corriente
Sobretensión	Limitador de sobretensión Relé de máxima tensión
Subtensión	Relé de mínima tensión Contactor, al disminuir la tensión abrirá la bobina
Derivación	Interruptor diferencial

4.2 SECCIONADORES

Es un elemento de **mando y maniobra** que se utiliza para la **separación de circuitos**. Normalmente esta separación con respecto a los elementos aguas arriba se realiza para proteger a las personas e instalaciones cuando se realizan mantenimientos en las instalaciones.

Por las características técnicas de este aparato, la velocidad de apertura depende de la rapidez con que se realiza la operación (aunque existen modelos accionados a motor), al no ser en muchos casos un corte brusco de la corriente, el seccionador no está preparado para cortar las corrientes en funcionamiento normal, por lo que **sólo puede utilizarse en vacío**, esto es, en tensión pero sin carga conectada. La corriente ha de cortarse por un elemento que sea capaz de soportar el arco que se produce al abrir el circuito.

En muchos casos el seccionador dispone de **contactos auxiliares** de los que uno se conecta en serie con la bobina del contactor. Al abrirse el seccionador por causa accidental, se interrumpe la alimentación del contactor y el contactor se abre antes que el seccionador (los polos auxiliares del seccionador se abren con antelación con respecto a los polos principales). Los otros pueden utilizarse para señalización o mando.

La normativa obliga a que dispongan de **corte visible**, esto es la apertura totalmente visible de los polos del seccionador.

Muchos modelos, dependiendo del tipo de instalación en que vaya a utilizarse, disponen de **mecanismos de enclavamiento o bloqueo** (pasadores, candados, ...) que eviten el cierre intempestivo o accidental del seccionador.

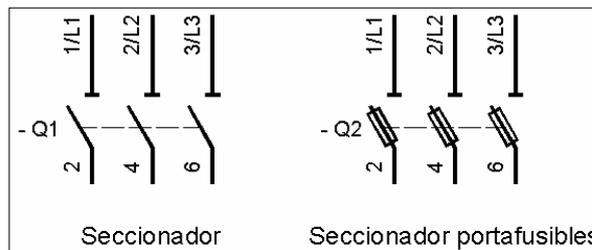


Seccionadores Portafusibles

Una variante es el **seccionador portafusibles** (en la imagen superior), incluye portafusibles para la protección de la instalación. Este tipo es el que más se utiliza en las instalaciones de BT, ya que un único dispositivo permite separar la instalación de la red, a la vez que actúa como protección de la instalación.

Los seccionadores se presentan normalmente en bloques tripolares o tetrapolares con uno o dos contactos auxiliares de precorte, que se encargan de cortar la alimentación del contactor de modo que este abra el circuito antes que el seccionador, evitando la aparición del arco.

La simbología utilizada para representar un seccionador y un seccionador portafusibles tripolares puede verse en la imagen.

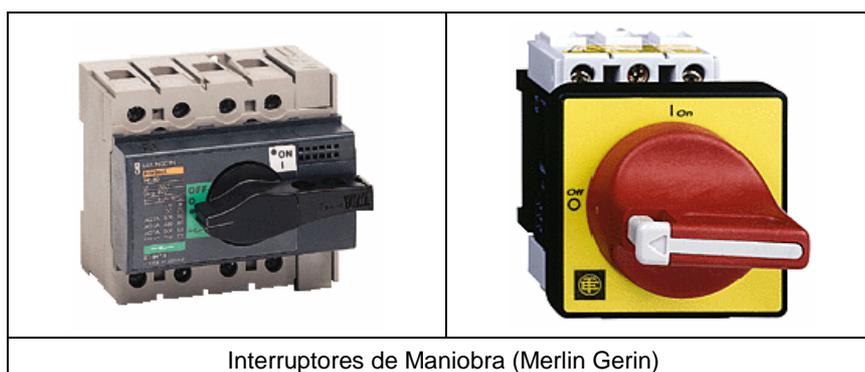


4.3 INTERRUPTORES

Es un dispositivo de **mando y maniobra** mecánico capaz de establecer, soportar e interrumpir las corrientes de un circuito en funcionamiento normal. No cumple ninguna función de protección en el circuito, aunque la normativa obliga a que sean capaces de soportar corrientes de defecto durante cortos periodos de tiempo (mientras actúan las protecciones).

El mando manual está asociado a un mecanismo de tipo mecánico, que garantiza la **apertura y cierre de los contactos a gran velocidad**, por lo que está diseñado para trabajar en carga.

En este caso **el corte visible no es obligatorio**.

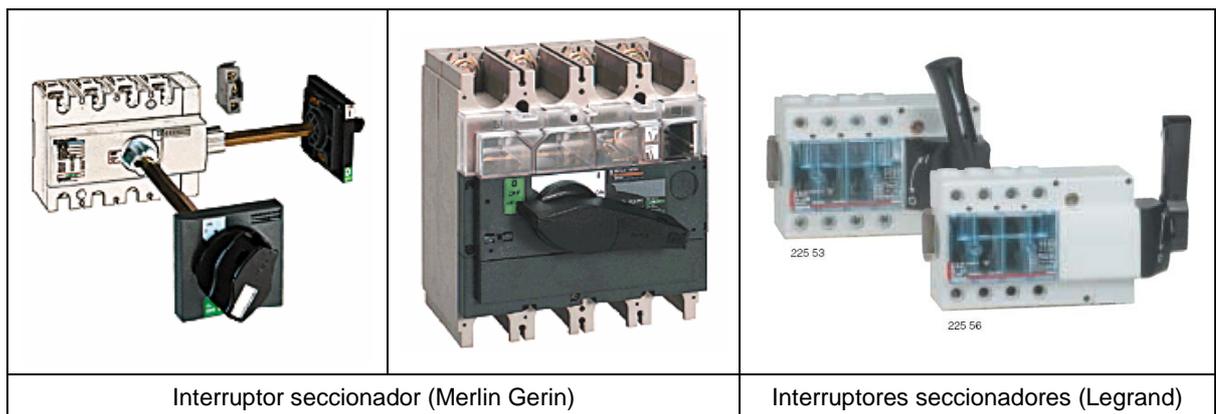


Interruptores de Maniobra (Merlin Gerin)

Interruptor seccionador

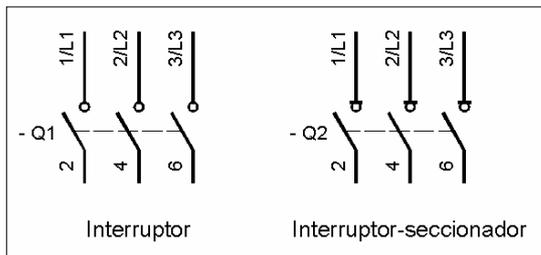
Es la variante más usual y combina las características del **interruptor** (apertura y cierre en carga) con las del **seccionador** (corte visible, distancia de apertura de los contactos o la resistencia a una onda de choque).

En la imagen inferior podemos ver dos interruptores seccionadores de mando giratorio. Obsérvese cómo presenta una parte transparente, de modo que el corte de los contactos sea plenamente visible.



Interruptor seccionador (Merlin Gerin)

Interruptores seccionadores (Legrand)



La simbología utilizada para representar el interruptor y el interruptor seccionador (tripolares) aparece en la imagen.

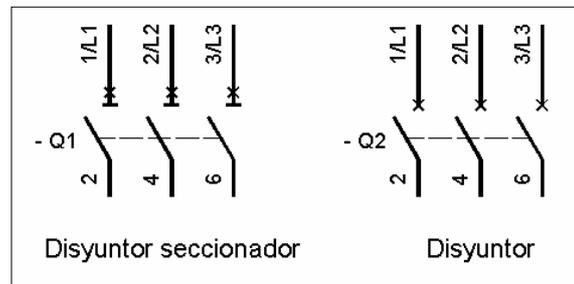
Las características de funcionamiento de los aparatos de maniobra (interruptores y seccionadores) podemos resumirlas en la siguiente tabla:

	Seccionador	Interruptor	Interruptor - seccionador
Maniobra en carga	NO	SÍ	SÍ
Aislamiento en posición "0"	SÍ	NO	SÍ

4.4 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS O DISYUNTORES

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito en el que está instalado. Además es capaz de, soportar durante un tiempo determinado e interrumpir, corriente en condiciones anormales especificadas del circuito, tales como las de cortocircuito.

Disyuntor y disyuntor seccionador, simbología general y referenciado. A este símbolo le añadiremos la tecnología empleada para la apertura del circuito.

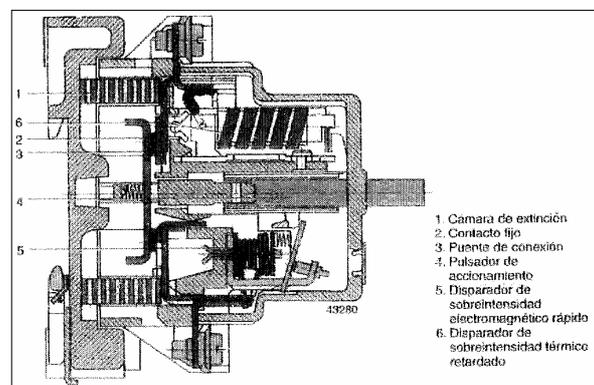


Funciones:

- La principal función es la de **protección**, ya que al estar dotados de un elevado poder de corte (1,5 a 100 kA) tienen posibilidad de desconectar automáticamente corrientes de sobrecarga o de cortocircuito antes de que la instalación sufra daños.
- Función de **mando**, es decir la posibilidad de conectar o desconectar circuitos a voluntad del usuario (*aunque no es aconsejable en el caso de motores o cargas muy inductivas*).

Elementos constitutivos:

En un interruptor automático podemos distinguir los siguientes elementos básicos (*figura de la derecha*):



- ✓ **Cámara de extinción:** encargada de extinguir el arco, en definitiva, de cortar el circuito (1).
- ✓ **Contacto fijo y puente de conexión:** Son los elementos destinados a abrir y cerrar el circuito (2 y 3).
- ✓ **Pulsador de accionamiento:** Elemento para la maniobra del dispositivo (4).
- ✓ **Disparadores electromagnético y térmico:** Los encargados de detectar la perturbación y provocar el disparo (5 y 6).

Características principales:

- ☒ **Número de polos:** Tendremos interruptores unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares (en el caso de 2 y 4 polos se permite que el polo del conductor neutro no esté protegido).
- ☒ **Naturaleza de la corriente** (alterna o continua) y **valores de tensión** (tensión nominal y nivel de aislamiento).
- ☒ **Poder de corte:** Valor máximo de corriente de cortocircuito que puede interrumpir con una tensión y en unas condiciones determinadas.
- ☒ **Poder de cierre:** Valor máximo de corriente que puede establecer en condiciones determinadas a la tensión nominal.

Según el tipo de disparo tendremos dos variantes, una con **disparo electromagnético** exclusivamente (*deberá utilizarse junto con un relé térmico para la protección de motores*), y otra con **disparo magnetotérmico**. Ambos aparatos pueden ser idénticos en su aspecto exterior, debiéndonos fijar en el símbolo o símbolos que indican el tipo de disparo, que además es normalmente **regulable mediante una ruleta**, para ajustarse a las características de la máquina que protegen.



Además, todos los interruptores automáticos destinados a la protección de máquinas disponen de un **pulsador de test**, para comprobar su funcionamiento. Para evitar su disparo accidental, está en un hueco muy pequeño, sólo pudiéndose activar con ayuda de un destornillador muy fino.

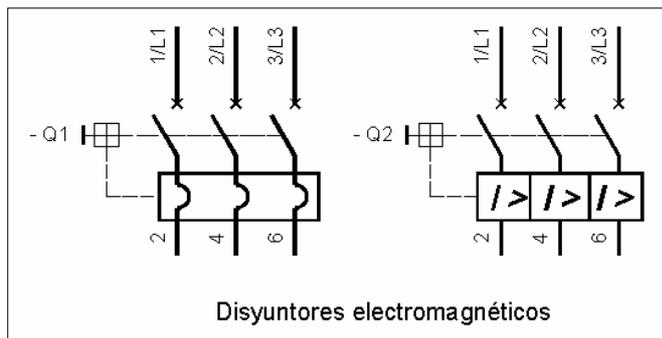
Los aparatos más recientes, adaptados a la última norma, disponen de un **sistema de enclavamiento o bloqueo** (*una pestaña o agujero que permite pasar un candado de bloqueo*), que impide su accionamiento accidental cuando se realizan labores de mantenimiento.

4.4.1 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO ELECTROMAGNÉTICO.

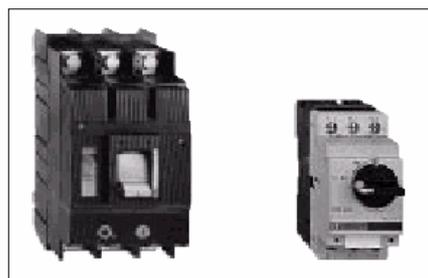
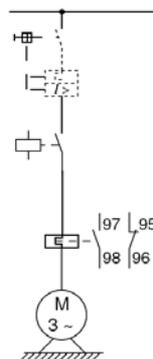
También llamado disyuntor, es un aparato de corte normalmente omnipolar, con cierre manual de los contactos y apertura automática, cuando la corriente llega a un valor umbral anteriormente seleccionado. El valor de disparo es fijo o regulable mediante una rueda graduada en función de las características de la instalación a proteger, normalmente entre 4 y 15 veces la intensidad nominal del aparato (I_n). En el caso de protección de motores, el valor establecido es de $13 \cdot I_n$.

También suelen disponer de **contactos auxiliares**, que utilizados dentro del circuito de mando, proporcionan un control determinado.

La representación en forma multifilar del aparato se observa en la imagen, siendo recomendable la forma de la derecha por ser la recomendada en la última norma.



El elemento básico de estos dispositivos es una **bobina** con su núcleo magnético (*un electroimán*), por la que circula toda o parte de la corriente de carga. Cuando por la bobina pasa una corriente determinada, se genera la fuerza magnética necesaria para atraer la parte móvil (*armadura*) que acciona los contactos de desconexión. El tiempo de disparo de estos interruptores es muy pequeño, del orden de milisegundos, por lo que se consideran de **disparo instantáneo**.



Para la protección de circuitos de arranque de motores se asocian con un contactor y un relé térmico, formando el conjunto un arrancador (*representado en la imagen*).

4.4.2 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO

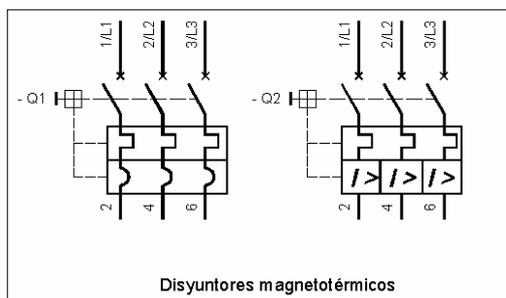
Es un elemento de **protección** y **control**, que dispone de cierre de contactos manual y apertura automática. La protección contra **sobrecargas** la realiza un dispositivo **térmico** regulable bilamina y la protección frente **cortocircuitos** corresponde a un dispositivo de tipo **magnético** (*electroimán*) que a un valor de corriente umbral abren el circuito.

La bobina primaria es recorrida por la corriente a controlar y la bobina secundaria está conectada al bimetetal, la intensidad que recorre por la bobina primaria crea un campo, de forma que parte de él tiende a atraer la parte móvil hacia el núcleo y otra parte del campo induce en el secundario una corriente que calienta el bimetetal.

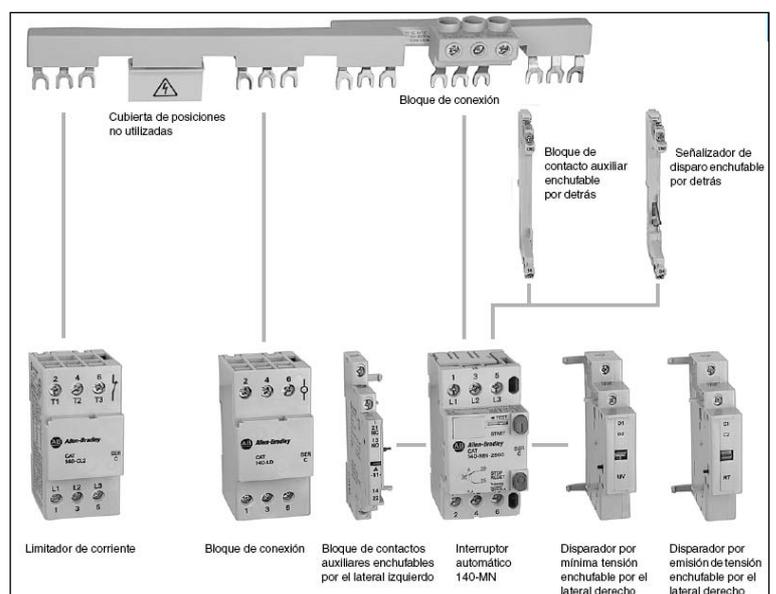


En los dispositivos de protección de instalaciones, tanto el disparo térmico como el electromagnético son regulables en función de las características de la instalación a proteger. En los aparatos destinados a la protección de motores, sólo la protección térmica es regulable para ajustarla a las características del motor.

Dispondremos de un disparador de **test**, para la prueba del funcionamiento del interruptor. Existen además una serie de elementos auxiliares que, acoplados con el disyuntor, pueden realizar labores adicionales de control y protección en el circuito principal o a través del circuito de mando.



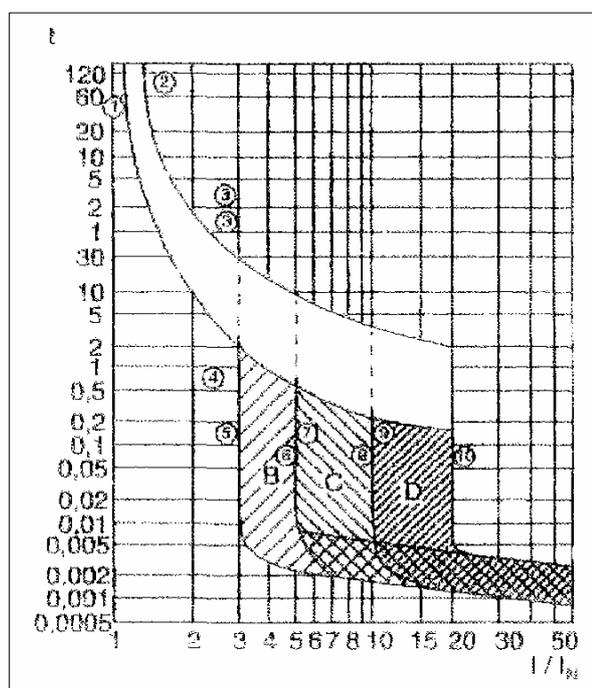
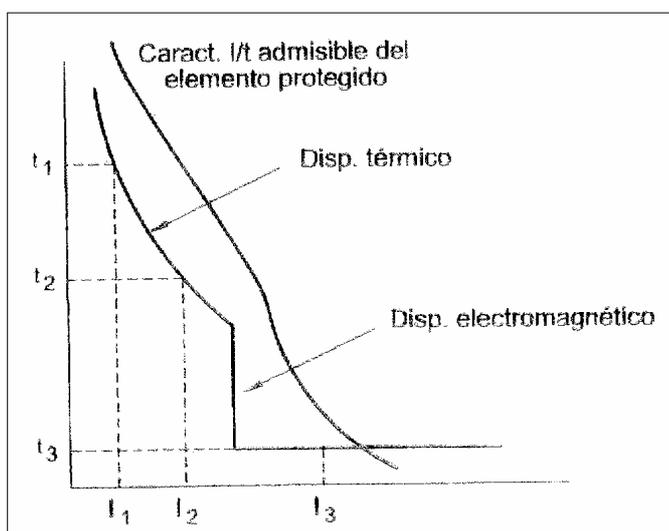
Simbología y referenciado de los interruptores magnetotérmicos (tripolares), en la imagen superior.



Para la elección de un magnetotérmico se deben tener en cuenta las características eléctricas de la instalación y el tipo de disparo. Las curvas de disparo establecidas por la UNE EN 60947-2, se recogen en la siguiente tabla.

Curva tipo	Disparo magnético	Aplicaciones
B	Entre $3,2 I_N$ y $4,8 I_N$	Protección de generadores y grandes longitudes de cable (esquemas TN e IT)
C	Entre $7 I_N$ y $10 I_N$	Protección de cables de receptores de aplicaciones en general.
D	Entre $10 I_N$ y $14 I_N$	Protección de cables alimentando receptores con elevada intensidad en el arranque.
MA	$12 I_N$	Protección para el arranque de motores (sin protección frente sobrecargas)
Z	Entre $2,4 I_N$ y $3,6 I_N$	Circuitos electrónicos.

La **curva de disparo** (*curva tiempo-corriente*) de estos interruptores tienen dos zonas diferenciadas, una que responde a la característica de **tiempo inverso** que proporciona la parte térmica del interruptor (*protección contra sobrecargas*) y otra de con característica de **disparo instantáneo**, propia de la parte magnética (*protección contra cortocircuitos*). Ambas curvas suelen ser regulables para adaptarse a las características de la instalación o máquina a proteger.



En las gráficas podemos ver la característica de disparo (*arriba*) y las distintas curvas de disparo de la parte electromagnética (*curvas B, C y D*).

Los criterios de elección más importantes de un interruptor magnetotérmico los podemos resumir en la siguiente tabla (*recomendaciones de Telemecanique*):

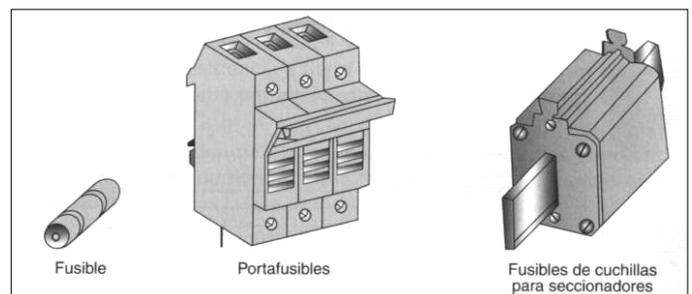
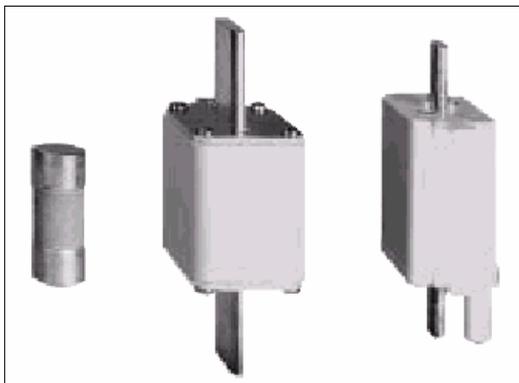
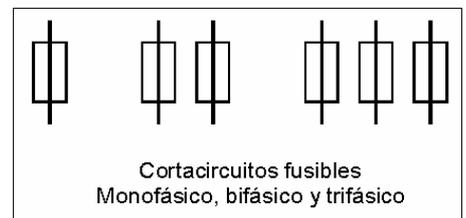
CALIBRE	CONSUMO REAL X 1,3		
PODER DE CORTE	Vivienda (6 KA), Terciario de (6 a 10 KA), Industria 10 KA mín		
CURVAS	(B) LÍNEAS, (C) UNIVERSAL, (D) MOTORES		
MODELOS RECOMENDADOS			
SECTOR	CALIBRE	CURVA	PODER DE CORTE
VIVIENDA	1-40	C	6 kA
TERCIARIO	1-40	B, C y D	6 KA
INDUSTRIA	0,5 - 125	B, C, y D	25 KA

4.5 CORTACIRCUITOS FUSIBLES

Es un dispositivo que proporciona una protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado, volumen muy reducido y no tiene la posibilidad de reutilización.

Se pueden montar de dos maneras:

- En unos soportes específicos llamados portafusibles.
- En el interior de los seccionadores.



Las clases de servicio de los fusibles de baja tensión vienen definidos mediante dos letras, la primera indica la capacidad de interrupción y la segunda el tipo de objeto a proteger:

Capacidad de interrupción	
g	Fusibles de uso general
a	Fusibles de uso parcial

Clases de objetos a proteger	
L	Cables y conductores
M	Aparatos de maniobra
R	Semiconductores
B	Instalaciones mineras
Tr	Transformadores

La combinación de ambas nos da las distintas clases de servicio posibles.

Clase de Servicio		Intensidad
gL/gG	Protección de cables y líneas de toda gama	$\geq I_{Min}$
aM	Protección de aparatos de conmutación gama parcial	$\geq 6,3 I_N$
aR	Protección de semiconductores gama parcial	$\geq 2,7 I_N$
gR	Protección de semiconductores gama total	$\geq I_{Min}$
gB	Protección instalaciones mineras gama total	$\geq I_{Min}$
gTr	Protección de uso general para transformadores	$\geq I_{Min}$

De las clases de servicio anteriores, tienen especial interés para el tema que nos ocupa las siguientes:

FUSIBLES DE DISTRIBUCIÓN (Tipos gG y gL)

Protegen contra los cortocircuitos y contra las sobrecargas a circuitos con picos de corriente poco elevados (circuitos resistivos), como pueden ser circuitos de alumbrado, líneas de alimentación, hornos...

Generalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

FUSIBLES "MOTOR" (TIPO aM)

Protegen contra los cortocircuitos a los circuitos sometidos a picos de corriente elevados como son los picos magnetizantes en la puesta a tensión de los primarios de los **transformadores** y los picos de arranque en **motores** asíncronos. En general, se usaran para la puesta en servicio de dispositivos muy inductivos.

Las características de fusión de los fusibles **aM** dejan pasar las sobreintensidades propias del arranque de las máquinas, no ofreciendo ninguna protección contra las sobrecargas (*el disparo no se produce hasta alcanzar 6,3 veces la intensidad nominal*). En el caso que sea necesario este tipo de protección frente sobreacargas, debe emplearse asociado a otro dispositivo (*relé térmico*).

Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

4.6 RELÉS TÉRMICOS

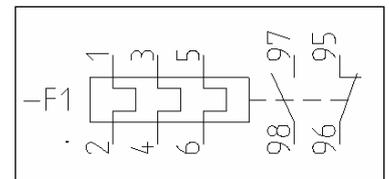
Son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas (se pueden utilizar tanto en corriente continua como en alterna).

Normalmente se fabrican insensibles a los cambios de temperatura (**compensados**), son sensibles a una pérdida de fase y se pueden rearmar manual o automáticamente en función del ajuste seleccionado.

Dispondremos además de un **pulsador de paro** para detener la instalación directamente desde el relé, un selector **manual/automático** y una **ruleta** para ajustar el disparo térmico a las características de la instalación. Además dispone de un pulsador de **test** para probar el funcionamiento.

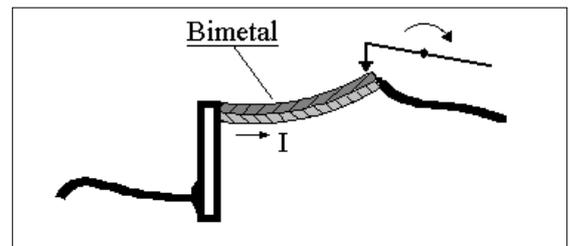
Existen modelos para acoplar directamente al contactor (*imagen derecha*) y otros independientes, que deberán ser cableados.

El relé dispone además de contactos auxiliares (*un NC marcado 95-96 y un NO marcado 97-98*) con los que cortar la alimentación del circuito de mando y señalizar el defecto. Simbología y referenciado en la imagen lateral.



Funcionamiento

Cada fase posee una bilámina formada por un **bimetal** (dos metales de diferente coeficiente de dilatación unidos por un extremo) por el que circula toda o parte de la corriente y está conectado en serie con una fase del receptor (normalmente motor).



En el caso de que se produzca una sobrecarga, el calor desprendido por la corriente (*efecto Joule*) hace que la bilámina adquiera una temperatura elevada, con lo que se produce una deformación, esta deformación de los bimetales provoca a su vez un movimiento giratorio de una leva o un elemento unido al dispositivo de disparo, esto hace que el mecanismo se ponga en movimiento, liberando el tope de sujeción, con lo que se liberan los contactos y deja de pasar la corriente.

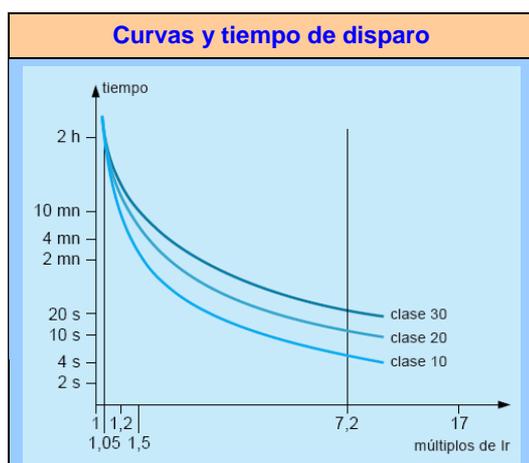
El relé **no se podrá rearmar** hasta que se enfríen las láminas. Por lo general podremos seleccionar un rearme manual (*un operario debe rearmar el relé*) o automático (*en cuanto la bilámina se enfría, el relé rearma*).

La curva de disparo responde a una característica de tiempo inverso, esto es, cuanto mayor sea el valor de la sobrecarga más rápido será el disparo del relé. De esta forma en sobrecargas débiles el disparo puede tardar horas, mientras que en valores próximos a cortocircuito apenas unas décimas de segundo.

La función del relé térmico es proteger al motor frente sobrecargas, pero también debe dejar pasar la punta de corriente que se produce en el arranque de la máquina. La norma **UNE EN 60947 (IEC 947)** establece cuatro categorías en función de la duración del arranque y el tiempo mínimo de disparo del relé térmico. Tendremos:

- ☑ **Clase 10A:** Aplicaciones de corriente con una duración de arranque inferior al 10 s.
- ☑ **Clase 10:** Igual a la anterior pero con disparo más lento del relé.
- ☑ **Clase 20:** Arranques de hasta 20 s de duración.
- ☑ **Clase 30:** Para arranques de un máximo de 60 s de duración.

Las características de disparo de cada una de las clases de relé, para los distintos valores de sobrecarga ($1,05 I_r$, $1,2 I_r$, $1,5 I_r$) y la intensidad considerada de arranque ($7,2 I_r$), se resumen en la siguiente tabla:



Tiempos de disparo (a partir de estado frío)				
Clase	$1,05 I_r$	$1,2 I_r$	$1,5 I_r$	$7,2 I_r$
10 A	> 2 h	< 2 h	< 2 min.	$2 \text{ s} < T_d < 10 \text{ s}$
10	> 2 h	< 2 h	< 4 min.	$4 \text{ s} < T_d < 10 \text{ s}$
20	> 2 h	< 2 h	< 8 min.	$6 \text{ s} < T_d < 20 \text{ s}$
30	> 2 h	< 2 h	< 12 min.	$9 \text{ s} < T_d < 30 \text{ s}$

Siendo:
 I_r Intensidad de regulación del relé
 T_d Tiempo de retardo del disparo

CLIXON

Se trata de un relé térmico tipo bilamina que se incluye en la mayoría de las máquinas utilizadas en climatización y electrodomésticos, conectado en serie con la alimentación. Al calentarse en exceso desconecta automáticamente la alimentación de la máquina.

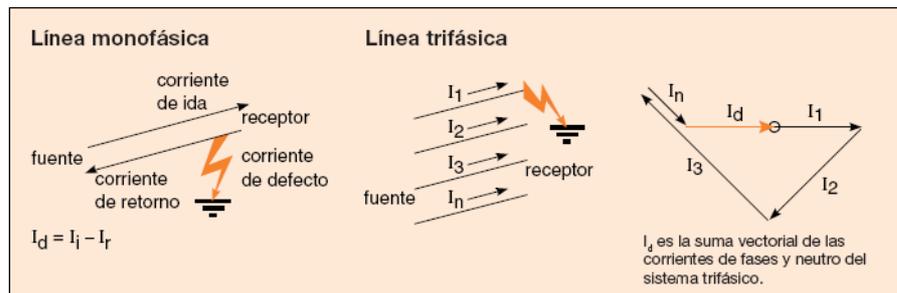


En motores trifásicos se incluye dentro del bobinado y dispone de un contacto auxiliar NC que se debe cablear en serie con la alimentación del circuito de mando. Una vez que se ha producido el disparo, la máquina no podrá volver a arrancar hasta que se haya enfriado.

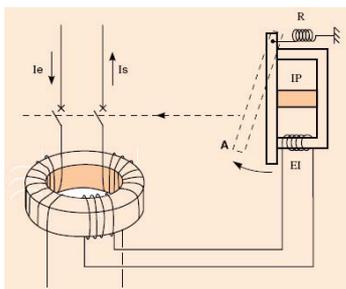


4.7 INTERRUPTOR DIFERENCIAL

El interruptor diferencial es un **dispositivo de protección**, tanto para los operarios como para las instalaciones. Desde el punto de vista del usuario protege frente a **contactos directos** (contacto con partes de la instalación normalmente en tensión) y **contactos indirectos** (contacto con una masa puesta accidentalmente en tensión). Desde el punto de vista de la instalación, la protege contra **derivaciones** a tierra (fuga de corriente por mal aislamiento) que pudieran ocasionar un calentamiento por efecto Joule o un arco eléctrico y, en consecuencia, un incendio.



El principio de funcionamiento se basa en un captador toroidal por el que circulan todos los conductores activos de la instalación eléctrica (*fases y neutro*), asociado a un dispositivo de corte. Como la intensidad de entrada debe ser igual a la de salida, en caso de producirse una derivación, se provocará un desequilibrio en las intensidades, que al ser detectada por el captador provocará el disparo del interruptor. (Al circular una corriente sinusoidal induce una corriente en el captador según la Ley de Faraday-Lenz, si está equilibrado se compensan, siendo la corriente resultante nula, pero si hay una derivación, esta corriente inducida será la que active el dispositivo de corte).



En el modelo más habitual la energía necesaria para la apertura del interruptor la suministra la propia corriente de defecto, que vence el enclavamiento magnético que mantiene el circuito cerrado, se denominan de “*disparo a propia corriente*”.

Para la protección personal se usan diferenciales de **alta sensibilidad** (10 ó 30 mA), mientras que para la protección de las instalaciones normalmente se utilizan diferenciales de 300 mA o superiores.

En instalaciones industriales o, en general, donde haya muchos dispositivos electrónicos se pueden producir disparos intempestivos, que se minimizan con la utilización de **diferenciales superinmunizados**.

4.8 LIMITADOR DE SOBRETENSIÓN

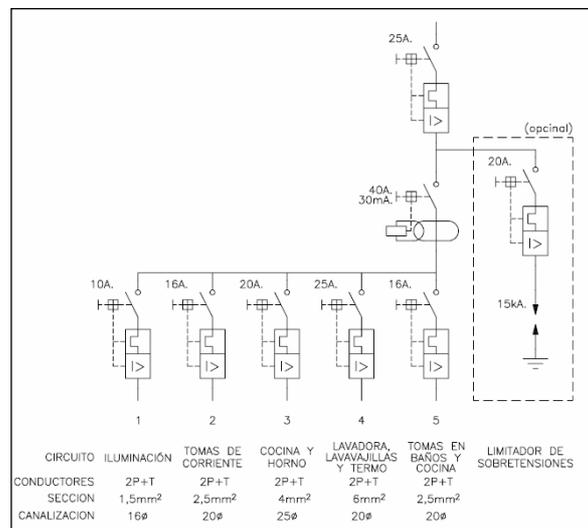
Los limitadores de sobretensión protegen los equipos eléctricos y electrónicos contra las sobretensiones transitorias, principalmente de origen atmosférico, pero también las generadas por las conmutaciones de transformadores, de motores o debidas a variaciones bruscas de carga.



El dispositivo funciona evacuando la corriente de sobretensión a tierra, conectado en paralelo con la instalación que se desea proteger y con un dispositivo de corte en serie con el limitador. La resistencia de la toma de tierra deberá ser lo más baja posible no siendo necesario que sea independiente de la habitual del edificio, en redes de distribución TT. Si se coloca aguas abajo del interruptor diferencial, es recomendable que sea de tipo selectivo para evitar disparos intempestivos.

En la imagen podemos ver el esquema correspondiente a una instalación para una vivienda de grado de electrificación básico, apreciándose el conexionado en paralelo.

En caso de precisar un funcionamiento más selectivo, pueden coordinarse varias protecciones, una general para la instalación y otra más fina para los equipos electrónicos más sensibles e incluso, las redes de comunicación.



Las sobretensiones pueden provocar el deterioro de los equipos eléctricos y la destrucción de los componentes electrónicos de los receptores. Los limitadores de sobretensión están especialmente recomendados en las zonas y lugares expuestos a los riesgos del rayo, para proteger receptores sensibles y costosos. Este es el caso frecuente de fábricas y plantas de producción, normalmente alejadas de los núcleos urbanos, con alimentación eléctrica a través de una línea aérea (*mucho más expuesta*) y normalmente con electrónica de control de gran valor.



La elección de los limitadores se realiza en base a dos criterios fundamentales:

- ✓ Exposición del edificio a los riesgos del rayo. Ver mapa adjunto (*extraído del catálogo general de Hager*).
- ✓ Sensibilidad y valor del material a proteger

5. CRITERIOS DE PROTECCIÓN DE CIRCUITOS CON CONTACTORES

Todo **circuito de fuerza** deberá estar **protegido frente a sobrecargas y cortocircuitos**, utilizando par ello una combinación de los dispositivos mencionados en el apartado anterior. A la combinación de ambas protecciones se le suele denominar **guardamotor**. Tendremos entonces varias posibilidades:

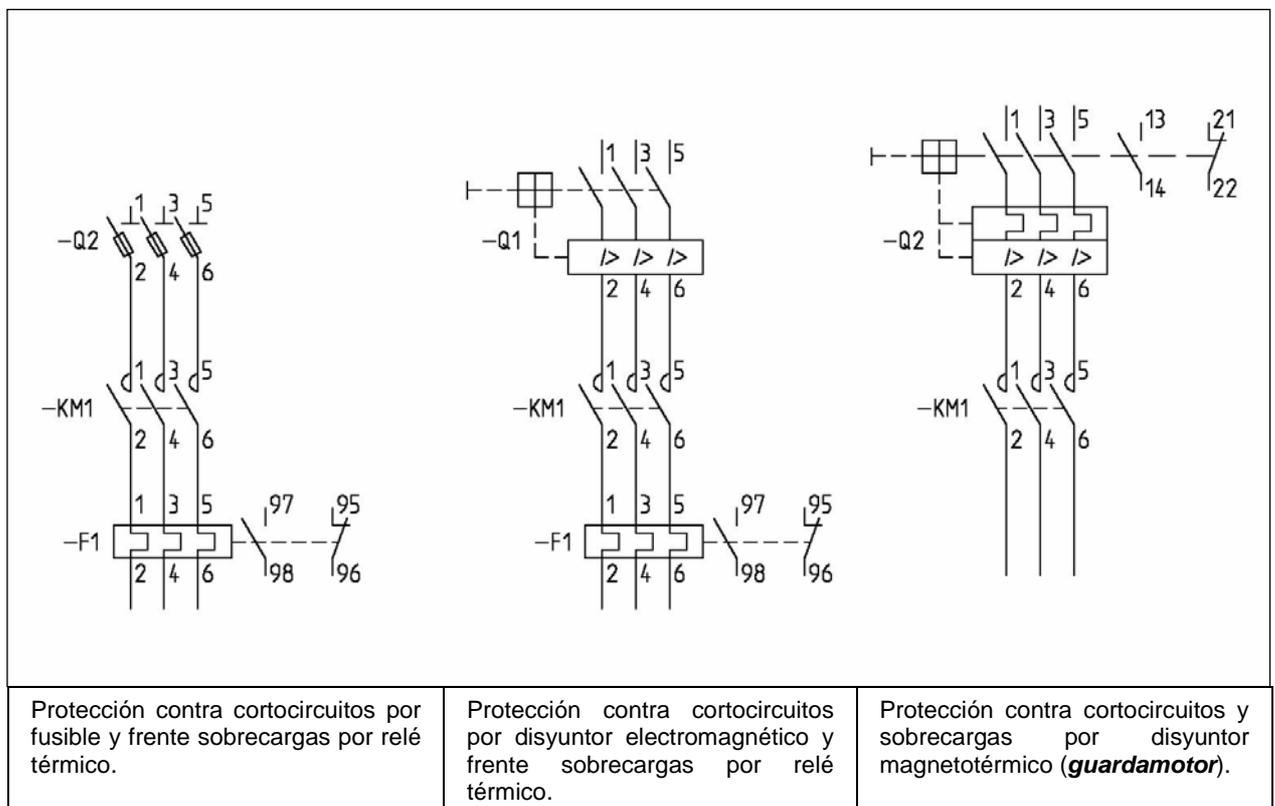
Protección contra cortocircuitos

Utilizaremos un **cortacircuitos fusible** o un **disyuntor electromagnético** situados antes del contactor.

Protección contra sobrecargas

Utilizaremos un **relé térmico de sobrecarga** o un **disyuntor magnetotérmico**, en este último caso, podemos sustituir la protección contra cortocircuitos por un dispositivo que combina ambos tipos de protección denominado **guardamotor**.

En el caso de utilizar 2 aparatos diferentes, uno para la protección contra cortocircuitos y el otro para la protección contra sobrecargas, dispondremos la primera protección en cabecera de la instalación, mientras que el térmico se dispondrá entre el contactor y el receptor. Si optamos por proteger la instalación con un dispositivo combinado, este se colocará en cabecera de la instalación, aguas arriba del contactor.



Como en los esquemas los dispositivos se representan en la posición de reposo, hay que señalar que para la **protección**, en el circuito de mando se utilizarán los contactos *NA* (13-14) si se realizan con un interruptor y el *NC* (95-96) si se utiliza un relé térmico, mientras que la **señalización** se hará con un *NC* (21-22) cuando se utiliza un interruptor, mientras que si se utiliza el térmico se utilizará el contacto auxiliar *NA* (97-98).

RECOMENDACIONES

Como regla general, antes de conectar cualquier motor a la red, deberemos realizar las siguientes comprobaciones:

- ✓ Tensiones de alimentación y tipo de conexionado, de acuerdo con la placa de características del motor.
- ✓ Que el eje de la máquina gira libremente.
- ✓ Que no haya derivaciones a tierra (medir continuidad entre cada uno de los devanados y la carcasa).
- ✓ Que no haya derivaciones entre devanados (medir continuidad entre los devanados).
- ✓ Que el valor Óhmico de todos los devanados es aproximadamente el mismo (medirlo entre los extremos de cada devanado).

LO QUE NUNCA HAY QUE HACER

- ✗ Limar o engrasar los contactos.
- ✗ Modificar una pieza o sustituirla por una pieza de recambio inadecuada.
- ✗ Rearmar un relé de protección sin averiguar antes la causa del disparo y eliminarla.
- ✗ Cambiar un fusible y volver a poner el equipo bajo tensión sin haber solucionado el defecto.
- ✗ Dejar abierto un cofre o un armario sin necesidad, especialmente en ambientes polvorientos.

6. PRINCIPALES TIPOS DE ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN

El motor de inducción es el más utilizado en la industria, en especial los que tienen el rotor en cortocircuito. Veamos los principales métodos de arranque utilizando automatismos con contactores.

- **Arranque directo:** La intensidad absorbida por el motor en un arranque directo es, por regla general, de 5 a 7 veces la intensidad nominal a plena carga, lo que limita su utilización a motores de no demasiada potencia, inferior a 4 CV (< 3 kW). El par de arranque es elevado con el inconveniente de que las transmisiones de la máquina pueden verse afectadas. Para potencias elevadas, pueden aparecer perturbaciones en la red.
- **Arranque estrella - triángulo (Y- Δ):** Arrancamos la máquina en estrella (Y) con lo que la intensidad disminuye a 1/3 respecto del arranque directo. Una vez alcanzado el 80 % de de la velocidad nominal, pasamos el motor a la alimentación en triángulo (Δ). Su principal inconveniente es que el par de arranque de la máquina se reduce en la misma proporción. En el paso de Y a Δ la máquina quedará un instante desconectada de la alimentación. Este arranque es adecuado para motores que arranquen en vacío o a media carga, como ventiladores o bombas.
- **Arranque por resistencias estáticas:** Consiste en arrancar el motor a tensión reducida por la inserción de resistencias en serie con los devanados de la máquina. Según se estabiliza la velocidad, las resistencias se eliminan, quedando el motor conectado directamente a la red. Se pueden incluir varios escalones en función de las características de la instalación. Como el par es proporcional al cuadrado de la tensión, aumenta más rápidamente que en el caso del arranque Y- Δ . Sin embargo, la punta de corriente es relativamente importante. Su aplicación principal es en máquinas de fuerte inercia, cuyo par resistente crece con la velocidad, (ventiladores).
- **Arranque por autotransformador:** En este caso conectamos el estator a red a través de un autotransformador, y vamos aumentando la tensión hasta alcanzar su valor nominal. Su aplicación es en motores de gran potencia (superior a 100 kW). Pueden aparecer perturbaciones transitorias en la red que deben ser corregidas.
- **Arranque de motores de devanados partidos (*Part Winding*):** Se trata de un motor de con los devanados estáticos desdoblado en 2 devanados paralelos. En el arranque sólo conectamos uno de los devanados, quedando aproximadamente divididos en la misma proporción tanto el par como la intensidad del arranque. Sin embargo, su par es superior al de un motor de jaula de ardilla equivalente en arranque Y- Δ . Al finalizar el arranque se conecta el segundo devanado, siendo la punta de corriente débil y de corta

duración ya que el motor está en todo momento conectado a la red. No confundir este tipo de motores con los de bobinados separados (*motores de dos velocidades*).

- **Arranque por resistencias rotóricas:** Aplicable a los motores de **rotor bobinado**. Consiste en insertar en el circuito rotórico resistencias que se cortocircuiten progresivamente, al tiempo que el estator se alimenta a la tensión de la red. La relación de par - intensidad es muy buena. Su utilización se orienta a máquinas que deban arrancar en carga, que precisen un arranque progresivo o poco frecuente.

Resumimos en la siguiente tabla los datos más significativos del arranque:

	TIPOS DE ARRANQUE					
	Directo	Y - Δ	Resist. estáticas	Autotrafo	Devanados partidos	Arrancador electrónico
% de la corriente de arranque directo	100 %	33 %	58 - 70 %	30-40-64 %	65 %	Ajustable (Máx. 90 %)
% del par de arranque directo	100 %	33 %	33 - 49 %	30-40-64 %	48 %	Ajustable (Máx. 80 %)
Escalones de arranque	1	2	3 - 2	4 - 3 - 2	2	Arranque sin escalones
Sobrecarga respecto (I_N)	5 a 7 I_N	1,4 a 2,6 I_N	3 a 3,5 I_N	1,5-2,1-3,2 I_N	3,25 I_N	Ajustable (Máx. 5 I_N)
Transición de arranque	NO	SÍ	NO	NO	NO	NO
Bornes de conexión al motor	3	6	3	3	6	3
Notas:	Los arranques por resistencias estáticas, o autotransformador, actualmente han sido desplazados por los arrancadores electrónicos. El arranque por devanados partidos, precisa que el motor sea de este tipo, no siendo aplicable a los motores asíncronos normales.					

La exigencia de limitar la intensidad de arranque de los motores de más de 0,75 kW se establece en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión que reproducimos a continuación:

Tabla 1 de la ITC-BT 047 del RBT 2002

Motores de corriente continua		Motores de corriente alterna	
Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de arranque y la de plena carga	Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de arranque y la de plena carga
De 0,75 a 1,5 kW	2,5	De 0,75 a 1,5 kW	4,5
De 1,5 a 5,0 kW	2,0	De 1,5 a 5,0 kW	3,0
Más de 5,0 kW	1,5	De 5,0 a 15,0 kW	2,0
		Más de 15,0 kW	1,5

7. RECOMENDACIONES PARA EL CABLEADO

Las siguientes recomendaciones se basan en la norma UNE-EN 60204 (IEC-60204) referentes a Seguridad de las máquinas (Equipo eléctrico de las máquinas). El RBT no es de aplicación al considerar el cuadro eléctrico como parte de una máquina.

7.1 CONEXIONES

Todas las conexiones deberán estar **garantizadas contra el aflojamiento accidental**. Es recomendable el uso de bornas de tipo “clema” en conexiones de circuitos de maniobra y/o circuitos de baja potencia, por su mayor resistencia a los aflojamientos debidos a las vibraciones y los efectos de variación térmica.

Los medios de conexión (bornes, terminales, etc.) deberán ser **adecuados para la sección y la naturaleza del conductor**. Para los conductores de aluminio o con aleaciones del mismo, se deberán utilizar terminales o bornas especiales para evitar los problemas de la corrosión electrolítica (terminales bimetálicos).

No está permitida la conexión de 2 o más cables a un mismo borne a menos que dicho borne esté diseñado para dicha conexión.

Se recomienda el **uso de terminales o punteras**, especialmente en conductores flexibles para su conexión. En el caso de necesidad de conexión de varios cables en una misma borna de un aparato para realizar series en paralelo, es preferible utilizar un único terminal o puntera, adecuado especialmente para diversos conductores, siendo el máximo permitido de 2 cables en una única puntera o terminal de cable. La misma regla rige para las bornas de interconexión.

Para la conexión de más de dos cables en un único punto se utilizarán bornas especiales o distribuidores específicamente preparados para tal efecto.



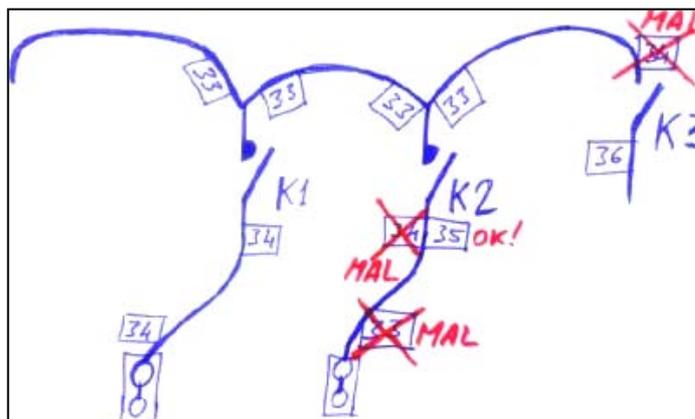
Para los **conductores de protección** está **prohibida la conexión de más de un solo conductor** en una borna, debiéndose de conectar un solo conductor en cada borna y conducir todos los conductores de protección a un único punto común de conexión.

7.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

Todos los cables deben ir adecuadamente identificados mediante marcas indelebles e imperdibles y adecuadas para el medio en el que se encuentran. Dichas marcas deben coincidir exactamente con sus marcas correspondientes en los esquemas técnicos de los circuitos.

Al igual que en las reglas de identificación de los esquemas, se seguirá la regla de identificación equipotencial de conductores mediante un identificador único. Cada conductor o grupo de conductores conectados equipotencialmente deberá llevar un número único igual en todo su recorrido y distinto de otras conexiones equipotenciales.

Físicamente, **dicha marca** se pondrá **en lugar visible fijada al conductor** y cerca de todos y cada uno de los **extremos terminales o conexiones**. En un mismo armario o grupo de armarios de automatismos **no deberá existir bajo ningún concepto dos marcas identificativas iguales en conductores que no estén conectados al mismo potencial**.



Para señalar los distintos circuitos se debe utilizar obligatoriamente el siguiente **código de colores** para los conductores unifilares:

Color	Tipo circuito
Azul claro	Neutros de circuitos de potencia
Negro	Conductores activos de circuitos de potencia en c.a. y c.c.
Rojo	Circuitos de mando en corriente alterna
Azul	Circuitos de mando en corriente continua
Naranja	Circuitos de enclavamiento de mando alimentados desde una fuente externa de energía
Amarillo/verde	Conductores de protección PE (tierra)

Excepciones previstas a la norma:

- ⊗ Mangueras multiconductoras. En este caso deben ir obligatoriamente identificadas mediante marcas en los cables u otros colores.
- ⊗ Dispositivos individuales con un cableado interno, que son adquiridos como completos.
- ⊗ Conductores, que por su naturaleza, no disponen de aislante superficial del color normalizado. En este caso se deberá identificar claramente mediante inscripciones indelebles.

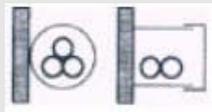
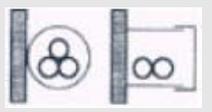
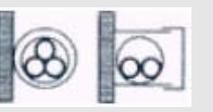
7.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES

Las mallas o cubiertas de los cables apantallados o blindados no podrán ser utilizados bajo ningún concepto como conductores de protección, aunque sí deben estar conectados obligatoriamente a tierra.

Temperaturas máximas admisibles de los conductores:

Tipos de aislamiento	Máxima temperatura del conductor (°C)	
	Condiciones normales (Servicio permanente)	Condiciones de cortocircuito (*)
Policloruro de vinilo (PVC)	70	160
Caucho	60	200
Polietileno reticulado (PR)	90	250
Compuesto de etileno propileno (PER – EPR)	90	250
Caucho silicona (SIR)	180	350
Nota: Para temperaturas límite superiores a 200 °C, los conductores de cobre deberán ser recubiertos de plata o níquel.		
(*) Estos valores están basados en la hipótesis del comportamiento adiabático para un período no superior a 5 segundos.		

Intensidad máxima admisible (en amperios) en servicio normal en los conductores (de cobre) en el interior de las envolventes para una temperatura ambiente de 40°C considerando los factores de corrección del montaje para más de 6 cables agrupados discurriendo por las canalizaciones (*Nota: recordemos que por tratarse de conjuntos de maquinaria, el Reglamento Electrotécnico de baja Tensión no es preceptivo en los cuadros. En lo referente a secciones mínimas de conductor e intensidades máximas admisibles se aplican las normas UNE-EN*):

Sistemas de instalación	Conductores PVC (hasta 750V)				Conductores RV 0,6/1kV	
						
	Unifilares en conductos o canales		Mangueras en conductos o canales		Unifilares al aire o en conductos o canales	Mangueras al aire o en conductos o canales
Sección (en mm ²)	c.alterna	c.continua	c.alterna	c.continua	c.alterna	c.alterna
0,75	4,56	3,8	--		--	--
1	6,24	5,2	5,75	4,8	--	--
1,5	8,1	6,75	7,32	6,1	14,4	13,6
2,5	11	9,15	9,9	8,25	20,8	20
4	15	12,5	13,8	11,5	28	27,2
6	19,2	16	17,4	14,5	36,8	35,2
10	26,4	22	24	20	51,2	49
16	36	18	31,2	26,5	68,8	65,6
25	46,2	23,1	13,8	33,5	96	88
35	58,2	29,1	49,8	41,5	124	114
50	--		--		153	140
70	--		--		196	179
95	--		--		243	221
120	--		--		285	255

Factores de corrección de la intensidad máxima admisible en conductores de cobre en el interior de las envolventes para temperatura ambiente distinta de 40°C

Temperatura ambiente (°C)	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
Factor corrector	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58

Tabla de secciones mínimas a utilizar en cableados de circuitos de mando y de potencia en los conjuntos eléctricos dentro de las envolventes, según norma EN 60204-1 y la sección mínima estandarizada entre los constructores de cuadros eléctricos)

Aplicación (secciones en mm ²)	Cables unipolares		Mangueras	
	norma	estándar	norma	estándar
Circuitos de potencia	0,75	1,5	0,75	1,5
Circuitos de mando	0,20	0,75	0,20	1
Circuitos de control	0,20	0,35	0,20	0,35
Cables de datos	--	--	0,08	0,20

INFORMACIÓN ADICIONAL DE CONDUCTORES

La identificación de los conductores se realizará generalmente mediante un número, aunque si se desea distinguir entre grupos de circuitos (como por ejemplo circuitos de potencia y circuitos de maniobra), se podrán usar caracteres alfanuméricos delante del número de identificación. También es habitual, sobre todo en conductores de potencia, la necesidad de identificar en los esquemas las características físicas de los conductores y el número de los mismos. Para ello se siguen las siguientes reglas:

L	Conductor de fase
N	Conductor neutro
PE	Conductor de tierra o de protección
Al	Conductores de aluminio
Cu	Conductores de cobre

Identificación del número de conductores y sus secciones:

El número de conductores de fase se identifica mediante una cifra, seguida del símbolo 'x' y a continuación la sección de los conductores. Si además existen otros conductores (neutro o de tierra) se añadirán a la derecha intercalando el signo '+' en cada conductor.

3x120 mm² + 1x70 mm² 3x120+70 mm² (forma resumida)	Tres conductores de fase de 120 mm ² cada uno y un conductor neutro de 70 mm ² de sección
2x120 mm² Al	Dos conductores de aluminio de 120 mm ² de sección
3x(2x240 mm²) + 1x240 mm² 3x(2x240)+240 mm² (forma resumida)	Dos conductores en paralelo por cada fase de 240 mm ² cada uno y un conductor neutro de 240 mm ² de sección

Identificación de las características de la red:

3+N ~ 400/230 V 50 Hz (forma 1)	Conjunto de conductores de 3 fases y neutro con tensión compuesta de 400V y tensión simple de 230V, corriente alterna a 50 Hz.
3N ~ 400/230 V 50 Hz (forma 2)	
3/N ~ 400/230 V 50 Hz (forma 3)	Corriente alterna trifásica con neutro, 50 Hz; con esquema tipo TN-S
3/N ~ 50 Hz / TN-S	
3 ~ 50 Hz 400 V	

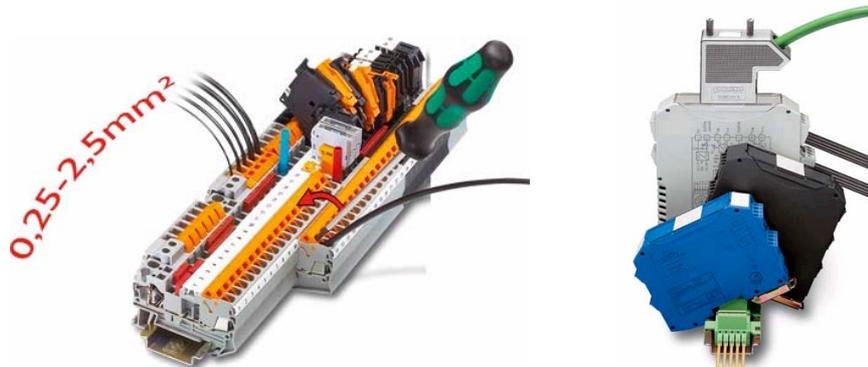
Esquemas ejemplo:

	Circuitos de corriente continua, 110V con dos conductores de aluminio de 120 mm ² de sección.
	Circuito de corriente alterna trifásica, 50 Hz a 400V entre fases, con tres conductores de fase de 120 mm ² cada una y un conductor neutro de 50 mm ² de sección.
	Nota: se puede reemplazar 3N por 3+N

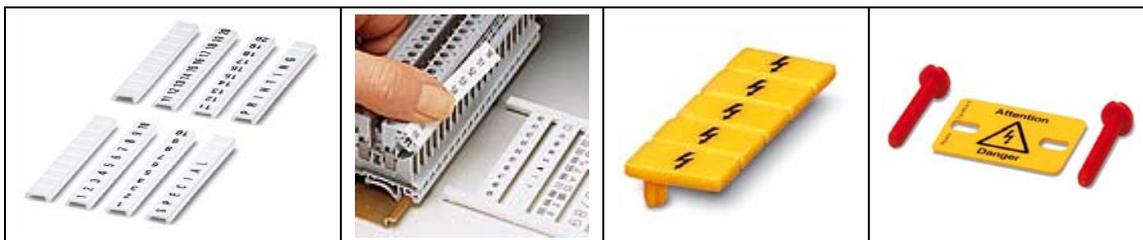
7.4 ARMARIOS Y ENVOLVENTES

Cableado de elementos exteriores hasta el interior de la envoltura

Para el cableado de **mando exterior** hasta el interior de la envoltura deberán utilizarse obligatoriamente bornas de conexión o combinaciones base-clavija adecuadas.



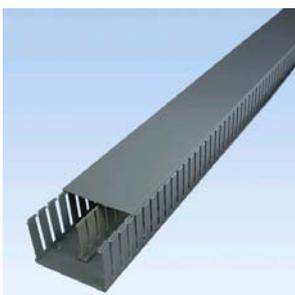
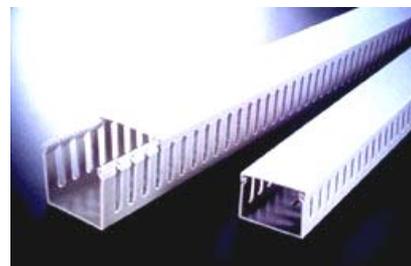
Los bornes de interconexión con elementos exteriores de la envoltura deberán separarse en grupos separados según sean circuitos de potencia, circuitos de mando u otros circuitos de mando alimentados por fuentes externas (*enclavamientos*).



Dichos grupos de bornas pueden ser adyacentes pero deberán estar perfectamente identificados para que cada grupo sea de fácil reconocimiento óptico (*se permiten el uso de barreras, colores, tamaños diferentes y marcados específicos*).

Canales y conducciones de cableado interior

Las canales y conducciones de cableado del interior de la envoltura deben ser de **material aislante** y se deben de poder acceder preferiblemente desde la parte delantera del armario para poder hacer modificaciones, caso de no ser así, será necesario prever acceso al armario desde la parte posterior mediante puertas o tapas accesibles.



Las **canales y conducciones** deben prever un **espacio libre para reserva** del 20% del total de su volumen y en ningún caso superarán un llenado total superior al 90% del volumen útil de la canal.

Los empalmes de cualquier tipo entre conductores dentro de canales o conducciones, están **prohibidos** debiéndose disponer de bornas para estas conexiones debidamente colocadas fuera de las canales.

Embarrados de distribución

Cuando sea necesario derivar varios cables de un punto dado para su distribución, se utilizarán **colectores de barras, bornas puenteables o barras de distribución** diseñados para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos de la intensidad de cortocircuito máxima previsible en dicho punto y se dimensionarán en toda su longitud para una intensidad nominal como mínimo igual a la intensidad de corte de la protección contra sobrecargas dispuesta inmediatamente aguas arriba. Los embarrados de mando y de fuerza deberán ser distintos.



Se prohíbe el uso común del mismo colector para funciones de protección (tierra) y funciones de neutro. El colector de tierras debe ser perfectamente identificable y distinto de cualquier otro colector.

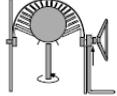
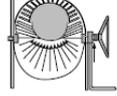
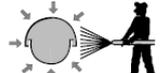
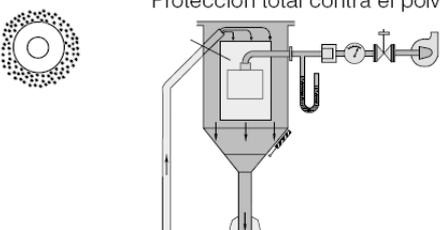
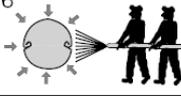
Todos los colectores de conductores activos deben estar **protegidos mediante tapas o cubiertas** (aislantes o metálicas puestas a tierra) preferiblemente parciales o bien globales de forma que al abrir el cuadro para funciones de mantenimiento normal, no sea posible tocar ninguna parte activa, garantizándose un grado de protección mínimo IP 2x, en general e IP 4x si el acceso a dichos colectores es fácil y habitual.

En el caso de que no se puedan tapar dichos colectores y estos queden al aire en el interior del armario y el acceso a ellos es fácil mediante operaciones normales de mantenimiento, será obligatorio instalar un dispositivo en el interruptor general de energía de forma que éste se manipule directamente desde el exterior del armario y de forma que mientras esté conectado (cuadro con tensión) las puertas de dicho armario estén bloqueadas en posición cerradas y que sólo se puedan abrir cuando el interruptor general se encuentre en posición abierto (cuadro sin tensión).

Para derivar con cables de sección menor desde un colector o distribuidor se utilizarán tramos de cable lo más cortos posible, colocando la protección de cabecera de la derivación lo mas cerca posible del punto de distribución. Los cables de derivación se dimensionarán para soportar como mínimo 1,5 veces la intensidad máxima prevista para la protección magnetotérmica.

7.5 GRADOS DE PROTECCIÓN DE LAS ENVOLVENTES. ÍNDICES IP E IK

Los índices IP e IK nos indican las propiedades mecánicas que cumplen las envolventes y carcasa del material eléctrico, de acuerdo con la norma UNE-EN 50102. El significado de cada cifra se resume en el siguiente cuadro.

IP		IP	
Protección contra los cuerpos sólidos		Protección contra los líquidos	
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Ø 50 mm  Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm Ø	1	 Protección contra la caída de gotas verticales (condensación)
2	Ø 12 mm  Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 12 mm Ø	2	 Protección contra la caída de gotas de agua, hasta un ángulo de 15° de la vertical
3	Ø 2,5 mm  Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm Ø	3	 Protección contra la caída de agua de lluvia hasta un ángulo de 60° de la vertical
4	Ø 1 mm  Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm Ø	4	 Protección contra la proyección de agua en todas direcciones
5	 Protección contra el polvo en cantidad no perjudicial.	5	 Protección contra los chorros de agua en todas direcciones
6	Protección total contra el polvo 	6	 Protección contra los chorros de agua en todas direcciones, semejantes a un golpe de mar
		7	 Protección contra los efectos de inmersión

IK	
Impacto	Energía
00	Sin protección
01	Energía de choque 0,15 julios
02	Energía de choque 0,20 julios
03	Energía de choque 0,35 julios
04	Energía de choque 0,50 julios
05	Energía de choque 0,70 julios
06	Energía de choque 1 julios
07	Energía de choque 2 julios
08	Energía de choque 5 julios
09	Energía de choque 10 julios
10	Energía de choque 20 julios

Tabla F8-003: parámetros de los ensayos correspondientes a los ensayos de protección contra la penetración de cuerpos sólidos, agua y de resistencia al impacto.

En el caso particular de las **envolventes** se pueden considerar opcionalmente para el índice IP una letra adicional y otra suplementaria, mientras que el índice IK queda reducido a sólo 4 categorías.

Ejemplo: IP 23C-IK2.

Material protegido contra:

■ 2: la penetración de un cuerpo de > 12 mm y el acceso con el dedo.

■ 3: la penetración de agua de lluvia a 60° de la vertical.

■ C: protección al acceso a partes peligrosas de una herramienta de 2,5 mm de Ø.

Nota: Una X en la situación de una cifra quiere indicar que la característica correspondiente no está considerada.

La presencia de la letra C refuerza el grado de protección contra los contactos directos, especificado por la primera cifra.

Indices de protección de las envolventes		
Indice IP	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Indice IK	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.^a cifra		
Protección contra la penetración de cuerpos sólidos y contra el acceso a partes peligrosas		
No protege	0	AE1
Protección contra sólidos > 50 mm de Ø y el acceso del dorso de la mano	1	AE1
Protección contra sólidos > 12 mm de Ø y el acceso de un dedo	2	AE1
Protección contra sólidos > 2,5 mm de Ø y el acceso de un útil	3	AE2
Protección contra sólidos > 1 mm de Ø y el acceso de un hilo	4	AE3
Protección contra el polvo y el acceso de un hilo	5	AE4
Estando al polvo y al acceso de un hilo	6	AE4
2.^a cifra		
Protección contras los efectos nocivos del agua		
No protege	0	AD1
Protección contra la caída vertical de gotas de agua (condensación)	1	AD2
Protección contra la caída de gotas de agua hasta 15° de la vertical	2	AD2
Protección contra la caída de gotas de lluvia hasta 60° de la vertical	3	AD3
Protección contra proyecciones de agua en todas direcciones	4	AD4
Protección contra chorros de agua en todas direcciones	5	AD5
Protección contra proyecciones de agua similares a un golpe de mar	6	AD6
Protección contra la inmersión	7	AD7
Material sumergible - ensayo sobre acuerdos particulares	8	AD8
Letra adicional en opción		
Una protección contra acceso de partes peligrosas superiores a las especificadas en la cifra 1.^a		
Protección contra el acceso del dorso de la mano	A	0
Protección contra el acceso de un dedo	B	0-1
Protección contra el acceso de un útil de 2,5 mm de Ø	C	0-1-2
Protección contra el acceso de un hilo	D	0-1-2-3
Letra suplementaria (en opción)		
Material de AT	H	
En movimiento durante el ensayo del agua	M	
En paro durante el ensayo del agua	S	
Protección a la intemperie	W	
Protección contra los impactos mecánicos (acción directa de un martillo sobre la envolvente)		
Impactos débiles	01	AG1
Impactos mediados	05	AG2
Impactos importantes	07	AG3
Impactos muy importantes	09	AG4

Tabla F8-002: grados de protección proporcionados por las envolventes.

8. PULSATERÍA DE MANDO Y SEÑALIZACIÓN

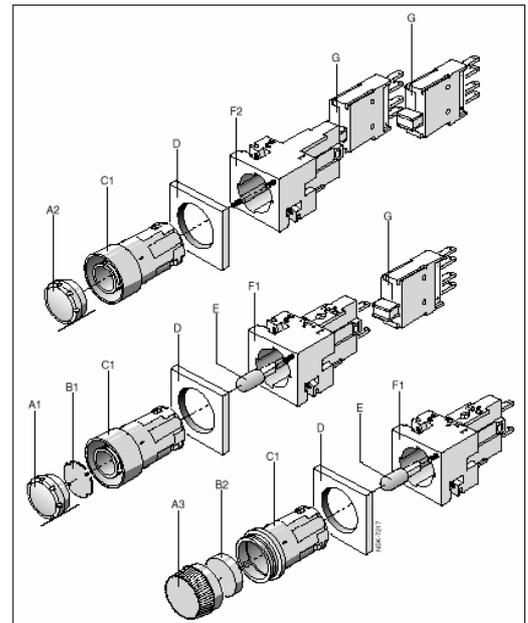
PULSADORES

Sirven para enviar un impulso al sistema. Atendiendo a su forma, distinguimos 3 grupos:

Rasante: La superficie del pulsador está a ras del borde de la botonera, evitando así toda maniobra inesperada.

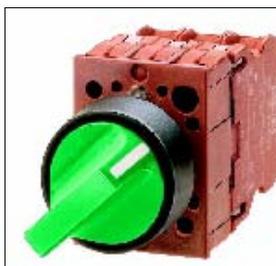
Saliente: Permite su utilización con guantes.

De seta: Tiene un diámetro mayor en el borde exterior que en el interior y se utiliza para intervención rápida en parada de emergencia. Es de color rojo para facilitar su identificación.



BOTONES GIRATORIOS

Disponen de dos o más posiciones mantenidas con o sin retorno automático a cero. Existen modelos de seguridad activados por llave, entonces solamente la persona autorizada puede realizar la maniobra.



UNIDADES DE SEÑALIZACIÓN

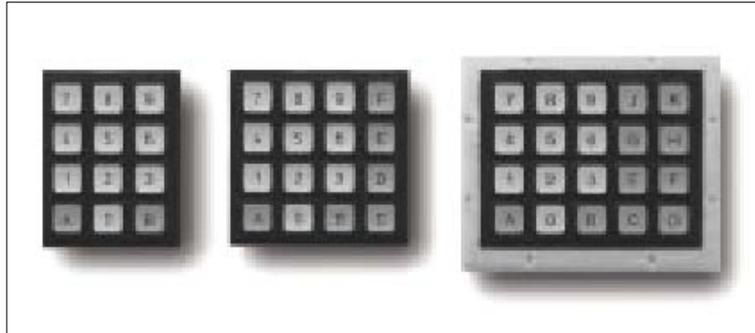
Habitualmente son lámparas o LEDs. Pueden estar alimentadas directamente a red o ser alimentadas a través de un transformador reductor de tensión. También se puede introducir señalización en pulsadores de mando.



TECLADOS Y PANTALLAS TÁCTILES

Se utilizan preferentemente en lógica programada y para controlar autómatas. Sus aplicaciones más habituales son en los siguientes casos:

- ⊗ Máquinas - herramientas de control numérico (conformación de metales y madera).
- ⊗ Equipos de talleres y garaje automático.
- ⊗ Máquinas de distribución alimentaria.



CAJAS DE PULSADORES COLGANTES

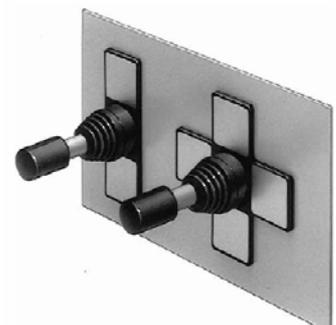
Se utilizan en el mando a través de contactores, de máquinas elevadoras (polipastos, puentes grúa, grúas de pluma y máquinas - herramientas).

La caja es de aluminio colado o poliéster preimpregnado de fibra de vidrio (gran resistencia a los choques y agentes químicos), tienen un número variable de contactos.



MANIPULADORES Y COMBINADORES

Se trata de palancas tipo Joystic. Pueden tener dos o tres posiciones con retorno automático a cero o posiciones mantenidas. Mediante contactores aseguran en un solo tiempo el mando de numerosos equipos (máquinas - herramienta, elevación, etc.)



Los combinadores se utilizan para el mando semiautomático en varios tiempos de los aparatos de elevación (tornos, pórticos, puentes grúa).

Los combinadores de un tambor solo controlan un movimiento. Los de dos tambores (mando universal) permiten el mando simultáneo de dos movimientos mediante una sola palanca.



PEDALES

Están destinados al mando a través de contactores de máquinas - herramienta (esmeriladoras, taladradoras, prensas, soldadoras, etc.). Pueden ser de impulso o de enganche. Se utilizan cuando el operario tiene las dos manos ocupadas.



PARADA DE EMERGENCIA CON ENCLAVAMIENTO

Al intervenir sobre el pulsador se provoca la parada, solamente la persona que posea la llave puede desenclavar el puesto. Se utiliza principalmente en:

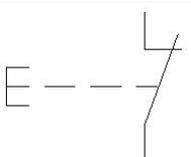
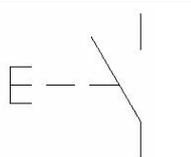
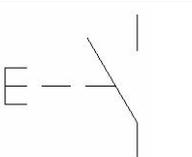
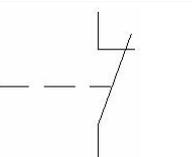
- ⊗ Paradas de emergencia.
- ⊗ Cadena de manutención.



8.1 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE MANDO

Deben diseñarse los circuitos de maniobra de tal forma que sea **imposible el accionamiento o puesta en marcha imprevista de una máquina debido a la ruptura de un cable** de los circuitos de puesta en marcha, así como el caso contrario, se debe **garantizar la parada en condiciones de seguridad de la máquina** (siempre que esto no suponga un peligro mayor para la seguridad que su funcionamiento) en caso de ruptura de los cables del circuito de parada.

Se deben garantizar los enclavamientos necesarios para que no se pierdan las condiciones de seguridad en la máquina tanto en las paradas como en los arranques y funcionamiento normal.

ORDEN DE MARCHA		ORDEN DE PARO	
			
NO PERMITIDO	PERMITIDO	NO PERMITIDO	PERMITIDO
En caso de ruptura del circuito se produciría la marcha incontrolada de la máquina	En caso de ruptura del circuito se mantienen las condiciones de seguridad	En caso de ruptura del circuito no se podría detener la máquina	En caso de ruptura del circuito se para la máquina, manteniendo las condiciones de seguridad.
Solo se admitirán los circuitos "No permitidos" en el caso de que las condiciones de paro de la máquina atenten contra la seguridad, siendo más seguro el funcionamiento que la parada. En estos casos se garantizarán protecciones extraordinarias e incluso circuitos redundantes para evitar la pérdida de control de las funciones de la máquina.			

8.2 FUNCIONES GENERALES

• FUNCIONES DE MANDO (ARRANQUE / PARADA)

La función de arranque no tiene otra misión que la puesta en tensión del circuito correspondiente siempre y cuando se den todas las condiciones y enclavamientos necesarios para un funcionamiento seguro. En caso de necesidad de arranque de máquinas en modo de mantenimiento, omitiendo algunas protecciones o enclavamientos, se deberá realizar manualmente por medio de mandos de acción mantenida.

La función de parada se divide en 3 categorías y se tomará cada una de ellas en función del riesgo de funcionamiento de las máquinas:

- ✓ **Categoría 0:** parada por supresión inmediata de la energía en los accionadores. (parada incontrolada).

- ✓ **Categoría 1:** parada controlada manteniendo disponible la energía de los accionadores para obtener el paro de la máquina y una vez parada cortar la energía.
- ✓ **Categoría 2:** parada controlada manteniendo disponible la energía en los accionadores.

La función de parada de emergencia deberá ser prioritaria a todas las demás funciones y a todos los modos de funcionamiento. Su rearme no deberá provocar de ningún modo un nuevo arranque. Solo se puede utilizar la parada de categoría 0 o bien la de categoría 1, en función de las condiciones de seguridad de la parada de emergencia. En caso de utilizar la parada de categoría 0, deberá haber solo componentes electromecánicos cableados y además estos circuitos no podrán depender en ningún caso de una lógica electrónica (software ni hardware) ni de una transmisión de órdenes por una red o una línea de comunicaciones. En caso de usar la parada de tipo 1, deberá asegurarse la supresión definitiva de energía a los accionadores mediante componentes electromecánicos.

La función de desconexión de emergencia. Este tipo de función se debe utilizar únicamente cuando existe la posibilidad de peligros o daños causados por la electricidad y para la protección contra contactos indirectos cuando dicha protección se realiza por el sistema de puesta fuera de alcance de partes activas por medio de obstáculos. Esta función solo es posible realizarla por medio de una parada de categoría 0. Cuando ésta parada no sea posible por el tipo de máquina, resulta necesario proporcionar otros dispositivos de protección contra contactos directos de forma que la desconexión de emergencia no sea necesaria. La desconexión de emergencia debe seccionar literalmente la alimentación eléctrica de los equipos afectados.

- **TIPOS DE MANDOS**

Deben utilizarse en cada caso los mandos adecuados para garantizar la seguridad de las personas en el funcionamiento normal de las máquinas (mandos a dos manos, mandos mantenidos, pedales, protectores, etc.) así como las protecciones y enclavamientos necesarios (puertas bloqueables, barreras físicas o electrónicas, finales de carrera, etc.).

Para los mandos inalámbricos se garantizará que no exista la posibilidad de que otros mandos distintos puedan interferir en las funciones de los primeros. En caso de existir varios puestos de operador, se tomarán medidas para que solo uno de los puestos de operador sea operativo a excepción de las órdenes de parada que serán operativas de todos los puestos cuando las condiciones de seguridad así lo exijan.

- **SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN**

Deberán tomarse las precauciones necesarias para que las fluctuaciones de tensión, fallos en baterías, microcortes u oscilaciones de tensión no puedan de ningún modo afectar a las condiciones de seguridad para las máquinas y para las personas. Todos los elementos de mando se deberán situar de modo que puedan identificarse sin mover dichos elementos ni su cableado. Deberán estar montados de tal forma que se facilite su funcionamiento y mantenimiento desde la parte frontal.

8.3 SEÑALIZACIÓN. CÓDIGOS DE SEGURIDAD VISUAL Y AUDITIVA

Todos los códigos expuestos en este apartado son aplicables tanto a mandos físicos como virtuales, es decir que las pantallas informáticas de control, SCADAS, softwares, terminales de operador, etc. se registrarán igualmente por los mismos códigos.

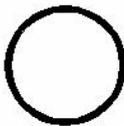
Sólo en el caso de terminales de visualización en b/n o monocromos se excusa el uso de los códigos de colores aunque en este caso será necesario identificar las funciones mediante marcas o formas normalizadas que de ninguna manera induzcan a errores.

PULSADORES

Para la identificación de los pulsadores de maniobra utilizaremos una serie de códigos en cuanto a simbología y colores a utilizar en base a la función que desempeñan en el esquema y la obligatoriedad de los mismos:

Tendremos:

- **Marcado funcional de los pulsadores.**

ARRANQUE o puesta en tensión / ON	PARADA o puesta fuera de tensión / OFF	Pulsador de acción alternativa ON / OFF o ARRANQUE / PARADA	Pulsador de función mantenida: ARRANQUE / ON mientras se pulse y PARADA / OFF cuando deja de pulsarse.
			

- Para identificar los **PULSADORES** según su función se utilizarán los colores de la siguiente tabla:

Color	Significado	Explicación	Ejemplos
ROJO	Emergencia	Actuación en caso de emergencia o en condiciones peligrosas (también puede utilizarse para la función de PARO pero no se recomienda cuando hay otros elementos de paro de emergencia en color rojo)	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de emergencia. • Inicio de una función de emergencia.
AMARILLO	Anomalía	Actuación en caso de condiciones anormales.	<ul style="list-style-type: none"> • Inicio de un proceso de retorno a la normalidad, sin que haya puesta en marcha. • Intervención para interrumpir un proceso anormal.
VERDE	Normal	Actuación para iniciar las condiciones normales. Para función de arranque o marcha, es preferible utilizar los colores BLANCO, GRIS O NEGRO, con preferencia por el BLANCO.	<ul style="list-style-type: none"> • Función de arranque o puesta en marcha • Inicio de un ciclo normal de marcha.
AZUL	Obligatorio	Actuación en caso de acciones que requieren una acción obligada.	<ul style="list-style-type: none"> • Función de rearme.
BLANCO	---	Sin función específica. Los tres colores pueden utilizarse para ARRANQUE, o puesta en tensión utilizando preferiblemente el BLANCO.	ON/MARCHA=Blanco OFF/PARO=Negro
GRIS	---	También pueden usarse los tres colores para el PARO (siempre que no sea de emergencia) preferiblemente usando el NEGRO. También se permiten los tres colores para funciones alternativas ON/OFF y para funciones de marcha retenida (mientras se pulsa). El verde también está permitido sólo para la función de arranque y el rojo también se permite sólo para la función de PARO siempre que no esté cerca de paros de emergencia.	Si se usan los mismos colores para el paro y marcha, se deberán identificar obligatoriamente mediante las marcas de la tabla anterior. Si se utilizan colores distintos para el paro y marcha, las marcas anteriores son recomendables pero no obligatorias.
NEGRO	---		

NOTAS:

- **Prohibido** usar el ROJO para la función de ARRANQUE o VERDE para la función PARO.
- Para los pulsadores de **REARME** se debe utilizar cualquiera de los colores BLANCO, GRIS o NEGRO pero nunca debe utilizarse el VERDE.
- Cuando un pulsador de rearme también actúe como función de OFF deberá utilizarse preferiblemente el NEGRO.

INDICADORES LUMINOSOS

Para indicar la función de los INDICADORES LUMINOSOS se utilizarán los siguientes colores:

Color	Significado	Explicación	Acción por el operador	Ejemplos
ROJO	Emergencia, peligro o alarma.	Advertencia de un posible peligro o de un estado que requiere una acción inmediata	Acción inmediata a realizar en condiciones peligrosas (p.e. el accionamiento del paro de emergencia)	Temperatura excesiva en condiciones peligrosas. Paro de una parte esencial del equipo debido a la actuación de alguna protección. Peligro debido a elementos accesibles bajo tensión o a partes en movimiento.
AMARILLO (ÁMBAR)	Anomalía.	Condiciones anormales o críticas amenazantes.	Control y/o intervención (p.e. mediante el restablecimiento de la función prevista)	Temperatura o presión ligeramente superior a la prevista Sobrecarga eléctrica o térmica (fallo térmico)
VERDE	Normal	Condiciones normales de funcionamiento	Acciones opcionales. (ninguna requerida)	Motor en marcha en condiciones normales Funcionamiento correcto del sistema Permiso para continuar con el siguiente proceso
AZUL	Obligatorio	Indicación de una condición que requiere la acción del operador	Acción obligada por el proceso (sin que haya condiciones anormales)	Orden de inicio de otro proceso. Orden de ejecución de alguna acción de cambio de secuencia o de parámetros.
BLANCO	Neutro	Condiciones no definidas, siempre que no se ajusten a ninguna de las anteriores.	Control o indicación.	Interruptor general conectado o sistema en tensión. Velocidad o sentido de rotación elegidos.

OTROS INDICADORES

- ⊗ **Luces intermitentes.** De utilización opcional, para dar énfasis en ciertos estados del proceso. Dichas luces se utilizarán para llamar la atención, para solicitar una acción inmediata, para indicar una discrepancia entre la orden y el estado actual y/o para indicar un cambio en el proceso (con intermitencia durante la transición). Se recomienda el uso de la frecuencia mas elevada para las acciones que requieren mayor atención o prioritarias.
- ⊗ **Pulsadores luminosos.** Para la codificación de los pulsadores luminosos se utilizarán las mismas tablas anteriores, según su función. En caso de dificultad de asignación se utilizará el color blanco. El color ROJO para los paros de emergencia del órgano de accionamiento no debe depender del color de su lámpara.

- ⊗ **Dispositivos de mando rotativo.** (Interruptores, selectores, potenciómetros, etc.) Estos dispositivos deben montarse de forma que se impida la rotación de la parte fija durante las actuaciones por lo que no es suficiente el acoplamiento por presión o rozamiento. Deben asegurarse las medidas necesarias, mediante ranuras de bloqueo antigiro, tornillería de fijación, etc.

- ⊗ **Dispositivos de paro de emergencia.** Deben estar fácilmente accesibles. Se situarán en cada puesto de mando de operador así como en los lugares susceptibles de requerir una parada de emergencia. Se permiten para esta función los siguientes dispositivos:
 - ✓ Interruptor accionado por pulsador,
 - ✓ Interruptor accionado por tracción de un cable,
 - ✓ Interruptor accionado por un pedal, sin protección mecánica.

Estos dispositivos deben ser del tipo de **RETENCIÓN automática** y deben tener maniobra de apertura positiva (o directa) . El modo positivo se consigue utilizando contactos que con el actuador en posición de reposo aseguren el funcionamiento de la máquina y en posición de actuado o con la rotura del circuito se produzca el paro. Esto se traduce habitualmente con el uso de contactos cerrados en reposo (contactos de apertura o N.C.) cableados de tal forma que al actuarlos o abrir el circuito se produzca el paro de la máquina.

No debe ser posible restaurar el funcionamiento del sistema hasta que todos los paros de emergencia hayan sido rearmados manualmente. Los actuadores de paro de emergencia deben ser de color ROJO sobre cuerpo AMARILLO. Los actuadores de emergencia del tipo pulsador serán obligatoriamente de tipo “seta” o bien con actuador accionable por la palma de la mano.

- ⊗ **Dispositivos de desconexión de emergencia.** Normalmente estos dispositivos no deben colocarse en los puestos de operador sino únicamente en las zonas donde sea necesaria dicha aplicación (centros de alimentación de máquinas, salas de calderas, etc.) sin embargo, cuando sea necesario instalar un dispositivo de desconexión de emergencia en un puesto de operador, no será necesario la instalación de un dispositivo de paro de emergencia puesto que el de desconexión asume sus funciones ya que la función de desconexión solo es posible con parada de categoría 0. Para estos dispositivos sólo se puede usar dispositivos pulsadores o interruptores accionados por tracción de un cable. Estos dispositivos deben ser del tipo de RETENCIÓN automática y deben tener maniobra de apertura positiva (o directa) . El modo positivo se consigue utilizando contactos que con el actuador en posición de reposo aseguren el funcionamiento de la máquina y en posición

de actuado o con la rotura del circuito se produzca el paro. Esto se traduce habitualmente con el uso de contactos cerrados en reposo (contactos de apertura o N.C.) cableados de tal forma que al actuarlos o abrir el circuito se produzca el paro de la máquina. No debe ser posible restaurar el funcionamiento del sistema hasta que todos los dispositivos de desconexión de emergencia hayan sido rearmados manualmente. Los actuadores de desconexión de emergencia deben ser de color ROJO sobre cuerpo AMARILLO. Los del tipo pulsador serán obligatoriamente de tipo “seta” o bien con actuador accionable por la palma de la mano. Deben ser fácilmente accesibles. Pueden tener una envolvente de cristal rompible.

- ⊗ **Dispositivos visualizadores.** Se deben situar de modo que sean perfectamente visibles desde la situación normal del operador. En caso de ser usados como dispositivos de señalización de advertencia se recomienda el uso de dispositivos intermitentes o giratorios y estén acompañados de dispositivos acústicos.

- ⊗ **Señales auditivas.** Las señales audibles deberán ser perfectamente identificables y perceptibles por los operadores y las personas expuestas en la misma zona teniendo en cuenta las condiciones de ruido ambiental y se tendrá en cuenta la limitación auditiva por el uso de protectores auditivos. Deben ser claramente diferenciadas de la señal de evacuación de emergencia y los distintos tipos de señal deberán distinguirse inequívocamente entre sí. Para evitar sobrecargas es necesario limitar el uso de estas señales reduciéndolas al menor número posible. En condiciones de seguridad normal no deberá aplicarse ningún sonido (silencio). En la siguiente tabla se muestra el significado de los distintos códigos audibles:

Tipo de señal	Significado		
	Seguridad de personas o entorno	Condiciones de proceso	Estado del equipo
<ul style="list-style-type: none"> • Modulación de sonidos • Explosiones sonoras 	Peligro	Emergencia	Fallo
<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de segmentos de tono constante 	Atención	Anormal	Anormal
<ul style="list-style-type: none"> • Sonido continuo de nivel constante 	Seguridad	Normal	Normal
<ul style="list-style-type: none"> • Sonido de tonalidad alternante 	Significado obligatorio		
<ul style="list-style-type: none"> • Otros sonidos 	Otros significados específicos distintos a los demás.		
Los requisitos para la definición de señales de peligro y no-peligro se dan en la norma ISO/DIN 11429 [4]			

9. ELECTRÓNICA Y EQUIPOS PROGRAMABLES

Los mandos programables deberán cumplir con las normas CEI 61131-1 y CEI 61131-2 además de los códigos de colores para mandos del punto anterior.

Deberán proporcionarse medidas para **impedir cualquier modificación de la memoria** por personas no autorizadas y deberán tomarse así mismo medidas para impedir pérdidas del contenido de la memoria que puedan llevar a condiciones peligrosas.

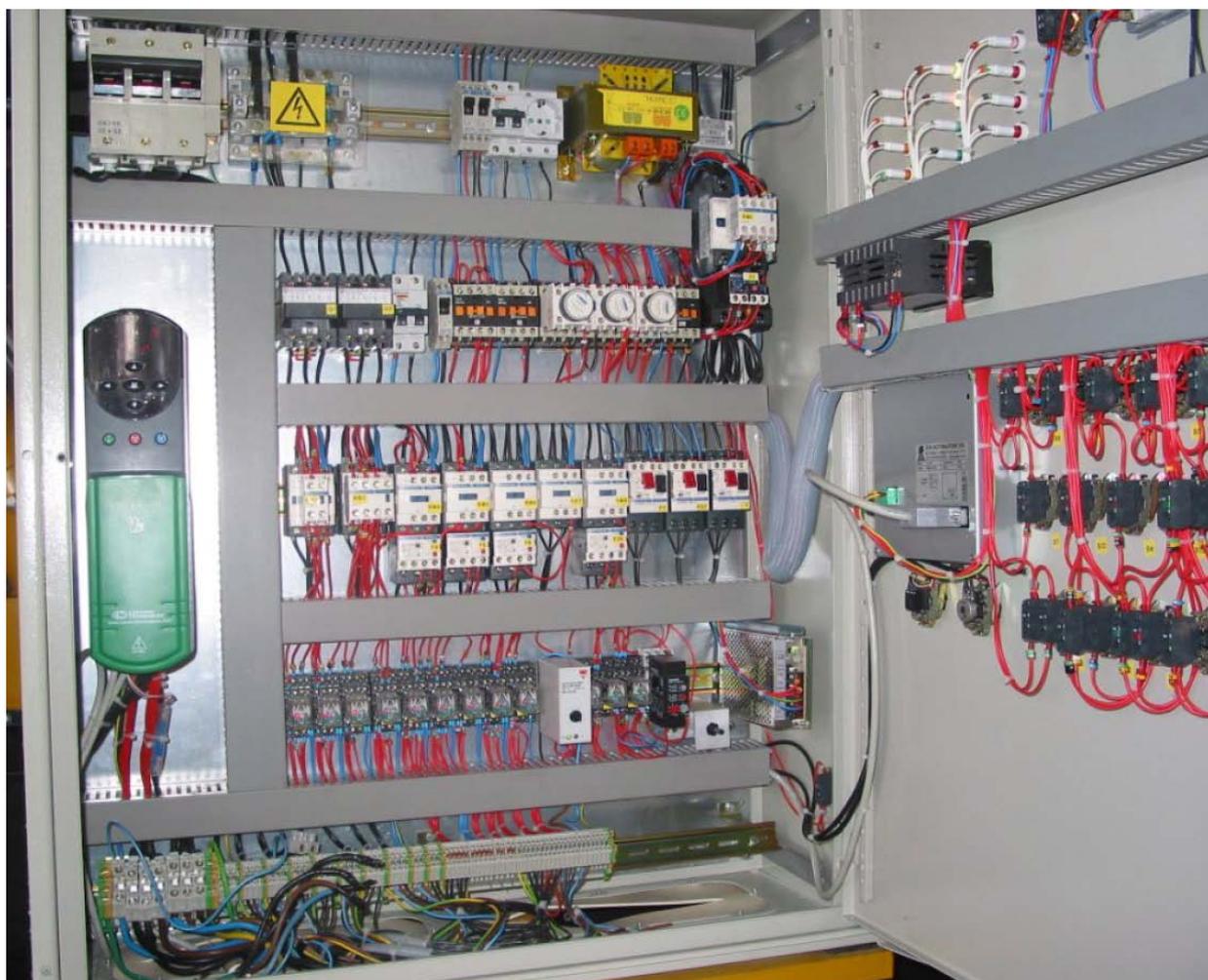
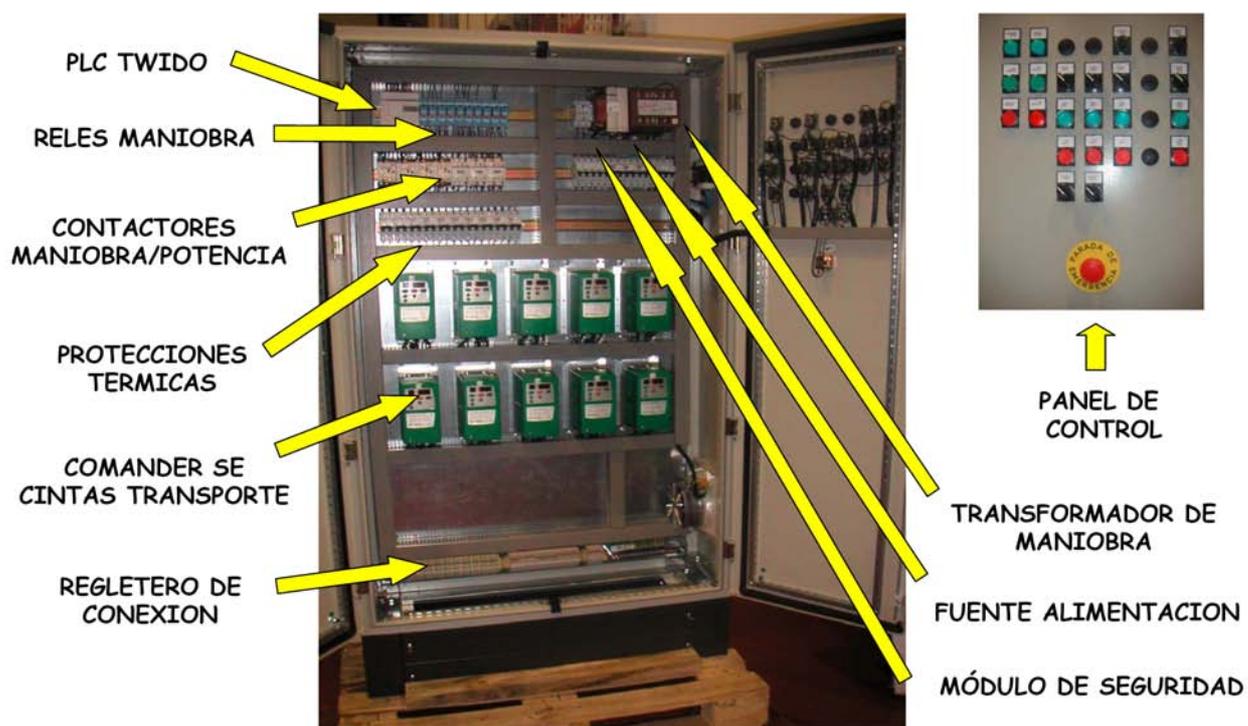
Deberá **garantizarse el funcionamiento correcto en el caso de cualquier fallo de la alimentación** (p.e. usando memorias no volátiles, baterías tampón, sistemas de alimentación ininterrumpibles, etc.)

Se recomienda el uso de **sistemas de alimentación ininterrumpidas** (S.A.I.) o baterías autorrecargadas para alimentar todo el sistema electrónico de control (tarjetas de entradas y salidas, CPU, ordenadores, etc.) para evitar pérdidas de control del sistema ante fluctuaciones de tensión, sobretensiones, microcortes o faltas de tensión que podrían originar situaciones imprevistas o de falsas alarmas. Este punto será obligatorio si de algún modo se prevé que dichas deficiencias de la red pueden ocasionar daños a las personas y/o a las máquinas.

El equipo que utiliza lógica programable debe disponer de medios para verificar que el programa está de acuerdo con la documentación del programa correspondiente.

El equipo lógico programable **NO DEBERÁ USARSE** para funciones de parada de emergencia de categoría 0. Para cualquier otro tipo de parada de emergencia es preferible usar componentes electromecánicos, sin embargo estas prescripciones no prohíben el uso de lógica programable para el control o refuerzo de las funciones esenciales.

10. EJEMPLOS DE CUADROS REALES



SIMBOLOGÍA NORMALIZADA

Designación de las corrientes		Contactos	
Corriente alterna		Seccionador	
Corriente continua			
Corriente ondulada o rectificada		Contactador	
Corriente alterna trifásica 50 Hz	3 50 Hz		
Puesta a tierra		Ruptor	
Puesta a masa			
Tierra de protección		Disyuntor	
Designación de los conductores		Guardamotor	
Conductor circuito auxiliar		Interruptor seccionador	
Conductor circuito principal			
Haz de 3 conductores	L1 L2 L3	Interruptor seccionador con apertura automática	
Representación unifilar			
Conductor neutro	N	Seccionador fusible	
Conductor de protección	PE		
Conductores blindados (apantallados)		Contacto de dos direcciones sin solapado (apertura antes que el cierre)	
Conductores trenzados		Contactos de dos direcciones solapados	
Contactos		Contactos de dos direcciones con un punto central en posición de apertura	
Contacto cierre NA (símbolo general)		Contactos representados en posición «accionado»	
1) principal			
2) auxiliar			
Contacto apertura NC (símbolo gral.)			
1) principal			
2) auxiliar			
Interruptor (símbolo general)			

NA = normalmente abierto. NC = normalmente cerrado.

Contactos (cont.)

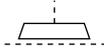
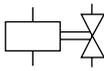
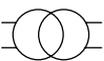
Contacto adelantado actúa antes que los otros contactos de un mismo conjunto		- de un relé polarizado	
Contacto retardado actúa más tarde que los otros contactos de un mismo conjunto		- de corriente alterna	
Contacto de paso - cierre momentáneo al trabajo		- de un relé intermitente	
- cierre momentáneo al reposo		- de un relé de impulso	
Contacto nomamente abierto de posición		- de acción y reposo retardados	
Interruptor de posición		- de un relé de medida o dispositivo semejante (símbolo general)	
Contacto temporizado al trabajo		- de sobrecorriente de efecto magnético	
Contacto temporizado al reposo		- de sobrecorriente de efecto térmico	

Órganos de mando o de medida

Mando electromagnético (símbolo general)		- de máxima intensidad	
- de 2 arrollamientos		- de máxima tensión	
- representación desarrollada		- de mínima tensión	
- de acción retardada		- a falta de tensión	
- de reposo retardado		- accionado por la frecuencia	
- de un relé de remanencia		- accionado por el nivel de fluido	
- de enclavamiento mecánico		- accionado por un número de sucesos	
		- accionado por la presencia de un caudal	
		- accionado por presión	

NA = normalmente abierto. NC = normalmente cerrado.

Materiales o elementos diversos

Fusibles		Pararrayos	
Fusible con percutor		Arrancador	
Rectificador		Arrancador estrella-triángulo	
Puente rectificador		Aparato indicador (símbolo general)	
Tiristor		- amperímetro	
Condensador		Aparato registrador (símbolo general)	
Pila o acumulador		- amperímetro registrador	
Resistencia		Contador	
Shunt		- amperios/hora	
Inductancia		Freno (símbolo general)	
Potenciómetro		- con freno bloqueado	
Varistancia		- con freno liberado	
Fotoresistencia		Válvula	
Fotodiodo		Electro-válvula	
Fototransistor (tipo PNP)		Reloj	
Transformador de tensión		Contador de impulsos	
Autotransformador			
Transformador de intensidad			
Limitador de sobretensiones			

Materiales o elementos diversos (cont.)

Detector sensible al roce



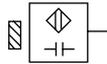
Detector de proximidad



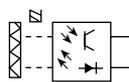
Detector de proximidad inductivo



Detector de proximidad capacitivo



Detector fotoelectrónico sistema reflex



Señalización

Lámpara de señalización o de alumbrado



Dispositivo luminoso intermitente



Si se desea precisar el color

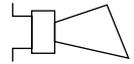
- rojoC2
- naranjaC3
- amarillo.....C4
- verdeC5
- azulC6
- blancoC9

Si se desea precisar el tipo:

- neónNe
- vapor de sodio..... Na
- mercurioHg
- yodo.....J
- electroluminiscente..... EL
- fluorescente.....FL
- infrarrojo.....IR
- ultravioletaUV



Bocina, claxon



Timbre



Sirena



Zumbador



Bornes y conexiones

Derivación



Doble derivación



Cruce sin conexión



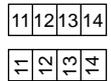
Borne de conexión móvil



Borne de conexión fija



Bornero de conexión (regleta terminal)



Conexiones por contacto deslizante



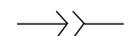
Clavija macho



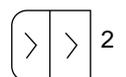
Toma hembra



Clavija y toma asociada

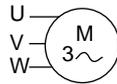


Conectores acoplados
1) parte móvil, macho
2) parte fija, hembra

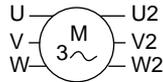


Máquinas eléctricas giratorias

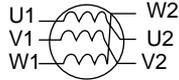
Motor asíncrono trifásico
– de jaula



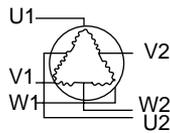
– de 2 arrolamientos
estatóricos separados



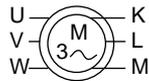
– de 6 bornas de salida
(acoplamiento estrella-triángulo)



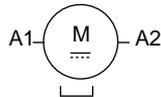
– de polos conmutables
(motor de 2 velocidades)



Motor asíncrono trifásico,
motor de anillos



Motor de imán permanente



Máquinas eléctricas giratorias (cont.)

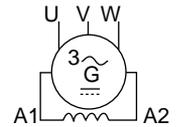
Generatriz de corriente alterna



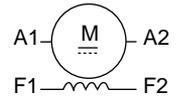
Generatriz de corriente continua



Conmutatriz
(trifásica/continua)
con excitación en derivación



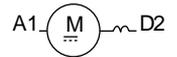
Motor de corriente continua
con excitación independiente



Motor de corriente continua
con excitación compuesta



Motor de corriente continua
con excitación en serie



DESIGNACIÓN DE APARATOS Y SUS COMPONENTES (DIN 40.719)

Cada aparato y sus componentes se designan en los planos de los circuitos principales y de mando por:

- Una primera letra que indica el tipo de aparato (ver cuadro siguiente).
- Un número ordinal para distinguir entre dos aparatos y/o funciones del mismo tipo.
- Una segunda letra que indica la función general que desempeña el aparato (ver cuadro de parte inferior).

Designación del tipo de aparato	Letra	Tipo de aparato	Ejemplo			
	A	Grupos constructivos, partes de grupos constructivos.	Amplificadores, amplificadores magnéticos, láser, máser, combinaciones de aparatos.			
	B	Convertidores de magnitudes no eléctricas a magnitudes eléctricas, y al contrario.	Transductores, sondas termoelectricas, termocélulas, células foto-eléctricas, dinamómetros, cristales piezoeléctricos, micrófonos, altavoces, aparatos de campo giratorio.			
	C	Condensadores.	—			
	D	Dispositivos de retardo, dispositivos de memoria, elementos binarios.	Conductores de retardo, elementos de enlace, elementos monoestables y biestables, memorias de núcleos, registradores, memorias de discos, aparatos de cinta magnética.			
	E	Diversos.	Instalaciones de alumbrado, calefacción y otras no indicadas.			
	F	Dispositivos de protección.	Fusibles, descargador de sobretensión, relés protección, disparador.			
	G	Generadores.	Generadores rotativos, transformadores de frecuencia rotativos, baterías, equipos de alimentación, osciladores.			
	H	Equipos de señalización.	Aparatos de señalización ópticos y acústicos.			
	K	Relés, contactores.	Relés auxiliares, intermitentes y de tiempo: contactores de potencia y auxiliares.			
	L	Inductividad.	Bobinas de reactancia.			
	M	Motores.	—			
	N	Amplificadores, reguladores.	Circuitos integrados.			
	P	Aparatos de medida, equipos de pruebas.	Instrumentos de medición, registradores y contadores, emisores de impulsos, relojes.			
	Q	Aparatos de maniobra para altas intensidades.	Interruptores de potencia y de protección, seccionadores, interruptores automáticos, seccionadores bajo carga con fusibles.			
	R	Resistencias.	Resistencias, potenciómetros, reostatos, <i>shunts</i> , resistencias en derivación, termistores.			
	S	Interruptores, selectores.	Pulsadores, interruptores de posición y mando, conmutador-selector, selectores rotativos, adaptadores selectores, emisores de señales.			
	T	Transformadores.	Transformadores de tensión y de intensidad, transmisores.			
	U	Moduladores, convertidores.	Discriminadores, convertidores de frecuencia, demoduladores, convertidores inversores, variadores, onduladores.			
	V	Válvulas, semiconductores.	Válvulas de vacío y descarga en gases, diodos, transistores, tiristores.			
W	Vías de conducción, guiaondas.	Hilos de conexión, cables, guiaondas, acoplamientos dirigidos por guiaondas, dipolos, antenas parabólicas.				
X	Bornes, clavijas, enchufes.	Clavijas y cajas de enchufe, clavijas de prueba, regletas de bornes, regletas de soldadura.				
Y	Equipos eléctricos accionados mecánicamente.	Frenos, embragues, válvulas.				
Z	Equipos de compensación, filtros, limitadores.	Circuitos para imitación de cables, reguladores dinámicos, filtros de cristal.				
Funciones generales	Letra	Tipo de función	Letra	Tipo de función	Letra	Tipo de función
	A	Función auxiliar	J	Integración	S	Memorizar, registrar, grabar
	B	Dirección de movimiento	K	Servicio pulsante	T	Medida de tiempo, retardar
	C	Contar	L	Designación de conductores	V	Velocidad (acelerar, frenar)
	D	Diferenciar	M	Función principal	W	Sumar
	E	Función «conectar»	N	Medida	X	Multiplicar
	F	Protección	P	Proporcional	Y	Analógica
	G	Prueba	Q	Estado (marcha, parada, limitación)	Z	Digital
	H	Señalización	R	Reposición, borrar		