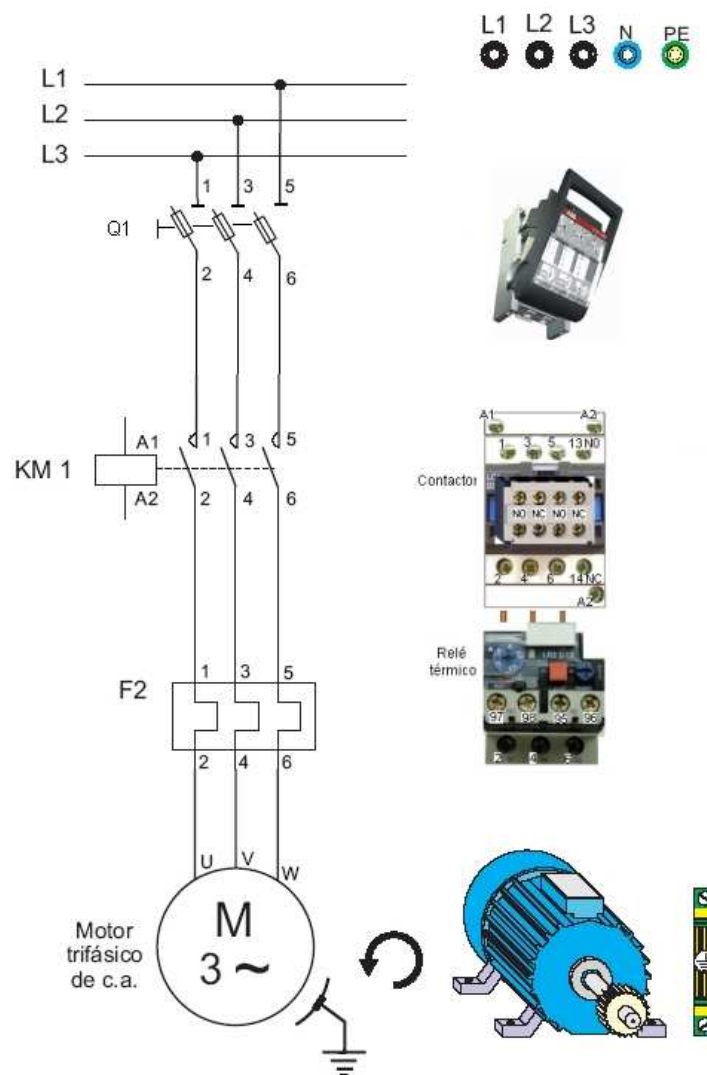


Automatismos eléctricos industriales-1

AUTOMATISMOS CABLEADOS

INTRODUCCIÓN



CONTENIDOS

- 1 AUTOMATISMOS Y AUTOMATIZACIÓN**
- 2 ELEMENTOS O DISPOSITIVOS QUE FORMAN UN AUTOMATISMO**
- 3 FASES DE REALIZACIÓN DE UN AUTOMATISMO**
- 4 LAS SEÑALES EN LOS AUTOMATISMOS**
- 5 TIPOS DE AUTOMATISMOS SEGÚN LA TECNOLOGÍA EMPLEADA.**
- 6 DISPOSITIVOS DE MANDO BÁSICOS**
- 7 LOS DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN Y LOS ACTUADORES**
- 8 DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN**
- 9 EL RELÉ DE SOBRECARGA TÉRMICO**
- 10 RELÉS TEMPORIZADORES**
- 11 SIMBOLOS ELÉCTRICOS**
- 12 IDENTIFICACIÓN DE LOS BORNES DE CONEXIÓN**
- 13 REALIZACIÓN DE ESQUEMAS**
- 14 ELABORACIÓN DESARROLLADA DE ESQUEMAS**
- 15 EL CIRCUITO PRINCIPAL**
- 16 EL CIRCUITO DE MANDO**
- 17 ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN**
- 18 ACCESORIOS DE MONTAJE**

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

1 AUTOMATISMOS Y AUTOMATIZACIÓN

¿EN QUÉ CONSISTE LA AUTOMATIZACIÓN?

Desde el inicio de los tiempos, los seres humanos aplicaron su ingenio en la invención y el desarrollo de máquinas que les permitieran mitigar el esfuerzo físico ocasionado en sus labores diarias. Estas máquinas se componían de un conjunto de piezas o elementos que permitían, a partir de la aplicación de una cierta energía, transformarla o restituirla en otra más adecuada o, bien, producir un determinado trabajo o efecto.

Más tarde tuvieron la necesidad de construir mecanismos capaces de ejecutar tareas repetitivas y de controlar determinadas operaciones sin la intervención de un operador humano, lo que dio lugar a los llamados **automatismos**.

La historia industrial reciente está marcada por logros tecnológicos que se desencadenan a partir de importantes aportaciones en el área de los automatismos.

- En 1788 el ingeniero escocés James Watt (1736-1819) aplicó sus conocimientos de mecánica en la construcción del primer regulador centrífugo que permitía vincular el movimiento, o la velocidad, con la presión en las máquinas de vapor.
- También es importante la contribución al desarrollo industrial que se produjo en 1801 cuando el industrial textil e inventor francés Joseph-Marie Jacquard (1752-1834) revolucionó el uso del telar automático, lo que permitió programar las puntadas del tejido.
- Sin embargo, no sería hasta 1946 cuando surge la palabra **automatización**. Se la hemos de atribuir a D.S. Harder, de la Ford Motor Company, que la utilizó por primera vez al referirse al sistema de fabricación en cadena que años atrás, en 1913, había implantado la compañía Ford en su factoría de Highland Park.



Fig. 1.1

COMIENZOS DE LA AUTOMATIZACIÓN

En un contexto actual debemos entender por **automatización** el proceso de diseño, realización y/o explotación de sistemas que emplean y combinan la capacidad de las máquinas para realizar tareas y controlar secuencias de operaciones sin la intervención humana.

La automatización combina la aplicación conjunta de la tecnología eléctrica, electrónica, neumática, hidráulica y/o mecánica para transformar un gran número de procesos de fabricación.

Su difusión en el campo de la industria contribuye a disminuir los costes de producción, elimina el trabajo monótono y reclama grandes inversiones de capital que revierten en nuevas instalaciones y en la preparación de técnicos especializados.

APLICACIONES DE LA AUTOMATIZACIÓN

La implantación de la automatización no sólo se da en el sector industrial. Actualmente se localiza de forma significativa en sectores tan importantes como el de la agricultura, la domótica, el comercio, etc.

Algunos ejemplos los encontramos en:

- **INDUSTRIA.** Sistemas para el control de producción y fabricación, plantas manufactureras, plantas automatizadas, sistemas de retirada de desechos tóxicos, sistemas de control y monitorización de polución, etc.
- **AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA.** Sistema, para el control de invernaderos, sistemas automáticos de riego, sistemas de clasificación y distribución de productos, control climático de viveros, control automático para la alimentación de reses y aves, etc.
- **SERVICIOS BÁSICOS:** Sistemas de agua y canalización, estaciones de alimentación eléctrica, sistemas de monitorización de emergencias y alerta, sistemas de control de inundaciones y desastres, desecho de residuos, etc.
- **COMUNICACIONES:** Sistemas y centrales telefónicas, sistemas de televisión por cable, satélites de

comunicaciones y entretenimiento, etc.

- **DOMÓTICA:** Sistemas para el control del clima, hornos microondas, contestadores automáticos, sistemas de seguridad, sistemas de iluminación automática, etc.
- **COMERCIO:** Sistemas de iluminación y alimentación de emergencia, sistemas de seguridad ambiental, sistemas de calefacción y ventilación, ascensores, plataformas y escaleras mecánicas, etc.
- **TRANSPORTE:** Sistemas de control y señalización de tráfico, sistemas de radar, controles iluminación urbana, sistemas y máquinas expendedoras de billetes, etc.

2 ELEMENTOS O DISPOSITIVOS QUE FORMAN UN AUTOMATISMO

Aunque en este bloque temático abordamos el estudio de automatismos eléctricos, las pautas de trabajo que marcamos se pueden extrapolar a automatismos de naturaleza diferente. En general, cualquier automatismo presenta un diagrama de bloques como el que muestra la **Fig. 2.1**.

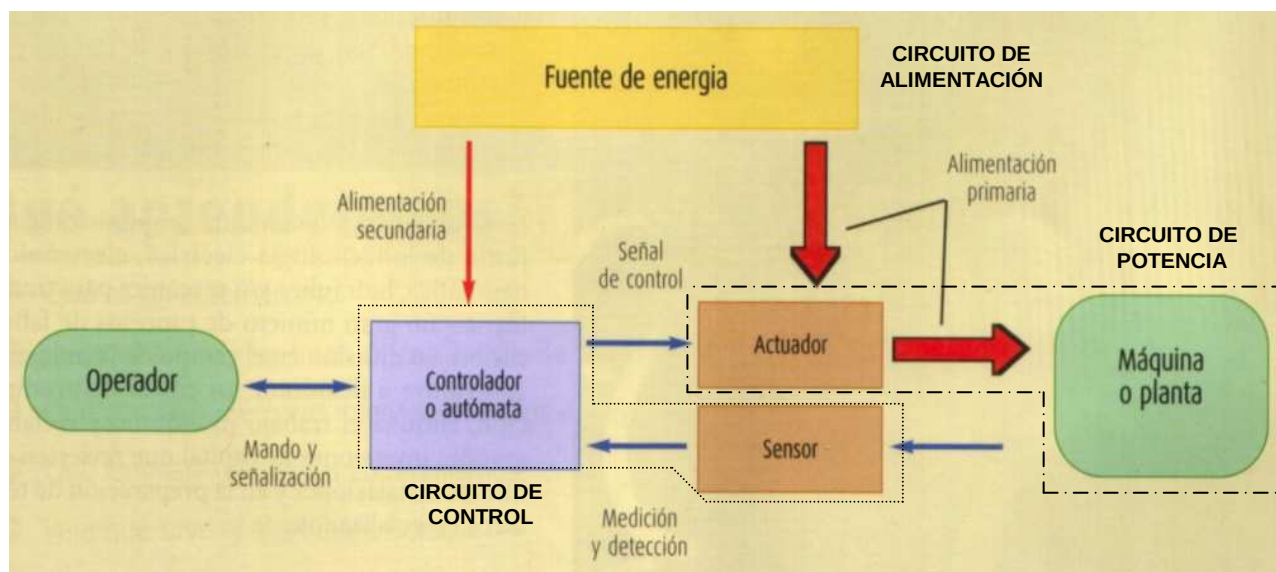


Fig. 2.1 ELEMENTOS EMPLEADOS EN AUTOMATIZACIÓN

Básicamente, los elementos o dispositivos que constituyen un automatismo son los siguientes:

- **MÁQUINA O PLANTA.** Es el elemento principal objeto del control automático. Puede estar constituido por un único aparato (motor eléctrico, bomba hidráulica, compresor de aire, máquina herramienta, etc.) o por un conjunto de dispositivos dispuestos en planta con una finalidad concreta (climatización de zona, sistema de riego, cinta transportadora, etc.).
- **FUENTE DE ENERGÍA.** Es el medio empleado para realizar el control.
En un automatismo eléctrico este medio lo constituye la energía eléctrica aplicada en sus distintas formas, como las tensiones continuas o alternas de baja potencia para la alimentación de dispositivos de control y señalización (alimentación secundaria) y/o aquellas otras de mayor potencia utilizadas para mover las máquinas o actuar sobre las plantas (alimentación primaria).
En automatismos de naturaleza neumática, hidráulica o mecánica intervienen otras fuentes de energía obtenidas, respectivamente, a partir de la fuerza del aire, la fuerza de algún líquido o por la transmisión y transformación de movimientos.
- **CONTROLADOR O AUTÓMATA.** Es el dispositivo o conjunto de dispositivos encargados de establecer el criterio de control.
Partiendo de la señal proporcionada por el detector o sensor enclavado en la máquina o planta, y de acuerdo con las indicaciones del operador o de algún criterio de actuación previamente definido, determina la correspondiente señal de control que debe ser aplicada al actuador para mantener la máquina o la planta en las condiciones de funcionamiento previstas.
- **ACTUADOR.** Es el dispositivo utilizado para modificar la aportación de energía que se suministra a la máquina o a la planta.
El mayor o menor aporte energético que provoca el actuador está en consonancia con la señal de control

que le suministra el controlador.

Hallamos actuadores típicos en automatismos eléctricos en los relés, los contactores, las electroválvulas, las válvulas motorizadas, los tiristores, etc.

- **SENSOR.** Es el elemento empleado para medir o detectar la magnitud de la variable que deseamos controlar. Adquiere o detecta el nivel del parámetro objeto de control y envía la correspondiente señal, habitualmente eléctrica, al dispositivo controlador.
Algunos sensores de uso frecuente en automatismos son: tacómetros, codificadores digitales, sensores de proximidad, sondas de temperatura, de presión o de nivel, etc.
- **OPERADOR.** Es el conjunto de elementos de mando y señalización que facilita el intercambio de información entre personas y automatismos para modificar o corregir las condiciones de actuación de la máquina o planta bajo control.
Debemos considerar que la mayoría de los automatismos deben posibilitar que el ser humano incida de forma directa, y en el instante deseado, sobre el proceso, con el objetivo de solventar situaciones de avería, de mantenimiento o de emergencia.

El conjunto de dispositivos que formen los bloques sensor y controlador se denomina **circuito de control**.

El conjunto constituido por el actuador y la máquina, **circuito de potencia** (también se llama de fuerza o principal).

El bloque encargado de generar las alimentaciones primaria y secundaria recibe el nombre de **circuito de alimentación**.



Fig. 2.2 ELEMENTOS EMPLEADOS EN AUTOMATIZACIÓN

En el circuito de control se tienen habitualmente señales de baja o media tensión y de baja potencia, que son fácilmente manipulables, en cambio, en el circuito de potencia pueden aparecer tensiones e intensidades eléctricas elevadas que hacen recomendable la desconexión del automatismo ante cualquier intervención.

Además de los bloques básicos señalados, hay que tener en cuenta otros elementos no menos importantes a la hora de construir cualquier automatismo. Entre otros, deberemos pensar en incluir:

- los **dispositivos de seguridad** necesarios,
- las **conducciones** eléctricas de sección adecuada para las líneas de alimentación,
- el **blindaje** oportuno de las señales de control
- los armarios y cuadros eléctricos para el **alojamiento de dispositivos**.

3 FASES DE REALIZACIÓN DE UN AUTOMATISMO

Las distintas fases o tareas en las que dividimos la confección o realización de cualquier automatismo eléctrico pasan por el estudio de:

- **EL DISEÑO Y LA FUNCIONALIDAD.** Se corresponde con el estudio meticuloso de las funciones básicas que debe realizar el automatismo. En esta fase deberemos concretar con precisión el comportamiento del automatismo y clarificar con nitidez todas y cada una de las operaciones que éste debe solventar, de modo que deben evitarse las ambigüedades y las sofisticaciones superfluas.
- **EL DIMENSIONADO DE DISPOSITIVOS.** Esta fase debe servirnos para elegir el conjunto de dispositivos apropiado para realizar el automatismo. Con este propósito, deberemos calcular la potencia eléctrica que debe aceptar o proporcionar cada uno de los elementos del automatismo, dimensionar los cables de alimentación y de señal, prever la vida útil de los mecanismos utilizados, analizar cuidadosamente las características de las señales usadas en la interconexión de los diferentes módulos y prever los necesarios elementos de seguridad y

mantenimiento.

- **EL ESQUEMA ELÉCTRICO.** El objetivo principal de esta fase es la confección del esquema eléctrico del automatismo. Debe ser completo y hemos de confeccionarlo con una notación clara y comprensible en la que estén representados todos los componentes perfectamente conectados y referenciados.
- **EL CUADRO ELÉCTRICO.** En esta fase debemos abordar la mecanización del cuadro eléctrico y la ubicación en su interior de los diferentes elementos que componen el automatismo. Previamente hemos debido realizar el esquema de cableado que contempla, entre otras cosas, la identificación, la trayectoria y las diferentes secciones de los conductores y, también, habremos confeccionado los diferentes planos de ubicación de componentes y de mecanización del cuadro eléctrico.
- **EL ENSAYO Y LA PRUEBA.** Una vez realizada la instalación del automatismo se realizará su ensayo y prueba. En esta fase será conveniente actuar con un plan de trabajo previamente establecido que contemple la entrada en funcionamiento, progresiva y en secuencia, de las diferentes partes del automatismo. Cada parte deberá ser probada de forma aislada, y en las condiciones de trabajo más realistas, antes de interactuar simultáneamente con el resto. Esta fase debe servir, además, para corregir las posibles anomalías o realizar los ajustes pertinentes antes de la entrada en servicio del automatismo.
- **LA PUESTA EN SERVICIO.** Sólo si el automatismo funciona de forma satisfactoria en la fase de prueba, podremos abordar la fase de puesta en servicio. Resulta una temeridad trabajar con un automatismo que presente deficiencias de funcionamiento o en el que no hayan sido probados todos sus componentes. La puesta en servicio del automatismo debe ir acompañada, siempre, de un **manual de operación** que recoja de forma explícita todos aquellos aspectos necesarios para la explotación del sistema y, también, de otro **manual de intervención** para los casos en los que se produzcan averías o debamos realizar el mantenimiento.

Del acierto en abordar la primera fase dependerá, en buena medida, la utilidad y el buen servicio del automatismo realizado. Estamos ante una fase en la que interviene fundamentalmente el conocimiento de la técnica, la experiencia y el buen criterio de la persona o personas que proyectan el automatismo.

La segunda y tercera fases requieren de unos conocimientos básicos que expondremos más adelante. Con este objetivo nos centraremos en:

- Conceptos electrotécnicos (tensión, intensidad, potencia, energía, etc.), que ya damos por sabidos.
- Concepto de señal.
- Simbología eléctrica y electrónica utilizada en la representación de automatismos.
- Distintas técnicas utilizadas para el diseño basadas en el álgebra de Boole y el GRAFCET.

4 LAS SEÑALES EN LOS AUTOMATISMOS

EL CONCEPTO DE SEÑAL

Con frecuencia aparece la palabra **señal** para describir la información que se intercambia entre dispositivos eléctricos. Conviene precisar este término para diferenciarlo de otras magnitudes eléctricas que manejamos al trabajar con automatismos y cuadros eléctricos.

Por **señal** se entiende cualquier evento que nos proporcione información útil. Generalmente, en el área de la Electrotecnia el evento se manifiesta en la forma de alguna variable eléctrica (tensión, intensidad, resistencia, etc.) y la información podemos obtenerla al evaluar alguna de las características de esa variable (magnitud, frecuencia, fase, etc.).

Así pues, debemos asociar la idea de **señal** a la de un evento eléctrico de poca potencia y magnitud reducida que, generalmente, es empleado para “informar” del estado o nivel de una cierta variable física o eléctrica.

No hay que confundir la función y la naturaleza de una señal con la de otras magnitudes eléctricas de mayor potencia utilizadas para mover máquinas o alimentar equipos y dispositivos. Por ejemplo, si disponemos de una sonda de temperatura que proporciona 10 mV por cada grado centígrado, diremos que la señal es una variable en tensión, cuya magnitud es utilizada para determinar el nivel de la temperatura que deseamos conocer.

SEÑALES ANALÓGICAS Y SEÑALES DIGITALES

Podríamos clasificar las señales en dos grupos bien diferenciados: las señales analógicas. y las señales digitales.

- **SEÑAL ANALÓGICA.** Es aquella cuya magnitud evoluciona de forma continua en el tiempo, es decir, que su valor varía de forma gradual. **Fig. 4.1-a.**
- **SEÑAL DIGITAL.** Es aquella que puede adquirir únicamente dos estados; el estado alto o '1' y el bajo o '0' (**Fig. 4.1-b**). Generalmente, el estado alto sirve para indicar la presencia de cualquier evento, es decir, la existencia de una tensión o corriente (con independencia de su magnitud), la aparición de una señal de alarma, la activación de una determinada maniobra, etc. Recíprocamente, el estado bajo suele ser utilizado para indicar la ausencia de tal evento.

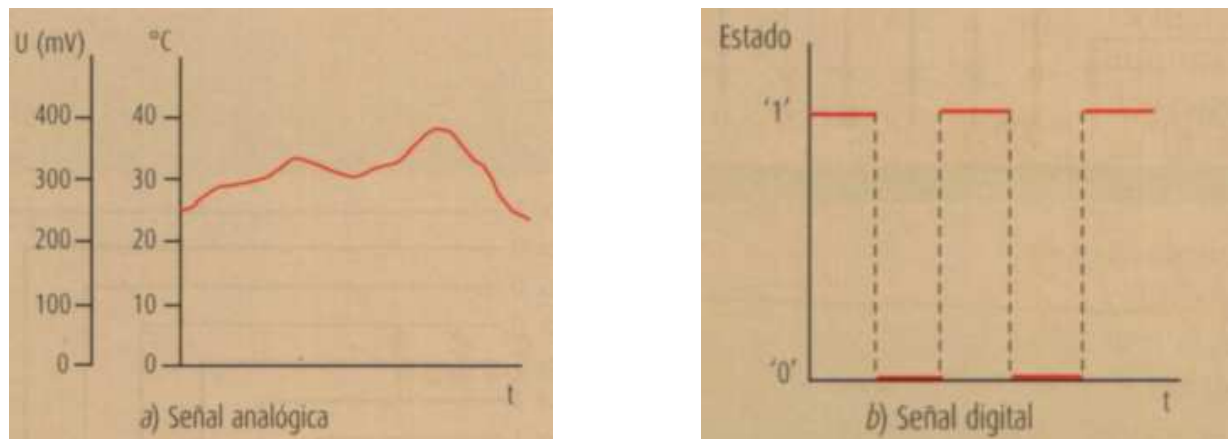


Fig. 4.1 TIPOS DE SEÑALES

En su entorno, el ser humano se encuentra rodeado de un gran número de señales de naturaleza analógica (temperatura, luz, humedad, presión, velocidad, etc.) que debe poder medir y procesar en el desarrollo de su actividad diaria. Sin embargo, frecuentemente se utilizan equipos y dispositivos que tratan cíclicamente señales digitales debido, fundamentalmente, a la versatilidad, flexibilidad y potencia de cálculo que éstos presentan. Consecuentemente, las magnitudes analógicas deben ser convertidas en valores digitales capaces de ser procesados por estos equipos.

Trabajar en el área digital significa, entre otras cosas, disponer de unos sistemas de conversión y representación numéricos válidos para trabajar con magnitudes binarias, es decir, con valores representados por conjuntos de unos y ceros.

5 TIPOS DE AUTOMATISMOS SEGÚN LA TECNOLOGÍA EMPLEADA

Hemos visto que los automatismos, también llamados circuitos de maniobra, son los que permiten el mando y la regulación de las máquinas eléctricas.

En función de la tecnología empleada para la implementación de un sistema de control podemos distinguir entre:

- **AUTOMATISMOS CABLEADOS**

Los automatismos cableados son aquellos que se implementan por medio de uniones físicas entre los que forman el sistema de control.

- **AUTOMATISMOS PROGRAMADOS**

Los automatismos programados son aquellos que se realizan utilizando los autómatas programables o controladores programables (más conocidos por su nombre inglés: PLC, programmable logic controller).

EL CIRCUITO DE MANIOBRA

El **circuito de maniobra** o **automatismo eléctrico** está formado por un conjunto de aparatos, componentes y elementos eléctricos que nos permiten la conexión, desconexión o regulación de la energía eléctrica procedente de la red eléctrica hacia los receptores motores eléctricos, lámparas

Las **CARACTERÍSTICAS principales** que debe poseer un circuito de maniobra son las siguientes:

- ✓ Efectuar un mando manual o automático a distancia con la ayuda de conductores de pequeña sección, utilizando algún elemento de mando.

- ✓ Permitir el paso o interrumpir corrientes elevadas, tanto en el instante del cierre como en la apertura del receptor eléctrico.
- ✓ Poder realizar un elevado número de maniobras, idealmente infinito.
- ✓ Poder retardar una acción sobre el receptor.

PARTES DEL CIRCUITO DE MANIOBRA

En el circuito de maniobra podemos distinguir entre circuito de potencia y circuito de control: **Fig. 5.1**

- **El circuito de potencia o actuador.**

Es el encargado de conectar o desconectar un receptor a partir de la acción realizada por el circuito de mando. El elemento fundamental en cualquier circuito de potencia es el contactor.

- **El circuito de mando o circuito de control.**

Es el encargado de realizar las acciones de activación y desactivación a distancia del circuito de potencia, además de temporizar o retardar dichas acciones.

Los elementos básicos de cualquier circuito de mando son:

- relés de mando,
- temporizadores,
- auxiliares de mando
- autómatas programables (PLC).

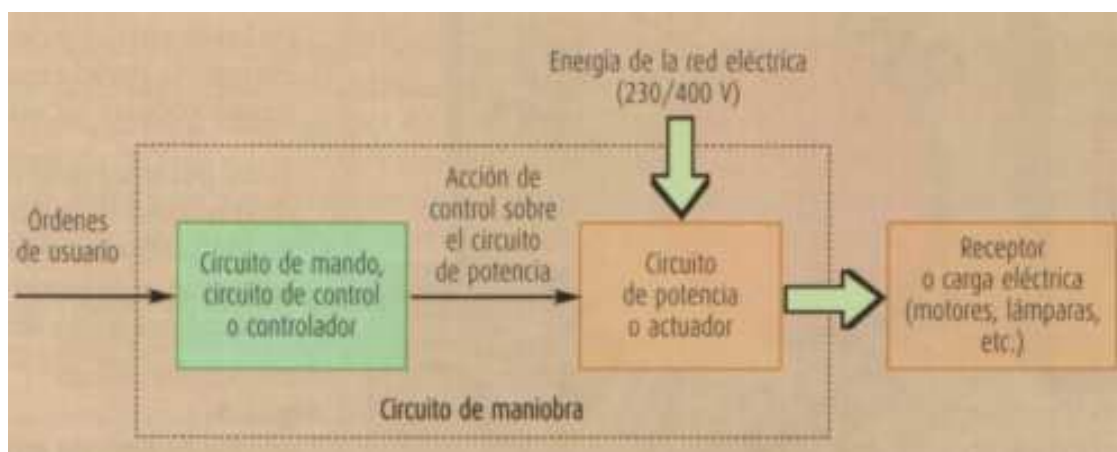


Fig. 5.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CIRCUITO DE MANIOBRA

6 DISPOSITIVOS DE MANDO BÁSICOS

Los elementos o dispositivos de mando son componentes que permiten al operario ordenar la ejecución de operaciones diversas, tales como el arranque, la parada, el cambio de velocidad, etc, de diferentes máquinas eléctricas, como por ejemplo los motores.

Aunque los dispositivos de mando son variados y de muy diferente naturaleza, actualmente podemos dividirlos en dos grandes bloques:

- Elementos de mando manuales.
- Elementos de mando automáticos. Relés de maniobra.

A) ELEMENTOS DE MANDO MANUALES

Los elementos de mando manuales son aquellos que el operario acciona para conectar, desconectar y, en general, gobernar, las instalaciones eléctricas.

Los más importantes son pulsadores, interruptores, conmutadores y selectores.

■ PULSADORES

Un pulsador es un elemento de conmutación manual por presión, cuyo contacto solamente tiene una posición estable. Al pulsarlo, cambia de posición, y al dejar de pulsarlo, retorna a su posición inicial mediante un muelle o resorte interno.

Los pulsadores son elementos que conectan y desconectan instalaciones y máquinas eléctricas mediante una simple pulsación sobre los mismos. Son los elementos de mando más utilizados.

Tipos de pulsadores

Los pulsadores se clasifican según la naturaleza de su contacto en posición de no pulsados en:



Fig. 6.1 Tipos de pulsadores

– Pulsadores normalmente abiertos (NA).

Cuando los pulsamos se efectúa la conexión interna de sus dos terminales. En reposo los contactos estarán abiertos (es decir, sin conexión eléctrica entre ellos). Se utilizan generalmente para la puesta en marcha o el arranque de máquinas e instalaciones eléctricas.

– Pulsadores normalmente cerrados (NC).

Cuando los pulsamos se efectúa la desconexión de sus dos terminales. En reposo los contactos estarán cerrados (con conexión eléctrica entre ellos). Se utilizan generalmente para el paro de máquinas e instalaciones eléctricas.

En un mismo pulsador pueden existir ambos contactos, que cambian simultáneamente al ser pulsados.

Un tipo de pulsador muy utilizado en la industria es el llamado **pulsador de paro de emergencia** (Fig. 6.2), denominado comúnmente “seta”, debido a su aspecto externo. La cabeza de estos pulsadores es bastante más ancha que en los normales y de color rojo, sobre fondo amarillo. Permite la parada inmediata de la instalación eléctrica cuando ocurre un accidente. Estos pulsadores llevan un dispositivo interno de enclavamiento de manera que, una vez pulsado, no se puede reanudar el funcionamiento de la instalación hasta que se desenclava, por ejemplo, mediante un giro de la cabeza o una llave auxiliar.



Fig. 6.2 PULSADOR DE PARO O EMERGENCIA

■ INTERRUPTORES Y CONMUTADORES

Los interruptores y conmutadores son elementos que conectan o desconectan instalaciones y máquinas eléctricas mediante el posicionado de una palanca. A diferencia de los pulsadores, al ser accionados, se mantienen en la posición seleccionada hasta que se actúa de nuevo sobre ellos. Fig. 6.3



Fig. 6.3 Interruptor

■ SELECTORES

Los selectores son similares a los interruptores y conmutadores en cuanto a funcionamiento, aunque para su actuación suelen llevar un botón, palanca o llave giratoria (que **puede** ser extraíble). Fig. 6.4.

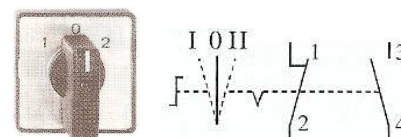


Fig. 6.4 Selector

Todos estos elementos de mando manual se alojan, por regla general, en cajas de plástico o metálicas, que pueden contener más de un elemento. Por ejemplo, son típicas aquellas cajas que contienen un pulsador NA para la marcha, y otro pulsador NC para el paro de un motor eléctrico.

Ejemplo 6.1

Busca en la tabla de pulsadores, mandos y accionamientos eléctricos cómo debe ser el símbolo de un interruptor que tiene dos posiciones (marcha/paro) con mando giratorio.

Además del contacto de un interruptor, deberemos dibujar el sistema de mando mecánico que actúa sobre éste. Así, necesitamos el símbolo de mando giratorio y el de retorno no automático o enclavamiento.

B) ELEMENTOS DE MANDO AUTOMÁTICOS. RELÉS DE MANIOBRA

Los detectores automáticos y sensores permiten la conexión, desconexión y mando en general de instalaciones eléctricas sin intervención directa de un operario.

Estos elementos de mando deben ser seguros y fiables, pues en general nadie se encarga de supervisar continuamente su funcionamiento.

Hoy en día podemos encontrar en el mercado multitud de elementos detectores y sensores para la detección y medida de gran número de variables físicas. Algunos muy utilizados son:

- finales de carrera,
- detectores de temperatura,
- células fotoeléctricas,
- detectores de presión,
- detectores de nivel de líquidos
- detectores de presencia.

Los símbolos utilizados para los detectores corresponden al tipo de contactos que incorporan, más el indicativo del tipo de mando mecánico u órgano de medida que los hace actuar. En la **Fig. 6.5** se puede observar diferentes tipos de detectores y sus símbolos.

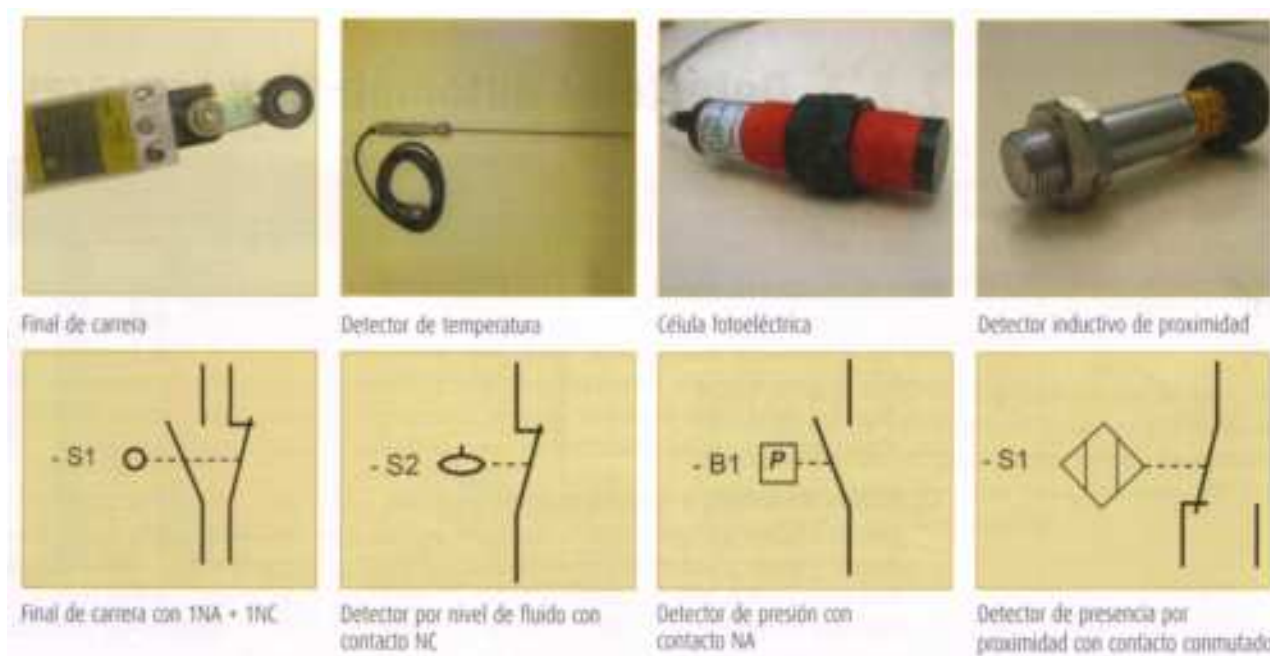


Fig. 6.5 Detectores

Observar que todos los símbolos de mandos mecánicos (interruptores de mando, finales de carrera, selectores, etc.) van acompañados de una letra de la clase de elemento (-S) y un número de orden (1,2,3...).

Los elementos que incorporan convertidores (convierten magnitudes eléctricas en no eléctricas) o transductores (convierten magnitudes no eléctricas en eléctricas) se indican con la letra -B.

■ FINALES DE CARRERA O INTERRUPTORES DE POSICIÓN.

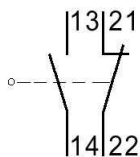
Este elemento es un interruptor de posición que se utiliza para controlar la posición de piezas, brazos u órganos móviles de máquinas, y establecen el límite hasta donde dichas piezas pueden llegar. Permiten la puesta en marcha, parada, cambio de velocidad, etc de máquinas diversas.

Internamente están formados por pulsadores que son accionados mecánicamente a través de una palanca por la pieza móvil que hay que controlar.



Fig. 6.6 Finales de carrera

Símbolo:



Como se puede observar, en este símbolo, el final de carrera está compuesto por un contacto normalmente cerrado (NC) y otro normalmente abierto (NA). Cuando se presiona sobre el vástago, cambian los contactos de posición, cerrándose el abierto y viceversa.

Fig. 6.7 Símbolo de final de carrera

■ DETECTORES DE TEMPERATURA.

Son dispositivos que permiten medir la temperatura de un recinto, depósito, etc., o detectar si ésta excede un cierto valor, denominado umbral.

Generalmente, se utilizan en sistemas de control que permiten realizar una regulación de dicha temperatura.



Fig. 6.8 Termostato

■ DETECTORES DE PRESIÓN O PREOSTATOS.

El presostato es un mecanismo que abre o cierra unos contactos que posee, en función de la presión que detecta por encima o por debajo de un cierto nivel de referencia.

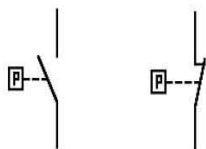
Esta presión puede ser provocada por aire, aceite o agua, dependiendo del tipo de presostato.

Se suelen usar en grupos de presión de agua, poniendo en marcha un motor-bomba cuando la presión de la red no es suficiente.



Fig. 6.9 Presostato

Símbolo:



Los contactos pueden ser normalmente abiertos NA o normalmente cerrados NC, dependiendo del tipo de presostato.

Fig. 6.10 Símbolo de presostato

■ DETECTORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS.

Detectan si el nivel de líquidos en depósitos, piscinas, etc., está por debajo de un nivel de referencia mínimo o por encima de un nivel de referencia máximo.

De esta forma, se utilizan en el mando automático de estaciones de bombeo, para comprobar la altura máxima y mínima del líquido cuyo nivel se pretende controlar.

■ DETECTORES DE PRESENCIA.

Los sensores de presencia tienen como finalidad determinar la existencia de un objeto en un intervalo de distancia especificado.

Se suelen basar en el cambio provocado en alguna característica del sensor debido a la proximidad del objeto. Básicamente son **inductivos**, de **efecto Hall**, **ultrasónicos** u **ópticos**.

DETECTORES INDUCTIVOS

El **Detector Inductivo** es un fin de carrera que trabaja exento de roces y sin contactos, no está expuesto a desgastes mecánicos y en general es resistente a los efectos del clima. Su empleo es especialmente indicado allí donde se requieren elevadas exigencias, precisión en el punto de conexión, duración, frecuencia de maniobras, y velocidad de accionamiento

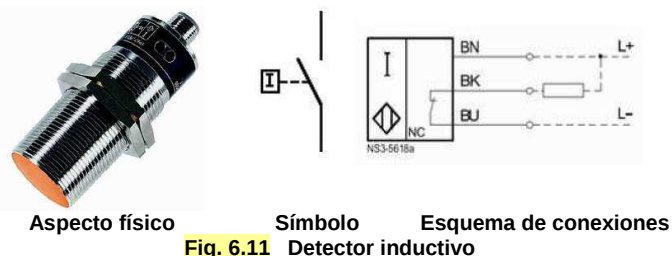


Fig. 6.11 Detector inductivo

Funcionamiento:

El DI es excitado por un campo alterno de alta frecuencia, el cual se origina en la "superficie activa" del DI, la magnitud de este campo alterno determina el "alcance" del aparato. Cuando se aproxima un material buen conductor eléctrico o magnético, el campo se amortigua. Ambos estados (campo amortiguado o no amortiguado) son valorados por el DI y conducen a un cambio de la señal en la salida.

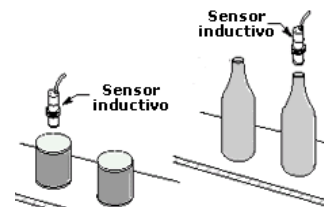


Fig. 6.12 Aplicación de un detector inductivo

DETECTORES CAPACITIVOS

Estos **detectores** de proximidad **capacitivos** son interruptores de límite, que trabajan sin roces ni contactos. **Pueden detectar materiales de conducción o no conducción eléctrica**, que se encuentran en estado sólido, líquido o pulverulento, entre otros: vidrio, cerámica, plástico, madera, aceite, agua, cartón y papel. El DETECTOR se conecta cuando él y el material se encuentran uno enfrente del otro a una determinada distancia.

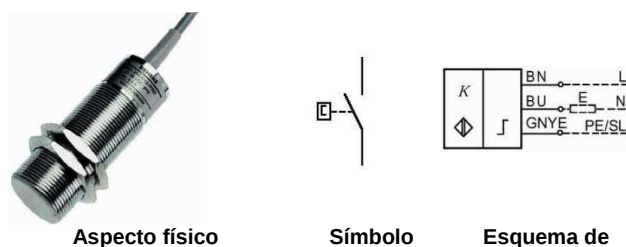


Fig. 6.13 Detector capacitivo

Ejemplo de conexión:

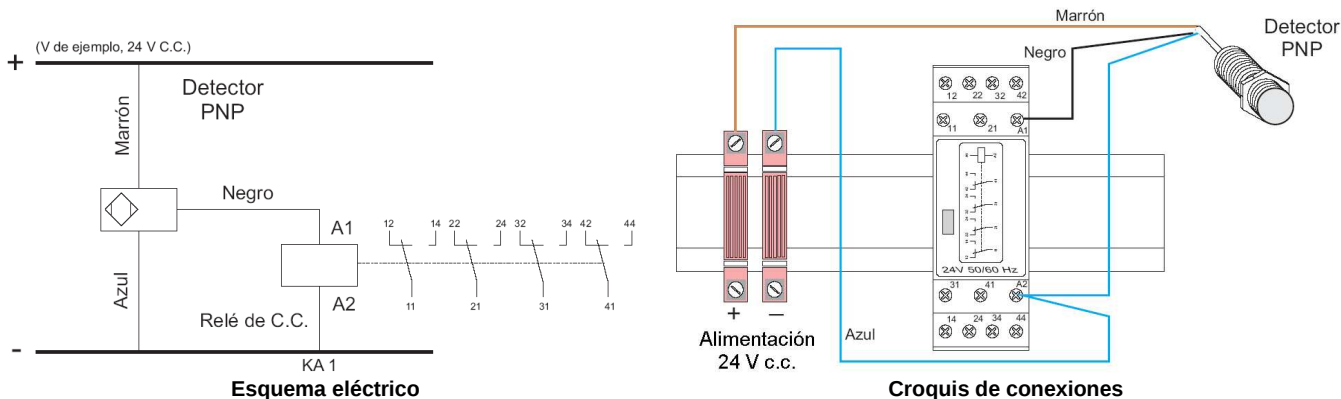
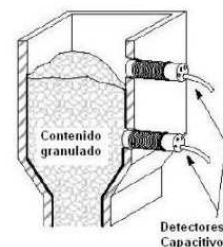


Fig. 6.14 Conexión de un detector inductivo o capacitivo.

Aplicaciones:

- Señalización del nivel de llenado en recipientes de material plástico o vidrio
- Control del nivel de llenado con embalajes transparentes
- Aviso de roturas de hilo en bobinas
- Aviso de rotura de cinta transportadora
- Cuenta de botellas
- Regulación del bobinado y de los esfuerzos de tracción de cintas
- Cuenta de todo tipo de objetos La superficie activa de un sensor está formada por dos electrodos metálicos dispuestos concéntrica mente, éstos se pueden considerar como los electrodos de un condensador. Al acercarse un objeto a la superficie activa del sensor, se origina un campo eléctrico delante de la superficie del electrodo. Esto se traduce con una elevación de la capacidad y el oscilador comienza a oscilar.



Alimentación:
Detección del nivel alto y bajo

Fig. 6.15 Aplicación de un detector capacitivo

DETECTORES FOTOELÉCTRICOS

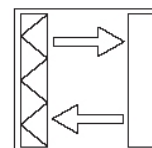
Son elementos que nos permiten detectar la existencia o la ausencia de luz en un determinado recinto. Además, se utilizan también para detectar la presencia o el movimiento de objetos o personas al cortar un haz luminoso.



Aspecto físico



Fig. 6.16 Detectores fotoeléctricos



Símbolo

Por ello, hoy en día son muy utilizados en sistemas de seguridad y alarmas, apertura y cierre automáticos de puertas de garajes, comercios, etc. Por ejemplo, los sensores fotoeléctricos los encontramos en los ascensores, evitando que se cierre la puerta, en caso de nuevas incorporaciones, o como elemento de seguridad en puertas de garaje, evitando que la puerta se cierre, si en ese momento pasa algún vehículo o viandante.

Sistemas de detección

Según el tipo de aparato, se evalúa la interrupción del mismo o bien la reflexión del haz luminoso.

- Sistema de barrera. Detectores de barrera

En los detectores de barrera, el objeto se interpone entre el emisor del haz luminoso y el receptor. Si la luz no llega al receptor se produce la acción de conmutación. El emisor suele ser una lámpara ayudada por un difusor luminoso, de tal forma que el haz de luz se direcciona.

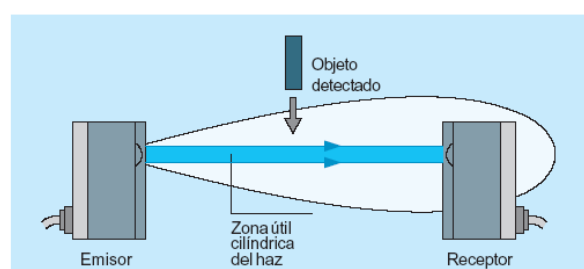


Fig. 6.17 Sistema de barrera mediante un detector fotoeléctrico

- Sistema réfex. Detectores de reflexión.

Los detectores por reflexión se denominan réfex, cuando el emisor del haz luminoso y el receptor, están en la misma ubicación y el elemento contrario es un reflector o catadióptrico.

El haz de luz impulsado por el diodo emisor es captado por una lente y enviado, a través de un filtro de polarización, a un reflector (principio del espejo triple). Una parte de la luz reflejada alcanza otro filtro de polarización del reflector. Los filtros se eligen y disponen de forma que solamente el haz luminoso enviado por el reflector alcance el receptor, y no los haces de luz de otros objetos que se encuentran dentro del campo de irradiación. Un objeto que interrumpa el haz de luz enviado por el emisor a través del reflector hacia el receptor origina una conexión de la salida.

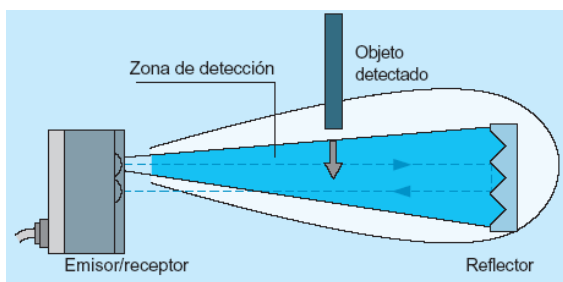
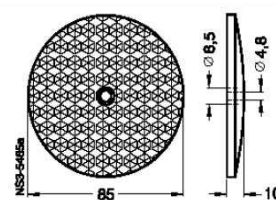


Fig. 6.18 Sistema reflex



Reflector

Conexión de una célula fotoeléctrica de reflexión.

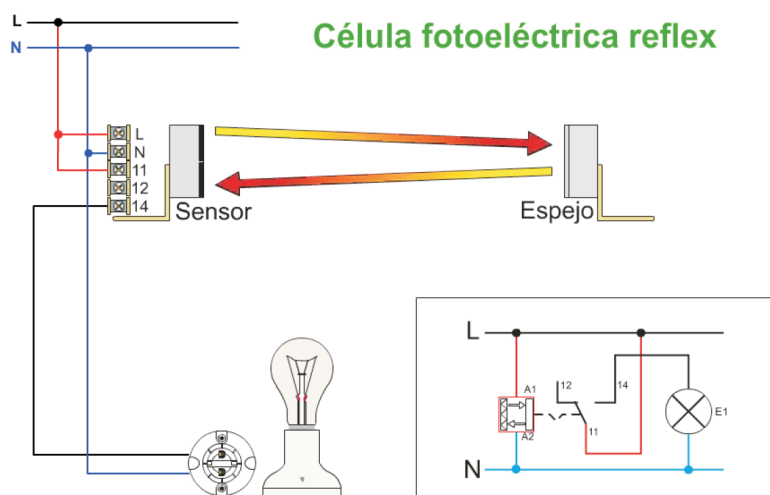
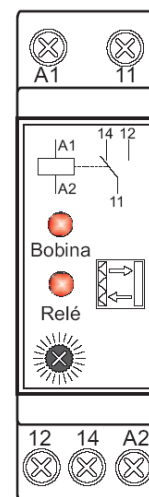


Fig. 6.19 Sistema reflex



- Sistema difuso. Detectores difusores

En los detectores difusores, un objeto cualquiera realiza la función de reflector. El emisor y receptor están en el mismo espacio.

La luz del emisor da en un objeto. Ésta se refleja de forma difusa y una parte de la luz alcanza la parte receptora del aparato. Si la intensidad de luz es suficiente, se conecta la salida. La distancia de reflexión depende del tamaño y del color del objeto así como del acabado de la superficie. La distancia de reflexión se puede modificar entre amplios límites mediante un potenciómetro incorporado. No permiten que la distancia sea elevada.

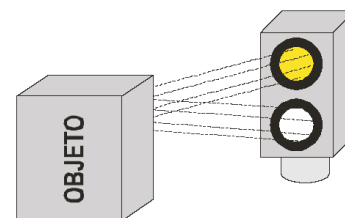


Fig. 6.20 Sistema difuso

7 LOS DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN Y LOS ACTUADORES

A) REGULADORES O CONTROLADORES

Los **reguladores**, también conocidos como **controladores**, son elementos que permiten que la variable o magnitud física que se desea controlar (velocidad de una máquina eléctrica, posición del eje de un motor, temperatura de un recinto, etc.) permanezca siempre entre ciertos valores admisibles, sin intervención directa de un operador humano.

Por tanto, un regulador sustituye en muchísimas ocasiones a una persona en tareas complejas de control y regulación de instalaciones y máquinas industriales y domésticas. Hoy en día, prácticamente cualquier aparato electrónico lleva un regulador para alguna de sus funciones (vídeo y DVD, termostatos para el control de temperatura, sistemas de control en vehículos, ascensores, etc.).

Un **controlador electrónico** es un dispositivo (analógico o digital) que calcula la acción de control necesaria a partir de una cierta ley de control (o algoritmo de control) determinada previamente. Para ello, utiliza las señales de entrada (la consigna y el valor de la variable de salida de la planta).



Fig. 7.1 TERMOSTATO DOMÉSTICO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA

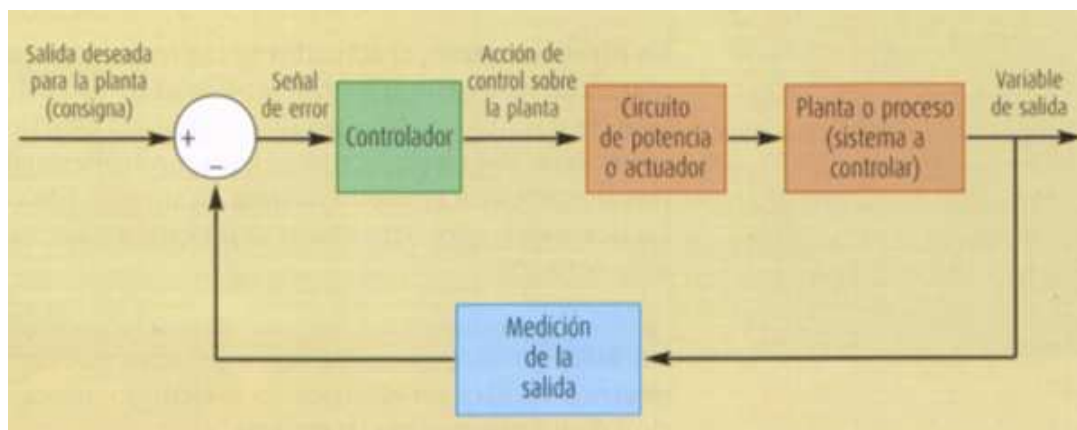


Fig. 7.2 PLANTA (O PROCESO) CONTROLADA MEDIANTE UN SISTEMA EN LAZO CERRADO

CLASIFICACIÓN:

Aunque podemos realizar una clasificación más detallada, los reguladores electrónicos pueden dividirse básicamente en los siguientes tipos:

- **CONTROLADORES DE TEMPERATURA TODO/NADA.**

También llamados ON/OFF, permiten el control de variables de variación lenta, como es la temperatura.

- **CONTROLADORES DE PROCESOS DE PROPÓSITO GENERAL.**

Permiten el control de forma más precisa que los anteriores. Los controladores de este tipo más conocidos son los llamados controladores PID (Proporcional Integral Derivativo).

- **CONTROLADORES DE VELOCIDAD DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS.**

Permiten el control de la velocidad de giro y la posición de los ejes para motores eléctricos, tanto de CC como de CA.

- **CONTROLADORES SECUENCIALES.**

En este grupo se incluyen aquellos reguladores de propósito general, utilizados normalmente en procesos industriales, y que están basados en autómatas programables y sistemas eléctricos diversos como contactores, relés y temporizadores.

B) ACTUADORES

Normalmente, las acciones de control que debe suministrar el controlador a la planta o proceso para obtener el valor adecuado de la variable de salida deben ser de una potencia considerable, especialmente en ambientes industriales.

Pensemos, por ejemplo, que si la planta es un motor de CC, la tensión y la corriente con las que trabaja suelen ser de valores considerables. En estos casos, el controlador, que es en esencia un circuito electrónico de baja potencia, no puede proporcionar esos niveles tan grandes de tensión o corriente. Por lo tanto, en la mayoría de aplicaciones, entre el controlador y la planta suele existir lo que conocemos como **actuador**.

En otras ocasiones, el actuador permite transformar una magnitud eléctrica en otra magnitud física, como fuerza, movimiento, etc. Éste es el caso de plantas donde la acción de control no debe ser una magnitud eléctrica, sino una magnitud de distinta naturaleza. Por ejemplo, una válvula electropneumática es un dispositivo que permite transformar una tensión eléctrica en un giro (de cierre o de abertura) de la misma.

En ocasiones, a los actuadores se los conoce también por el nombre de elementos de **control final**.

Un actuador es, por tanto, un dispositivo que permite transformar una magnitud eléctrica en otra de tipo eléctrica o no eléctrica (por ejemplo, mecánica) o bien permite la amplificación de un mismo tipo de energía.

CLASIFICACIÓN

Al igual que sucede con los detectores y dispositivos sensores, el número de actuadores es inmenso y sólo

trataremos los más conocidos:

- **RELÉS Y CONTACTORES.**

- **Relé** es un elemento que posibilita el gobierno de receptores.
- **Contactores** es un dispositivo similar a un relé convencional, utilizado para el control de cargas de elevada potencia.

- **SOLENOIDES O ELECTROIMANES.**

Son dispositivos basados en una bobina que, mediante la generación de un campo magnético, permiten transformar energía eléctrica en energía mecánica.

Se utilizan para efectuar pequeños movimientos o desplazamientos, giros de piezas, etc. (por ejemplo, en porteros electrónicos para la apertura automática de puertas).

- **ELECTROVÁLVULAS.**

Una electroválvula es un elemento que incorpora un conjunto de un electroimán y una válvula mecánica. Dicho conjunto, que se acciona mediante un controlador eléctrico o electrónico, permite o impide el paso de un fluido o un árido.

Son, en consecuencia, elementos del máximo interés en la automatización industrial.

- **ACTUADORES ELECTROHIDRÁULICOS.**

Ofrecen en su salida acciones mecánicas (fuerza, par, posición, velocidad, etc.) a partir de una tensión o corriente eléctrica. Emplean un fluido (generalmente aceite o agua) para proporcionar la acción de control, obteniendo fuerzas y pares de fuerza de gran potencia.

- **ACTUADORES ELECTRONEUMÁTICOS.**

Parecidos a los actuadores electrohidráulicos, utilizan el aire a presión como fluido para proporcionar la acción de control.

Tanto los actuadores electroneumáticos como los electrohidráulicos se utilizan ampliamente en la industria como base para válvulas de control de líquidos y gases (válvulas electrohidráulicas y válvulas electroneumáticas) y para cilindros neumáticos (**Fig. 7.3**).

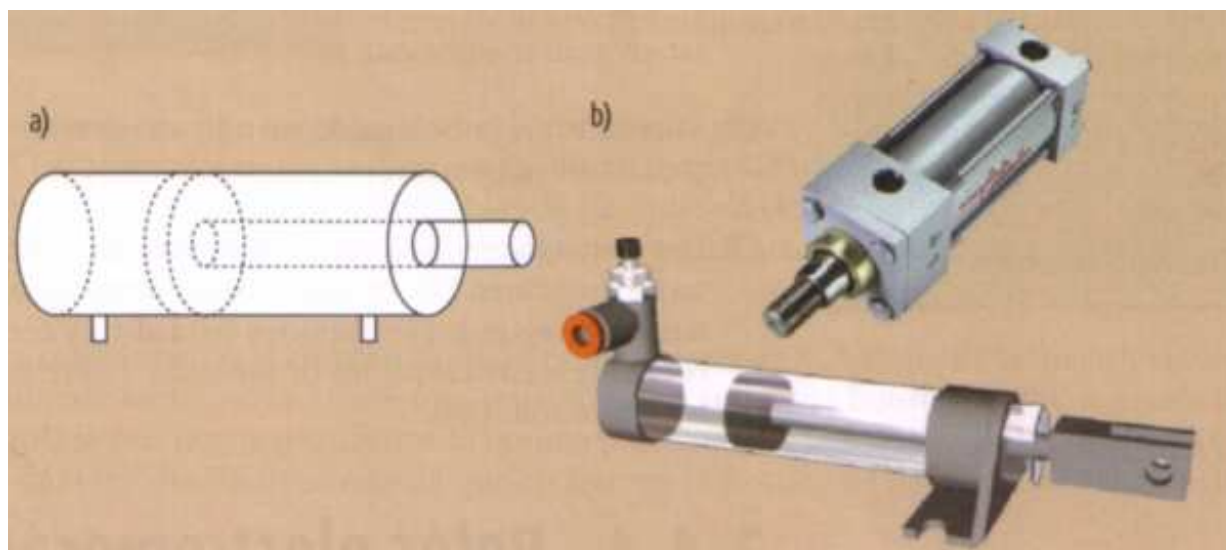


Fig. 7.3 CILINDROS NEUMÁTICOS
a) Estructura interna b) Aspecto externo

Ejemplo 7.1

En una instalación doméstica de aire acondicionado por bomba de calor, indica dónde podemos encontrar el regulador y cuál puede ser el actuador sobre el que realiza la acción de control.

Solución:

De forma muy simplificada, suele incorporarse un termostato que permite al usuario fijar una temperatura de la estancia (consigna) y que incorpora un circuito electrónico con un sensor de temperatura. Este termostato está conectado con la placa electrónica de la unidad externa (compresor) donde está el regulador electrónico. Las salidas del regulador activan o desactivan los contactores que ponen en marcha el compresor, el ventilador, etc.

8 DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN

A) INTRODUCCIÓN

Un motor eléctrico, como cualquier otro receptor, ha de estar dotado de un dispositivo que permita su adecuada conexión a la red de alimentación.

A dicho dispositivo se le exige:

- que realice la conexión y desconexión en carga.
- que dicha conmutación la verifique en una sola maniobra.
- que su corte sea omnipolar (*).

* Esta última condición significa que el dispositivo cortará las fases y el neutro de la red.

Como dispositivo preferente hay que citar el interruptor, que contará con tres contactos, si conmuta el motor directamente, o con cuatro contactos, si alimenta un equipo arrancador que precisa del neutro (**Fig. 8.1**)

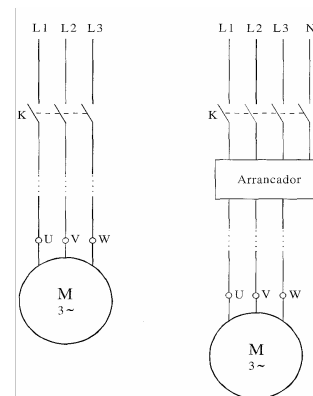


Fig. 8.1 CONMUTACIÓN OMNIPOLAR DE UN MOTOR A LA RED

B) LA CONMUTACIÓN MANUAL

Para este sistema de conmutación, el interruptor **tripolar manual** es el más habitual.

En su versión más simple, consta de tres contactos con dos posiciones estables:

- posición 0: contactos abiertos (motor parado).
- posición I: contactos cerrados (motor en marcha).

Su disposición constructiva puede adoptar diversas formas y tamaños (**Fig. 8.2**).

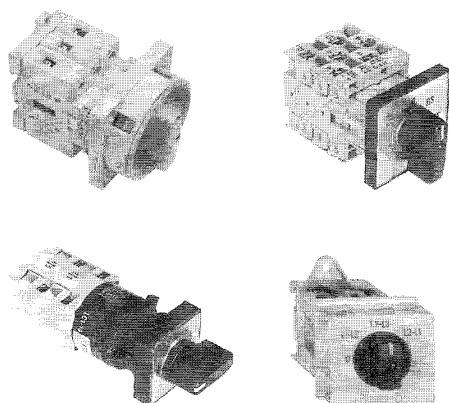
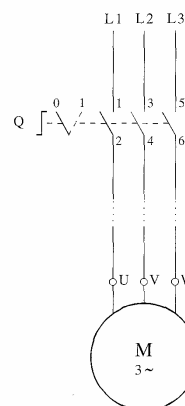


Fig. 8.2 INTERRUPTORES TRIPOLARES MANUALES PARA MOTORES



Para **invertir el sentido de giro** de un motor trifásico basta con conectarlo a la red con dos fases cualesquiera intercambiadas entre sí (**Fig. 8.3**)

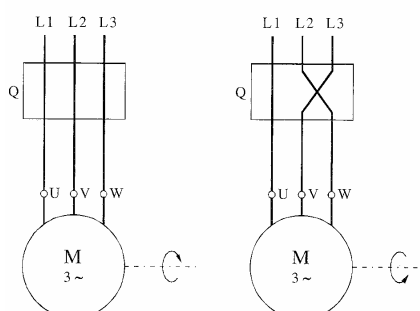


Fig. 8.3 INTERRUPTORES TRIPOLARES MANUALES PARA MOTORES

Para realizar esta inversión, el interruptor utilizado, que podemos llamar ahora expresamente **conmutador**, tiene tres posiciones estables, una para cada sentido de giro y otra central de parada, o desconexión de la red (**Fig. 8.4**)

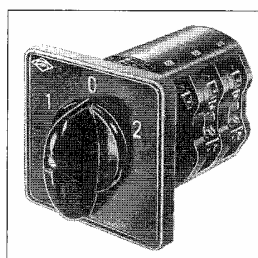
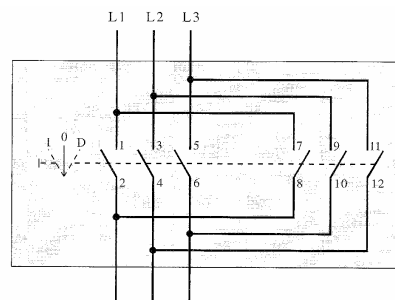


Fig. 8.4 CONMUTADOR MANUAL PARA MOTOR TRIFÁSICO CON DOS SENTIDOS DE GIRO



Igualmente, podemos disponer de conmutadores manuales para realizar arranques a tensión reducida, o para accionar motores de dos velocidades.

C) EL CONTACTOR.

El contador es un dispositivo de conmutación que se acciona electromagnéticamente. Su misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos y permitir que alimente a una instalación o receptor, con la posibilidad de ser comandados a distancia. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

Existen diferentes tipos de contactores (electromagnéticos, electromecánicos, neumáticos, etc.) pero nos centraremos en el estudio de los contactores electromagnéticos, que son los que más se utilizan en las instalaciones eléctricas.

Circuito electromagnético: Consta de tres partes.

- **Núcleo**, en forma de E. Parte fija.
- La **bobina**.
- La **armadura**. Parte móvil

Esquematisamos su principio de funcionamiento en la **Fig. 8.5**. Los **contactores electromagnéticos** se basan en el accionamiento de un electroimán o una bobina y pueden considerarse como interruptores accionados eléctricamente, ya que permiten cortar la corriente de un circuito a través de una señal de mando eléctrica, a diferencia de un interruptor convencional, que permite cortar la corriente eléctrica de un circuito mediante una acción mecánica.

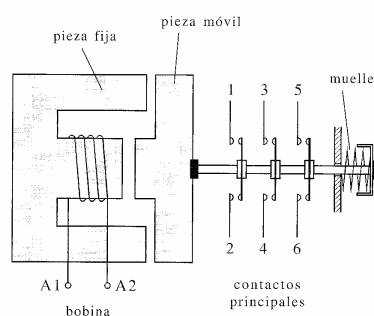
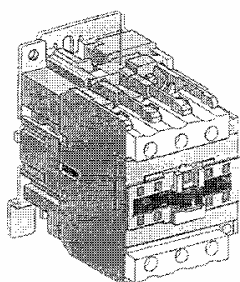
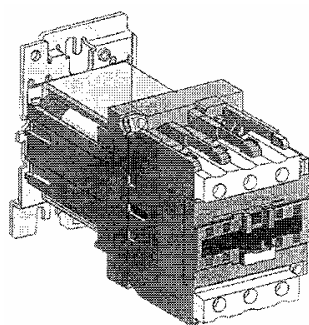


Fig. 8.5 CONTACTORES. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de estos elementos es muy simple: al aplicar una tensión a las bornas A1-A2 de la bobina, circula a través de ella una corriente que crea un campo magnético en su interior. Este campo atrae una armadura metálica hacia el núcleo de la bobina. Puesto que esta armadura está unida mecánicamente a los contactos, cuando se desplaza hacia el núcleo de la bobina se produce la **apertura** o **cierre** de los contactos. Si eliminamos la tensión aplicada, el conjunto vuelve a su posición inicial y los contactos se **cierran** o se **abren**.

Para la conmutación de motores trifásicos se emplean contactores tripolares.

La puesta en tensión de la bobina se realiza por medio de un contacto, que en el caso más sencillo, es un

pequeño interruptor unipolar (**Fig. 8.6**). Llamamos a dicha maniobra **activado del contador**.

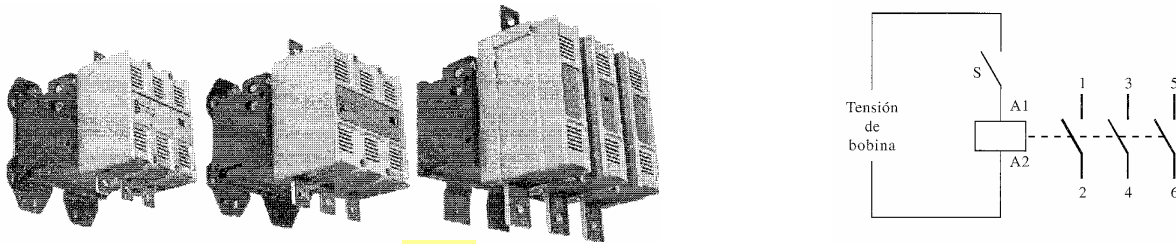


Fig. 8.6 ACTIVADO DE UN CONTACTOR

El contactor tiene ventajas evidentes sobre el interruptor manual. Entre otras citamos:

- ✓ su elevada velocidad de conexión y desconexión.
- ✓ su posibilidad de mando a distancia.
- ✓ su compatibilidad con otros dispositivos de conmutación.

D) DIFERENCIAS ENTRE RELÉS Y CONTACTORES.

Tanto los relés como los contactores son elementos básicos que aparecen en cualquier sistema de automatización. Están formados por una **bobina** (denominada circuito de control o circuito de mando) y unos **contactos** metálicos (circuito de potencia) formados por unas láminas ferromagnéticas.

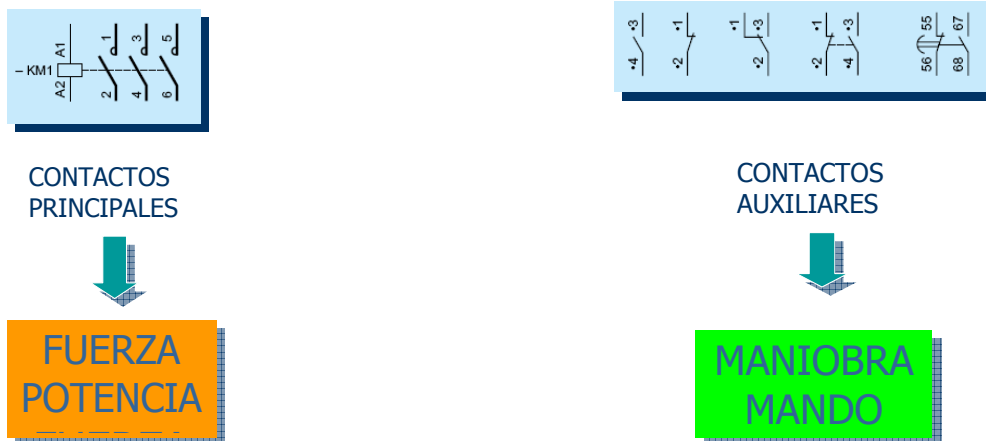


Fig. 8.7 CONTACTOS DE UN CONTACTOR

Las diferencias fundamentales entre los relés y los contactores son:

- Los **contactores** disponen de dos tipos de contactos:
 - Contactos principales. Destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia
 - Contactos auxiliares. Destinados para abrir y cerrar circuitos de mando, de menor corriente eléctrica que los de potencia

Los **relés** disponen únicamente de contactos auxiliares.

- Los **relés** son elementos que suelen operar con cargas pequeñas, mientras que los **contactores** se conectan con cargas de gran potencia.

9 EL RELÉ DE SOBRECARGA TÉRMICO

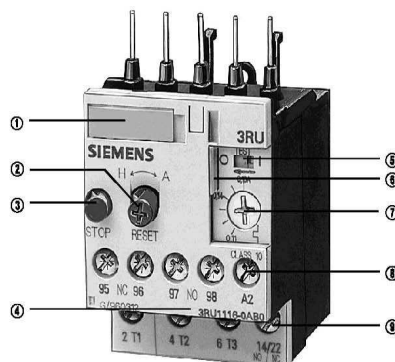
Es un mecanismo que sirve como elemento de protección del receptor (motor habitualmente) contra las sobrecargas. Su misión consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un tiempo la intensidad permitida por este, evitando que el bobinado “se queme”.

Esto ocurre gracias a que consta de tres **láminas bimetálicas** con sus correspondientes bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetálico y la apertura del relé. La velocidad de corte no es tan rápida como en el interruptor magnetotérmico.

- **Aspecto físico: Partes de que está compuesto**

Nota: Ajuste de la intensidad

Para el arranque directo, se debe regular (tornillo 7), a la Intensidad nominal del motor (I_n). Esta intensidad deberá venir indicada en la placa de características del motor.



- ① Plaquita de características
- ② Conmutador selector RESET manual/automático
- ③ Tecla STOP
- ④ Nº de pedido completo en el frontal del aparato
- ⑤ Indicación del estado de conexión y función de prueba TEST
- ⑥ Cubierta transparente precintable (para proteger el tornillo de ajuste de la intensidad, la función TEST y el posicionamiento de RESET manual/automático)
- ⑦ Tornillo de ajuste de la intensidad
- ⑧ Borne de repetición de bobina (con montaje a contactor)
- ⑨ Borne de repetición de contactos auxiliares (con montaje a contactor)

Fig. 9.1 Ejemplos de disposición de relés

- **Símbolo**

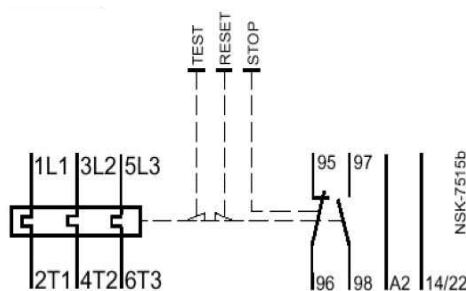


Fig. 9.2 Símbolo completo del relé térmico

- **Elección del Relé Térmico**

Para la elección de este mecanismo hay que tener en cuenta el *tiempo máximo* que puede soportar una sobreintensidad no admisible, y asegurarnos de que la intensidad del receptor esté comprendida dentro del margen de *regulación de la intensidad* del relé.

- **Designación. Marcado de los bornes**

- Los bornes principales se marcarán como los contactos principales del contactor.

1-2, 3-4, 5-6, o L1-T1, L2-T2, L3-T3.

- Los contactos auxiliares serán:

95-96 contacto cerrado

97-98 contacto abierto.

10 RELÉS TEMPORIZADORES

Los **relés temporizados** o **temporizadores** son elementos de mando que se encargan de retardar o mantener la apertura o el cierre de un contacto durante un tiempo determinado previamente programado, es decir, los temporizadores son relés en los que los contactos se abren o cierran con retardos según el modo de funcionamiento.

- ◆ **Tipos de temporizadores**

Básicamente existen tres tipos de temporizadores eléctricos en función de la señal de control del relé temporizador:

- *Temporizado a la conexión o temporizado al trabajo*
- *Temporizado a la desconexión o temporizado al reposo*
- *Temporizado a la conexión/desconexión o temporizado al trabajo y al reposo*

- **Temporizado a la conexión o temporizado al trabajo.** Retardan la apertura o el cierre, según el tipo NA o NC, de un contacto el tiempo programado una vez activada la entrada de control (**Fig. 10.1**).

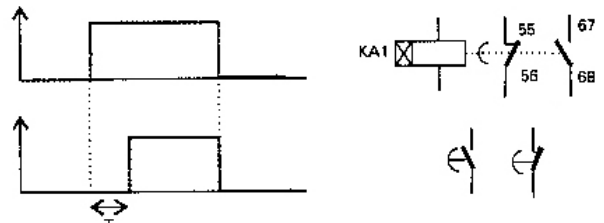


Fig. 10.1 Relé temporizado con retardo a la conexión

- **Temporizado a la desconexión o temporizado al reposo.** Mantiene la posición de un contacto durante el tiempo programado una vez desactivada la entrada de control (**Fig. 10.2**).

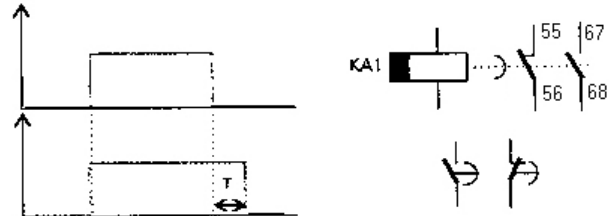


Fig. 10.2 Relé temporizado con retardo a la desconexión

- **Temporizado a la conexión/desconexión o temporizado al trabajo y al reposo.** Retardan la apertura (o cierre) de un contacto el tiempo programado T1 y lo mantiene durante el tiempo programado (T2) una vez desactivada la entrada de control (**Fig. 10.3**).

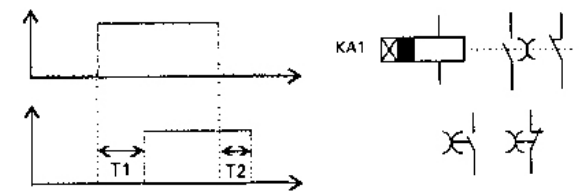


Fig. 10.3 Relé temporizado con retardo a la conexión y a la desconexión

♦ Designación. Marcado de los bornes

Los diferentes contactos siguen una designación específica:

Se les asignarán números de dos cifras, la primera cifra indica el número de orden y la segunda deberá ser:

- **5 y 6, contactos con retardo a la conexión.**
- **7 y 8, contactos con retardo a la desconexión.**

La **Fig. 10.4** muestra dos de las formas convencionales de conexión de un temporizador con retardo ala conexión.

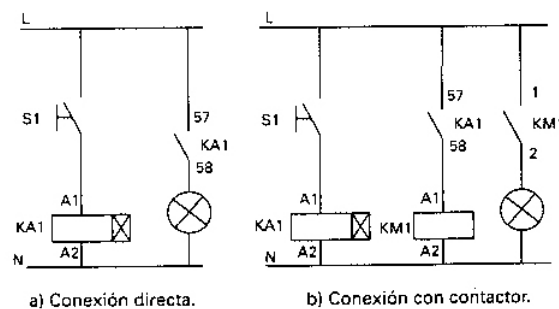


Fig. 10.4

11 SIMBOLOS ELÉCTRICOS

Una instalación eléctrica, por sencilla que sea, consiste en un circuito en el que hay diversos componentes conectados entre sí por medio de conductores.

Todo circuito puede representarse gráficamente en forma de esquema, en el que aparecen todos estos componentes y las conexiones entre ellos.

La representación gráfica de un elemento eléctrico es su símbolo. Estos símbolos se encuentran normalizados en diversos países a través, de sus correspondientes normas:

- UNE (España)
- DIN (Alemania)
- BS (Reino Unido)
- ANSI (EE.UU)

- AS (Australia)
- SABS (Sudáfrica)

- etc

No existe uniformidad entre estas normas, lo que ocasiona que un mismo elemento tenga símbolos diferentes según el país de que se trate.

La **Fig. 11.1** muestra, a título de ejemplo, los símbolos de cuatro elementos eléctricos muy habituales, representados según diferentes normas.

	UNE	DIN	BS	ANSI
Enchufe y clavija				
Fusible				
Motor 3~				
Rotor de jaula				
Contacto NO cierre retardado				

Fig. 11.1

Trabajo NO				
Reposo NC				
Pulsador NO				

Fig. 11.2 Contactos auxiliares y pulsadores según la norma española UNE 20004 (obsoleta en este momento)

Esta multiplicidad de símbolos para representar un mismo elemento también existe dentro de una misma norma.

Actualmente se tiende a la unificación y simplificación de la simbología eléctrica a través de las normas IEC (o bien CEI: Comisión Electrotécnica Internacional), elaboradas por la casi totalidad de los países industrializados. A nivel europeo, el CENELEC (Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica) está unificando la simbología y denominación de los aparatos eléctricos.

NORMA UNE-EN 60617 (IEC 60617)

En los últimos años (1996 al 1999) se han visto modificados los símbolos gráficos para esquemas eléctricos, a nivel internacional con la norma IEC 60617, que se ha adoptado a nivel europeo en la norma EN 60617 y que finalmente se ha publicado en España como la norma UNE-EN 60617.

Por lo que es necesario dar a conocer los símbolos más usados. La consulta de estos símbolos por medios informáticos en los organismos competentes que la publican (CENELEC y otros) está sujeta a suscripción y pago. Esta norma, está dividida en las siguientes partes:

PARTE	DESCRIPCIÓN
UNE-EN 60617-2	Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general
UNE-EN 60617-3	Conductores y dispositivos de conexión
UNE-EN 60617-4	Componentes pasivos básicos
UNE-EN 60617-5	Semiconductores y tubos electrónicos
UNE-EN 60617-6	Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica
UNE-EN 60617-7	Aparataje y dispositivos de control y protección
UNE-EN 60617-8	Instrumentos de medida, lámparas y dispositivos de señalización
UNE-EN 60617-9	Telecomunicaciones : Conmutación y equipos periféricos
UNE-EN 60617-10	Telecomunicaciones : Transmisión
UNE-EN 60617-11	Esquemas y planos de instalación, arquitectónicos y topográficos.
UNE-EN 60617-12	Operadores lógicos binarios

Para conocer todos los símbolos con detalle, así como la representación de nuevos símbolos debe consultarse la norma al completo.

En la **Fig. 11.3** damos algunos de estos símbolos. Se trata de elementos muy frecuentes en circuitos a baja tensión.

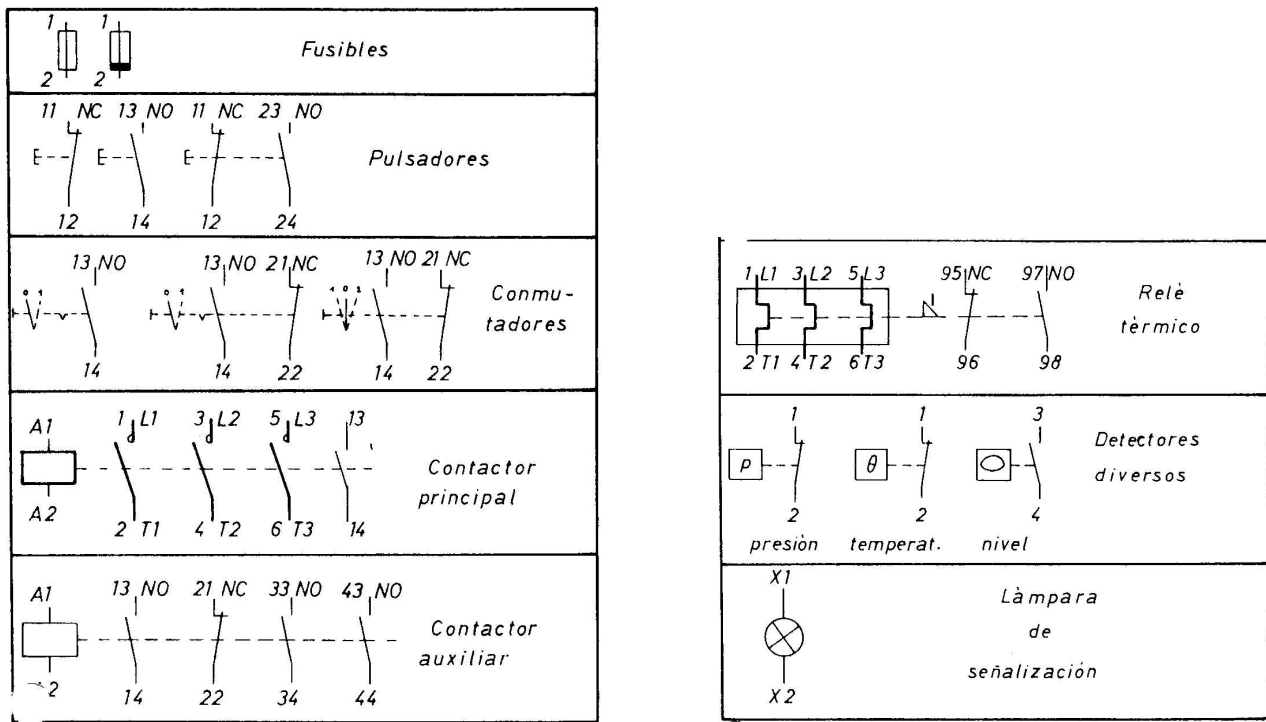


Fig. 11.3

El **contacto auxiliar** es un elemento fundamental en cualquier circuito de maniobra.

Los símbolos de sus tipos más usuales se recogen en la **Fig. 11.4**.

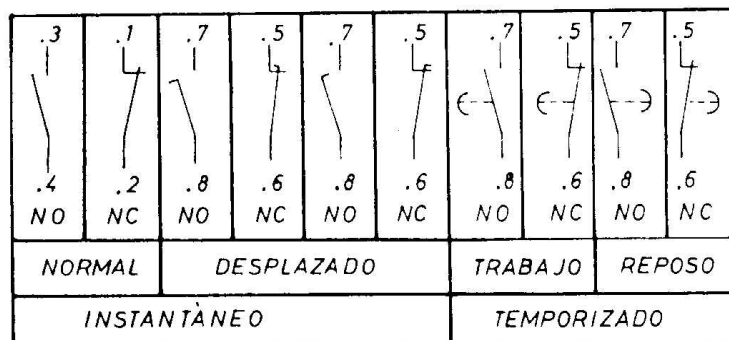


Fig. 11.4

Para una mayor simplificación pueden eliminarse las letras de identificación:

de **línea** (L1, T1...)

y las de tipo de **contacto**

NC: normalmente cerrado

NO: normalmente abierto).

En cualquier contactor podemos encontrar uno o más contactos auxiliares de los tipos anteriores. La **numeración** de sus bornas se realiza con **dos cifras**:

-La **primera** cifra (decenas) (reemplazada en la figura por un punto) indica su lugar o posición y varía según el tipo de contactor.

-La **segunda** (unidades) cifra indica su función:

- 1-2 Instantáneo normalmente cerrado NC.
- 3-4 Instantáneo normalmente abierto NO (NA).
- 5-6 Temporizado o retardado de apertura (NC).
- 7-8 Temporizado o retardado de cierre NO (NA).

El número 9 y, si es necesario el 10, se reservan para los contactos auxiliares de los relés térmicos.

El número 9 se emplea como primera cifra en los contactos de relés térmicos.

Si un contactor es principal (de fuerza o potencia) tiene, además, contactos principales o polos, que se numeran con una sola cifra.

Los cuatro contactores principales y tres auxiliares de la Fig. 11.5 nos aclaran este concepto.

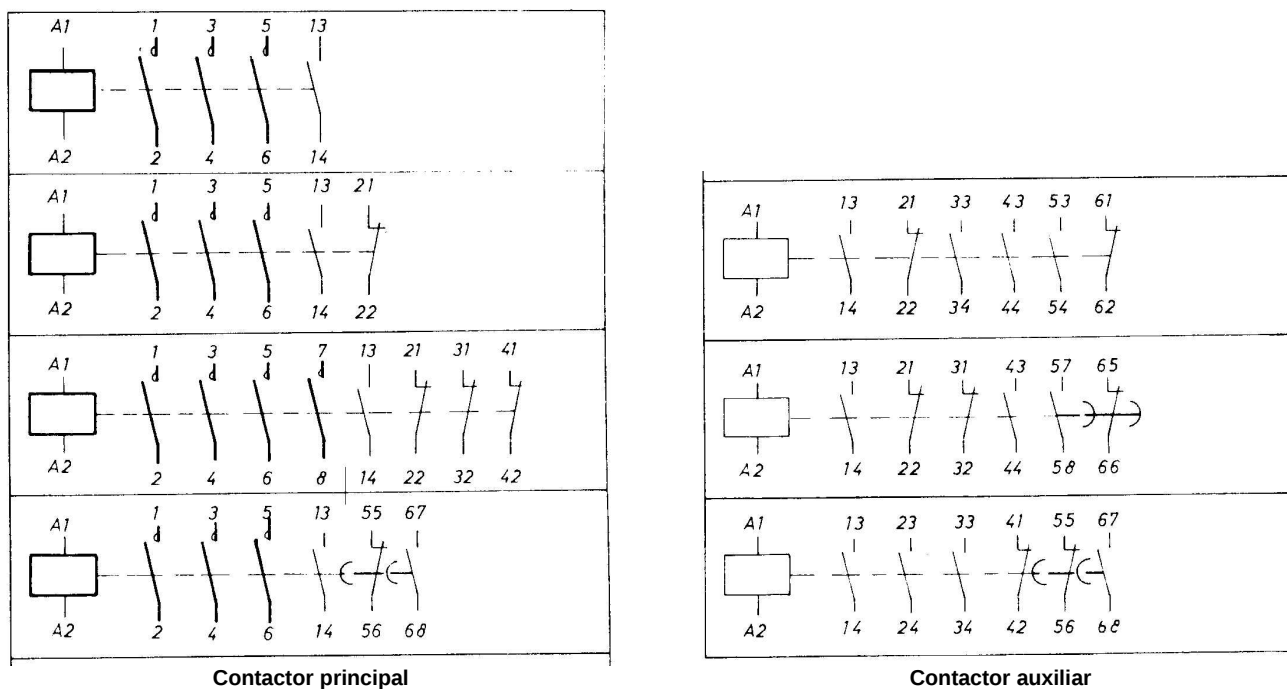


Fig. 11.5

El elemento que más frecuentemente conmutan los polos de un contactor principal es el motor de corriente alterna.

Mostramos en la Fig. 11.6 símbolos y nomenclatura de bornas del motor monofásico.

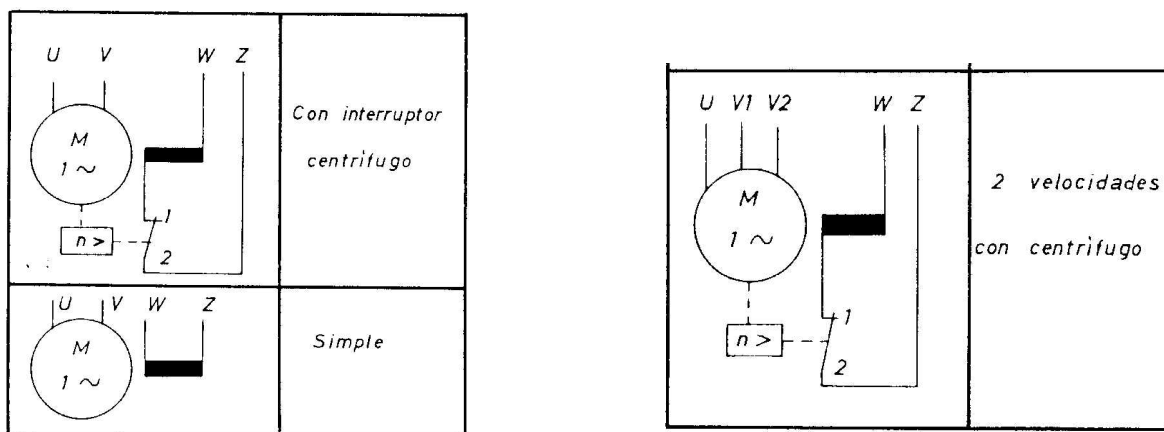


Fig. 11.6

La Fig. 11.7 corresponde a algunos tipos de motores trifásicos. De todos ellos el más usual para usos industriales es el de rotor en cortocircuito o rotor de jaula. Su simplicidad de conexionado y arranque, así como su buena relación volumen/potencia, le convierten en el más característico de los motores trifásicos.

Cuando se desea un motor trifásico de dos velocidades (máquinas herramienta, elevadores, etc.), la relación

volumen/potencia disminuye, debido a la mayor complejidad de los bobinados.

El motor de rotor bobinado (o de anillos rozantes) se usa principalmente en máquinas elevadoras (polipastos, puentes-grúa, etc.), debido a la posibilidad de variación de su velocidad. Esta importante ventaja no la tienen los otros motores trifásicos, salvo en caso de utilizar convertidores de frecuencia.

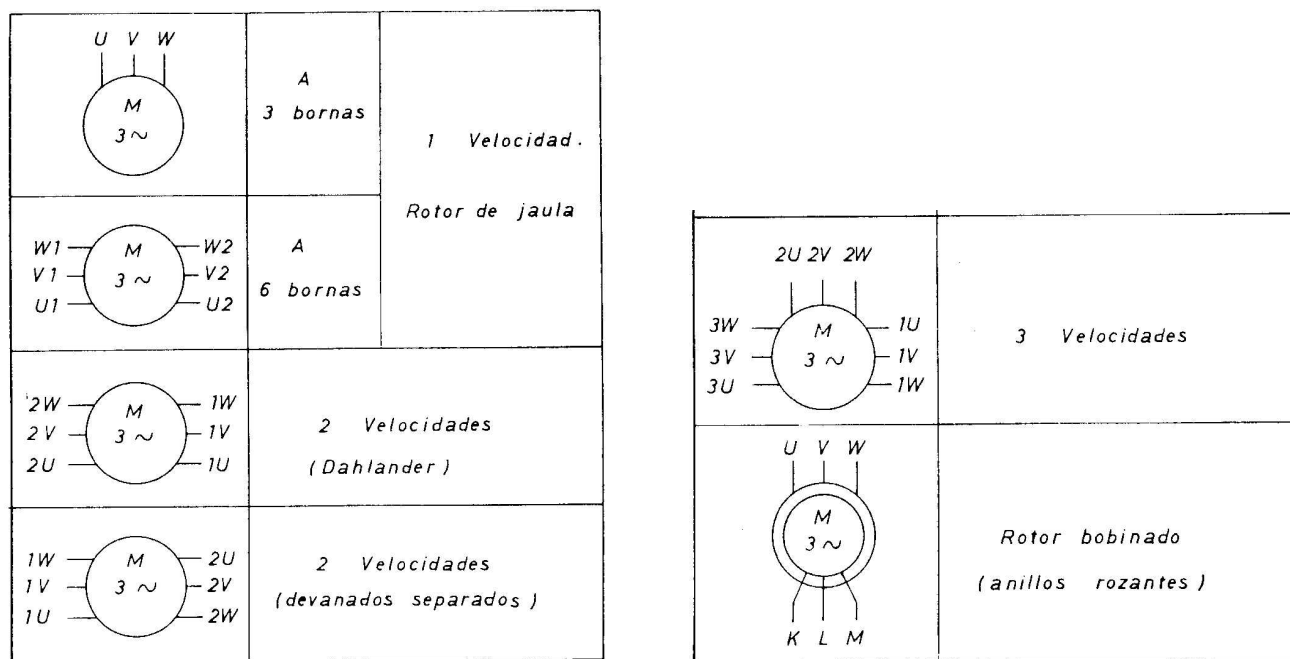


Fig. 11.7

Existe un **código internacional de letras** muy sencillo para identificar la clase de cada elemento que figura en un esquema (Fig. 11.8). Esta letra aparece a la izquierda o debajo de su símbolo correspondiente.

LETRA	CLASE DE ELEMENTO
C	Condensador
E	Receptor de iluminación y calefacción
F	Dispositivo de protección
H	Dispositivo de señalización
KM	Contactor principal
KA	Contactor auxiliar. Relé.
M	Motor
R	Dispositivo de medición

R	Dispositivo de medición
	Dispositivo mecánico de desconexión de circuitos principales.
R	Resistencia
S	Dispositivo mecánico de conmutación en circuitos de mando.
T	Transformador
Y	Embrague, Freno, Electrovalvula

Fig. 11.8

Clasificación por letras de referencia

Referencia	Ejemplos de materiales
A Conjuntos, subconjuntos funcionales (de serie)	Amplificador de tubos o de transistores, amplificador magnético, regulador de velocidad, autómata programable
B Transductores de una magnitud eléctrica en una magnitud eléctrica o viceversa	Par termoeléctrico, detector termoelectrónico, detector fotoeléctrico, dinamómetro eléctrico, presostato, termostato, detector de proximidad
C Condensadores	
D Operadores binarios, dispositivos de temporización, de puesta en memoria	Operador combinatorio, línea de retardo, báscula biestable, báscula monoestable, grabador, memoria magnética
E Materiales varios	Alumbrado, calefacción, elementos no incluidos en esta tabla
F Dispositivos de protección	Cortocircuito fusible, limitador de sobretensión, pararrayos, relé de protección de máxima de corriente, de umbral de tensión
G Generadores Dispositivos de alimentación	Generador, alternador, convertidor rotativo de frecuencia, batería oscilador, oscilador de cuarzo
H Dispositivos de señalización	Piloto luminoso, avisador acústico
K Relés de automatismo y contactores	Utilizar KA y KM en los equipos importantes
KA Relés de automatismo y contactores auxiliares	Contactador auxiliar temporizado, todo tipo de relés
KM Contactores de potencia	
L Inductancias	Bobina de inducción, bobina de bloqueo
M Motores	
N Subconjuntos (no de serie)	
P Instrumentos de medida y de prueba	Aparato indicador, aparato grabador, contador, conmutador horario
Q Aparatos mecánicos de conexión para circuitos de potencia	Disyuntor, seccionador
R Resistencias	Resistencia regulable, potenciómetro, reostato, shunt, termistancia
S Aparatos mecánicos de conexión para circuitos de control	Auxiliar manual de control, pulsador, interruptor de posición, conmutador
T Transformadores	Transformador de tensión, transformador de corriente
U Moduladores, convertidores	Discriminador, demodulador, convertidor de frecuencia, codificador, convertidor-rectificador, ondulador autónomo
V Tubos electrónicos, semiconductores	Tubo de vacío, tubo de gas, tubo de descarga, lámpara de descarga, diodo, transistor, tiristor, rectificador
W Vías de transmisión, guías de ondas, antenas	Tirante (conductor de reenvío), cable, juego de barras
X Bornas, clavijas, zócalos	Clavija y toma de conexión, clips, clavija de prueba, tablilla de bornas, salida de soldadura
Y Aparatos mecánicos accionados eléctricamente	Freno, embrague, electroválvula neumática, electroimán
Z Cargas correctivas, transformadores diferenciales, filtros correctores, limitadores	Equilibrador, corrector, filtro

Todos los elementos que componen un equipo de automatismo se identifican mediante una letra (excepcionalmente dos) seguida de un número y seleccionada en esta tabla en base al tipo de elemento. Ejemplo: 1 solo contactor KM1, varios contactores idénticos o no, KM1, KM2, KM3, etc.

Fig. 11.9

12 IDENTIFICACIÓN DE LOS BORNES DE CONEXIÓN

Mediante los símbolos podremos interpretar, en los esquemas, de qué elemento se trata y la función que realiza. Pero para poder montar correctamente el automatismo debemos, además, conocer la forma en que se hace referencia a sus bornes de conexión.

La norma IEC contempla, entre otros temas, el marcado de los contactos principales de potencia, de los contactos auxiliares y de las bobinas de mando.

MARCADO DE BOBINAS DE MANDO

El **contactor** designa por las letras KM seguidas por el número de orden del contactor en el sistema. Por ejemplo KM1, KM2, etc.

Los bornes de las bobinas de mando se marcan con una letra (A o B) seguida de un número de borne. Los bornes de aparatos con un único devanado se marcan como A1 y A2. Aquellos que incorporan dos devanados, como A1 y A2 para el primero y B1 y B2 para el segundo. **Fig. 12.1**

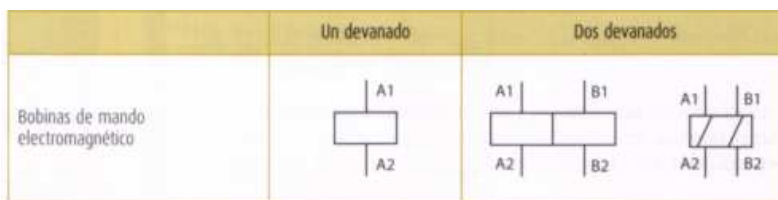


Fig. 12.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS TERMINALES DE MANDOS ELECTROMAGNÉTICOS

MARCADO DE CONTACTOS PRINCIPALES

Para marcar los bornes de los contactos principales, incluidos los de los relés térmicos, utilizamos una única cifra de 1 a 4 en equipos bipolares, de 1 a 6 en aparatos tripolares o de 1 a 8 en tetrapolares. El borne de entrada se marca con un número impar y el de salida con el número par inmediatamente superior. **Fig. 12.2**

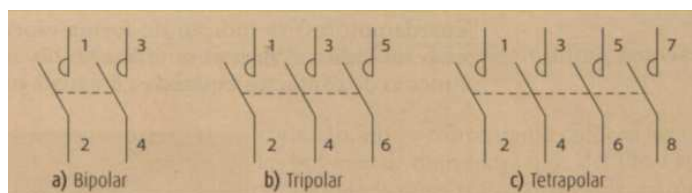


Fig. 12.2 MARCADO DE CONTACTOS PRINCIPALES

MARCADO DE CONTACTOS AUXILIARES

Los contactos auxiliares de los contadores y los contactos de los auxiliares de mando (pulsadores, relés, interruptores, finales de carrera, etc.) se marcan con dos cifras que indican:

- La cifra de **unidades**, llamada cifra de función, indica la función del contacto:

1 y 2 → contacto normalmente cerrado (NC)

3 y 4 → contacto normalmente abierto (NA)

5 y 6 → contacto de apertura temporizada

7 y 8 → un contacto de cierre temporizado

9 (y si es necesario el 10) → contactos auxiliares de los relés térmicos.

- La cifra de **decenas** indica el orden de numeración de los contactos en el contactor.

Cifra unidades	Función del contacto	Ejemplo (Las decenas indican el orden del contacto en el aparato)
1-2	De apertura (NC)	
3-4	De cierre (NA)	
1-2-4	Conmutado	
5-6	De apertura especial (temporizado, disparo de térmico...)	
7-8	De cierre especial (temporizado, disparo de térmico...)	
5-6-8	Conmutado especial (temporizado, disparo de térmico...)	

Fig. 12.3 IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO Y LA FUNCIÓN DE UN CONTACTO AUXILIAR

Los contactos auxiliares de los relés de protección contra sobrecargas (térmicos y guardamotores) se indican de forma especial: para la cifra de las decenas (en este caso no indica el orden) se utiliza el 9 (y el 10 si es necesario) seguido de la cifra de función de contactos especiales, 5 y 6 o 7 y 8. **Fig. 12.4**

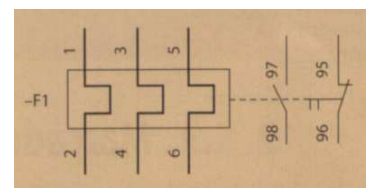


Fig. 12.4 IDENTIFICACIÓN DE BORNES DE CONTACTOS AUXILIARES DE RELÉS TÉRMICOS

13 REALIZACIÓN DE ESQUEMAS

Un esquema representa, mediante un dibujo a escala, cómo se relacionan (interconectan) eléctrica y mecánicamente todos los elementos o componentes de una instalación eléctrica o de parte de ella.

Mediante la correcta conexión de los elementos podemos realizar algunos automatismos simples. No obstante, antes veremos cómo se representan esquemáticamente los circuitos de los automatismos.

Una misma instalación eléctrica admite varias formas diferentes de representación.

Clasificamos los esquemas de circuitos de automatismos en función de la forma de representación (teniendo en cuenta dos **criterios básicos**):

- El número de elementos representados por un símbolo:
 - representación **unifilar**
 - representación **multifilar**.
- La situación relativa entre los símbolos de un mismo elemento:
 - representación **conjunta**
 - representación **parcialmente desarrollada (semidesarrollada)**
 - representación **desarrollada**.

REPRESENTACIÓN UNIFILAR

En representaciones cuyos conductores y mecanismos son repetitivos de forma generalizada, se hace necesaria una simplificación simbólica de la instalación.

Para ello, se recurre a los esquemas unifilares, que sobre un mismo trazo un conductor es capaz de incorporar una línea polifásica. Veamos un ejemplo:

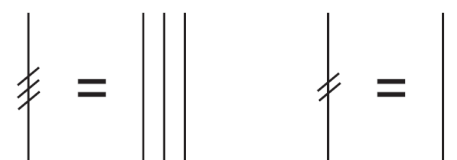


Fig. 13.1 Representación unifilar de conductores

En el primer caso (**Fig. 13.1**), una única línea cruzada con tres pequeños trazos oblicuos, indica que es tripolar, es decir, que representa a tres conductores. Junto a él, aparece una línea bipolar (dos cables) también representada de forma unifilar y multifilar.

Un mecanismo, también puede mostrar que opera sobre varias líneas si es “atravesado” por trazos oblicuos. Los siguientes dibujos (**Fig. 13.2**) representan esquemas unifilares; el primero esquematiza un punto de luz, con toma de corriente, y el segundo, muestra las líneas que alimentan a un motor trifásico con protecciones.

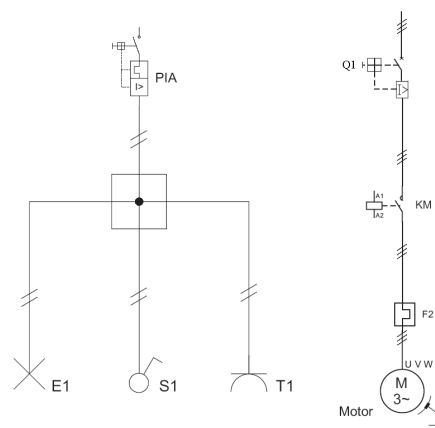


Fig. 13.2 Representación unifilar de conductores y mecanismos

REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS MULTIFILARES

En este caso se dibujan o representan tantas líneas como conductores haya y tantos símbolos de aparatos o elementos como aparatos o elementos tenga el circuito.

En la **Fig. 13.3** se representan los mecanismos y conductores necesarios para la puesta en marcha e inversión de sentido de giro de dos motores trifásicos.

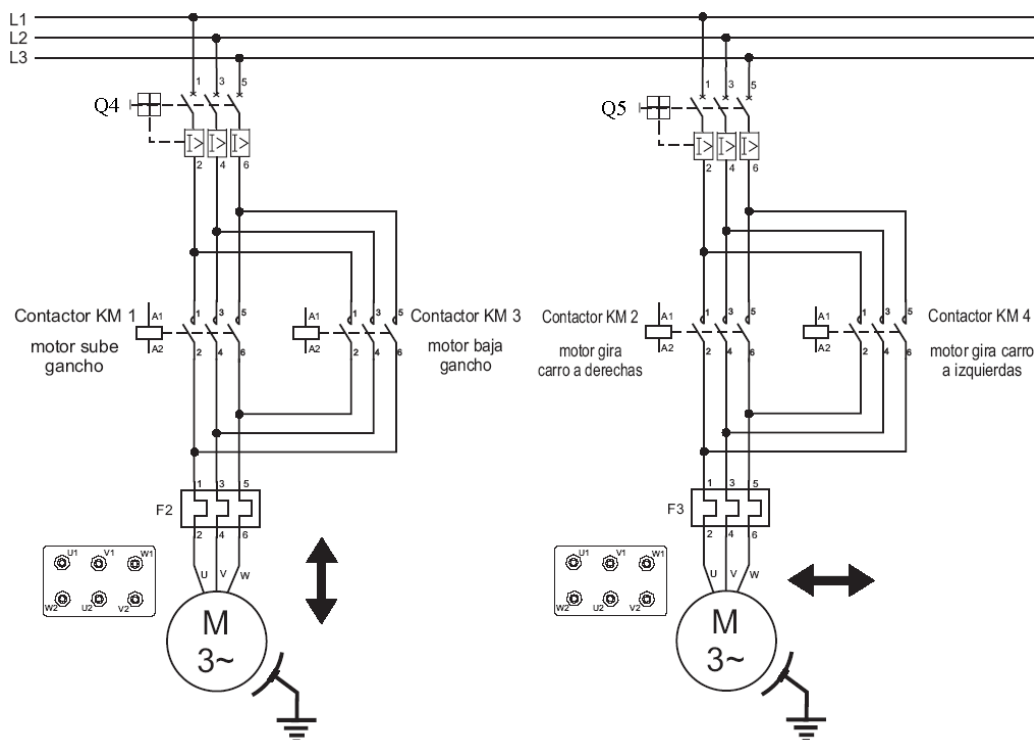


Fig. 13.3 Esquema multifilar

Otros ejemplos:

El esquema **multifilar** de la **Fig. 13.4** se refiere a la instalación de una resistencia monofásica de calefacción E, accionada por un interruptor Q. El conjunto está protegido por dos fusibles F y alimentado por dos fases de una red trifásica de 230 V con neutro. El conductor de protección PE con el que se conectan a tierra las masas metálicas de cualquier receptor (motor, resistencia...) puede suprimirse en los dibujos para no sobrecargarlos. Junto a dicho esquema se representa su unifilar correspondiente.

Los esquemas multi y unifilar de la **Fig. 13.5** corresponden al circuito de un motor trifásico M, protegido por un interruptor magnetotérmico Q. Con este interruptor se realizan el arranque y paro manuales. El conjunto está alimentado por una red a 400 V sin neutro.

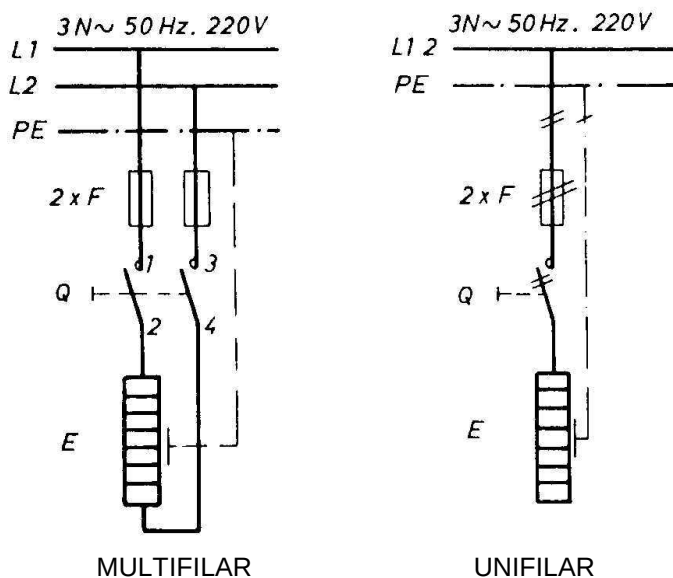


Fig. 13.4

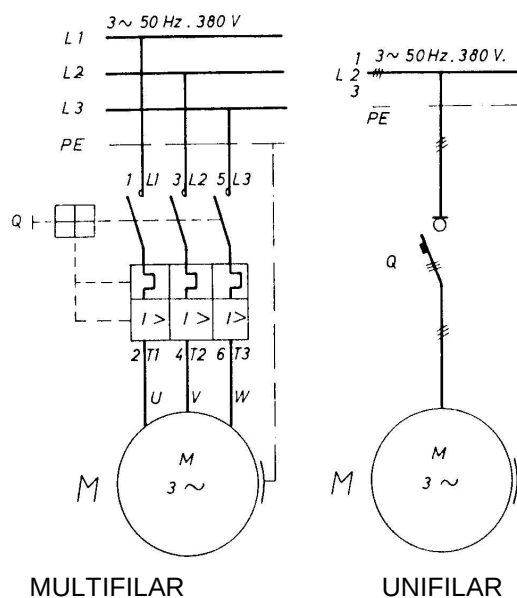


Fig. 13.5

REPRESENTACIÓN CONJUNTA

Los símbolos de tus componentes de cada elemento están próximos entre sí.

En la representación conjunta se utiliza un único esquema para representar el circuito de potencia y el circuito de control, los cuales se distinguen solamente por el grosor de las líneas del dibujo. Los elementos que componen

un mismo dispositivo o aparato se dibujan juntos en un mismo símbolo.

Cuando en una instalación:

- Se requiere un mando a distancia.
- Existe una cierta frecuencia de maniobras (conexión + desconexión).
- Las intensidades del circuito principal tienen un valor que supera los 10 A,

se utiliza el contactor.

En este caso, en un mismo esquema están representados dos circuitos diferentes:

- El **principal** o de potencia, que contiene el receptor (motor...), los elementos de protección/conmutación y las conexiones entre ellos.
- El de **mando**, que contiene el órgano de activado del contactor (bobina), los elementos que actúan sobre él (pulsadores, interruptores...) y tus elementos de alarma y señalización.

Por ejemplo, en el caso de un contactor, se representara su símbolo indicando todos sus elementos: bobina de mando, contactos principales y auxiliares. Así, se facilita la lectura de las funciones que desempeñan las distintas partes de un mismo elemento. Sin embargo, la representación conjunta tiene un gran inconveniente: complica excesivamente el seguimiento del cableado del circuito y dificulta, también, la comprensión del funcionamiento eléctrico de dicho circuito.

El esquema de la **Fig. 13.6** distinguimos ambos circuitos por el grosor de su trazado. Se trata de una instalación de motor trifásico, cuyo contactor está controlado por un interruptor S1. El circuito principal está alimentado a 3x400 V y interruptor magnetotérmico, polos del contactor, relé térmico y motor. El circuito de mando se alimenta a 230 V (fase y neutro) y contiene un interruptor magnetotérmico de protección Q2, el interruptor S1, el contacto NC de disparo térmico y la bobina del contactor.

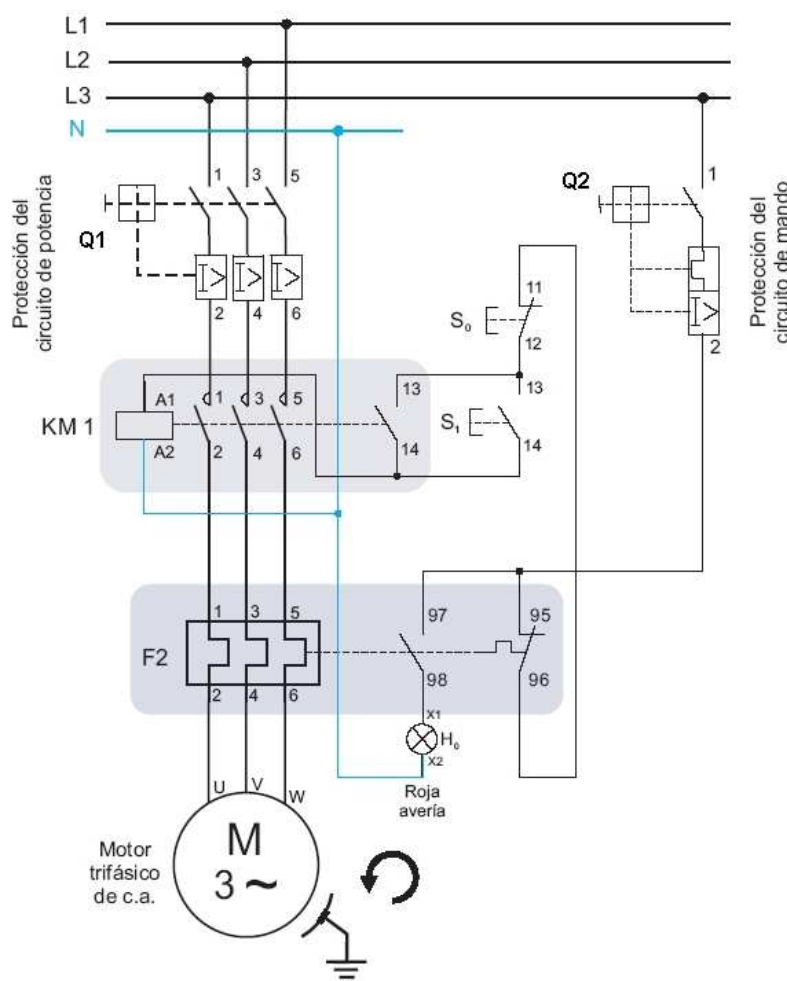


Fig. 13.6 Esquema de representación conjunta

REPRESENTACIÓN PARCIALMENTE DESARROLLADA (SEMIDESARROLLADA)

Separa circuitos de mando y potencia, aunque vincula con líneas discontinuas la unión física de los componentes.

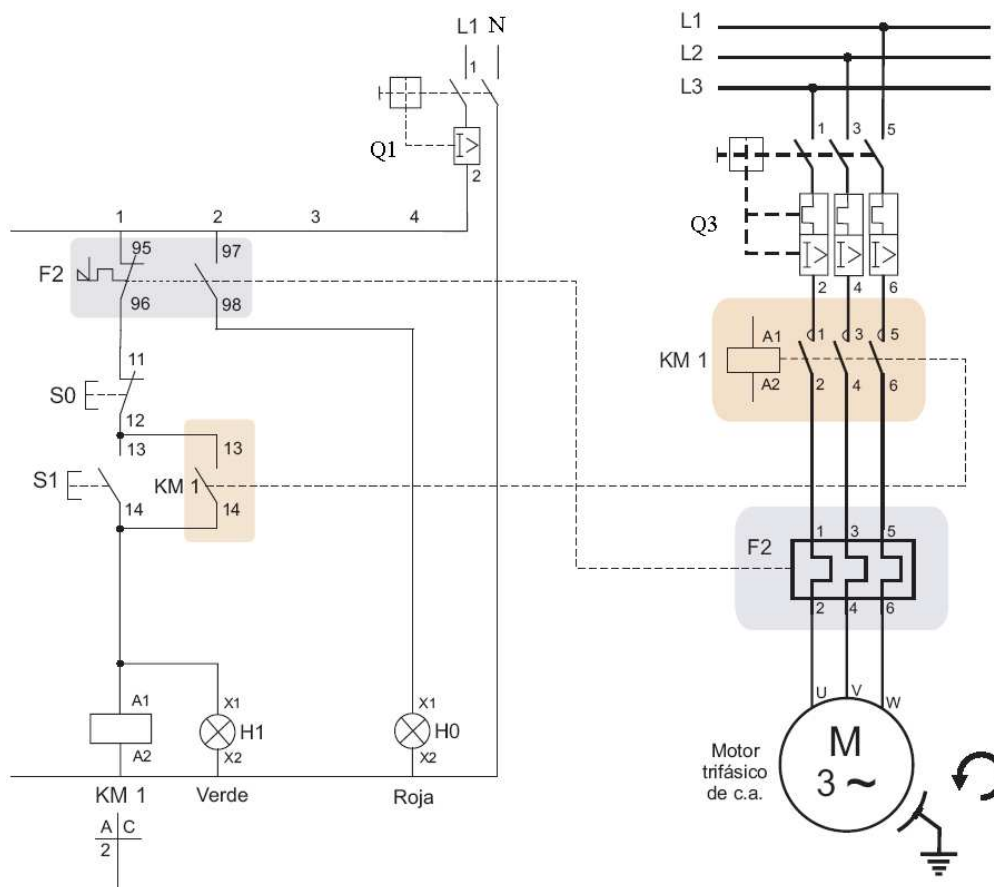


Fig. 13.7 Esquema de representación semidesarrollada

Los símbolos de los diferentes elementos de los aparatos o dispositivos de una misma instalación están separados en función de los circuitos de potencia y control. No obstante, están suficientemente cerca los unos de los otros para poder trazar con una línea discontinua las uniones mecánicas entre los diferentes elementos que trabajan unidos.

En la **Fig. 13.7** fijarse en la traza que une el contacto NC: del relé térmico –F2 y el relé térmico en sí.

La representación parcialmente desarrollada facilita la comprensión tanto de las funciones que desempeñan las distintas partes de un mismo elemento (un contactor, por ejemplo) como del funcionamiento global del circuito.

Sin embargo, este esquema también presenta un gran inconveniente que no hace recomendable su uso: la representación semidesarrollada de automatismos complicados es más difícil de dibujar debido a las trazas de los elementos solidarios mecánicamente. Además, dificulta la interpretación de los circuitos cuando éstos se complican.

Este tipo de representación también recibe el nombre de esquema de conexiones o esquema de realización.

REPRESENTACIÓN DESARROLLADA

Consiste en representar por **separado** dos esquemas en un mismo dibujo. Por un lado, se dibuja el esquema del circuito de **fuerza o de potencia** y, por el otro, el circuito de **mando o maniobra** (incluidos los elementos de señalización si los hubiera).

En la **Fig. 13.8** se puede observar la representación desarrollada del mismo automatismo.

- Esquemas de **mando o maniobra**. Representan la instalación de los elementos de control que gobiernan los elementos de potencia (**Fig. 13.8-a**).
- Esquemas de **fuerza o potencia**. Representan la instalación en la que interviene la alimentación de las cargas (lámparas, motores, etc.). Por lo general, se representa con un trazo más grueso que los demás esquemas (**Fig. 13.8-b**).

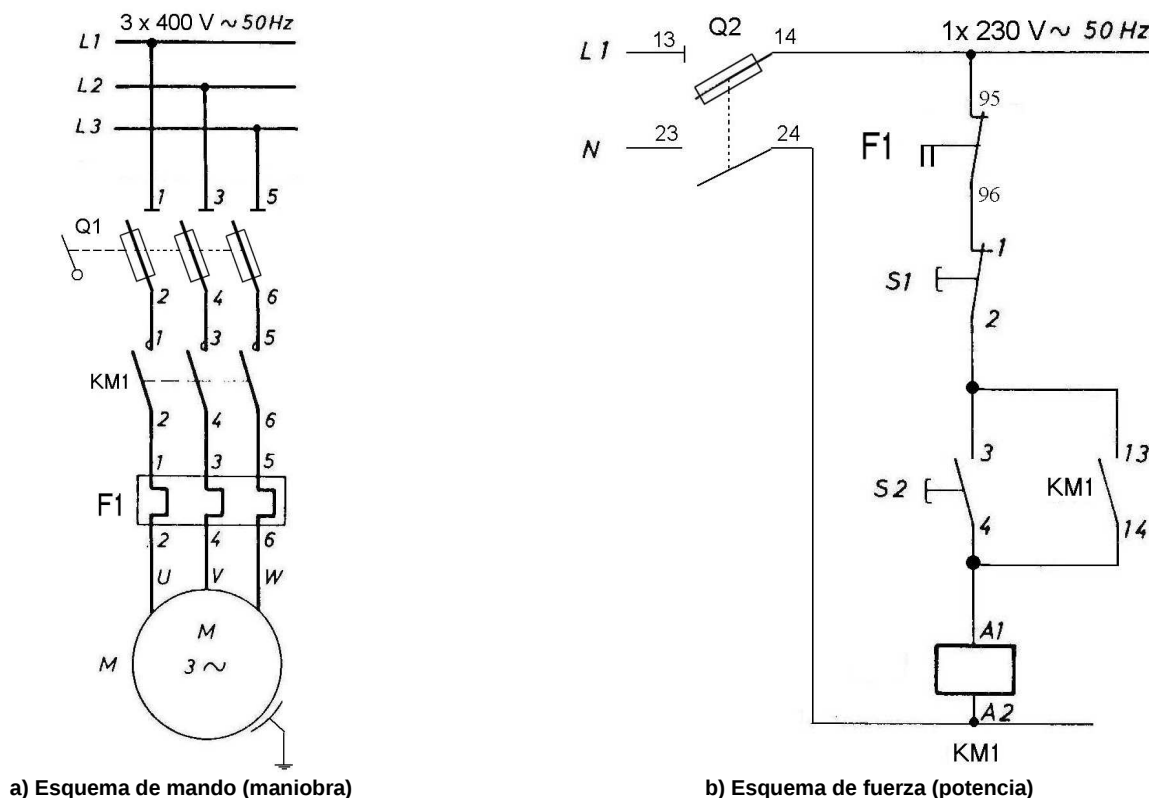


Fig. 13.8 Esquema de representación desarrollada

La misma letra de clase (KM, KA, F...) identifica a cualquiera de los componentes de un mismo elemento.

Esta forma de representación de los circuitos de los automatismos es la **más utilizada y la más recomendable**. Permite seguir fácilmente la conexión de los circuitos y facilita, así mismo, la comprensión de su funcionamiento.

En el siguiente apartado vemos con detalle cómo se representan esquemas de forma desarrollada.

14 ELABORACIÓN DESARROLLADA DE ESQUEMAS

En este tipo de representación, los símbolos de los diferentes elementos de un mismo dispositivo o aparato se dibujan por separado. Por ejemplo, en el caso de un contactor principal, los contactos básicos estarían situados en el circuito **principal o de potencia**, mientras que los auxiliares y la bobina de mando, en el circuito de **mando o control**.

En la Fig. 14.1 se representa este mismo tipo de esquema correspondiente a la de la Fig. 13.8. Se han añadido pilotos de señalización.

ESQUEMA DE POTENCIA

El esquema principal o de potencia se acostumbra a dibujar de forma multitilar (si es un circuito muy sencillo podemos utilizar el esquema unifilar). En él deberemos detallar todos los elementos del circuito, desde la alimentación hasta el receptor, incluidas las protecciones (fusibles, magnetotérmicos, etc.).

En la Fig. 14.1 se indica lo siguiente:

- Los conductores de alimentación (L1, L2, etc.) y la tensión de alimentación (50 Hz, 3x230/400 V).
- La clase de los elementos (el tipo más su número de orden): -F1 -KM1, por ejemplo.
- Las referencias de los polos del circuito. Para el contactor tripolar, por ejemplo, la referencia sería 1-2, 3-4, 5-6. Para el motor, U, V, W.

Aunque este ejemplo no lo contemple, es conveniente indicar también las características de los hilos (sección) y las protecciones (calibre). Esto puede hacerse en el mismo esquema o bien en el documento de información técnica que acompaña el esquema.

El trazo de las líneas del dibujo es más grueso que el utilizado en el esquema de mando.

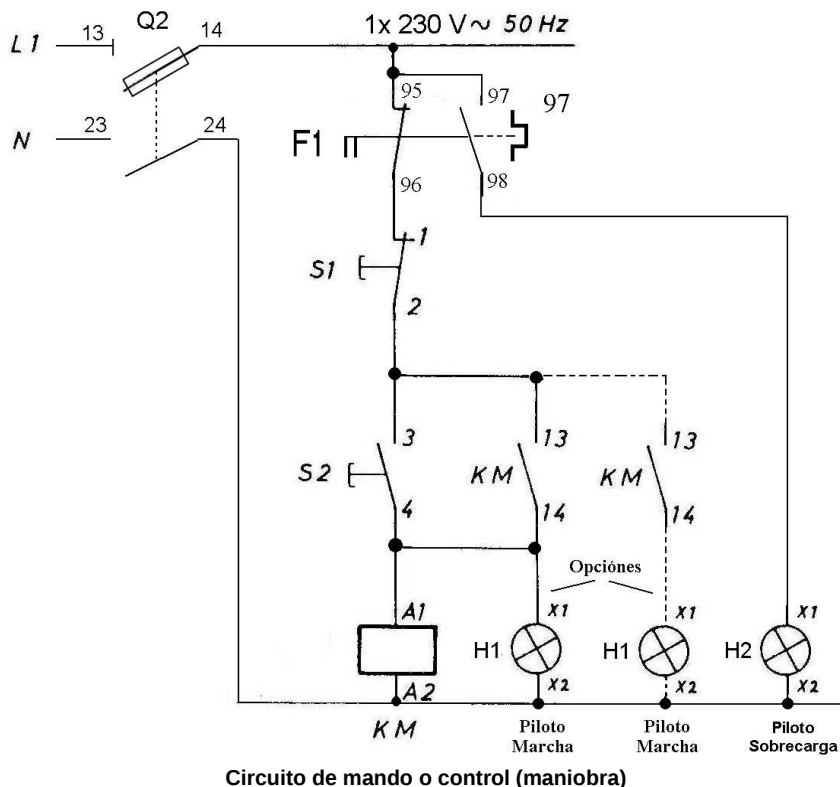
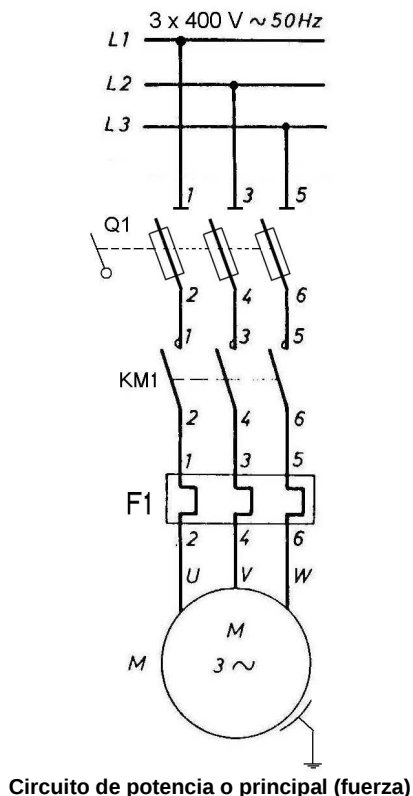


Fig. 14.1

ESQUEMA DE MANDO Y DE SEÑALIZACIÓN

En este esquema se representan todos los símbolos de los mandos de control de los contactores, relés y demás aparatos que componen el circuito, en un orden establecido en función de su alimentación (si es posible). Como en el caso de los circuitos de potencia, debe indicarse la clase (tipo y número de orden) de cada elemento. Observa que ahora, a diferencia de lo que sucedía en los esquemas conjunto y semidesarrollado, para indicar el contacto auxiliar del contactos -KM1 deberemos añadir al lado del contacto la referencia del contactos.

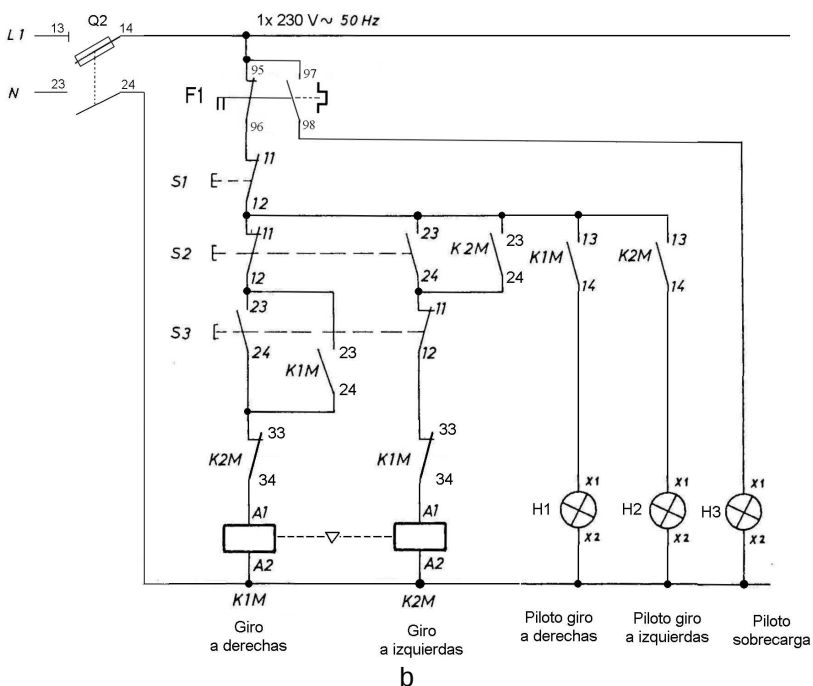
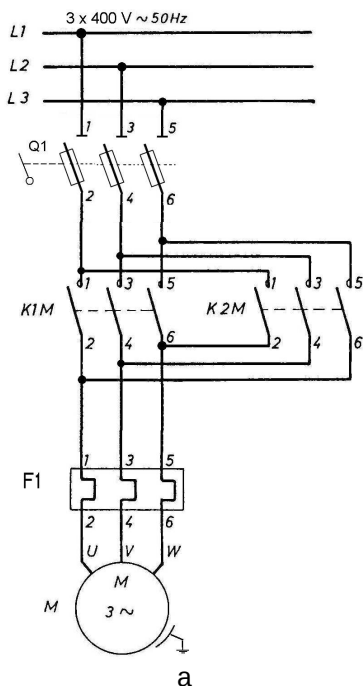


Fig. 14.2

Dos líneas horizontales representan los conductores de alimentación. Las bobinas de mando y los diferentes receptores, lámparas, relojes, etc. se conectan directamente a la línea inferior (N). Los demás elementos de

control (contactos auxiliares, auxiliares de mando y bornes de conexión) los representaremos sobre el órgano controlado (bobinas o elementos de señalización). Sea cual sea la función que realicen, terminan por conectar con el otro conductor (L1).

La conexión mecánica entre los componentes de algún elemento se dibujará en el esquema desarrollado cuando sea evidente o interesante de destacar. En el esquema de la **Fig. 14.2-a** se representa esta conexión entre los contactos NC y NO del térmico y entre los contactos de los pulsadores dobles S2 y S3. Se trata de la maniobra de un motor trifásico con arranque e inversión directos, cuyo mando se realiza por pulsadores. El activado simultáneo de los dos contactores ocasionaría un cortocircuito entre las fases L1 y L3, y se imposibilita por medio de los contactos NC de los pulsadores.

Para indicar en el esquema de mando los aparatos externos, podemos enmarcarlos con una línea discontinua, de forma que el instalador pueda determinar el número de conductores necesarios para su conexión. **Fig. 14.2-b**

REFERENCIAS DE LOS ELEMENTOS Y MARCADO DE BORNES EN EL ESQUEMA

- De los elementos:
 - A la izquierda del **elemento**, si está en posición vertical
 - Sobre el elemento, si está en posición horizontal.
- Marcado de bornes:
 - A la izquierda del componente y en lectura ascendente, si el elemento está posicionado verticalmente
 - Sobre el componente, si está en horizontal.

REFERENCIAS CRUZADAS

Facilitan el seguimiento de los circuitos de mando y señalización cuando éstos son complicados, ya que ello nos permite localizar rápidamente todos los elementos relacionados entre sí.

Si un relé tiene muchos contactos auxiliares puede resultar difícil su localización en el esquema de mando. Para facilitar esta operación, puede dividirse el esquema en zonas verticales numeradas e indicar en la parte inferior de cada órgano de mando el número de contactos auxiliares sobre los que actúa, especificando si son NC o bien NA, y la línea vertical (zona) de contactos donde se encuentran.

De este modo visualizamos rápidamente el número y tipo de contactos de cualquier contactor, lo que nos facilita su elección.

Los contactos no utilizados carecen de zona.

En el ejemplo de la **Fig. 14.4** se indica que el relé auxiliar KA3 cuenta con dos contactos NA (indicados bajo la "A") en las columnas 3 y 4 del esquema. En la columna 5, KA3 dispone de un contacto NC (indicado bajo la "C").

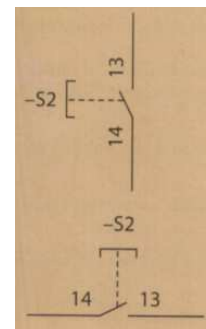


Fig. 14.3 Modo de indicar las referencias de los elementos y el marcado de bornes en los esquemas

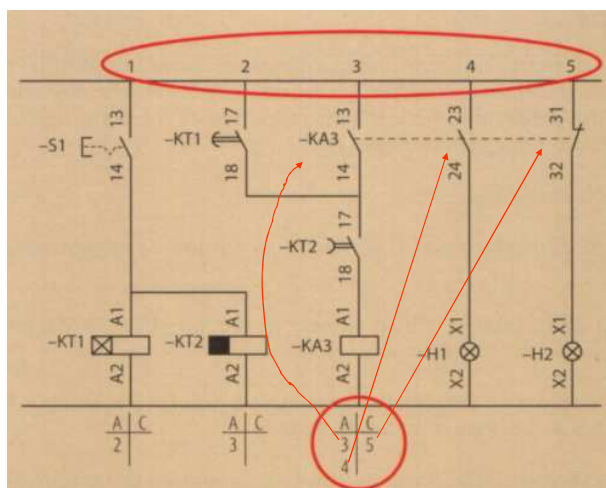


Fig. 14.4 Referencias cruzada en un circuito de control

Nosotros sólo indicaremos referencias cruzadas cuando necesitemos entender bien el esquema de mando. Para circuitos sencillos no resulta necesario.

Añadiremos también que hay otra forma de indicar referencias cruzadas: situando bajo las bobinas de mando el dibujo de los diferentes contactos auxiliares de que dispone.

Nota: ESQUEMA DE CABLEADO

Otro tipo de esquema a considerar es el de conexiones o de cableado. En él se evidencian las bornas de los cuadros o conjuntos de la instalación y los conductores conectados a ellas.

Este esquema varía según la disposición de los elementos y el modo de hacer las derivaciones de los conductores.

El esquema de conexiones de la **Fig. 14.5** se refiere a la instalación de las **Figs. 14.1** para montaje de los pulsadores en caja separada.

Se observan dos derivaciones realizadas con sendos puentes en las bornas.

Este esquema aún admite la simplificación indicada en la **Fig. 12.6**.

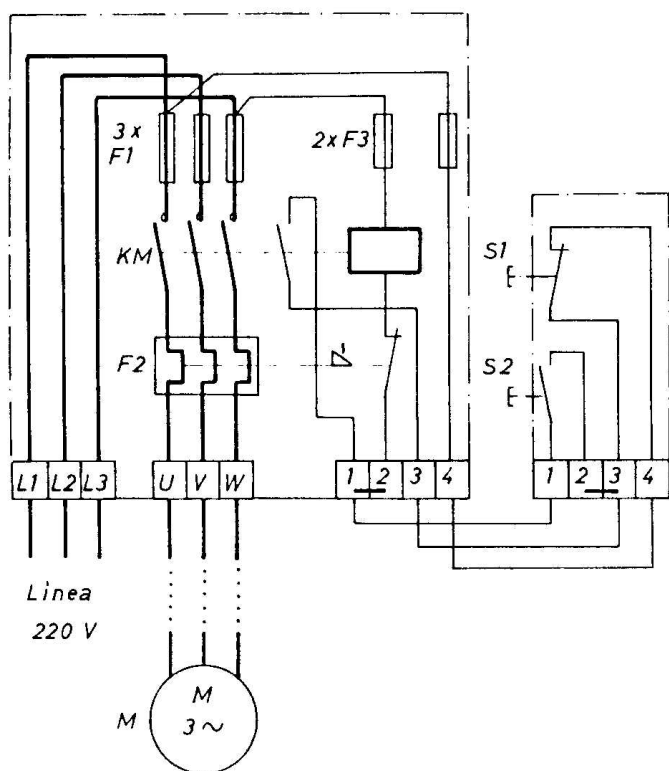


Fig. 14.5

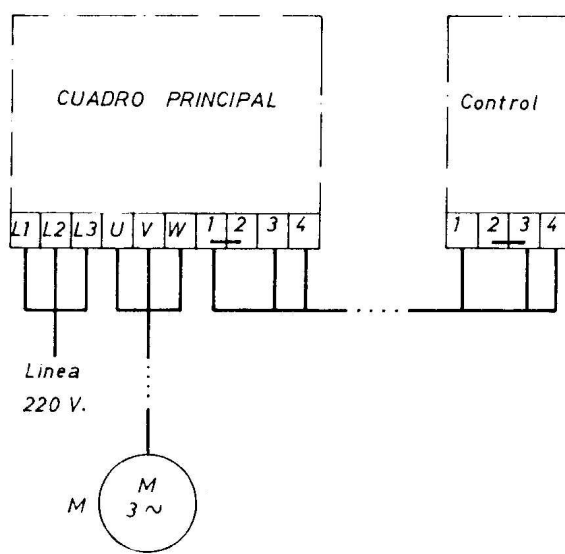


Fig. 14.6

ACTIVIDADES

En el esquema de la **Fig. 12.7**, indica la referencia de los contactos y atribuye a cada elemento la clase y el número de orden. Señala las referencias cruzadas de forma gráfica. Para que se pueda hacer correctamente fijarse en la siguiente información:

- Las bobinas de mando de las columnas 2, 3 y 9 son de contactores auxiliares. El resto de las bobinas corresponden a contactores principales que controlan motores.
- El contacto térmico de las columnas 4 y 8 corresponden a la misma protección térmica. Lo mismo sucede con los contactos de las columnas 5 y 9 por un lado, y 6 y 10 por otro.
- El contacto temporizado de la columna 3 corresponde a la bobina de la columna 2. El contacto auxiliar de la columna 3 corresponde a la bobina de mando de la columna 6.
- El contacto temporizado de la columna 5 corresponde a la bobina de mando de la columna 3.
- El contacto auxiliar de la columna 7 pertenece a la bobina de mando de la columna 2.
- Los contactos auxiliares de las columnas 8 y 9 corresponden a la bobina de la columna 9.

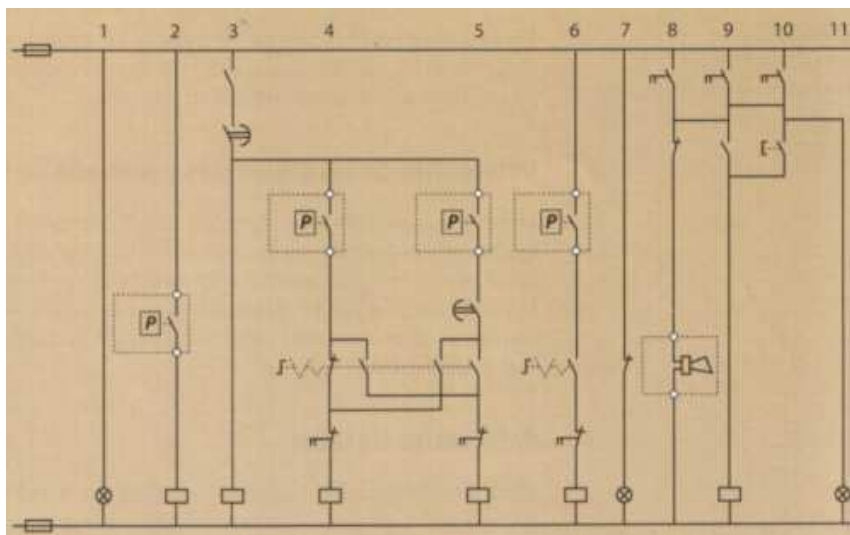


Fig. 14.7

15 EL CIRCUITO PRINCIPAL

El circuito principal también es llamado de **potencia** o de **fuerza**.

Contiene los siguientes **elementos**:

- Receptor o carga (motores, resistencias, lámparas, condensadores...).
- Contactos de conmutación o polos.
- Protección contra sobrecargas.
- Conductores de enlace.

En la **Fig. 15**, vemos los esquemas de dos circuitos principales. Uno de ellos con carga resistiva trifásica conectada en estrella (calefacción) y el otro con motor trifásico de arranque directo. En el dibujo empleamos dos sistemas diferentes de representar la línea de alimentación.



Fig. 15.1

❑ El **fusible** es un elemento importante en cualquier circuito principal. Protege a todos los demás componentes frente a los cortocircuitos.

Los fusibles serán rápidos (**gl** o **gF**) cuando en el circuito no existan sobrecargas (calefacción, iluminación...).

Cuando el circuito contiene un **motor**, los fusibles serán lentos o de acompañamiento (**aM**) y la protección frente a sobrecargas correrá a cargo del relé térmico unido a un contactor.

Las fusibles (cilíndricos o de cuchillas) pueden colocarse en **seccionadores portafusibles**. Obtenemos entonces un elemento con dos funciones: corte manual + protección, al que asignaremos la letra de clase Q.

Este conjunto puede tener, además, contactos auxiliares NO o de precorte, para la alimentación del circuito de

mando (Fig. 15.2).

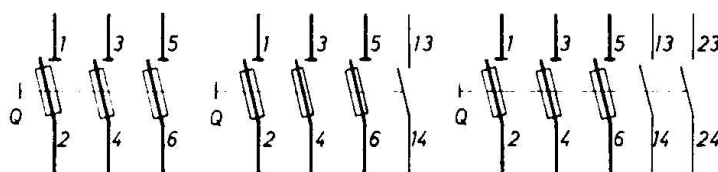


Fig. 15.2

Si el **portafusibles** está preparado como **interruptor**, podrá cortar directamente con carga. Representamos en la Fig. 15.3 su símbolo y algunos conexiones habituales de la tensión de mando.

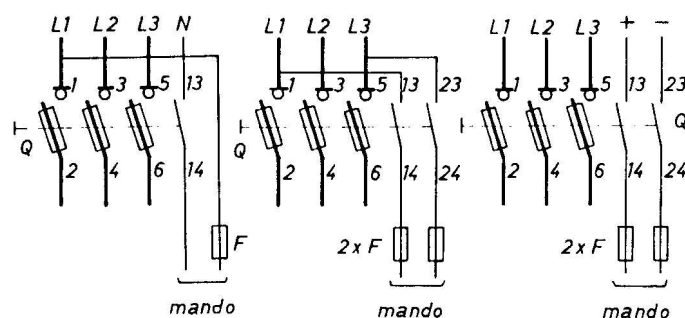


Fig. 15.3

□ La asociación **fusibles + contactor + relé térmico**, para proteger a la instalación frente a sobreintensidades, puede reemplazarse en muchos casos por un **relé magnetotérmico + contactor** a través del contacto de disparo NC (95-96) de este relé, se provoca la desconexión retardada del contactor ante una sobrecarga y la instantánea ante un cortocircuito.

Su conexionado es idéntico al de un térmico. En la Fig. 15.4 mostramos algunos de sus símbolos y su esquema elemental de aplicación.

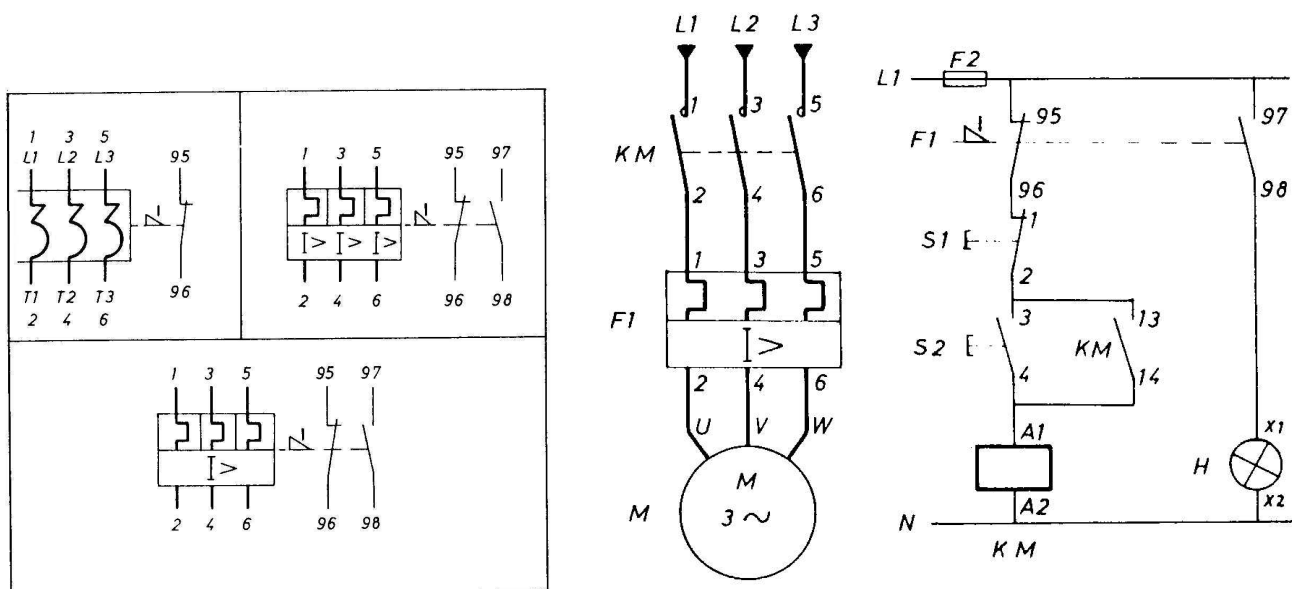


Fig. 15.4

□ El **relé electromagnético de máxima intensidad** también protege al circuito principal contra sobreintensidades. Este tipo de relé es unipolar, se gradúa al valor adecuado y se intercala uno de ellos en cada fase. Cuando la intensidad supera el valor ajustado o se produce un cortocircuito, su contacto de disparo NC desactiva el cantador.

En la Fig. 15.5 vemos la conexión de estos relés. También se muestra otro símbolo para representarlos, junto a una versión tripolar de los mismos.

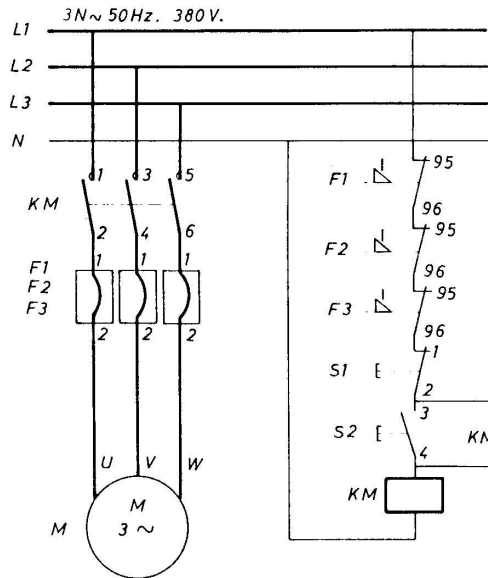


Fig. 15.5

Cuando se emplean los relés anteriores, la desconexión por sobreintensidad la realiza el contactor. Si la máxima intensidad que el contactor puede cortar (o poder de corte) es insuficiente, habrá que colocar unos fusibles previos de tipo rápido (gl o gF) (Fig. 15.6).

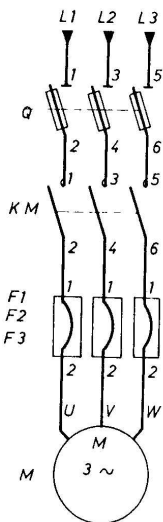
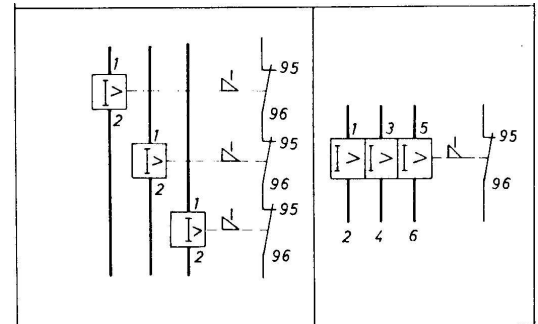


Fig. 15.6

Actualmente existen relés que actúan sobre su propio bloque de contactos, como los interruptores automáticos (Fig. 15.7).

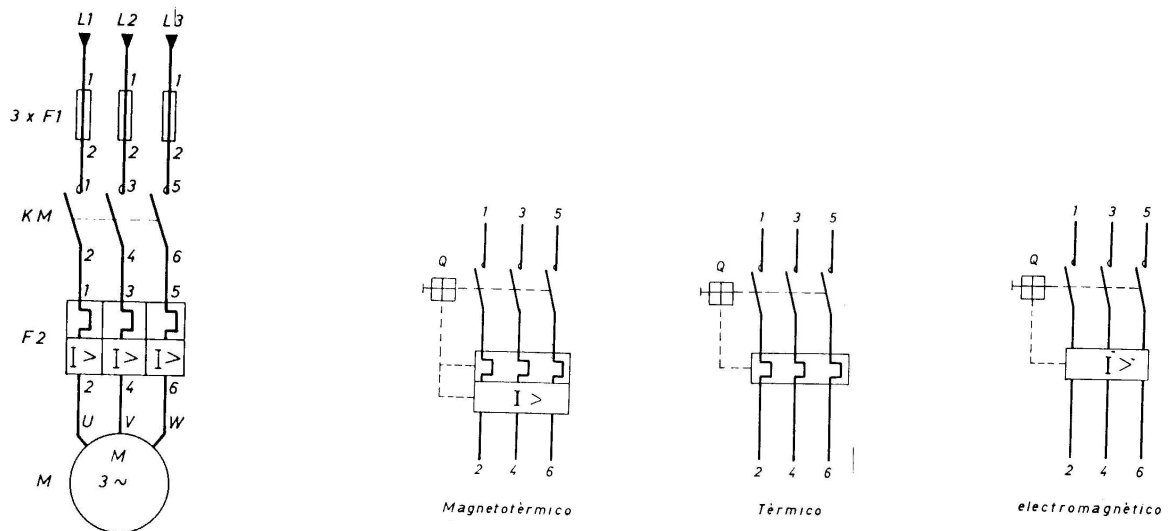


Fig. 15.7

El interruptor magnetotérmico puede reemplazar a los fusibles y al térmico en instalaciones de pequeña potencia (2 ó 3 kW). Puede usarse, además, como interruptor manual si no se desea mando a distancia. Sus contactos auxiliares pueden alimentar la tensión de mando y la señalización de disparo (**Fig. 15.8**).

Si un interruptor electromagnético tiene alto poder de corte (50 kA o más, en 1 ó 2 milisegundos), se trata de un **disyuntor**¹. Este dispositivo no precisa fusibles previos, porque ya realiza la función de éstos. En la **Fig. 15.9** mostramos su símbolo gráfico en dos aplicaciones diferentes: en un circuito con resistencias de calefacción y en otro con motor trifásico. En este segundo caso lo representamos formando un bloque común con un relé magnetotérmico.

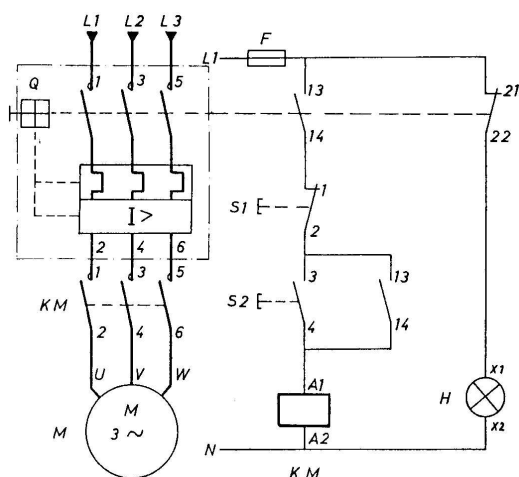


Fig. 15.8

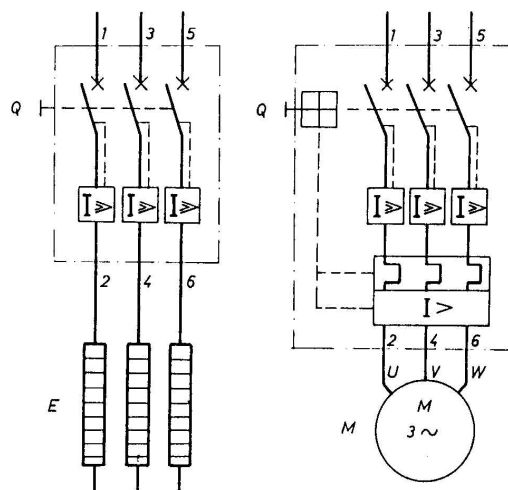


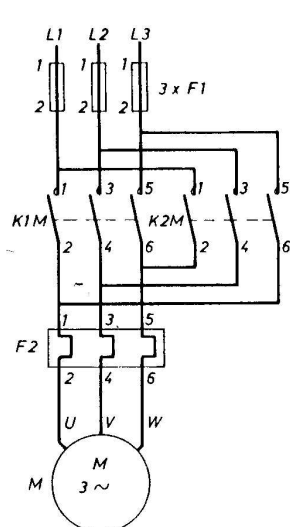
Fig. 15.9

Estos disyuntores también pueden utilizarse como interruptores manuales.

La disposición de los componentes en el esquema de un circuito principal se realizará de la manera más lógica y con el mínimo número de cruces entre los conductores.

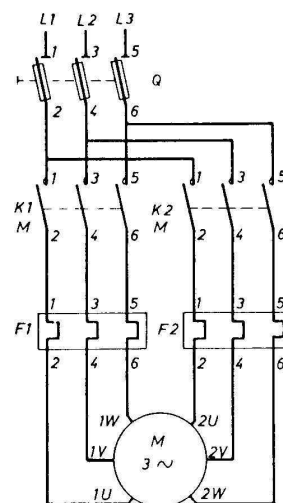
❑ No existen normas concretas sobre el **tamaño** de los símbolos o sobre su disposición en los esquemas. Sin embargo, está generalmente aceptado que el tamaño de los diversos símbolos sea similar dentro de un mismo esquema para no dar lugar a falsas interpretaciones.

Los tres esquemas de las **Figs. 15.10 15.11 y 15.12** nos dan ejemplos de ello.



Arranque-Inversión, directos.

Fig. 15.10



Motor de 2 velocidades
(devanados separados)

Fig. 15.11

¹ **Disyuntor**: En numerosas publicaciones técnicas (libros, catálogos, etc.) se define **disyuntor** como sinónimo de interruptor automático, es decir como un aparato eléctrico que permite la conexión e interrupción de corrientes eléctricas en ciertas condiciones, entre los que se encuentran las sobrecargas (sobrecargas, cortocircuitos), los defectos de aislamiento entre alguna de las fases y tierra, etc.

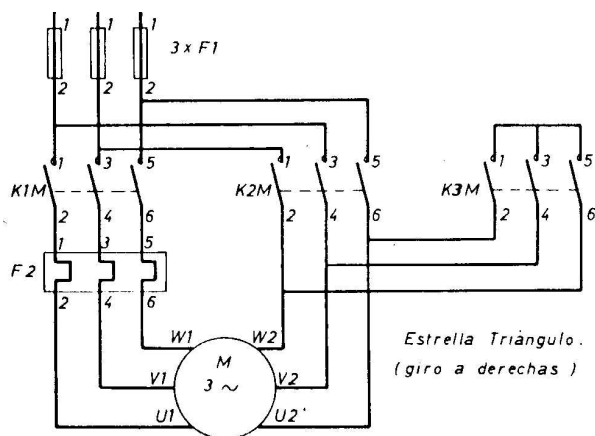


Fig. 15.12

□ La **orientación** habitual del esquema de un circuito principal es descendente, es decir, que el elemento final (receptor) ocupa el lugar inferior. En este caso, los elementos que realizan una función similar se representan en la misma horizontal (polos de contactores, relés térmicos...).

Por diversos motivos de espacio, esta orientación puede ser también horizontal. En este caso el sentido preferente es de izquierda a derecha. Las letras y números de identificación de los componentes y de sus bornas siguen manteniendo su posición vertical, y por ello, la posición de lectura del esquema sigue siendo la misma.

En la **Fig. 15.13** se ofrece un ejemplo de disposición horizontal, también adoptada para el esquema de mando. Se trata de un motor trifásico con rotor de jaula, cuyo arranque se ha previsto por eliminación de resistencias estáticas en una etapa.

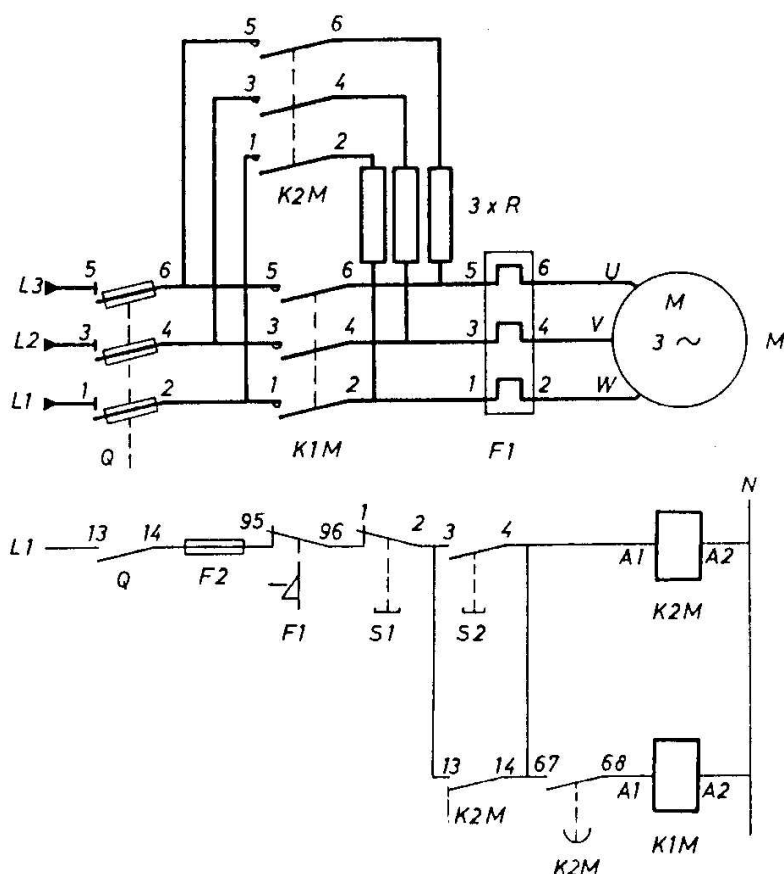


Fig. 15.13

En el proceso de arranque (K2M activado, K1M desactivado), el motor inicia su marcha a tensión reducida. El posterior activado de K1M cortocircuita las resistencias y el motor recibe toda la tensión de línea.

□ Los esquemas de los circuitos principales no suelen presentar grandes complicaciones y pueden ser representados en **unifilar** para simplificar su trazado (**Fig. 15.14**). Es de observar el aspa que indica el intercambio de dos fases entre sí.

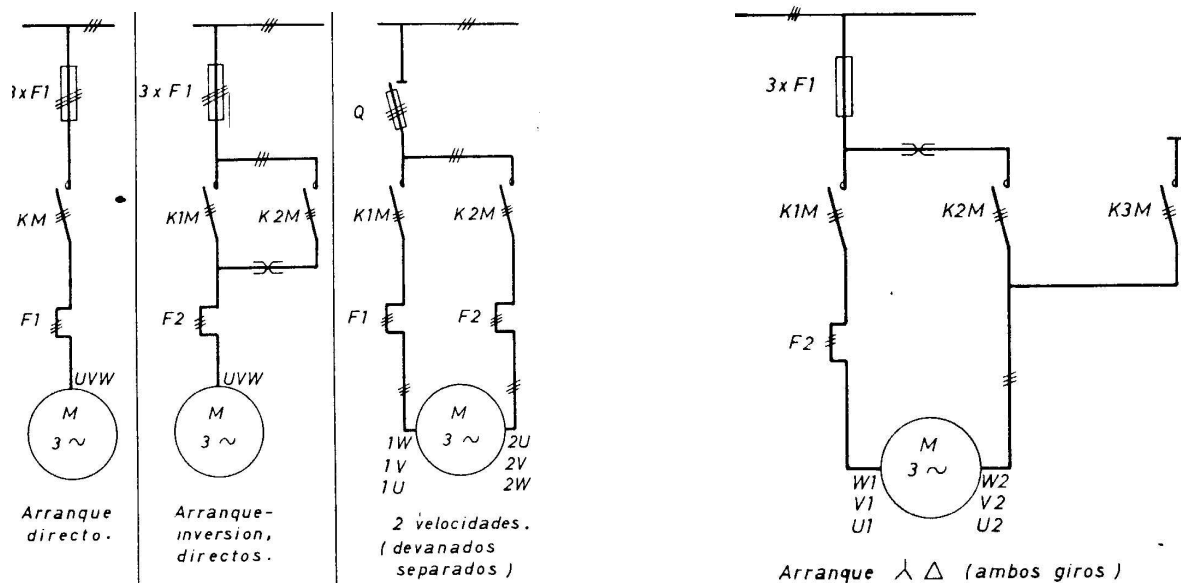


Fig. 15.14

La sección de tus conductores del circuito principal de un motor depende de la longitud de la línea entre este motor y el cuadro de distribución (automáticos generales y relés diferenciales).

Las secciones de la **Fig. 15.15** son aconsejables para longitudes L de hasta 50 metros. Para distancias mayores u otro tipo de receptores, habrá que verificar si la caída de tensión en esa línea supera la máxima permitida (5 %).

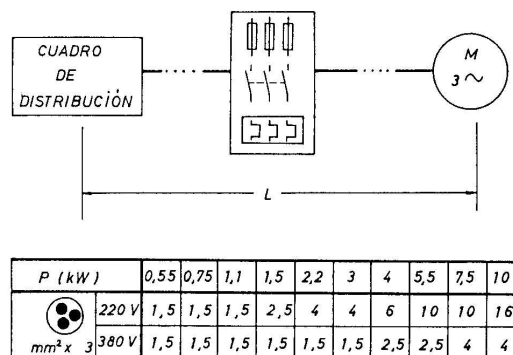


Fig. 15.15

Cuando en un esquema principal se indica la sección de los conductores, se hace casi siempre referencia a la línea entre el cuadro de potencia y el motor, que suele ser la más larga (**Fig. 15.16**).

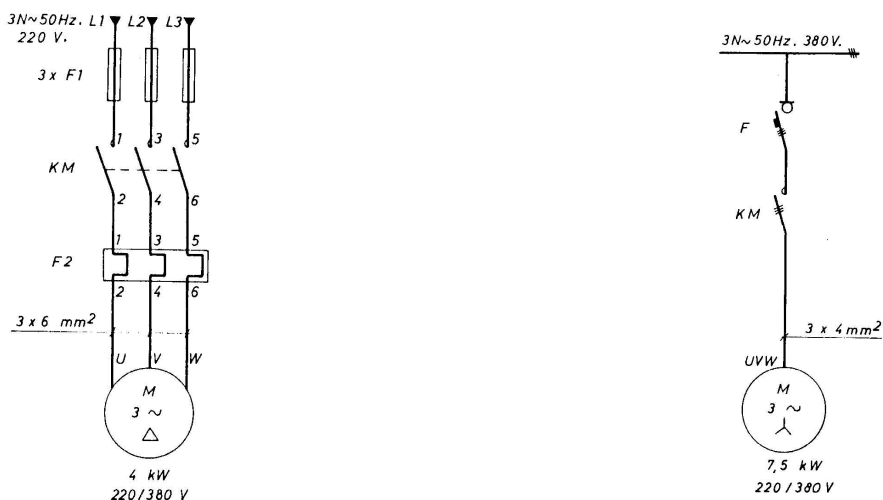


Fig. 15.16

16 EL CIRCUITO DE MANDO

La tensión de mando se obtiene generalmente a partir del circuito de alimentación trifásico **Fig. 16.1**.

Protección de los circuitos de control y de los circuitos auxiliares

Los conductores del circuito de mando han de protegerse **solamente** frente a **cortocircuitos**, ya que no son previsibles en ellos las sobrecargas.

Estos fusibles pueden colocarse en pequeñas bases portafusibles (no olvidemos que el neutro no precisa fusible).

En muchos circuitos interesa que la desconexión de red del circuito del motor, por medio de los seccionadores-fusibles o de los interruptores automáticos magnetotérmicos, también corte la tensión al circuito de mando. En este caso, nos serviremos de los contactos auxiliares de éstos (**Fig. 16.1**).

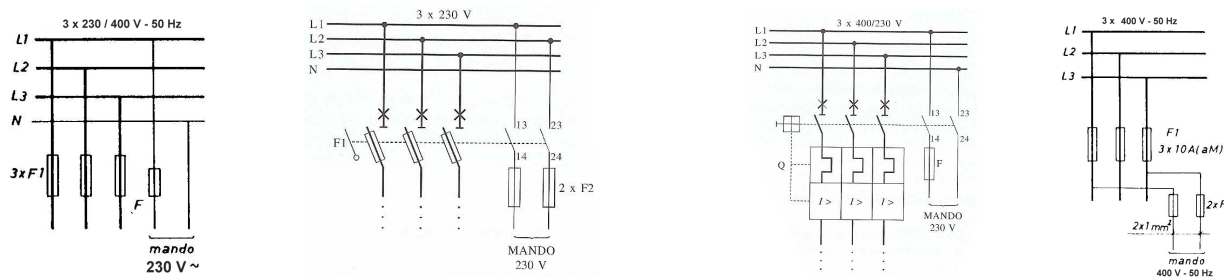


Fig. 16.1

También pueden emplearse pequeños interruptores automáticos magnetotérmicos unipolares o bipolares para proteger el circuito de mando. Los encontramos de diversos calibres **Fig. 16.2-a**.

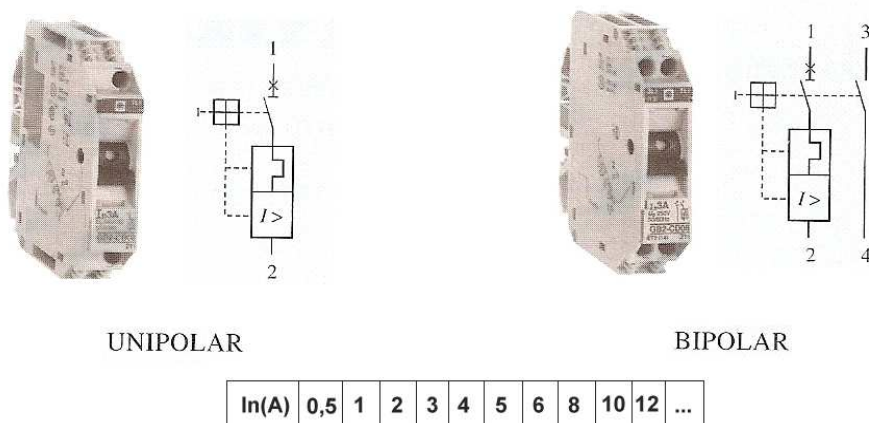


Fig. 16.2-a

El disyuntor de control, específico para proteger los circuitos de control y auxiliares contra cortocircuitos y sobrecargas, puede utilizarse como alternativa a los fusibles.

Para adecuarse a las necesidades y obtener una óptima seguridad deben elegirse calibres adecuados (de 0,5 a 12 A).

Existen dos versiones, unipolar y bipolar –un polo protegido y un polo cortado–, que permiten realizar esquemas de todo tipo. La utilización de un interruptor automático magnetotérmico en sustitución de los fusibles no supone ningún cambio en los esquemas, como muestra el siguiente ejemplo (**fig. 16.2-b**).

Este interruptor automático magnetotérmico rearmable señala claramente el disparo y no requiere mantenimiento.

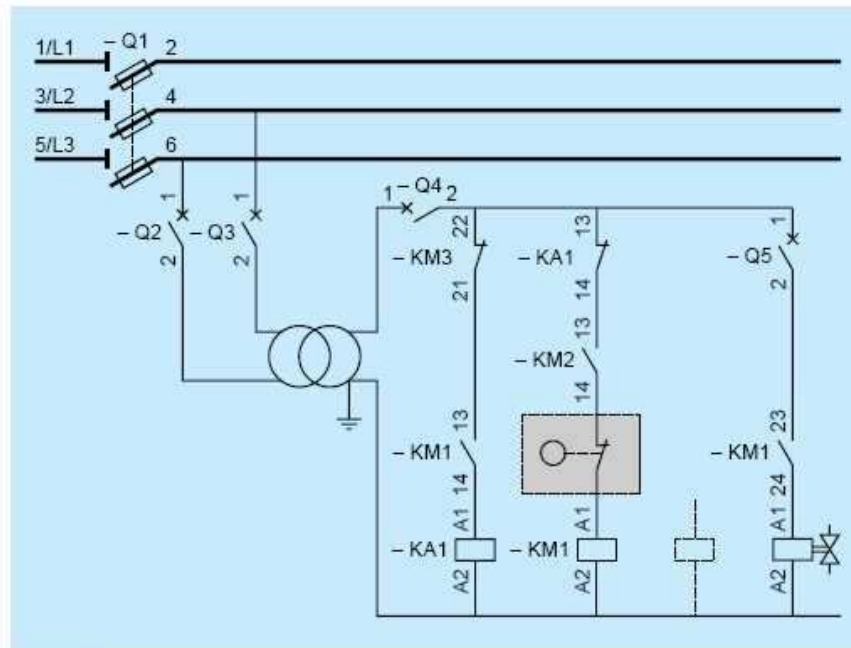
La curva de mantenimiento con umbral magnético elevado lo convierte en un producto idóneo para la protección de circuitos autoinductivos, como los transformadores de alimentación de los circuitos de control, las bobinas de contactores y electroválvulas, etc.

Si la sección de los conductores es menor, o algún dispositivo del circuito de mando requiere una especial

protección escogeremos un calibre adecuado

La tensión de mando se corresponde con la de las bobinas de los contadores, pilotos, alarmas acústica. etc, que contiene su circuito

Si no disponemos de dicha tensión en la red colocaremos **transformadores**. Deberán estar debidamente protegidos en su primario y en su secundario



Esquema con disyuntores de control magnetotérmicos

Fig. 16.2-b

❑ La fiabilidad de las maniobras con contactores es mayor a 230 V que a tensiones menores. Por motivos reglamentarios, hay casos en que hay que usar **tensiones pequeñas**. Los transformadores de mando nos permiten obtener esas tensiones o aislarlas de la principal. Deberán estar debidamente protegidos en su primario y en su secundario (Fig. 16.3).

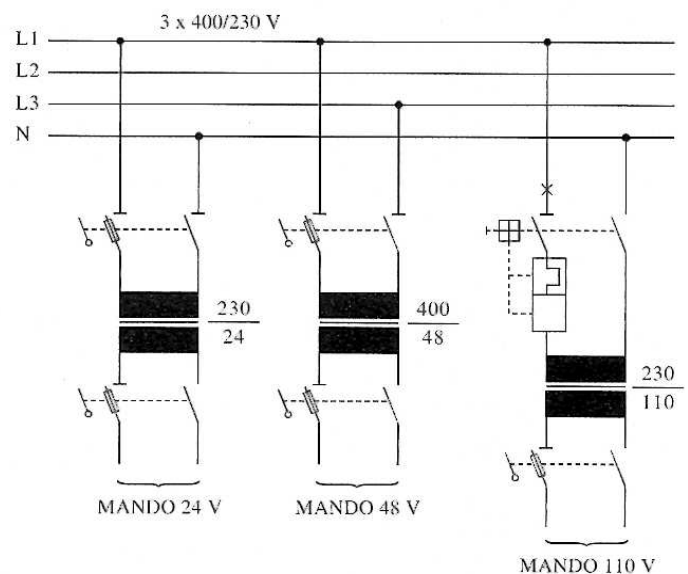
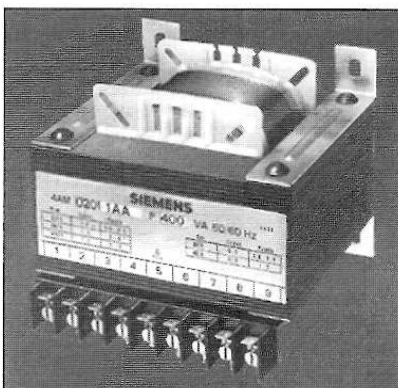


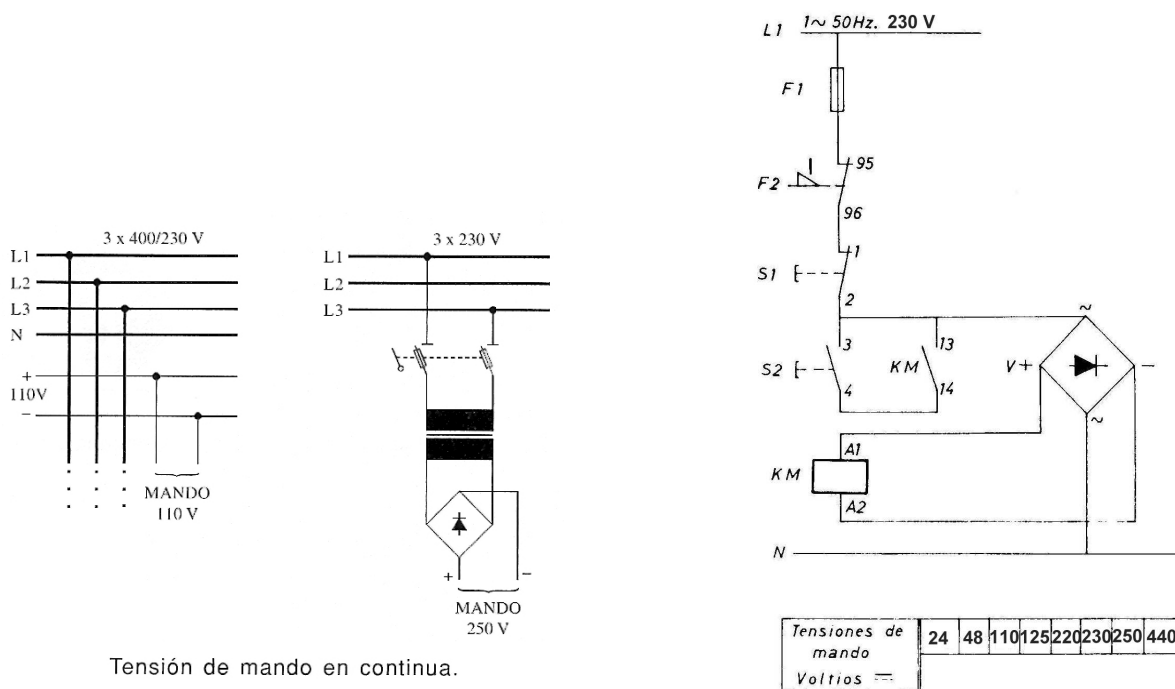
Fig. 16.3 Transformadores de mando. Tensiones reducidas

Los secundarios de los transformadores pueden ponerse a tierra, salvo en el caso de tensiones muy pequeñas (< 24 V).

En algunos casos un relé magnetotérmico puede reemplazar a los fusibles.

❑ Cuando en el circuito de mando hay contactores grandes, que requieren una buena presión de contacto de sus polos y un funcionamiento sin zumbidos, puede recurrirse a la tensión de mando en **corriente continua**. Podemos obtenerla por medio de (Fig. 16.4):

- Alimentación exterior (acumuladores, rectificadores centralizados...).
- Rectificadores en el mismo cuadro de maniobra.
- Rectificadores individuales en cada contactos.



Tensión de mando en continua.

Fig. 16.4

Para el mando de un contactor existen dos sistemas de principio:

- Mando a dos hilos.
- Mando a tres hilos.

En el primer caso, el activado y desactivado del contactor está controlado por un elemento unido al circuito de mando por medio de dos conductores (Fig. 16.5-A).

En el segundo caso se realiza por medio de tres conductores. Mostramos dos ejemplos en la Fig. 16.5-B: un mando por pareja de pulsadores y otro por conmutador. En este segundo caso existen tres posibilidades: desactivado, activado permanente o manual M y activado automático A, por termostato.

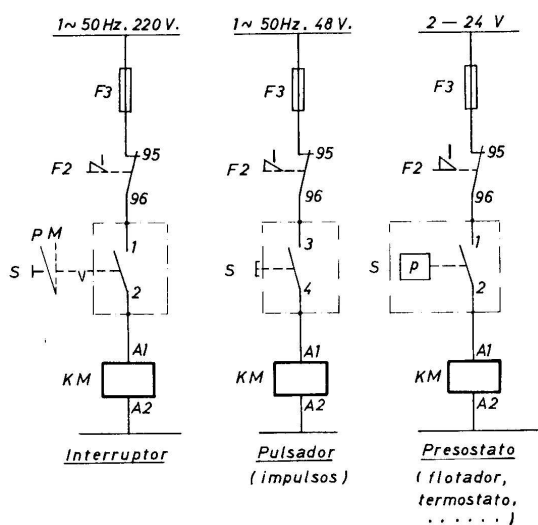


Fig. 16.5-A

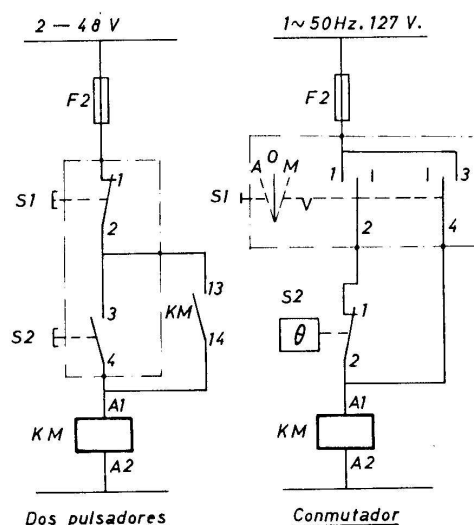


Fig. 16.5-B

La casi totalidad de los sistemas de mando de contactores tiene como fundamento estos dos sistemas.

Indicamos en la **Fig. Tabla 16.5-C** los diversos valores usuales de las tensiones de mando.

❑ Los diversos elementos que componen un esquema de mando se representan siempre en su posición de reposo:

- Los pulsadores, sin presión de pulsado.
- Los contactores, sin tensión de mando.
- Los elementos de detección, sin su medio de activado (sin temperatura, sin presión, sin nivel...).

VOLTIOS								
ALTERNA	24	32	48	110	120	220	230	240
	380	400	415	440	500	600	660	1000
CONTINUA	24	48	110	125	220	230	250	440

Tensiones nominales de mando.

Fig. 16.5-C

❑ Cuando un elemento tenga varias posiciones estables de reposo (conmutador, combinador, detector de posición, etc.) se le dibujará preferentemente en su posición cero, central o de máximo desactivado. En cualquier caso se puede adjuntar un gráfico explicativo (**Fig. 16.6**). El gráfico explicativo debe ser lo suficientemente claro como para que no haya la menor duda de la posición de los contactos en cualquier circunstancia.

En el termostato de la **Fig. 16.6** los contactos están en la posición indicada para temperaturas superiores a 34 °C. A temperaturas inferiores, los contactos cambian de posición.

En el presostato de la **Fig. 16.6** cuando la presión desciende de 8 a 6 Kg/cm² el contacto está abierto, y cuando asciende, está cerrado.

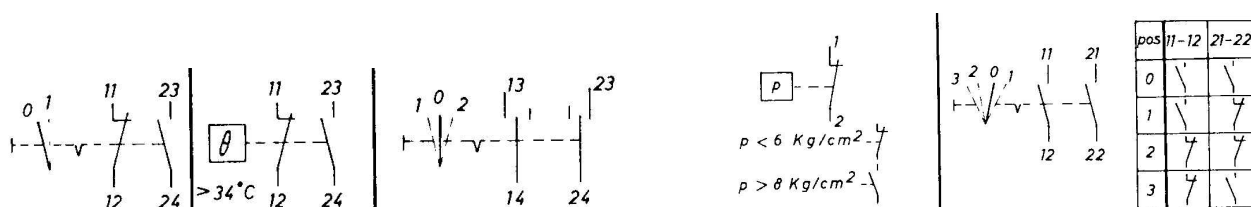


Fig. 16.6

❑ Cuando la tensión de mando procede de fase y neutro, una borna de los contactores deberá conectarse a ese neutro, y así constará en el esquema.

El motivo es evidente: si la conexión se realiza como en la **Fig. 16.7-1**, la eventual derivación a tierra de un elemento exterior (pulsador, detector...) puede dejar al contactor permanentemente activado e imposibilitada su desconexión, ya que el neutro también está a tierra.

Si la conexión se realiza como en la **Fig. 16.7-2**, la avería anterior, unida a un eventual corte del fusible F1, deja al contactor con una tensión permanente que es reducida, pero que puede bastar para evitar su desconexión.

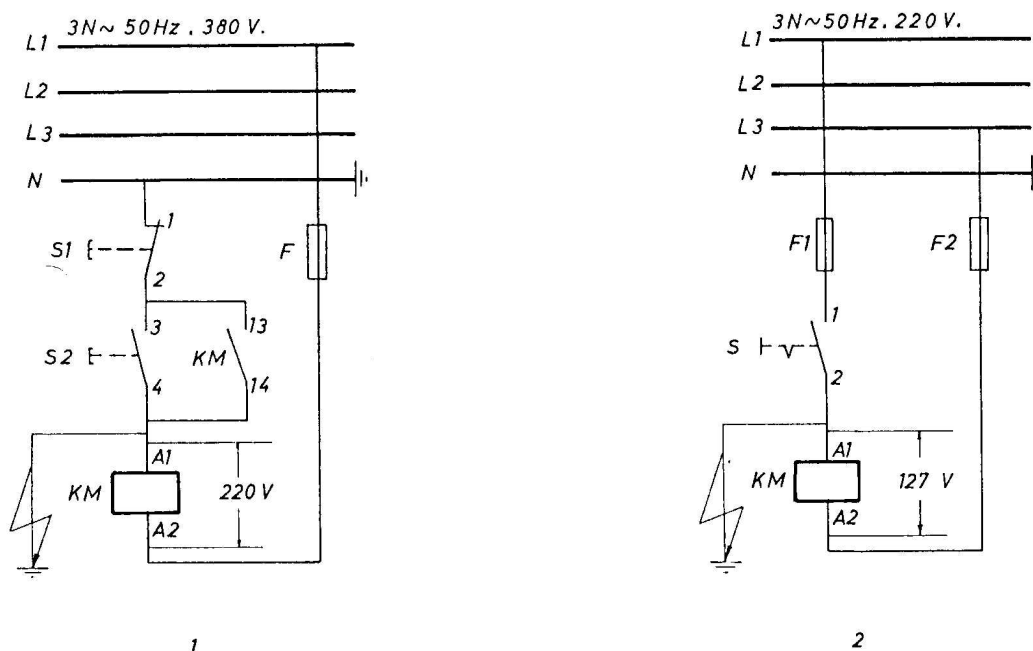


Fig. 16.7

□ La disposición de los componentes de un esquema de mando se hará agrupando en diversos niveles los elementos de funciones análogas (**Fig. 16.8**).

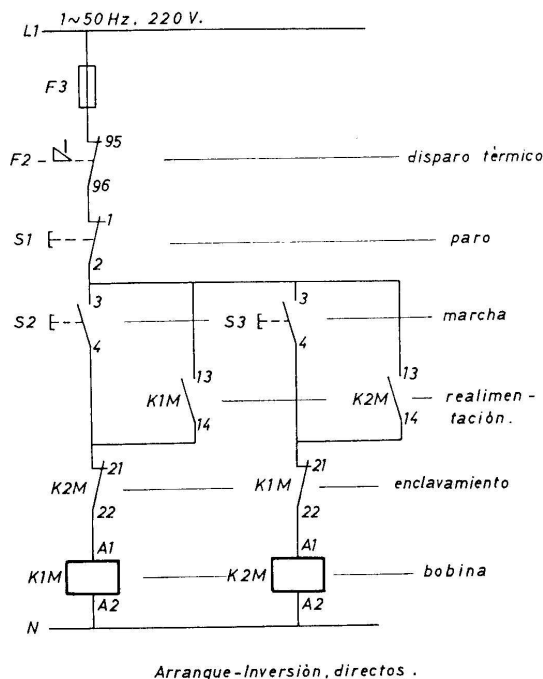
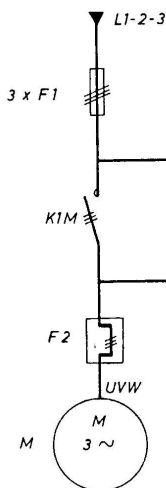


Fig. 16.8

En algunos casos puede optarse por esta disposición o por otra que simplifique la unión mecánica entre elementos. Los dos esquemas de la **Fig. 16.9** representan el mismo circuito de mando de un motor bifásico de dos velocidades y devanados separados. En este caso los relés térmicos son F2 y F3 (consultar el circuito de potencia de la **Fig. 13.10, 13.11 y 13.12**).

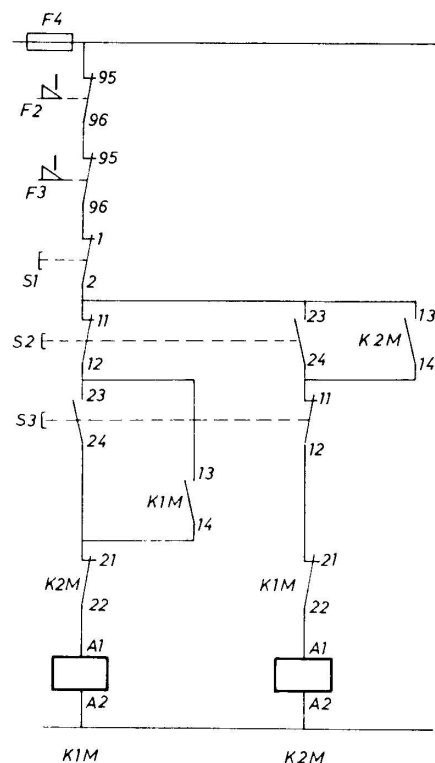
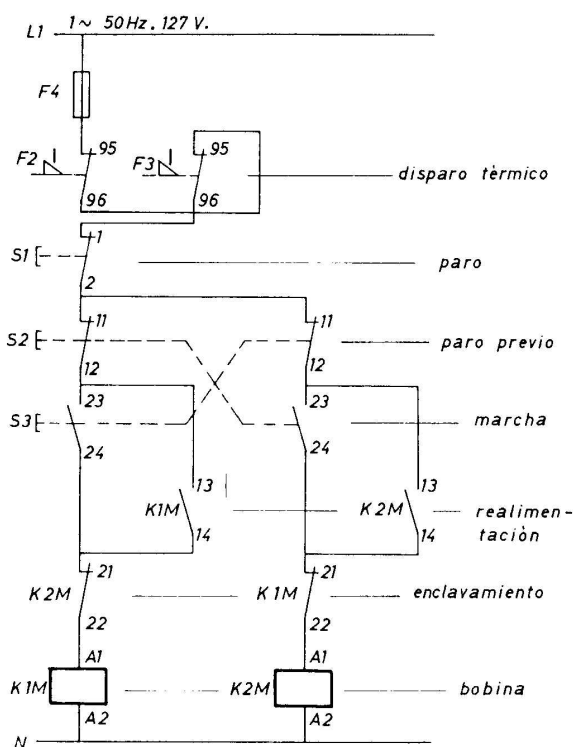
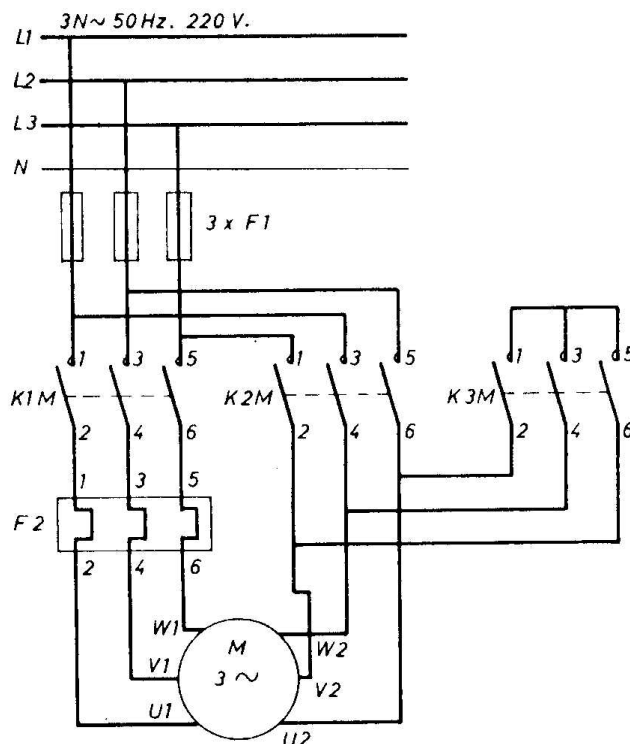


Fig. 16.9

Siempre que sea posible, los contactores que tengan funciones similares figurarán equidistantes en el esquema de mando. Su disposición se realizará de modo que los cruces entre conductores sean mínimos, a pesar de que su numeración correlativa no coincida con la del circuito principal. Vemos en la **Fig. 16.10** dos posibles circuitos de mando para un arranque estrella-triángulo.



Arranque Δ (giro a izquierdas)

Fig. 16.10-a CIRCUITO DE POTENCIA

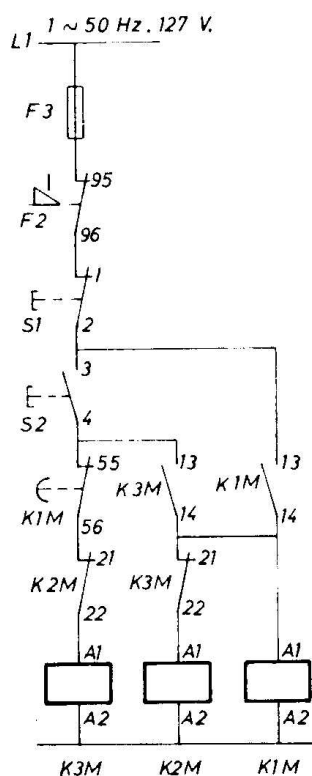


Fig. 16.10-b CIRCUITO DE MANDO

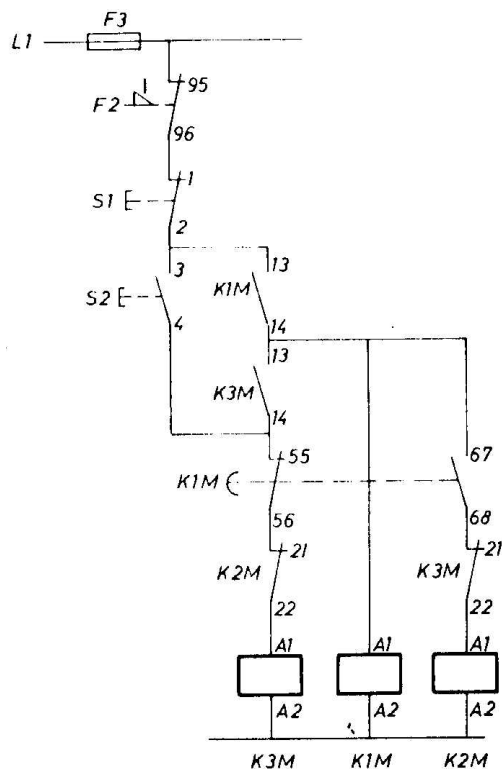
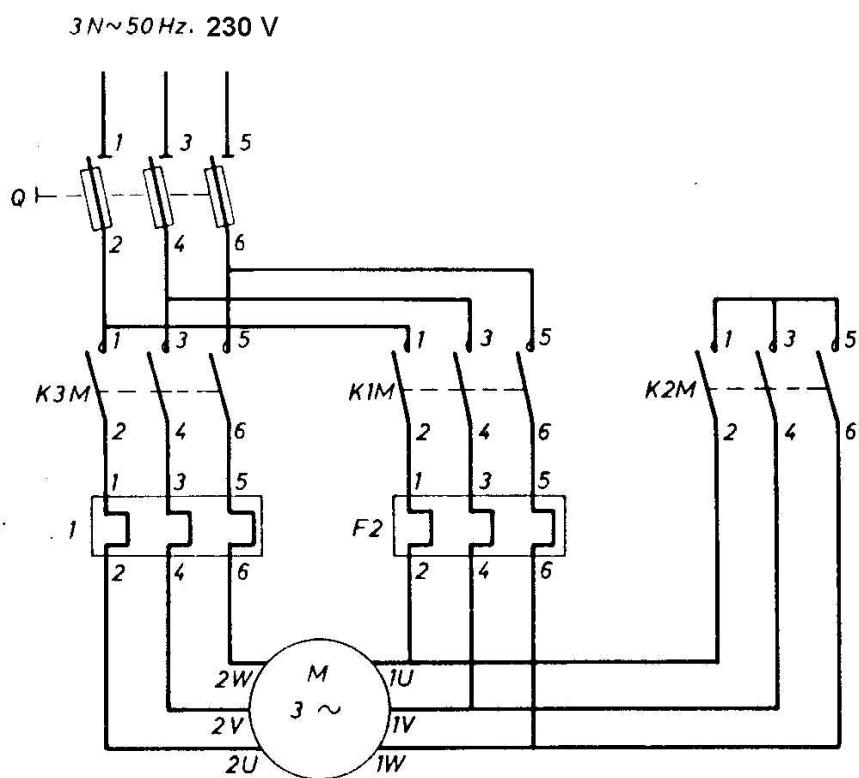


Fig. 16.10-c CIRCUITO DE MANDO

Cuando algún elemento del circuito de mando no está integrado en el conjunto de éste (Figs. 12.5 y 12.6), se le representará en el esquema rodeado de un recuadro.

Aplicamos esta norma a los dos esquemas de mando de la Fig. 16.11. Se trata en este caso de un motor de dos velocidades en conexión Dahlander. En cualquiera de los esquemas (por pulsadores o por conmutador), la velocidad baja corresponde al activado de K1M y la alta al de K2M + K3M (L: lenta; R: rápida).

Cuando existe una secuencia determinada en una maniobra, el orden de los elementos en el esquema de mando seguirá esa misma secuencia, de izquierda a derecha.



2 velocidades (conexión Dahlander)

Fig. 16.11-a CIRCUITO DE POTENCIA

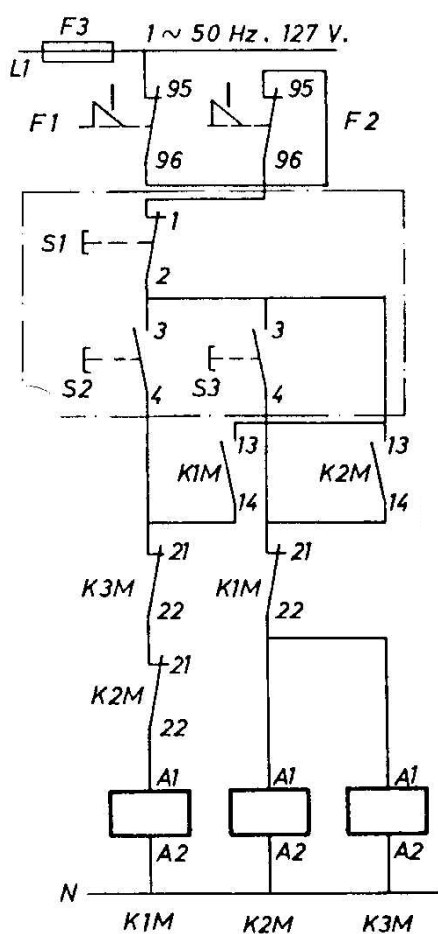


Fig. 16.11-b CIRCUITO DE MANDO

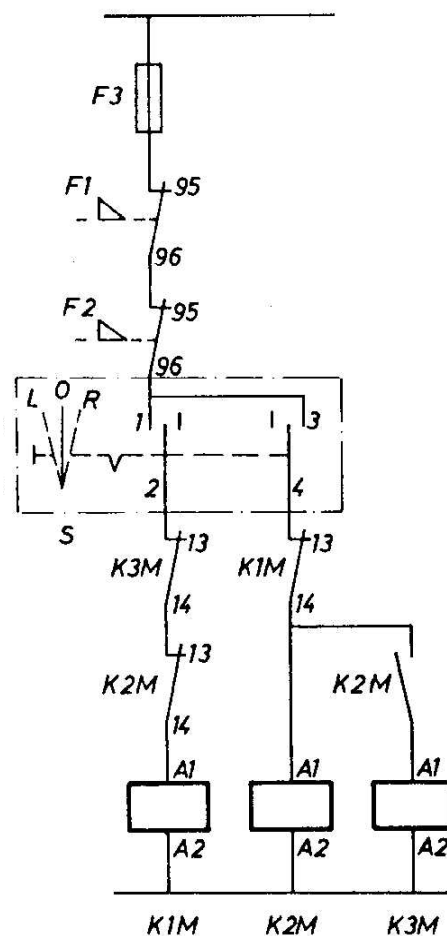


Fig. 16.11-b CIRCUITO DE MANDO

□ El arranque progresivo de los motores de la **Fig. 16.12** nos ofrece un ejemplo de ello. A partir del pulsado de S2, arrancan progresivamente M1, M2... El pulsado de S1 detiene todos los motores.

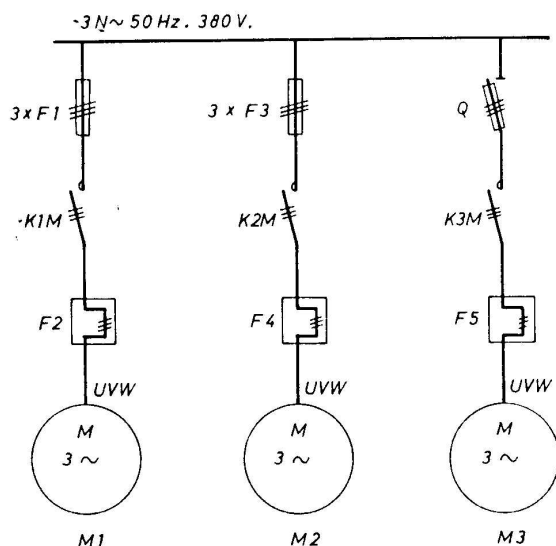


Fig. 16.12-a CIRCUITO DE POTENCIA

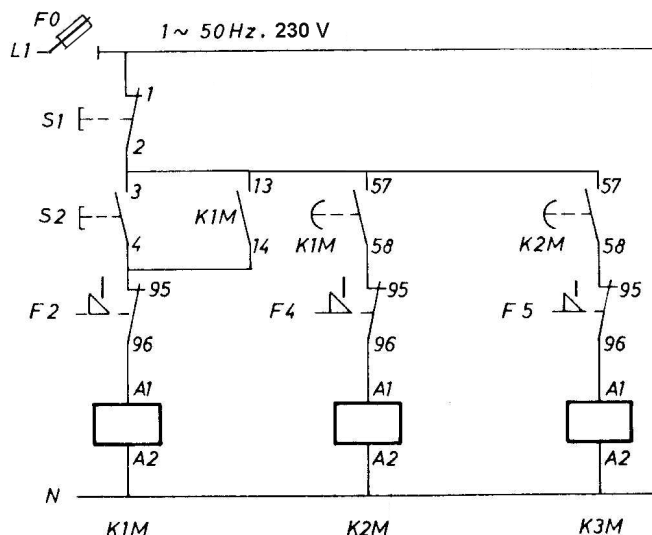


Fig. 16.12-b CIRCUITO DE MANDO

□ Si en el circuito de **mando** existen dos **tensiones diferentes**, sus líneas se representarán en el esquema paralelas y cercanas. Cada aparato tomará de la que le corresponda. En la **Fig. 16.13** los contactores están a 230 V. y los circuitos manuales a 48 V. Conseguimos con ello fiabilidad en la conmutación (230 V) y seguridad personal en la maniobra (48 V). Cada fusible protege su propio circuito.

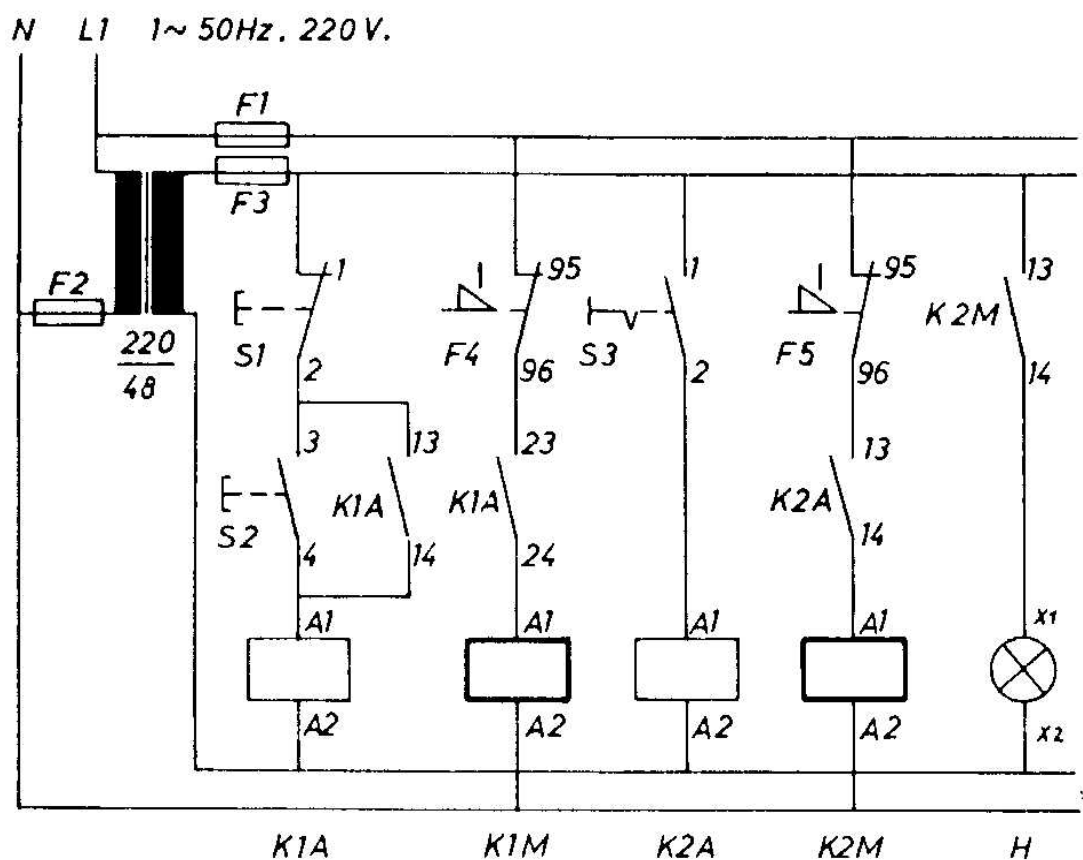


Fig. 16.13

□ Un contactor, relé, pulsador..., puede tener más contactos auxiliares que los que necesita en un circuito de mando determinado. Estos contactos no deben constar en el esquema desarrollado, pero es interesante representarlos en el semidesarrollado y en el conjunto (**Fig. 16.14**).

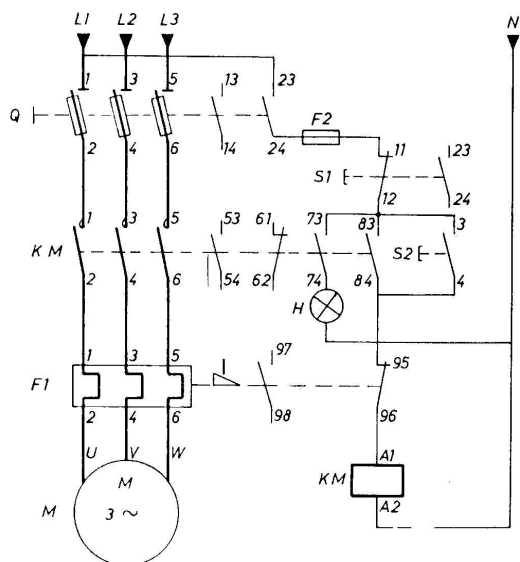


Fig. 16.14-a CIRCUITO DE POTENCIA

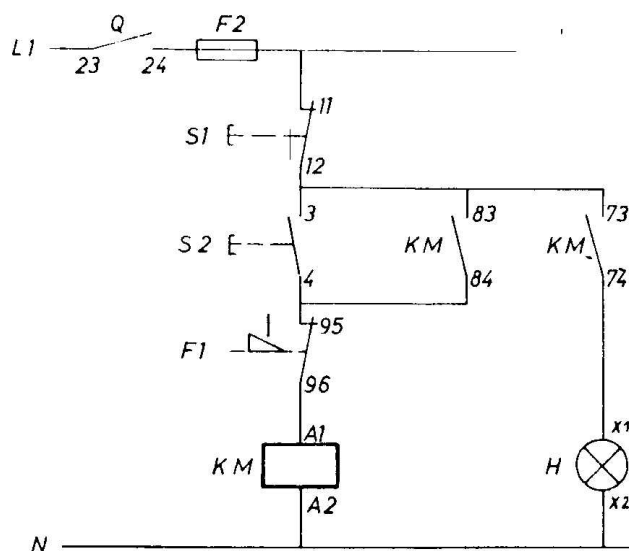


Fig. 16.14-b CIRCUITO DE MANDO

❑ El tamaño de los símbolos no representa inicialmente nada en un esquema eléctrico. En algunos casos, no obstante, es conveniente destacar la magnitud de un elemento, aumentando su tamaño respecto al de otros. Esta distinción en los tamaños afecta al esquema del circuito principal, pero no al de mando.

El esquema de la Fig. 16.16 se refiere a un motor M1 cuya refrigeración la realiza un ventilador accionado por un pequeño motor auxiliar M2. Si no existe ventilación, M1 no puede arrancar ni permanecer en marcha.

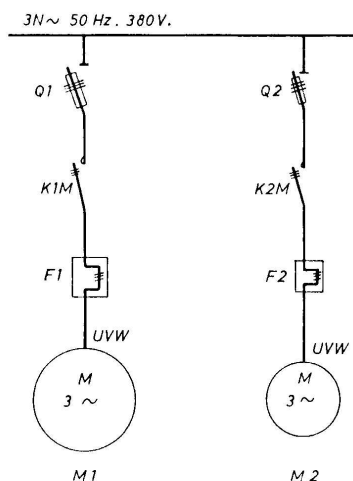


Fig. 16.16-a CIRCUITO DE POTENCIA

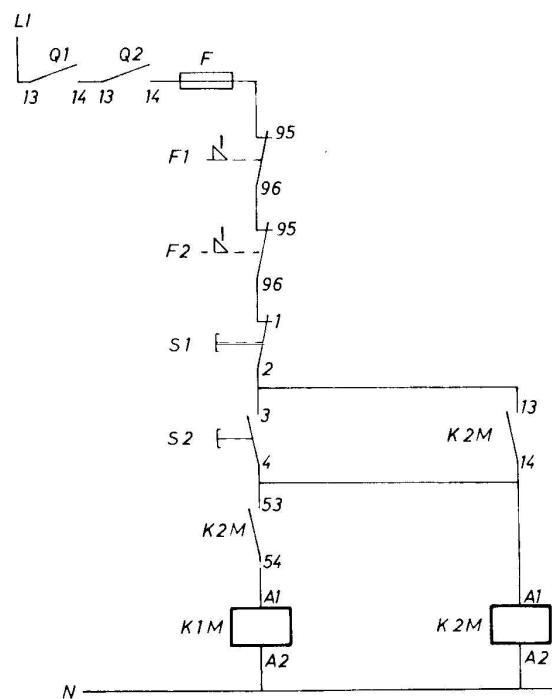


Fig. 16.16-b CIRCUITO DE MANDO

❑ La sección a utilizar dependerá del consumo de los receptores (contactores, relés de maniobra, etc) que suelen ser de poco consumo, por lo que tendrán valores pequeños (0'5, 0'75, 1 mm²).

La **sección de los conductores** del circuito de mando es normalmente de 1 mm² para cualquier tensión entre 24 V y 230 V, si todos sus elementos están en el mismo conjunto o cercanos.

Si existen elementos (pulsadores, interruptores...) situados a cierta distancia la caída de tensión a lo largo de la línea de mando puede poner en peligro el correcto activado de los contactores (Fig. 16.17).

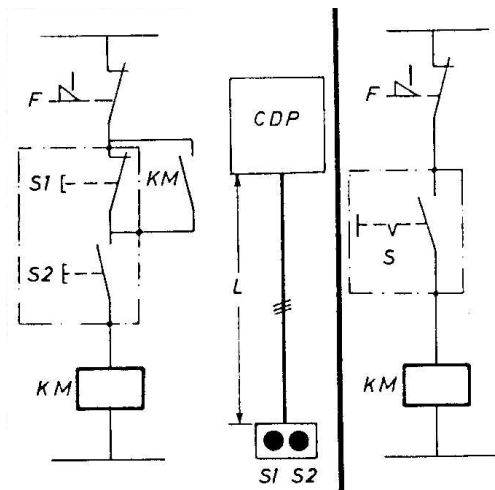
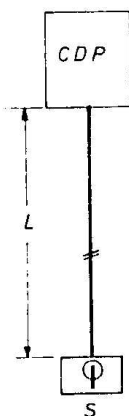


Fig. 16.17-a



L = LONGITUD LÍNEA MANDO

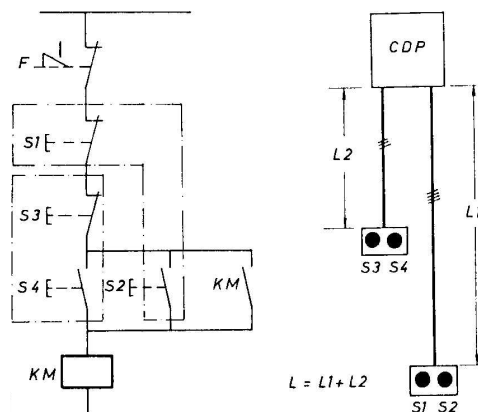


Fig. 16.17-b

Las secciones de la Fig. 16.18 son las aconsejables. Su valor en mm^2 se hará constar en algún lugar visible del esquema de mando.

* También se utilizaba $1,5 \text{ mm}^2$, protegida perfectamente por fusibles rápidos (gl) de 10 A.

La cifra en amperios indicada junto a los contactores es su calibre o intensidad nominal en AC3 (ver **Categorías de empleo** de los contactores).

El caso más desfavorable se produce con:

- Tensión de mando pequeña.
- Longitud de la línea de mando larga.
- Contactores grandes.

	L					
	hasta 50 m			50 a 150 m		
	24 V	48 V	110/220 V	24 V	48 V	110/220 V
9 A	1,5	1	1	4	1	1
12 A	1,5	1	1	4	1	1
16 A	2,5	1	1	4	1,5	1
25 A	2,5	1	1	4	1,5	1
32 A	4	1	1	6	2,5	1
40 A	4	1	1	6	2,5	1

Fig. 16.18

17 ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN

Los elementos de señalización se utilizan para indicar a los operarios el estado en que se encuentran los elementos de mando y control de una instalación o máquina eléctrica.

De esta forma, podemos saber si un contactor, motor, etc. está o no en funcionamiento, si una alarma ha saltado, etc. Aunque su aspecto externo admita multitud de formas y tamaños, los elementos de señalización empleados pueden ser clasificados en señalizaciones luminosas, acústicas y ópticas.

■ SEÑALIZACIONES LUMINOSAS Y ÓPTICAS

PILOTOS LUMINOSOS

Entenderemos por señalización luminosa el alumbrado suministrado por lámparas de incandescencia o de gas de pequeña potencia. Las más conocidas son las lámparas piloto, colocadas en los paneles frontales de armarios y cuadros eléctricos.

Emiten una luz cuyo color cambia en función de la información que deban dar:

- El color **verde** nos informa sobre el correcto o "normal" funcionamiento de la máquina.
- El color **rojo** o **anaranjado** indica condiciones anormales en el funcionamiento de máquinas, instalaciones, alarmas, emergencias, paradas de instalaciones, disparo de térmicos por sobreintensidades, etc.
- El color **blanco** (o **transparente**) indica la conexión de la máquina o circuitos a la tensión nominal de servicio.

COLOR	SERVICIO	UTILIZACIÓN
Rojo	En reposo	Señala que la máquina que se ha parado por anomalía eléctrica, o bien invita que el automatismo se le dé la orden de paro.
Verde	Máquina preparada para entrar en servicio	Todos los componentes dispuestos para iniciar el arranque o maniobra.
Amarillo (ámbar)	Atención o precaución	- Señal para ciclo automático - Próximo al valor límite admisible
Blanco	Circuitos eléctricos bajo tensión normal de servicio.	Máquina dispuesta para entrar en servicio
Azul	Para funciones que no se corresponden en los otros colores.	

Tabla Fig. 17.1 Significado de los colores en las lámparas de señalización

Los **diodos electroluminiscentes** o **diodos LED** son una alternativa a las lámparas de incandescencia. Se trata de pequeños pilotos de color rojo, verde o amarillo, con diferentes posibilidades de señalización (**Fig. 15.2**). Se utilizan en multitud de instalaciones (tanto eléctricas como electrónicas) debido a su bajo consumo y a sus reducidas dimensiones.



a) Aspecto externo



b) Símbolo

Fig. 17.2 DIODOS LED

A la hora de decidir qué tipo de señalizador debemos utilizar, conviene tener en cuenta los siguientes **consejos**:

- Aunque nos ahorremos un contacto, **no es conveniente colocar las lámparas señalizadoras en paralelo con las bobinas de mando**, ya que, debido a su naturaleza inductiva, pueden producirse sobretensiones transitorias que estropeen dichas lámparas. Si se decide conectarlas en paralelo, es aconsejable emplear un transformador o bien utilizar lámparas de neón.
- Es recomendable conectar las lámparas señalizadoras utilizando contactos auxiliares de los contactores o relés y, si es posible, con un transformador de mando que reduzca la tensión de alimentación de estas lámparas.

Las **señalizaciones ópticas** son simplemente etiquetas, placas plásticas o metálicas y adhesivos con diferentes colores.

Suelen colocarse alrededor o encima de elementos de mando (pulsadores de marcha y paro, interruptores, selectores, etc.) para indicar al operario su función.

PULSADORES LUMINOSOS

COLOR	SERVICIO
Rojo	No utilizar.
Verde	Permiso de arranque por centelleo del pulsador.
Amarillo	Atención o precaución.
Blanco	Confirmación de que el circuito se encuentra en tensión y de que ha sido seleccionado o preseleccionado una función o movimiento.
Azul	Indica otras funciones que no se corresponden en los otros colores.

Fig. Tabla 17.3 Significado de los colores en los pulsadores luminosos

SIGNIFICADO DE LOS COLORES EN BOTONES PULSADORES

COLOR	SERVICIO	UTILIZACIÓN
Rojo	Parada	- Parada general del ciclo o maniobra. - Parada de emergencia. - Desconexión por exceso de temperatura. - Desenclavamiento de relés protectores.
Verde o negro	Marcha	Arranque de un ciclo o maniobra.
Amarillo	Vuelta atrás	- Retroceso de la maniobra. - Anulación de la maniobra anteriormente seleccionada.
Blanco o azul claro	Para funciones que no se corresponden en los otros colores	

Fig. Tabla 17.4 Significado de los colores en los botones pulsadores

SIGLAS QUE DETERMINAN EL COLOR DE LAS LÁMPARAS Y PILOTOS SOBRE EL ESQUEMA

Rojo	RD o C2
Naranja	OG o C3
Amarillo	YE o C4
Verde	GN o C5
Azul	BU o C6
Blanco	WH o C9

Fig. Tabla 17.5 Siglas del color de las lámparas y pilotos

SIGLAS QUE DETERMINAN EL TIPO DE LÁMPARAS SOBRE EL ESQUEMA

Neón	Ne
Vapor de sodio	Na
Mercurio	Hg
Yodo	I
Electroluminescente	EL
Fluorescente	FL
Infrarrojo	IR
Ultravioleta	UV

Fig. Tabla 17.6 Siglas del tipo de lámparas

■ SEÑALIZACIONES ACÚSTICAS

Las señalizaciones acústicas son dispositivos tales como timbres, sirenas, bocinas, zumbadores, etc, que indican generalmente situaciones de funcionamiento peligrosas, emergencias, alarmas, etc.

■ SÍMBOLOS DE LOS ELEMENTOS SEÑALIZADORES Y SISTEMA DE REFERENCIAS PARA BORNES

Si observamos la Fig. 17.7, vemos que todos los elementos de señalización están identificados con un símbolo y con la letra **-H**, seguida del número de orden. Los bornes de los elementos señalizadores luminosos (bombillas y peones) van acompañados de las referencias X1 y X2, mientras que los acústicos lo hacen de 1 y 2.

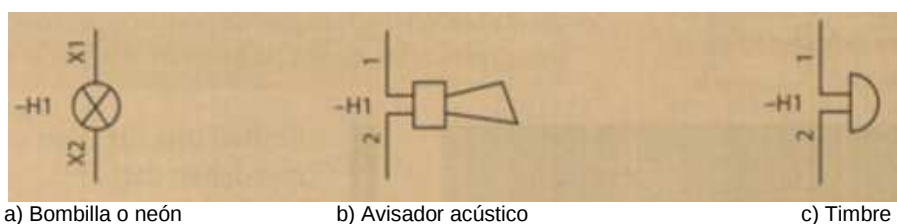


Fig. 17.7 señalizadores acústicos

18 ACCESORIOS DE MONTAJE

Para realizar el montaje completo de un cuadro eléctrico, para una instalación de automatismo, es necesario utilizar una serie de accesorios. A continuación podemos observar algunos de ellos que son muy utilizados **Fig. 18.1.**



En la **Fig. 18.2** se muestra un detalle de montaje en el que podemos ver contactores, interruptores automáticos y los accesorios necesarios:

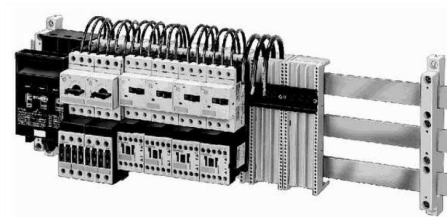
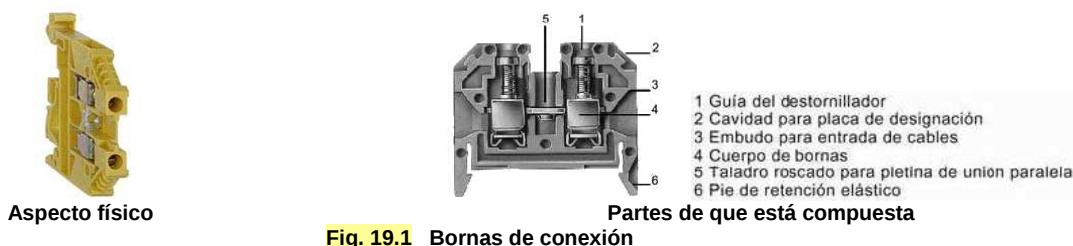


Fig. 18.2 Montaje de un automatismo

BORNAS DE CONEXIÓN



En la **Fig. 19.2** podemos observar un montaje en el que intervienen, un módulo de bornas de conexión montado sobre un carril DIN, al que se encuentran conectados tres detectores.

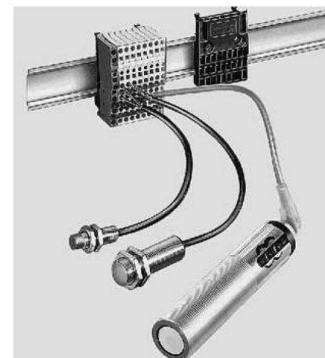


Fig. 19.2 Conexión a unas bornas

ACTIVIDADES

¿Qué tipo de categoría deberá tener el contactor que actúa sobre un motor asíncrono (rotor en cortocircuito) de una grúa?

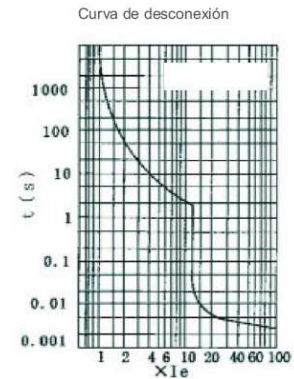
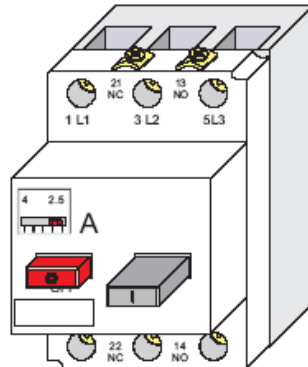
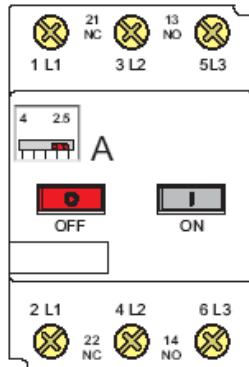
¿Qué tipo de categoría ha de tener un contactor que debe conectar un calentador eléctrico trifásico de 3 kW a la red eléctrica (230 V-50 Hz)?

Indica el número de contactos principales y auxiliares de vacía uno de los siguientes contactores: a) un contactor tripolar de número característico 41, b) un contactor auxiliar de número característico 32 y c) un contactor de cuatro polos de número característico 41.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

INTERRUPTOR-GUARDAMOTOR COMPACTO

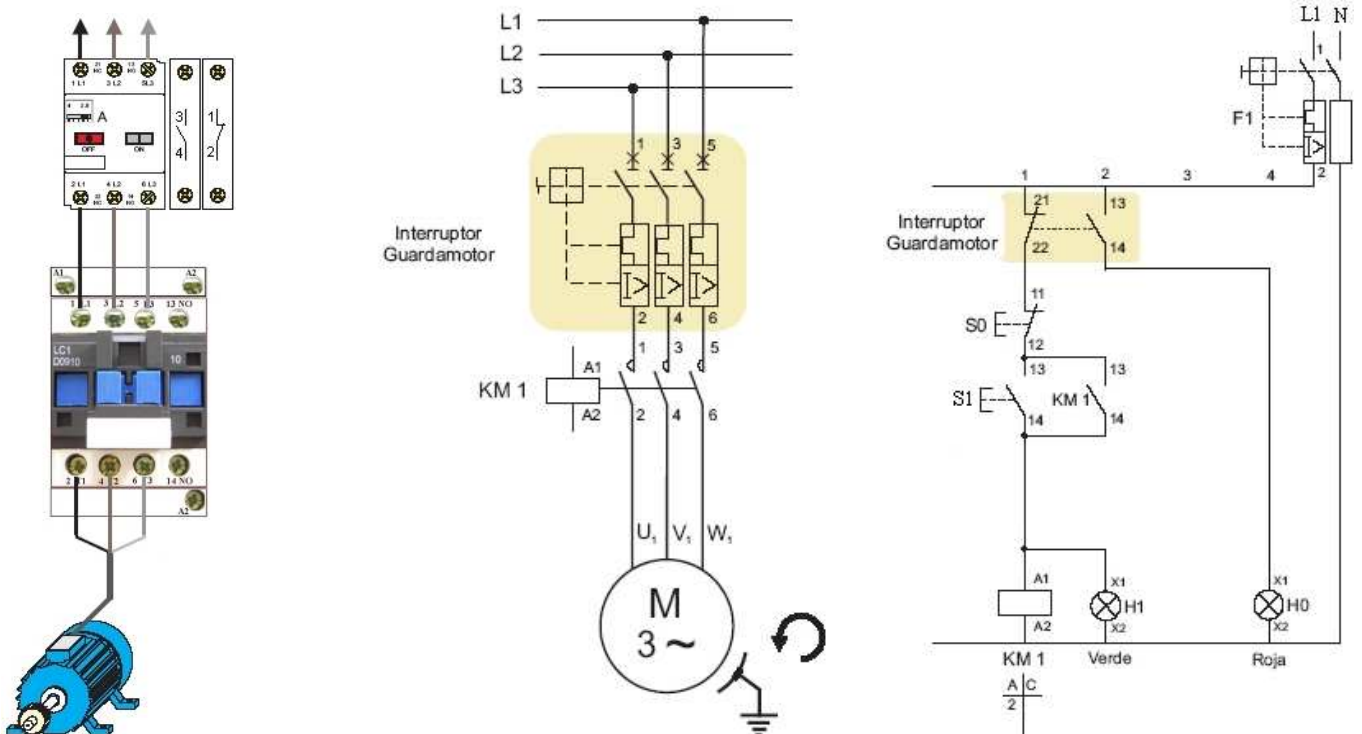
Un interruptor-guardamotor es un aparato diseñado para la protección de motores contra sobrecargas y cortocircuitos.



El aparato puede incorporar algunos contactos auxiliares (en el caso del circuito de mando de la figura, NO 13-14 y NC 21-22), para su uso en el circuito de mando.

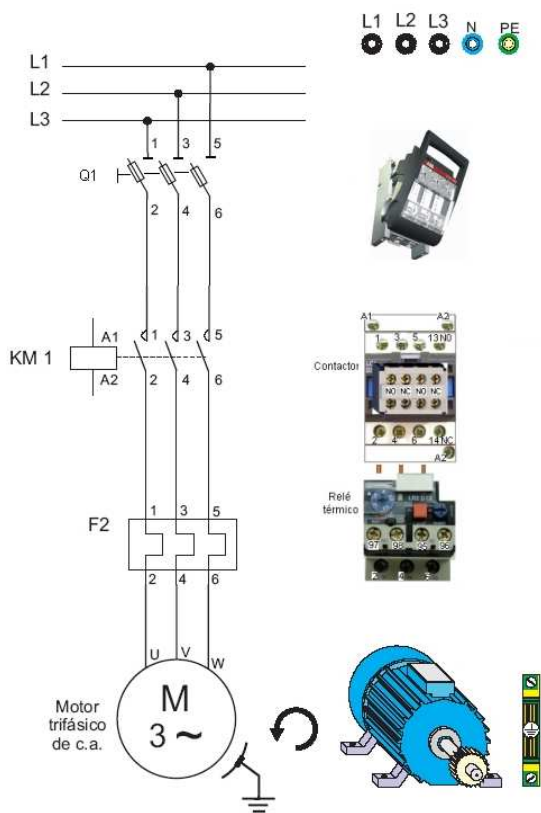
Dispone de un botón regulador-selector de la intensidad de protección. Sirva el ejemplo: In.: 0,1 hasta 63 A.

Ejemplo de conexión



MOTOR TRIFÁSICO ALIMENTADO POR CONTACTOR ACCIONADO MEDIANTE PULSADORES Y PROTECCIÓN POR RELÉ TÉRMICO.

Esquema de potencia o fuerza:



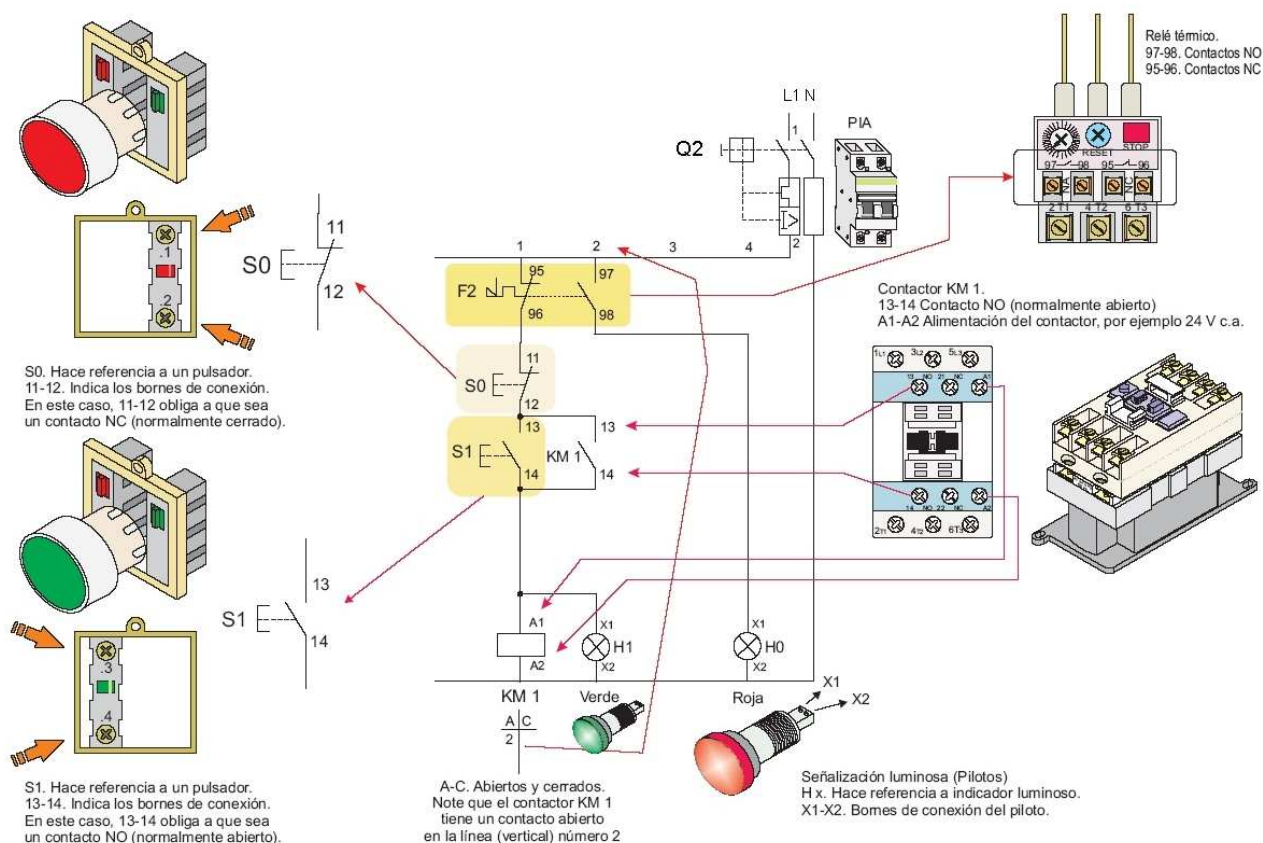
Funcionamiento del circuito:

Una vez realizado el montaje del circuito, para comprobar su funcionamiento, seguiremos los siguientes pasos:

1. Cerramos el seccionador fusible del circuito de fuerza Q1.
2. Cerramos el magnetotérmico del circuito de maniobras F1.
3. Accionamos el pulsador de marcha S1.

La corriente circulará hacia la bobina del contactor KM1, apareciendo entre los terminales A1 y A2 una tensión de 230 V. La bobina al tener un núcleo de hierro se convierte en un electroimán, atrayendo los contactos del contactor que se cierran, permitiendo el paso de la corriente hacia el motor.

Esquema de maniobra o mando:



MOTOR TRIFÁSICO ASÍNCRONO

Los motores asíncronos (MA) son máquinas eléctricas, las cuales han tenido mayor aplicación en la industria y artefactos electrodomésticos. Estas máquinas son los principales convertidores de energía eléctrica en energía mecánica (actualmente los MA consumen casi la mitad de la energía eléctrica generada).

Su uso es, principalmente, en calidad de mando eléctrico en la mayoría de los mecanismos. Esto se justifica por la sencillez de su fabricación, su alta confiabilidad y un alto valor de eficiencia.

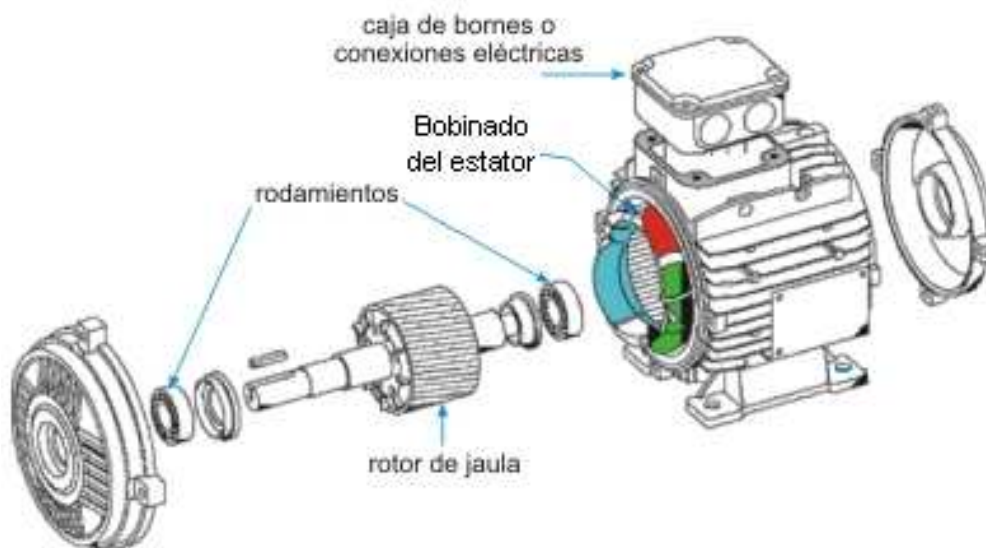
En el MA se tiene 2 devanados (bobinados), uno en el estator y el otro en el rotor.

Existen, principalmente, 2 tipos de MA, según el rotor:

- rotor de jaula de ardilla
- rotor bobinado de anillos rozantes.

El devanado del estator puede ser monofásico o trifásico.

En lo sucesivo se analiza el motor trifásico, cuyas bobinas se colocan en las ranuras interiores del estator.

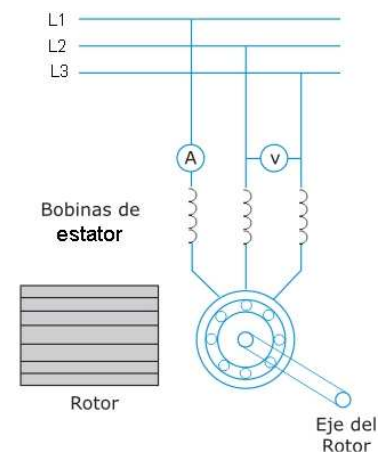


Motor asíncrono trifásico con rotor en jaula de ardilla

Parámetros nominales

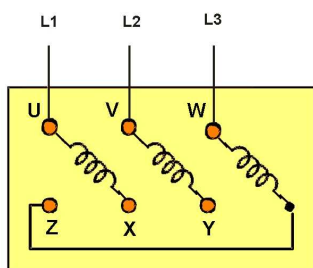
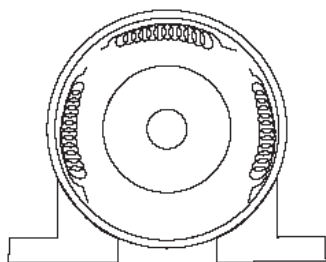
Los siguientes son los datos que identifican a un motor:

- Potencia, kW ó HP. Es la potencia útil en el eje (potencia mecánica)
- Tensión de servicio, V
- Frecuencia, Hz
- Velocidad nominal, r.p.m.
- Corriente nominal, A.
- Corriente de arranque, A.
- Factor de potencia, $\cos \phi$
- Eficiencia, η (%)

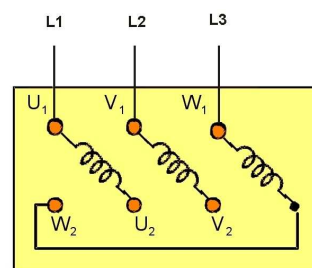


BOBINADO DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Las fases del devanado del estator se conectan en tipo estrella Y o triángulo Δ , cuyos bornes son conectados a la red.



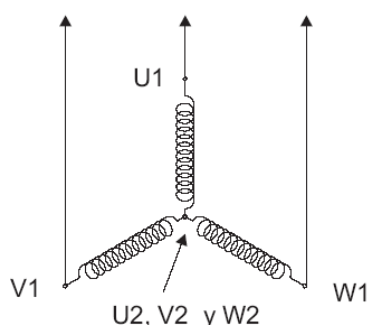
Nomenclatura antigua



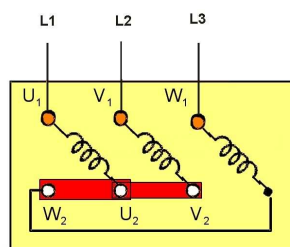
Nomenclatura actual

Conexiones básicas:

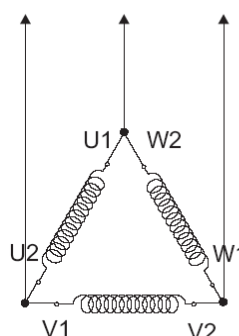
A fases L1, L2 y L3



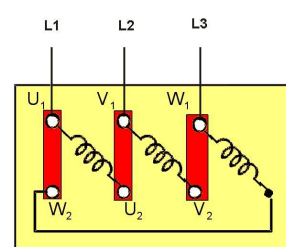
Conexión estrella



A fases L1, L2 y L3



Conexión triángulo



TENSIONES EN UN MOTOR TRIFÁSICO

Cuando los motores tengan la posibilidad de conexión estrella o triángulo, tendrá como dato característico dos tensiones en su placa de bornes: 230/400 V o 400/690 V. El valor menor corresponde con la tensión asignada (nominal) de cada uno de los tres bobinados. No se debe conectar a mayor valor ya que no soportaría el paso de la intensidad y en poco tiempo se quemaría el bobinado.

Como regla práctica: Cuando observamos en la placa de características de un motor trifásico, dos tensiones de funcionamiento, las conexiones han de ser:

- La tensión mayor y la corriente menor corresponden a la conexión **estrella**.
- La tensión menor y la corriente mayor corresponden a la conexión **triángulo**.

La relación entre las dos tensiones y entre las dos corrientes es $\sqrt{3}$:

Ejemplo:

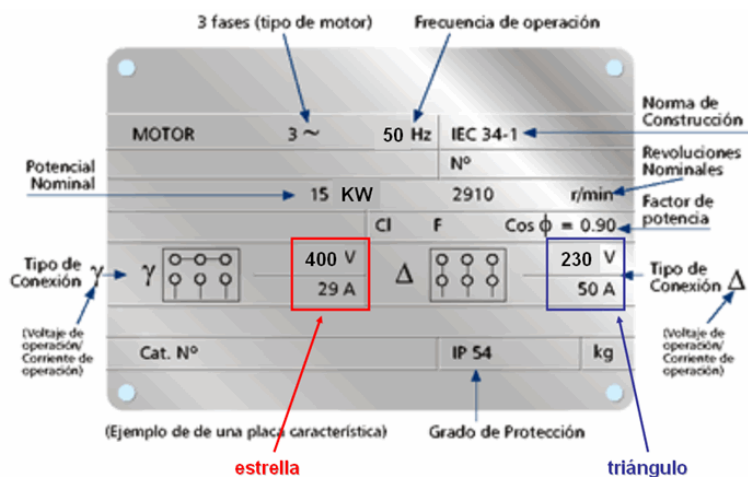
Motor trifásico de tensiones 230 / 400 V. Red trifásica disponible 3 x 230 / 400 V – 50 Hz.

Para conectar a una tensión de 230 V, utilizamos la conexión triángulo.
Y para conectar a una tensión de 400 V, utilizamos la conexión estrella.

La relación entre las dos tensiones y entre las dos corrientes es $\sqrt{3}$:

$$230 \cdot \sqrt{3} = 400 \text{ V}$$

$$\frac{50}{\sqrt{3}} = 29 \text{ A}$$



triángulo estrella

230 / 400 (V)
50 / 29 (A)



Ejemplo:

Motor trifásico 400 / 690 V

Para conectar a una tensión de 400 V, utilizamos la conexión triángulo.
Y para conectar a una tensión de 690 V, utilizamos la conexión estrella.

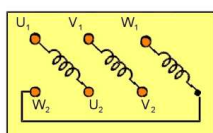
Realizar las conexiones posibles.

Indicar si es posible realizar las conexiones indicadas. Razonar.

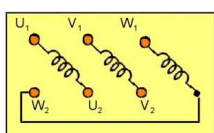
Caso 1)

Conexión de un motor asíncrono trifásico 230 / 400 V.
Red disponible: 3 x 230 / 400 V

L1 _____
L2 _____
L3 _____
N _____
PE _____



Conexión estrella

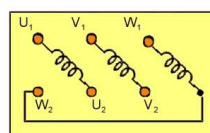


Conexión triángulo

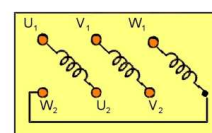
Caso 3)

Conexión de un motor asíncrono trifásico 400 / 690 V.
Red disponible: 3 x 230 / 400 V

L1 _____
L2 _____
L3 _____
N _____
PE _____



Conexión estrella

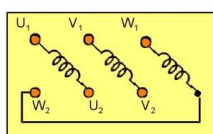


Conexión triángulo

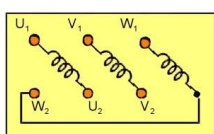
Caso 2)

Conexión de un motor asíncrono trifásico 230 / 400 V.
Red disponible: 3 x 400 / 690 V

L1 _____
L2 _____
L3 _____
N _____
PE _____



Conexión estrella

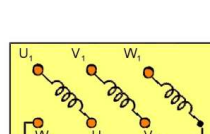


Conexión triángulo

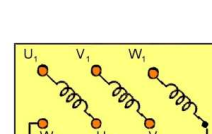
Caso 4)

Conexión de un motor asíncrono trifásico 400 / 690 V.
Red disponible: 3 x 400 / 690 V

L1 _____
L2 _____
L3 _____
N _____
PE _____



Conexión estrella



Conexión triángulo

EJERCICIO 1

Representa el circuito de mando y fuerza para el control de un motor M.

El sistema tendrá los siguientes elementos:

- Pulsador de paro o emergencia. S1
- Pulsador de arranque. S2
- Pulsador de inversión de giro. S2 o S3
- Protección contra sobrecargas, tanto cortocircuitos (seccionador-fusible) como sobrecargas (relé térmico) en el circuito de fuerza. Q1, F2
- Protección contra cortocircuitos (seccionador-fusible) en el circuito de mando. Q2
- Lámpara de señalización de color verde (H1) para el funcionamiento del motor.
- Lámpara de señalización de color rojo (H2) ante una sobrecarga del motor.

Representación desarrollada

Consiste en representar por separado dos esquemas en un mismo dibujo. Por un lado, se dibuja el esquema del circuito principal o de potencia y, por el otro, el circuito de mando o control (incluidos los elementos de señalización si los hubiera).

Esta forma de representación de los circuitos de los automatismos **es la más utilizada y la más recomendable**. Permite seguir fácilmente la conexión de los circuitos y facilita, así mismo, la comprensión de su funcionamiento.

A continuación se puede observar la representación desarrollada del automatismo de arranque directo y paro de un motor mediante pulsadores.

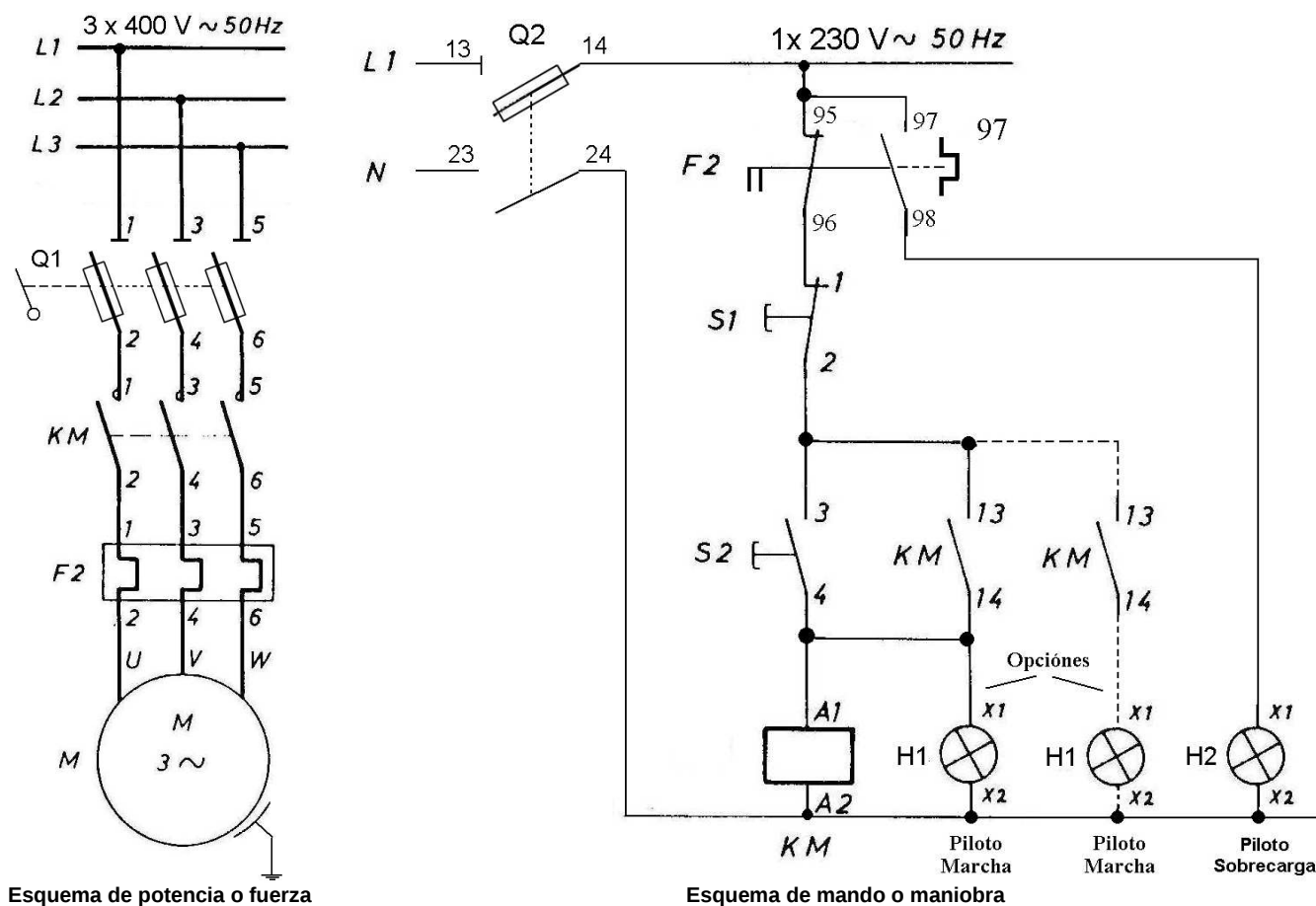
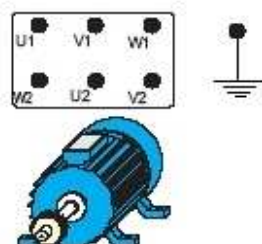
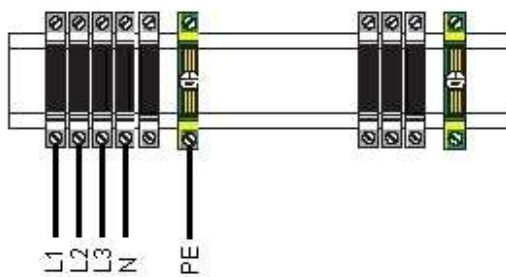
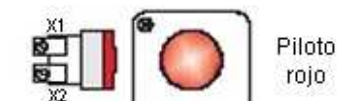
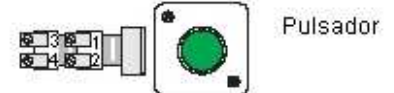
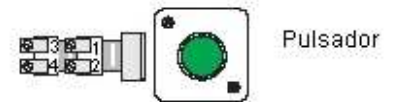
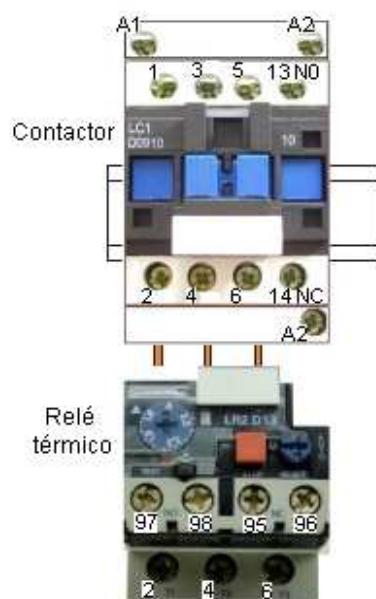
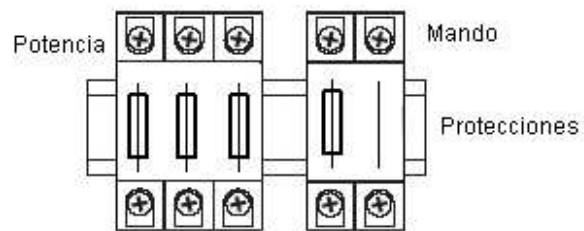


Fig. 11.6 Esquema desarrollado

Cableado.

EJERCICIO 2

Arranque de un motor en cualquier sentido de giro (derecha o izquierda). Posibilidad de inversión de sentido de giro –directamente –o pasando por paro.

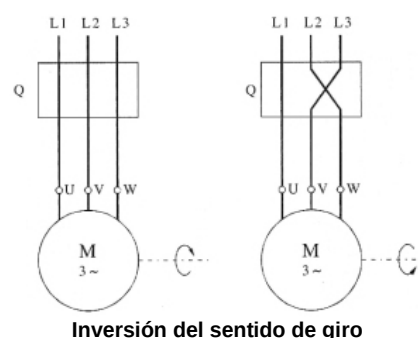
El sistema tendrá los siguientes elementos:

- Pulsador de paro o emergencia. S1
- Pulsador de arranque. S2 o S3
- Pulsador de inversión de giro. S2 o S3.
- Protección contra sobrecargas, tanto cortocircuitos (seccionador-fusible) como sobrecargas (relé térmico) en el circuito de fuerza. Q1, F2
- Protección contra cortocircuitos (seccionador-fusible) en el circuito de mando. Q2
- Lámpara de señalización de color verde para el giro a derechas del motor. H1
- Lámpara de señalización de color verde para el giro a izquierdas del motor. H2
- Lámpara de señalización de color rojo ante una sobrecarga del motor. H3

Representa el circuito de mando y fuerza para el control del motor M.

Nota: INVERSIÓN DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Para invertir el sentido de giro de un motor trifásico sólo es necesario cambiar dos fases cualesquiera.



Representación desarrollada

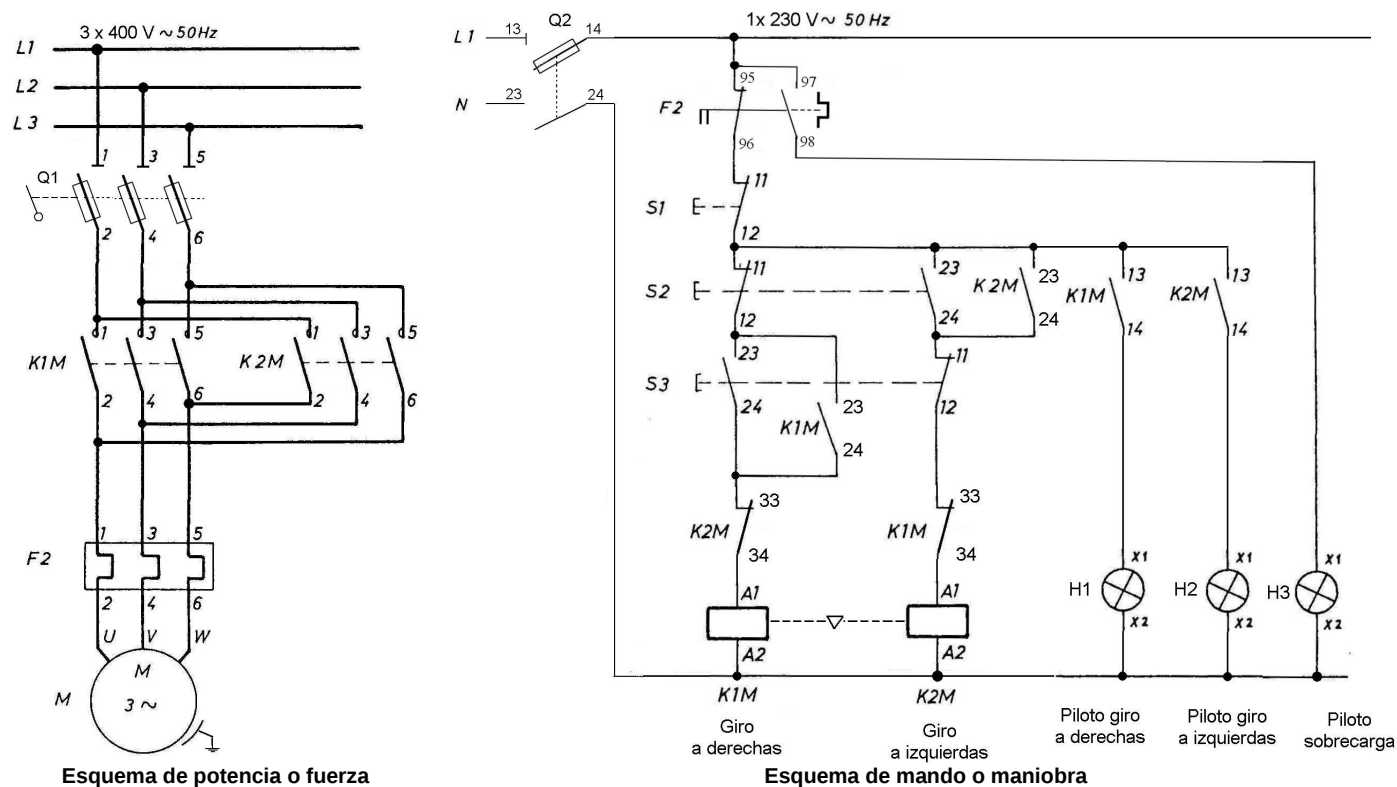
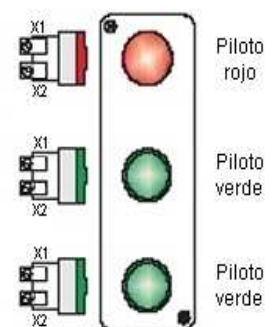
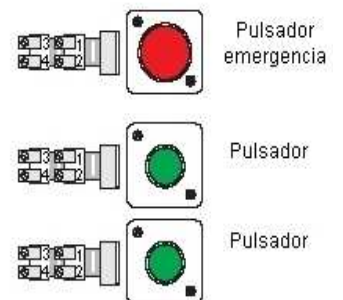
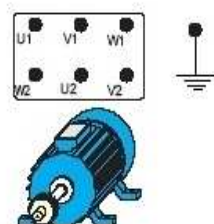
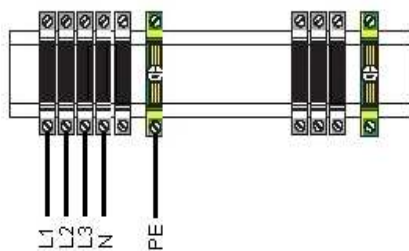
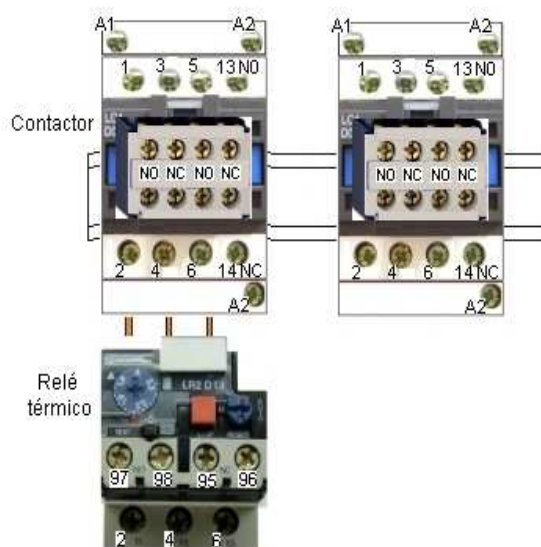
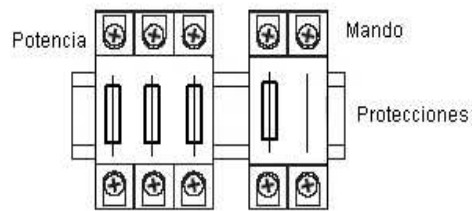


Fig. 11.6 Esquema desarrollado

Cableado.

EJERCICIO 3

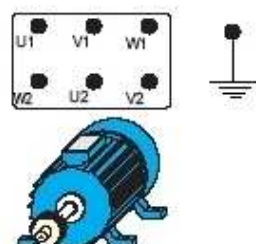
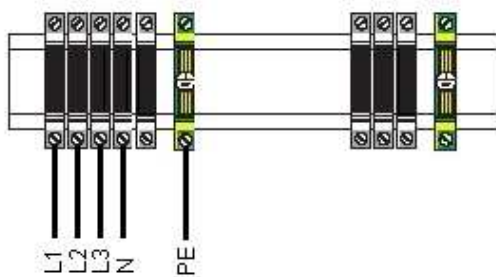
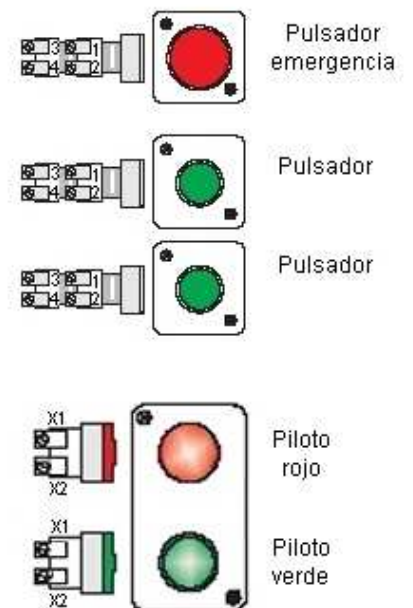
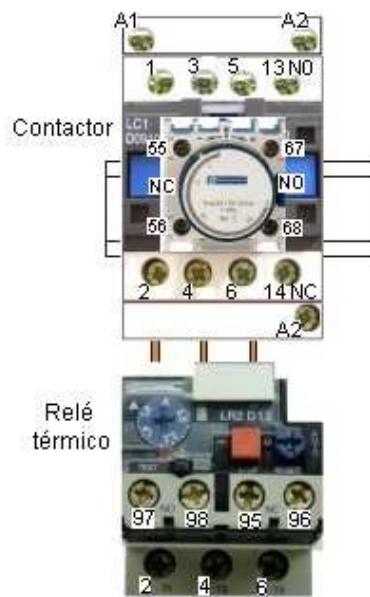
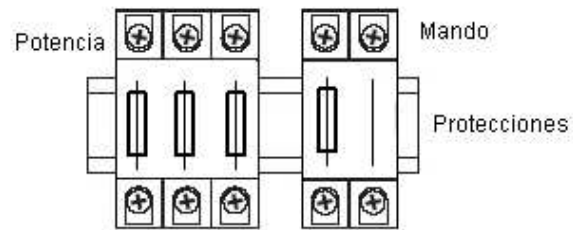
Arranque de un motor y parada automática al cabo de un tiempo t .

El sistema tendrá los siguientes elementos:

- Pulsador de paro o emergencia. S1
- Pulsador de arranque. S2
- Protección contra sobreintensidades, tanto cortocircuitos (seccionador-fusible) como sobrecargas (relé térmico) en el circuito de fuerza. Q1, F1
- Protección contra cortocircuitos (seccionador-fusible) en el circuito de mando. Q2
- Lámpara de señalización de color verde (H1) para el funcionamiento del motor.
- Lámpara de señalización de color rojo (H2) ante una sobrecarga del motor.

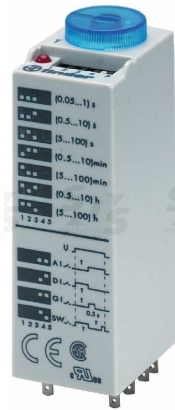
Representa el circuito de mando y fuerza para el control del motor.

* Nota: Utilizar un bloque auxiliar temporizado acoplado sobre el contactor KM1.

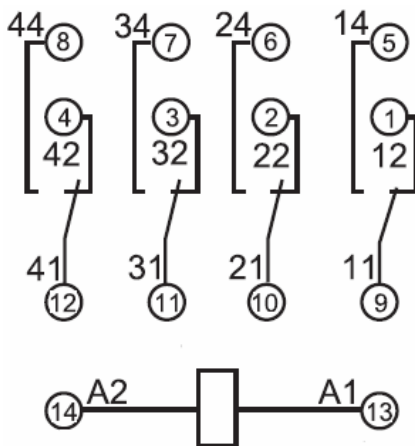
Cableado.

VARIANTE

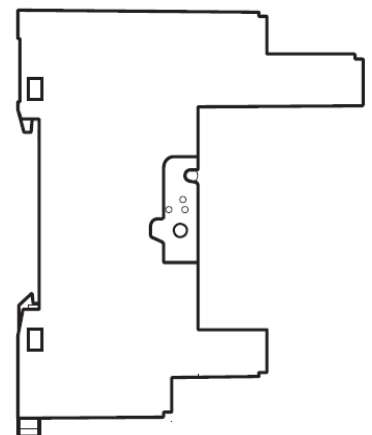
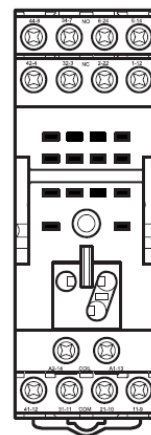
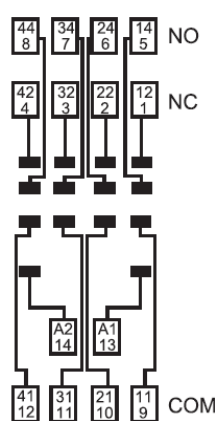
Realizar el mismo ejercicio, pero utilizando un temporizador externo al contactor principal KM1.



Temporizador electrónico
 Marca: Finder
 Modelo: 85.04.8.240.0000
 Alimentación: 230 V c.a.
 $I_{\max}$ contactos: 10 A



Esquema eléctrico



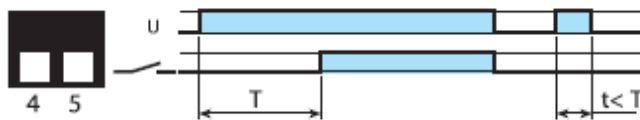
Esquema de conexiones del zócalo
 Marca: Finder Modelo: 94.84.3

Escalas de tiempo:

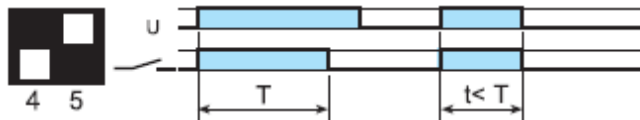


Funciones:

LED	Alimentación	Contacto NA	Contacto	
			Abierto	Cerrado
	Ninguna	Abierto	x1 - x4	x1 - x2
	Presente	Abierto	x1 - x4	x1 - x2
	Presente	Abierto (tempor. en marcha)	x1 - x4	x1 - x2
	Presente	Cerrado	x1 - x2	x1 - x4

**(AI) Temporizado a la puesta en tensión.**

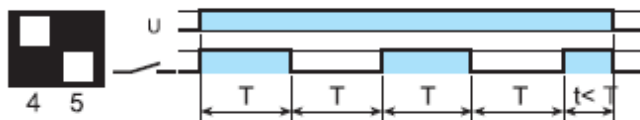
Aplicar tensión al temporizador. La excitación del relé se produce una vez ha transcurrido el tiempo establecido. El relé se desexcita sólo cuando se corta la alimentación del temporizador.

**(DI) Intervalo.**

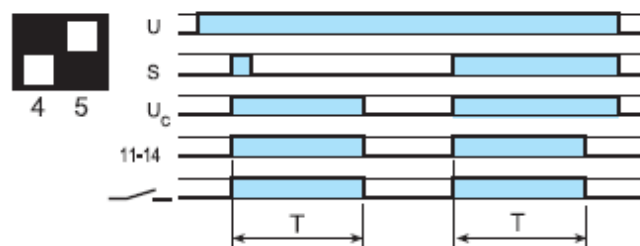
Aplicar tensión al temporizador. La excitación del relé se produce inmediatamente. Una vez transcurrido el tiempo establecido, el relé se desexcita.

**(GI) Impulso retardado.**

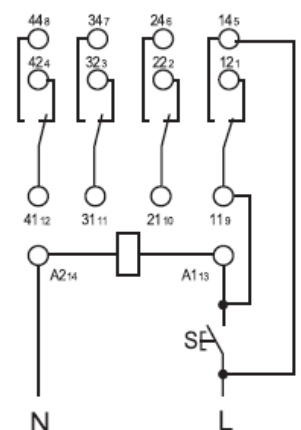
Aplicar tensión al temporizador. La excitación del relé se produce una vez transcurrido el tiempo establecido. El relé se desexcita después de un tiempo fijo de 0.5s.

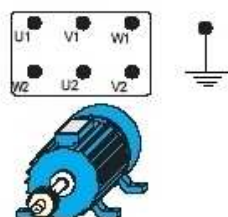
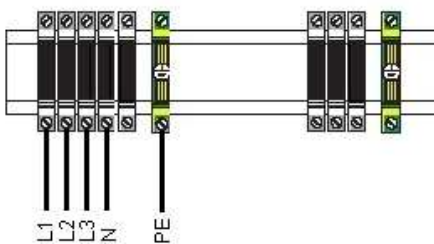
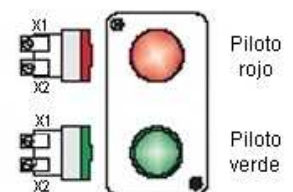
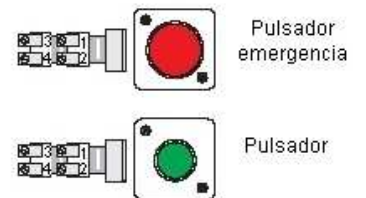
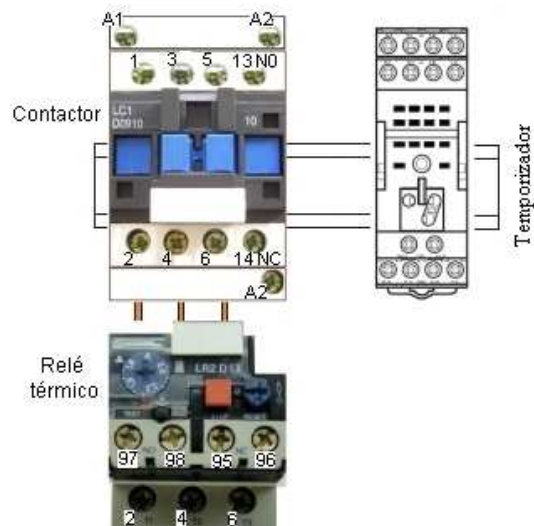
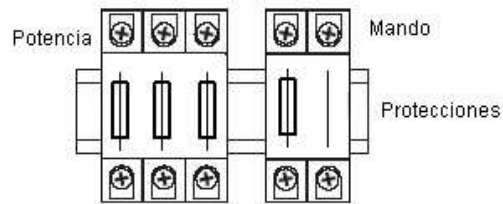
**(SW) Accionamiento intermitente simétrico (inicio trabajo).**

Aplicar tensión al temporizador. El relé empieza a alternar entre ON (relé excitado) y OFF (relé desexcitado) con períodos de ON y OFF iguales entre sí y correspondientes al tiempo establecido. El ciclo es 1:1 (tiempo on = tiempo off).

**Prolongador de impulso.**

El relé se excita inmediatamente al cierre del contacto de start (S) >50ms. El relé mantiene excitado a través del contacto de autorretención 11-14, durante todo el tiempo ajustado (T).



Cableado.

EJERCICIO 4

Representa el circuito de mando y fuerza para el control de dos motores M1 y M2.

Inicialmente arranca el motor M1, y al cabo de un tiempo t arranca el motor M2, funcionando los dos motores a la vez.

El sistema tendrá los siguientes elementos:

- Pulsador de paro o emergencia. S1
- Pulsador de arranque. S2
- Protección contra sobreintensidades, tanto cortocircuitos (seccionador-fusible) como sobrecargas (relé térmico) en el circuito de fuerza del motor M1. Q1, F1.
- Protección contra sobreintensidades, tanto cortocircuitos (seccionador-fusible) como sobrecargas (relé térmico) en el circuito de fuerza del motor M2. Q2, F2.
- Protección contra cortocircuitos (seccionador-fusible) en el circuito de mando. Q3
- Lámpara-piloto de señalización de color verde para el funcionamiento del motor M1. H11
- Lámpara-piloto de señalización de color verde para el funcionamiento del motor M2. H21
- Lámpara-piloto de señalización de color rojo ante una sobrecarga del motor M1. H21
- Lámpara-piloto de señalización de color rojo ante una sobrecarga del motor M2. H22

Representa el circuito de mando y fuerza para el control del motor.