



7 Montaje y puesta en marcha de automatismos cableados básicos

Contenidos

- 7.1. Interpretación de los circuitos de automatismos
- 7.2. Dispositivos de control manual
- 7.3. Maniobras en los circuitos de automatismos
- 7.4. Dispositivos de control automático
- 7.5. Temporizadores y circuitos temporizados
- 7.6. Automatismos domésticos
- 7.7. Representación y marcado de componentes

La correcta interpretación de los circuitos de automatismos eléctricos pasa por identificar todos los componentes que pueden intervenir en los mismos, conocer las funciones que desarrollan y saber interpretar sus esquemas asociados.

En esta unidad aprenderemos a realizar y desarrollar circuitos de automatismos industriales en lógica cableada, analizando todos los componentes y peculiaridades asociados a los mismos.

Objetivos

- Aprender a interpretar los esquemas de fuerza y maniobra de los automatismos eléctricos.
- Conocer los dispositivos de control manual que intervienen en los circuitos.
- Definir las posibles maniobras asociadas a los circuitos automáticos.
- Descubrir los dispositivos de control automático que intervienen en los circuitos.
- Dar a conocer los dispositivos de temporización y los automatismos domésticos.
- Dominar y comprender la representación y marcado de componentes en los circuitos de automatismos industriales.

7.1. Interpretación de los circuitos de automatismos

Tal como se ha mencionado en unidades anteriores, los automatismos eléctricos están formados por dos tipos de circuitos. El circuito de **fuerza o potencia**, mediante el cual se suministra energía a los **receptores** finales a través de las respectivas protecciones (generalmente motores eléctricos), y el circuito de **mando o maniobra**, cuya función principal es la de gobernar y gestionar el comportamiento del propio circuito de fuerza (generalmente a través de la alimentación de **electroimanes**).

Los automatismos basados en lógica cableada siempre van a requerir la intervención de uno o más operarios sobre el circuito de maniobra, como mínimo para poner el sistema en marcha y generalmente también para detenerlo. El fundamento principal que define a un automatismo industrial, por tanto, es que no requiere la intervención directa de ninguna persona sobre los circuitos de fuerza para que el sistema funcione con total normalidad.



SABÍAS QUE...

La conmutación manual sobre un circuito de potencia puede realizarse a través de interruptores o conmutadores de fuerza de dos o tres posiciones, pero en estos **casos no se trata de instalaciones automatizadas propiamente dichas.**

7.1.1. Representación gráfica de los circuitos de automatismos

Todos los circuitos relacionados con el entorno de los automatismos eléctricos se representan gráficamente en estado de **reposo**. En esta situación, es posible encontrar dos tipos de contactos:

- **Normalmente abiertos (NO):** se encuentran abiertos en estado de reposo, por lo que no permiten el paso de la corriente eléctrica.
- **Normalmente cerrados (NC):** se encuentran cerrados en estado de reposo, permitiendo el paso de la corriente eléctrica.

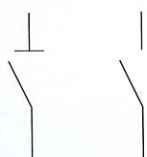


Figura 7.1. Ejemplos de representación de contactos NO.

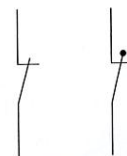


Figura 7.2. Ejemplos de representación de contactos NC.

Puesto que un determinado dispositivo puede tener asociados varios contactos diferentes, tanto en la parte de fuerza como en la parte de maniobra, existen dos métodos para mostrar qué componentes y contactos están vinculados:

- Mediante **líneas discontinuas**: solo aplicable en circuitos pequeños o en elementos que se encuentren muy próximos, dado que de lo contrario su uso podría resultar confuso. En la Figura 7.3 se muestran dos ejemplos.

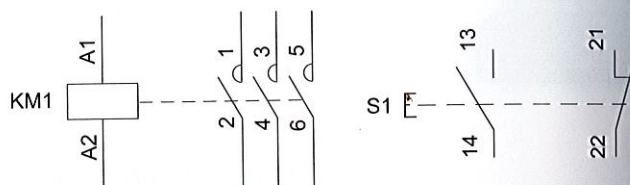


Figura 7.3. Líneas discontinuas de vinculación de elementos.

- Mediante **código alfanumérico**: los contactos o elementos que están asociados o que pertenecen a un mismo dispositivo físico, comparten idéntico código identificativo (Figura 7.4).

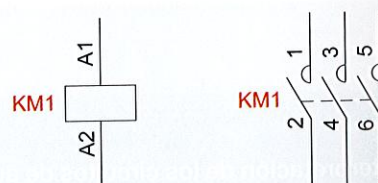


Figura 7.4. Vinculación de elementos mediante código alfanumérico.

7.1.2. El contactor en los esquemas de automatismos

Dado que las operaciones de marcha y paro, así como otras auxiliares, se realizan sobre los circuitos de maniobra, es necesario contar con un dispositivo o componente que sirva de enlace con los circuitos de fuerza: el **contactor**.

Tal como se ha estudiado en la Unidad 2, el contactor está compuesto básicamente por un electroimán, un grupo de contactos principales y un grupo de contactos auxiliares. Los **contactos principales** están abiertos en estado de reposo (es decir, serán de tipo **normalmente abierto** o NO) e irán conectados en el circuito de fuerza. Los **contactos auxiliares**, que irán asociados al circuito de maniobra, podrán ser de tipo **normalmente abierto** o NO, o



normalmente cerrado o NC. La mayoría de los contactores traen por defecto un contacto auxiliar de tipo NC y otro contacto auxiliar de tipo NO.

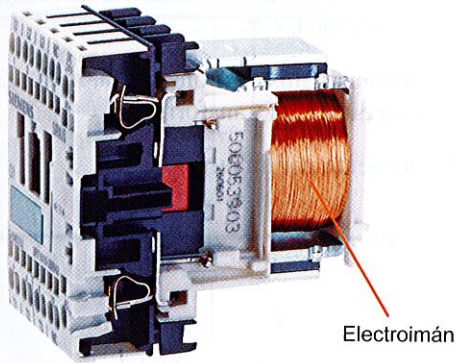


Figura 7.5. Detalle del electroimán de un contactor trifásico.

En estado de reposo, un contactor común podría ser representado como se indica en la Figura 7.6.

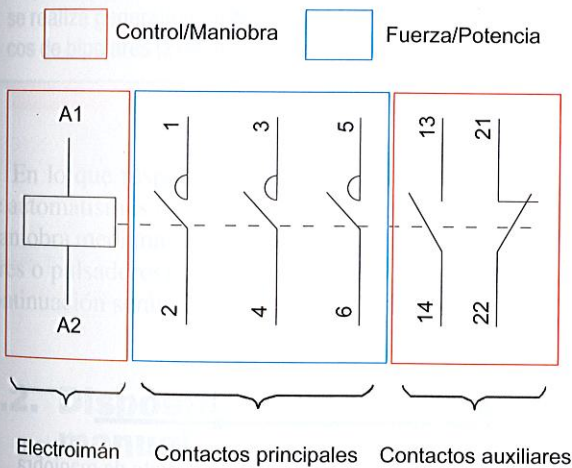


Figura 7.6. Representación gráfica de un contactor en estado de reposo.

Cuando se **alimenta el electroimán** del contactor y es recorrido por una corriente eléctrica, se dice entonces que el contactor **está activado** y, como consecuencia, los contactos que en estado de reposo estaban cerrados se abrirán, y los que estaban abiertos se cerrarán.

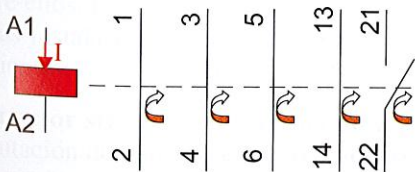
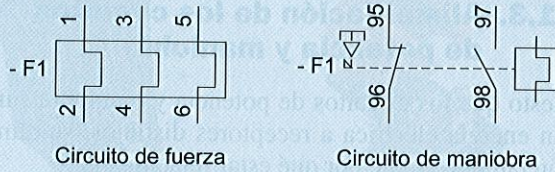


Figura 7.7. Representación gráfica del contactor activado.

Actividad propuesta 7.1

Como recordarás, existen otros dispositivos relacionados con las instalaciones de automatismos industriales que intervienen tanto en el circuito de fuerza como en el circuito de mando. A continuación se muestra el detalle de un circuito automático en el que interviene uno de estos dispositivos. Analízalo y responde a las preguntas:



- ¿De qué componente se trata?
- ¿Qué función cumple este elemento? ¿Cómo o por qué se activa?
- Indica qué ocurre con cada uno de los contactos mostrados, indicando cómo actúan en estado de reposo y cuándo se activa el dispositivo.

Como se ha comentado, la mayoría de los contactores traen por defecto un contacto auxiliar de tipo NC y otro contacto auxiliar de tipo NO. No obstante, en ocasiones resulta necesario disponer de más contactos auxiliares asociados a un mismo contactor, por lo que los fabricantes de estos dispositivos facilitan bloques de contactos auxiliares, los cuales en la mayoría de los casos se ensamblan en la parte frontal del contactor.

Lo más usual es que dichos bloques dispongan de dos contactos NO y otros dos contactos NC.

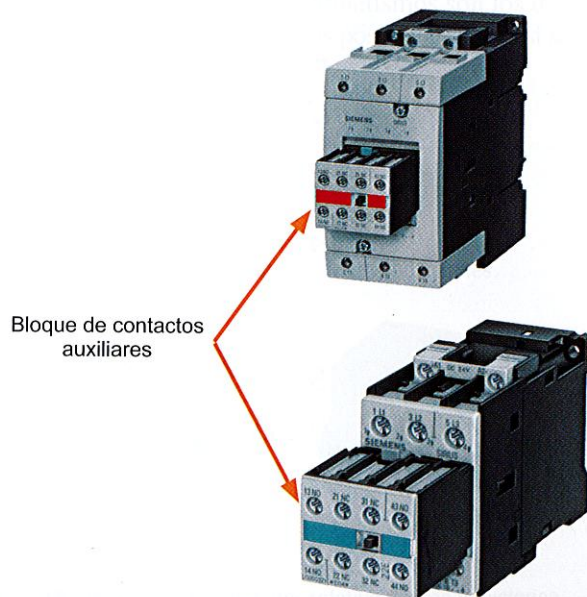


Figura 7.8. Bloques de contactos auxiliares en contactores.

SABÍAS QUE...

En función de la fuente de energía que obliga al contactor a mantener la posición de trabajo, se distinguen tres tipos de contactores: electromagnéticos, neumáticos y electroneumáticos.

7.1.3. Alimentación de los circuitos de potencia y maniobra

Puesto que los circuitos de potencia y maniobra suministran energía eléctrica a receptores distintos, su alimentación tampoco tiene por qué estar relacionada.

Los circuitos de **potencia** se alimentan siempre de manera directa desde la red eléctrica principal, es decir:

- Polo positivo y polo negativo para receptores de corriente continua.
- Fase y neutro para receptores de corriente alterna monofásica.
- Tres fases para receptores trifásicos.

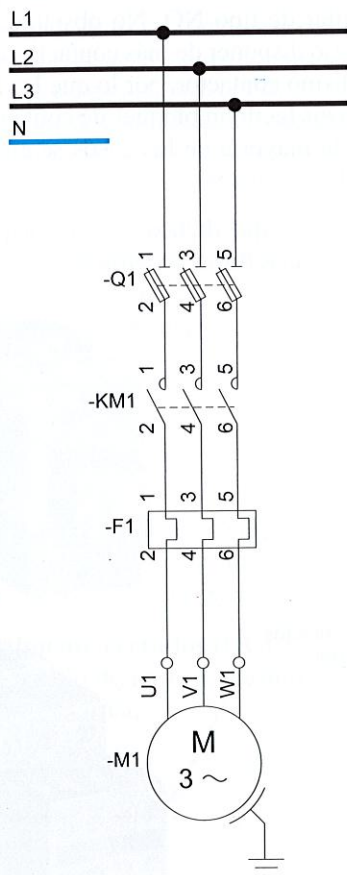


Figura 7.9. Ejemplo de alimentación de un circuito de fuerza con receptor trifásico.

Respecto a los circuitos de **maniobra**, la alimentación puede obtenerse de varias formas, dependiendo del tipo de dispositivos utilizados:

- En corriente alterna monofásica, directamente desde la red eléctrica.
- En corriente alterna monofásica, reduciendo la tensión mediante un transformador.
- En corriente continua.

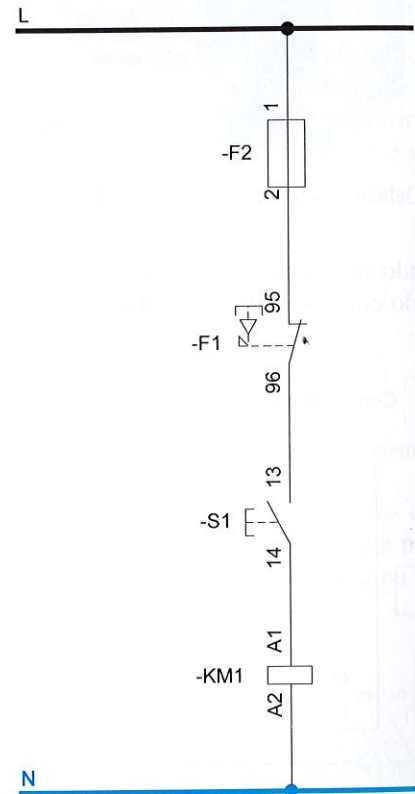


Figura 7.10. Ejemplo de alimentación de un circuito de maniobra directamente desde la red eléctrica.

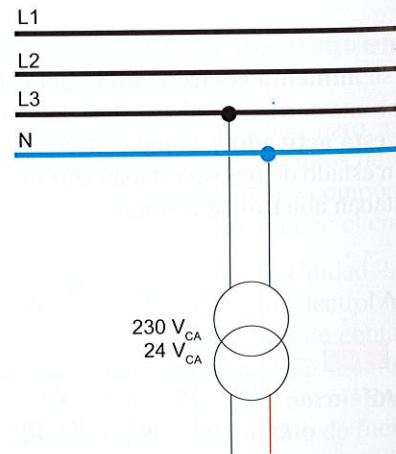


Figura 7.11. Alimentación a través de un transformador reductor.

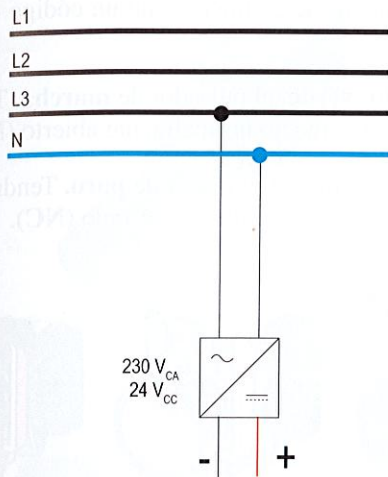


Figura 7.12. Alimentación en corriente continua.

SABÍAS QUE...

La protección magnetotérmica de los circuitos de maniobra se realiza generalmente por medio de interruptores automáticos de bipolares (2x6A o 2x10A) o fusibles de pequeño calibre.

En lo que respecta al control y gestión de los circuitos de automatismos industriales, se realiza desde el circuito de maniobra mediante dispositivos de control manual (interruptores o pulsadores) o automático (sensores y detectores). A continuación serán analizadas todas las posibilidades.

7.2. Dispositivos de control manual

De entre todos los dispositivos de maniobra manual presentes en el mercado y diseñados para ser integrados en circuitos de maniobra, los de mayor uso en instalaciones de automatismos industriales son los interruptores y los pulsadores.

7.2.1. Interruptores

Se caracterizan porque una vez activados, se mantienen permanentemente en ese estado hasta que se vuelve a maniobrar sobre ellos. Los más utilizados en los circuitos de mando de las instalaciones de automatismos industriales son los siguientes:

- **Interruptor simple de dos posiciones:** permite la conmutación del circuito entre los estados de abierto o cerrado. Existen de tipo basculante, rotativo y de palanca.

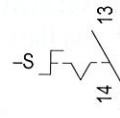


Figura 7.13. Símbolo genérico del interruptor.



Figura 7.14. Interruptor de dos posiciones basculante.



Figura 7.15. Interruptor de dos posiciones de palanca.

- **Interruptor conmutador de dos posiciones:** permite la conmutación del circuito entre dos estados de marcha distintos.

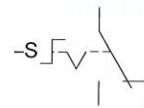


Figura 7.16. Símbolo del conmutador de dos posiciones.

- **Interruptor conmutador de tres o más posiciones:** permite la conmutación del circuito entre dos estados de marcha distintos (como mínimo) y un estado de paro. Los interruptores de tres posiciones pueden ser de tipo basculante y de palanca, pero los más frecuentes en instalaciones de automatismos son los de tipo rotativo. Los de cuatro o más posiciones son casi siempre rotativos.

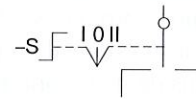


Figura 7.17. Símbolo del conmutador de tres posiciones.

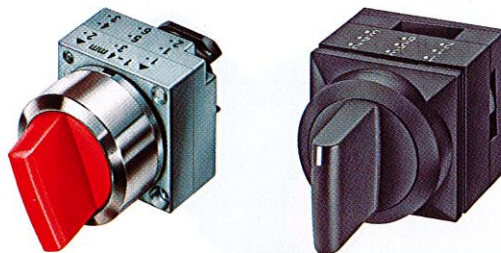


Figura 7.18. Interruptor conmutador rotativo de tres posiciones. (Cortesía de Siemens).

- **Interruptores de llave:** solo pueden ser accionados mediante el giro de una llave.

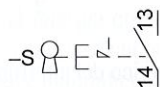


Figura 7.19. Símbolo del interruptor de llave.



Figura 7.20. Interruptor de llave. (Cortesía de Siemens).

La mayoría de los interruptores generalmente suelen tener un único contacto asociado, pero también resulta posible encontrar en el mercado los denominados **interruptores de doble cámara de contactos**, los cuales poseen dos contactos auxiliares asociados, por regla general uno normalmente cerrado (NC) y otro normalmente abierto (NO).

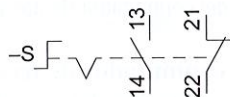


Figura 7.21. Símbolo del interruptor de doble cámara de contactos.

7.2.2. Pulsadores

Se caracterizan porque una vez activados, únicamente se mantienen en este estado mientras dure la presión sobre su superficie. En el momento que se deja de presionar un pulsador, este vuelve a su estado de reposo. Son, sin lugar a duda, los dispositivos de maniobra más utilizados en los circuitos de mando de las instalaciones de automatismos industriales.

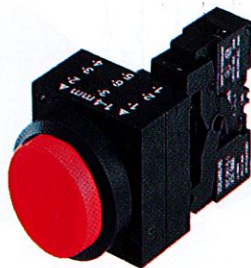


Figura 7.22. Pulsador. (Cortesía de Siemens).

Generalmente, se codifican bajo un código de colores, siendo:

- De color **verde**, el pulsador de **marcha**. Tendrá asociado un contacto normalmente abierto (NO).
- De color **rojo**, el pulsador de **paro**. Tendrá asociado un contacto normalmente cerrado (NC).

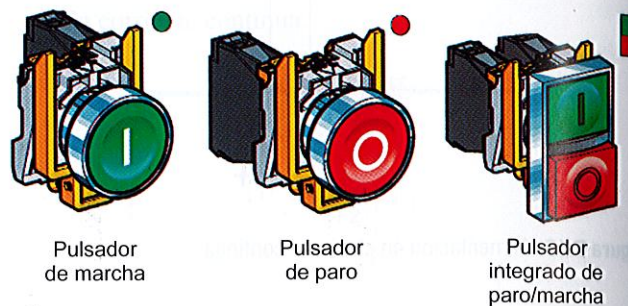


Figura 7.23. Representación de pulsadores. (Cortesía de Siemens).



Figura 7.24. Simbología asociada a los pulsadores de paro (con contacto NC) y marcha (con contacto NO).

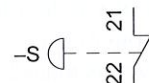


Figura 7.25. Símbolo del pulsador de paro de emergencia.

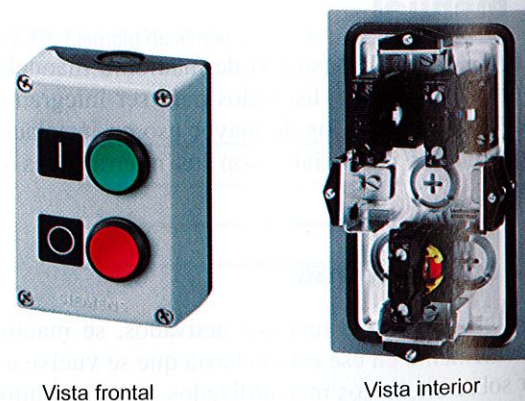


Figura 7.26. Detalle de los bornes de conexión de una botonera de paro-marcha. (Cortesía de Siemens).

También resulta posible encontrar pulsadores especiales, como los pulsadores de pedal (que son accionados con el pie del operario) o los pulsadores de palanca.



Figura 7.27. Pulsador de palanca. (Cortesía de Siemens).

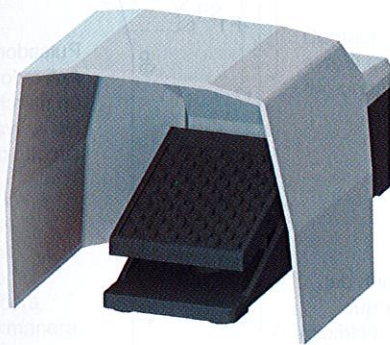


Figura 7.28. Pulsador de pedal. (Cortesía de Siemens).

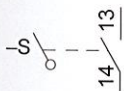


Figura 7.29. Símbolo del pulsador de palanca.

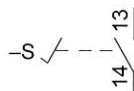


Figura 7.30. Símbolo del pulsador de pedal.

Al igual que en el caso de los interruptores, la mayoría de los pulsadores suelen disponer de un único contacto asociado, pero también resulta posible encontrar en el mercado los denominados **pulsadores de doble cámara de contactos**, los cuales poseen dos contactos auxiliares asociados.

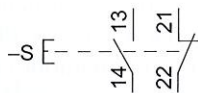


Figura 7.31. Símbolo del pulsador de doble cámara de contactos.

7.2.3. Instalaciones con varios puestos de mando

Determinados circuitos de potencia deben ser controlados desde varios lugares de una misma instalación; por ejemplo, es muy común encontrar receptores que disponen de circuitos de mando duplicados, uno en la cabina de control general y otro a pie de máquina.

En estos casos únicamente es posible interactuar con el circuito de maniobra mediante pulsadores, ya que un interruptor solo podría ser activado y desactivado desde un único lugar.

En estos casos es necesario tener muy en cuenta la correcta conexión de los pulsadores para no cometer errores que desencadenen fallos de funcionamiento. Dicha conexión debe ser:

- En **paralelo** los pulsadores de **marcha**, de manera que accionando cualquiera de los dos el circuito entre en funcionamiento.
- En **serie** los pulsadores de **paro**, de manera que el circuito se detenga con accionar cualquiera de los dos pulsadores.

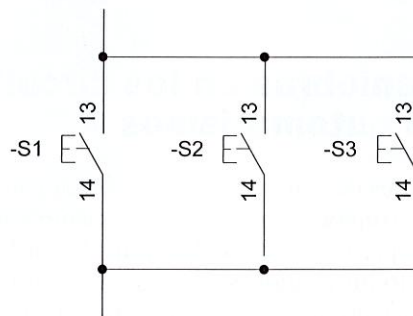


Figura 7.32. Ejemplo de conexionado de tres pulsadores de marcha.

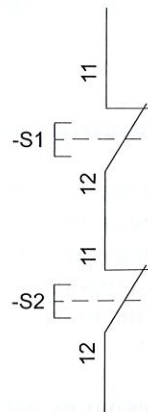


Figura 7.33. Ejemplo de conexionado de dos pulsadores de paro.

Actividad propuesta 7.2

¿Qué caracteriza a un interruptor o pulsador con doble cámara de disparo?

Propón una situación que se te ocurra dentro de un proceso industrial en el que sea necesario utilizar un interruptor o pulsador con doble cámara de disparo.

Actividad resuelta 7.1

¿Qué ocurriría si se conectasen dos pulsadores de paro en paralelo? ¿Y si conectas dos pulsadores de marcha en serie? ¿Para qué aplicaciones podrían resultar útiles estas conexiones?

Solución:

Si se conectan en serie dos pulsadores de marcha, al tener asociados contactos normalmente abiertos, el circuito solo podría entrar en funcionamiento si ambos son accionados a la vez. Por el contrario, si se conectan en paralelo dos pulsadores de paro, al tener asociados contactos normalmente cerrados, el circuito solo podría detenerse si ambos son accionados a la vez, ya que de lo contrario siempre circularía corriente por uno de los dos.

Este tipo de conexiones, no obstante, pueden ser utilizadas para aumentar la seguridad de los circuitos, ya que el hecho de que deban accionarse dos pulsadores de manera simultánea evita en gran medida las maniobras accidentales.

7.3. Maniobras en los circuitos de automatismos

En los circuitos de automatismos que funcionan mediante el uso de interruptores, cada una de las maniobras (marcha I, marcha II, paro, etc.) viene determinada por la posición fija del propio interruptor. Sin embargo, en la práctica, la mayoría de las instalaciones industriales cuentan con pulsadores para gobernar los circuitos de mando. En estos casos existen dos posibles modos de funcionamiento dadas las características intrínsecas del pulsador: a través de pulsos o de manera permanente mediante un contacto de realimentación.

7.3.1. Funcionamiento por pulsos

Puesto que un pulsador vuelve a su posición original cuando se deja de ejercer presión sobre su superficie, en condiciones normales de funcionamiento los circuitos de mando gobernados mediante pulsadores únicamente pueden ser activados de manera intermitente, es decir «a saltos o pulsos».

En estas situaciones no es necesario disponer de un pulsador de paro, puesto que el propio pulsador de marcha es el que detiene el circuito cuando deja de ser accionado.

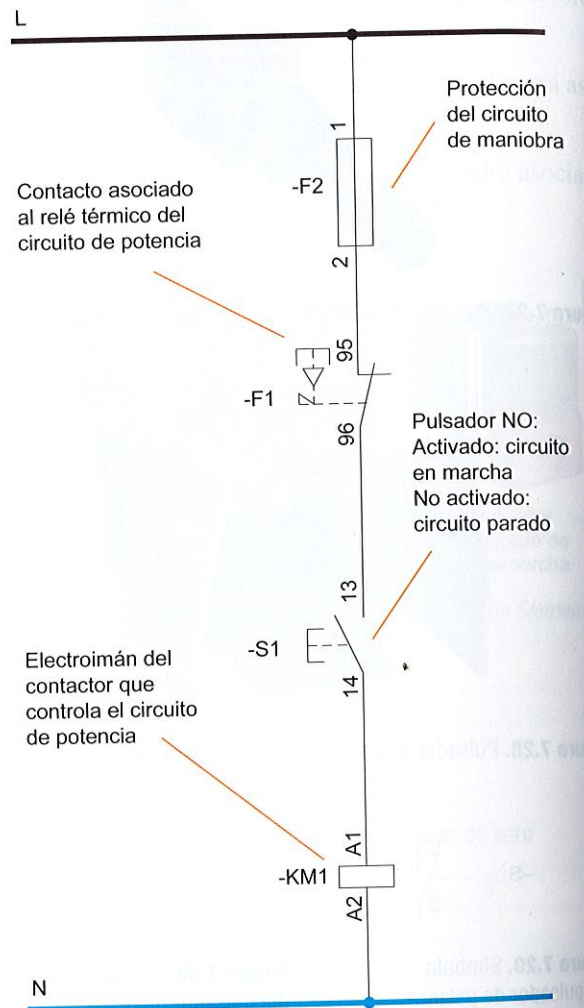


Figura 7.34. Circuito de maniobra gobernado mediante pulsos.

7.3.2. Funcionamiento continuo: la realimentación

Tal como se ha explicado, en condiciones normales el pulsador solo permite el funcionamiento de un circuito de potencia «a saltos», y dado que este dispositivo es el más utilizado en los circuitos de maniobra de las instalaciones de automatismos industriales, resulta imprescindible aplicar un método de conexionado mediante el cual un circuito de maniobra pueda seguir recibiendo corriente eléctrica aunque el operario haya dejado de oprimir el pulsador. Esto se consigue mediante la denominada **realimentación**.

La realimentación consiste en cortocircuitar el pulsador de marcha de un circuito de maniobra, colocando en paralelo a este un contacto auxiliar normalmente abierto perteneciente al contactor que deba permanecer activo durante el tiempo que dure el proceso. De esta manera, mientras la bobina del electroimán recibe corriente, el contacto



auxiliar del contactor permanecerá cerrado, permitiendo el paso de la corriente.

En estas circunstancias de funcionamiento la única forma de detener el circuito será mediante el accionamiento de un pulsador de paro.

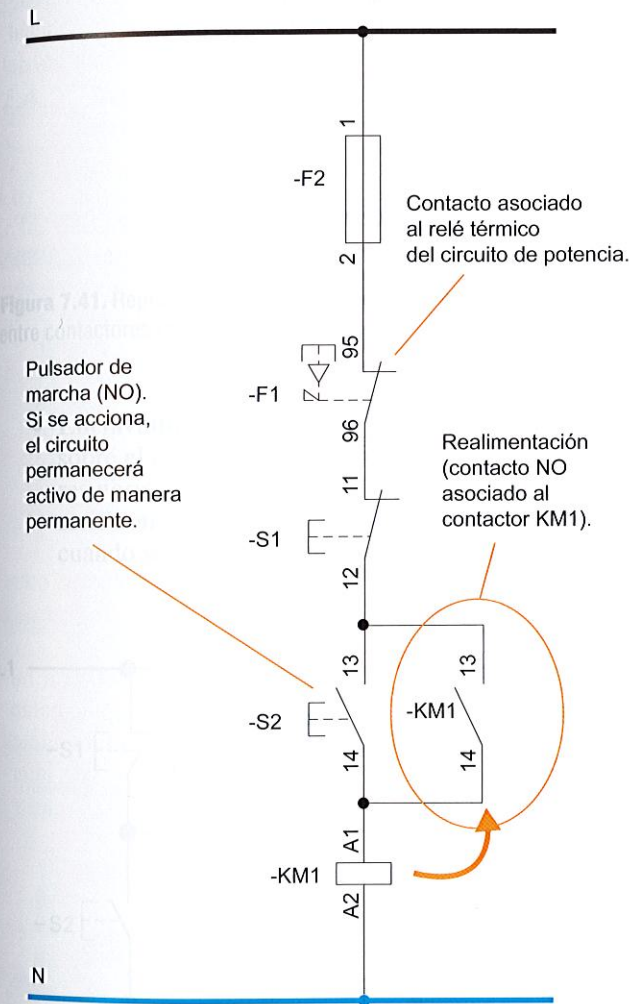


Figura 7.35. Circuito de maniobra con realimentación.

7.3.3. Pilotos de señalización de marcha y paro

Cuando un contactor está activado, en la mayoría de los casos implica que uno o varios receptores se encuentran en estado de funcionamiento. Si los circuitos de maniobra son controlados mediante un pulsador y un sistema de realimentación, a los operarios les puede resultar complicado saber si el circuito está en marcha, dado que el contactor vuelve al estado de reposo al dejar de ser pulsado.

En estos casos resulta muy frecuente utilizar pilotos de señalización asociados en paralelo a las bobinas de los contactores principales, para indicar el estado activo del mismo.

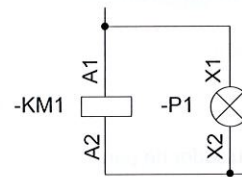


Figura 7.36. Representación del electroimán de un contactor con piloto de marcha asociado.

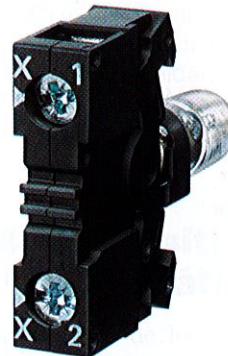


Figura 7.37. Detalle de los bornes de conexión de un piloto de señalización.

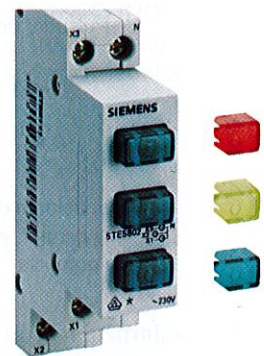


Figura 7.38. Piloto de señalización para carril DIN. (Cortesía de Siemens).

Otro dispositivo que suele tener asociado un piloto indicador es el relé térmico. Alimentado a través de un contacto normalmente abierto, se activa cuando el relé entra en marcha por exceso de corriente en el circuito de potencia. El piloto asociado al relé térmico tiene asignado el color rojo, de manera que cualquier operario puede conocer el motivo por el cual se ha detenido el proceso al verlo iluminado.

SABÍAS QUE...

Este método de trabajo se denomina realimentación porque es el propio contactor (mediante un contacto NO) el que permite el paso de la corriente eléctrica hasta su propio electroimán.

El electroimán mantiene cerrado el contacto auxiliar y el contacto auxiliar alimenta al electroimán, de manera que se retroalimentan y el circuito se mantiene en marcha permanente hasta que se interrumpe la alimentación accionando el pulsador de paro.

Recuerda

Los pilotos de señalización se identifican con la letra P, mientras que para las lámparas se utiliza la letra H.

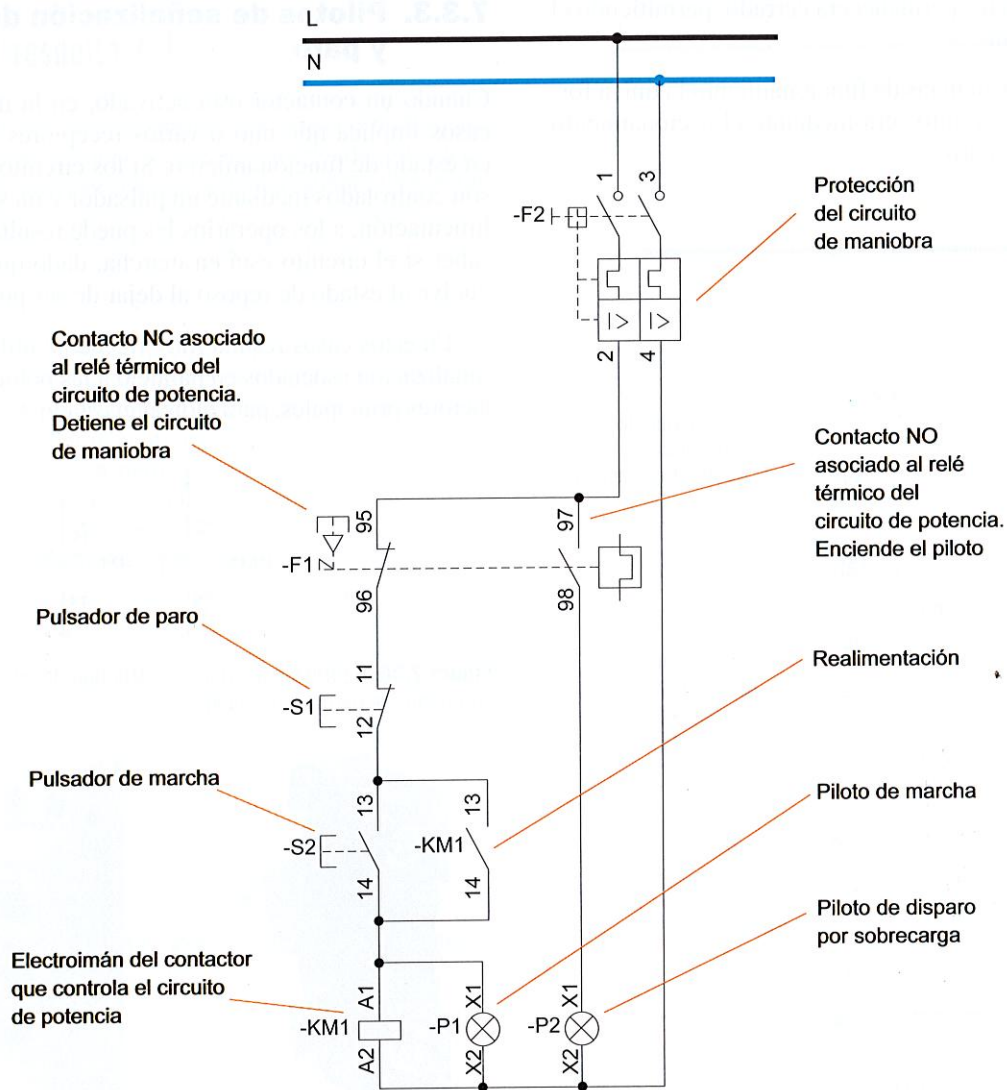


Figura 7.39. Esquema de maniobra completo, con realimentación y pilotos señalizadores de marcha y disparo por sobrecarga.

7.3.4. Enclavamiento

En ocasiones puede resultar necesario bloquear la puesta en marcha de un determinado contactor temporalmente, durante el funcionamiento de un circuito, dado que su activación accidental junto a otro podría desencadenar problemas como cortocircuitos entre las fases o daños directos al receptor conectado.

En estos casos se realiza el denominado **enclavamiento de maniobras**, que impedirá que los contactos de un contactor puedan cerrarse mientras otro dispositivo, generalmente otro contactor, se encuentre activado.

Existen básicamente dos tipos de enclavamiento:

- **Enclavamiento mecánico**, mediante elementos físicos de bloqueo de los propios dispositivos.



Figura 7.40. Elemento de enclavamiento mecánico. (Cortesía de Siemens).

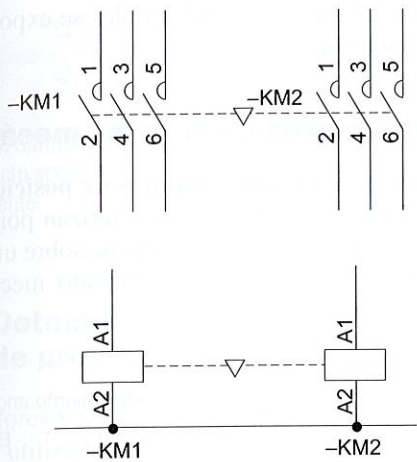
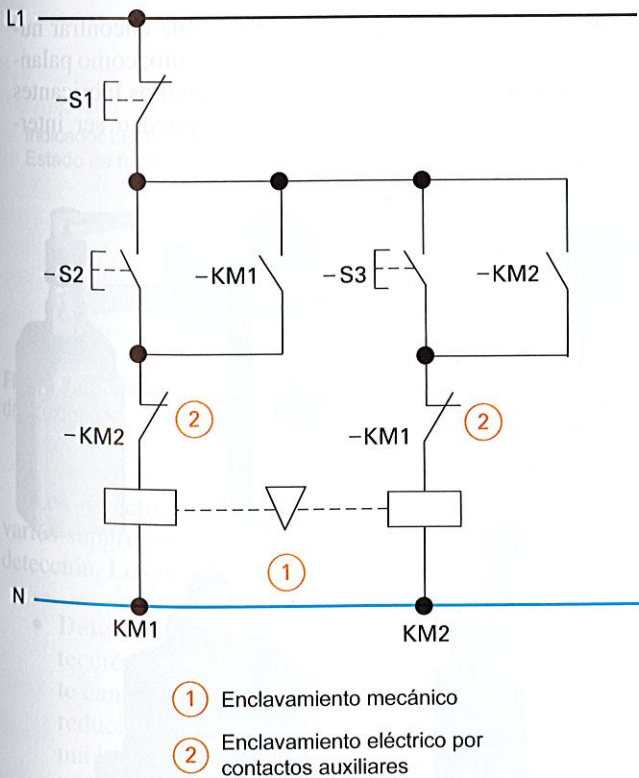


Figura 7.41. Representación gráfica de enclavamiento mecánico entre contactores (potencia y maniobra).

- **Enclavamiento eléctrico**, mediante el diseño y uso sobre el circuito de maniobra de contactos auxiliares normalmente cerrados (NC) de un contactor en serie con el dispositivo a bloquear, de tal forma que cuando se encuentre activado aisle el otro circuito.



- ① Enclavamiento mecánico
- ② Enclavamiento eléctrico por contactos auxiliares

Figura 7.42. Representación de enclavamientos mecánicos y eléctricos entre contactores, en circuitos de maniobra.

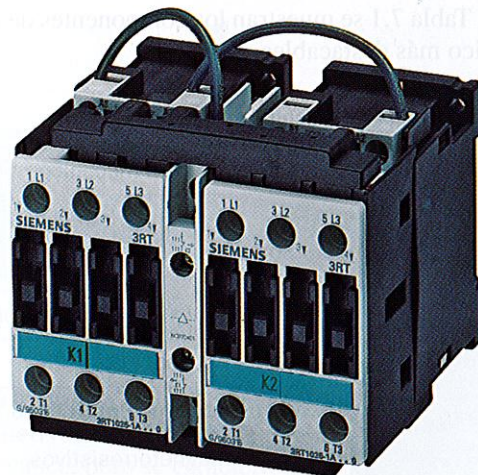


Figura 7.43. Contadores asociados con enclavamiento mecánico y eléctrico. (Cortesía de Siemens).

Recuerda

Los contactores siempre traen disponibles por defecto, y como mínimo, un contacto normalmente cerrado (NC) y un contacto normalmente abierto (NO). De esta manera el fabricante posibilita tanto la realimentación como la posibilidad de enclavamiento eléctrico.

7.4. Dispositivos de control automático

En el entorno de los automatismos industriales, los circuitos de maniobra también pueden ser gobernados por dispositivos cuyo control es totalmente automático: **los detectores y los sensores**.

Estos componentes se encargan de medir variables externas (como temperatura, presión, movimiento y similares) y a continuación realizan alguna de estas dos funciones:

- En circuitos de lógica digital, envían la información captada en forma de señales eléctricas hacia el sistema. Estas señales generalmente serán recogidas y procesadas por ordenadores o autómatas programables.
- En circuitos de lógica cableada, abrirán o cerrarán los contactos auxiliares que tengan asociados.

En la actualidad, existen numerosos tipos de dispositivos de control y maniobra automáticos, que se clasifican en función del tipo de variable que son capaces de medir o ante la que reaccionan. Hay que tener muy en cuenta, además, que esta es un área de aplicación en constante desarrollo y evolución.

En la Tabla 7.1 se muestran los componentes de control automático más destacables.

Tabla 7.1. Dispositivos de control automático

Dispositivos de control de posición	Finales de carrera mecánicos	
	Sensores de proximidad	Inductivos
		Capacitivos
		Por ultrasonidos
	Sensores ópticos	
	Sensores de campo magnético	
Sensores magnetorresistivos		
Dispositivos de control de desplazamiento	Detectores de gran distancia, de corta distancia o de pequeño desplazamiento	Inductivos
		Capacitivos
		Resistivos
		De infrarrojos
	Detectores de ángulo	
	Sensores de variación de nivel por flotador	
Sensores de inclinación		
Dispositivos de control de velocidad	Tacómetro	
	Medidor de impulsos	
	Detectores ópticos	
Dispositivos de control de presión	Mecánicos	
	Electromecánicos	
	Electrónicos	
Dispositivos de control de temperatura	Termorresistencias	
	Termistores	
	Termopares	
	Pirómetros de radiación	
Dispositivos de control de luz	Resistencias LDR	
	Fotodiodos	
	Detectores de luminiscencia	
	Sensores fotoeléctricos	
	Sensores de color	
Detectores de error o comparadores	Potenciómetros	
	Ópticos	

talaciones de automatismos industriales se exponen y definen a continuación.

7.4.1. Detectores y sensores mecánicos

También denominados **interruptores de posición** o **interruptores final de carrera**, se caracterizan porque reaccionan ante una fuerza o presión externa sobre un cabezal, generalmente producida por un elemento mecánico del proceso industrial.

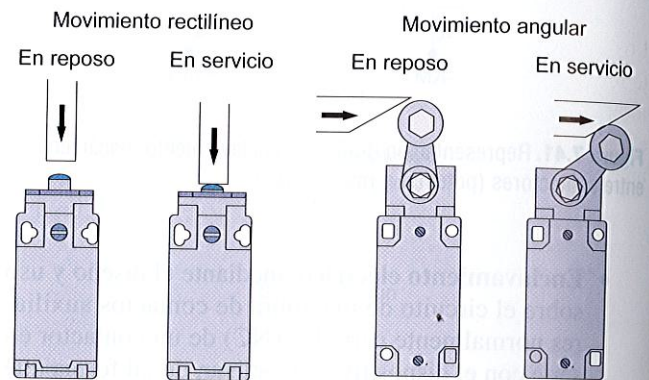


Figura 7.44. Principio de funcionamiento de los interruptores de posición.

Para este tipo de dispositivos es posible encontrar numerosos tipos de cabezales de accionamiento, como palanca, émbolo, cilindro, leva, varilla, etc. Algunos fabricantes facilitan incluso que dichos cabezales puedan ser intercambiables.

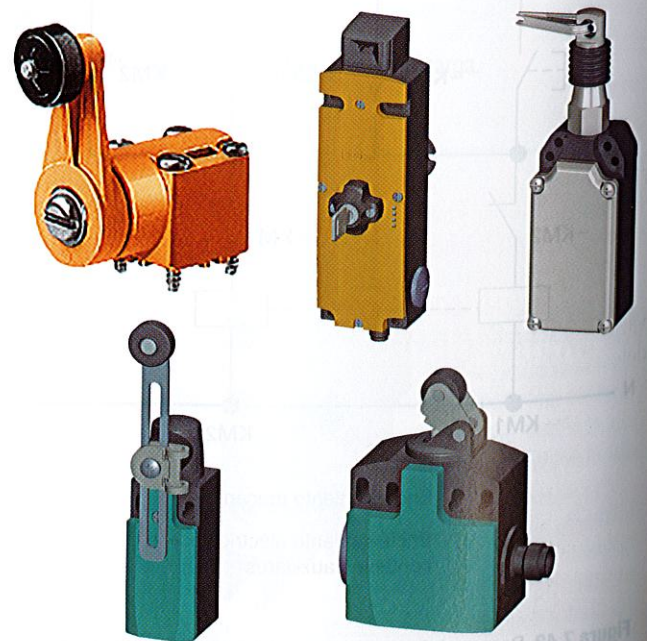


Figura 7.45. Interruptores de posición. (Cortesía de Siemens).

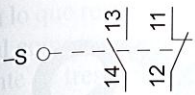


Figura 7.46. Símbolo genérico de un contacto accionado mecánicamente.

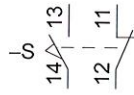


Figura 7.47. Símbolo de un interruptor de posición.

7.4.2. Detectores y sensores de proximidad

Los detectores y sensores de proximidad son posiblemente los más utilizados en las instalaciones de automatismos industriales, junto con los interruptores final de carrera. Se caracterizan porque son capaces de detectar la posición de un objeto o su desplazamiento sin que exista contacto.

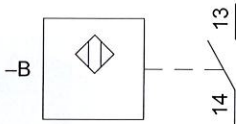


Figura 7.48. Símbolo genérico del detector de proximidad.

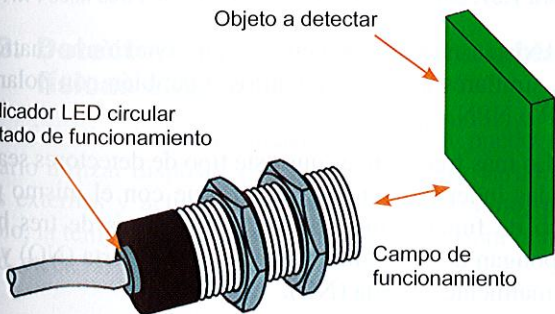


Figura 7.49. Rango de funcionamiento o alcance de los detectores de proximidad.

Los detectores de proximidad pueden clasificarse en varios subgrupos, en función de la técnica utilizada en la detección. Los más comunes se definen a continuación:

- **Detectores inductivos:** son utilizados para la detección de materiales metálicos ferrosos mediante campos magnéticos. Su rango de alcance es muy reducido y preciso, pudiendo ser la distancia máxima hasta el objeto de fracciones de milímetro hasta 40 mm de promedio. Existe una gran variedad de formatos de sensores inductivos: cilíndricos, chatos, rectangulares, etc., siendo los de tipo cilíndrico los más usuales en las aplicaciones industriales.

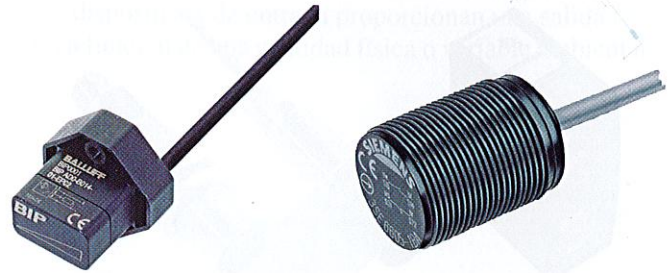


Figura 7.50. Detectores inductivos. (Cortesía de Balluff).

- **Detectores capacitivos:** son muy similares a los inductivos en lo que respecta a la forma y rango de alcance, pero se caracterizan porque permiten la detección de todo tipo de materiales, sean metálicos o no lo sean.



Figura 7.51. Detectores capacitivos. (Cortesía de Balluff).

Sistema capacitivo para la detección de líquidos

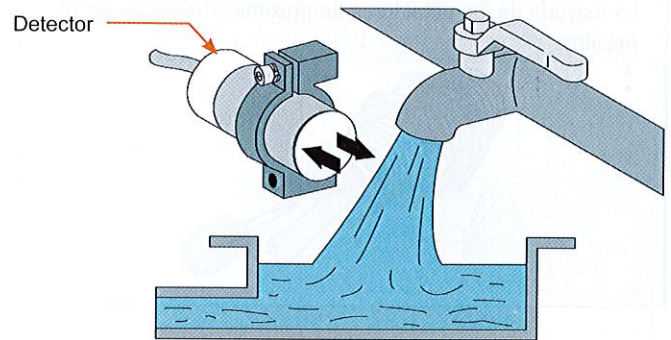


Figura 7.52. Principio de funcionamiento de un detector capacitivo.

- **Detectores fotoeléctricos:** utilizan un rayo o un haz de luz, que puede ser visible o de infrarrojos, como medio de detección. La distancia que son capaces de supervisar depende de la propia tecnología del detector, existiendo detectores fotoeléctricos de barrera (que pueden llegar a abarcar distancias de decenas de metros), detectores fotoeléctricos réflex (diseñados para la detección en rangos de varios metros) y detectores fotoeléctricos de alta precisión (diseñados para la detección de milímetros o centímetros).

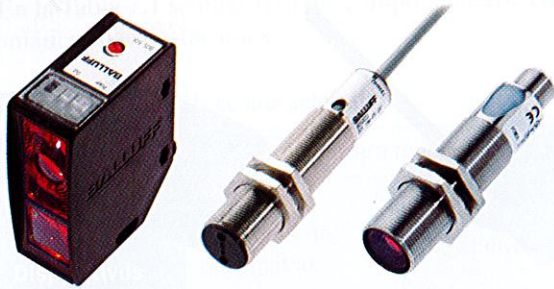


Figura 7.53. Detectores fotoeléctricos. (Cortesía de Balluff).

- **Detectores por ultrasonidos:** los detectores por ultrasonidos, o detectores ultrasónicos, detectan objetos y materiales con diferentes formas, colores y superficies, emitiendo ondas sonoras que rebotan en la pieza a detectar y regresan al emisor. Su rango de alcance oscila entre decenas de centímetros hasta 8 o 10 metros.

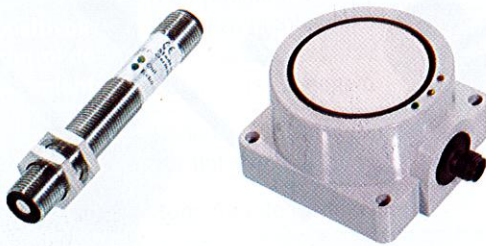
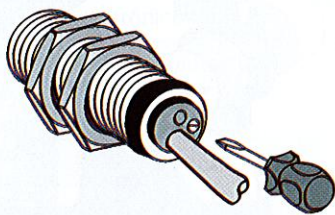


Figura 7.54. Detector por ultrasonidos. (Cortesía de Balluff).

SABÍAS QUE...

La mayoría de los detectores de proximidad pueden ser regulados.



Conexión de los detectores de proximidad

Los detectores y sensores de proximidad pueden tener asociados contactos NO o NC y su conexión se podrá realizar a **dos hilos** (en serie con la carga) o a **tres hilos**.

Para la conexión a tres hilos es necesario tener en cuenta si la salida del sensor es de tipo **PNP** o **NPN**, dado que la carga se conecta de manera inversa en cada uno de ellos. Los NPN tienen salida positiva y los PNP salida negativa, tal como se muestra en las Figuras 7.56 y 7.57. Cabe destacar que dentro de un mismo sensor es posible disponer de contactos NO/NC de tipo PNP y otros de tipo NPN.

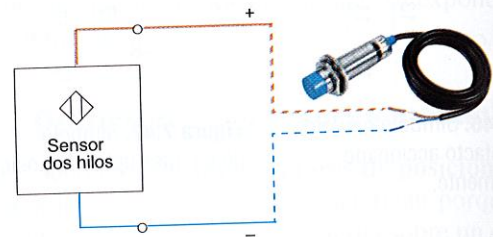


Figura 7.55. Detalle de conexión de un sensor a dos hilos, en serie con la carga.

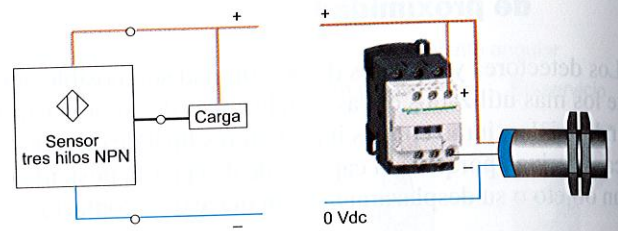


Figura 7.56. Detalle de conexión de sensores a tres hilos NPN.

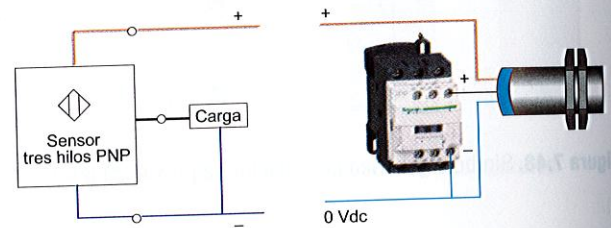


Figura 7.57. Detalle de conexión de un sensor a tres hilos PNP.

Existen también detectores con conexión a cuatro hilos, similares a los de tres hilos y también con polaridad PNP o NPN.

Lo más frecuente es que este tipo de detectores sean de salidas independientes, es decir, que con el mismo principio de funcionamiento que los sensores de tres hilos, dispongan de una salida normalmente abierta (NO) y otra normalmente cerrada (NC).

Las cargas conectadas, por tanto, se pueden conectar de manera individual o simultánea, lo que permitiría controlarlas en oposición.

La conexión de estos sensores y el color normalizado de los cables se muestra en la Figura 7.58.

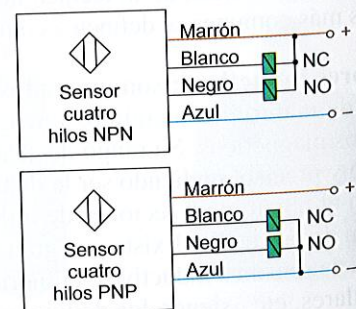
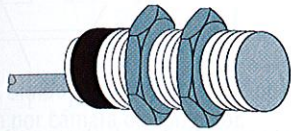


Figura 7.58. Esquema de conexión para detectores de cuatro hilos.

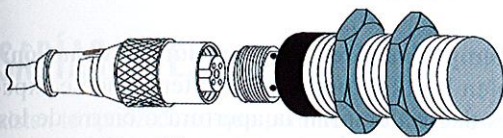


En lo que respecta al tipo de ensamblaje de los detectores, tal como se aprecia en la Figura 7.59, puede ser básicamente de tres tipos:

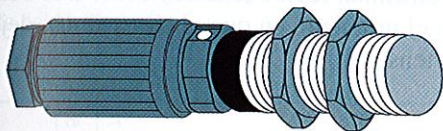
- Conexión con cable incorporado.
- Conexión con conector.
- Conexión sobre bornes.



Conexión con cable incorporado



Conexión con conector



Conexión con bornes

Figura 7.59. Ejemplos de ensamblaje de un detector capacitivo.

7.4.3. Detectores y sensores de variables físicas externas

En los sistemas de automatización industrial puede ser necesario utilizar dispositivos capaces de medir variables físicas externas y actuar en función de ellas, como, por ejemplo, la temperatura, la luminosidad, la presión, la humedad, etcétera.

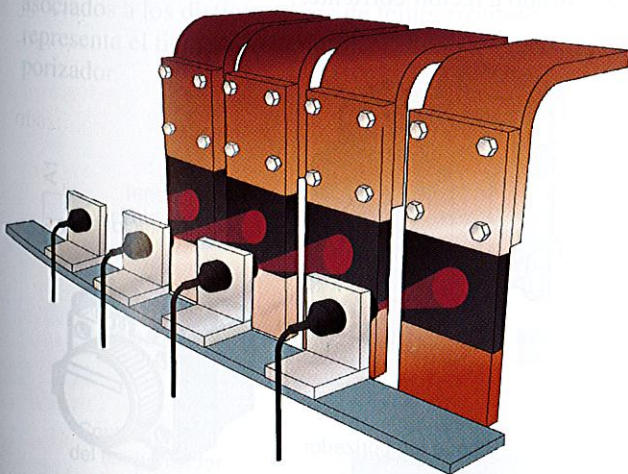


Figura 7.60. Detector de temperatura de embarrados. (Cortesía de Siemens).

Estos dispositivos de entrada proporcionan una salida (señal) en función de una cantidad física o variable ambiental.



Figura 7.61. Detector de luminiscencia.

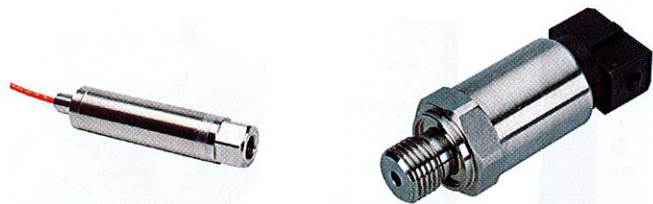


Figura 7.62. Sensores de presión.

Tabla 7.2. Simbología asociada a los detectores de variables físicas externas

Variable a medir	Símbolo asociado
Temperatura	-B ϑ
Presión	-B p
Velocidad (tacómetro)	-B n
Luminosidad (fotodiodo)	-B \blacktriangle
Frecuencia	-B f
Nivel de un fluido	-B ○
Presencia de un caudal	-B □
Número de sucesos	-B ○

7.5. Temporizadores y circuitos temporizados

Los temporizadores, también conocidos como relés temporizados, son dispositivos asociados a los circuitos de mando que permiten regular el tiempo que tardarán en actuar sus contactos asociados una vez que han recibido o dejado de recibir corriente eléctrica. Están formados básicamente por un electroimán o un contactor accionado y varios contactos auxiliares NO y NC. Ese tiempo de actuación predefinido se ajusta sobre el propio dispositivo, y según el modelo y fabricante un temporizador será capaz de regular acciones de tiempo desde milisegundos hasta horas.

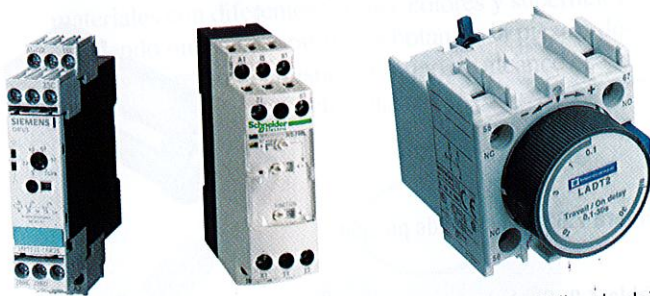


Figura 7.63. Temporizadores electrónicos para carril DIN (izquierda) y mecanismo de ensamblaje sobre contactor (derecha). (Cortesía de Siemens y Schneider Electric).

Según su **funcionamiento**, los diferentes tipos de temporizadores se pueden clasificar en:

- **Temporizadores instantáneos:** actúan de manera inmediata cuando el electroimán recibe corriente eléctrica. Se representan igual que la bobina de un contactor, pero cambia el código identificador asociado.

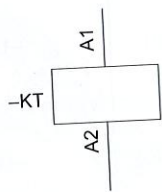


Figura 7.64. Símbolo del temporizador instantáneo.

- **Temporizadores a la conexión:** realizan la apertura o cierre de sus contactos asociados un tiempo **después de que el electroimán haya sido alimentado**. Cuando el temporizador deja de ser alimentado, los contactos vuelven a su estado de reposo de manera inmediata.

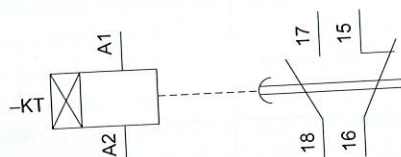


Figura 7.65. Símbolo del temporizador a la conexión y contactos auxiliares asociados.

- **Temporizadores a la desconexión:** realizan la apertura o cierre de sus contactos de manera instantánea cuando el electroimán es alimentado. Sin embargo, **una vez que la bobina deja de recibir tensión, los contactos no volverán a su estado de reposo hasta pasado el tiempo predefinido**.

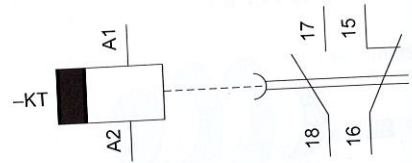


Figura 7.66. Símbolo del temporizador a la desconexión y contactos auxiliares asociados.

- **Temporizadores a la conexión-desconexión:** cumplen las dos condiciones anteriormente expuestas, es decir, demoran la apertura o cierre de los contactos tanto a la conexión (en el momento en que el electroimán recibe tensión) como a la desconexión (en el momento en que el electroimán deja de recibir tensión).

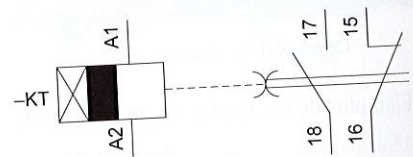


Figura 7.67. Símbolo del temporizador a la conexión-desconexión y contactos auxiliares asociados.

Según su **tipología**, los temporizadores pueden ser de dos tipos: **dispositivos independientes con electroimán propio o asociados a un contactor**. Estos últimos consisten en un bloque que se acopla a la parte frontal de los contactores, y temporizan la entrada en funcionamiento de sus contactos auxiliares una vez que el electroimán del contactor ha comenzado a recibir corriente.

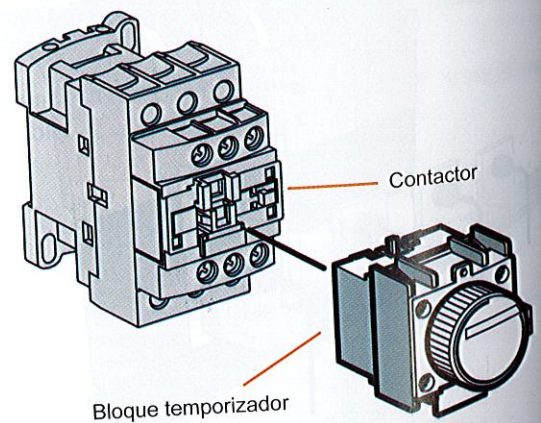


Figura 7.68. Temporizadores de cámara de contactor. (Cortesía de Schneider Electric).



En estos casos debe tenerse en cuenta que los contactos auxiliares pertenecen al propio contactor, de manera que la forma de designarlos no se ve afectada (se designan como KM en lugar de KT).

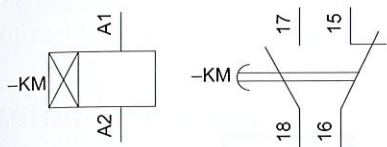


Figura 7.69. Símbolo y designación de un contacto temporizado a la conexión por cámara de contactor.

SABÍAS QUE...

Existen temporizadores que permiten ejercer funciones de maniobra por **pulsos de tiempo**, es decir, de manera intermitente. Se identifican con el siguiente símbolo, que se ubica delante del electroimán:



7.5.1. Diagramas secuenciales

Los diagramas secuenciales representan el comportamiento de un determinado receptor o contacto eléctrico mediante un gráfico en el que quedan representados dos estados: abierto/cerrado, activo/no activo, etcétera.

Estos esquemas están más asociados a la automatización mediante lógica digital, pero en el caso de los temporizadores son muy útiles para entender su funcionamiento. A continuación se presentan los diagramas secuenciales asociados a los distintos tipos de temporizadores, donde t_d representa el tiempo de demora o retardo asignado al temporizador.

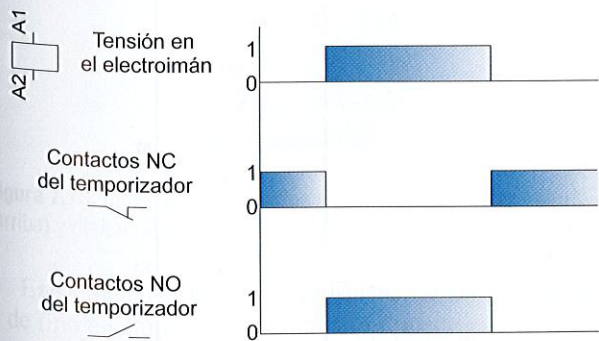


Figura 7.70. Diagrama secuencial de un temporizador instantáneo.

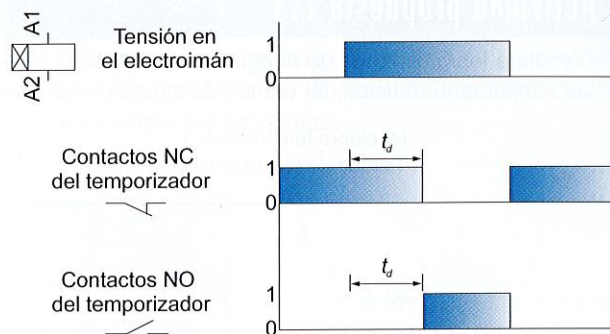


Figura 7.71. Diagrama secuencial de un temporizador a la conexión.

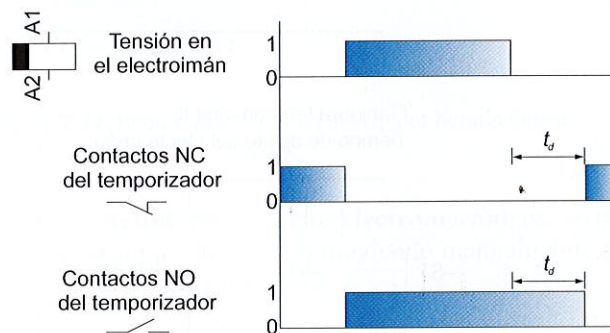


Figura 7.72. Diagrama secuencial de un temporizador a la desconexión.

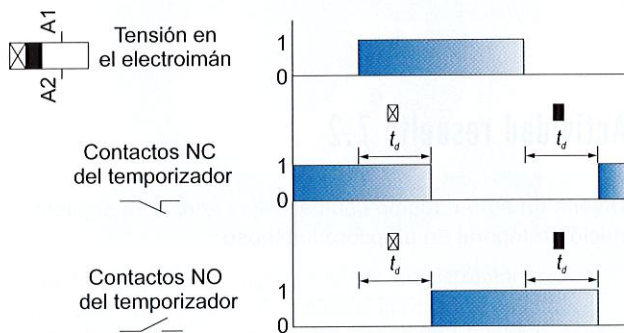


Figura 7.73. Diagrama secuencial de un temporizador a la conexión y desconexión.

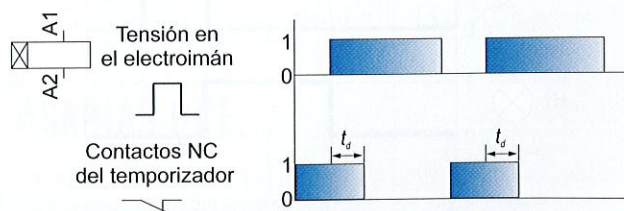


Figura 7.74. Ejemplo de diagrama por pulsos temporizado a la conexión.

7.5. Temporizadores y circuitos temporizados

Los temporizadores, también conocidos como relés temporizados, son dispositivos asociados a los circuitos de mando que permiten regular el tiempo que tardarán en actuar sus contactos asociados una vez que han recibido o dejado de recibir corriente eléctrica. Están formados básicamente por un electroimán o un contactor accionado y varios contactos auxiliares NO y NC. Ese tiempo de actuación predefinido se ajusta sobre el propio dispositivo, y según el modelo y fabricante un temporizador será capaz de regular acciones de tiempo desde milisegundos hasta horas.

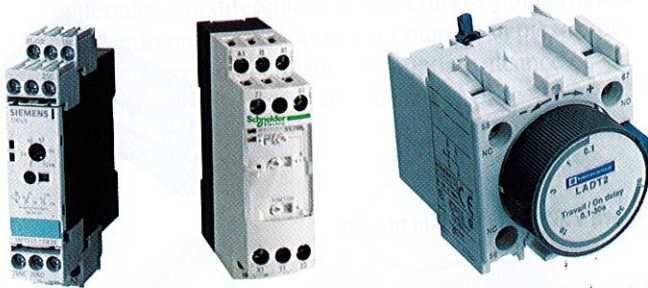


Figura 7.63. Temporizadores electrónicos para carril DIN (izquierda) y mecanismo de ensamblaje sobre contactor (derecha). (Cortesía de Siemens y Schneider Electric).

Según su funcionamiento, los diferentes tipos de temporizadores se pueden clasificar en:

- **Temporizadores instantáneos:** actúan de manera inmediata cuando el electroimán recibe corriente eléctrica. Se representan igual que la bobina de un contactor, pero cambia el código identificador asociado.

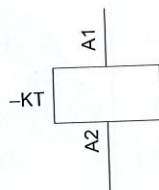


Figura 7.64. Símbolo del temporizador instantáneo.

- **Temporizadores a la conexión:** realizan la apertura o cierre de sus contactos asociados un tiempo después de que el electroimán haya sido alimentado. Cuando el temporizador deja de ser alimentado, los contactos vuelven a su estado de reposo de manera inmediata.

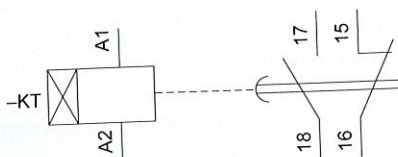


Figura 7.65. Símbolo del temporizador a la conexión y contactos auxiliares asociados.

- **Temporizadores a la desconexión:** realizan la apertura o cierre de sus contactos de manera instantánea cuando el electroimán es alimentado. Sin embargo, una vez que la bobina deja de recibir tensión, los contactos no volverán a su estado de reposo hasta pasado el tiempo predefinido.

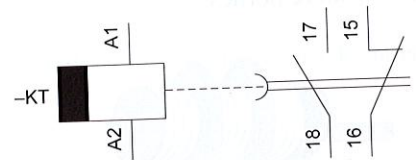


Figura 7.66. Símbolo del temporizador a la desconexión y contactos auxiliares asociados.

- **Temporizadores a la conexión-desconexión:** cumplen las dos condiciones anteriormente expuestas, es decir, demoran la apertura o cierre de los contactos tanto a la conexión (en el momento en que el electroimán recibe tensión) como a la desconexión (en el momento en que el electroimán deja de recibir tensión).

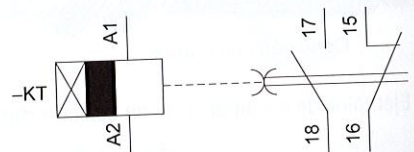


Figura 7.67. Símbolo del temporizador a la conexión-desconexión y contactos auxiliares asociados.

Según su tipología, los temporizadores pueden ser de dos tipos: **dispositivos independientes con electroimán propio o asociados a un contactor.** Estos últimos consisten en un bloque que se acopla a la parte frontal de los contactores, y temporizan la entrada en funcionamiento de sus contactos auxiliares una vez que el electroimán del contactor ha comenzado a recibir corriente.

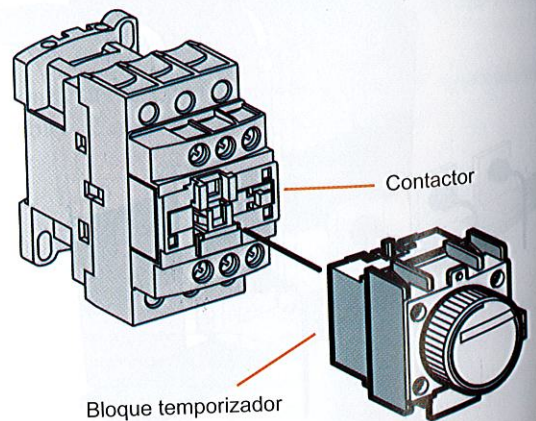


Figura 7.68. Temporizadores de cámara de contactor. (Cortesía de Schneider Electric).



En estos casos debe tenerse en cuenta que los contactos auxiliares pertenecen al propio contactor, de manera que la forma de designarlos no se ve afectada (se designan como KM en lugar de KT).

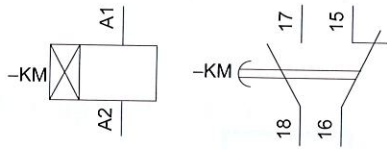


Figura 7.69. Símbolo y designación de un contacto temporizado a la conexión por cámara de contactor.

SABÍAS QUE...

Existen temporizadores que permiten ejercer funciones de maniobra por **pulsos de tiempo**, es decir, de manera intermitente. Se identifican con el siguiente símbolo, que se ubica delante del electroimán:



7.5.1. Diagramas secuenciales

Los diagramas secuenciales representan el comportamiento de un determinado receptor o contacto eléctrico mediante un gráfico en el que quedan representados dos estados: abierto/cerrado, activo/no activo, etcétera.

Estos esquemas están más asociados a la automatización mediante lógica digital, pero en el caso de los temporizadores son muy útiles para entender su funcionamiento. A continuación se presentan los diagramas secuenciales asociados a los distintos tipos de temporizadores, donde t_d representa el tiempo de demora o retardo asignado al temporizador.

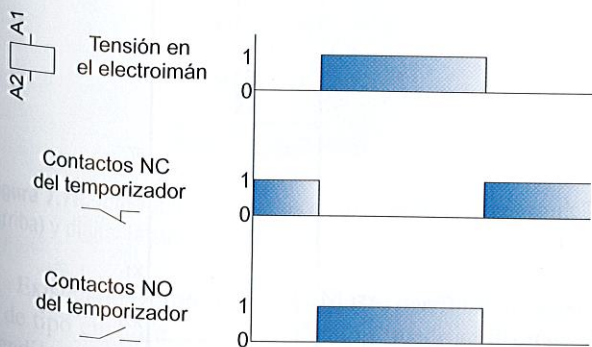


Figura 7.70. Diagrama secuencial de un temporizador instantáneo.

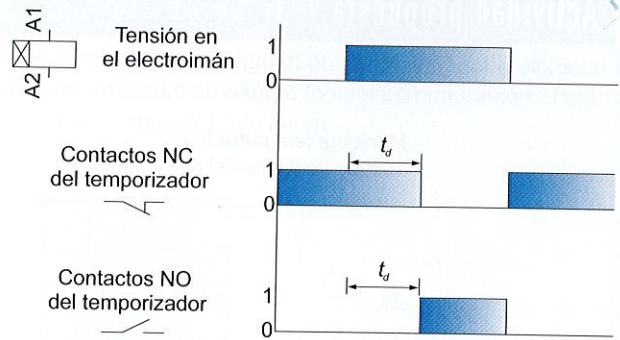


Figura 7.71. Diagrama secuencial de un temporizador a la conexión.

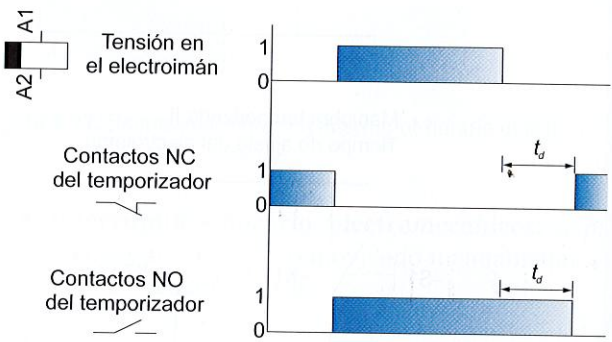


Figura 7.72. Diagrama secuencial de un temporizador a la desconexión.

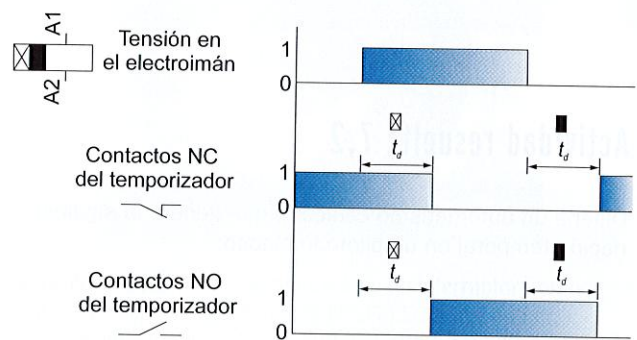


Figura 7.73. Diagrama secuencial de un temporizador a la conexión y desconexión.

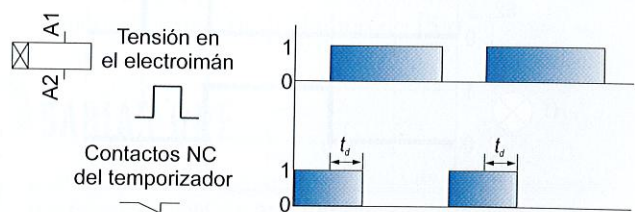
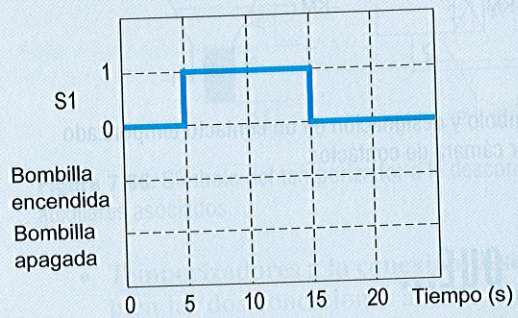
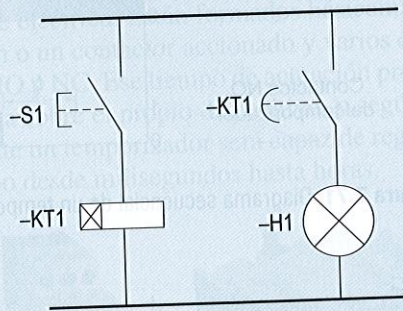


Figura 7.74. Ejemplo de diagrama por pulsos temporizado a la conexión.

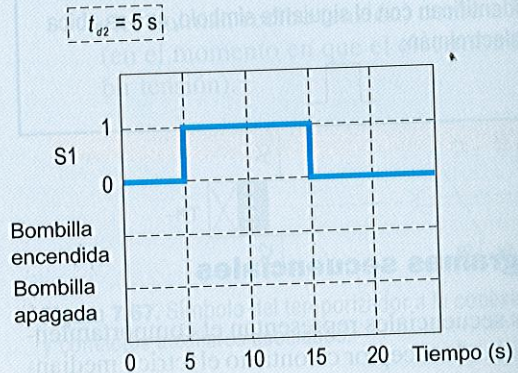
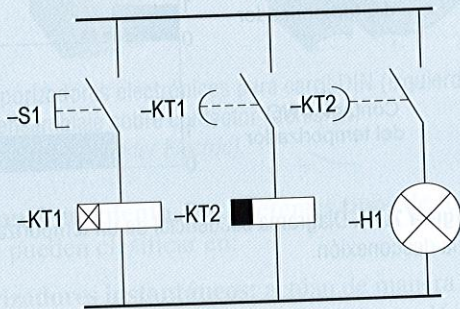
Actividad propuesta 7.3

Completa los diagramas de tiempos secuenciales siguientes, indicando los instantes en los que se encienden y se apagan las lámparas en función del tiempo de ajuste de los relés temporizados.

Maniobra temporizada I.
Tiempo de ajuste del electroimán: $t_d = 5\text{ s}$

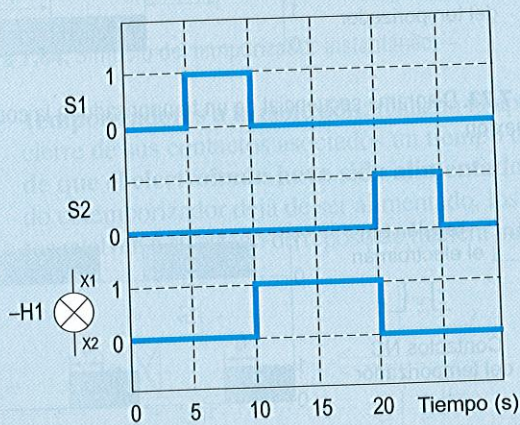


Maniobra temporizada II.
Tiempo de ajuste del electroimán: $t_{d1} = 2,5\text{ s}$

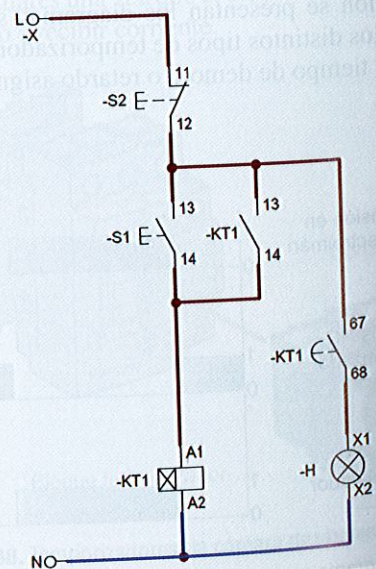


Actividad resuelta 7.2

Diseña un automatismo cableado que genere la siguiente variación temporal en un piloto luminoso:



Solución:





7.6. Automatismos domésticos

A continuación se detallan los automatismos domésticos de mayor importancia, y que en ocasiones también son utilizados en los entornos industriales. En estas circunstancias de uso, no obstante, también pueden ser considerados como dispositivos de control automático o temporizado.

7.6.1. Interruptor horario

El interruptor horario es un dispositivo denominado **de minutería** que permite conectar y desconectar cargas eléctricas en diferentes franjas horarias. Pueden ser de tipo electromecánico o digital.

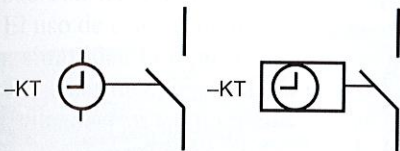


Figura 7.75. Símbolos asociados al interruptor horario.

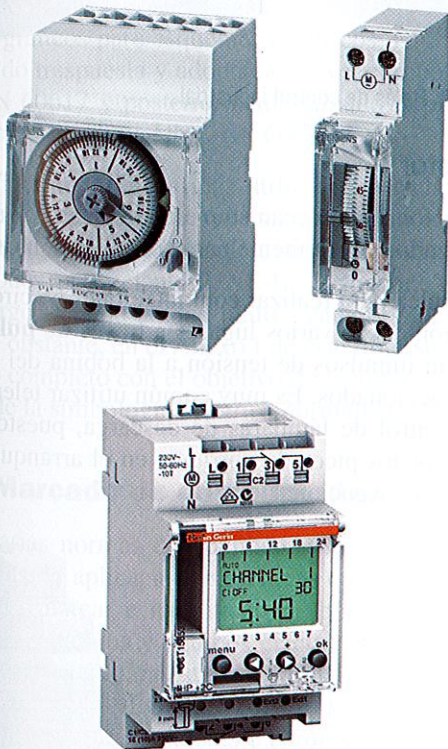
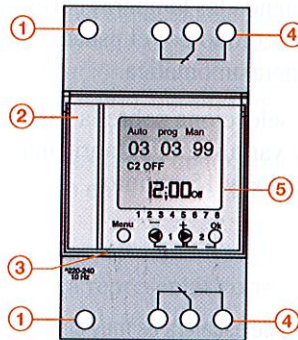


Figura 7.76. Interruptores horarios electromecánicos para carril DIN (arriba) y digital (abajo). (Cortesía de Siemens y Schneider Electric).

Existen interruptores horarios para carril DIN, de pared y de tipo enchufe. Su programación puede realizarse, dependiendo del modelo, en horas, días, semanas e incluso años.

El modo de selección del programa horario por parte del usuario depende del modelo:

- **Interruptores horarios digitales:** se programan a través del teclado del dispositivo, siguiendo las instrucciones del fabricante.



1. Alimentación 230 V - 50 Hz.
2. Alojamiento con instrucciones.
3. Tapa giratoria empotrable.
4. Contacto de salida.
5. Pantalla retroiluminada.

Figura 7.77. Representación de un interruptor horario digital. (Cortesía de Schneider Electric).

- **Interruptores horarios electromecánicos:** se programan presionando o moviendo manualmente una serie de pequeñas levas.

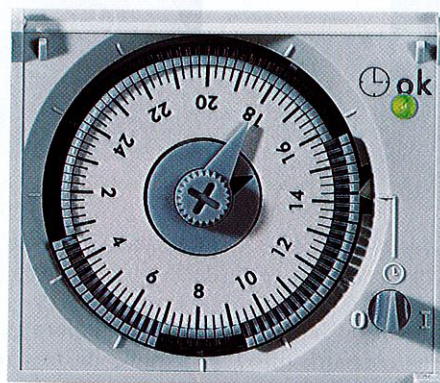


Figura 7.78. Detalle de programación de un interruptor horario electromecánico. Las levas presionadas indican que entrará en funcionamiento de 07:00 a 09:00 y de 16:00 a 03:00.

La precisión de los interruptores horarios varía en función del fabricante y del modelo, pero generalmente los digitales pueden programarse en segundos y los electromecánicos en espacios de tiempo de 15 o 30 minutos.

SABÍAS QUE...

El interruptor horario también es conocido como **reloj eléctrico**. Es muy útil, por ejemplo, para conectar cargas en horarios de tarifa reducida.

7.6.2. Automático de escalera

El automático de escalera es un mecanismo eléctrico que se utiliza para controlar de manera temporizada el alumbrado de un edificio de varias plantas o de gran superficie.

Este dispositivo se conecta a uno o varios pulsadores, que al ser presionados envían una señal a la bobina (electroimán) interna del dispositivo y enciende las lámparas correspondientes. Pasado un tiempo predefinido por el usuario, la iluminación se desconecta de manera automática.

El tiempo de desconexión se selecciona sobre la ruleta selectora del propio dispositivo y varía según el fabricante, pero suele oscilar entre 0,5 segundos y 15 minutos.

SABÍAS QUE...

El funcionamiento de un automático de escalera es muy similar al de un temporizador a la desconexión.

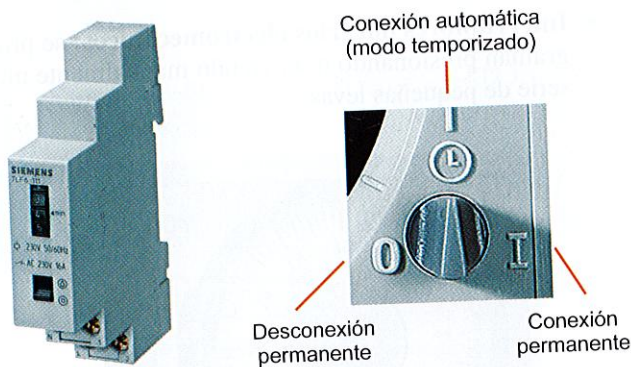


Figura 7.79. Automático de escalera (izquierda). (Cortesía de Siemens). Y ruleta selectora del modo de funcionamiento (derecha).

La conexión de un automático de escalera puede realizarse a tres o cuatro hilos, y dispone de tres modos de funcionamiento:

- **Conexión automática:** las cargas permanecen encendidas de manera temporizada.
- **Conexión permanente:** las cargas permanecen encendidas indefinidamente.
- **Desconexión permanente:** las cargas permanecen apagadas indefinidamente.

7.6.3. Relé y telerruptor

Los relés y los telerruptores son mecanismos eléctricos que basan su funcionamiento en una bobina interna o electroimán, que al igual que en el caso de los contactores, es controlada a distancia a través de un impulso eléctrico.

Este electroimán actúa sobre uno o varios contactos que abrirán o cerrarán el circuito eléctrico al que estén conectados.

Relé

Estos dispositivos cumplen la misma función que los contactores, pero están diseñados para el control de **circuitos eléctricos de baja potencia o baja tensión**. Son muy utilizados en circuitos de control de calefacción, aire acondicionado, iluminación, etc. También es frecuente su uso asociado a autómatas programables, tal como será estudiado en unidades posteriores.

Actualmente se fabrican múltiples tipos de relés con diferentes funciones, como relés temporizados, relés de control, relés interfase, etcétera.

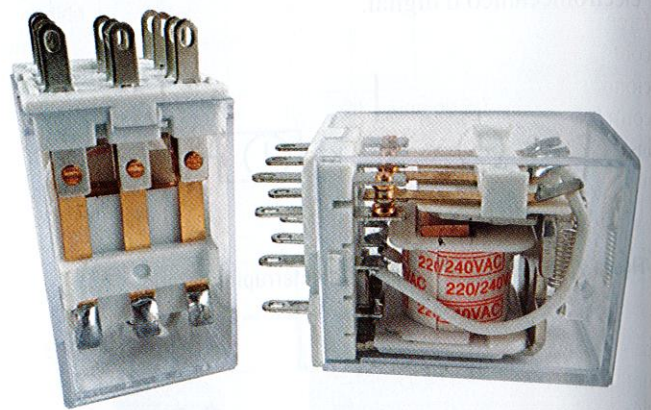


Figura 7.80. Relés de control industrial.

Telerruptor

El telerruptor es un mecanismo eléctrico, similar a un relé, pero utilizado generalmente para controlar puntos de luz.

Se emplea para realizar conmutaciones en circuitos de iluminación desde varios lugares a través de **pulsadores**, que envían impulsos de tensión a la bobina del telerruptor al ser accionados. Es muy común utilizar telerruptores para el control de lámparas de descarga, puesto que resisten mejor los picos de corriente en el arranque que un interruptor convencional.

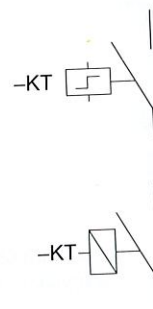


Figura 7.81. Símbolos asociados al telerruptor.

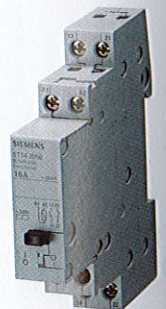


Figura 7.82. Telerruptor diseñado para utilizar en circuitos de hasta 16 A. (Cortesía de Siemens).



7.7. Representación y marcado de componentes

Tal como ha quedado reflejado a lo largo de las unidades previas, todo componente de una instalación eléctrica, ya sea un mecanismo, un elemento de maniobra, medida o protección, un receptor, un conductor o incluso un simple dispositivo de conexión, debe poder ser representado gráficamente en un plano o esquema eléctrico de manera que cualquier profesional que lo utilice, independientemente de su país de origen, sea capaz de interpretarlo de manera adecuada.

Es por este motivo que los símbolos gráficos y las referencias identificativas se encuentran estandarizadas de conformidad con normas internacionales, europeas o nacionales. El uso de estos estándares elimina todo riesgo de confusión, simplifica la representación y el estudio de las instalaciones electrotécnicas y facilita las operaciones de montaje, cableado y mantenimiento.

7.7.1. Simbología electromecánica normalizada

La serie de normas internacionales CEI 60617 define los símbolos gráficos para esquemas eléctricos. Esta publicación ha sido traspuesta y adoptada a nivel europeo bajo la norma EN 60617 y posteriormente ha sido publicada en España como la norma UNE-EN 60617.

Los símbolos gráficos más utilizados para la realización de los esquemas y planos asociados a las instalaciones de automatismos industriales, en conformidad con las publicaciones más recientes UNE-EN, se han ido ofreciendo a lo largo de cada unidad junto a cada tipo de componente. No obstante, en el Anexo I de este libro se presenta un listado completo con el objetivo de facilitar al lector la consulta de la simbología eléctrica normalizada.

7.7.2. Marcado de componentes

Existen varias normas que definen y fomentan determinadas reglas de aplicación específicas que deben ser utilizadas para marcar e identificar los bornes, terminales, conductores, aparatos y equipos eléctricos en un plano o esquema. Destacan para esta función las normas internacionales IEC 61346, IEC 1082 e IEC 60445 y sus diversas transposiciones a nivel nacional o europeo.

El referenciado de los planos y esquemas conforme a estas normas tiene un uso más generalizado en el entorno de los automatismos industriales y esquemas de maniobra, pero también debería utilizarse en los esquemas eléctricos convencionales. Este marcado se realiza dentro de un **sistema alfanumérico** que pretende facilitar la comprensión del funcionamiento de los equipos, ejecutar

su cableado y facilitar las tareas de mantenimiento y resolución de averías.

Recuerda

Un esquema eléctrico es una representación gráfica de una instalación eléctrica o parte de ella en la que quedan definidos cada uno de los componentes de la instalación. La información que aportan estos esquemas depende del tipo de esquema representado; mientras unos dan información del trazado de tubos, otros muestran el conexionado de los aparatos que intervienen en el circuito simbolizado.

Para representar correctamente un determinado equipo o material, se utilizan una o dos letras que definen:

- La primera letra el tipo de elemento o mecanismo.
- La segunda letra, solo cuando proceda, la función que cumple dentro del esquema.

Las letras, además, van acompañadas de un número que permite diferenciar los dispositivos cuya función es similar. En la Figura 7.83 se muestra un ejemplo.

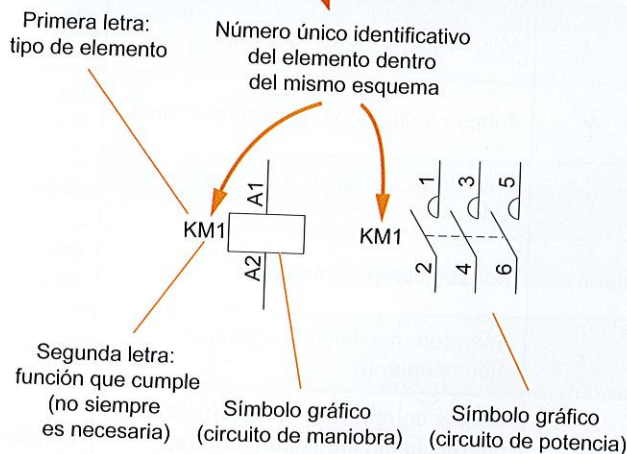
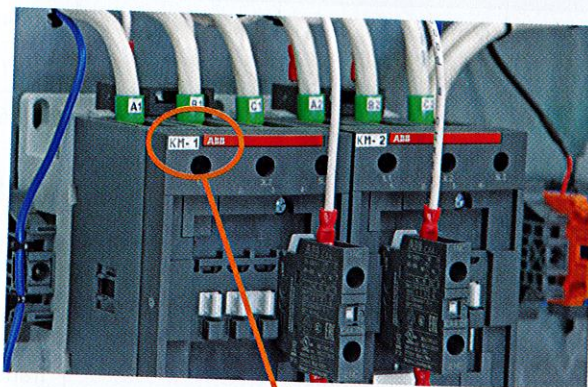


Figura 7.83. Significado del marcado de un contactor.

La Tabla 7.3 recoge el significado específico del marcado dependiendo del tipo de equipo o material (primera letra).

Tabla 7.3. Marcado por tipo de equipo o material

Referencia		Ejemplos de materiales
A	Conjuntos, subconjuntos funcionales	Amplificador magnético, regulador de velocidad, autómatas programables
B	Transductores de una magnitud eléctrica en una magnitud eléctrica	Par termoelectrónico, detector termoelectrónico, detector fotoelectrónico, dinamómetro eléctrico, presostato, termostato, detector de proximidad
C	Condensadores	Condensadores y baterías de 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	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	KA y KM en los equipos importantes
KA	Relés y contactores auxiliares	Contactador auxiliar temporizado, todo tipo de relés de automatismo
KM	Contactores de potencia	Contactador principal
L	Inductancias	Bobina de inducción, bobina de bloqueo
M	Motores	Motores eléctricos
N	Subconjuntos (no de serie)	Poner un guion para que la celda no quede vacía
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, <i>shunt</i> , 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



La Tabla 7.4 detalla el significado específico del marcado dependiendo de la función (segunda letra).

Tabla 7.4. Marcado indicativo de función

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

La Tabla 7.5 muestra el marcado específico para lámparas dependiendo de su color y el tipo de tecnología utilizada en la iluminación.

Tabla 7.5. Marcado de lámparas y pilotos luminosos

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

Las Tablas 7.6 a 7.8 presentan el significado de los colores de pulsadores y pilotos de señalización.

Tabla 7.6. Colores para 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 comprenden en los otros colores	-

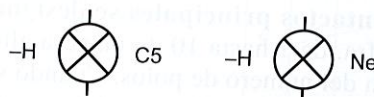


Figura 7.84. Ejemplo de marcado de lámparas por color y tipo.

Tabla 7.7. Color de pulsadores luminosos

Color	Servicio
Rojo	No utilizar.
Amarillo	Atención o precaución.
Verde	Permiso de arranque por centelleo del pulsador.
Blanco	Confirmación de que el circuito se encuentra en tensión y de que ha sido seleccionada o preseleccionada una función o movimiento.
Azul	Indica otras funciones que no se comprenden en los otros colores.

Tabla 7.8. Color de lámparas de señalización

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

7.7.3. Referenciado de bornes y terminales

El referenciado alfanumérico de los **bornes de conexión y terminales** de los diferentes dispositivos eléctricos se realiza con base en la función que cumple el elemento (principal o auxiliar) o de su posición en estado de reposo:

- Los **contactos principales** se designan con una sola cifra, de 1 hasta 10 de manera alternativa en función del número de polos. Cuando sea preciso, el número correspondiente podrá ser sustituido por la letra N (conductor neutro).

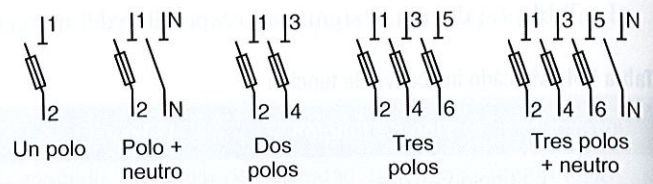


Figura 7.85. Ejemplos de marcado de contactos principales para un conjunto seccionador-fusible.

- Los **contactos auxiliares** se designan con dos cifras, dependiendo de su estado en reposo y de la función que cumplen (Tabla 7.9).

Tabla 7.9. Marcado de bornes en contactos auxiliares

Tipo de contacto	Estado en reposo	Designación	
		Primera cifra	Segunda cifra
Instantáneo	NC	Número correlativo (de 1 a 8) que indica el orden del contacto en el dispositivo al que estén asociados	1-2
	NO		3-4
Temporizado	NC		5-6
	NO		7-8
Pertenciente a un relé térmico	NC	9	5-6
	NO		7-8

- Los **bornes propios de los componentes estáticos del circuito de maniobra** se designan de manera independiente atendiendo a su función. Los más utilizados son A1-A2 para electroimanes o bobinas.

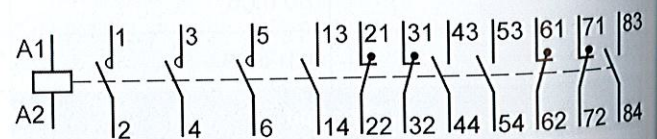


Figura 7.86. Ejemplo de marcado de bornes pertenecientes a un mismo contactor.

- Los **bornes propios del motor** se marcan según la letra asociada al mismo en función de su configuración interna, tal como fueron indicados en la Unidad 6.
- Los bornes correspondientes a **los regleteros y borneros de entrada y salida del cuadro**, cuando proceda, se marcarán con la letra X acompañada de un número identificativo. Pueden agruparse en un mismo código de regletero los bornes que cumplan una misma función (alumbrado, fuerza), los bornes correspondientes a las entradas o salidas, etcétera.

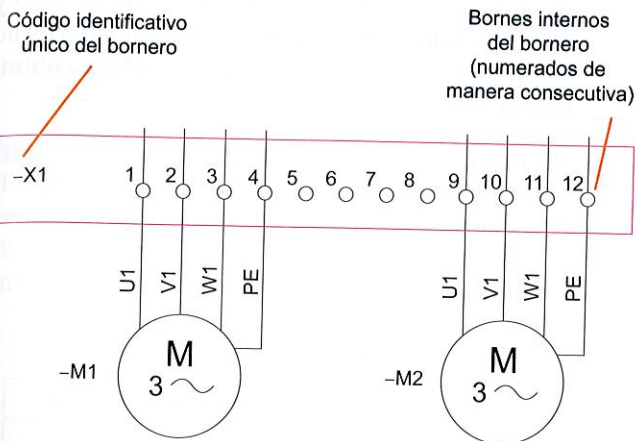


Figura 7.87. Ejemplo de designación de un regletero.

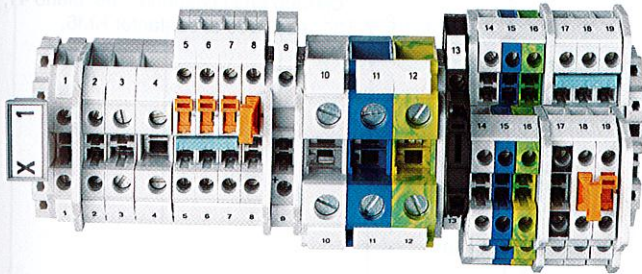


Figura 7.88. Regletero. (Cortesía de Siemens).

Respecto al método de representación, cabe destacar que la escritura y referenciado debe poder ser leída desde los bordes inferior o derecho del esquema correspondiente, con dos orientaciones separadas por un ángulo de 90°, tal como se muestra en los ejemplos de las Figuras 7.89 y 7.90.

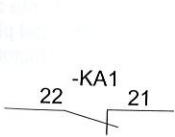


Figura 7.89. Representación horizontal de un contacto auxiliar.

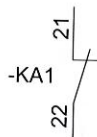


Figura 7.90. Representación vertical de un contacto auxiliar.

7.7.4. Referenciado de conductores y mangueras

En ocasiones resulta necesario que todos los conductores de un esquema de automatismos queden debidamente identificados mediante un **código numérico**.

Esta práctica suele estar asociada a los proyectos más complejos cuyos circuitos se representan en varias páginas con planos muy extensos.

En la actualidad existen dos métodos distintos para llevar a cabo esta tarea:

- **Referenciado de conductores por potencial:** todos los conductores que se localizan en un mismo punto de conexión (mismo potencial) se identifican con el mismo número.
- **Referenciado único de conductores:** cada uno de los conductores se identifica con un número único. Dicha numeración se realiza de manera consecutiva empezando desde la parte superior izquierda del esquema.

Este es un método de marcado más complejo que el anterior, puesto que en los conductores que se encuentran al mismo potencial unidos mediante un nodo se escriben todos los números de los conductores que se unen, separados por comas.

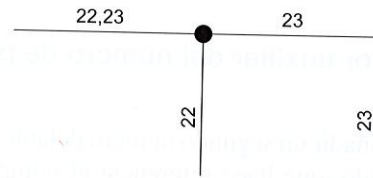


Figura 7.91. Ejemplo de referenciado único de conductores.

En los esquemas de instalaciones de automatismos industriales de varias páginas es recomendable, además de realizar el referenciado de los conductores, indicar en qué número de plano o página se encuentran. Este segundo número se ubica delante de la referencia identificativa del propio conductor, separando ambos números por un punto.

Recuerda

Los cables de alimentación de la red eléctrica siempre se identifican como L1, L2, L3, N y PE respectivamente.

En lo que respecta a las **mangueras eléctricas**, pueden también ser identificadas en los esquemas de automatismos mediante una línea oblicua representada sobre los conductores que se encuentran en ella. Dicha línea se marcará con la letra **W**.



Figura 7.92. Ejemplo de referenciado de mangueras.

7.7.5. Representación avanzada de esquemas de automatismos

En los grandes proyectos electrotécnicos de automatismos industriales en los que se hace necesario representar las instalaciones en varios esquemas incluidos en diferentes planos, resulta imprescindible añadir una serie de codificaciones numéricas asociadas a determinados dispositivos con el objetivo de que a la persona que debe interpretar el plano le resulte fácil su comprensión y pueda localizar todos los elementos de manera rápida y eficaz.

En estos casos, es frecuente que los esquemas de fuerza y maniobra asociados hayan sido representados en distintos planos, o que un mismo contactor o temporizador tenga sus contactos auxiliares distribuidos por varios planos.

Bajo estas circunstancias, existen varios métodos de marcado avanzado de componentes, que se resumen a continuación.

Identificador auxiliar del número de plano o página

Consiste en añadir un segundo número delante del elemento representado, que hace referencia al número de plano o página donde se encuentra su dispositivo asociado. La omisión de este número identificador es frecuente representarla mediante un guion (-), para evitar confusiones. A continuación, en las Figuras 7.92, 7.93 y 7.94 se muestran varios ejemplos.

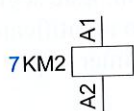


Figura 7.93. El contactor asociado al electroimán se representa en la página o plano número 7.

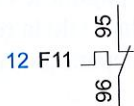


Figura 7.94. El relé térmico asociado al contacto NC se encuentra en la página o plano número 12.

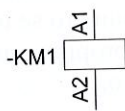


Figura 7.95. Omisión del identificador auxiliar, por no resultar necesario.

Referencias cruzadas

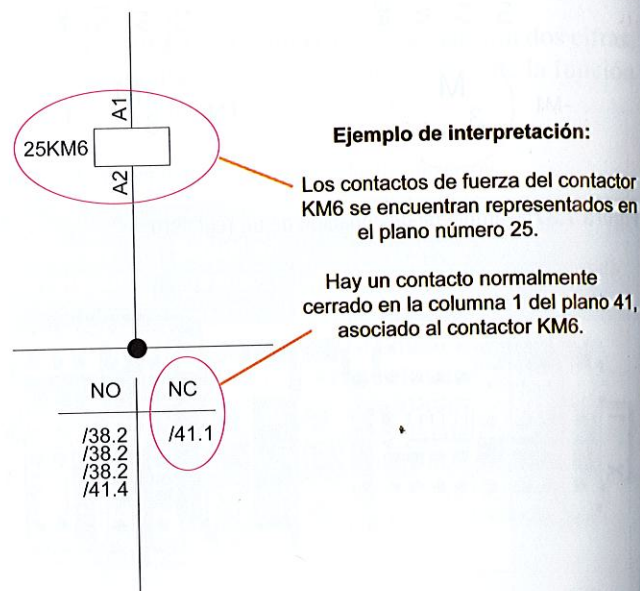
Consiste en distribuir cada uno de los planos en varias columnas y filas, facilitando la localización de los componentes incluidos en ellas. Además, pueden aprovecharse las columnas para indicar la función que cumple cada rama del esquema.

En estas circunstancias es posible indicar con precisión la posición de distintos elementos del esquema, utilizando dos métodos:

- **Referencias cruzadas directas:** están asociadas a un electroimán (generalmente del contactor o de un temporizador), siendo ubicadas debajo de este. In-

dican la posición de los contactos auxiliares (NO y NC) asociados a este por número de página o plano y columna/fila, siguiendo el esquema **plano.columna.fila** o **plano.fila.columna**.

Pueden expresarse en forma de tabla o de manera gráfica. En algunos casos también pueden indicar la posición de los contactos de potencia del contactor.

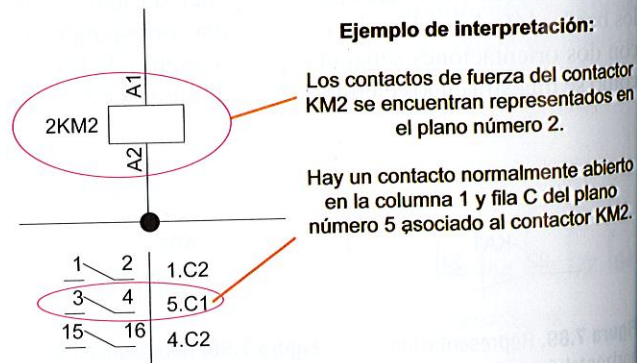


Ejemplo de interpretación:

Los contactos de fuerza del contactor KM6 se encuentran representados en el plano número 25.

Hay un contacto normalmente cerrado en la columna 1 del plano 41, asociado al contactor KM6.

Figura 7.96. Ejemplo de referencias cruzadas directas en formato tabla, por plano y columna.



Ejemplo de interpretación:

Los contactos de fuerza del contactor KM2 se encuentran representados en el plano número 2.

Hay un contacto normalmente abierto en la columna 1 y fila C del plano número 5 asociado al contactor KM2.

Figura 7.97. Ejemplo de referencias cruzadas directas en formato gráfico, por plano, columna y fila.

- **Referencias cruzadas inversas:** las referencias cruzadas inversas permiten la localización del componente (generalmente un electroimán) que hace accionarse a un determinado contacto y, en consecuencia, a su tabla de referencias cruzadas directas.

Su interpretación y representación es similar a las referencias cruzadas directas, pero en este caso el código se ubica junto al propio contacto.

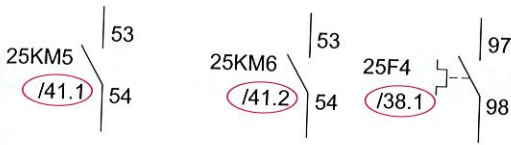


Figura 7.98. Ejemplo de referencias cruzadas inversas.

Las referencias cruzadas directas o inversas, así como la división del plano del esquema por columnas y filas, son métodos necesarios para la interpretación y localización

de los elementos presentes en los esquemas más complejos, sirviendo de gran ayuda para el instalador o mantenedor de las instalaciones.

A continuación se muestra el esquema correspondiente a una parte del proyecto de una instalación de automatismos industriales de gran envergadura, donde pueden apreciarse los identificadores y referencias de los diversos elementos, así como la distribución del plano en forma de columnas.

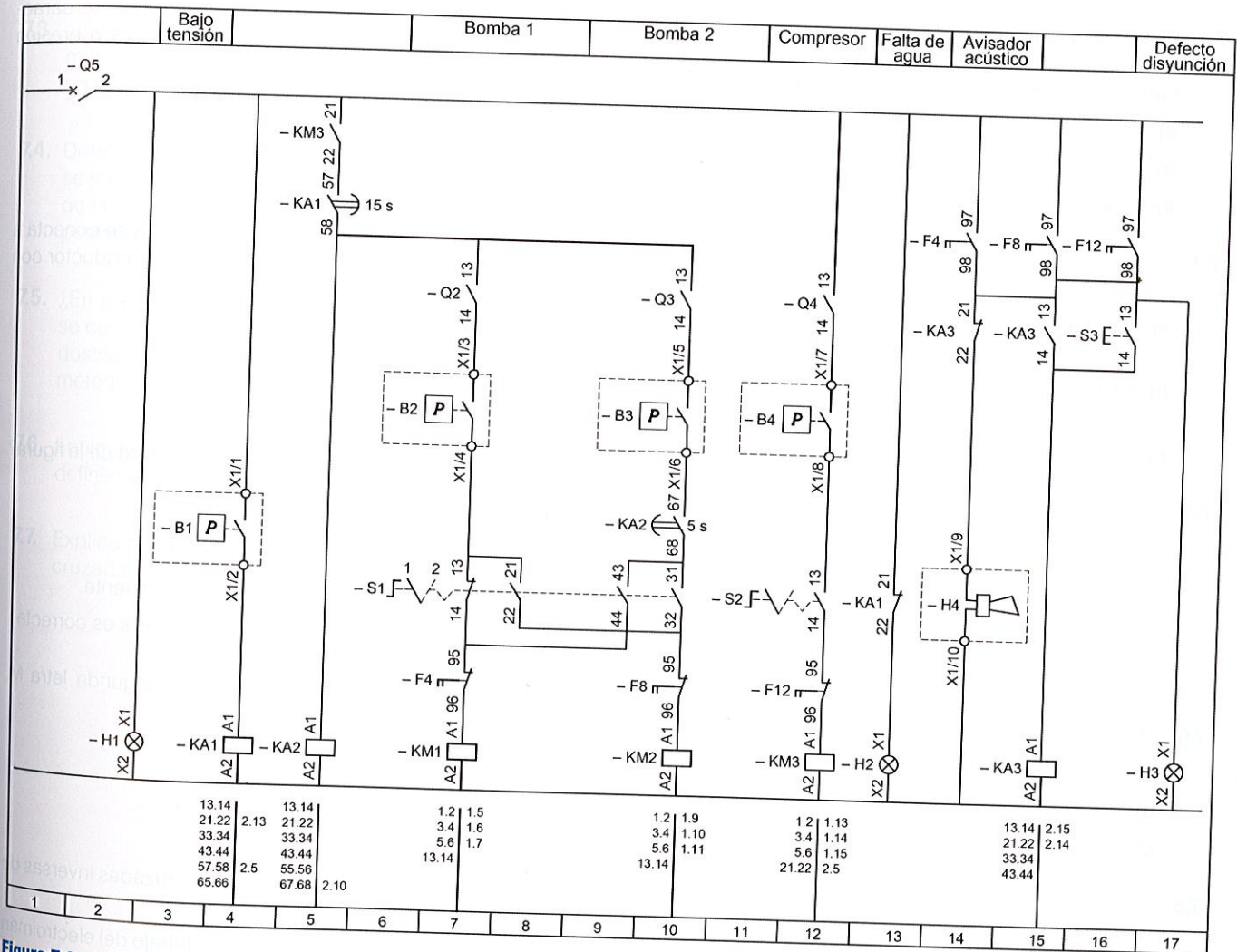



Figura 7.99. Esquema de maniobra completo de una instalación de automatismos industriales.

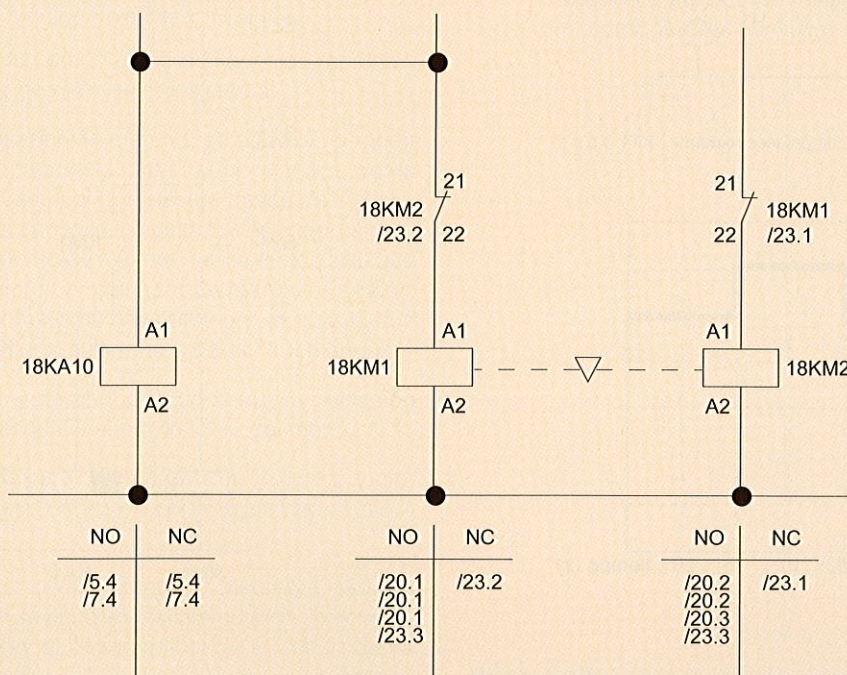
Actividades de comprobación

- 7.1.** ¿Qué parte de un contactor tiene la función de conmutar los circuitos de fuerza?
- El electroimán.
 - Los contactos principales.
 - Los contactos auxiliares.
- 7.2.** En lo que respecta al marcado de contactos auxiliares en esquemas eléctricos, ¿cómo se referencian los contactos instantáneos normalmente abiertos?
- x1 y x2.
 - x3 y x4.
 - x5 y x6.
- 7.3.** Un relé temporizado a la conexión hace conmutar sus contactos:
- Un tiempo después de conectarse su elemento de mando.
 - Un tiempo después de desconectarse su elemento de mando.
 - Depende de cómo sea programado.
- 7.4.** ¿Qué cifras deben utilizarse para designar a un contacto NC?
- n1 y n2.
 - n3 y n4.
 - Depende si es temporizado, instantáneo o pertenece a un relé térmico.
- 7.5.** ¿Mediante qué letra se identifica a un pulsador?
- P.
 - F.
 - S.
- 7.6.** ¿Qué ocurre si en un circuito de maniobra se utiliza la denominada realimentación?
- El circuito únicamente podrá ejecutar sus funciones mediante pulsos.
 - Se anula el pulsador de marcha una vez que ha sido accionado.
 - Los enclavamientos eléctricos del circuito quedan anulados.
- 7.7.** Si tienes un circuito de maniobra con dos puestos de mando, ¿cómo deben colocarse los pulsadores de parada?
- En paralelo.
 - En serie.
 - Es indiferente.
- 7.8.** Los dispositivos de control automático que se caracterizan porque reaccionan ante una fuerza o presión externa sobre un cabezal se denominan:
- Detectores de cabezal.
 - Detectores capacitivos.
 - Interruptores final de carrera.
- 7.9.** Si en un detector de proximidad la carga se conecta a tres hilos entre el elemento sensor y un conductor con polaridad negativa, la salida será de tipo:
- NPN.
 - PNP.
 - PNN.
- 7.10.** ¿Qué significado genérico tiene el símbolo de la figura?
- 
- Protección térmica o relé térmico.
 - Funcionamiento por pulsos o intermitente.
 - Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.
- 7.11.** Un componente marcado con una segunda letra M, implica que cumple una función:
- De medida.
 - Principal.
 - De protección.
- 7.12.** ¿Dónde se ubican las referencias cruzadas inversas de un contacto auxiliar?
- En el esquema de maniobra debajo del electroimán del contactor.
 - En el esquema de maniobra debajo del propio contacto auxiliar.
 - En el esquema de maniobra dentro del electroimán del contactor.



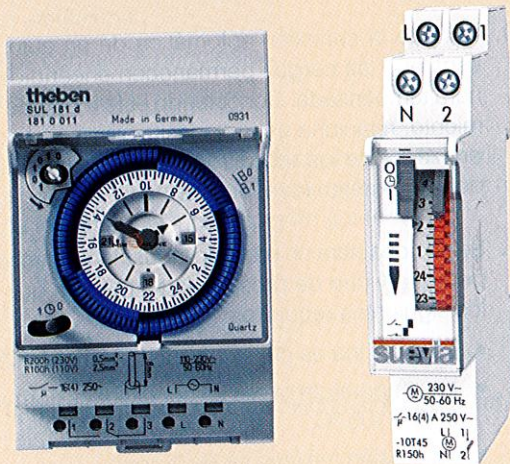
Actividades de aplicación

- 7.1. ¿Qué ocurre si en un circuito con realimentación se acciona de manera accidental el pulsador de marcha dos veces?
- 7.2. Explica de manera detallada en qué consiste un temporizador con demora a la conexión-desconexión.
- 7.3. ¿Qué diferencias existen entre un interruptor y un conmutador de dos posiciones? ¿Y entre un interruptor y un pulsador?
- 7.4. Detalla y representa gráficamente cómo deben colocarse los pulsadores de paro y los pulsadores de marcha de un circuito de maniobra en instalaciones con varios puestos de mando.
- 7.5. ¿En qué consiste el enclavamiento eléctrico? ¿Cómo se consigue? Piensa dos ejemplos de aplicaciones industriales en las que pueda ser necesario utilizar dicho método de enclavamiento.
- 7.6. Enumera tres sensores de proximidad que conozcas, definiendo brevemente sus principales características.
- 7.7. Explica brevemente en qué consisten las referencias cruzadas y las referencias cruzadas inversas.
- 7.8. Explica las diferencias de conexionado entre las salidas PNP y NPN de los detectores a tres hilos.
- 7.9. Durante la conexión automática de un automático de escalera, las cargas permanecen encendidas de manera temporizada. Conociendo este modo de funcionamiento, relaciona este dispositivo con un tipo de temporizador de los estudiados en la unidad, justificando detalladamente la respuesta.
- 7.10. Selecciona para un proceso industrial un sensor de temperatura y otro de presión de tal manera que cumplan los siguientes requisitos:
 - La industria es del sector de la alimentación.
 - La temperatura oscila en condiciones normales entre 5 °C y 100 °C.
 - La presión máxima es de 10 bar.
 - Se desea que ambos sensores tengan salidas digitales y analógicas (4-20 mA).
 Apóyate en catálogos o en la web de fabricantes de sensores.
- 7.11. Dado el siguiente extracto de un plano correspondiente al circuito de maniobra del proyecto de un automatismo industrial, identifica cada uno de los elementos representados y especifica brevemente el significado de los códigos alfanuméricos presentes en el mismo:

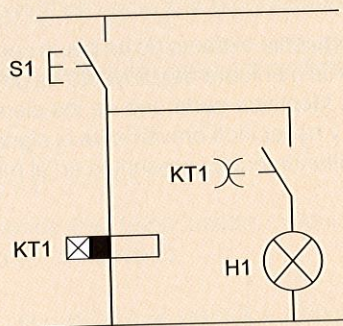


Casos prácticos

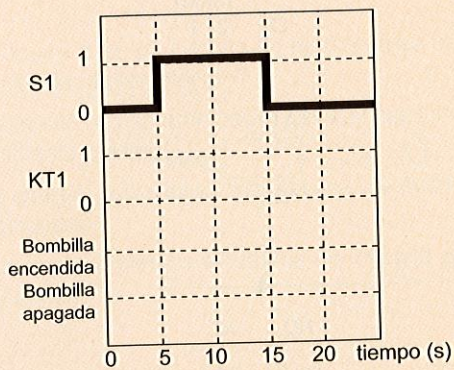
7.1. Observa la siguiente figura e indica el horario para el que ha sido programado el funcionamiento del dispositivo.



7.2. Completa este diagrama de tiempos secuenciales.

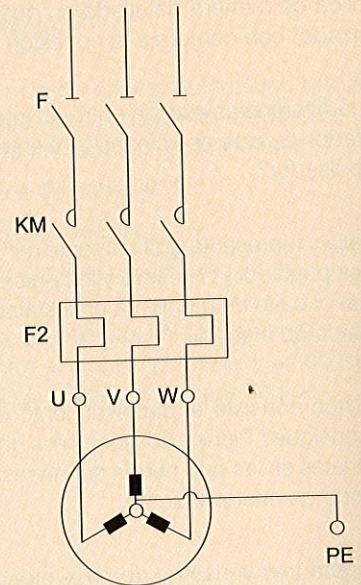


Tiempo de ajuste del electroimán: $KT1 = 5\text{ s}$

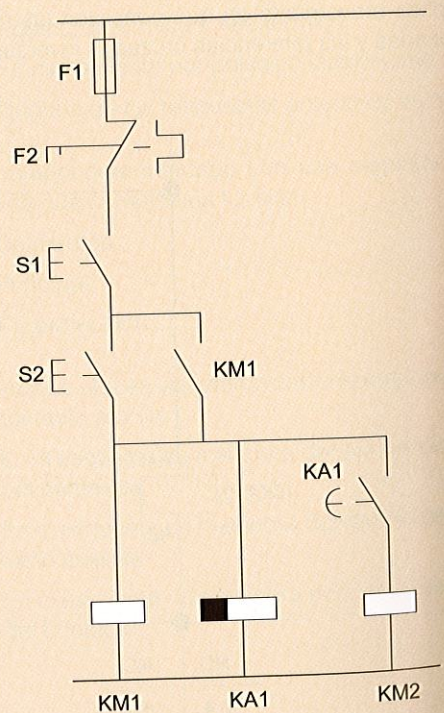


7.3. Detecta los posibles errores gráficos, de marcado o de funcionamiento, en cada uno de los siguientes esquemas de potencia y maniobra. (Nota: los esquemas no guardan relación entre sí).

a)



b)

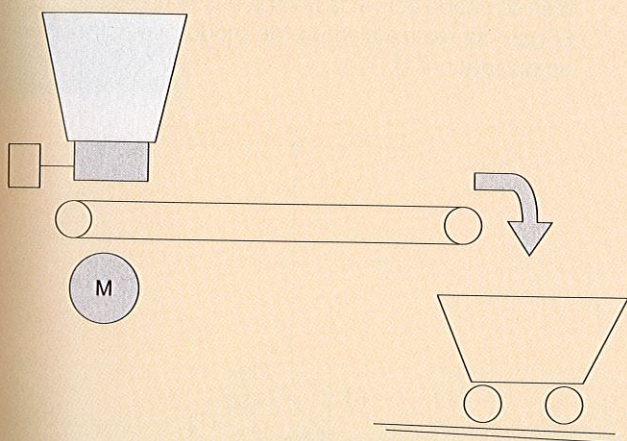




7.4. Realiza el esquema de potencia y maniobra que controla el automatismo eléctrico de la depuradora de agua de una piscina. Dicha depuradora funciona mediante un motor trifásico en jaula de ardilla de conexión directa, y el circuito de mando estará gobernado por un interruptor conmutador de tres posiciones configurado de la siguiente manera:

- I – Marcha manual.
- O – Paro/desconexión.
- II – Marcha automática, a través de un interruptor horario.

7.5. Realiza el esquema de potencia y maniobra asociado al movimiento de la cinta transportadora que se representa en la siguiente figura:



Explicación del funcionamiento:

El sistema cuenta con un único pulsador de marcha y con un pulsador de paro de emergencia.

Al activar el pulsador de marcha, se activará el motor monofásico que mueve la cinta transportadora, por la cual discurre el material que pasa a través de la tolva, llegando hasta la carretilla. La cinta transportadora continuará su movimiento de manera permanente hasta que se vuelva a accionar el pulsador de marcha. Es decir, al realizar el automatismo hay que tener en cuenta que solo se utilizarán dos pulsadores de control manual:

- S1 – Pulsador de marcha. Con cada nueva pulsación activa y desactiva el movimiento del motor.
- S2 – Pulsador de paro de emergencia, solo será accionado en caso de que suceda algún imprevisto.

7.6. Realiza el esquema de potencia y maniobra para un equipo móvil que se pone en marcha cuando se acciona un pulsador (S2) y al llegar al final de su recorrido es detectado por un final de carrera (S4) el cual invierte su

sentido de movimiento hasta llegar al principio, parando por medio de otro final de carrera (S3).

El proceso debe poder pararse en cualquier momento mediante un pulsador de paro (S1).

Se debe señalar el sentido de giro del motor (H1 y H2) y cuando se detenga automáticamente por avería (H3).

Nota: para conocer el método de inversión de giro de un motor puedes consultar la Unidad 8 de este libro.

7.7. Al sistema del ejercicio anterior, realízale las modificaciones necesarias para que al llegar al final del recorrido realice una pausa de 30 segundos antes de invertir el movimiento.

7.8. Una máquina (M1 trifásico) se mueve entre dos posiciones de manera indefinida. Su funcionamiento es el siguiente:

- Al activar la marcha (S2) se mueve hasta que llega al final de la posición 2, donde es detectada mediante un sensor inductivo (B2).
- En ese momento, realiza una pausa de 5 segundos e invierte el giro de manera automática hasta que llega al principio (posición 1) siendo detectado por otro sensor (B1).
- Tras esto vuelve a realizar otra pausa de 5 segundos y vuelve a invertir el giro repitiendo el proceso.
- Así permanece hasta que se pulsa paro (S1).

Realiza el esquema de potencia y el esquema de maniobra asociado a la máquina descrita. Los sensores son de proximidad inductivos a 3 hilos PNP. El circuito de mando se alimenta a 24 V_{CC}.

Nota: para conocer el método de inversión de giro de un motor puedes consultar la Unidad 8 de este libro.

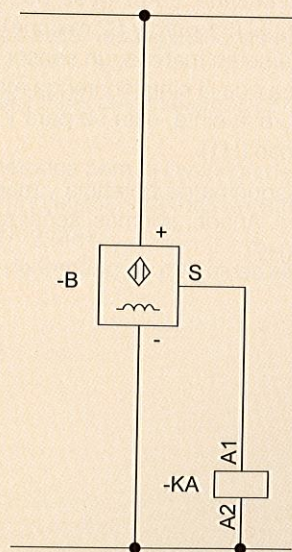


Figura 7.100. Detalle de conexión del sensor inductivo PNP.

7.9. Un depósito de líquido se abastece a través de una bomba (M1 trifásico) de manera automática cuando el nivel llega al mínimo (B1) y se llena hasta alcanzar el máximo fijado (B2). Los sensores empleados son de tipo capacitivo con conexión a 3 hilos PNP. El equipo cuenta con señalización de bomba en marcha. El circuito de mando se alimenta a $24 V_{CC}$.

Realiza el esquema de potencia y maniobra asociado al sistema, teniendo en cuenta que los sensores estarán activados cuando detectan el líquido.

7.10. Realiza el esquema de potencia y maniobra asociado a una escalera mecánica (M1 trifásico), que cuenta con dos barreras fotoeléctricas a ambos extremos. Cuando detecta la entrada de una persona (B1) la pone en marcha y al salir (B2) transcurridos 5 segundos, el automatismo la para como medida de ahorro energético. El circuito cuenta con un paro de emergencia (S1).

7.11. Un automatismo industrial está compuesto por dos cintas transportadoras (M1 y M2, motores trifásicos). El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- La primera cinta se pondrá en funcionamiento cuando se pulse marcha (S2) y un sensor inductivo (B1) detecte la pieza.
- Cuando dicha pieza llega al final de la cinta es detectada por otro sensor (B2), que activa la segunda cinta (M2) y para la primera.
- Al llegar al final de la segunda cinta es detectada por otro sensor (B3) que para la segunda cinta.

Realiza el esquema de potencia y maniobra asociado al sistema. Los sensores son de tipo óptico de conexión a 3 hilos PNP.

7.12. Una máquina de procesado se alimenta de materia prima mediante una cinta transportadora (M1 trifásico) de manera continua. La cinta se pone en marcha de manera manual (S1 paro y S2 marcha). A los 5 segundos de ponerse en marcha, un sensor de ultrasonidos (B1) chequea que la cinta contenga material. Si no hay material sobre la cinta, esta se para y proporciona un aviso luminoso (H1).

Realiza el esquema de potencia y maniobra asociado a la máquina. Añade, además, señalización del estado del sensor (H2).

7.13. La salida de vehículos de un garaje está automatizada de tal manera que cuando un sensor de infrarrojos (B1) detecta un vehículo activa la apertura de una puerta (motor trifásico). La puerta tiene dos finales de carrera en ambos extremos (S2, se activará cuando la puerta esté abierta y S3 cuando esté cerrada). Una vez que la puerta está abierta, permanecerá así durante 30 segundos y luego se cerrará. Además, tiene otro sensor de infrarrojos (B2) a la altura de la puerta que si se detecta algún objeto procede a abrir la puerta.

Realiza el esquema de potencia y maniobra asociado al automatismo descrito, añadiendo un pulsador de paro de emergencia (S1).

Nota: para conocer el método de inversión de giro de un motor puedes consultar la Unidad 8 de este libro.

7.14. En un proceso industrial, la presión está controlada por un presostato (B1) que activa una bomba trifásica. También se puede activar la bomba desde un pulsador (S2). El paro se realiza siempre de modo manual mediante un pulsador (S1).

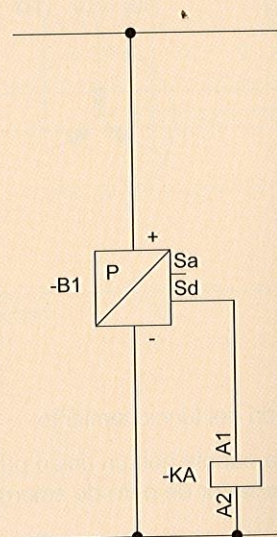


Figura 7.101. Detalle de conexión del presostato.

Realiza el esquema de potencia y maniobra asociado al proceso, teniendo en cuenta que el circuito eléctrico debe contar con señalización del estado de la bomba y de sobrecarga.