



Automatización con PLC y Arduino

Cursos: 502/602/601

Profesor: Lucas Frassi

Contacto: lucasfrassi.eetp485@gmail.com

Índice general

<u>Temario</u>	1
<u>Unidad N°1: Componentes de los automatismos industriales</u>	2
<u>Unidad N°2: Introducción a los automatismos industriales</u>	44
<u>Unidad N°3: Lógica programada con PLC</u>	70
<u>Unidad N°4: Lógica programada con microcontroladores - Arduino</u>	121
<u>Anexo 1: Prácticas de PLC</u>	131
<u>Anexo 2: Curvas de disparo de los interruptores magnetotérmicos</u>	156
<u>Anexo 3: Normas ISA</u>	157
<u>Bibliografía</u>	160

Temario

Unidad N°1: Componentes de los automatismos industriales

- Elementos de protección de las instalaciones. (para sobreintensidades, sobretensiones y aislación).
- El contactor. Relés auxiliares.
- Elementos de mando y señalización. Sensores.
- Temporizadores, retardo a la conexión y desconexión.
- Actuadores. Motores eléctricos.
- Ensayos y prácticas de cada elemento con el simulador y con los componentes físicos.

Unidad N°2: Introducción a los automatismos industriales

- Lógica cableada y programada. Ventajas e inconvenientes.
- Sistemas y lazos de control.
- Simbología y representación de esquemas.
- Automatismos en lógica cableada: Retención y enclavamiento.
- Arranque de motores trifásicos de inducción: directo, inversión de giro y estrella-triángulo. Arranque progresivo. Frenado de motores.
- Prácticas varias del cuadernillo.

Unidad N°3: Lógica programada con PLC

- El Controlador Lógico Programable. Partes internas y funcionamiento.
- Lenguajes de programación gráficos (FBD, LD, GRAFCET).
- Automatismos en lógica programada con PLC con LOGOSoft Comfort, TIA Portal y Zelio Soft2.
- Variadores de frecuencia: funcionamiento, programación y conexión.
- Se realizarán las mismas prácticas que en la Unidad N°2 pero aplicando lógica programada con PLC.
- Prácticas varias del cuadernillo.

Unidad N°4: Lógica programada con microcontroladores en sistema Arduino

- Prácticas de programación y conexión.
- Asignación de variables.
- Delay, lectoescritura de entradas y salidas analógicas/digitales. PWM.
- Sentencias básicas: "If", "for".

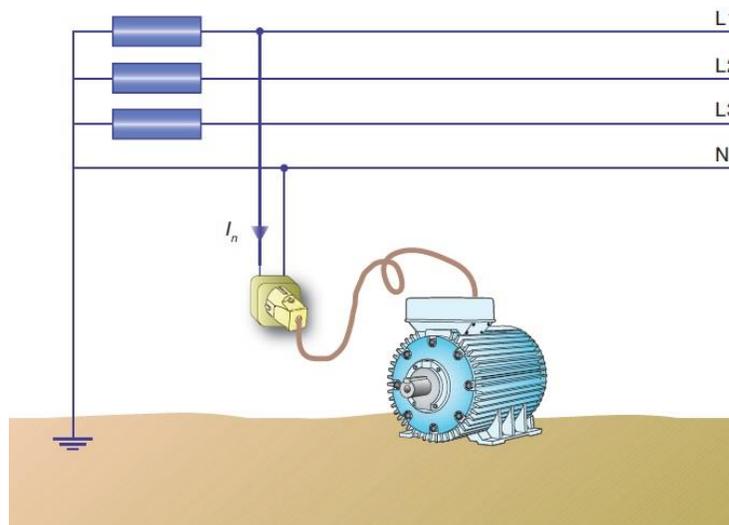
Unidad N°1: Componentes de los automatismos industriales

Defectos que se pueden producir en las instalaciones eléctricas

Debido al paso del tiempo, a las diversas condiciones de funcionamiento, a la influencia de otras instalaciones cercanas, así como a las condiciones climatológicas, en toda instalación es más que probable que vayan apareciendo diversos fallos o defectos que podrían dañar seriamente las instalaciones e incluso poner en riesgo la vida de las personas. Por tanto, resulta de suma importancia identificar dichos defectos y disponer de las medidas de protección adecuadas.

Sobreintensidades

Las instalaciones se diseñan para trabajar bajo unas determinadas condiciones, a la intensidad que circula por la instalación en estas circunstancias se la denomina intensidad nominal (I_n) y es la intensidad que circula en condiciones "normales". Si los cálculos han sido realizados correctamente en el diseño, tanto los conductores como el resto de elementos del circuito están preparados para soportar esta intensidad por un periodo de tiempo infinito.

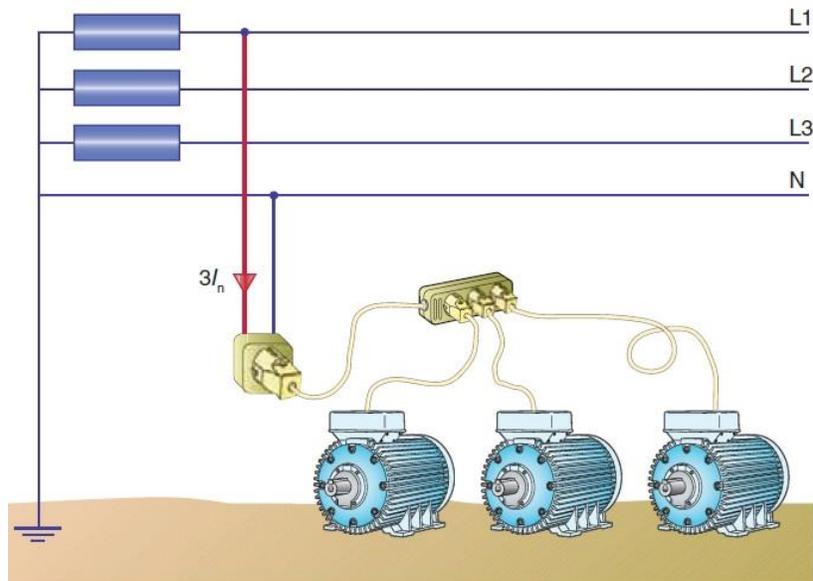


Instalación en condiciones nominales.

Pero hay ocasiones en que a un determinado circuito se le está solicitando más potencia de aquella para la cual está preparado. Este sería el caso de pretender alimentar varios receptores a través de una sola toma de corriente, o demandarle a un motor más potencia mecánica de la que puede suministrar. En este caso, para generar la potencia necesaria, los receptores demandan más intensidad ($P=V \cdot I$, si V es fija, porque es la de la red, solo es posible aumentar I). La intensidad que circula en estas condiciones por la instalación se puede haber multiplicado por dos o hasta por tres (2 o 3 veces I_n). Se dice en este caso que se ha producido una **sobrecarga**.

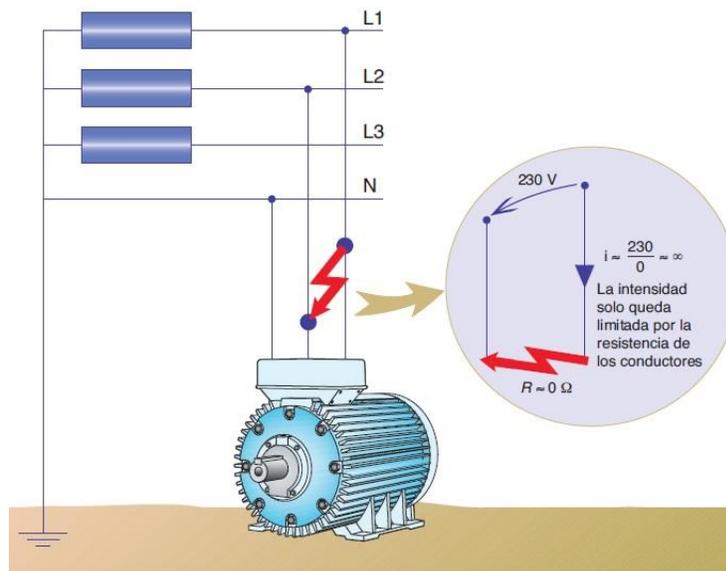
Si esta intensidad circula durante un tiempo suficiente se puede dañar el aislamiento de los conductores, por exceso de temperatura. Recordemos que cuando por un conductor circula una intensidad, se genera calor (efecto Joule).

Su valor es: $Q = R \cdot I^2 \cdot t$ Julios



Instalación sobrecargada.

En otras ocasiones, y debido por ejemplo, a un defecto en el aislamiento de los conductores, se produce una unión con apenas resistencia entre dos conductores o dos puntos de una instalación que se encuentran a distinto potencial. Como la resistencia es prácticamente cero, la intensidad se hace en este caso muy grande, (20 o 30 veces la I_n), se ha producido un **cortocircuito**. La instalación no está preparada para soportar esta gran intensidad, y si no es cortada de inmediato, se corre el riesgo de destruir la instalación e incluso provocar un incendio.



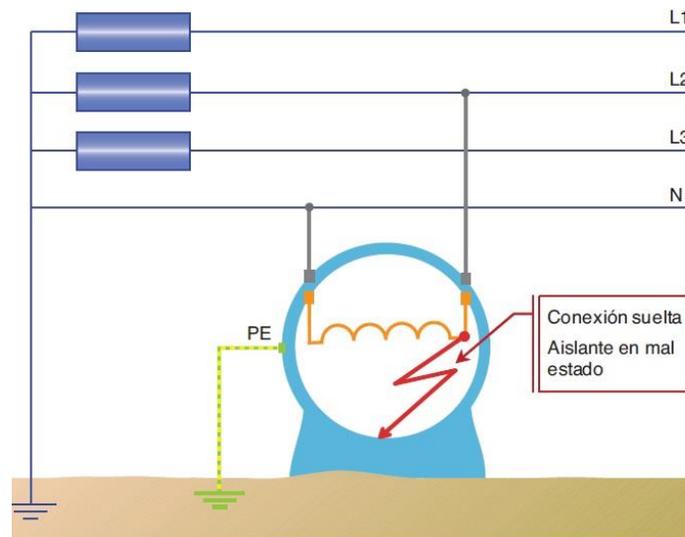
Ejemplo de un cortocircuito.

Sobrecargas y cortocircuitos reciben el nombre genérico de **sobreintensidades**, ya que en ambos casos se trata de una intensidad superior a la nominal.

Defectos de aislamiento

El correcto aislamiento de los elementos de una instalación, tanto entre conductores, como entre conductores y masas o tierra, garantiza que no se produzcan contactos indeseados de elementos conectados a distinto potencial. Si este aislamiento no es el adecuado, o se ha visto dañado por cualquier motivo, pueden ocurrir dos cosas:

- Que debido al defecto, se pongan en contacto dos conductores activos (con distinta tensión), produciéndose un cortocircuito.
- Que se ponga en contacto una parte activa de la instalación, es decir, un conductor, con una que no lo era, por ejemplo una carcasa metálica. En este caso, la carcasa metálica se verá sometida a una diferencia de potencial con respecto a tierra, y se establecerá una circulación de corriente siempre que encuentre un camino cerrado para ello. Si el receptor tiene toma de tierra, la intensidad de defecto circulará por ella hacia tierra. Si una persona tocara la carcasa en estas condiciones, la intensidad circularía a través de ella, produciéndose un contacto indirecto. A estas corrientes que se derivan hacia tierra se les denomina **corrientes de fuga**.



Defectos de aislamiento en un motor monofásico.

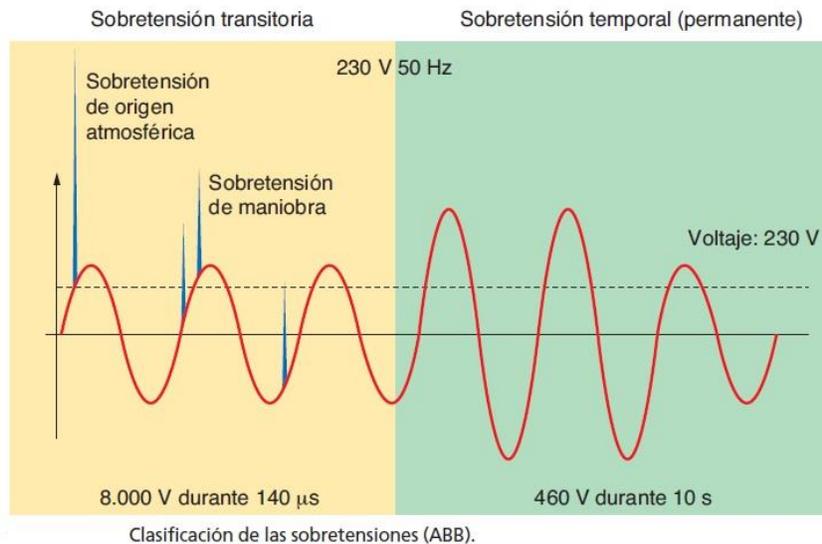
Sobretensiones

Decimos que se produce una sobretensión cuando se produce una tensión superior a la tensión nominal de la red. Como consecuencia, podemos tener desde una simple interrupción del servicio hasta la completa destrucción del cuadro de distribución o de los equipos a él conectados.

Las sobretensiones se pueden clasificar en dos tipos:

Sobretensiones transitorias: gran valor de sobretensión en un periodo de tiempo muy pequeño. Debidas a fenómenos atmosféricos y a maniobras en la red como la conexión de receptores muy inductivos.

Sobretensiones temporales (también llamadas permanentes): presentan un valor de sobretensión menor, a partir del 10% por encima del valor de tensión nominal, pero su duración en el tiempo es mayor. Pueden estar debidas a fallos en las instalaciones, por ejemplo la pérdida del neutro de un transformador.



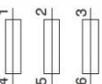
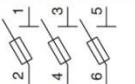
Elementos de protección de las instalaciones eléctricas

Fusibles

Los fusibles son elementos de protección de las instalaciones eléctricas que **se conectan en serie con el circuito** que tienen que proteger. Se fabrican con un hilo de un material que tiene un punto de fusión más bajo que el del cobre y suelen disponer también una sección inferior a la de los conductores. El objetivo es que ante cualquier aumento de temperatura debido a una intensidad excesiva, sea el primer punto en calentarse. Si la temperatura es la suficiente, el elemento se funde, interrumpiendo la continuidad del circuito y evitando por tanto que la sobreintensidad peligrosa siga circulando y dañe al resto de componentes.

Los fusibles presentan como ventaja frente a otros dispositivos de protección contra sobreintensidades su bajo coste, pero por contra tienen como desventaja la necesidad de ser reemplazados cada vez que se produce un corte, ya que el fusible queda inservible para un nuevo uso.

Los símbolos e identificadores de los fusibles en los esquemas son los siguientes:

Elemento	Simbolos	Identificador
Fusible monopolar		F
Fusible bipolar		F
Fusible tripolar		F
Fusibles seccionador tripolar		F

Las principales características que definen un fusible son:

- Intensidad nominal: intensidad que circula por la instalación en condiciones normales.
- Tensión: tensión a la cual va a ser colocado, es decir, la de la instalación.
- Poder de corte: valor máximo de la intensidad que es capaz de cortar.
- Elemento percutor o dispositivo indicador de que el fusible se ha fundido.
- Tipo de fusible: el tipo de fusible hace referencia al principal uso para el que ha sido diseñado y se identifica por dos letras:

1ª LETRA	g	Fusibles de distribución
	a	Fusibles de acompañamiento, acompañan a otro dispositivo de protección
2ª LETRA	G	Uso general
	L	Protección de líneas eléctricas
	M	Protección de motores
	R	Fusibles de actuación rápida

En cuanto a la forma constructiva del fusible existen varios tipos:

Fusibles cilíndricos: son los fusibles tradicionales



Fusibles cilíndricos (SIEMENS AG).

Fusibles de cuchillas o NH: fusibles de baja tensión y alta capacidad de ruptura. Se fabrican para intensidades nominales de hasta 1250 A y tensiones nominales de hasta 690 V. Pueden llegar a tener capacidades de ruptura de hasta 120 kA. Poseen un alambre tensado en paralelo con el elemento fusible que, cuando este se funde, hace que una pequeña pestaña situada en la parte superior se levante, indicando el estado del fusible.



Fusible de cuchillas (SIEMENS AG).

Fusibles Diazed: de origen alemán, también denominados "fusibles botella" por la forma que tienen. Se fabrican para intensidades nominales entre 2 y 100 A. Tienen capacidades de corte de hasta 50 kA.



Fusibles Diazed (SIEMENS AG).

Interruptor automático o magnetotérmico

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo de protección contra corrientes de sobrecarga y cortocircuitos. Provoca la apertura automática del circuito en el que está instalado cuando dichas corrientes tienen lugar.

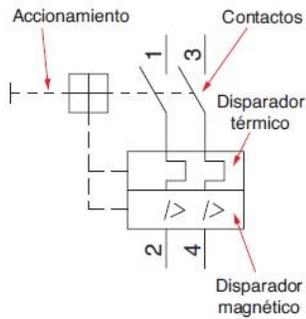
Como indica su nombre, consta de dos métodos de apertura:

Disparador magnético: actúa frente a las corrientes de cortocircuito, y debido a que este tipo de corrientes son muy peligrosas, tiene que proporcionar un corte muy rápido.

Disparador térmico: actúa frente a las corrientes de sobrecarga. El corte es más lento. El disparador térmico está compuesto por dos láminas de metales distintos unidas entre sí. Cuando circula por ellas una intensidad de sobrecarga, poco a poco se van calentando, y como consecuencia, dilatando. Como ambas láminas son de metales distintos, una de ellas siempre se dilatará más que la otra, por lo que el resultado será una curvatura de ambas placas que provoca la apertura del circuito después de un tiempo.

El disparador magnético en cambio está formado por un electroimán. Cuando la intensidad que circula por él es la suficiente, se genera una fuerza que tira de los contactos asociados a él, abriendo de esta forma el circuito en tiempos prácticamente nulos (milisegundos).

Los símbolos para representar los interruptores magnetotérmicos en los esquemas son los siguientes:



Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor magnetotérmico unipolar		Q
Interruptor magnetotérmico bipolar		Q
Interruptor magnetotérmico tripolar		Q
Interruptor magnetotérmico tetrapolar		Q

Las principales características que definen un interruptor automático son:

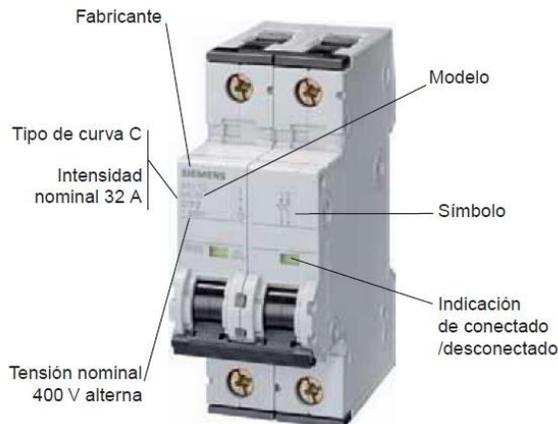
Número de polos: es el número de conductores que corta. Pueden ser unipolares, bipolares, tripolares, tetrapolares.

Intensidad nominal: intensidad que va a circular por él en condiciones normales.

Poder de corte: máxima intensidad que es capaz de cortar.

Tipo de curva: determina el funcionamiento del dispositivo, tiempos de corte y disparador que actúa en función del valor de la intensidad. Los tipos de curvas más frecuentes son: Curva B, Curva C, Curva D y Curva ICP.

(Ver anexo Curvas)

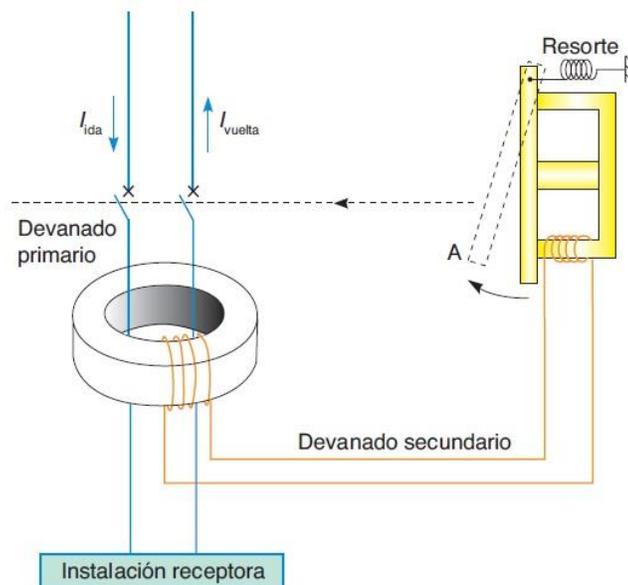


Interruptor diferencial

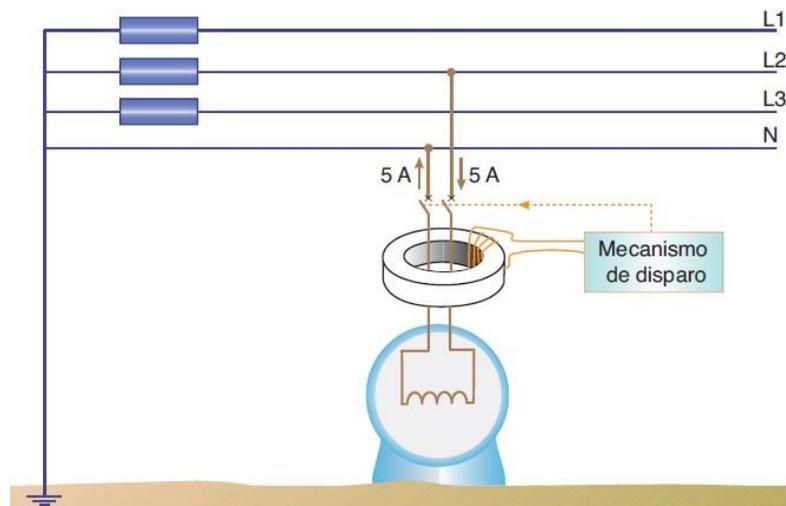
El interruptor diferencial es un dispositivo que protege la instalación contra defectos de aislamiento, y por lo tanto, a las personas que la utilizan contra contactos indirectos.

Un interruptor diferencial tiene dentro un pequeño núcleo magnético, con forma toroidal (aro macizo), que hace las funciones de núcleo de un transformador. Los conductores de alimentación de la instalación (tanto de ida como de retorno) se pasan por el interior de este núcleo y hacen las veces de primario del transformador.

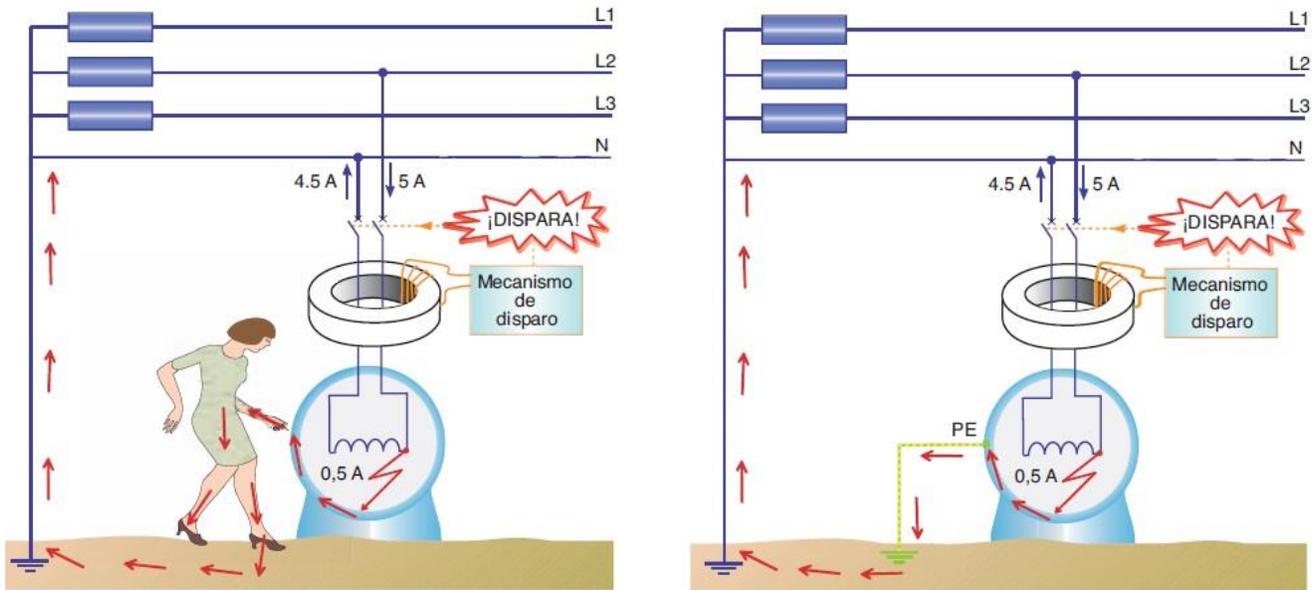
También existe un pequeño arrollamiento alrededor del núcleo que sería el equivalente al circuito secundario. Este devanado secundario funciona como un imán, y si la intensidad que circula por él es suficiente, es capaz de provocar la apertura de los contactos del interruptor.



Cuando en la instalación no existe ningún defecto, toda la corriente que alimenta la instalación regresa por el conductor neutro. En estas condiciones, se tienen dos intensidades de igual valor, pero de sentido contrario, actuando como primario. Los efectos de estas intensidades se anulan entre ellos y por lo tanto no se induce tensión en el secundario.



Si existe un defecto de aislamiento, parte de la intensidad se derivará por él, siempre que encuentre un camino cerrado. Cuando una persona toca la carcasa del receptor se cierra el circuito a través de tierra. Pero como en este caso la intensidad de ida y la de retorno ya no son iguales, sus efectos ya no se anulan y se induce tensión en el secundario. Si la intensidad perdida por el defecto es suficientemente grande, se tendrá la fuerza necesaria en el secundario para actuar sobre los contactos del diferencial y provocar su apertura. Este corte es prácticamente inmediato, protegiendo así a la persona de los efectos de un contacto indirecto.



Instalación con defecto de aislamiento: sin toma de tierra (izquierda) y con toma de tierra (derecha).

Si la instalación tiene puesta a tierra (conductor de protección) el circuito de la corriente de defecto se cierra a través de ella, provocando el disparo del diferencial antes de que toque nadie.

Los símbolos e identificadores que se utilizan en los esquemas para representar el interruptor diferencial son los siguientes:

Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor diferencial bipolar		Q
Interruptor diferencial tetrapolar		Q

Las principales características que definen un interruptor diferencial son:

Intensidad nominal: intensidad de la instalación en la cual va a ser instalado.

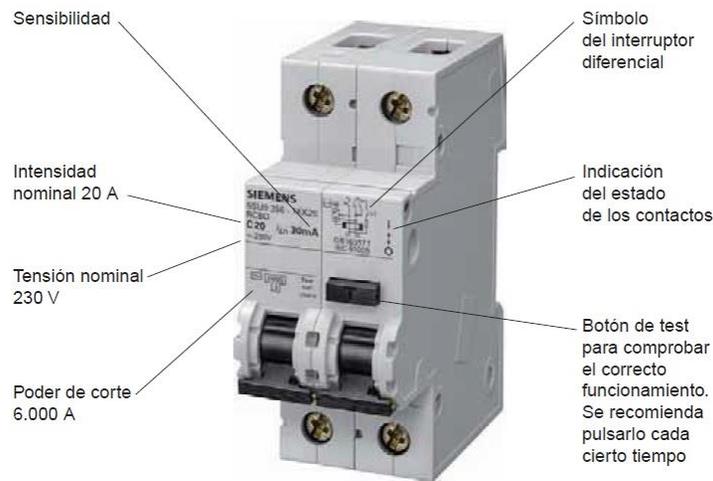
Tensión nominal: tensión de la instalación en la que va a ser instalado.

Sensibilidad (ΔI_n): es el mínimo valor de la intensidad de defecto que provoca la apertura del interruptor diferencial. En función de este valor, podemos clasificar los diferenciales como:

– Baja sensibilidad: $\Delta I_n > 300$ mA. Aplicación en industrias que no requieren altos niveles de protección.

– Alta sensibilidad: ΔI_n entre 10 y 30 mA. Los de 30 mA son los que se utilizan habitualmente en viviendas e instalaciones en general.

Número de polos: los diferenciales se fabrican bipolares y tetrapolares.



Interruptor diferencial bipolar (SIEMENS AG).

El contactor

El contactor es un dispositivo electromagnético, que puede ser controlado a distancia **para cerrar o abrir circuitos de potencia**. Una de las principales aplicaciones del contactor se realiza en el control de los circuitos de alimentación de todo tipo de motores eléctricos, pero se utiliza para alimentar otros tipos de receptores, como sistemas de resistencias, líneas de luminarias, etc.

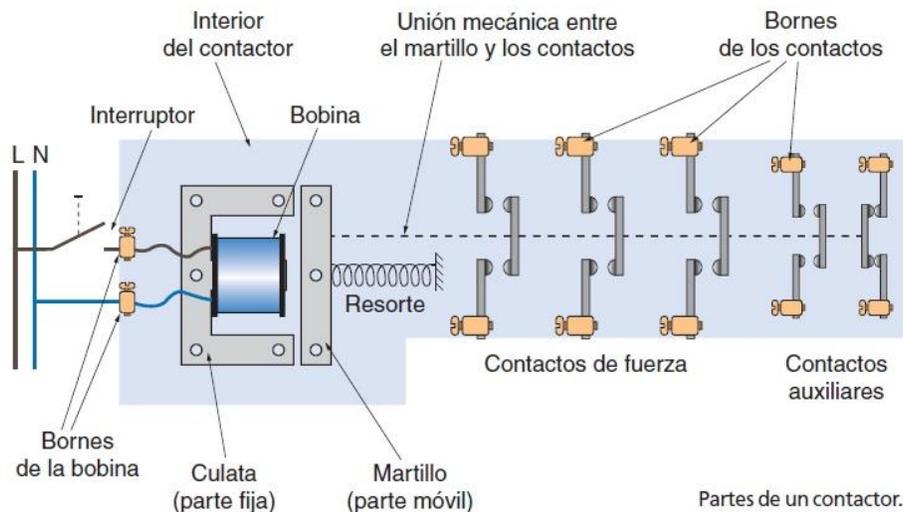
En el mercado existen contactores con diferentes formas y tamaños, cuyo uso depende del tipo de circuito a controlar y la ubicación del mismo, pero es importante saber que la conexión de todos los contactores es prácticamente la misma.



Diferentes tipos de contactores (SIEMENS AG).

Partes del contactor

El contactor dispone de las siguientes partes: bobina, circuito magnético y contactos eléctricos.



Bobina

Es el órgano del contactor que puede ser controlado a distancia cuando se aplica tensión a sus bornes. Está formada por hilo esmaltado de pequeño diámetro y muchas espiras, bobinado sobre un pequeño carrete de material aislante.

Los dos bornes de la bobina, están etiquetados como A1 y A2.

Se fabrican bobinas para diferentes tensiones de trabajo (12V, 24V, 48V, 230V, etc.), tanto para corriente alterna como para corriente continua.

Es importante comprobar la tensión y el tipo de corriente de la bobina antes de conectarla a la red eléctrica, ya que de otra forma se destruirá de forma irremediable.



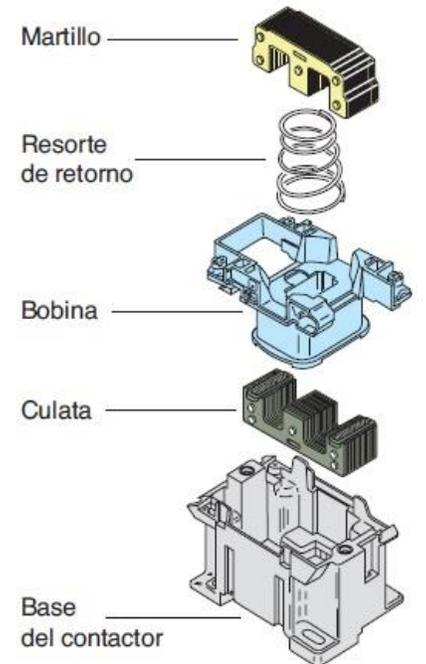
Bobina de un contactor.

Circuito magnético

Consta de dos partes, la culata y el martillo. La culata es la parte fija y en ella se aloja la bobina del contactor. El martillo es la parte móvil.

Ambas partes se mantienen separadas en reposo debido a un dispositivo de resorte que tira de la parte móvil. Cuando la bobina se alimenta con la tensión adecuada, la culata se imanta atrayendo al martillo hacia ella.

Habitualmente el circuito magnético no se ve desde el exterior, pero todos los contactores disponen de un elemento de indicación mecánica, que se hunde o cambia de posición, permitiendo conocer si está activado o no.



Circuito magnético de un contactor con la bobina.

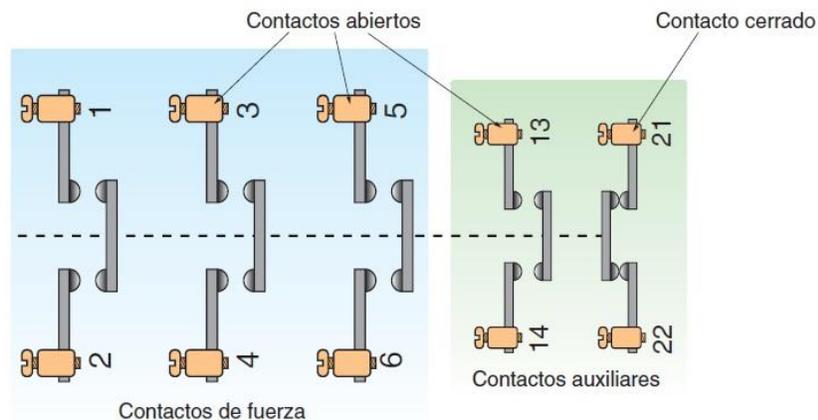
Contactos eléctricos

Están unidos mecánicamente a la parte móvil del circuito magnético. De esta forma, cuando el martillo se desplaza, también lo hacen los contactos, abriendo los que están cerrados y cerrando los que están abiertos.

En general, se pueden encontrar dos tipos de contactos en un contactor: los de fuerza y los de mando, también llamados auxiliares.

Los de fuerza están preparados para un mayor poder de corte y se encargan de controlar las cargas de potencia (por ejemplo, un motor eléctrico, un conjunto de radiadores eléctricos, etc.). Los de mando se utilizan para tareas auxiliares y de control.

Desde el exterior del contactor, unos contactos se identifican de otros, ya que los bornes de los de fuerza están etiquetados con números de una sola cifra (1 - 2, 3 - 4, 5 - 6) y son normalmente abiertos. Los de mando tienen números de dos cifras (13 - 14, 21 - 22) y pueden ser abiertos o cerrados.



Tipos de contactos de un contactor.

De los auxiliares, los que terminan en 3 –4 son abiertos en reposo y los que terminan en 1 – 2 son cerrados. El número que va delante de ellos, es el número de orden (primero, segundo, tercero, etc.) que hace el contacto auxiliar en el contactor.

A la mayoría de los contactores modernos se les pueden añadir contactos auxiliares mediante cámaras acoplables. Estas se fijan por un sistema de conexión rápida, al cuerpo principal.

Las cámaras pueden tener diferentes tipos de contactos, pero los más habituales son los contactos abiertos, cerrados y temporizados.

Imagen siguiente: contactor con cámara auxiliar de 4 contactos. (2 NO - 2 NC)

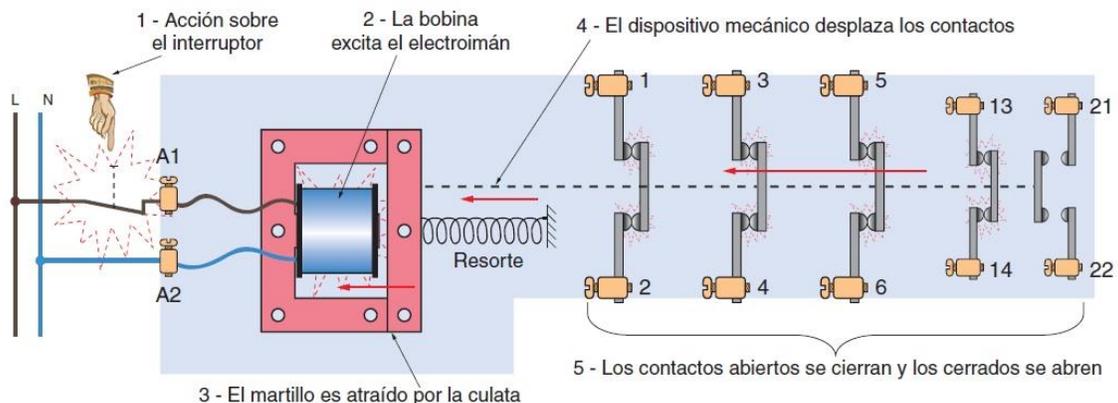


Funcionamiento del contactor

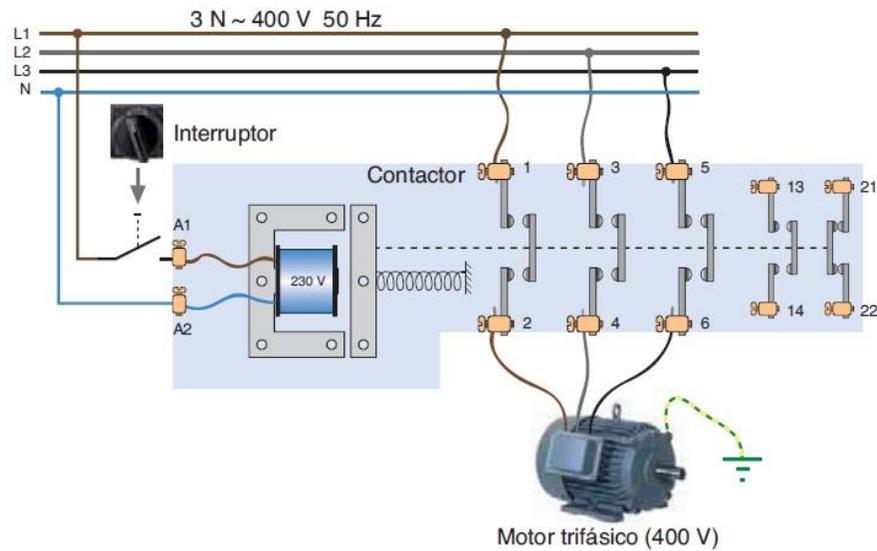
Si conectamos una bobina a la red eléctrica a través de un interruptor, como se muestra en la figura siguiente, observaremos que cuando el interruptor está abierto, el circuito magnético se encuentra inactivo y el martillo se mantiene separado de la culata por el resorte. En esta situación, los contactos eléctricos, tanto los de fuerza como los auxiliares, se encuentran en su posición de reposo. Es decir, abiertos los abiertos y cerrados los cerrados.

Si se cierra el interruptor conectado al borne A1 de la bobina, la bobina se excita y el circuito magnético se cierra, moviendo con él todos los contactos del contactor. En esta situación los contactos abiertos se cierran y los cerrados se abren.

Si el interruptor vuelve a la posición de abierto, la bobina dejará de excitarse, abriéndose el circuito magnético mediante el resorte y por tanto, llevando a la posición de reposo los contactos del contactor.



De esta forma, si un motor trifásico se alimenta a través de los contactos de fuerza de un contactor, se puede parar y poner en marcha con un simple interruptor monopolar de escaso poder de corte.

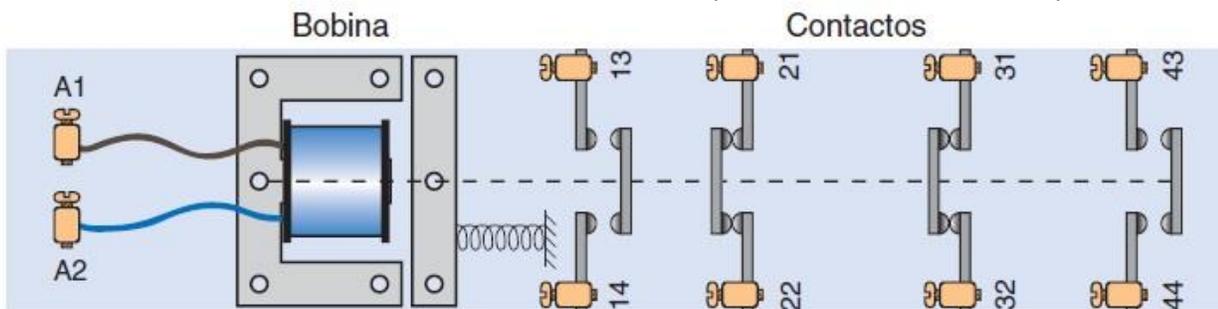


Contactores auxiliares o de mando

Se denominan contactores auxiliares o de mando a aquellos que no disponen de contactos de potencia.

Pueden tener el mismo aspecto físico que los contactores de potencia, pero con la diferencia de estar dotados solamente con un conjunto de contactos auxiliares abiertos y/o cerrados.

Se utilizan en los circuitos de automatismos para operaciones de maniobra. Una forma sencilla de diferenciar un contactor auxiliar de uno de potencia, es observar que todos sus contactos están identificados con números dobles (13-14, 21, 22, 31-32, etc.).



Partes de un contactor o relé auxiliar.



Contactores auxiliares o de mando.

Relés auxiliares

También son conocidos como relés industriales. Disponen de un circuito electromagnético y un conjunto de contactos, siendo su funcionamiento idéntico al de un contactor.

Los relés suelen tener un tamaño mucho más reducido que el de los contactores. Generalmente los contactos y el circuito electromagnético de un relé se encuentran alojados en un cabezal de material transparente que se enchufa sobre el zócalo en el que se encuentran los bornes de conexión. Este sistema permite cambiar con facilidad los que se encuentran en estado defectuoso, sin necesidad de desconectar cables.



Cabezales de relé, zócalo y relé completo

Simbología

Los símbolos gráficos para representar los elementos de un contactor o relé industrial son los siguientes:

Elemento	Símbolo	Identificador
Bobina		K
Contactos fuerza		K
Contacto auxiliar normalmente abierto		K
Contacto auxiliar normalmente cerrado		K

Nota: El identificador literal principal para el contactor o el relé industrial es **K**. Sin embargo, y de forma opcional, se puede escribir un identificador secundario, a la derecha del primero, para indicar si es de potencia **KM** o auxiliar **KA**.

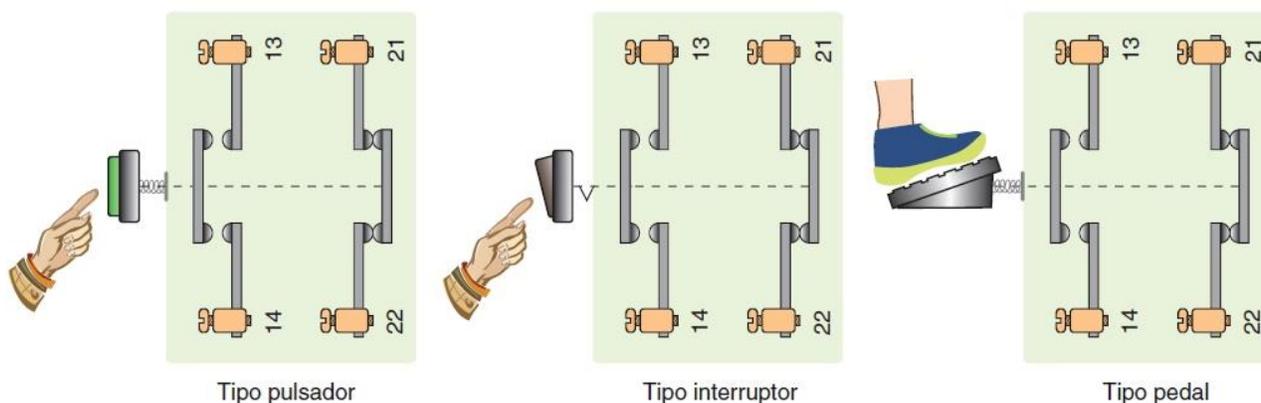
Elementos de mando y señalización

Captadores o sensores

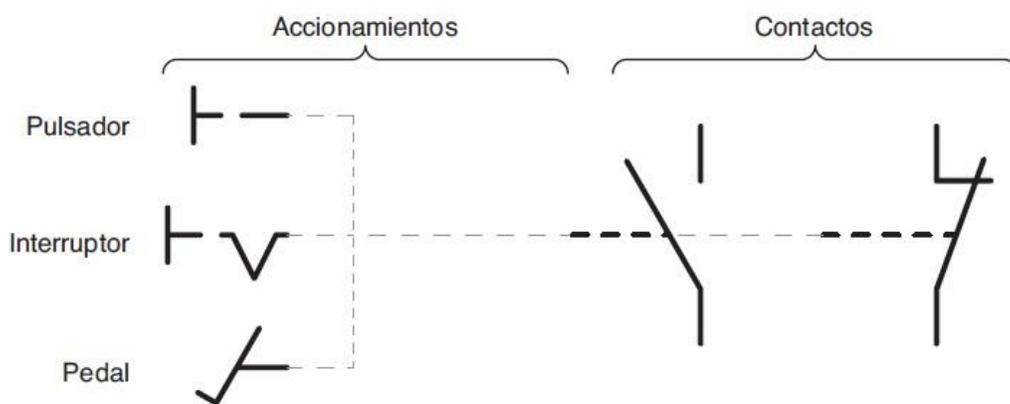
Pueden ser de dos tipos: electromecánicos y de estado sólido (también denominados estáticos o electrónicos).

Sensores electromecánicos

Estos sensores disponen de un elemento de accionamiento (botón, tirador, pedal) que abre y/o cierra uno (o más) contactos de tipo electromecánico.



La simbología gráfica utilizada para representar este tipo de captadores en los esquemas está basada en los contactos (abiertos y/o cerrados) y el sistema de accionamiento. Así, en una parte del símbolo se representa el contacto, o contactos, y en otra, unido mediante una línea discontinua, el accionamiento.



Actualmente la mayoría de los fabricantes utilizan elementos modulares, que se ensamblan con facilidad en función de las necesidades del circuito. En estos sistemas los contactos son los mismos para cualquier mecanismo y lo que cambia es el cabezal de accionamiento.



Diferentes tipos de accionamientos manuales para la misma cámara de contactos (SIEMENS AG).

Interruptores

Son de accionamiento manual y tienen dos posiciones. El cambio de una a otra se realiza actuando sobre el elemento de mando, que puede ser una palanca, un balancín, una manilla rotativa, etc.

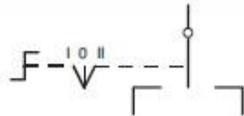
Todos los interruptores disponen de un sistema de enclavamiento mecánico, que permite mantenerlos en una posición hasta que se interviene de nuevo sobre el elemento de mando.

Estos son algunos símbolos para representar los diferentes tipos de interruptores:

Elemento	Símbolo	Identificador
Interruptor rotativo de un solo contacto		S
Interruptor rotativo de doble cámara de contactos (uno abierto y otro cerrado)		S
Interruptor tipo pulsador de un solo contacto		S
Interruptor de llave de contacto normalmente cerrado		S

Conmutadores

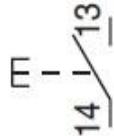
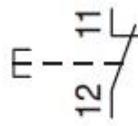
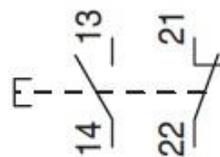
Son de accionamiento manual y tienen dos o más posiciones. Permiten redireccionar la señal por diferentes ramas de circuito a través de un borne común.

Elemento	Símbolo	Identificador
Conmutador rotativo de dos circuitos dos posiciones		S
Conmutador rotativo de dos circuitos tres posiciones		S

Pulsadores

Son de accionamiento manual. Permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se ejerce presión sobre él. Sus contactos vuelven a la posición de reposo, mediante un resorte, cuando cesa la acción.

Los botones de los pulsadores pueden ser de diferentes colores, pero hay que prestar especial atención al color verde que se utiliza para la puesta en marcha y al rojo que se utiliza para la parada.

Elemento	Símbolo	Identificador
Pulsador con contacto normalmente abierto (pulsador de marcha)		S
Pulsador con contacto normalmente cerrado (pulsador de parada)		S
Pulsador de doble cámara con contacto abierto y contacto cerrado		S

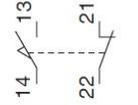
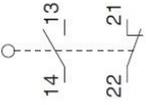
Color	Significado	Explicación	Ejemplos de aplicación
ROJO 	Emergencia	Accionar en el caso de condiciones peligrosas o de emergencia.	Parada de emergencia. Iniciación de la función de emergencia.
AMARILLO 	Anomalía	Accionar en caso de condiciones anormales.	Intervención para suprimir condiciones anormales. Intervención para restablecer un ciclo automático interrumpido.
AZUL 	Obligatorio	Accionar en caso de condiciones que requieran una acción obligatoria.	Función de rearme.
VERDE 	Normal	Accionar para iniciar las condiciones normales.	Puesta en marcha/Puesta en tensión.
BLANCO 	Sin significado específico asignado	Para un inicio general de las funciones excepto la parada de emergencia (véase nota).	Puesta en marcha/Puesta en tensión (preferente). Parada/ Puesta fuera de tensión.
GRIS 			Puesta en marcha/Puesta en tensión. Parada/ Puesta fuera de tensión.
NEGRO 			Puesta en marcha/Puesta en tensión. Parada/ Puesta fuera de tensión (preferente).
<p>Nota. Cuando se utilizan medidas de codificación suplementarias (por ejemplo, forma, posición, símbolo) para la identificación de los órganos de accionamiento de los pulsadores, entonces el mismo color BLANCO, GRIS o NEGRO se puede utilizar para varias funciones (por ejemplo, BLANCO para Puesta en marcha/Puesta en tensión y para Parada/ Puesta fuera de tensión).</p>			

Código de colores para los órganos de accionamiento de los pulsadores.

Interruptores de posición

También denominados finales de carrera, se utilizan para detectar, por contacto físico, el final de recorrido de un elemento móvil de una máquina o dispositivo automático.

Permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se ejerce presión sobre él, volviendo estos a su posición de reposo cuando cesa la acción.

Elemento	Símbolo	Identificador
Interrupor de posición. Contacto normalmente abierto		S
Interrupor de posición. Contacto normalmente cerrado		S
Interrupor de posición con doble cámara de contactos		S
Interrupor de posición. Otra forma de representación		S

Dependiendo de las necesidades de detección, existen numerosos tipos de cabezas de accionamiento (palanca, leva, varilla, etc.) intercambiables entre sí para un mismo modelo de final de carrera.

Algunos modelos se fabrican de material altamente robusto para trabajar en ambientes industriales muy agresivos.

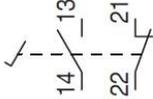
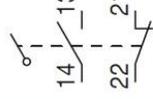
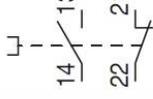
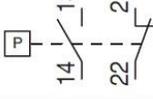
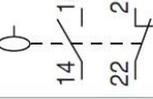


Interruptores de posición electromecánicos con diferentes tipos de cabezas de accionamiento (SIEMENS AG).

Otros captadores electromecánicos

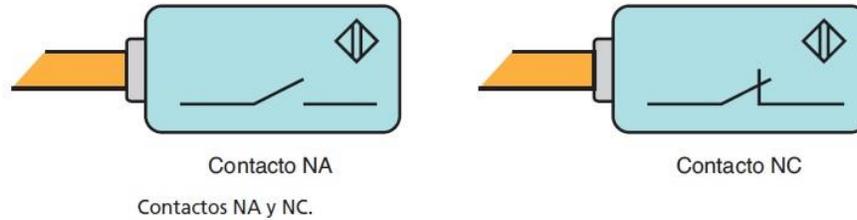
En los circuitos de automatismos industriales se utilizan, según las necesidades, numerosos tipos de captadores o sensores electromecánicos. Unos son de accionamiento manual, como los interruptores de palanca, de tirador, de pedal, etc., y otros de accionamiento automático debido al cambio de magnitudes físicas, como los presostatos o interruptores de nivel de líquidos por flotador.

En general, todos ellos permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se actúa sobre su accionamiento.

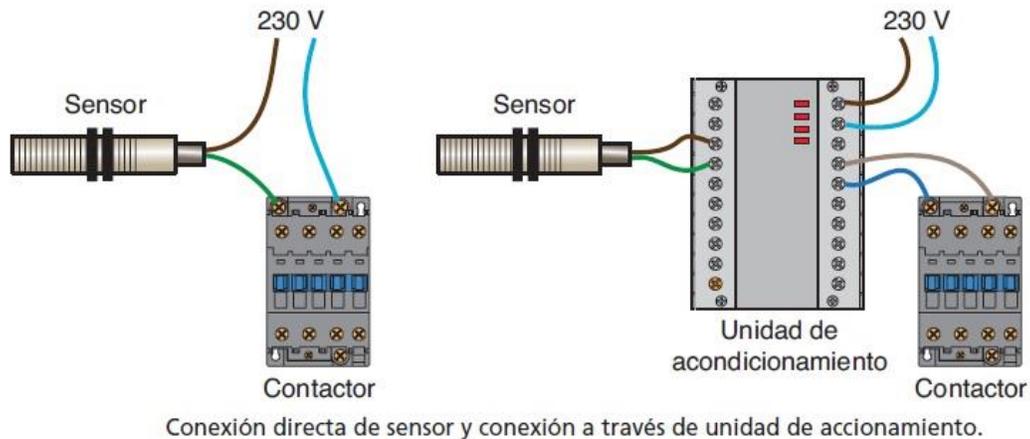
Elemento	Sensor	Símbolo	Identificador
Interruptor de pedal			S
Interruptor de palanca			S
Sensor tirador			S
Presostato (interruptor por presión)			B
Interruptor por flotador			B

Captadores o sensores de estado sólido (estáticos)

Permiten detectar objetos sin contacto. Su funcionamiento está basado en el disparo de un circuito electrónico, que genera una señal de salida cuyo comportamiento, desde el punto de vista eléctrico, es similar al de un contacto electromecánico de apertura o de cierre.



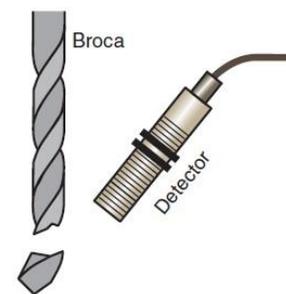
Algunos modelos se conectan directamente a los actuadores (bobinas de relés y contactores, lámparas, etc.) y otros necesitan una unidad de acondicionamiento.



En el mercado existen numerosos tipos de sensores para medir todo tipo de magnitudes físicas. Aquí solamente veremos algunos de ellos ampliamente utilizados en los automatismos industriales.

Este tipo de sensores también es conocido como **detectores de proximidad**, ya que detectan la presencia de objetos sin contacto cuando se encuentran dentro de su campo de acción o zona de trabajo.

Elemento	Símbolo	Identificador
Sensor de proximidad en general		B
Contacto asociado a un sensor de proximidad (en este caso abierto)		B
Sensor de proximidad		B



Ejemplo de aplicación de un detector de proximidad para controlar la rotura de broca en una máquina herramienta.

Dependiendo de la tecnología utilizada para la detección, se clasifican en: Fotoeléctricos, inductivos, capacitivos y de ultrasonido.

Fotoeléctricos

Utilizan un rayo de luz (visible o de infrarrojos) como elemento de detección.

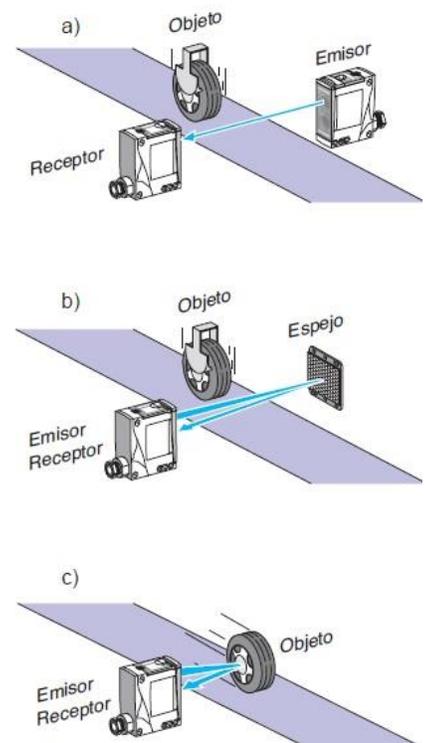


Diferentes tipos de sensores fotoeléctricos (SIEMENS AG).

La barrera luminosa se establece entre una célula emisora y otra receptora. Pueden estar alojadas en una misma base o en bases separadas.

Así, los detectores fotoeléctricos se clasifican en los siguientes tipos:

- **De barrera:** El emisor y el receptor se encuentran en diferentes contenedores y es necesario alinearlos con precisión. Se utilizan para grandes distancias (hasta 60 m).
- **Réflex:** El emisor y el receptor se encuentran alojados en el mismo contenedor, el cual es necesario alinear con un espejo reflector. Se utilizan para distancias medias (hasta 15 m).
- **De proximidad:** Su funcionamiento es similar a los de tipo réflex, no siendo necesario el espejo reflector. El propio objeto a detectar es el encargado de reflejar el haz luminoso. Se utilizan para cortas distancias (entre 1 y 10 cm).



Elemento	Símbolo	Identificador
Receptor fotoeléctrico		B
Emisor fotoeléctrico		B
Detector fotoeléctrico de proximidad		B
Detector fotoeléctrico tipo réflex		B

Inductivos

Son detectores de proximidad y detectan exclusivamente objetos de material metálico.

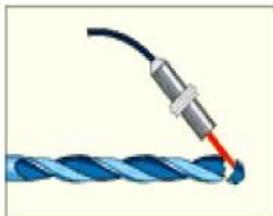
Su campo de acción es muy reducido, no superando los 60 mm en los modelos de mayor potencia.



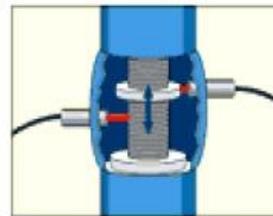
Diferentes tipos de detectores inductivos (SIEMENS AG).

Elemento	Símbolo	Identificador
Detector inductivo		B

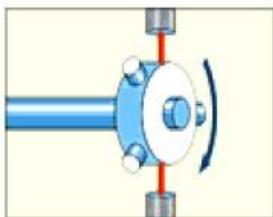
Ejemplos de aplicación de los sensores inductivos



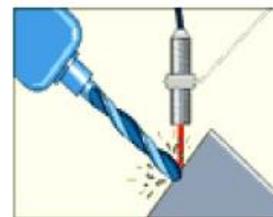
Detección de ruptura de brocas



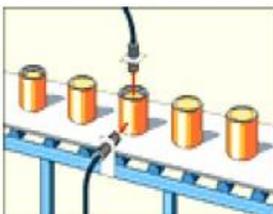
Detección de posición totalmente abiertas o cerradas de válvulas



Detección de tornillos y tuercas para control de dirección y velocidad



Detección de ruptura de puntas de fresadora



Detección de presencia de latas y tapas

Capacitivos

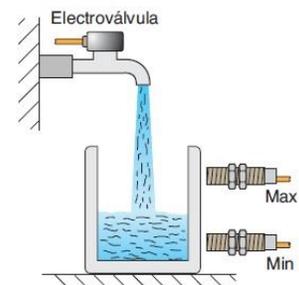
Detectan objetos de cualquier tipo, conductores y no conductores, como por ejemplo: metales, minerales, madera, plástico, vidrio, cartón, cuero, cerámica, fluidos, etc.

Su aspecto físico y alcance es similar al de los inductivos.



Diferentes tipos de detectores capacitivos (SIEMENS AG).

Elemento	Símbolo	Identificador
Detector capacitivo		B

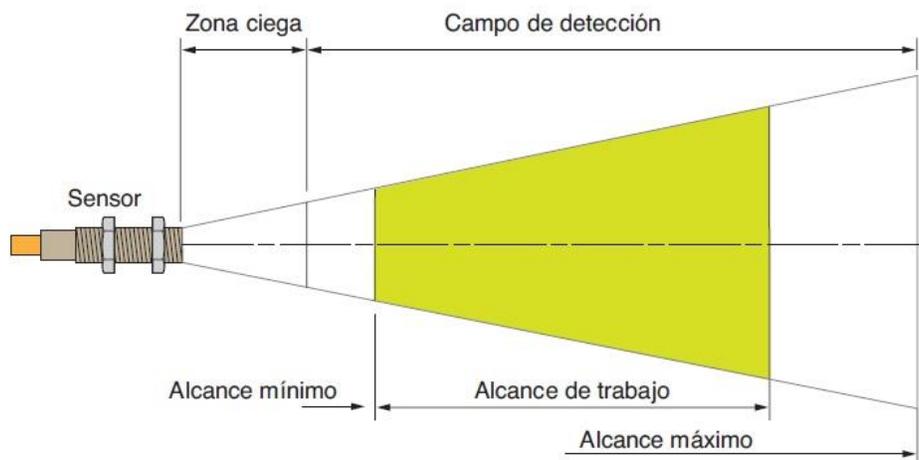


Ejemplo de aplicación para el control de llenado y vaciado de un depósito con detectores capacitivos.

De ultrasonido

Detectan objetos de cualquier tipo sin contacto físico.

Los detectores de ultrasonido, también denominados **sonar**, permiten ajustar manualmente el campo de acción entre una distancia mínima y una máxima. Esto les hace enormemente versátiles para muchas aplicaciones industriales.



Alcances de un detector de ultrasonidos (TELEMECANIQUE).

Los hay de salida digital y salida analógica. Los primeros se comportan como un contacto (de apertura o cierre) y los segundos son capaces de medir con precisión la distancia a la que se encuentra un objeto en el campo de detección.



Detectores por ultrasonidos (SIEMENS AG).

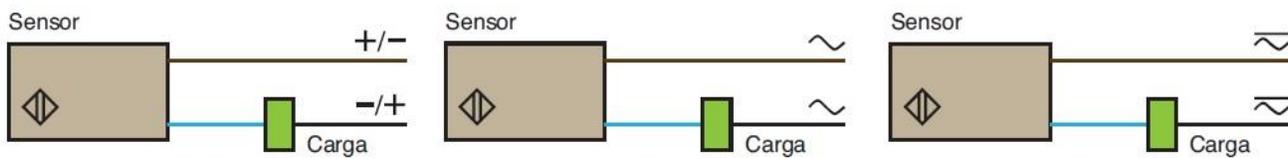
Conexión de los sensores de proximidad

Según el tipo de conexionado, los sensores de proximidad (inductivos, capacitivos, fotoeléctricos, etc.) pueden ser de dos hilos y de tres hilos.

Conexión a dos hilos

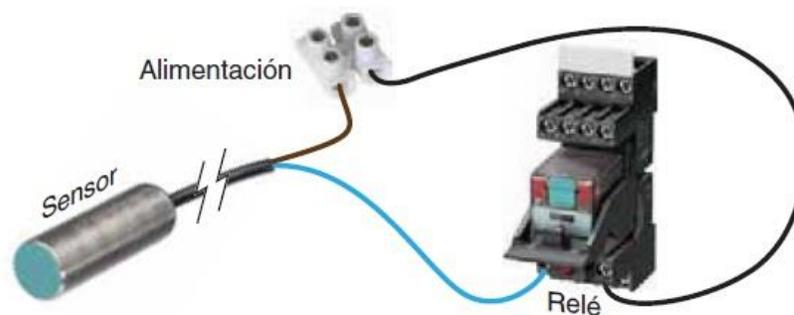
La conexión de estos sensores es similar a los electromecánicos. Es decir, se conectan en serie entre la carga y la red de alimentación.

Existen modelos para diferentes tensiones y tipos de corriente (alterna y continua). Estos son algunos ejemplos de conexión:



Conexión a corriente continua, a corriente alterna y conexión mixta (alterna o continua).

La carga puede ser una bobina de contactor o un relé industrial de tensión y tipo de corriente idéntica a la de trabajo del propio detector, o directamente a la entrada digital de un PLC como veremos más adelante.



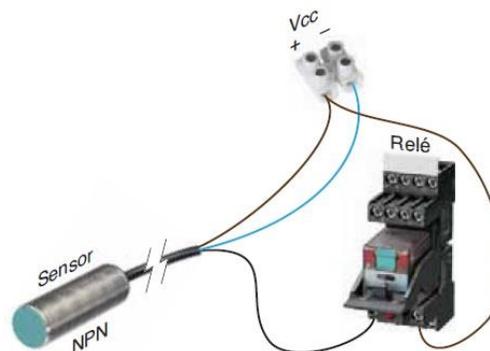
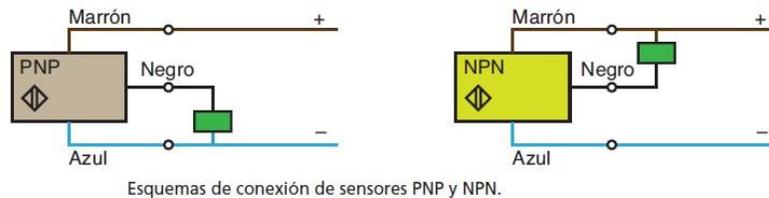
Ejemplo de conexión de un sensor de dos hilos.

Conexión a tres hilos

Estos sensores disponen de tres hilos. Dos de ellos son para su alimentación desde una fuente de corriente continua auxiliar y el restante para la salida a la carga.

En función del tipo de conmutación los sensores de tres hilos pueden ser **PNP** y **NPN**. En los primeros la salida es positiva y en los segundo, la salida es negativa.

Es importante tener esto en cuenta, ya que la carga se conecta de diferente forma en cada uno de ellos.



Ejemplo de conexión de un sensor NPN de tres hilos.

Los colores de los tres hilos en los detectores de tipo cilíndrico son:

BN - marrón (+) / BU - azul (-) / BK - negro (salida).

Elementos de señalización

Se utilizan para emitir señales de funcionamiento del automatismo y que el operario debe atender al realizar acciones sobre él.

Los estados que suelen señalar son: puesta en marcha de máquinas, alarmas, disparo de relés y dispositivos de protección, etc.

Los dispositivos de señalización pueden ser ópticos o acústicos.

Pilotos y lámparas de cuadro

Son dispositivos de señalización luminosa y disponen de un tamaño similar al de los pulsadores.

Están diseñados para ser ubicados en puertas de cuadros o en bases de botoneras.

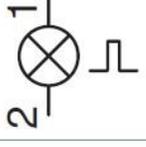
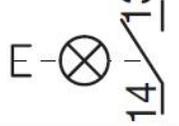


Pilotos de señalización (a) y lámpara de recambio (b).

Se pueden utilizar de diferentes colores, reservando el rojo para señalización de fallos y alarmas.

Color	Significado	Explicación	Acción del operador
ROJO 	Emergencia	Condiciones peligrosas.	Acción inmediata para hacer frente a condiciones peligrosas (por ejemplo, desconexión de la energía de la máquina siendo alertados de la condición peligrosa y manteniéndose a distancia de la máquina).
AMARILLO 	Anomalía	Condiciones anormales. Condiciones críticas inminentes.	Control y/o intervención (por ejemplo, mediante restablecimiento de la función prevista).
AZUL 	Obligatorio	Indicación de una condición que requiere la acción del operador.	Acción obligatoria.
VERDE 	Normal	Condiciones normales.	Opcional.
BLANCO 	Neutro	Otras condiciones: Puede utilizarse cada vez que exista duda sobre la aplicación del ROJO, AMARILLO, VERDE o AZUL.	Control.

Colores para los indicadores luminosos y su significado con respecto a la condición de la máquina

Elemento	Símbolo	Identificador
Lámpara de señalización en general		H
Lámpara intermitente		H
Pulsador con señalización luminosa		S

Balizas y columnas señalizadoras

Están destinadas a aplicaciones de señalización donde la distancia de visibilidad es reducida.

Tienen forma de columna y están pensadas para instalarse en la parte superior de maquinaria.

Están formadas por un pie de fijación, por el cual pasa el cableado, y una parte óptica, formada por 2 o más elementos de material transparente. Estos se montan a diferentes niveles con colores fijos o personalizados por el operario (rojo, verde, amarillo y azul).

Algunas columnas disponen también de señalización acústica, basada en un zumbador, y luces giratorias.



Columnas de señalización - Ejemplo de montaje

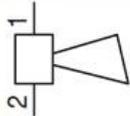
Significado de los colores en las columnas de señalización

Color	Explicación	Aplicación a modo de ejemplo
Rojo	Estado peligroso	Falla de un componente importante de la planta o instalación
Amarillo	Estado crítico inminente	Disparo de algún dispositivo de protección de una unidad auxiliar
Verde	Estado normal	Conexión habilitada, señalización de condiciones de servicio normales
Azul	Señalización de un estado que requiere intervenir	Instrucciones para que el operador ajuste valores predefinidos
Blanco/transparente	Cualquier significado; puede aplicarse cuando existen dudas respecto a los colores rojo, amarillo, verde y azul	Instrucciones para que el operador ajuste valores predefinidos

Señalización acústica

Los dispositivos de señalización acústica están basados en zumbadores, timbres, sirenas, bocinas y silbatos.

Se instalan para señalar situaciones del automatismo que requieren la atención inmediata del operario, como: alarmas, fallos o disparo de protecciones.

Elemento	Símbolo	Identificador
Sirena		H
Timbre		H
Zumbador		H
Silbato		H
Bocina		H

El temporizador o relé temporizado

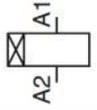
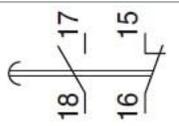
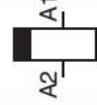
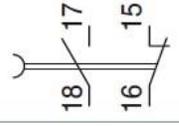
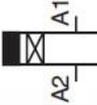
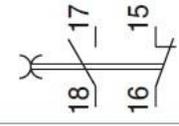
Es un dispositivo electrónico que permite realizar acciones (de activación o desactivación) después de un tiempo.

Algunos temporizadores permiten ajustar el tiempo de disparo desde unos pocos milisegundos hasta horas.

Eléctricamente está formado por una bobina y un conjunto de contactos de utilización. Según su funcionamiento los temporizadores pueden ser: **A la conexión** y **A la desconexión**:

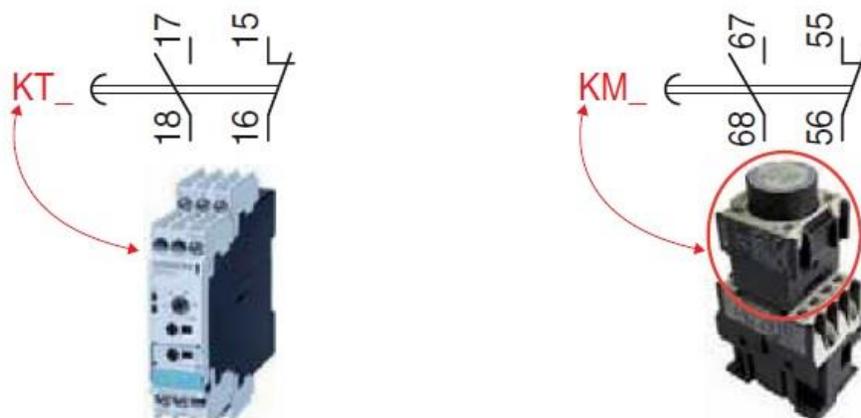
- **Temporizador a la conexión o al trabajo:** cuando la bobina es conectada a la alimentación, comienza el proceso de temporización. Después del tiempo ajustado en el temporizador, los contactos cambian de posición. Si en el proceso de temporización se desconecta la bobina, el temporizador se inicializa. Lo mismo ocurre si se desconecta la bobina una vez que el temporizador se ha disparado.

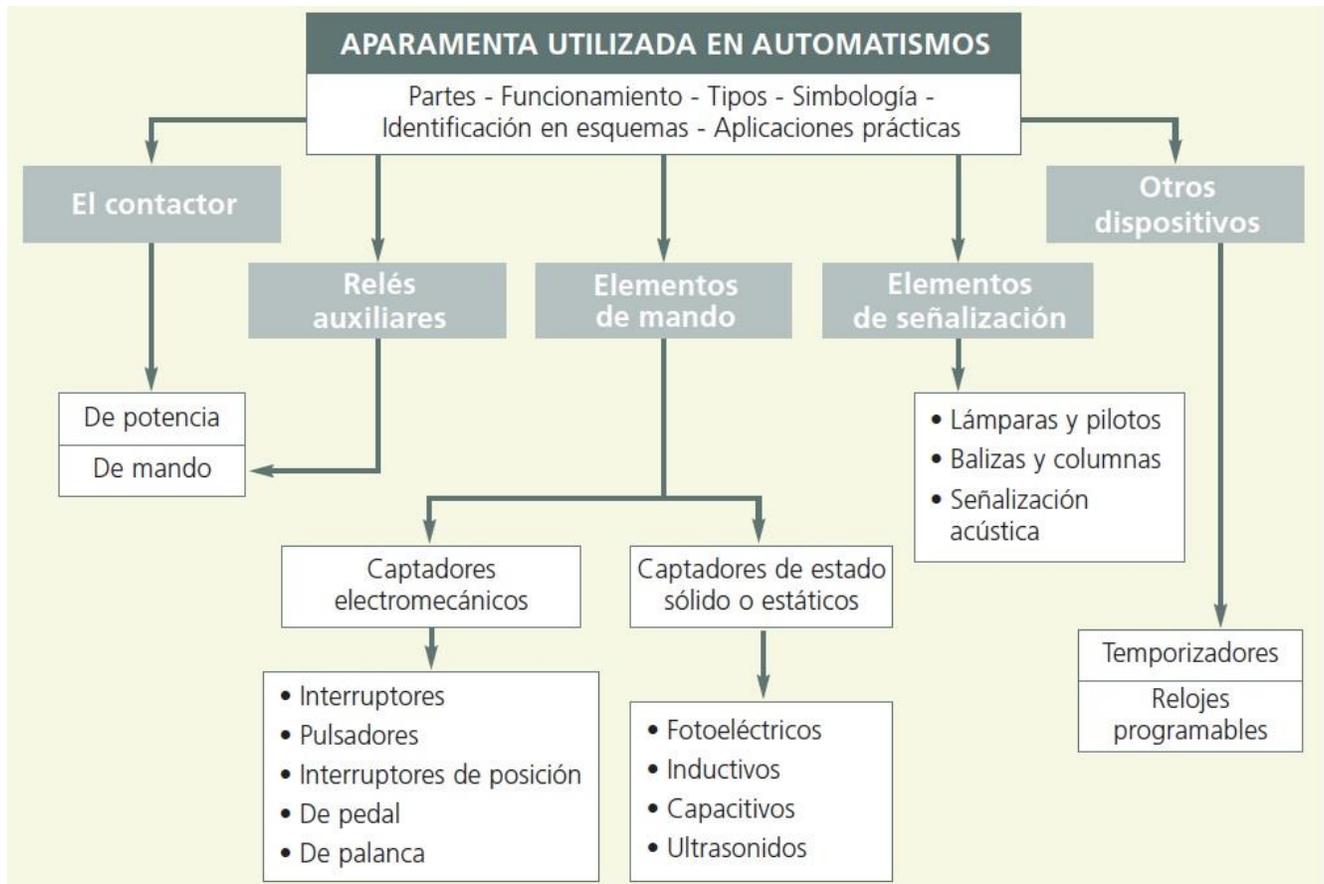
• **Temporizador a la desconexión o al reposo:** en el momento de conectar la bobina de activación a la alimentación, los contactos del temporizador actúan, volviendo a la posición de reposo una vez transcurrido el tiempo configurado. Si en el proceso de temporización se desconecta la bobina, el comportamiento es similar al temporizador a la desconexión.

Elemento	Símbolo	Identificador
Temporizador a la conexión (bobina)		KT
Contactos de temporizador a la conexión		KT
Temporizador a la desconexión (bobina)		KT
Contactos de temporizador a la desconexión		KT
Temporizador con doble función a la conexión/desconexión (bobina)		KT
Contacto de temporizador conex/desconex		KT

Los elementos de un temporizador (contactos y bobinas) se identifican en el esquema con el símbolo literal **KT**. El identificador principal **K** por ser un relé y el secundario **T** por ser un dispositivo de tiempo.

Un caso especial es el de los contactos temporizados que pertenecen a una cámara de un contactor. Si bien el símbolo de dichos contactos es el representado anteriormente, el identificador asignado a la bobina es **KM** (contactor principal) o **KA** (contactor auxiliar).





Actuadores

Un **actuador** es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control, como por ejemplo una válvula.

Son los elementos que influyen directamente en la señal de salida del automatismo, modificando su magnitud según las instrucciones que reciben de la unidad de control.

Los actuadores más usuales son:

- Cilindros neumáticos e hidráulicos. Realizan movimientos lineales.
- Motores (actuadores de giro) neumáticos e hidráulicos. Realizan movimientos de giro por medio de energía hidráulica o neumática.
- Válvulas. Las hay de mando directo, motorizadas, electroneumáticas, etc. Se emplean para regular el caudal de gases y líquidos.
- Resistencias calefactoras. Se emplean para calentar.

- Motores eléctricos. Los más usados son de inducción, de continua, sin escobillas y paso a paso.
- Bombas, compresores y ventiladores. Movidos generalmente por motores eléctricos de inducción.

Motores eléctricos

La gran mayoría de los movimientos que realizan las máquinas en la industria, para tareas tan dispares como desplazar objetos, empaquetar, cerrar puertas, subir y bajar materiales, agitar líquidos, etc., se realizan mediante motores eléctricos.

Un motor, es un receptor que al ser alimentado mediante una corriente eléctrica, produce un movimiento giratorio en su eje que, a través de los acoplamientos mecánicos adecuados, es aprovechado para efectuar diferentes trabajos en el sector industrial y doméstico.



Motor eléctrico con acoplamiento mecánico.

Tipos de motores eléctricos

Atendiendo al sistema de corriente utilizado en la alimentación, se pueden establecer dos tipos de motores: corriente alterna y corriente continua.

Debido a su fácil conexión, bajo mantenimiento y poco coste de fabricación, los más utilizados en la actualidad son los motores de corriente alterna, dejándose para aplicaciones más específicas los de corriente continua.

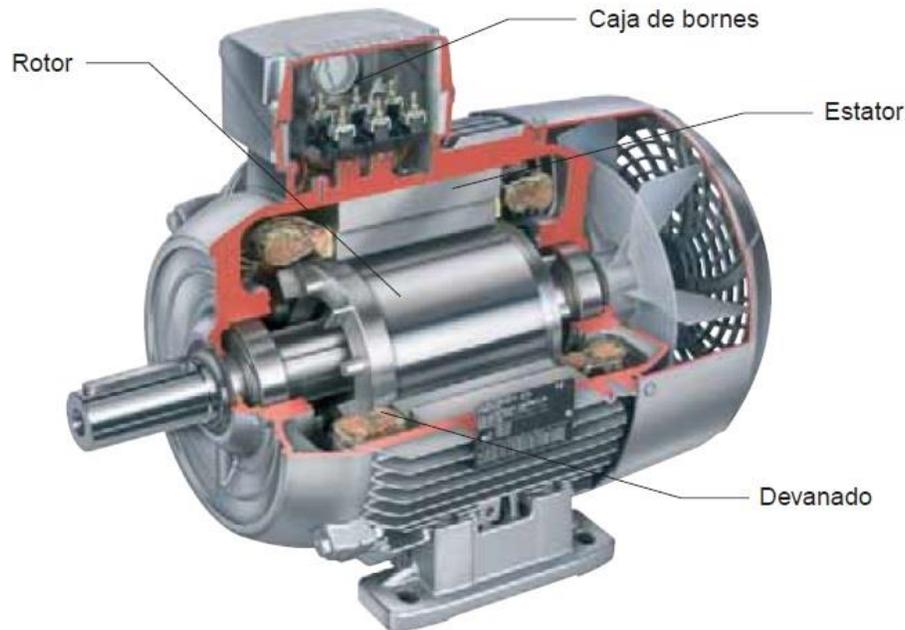
Partes internas de un motor eléctrico

Un motor, y en general cualquier máquina eléctrica rotativa, está constituida por dos partes bien diferenciadas: el rotor y el estator.

El rotor es la parte giratoria de la máquina eléctrica y se aloja en el interior del circuito magnético del estator. Desde el exterior lo único que se puede ver de él es su eje.

Dependiendo del tipo de máquina eléctrica, el rotor puede estar bobinado o no. En el primer caso, el conexionado eléctrico se realiza desde la caja de bornes, a través de escobillas, a un sistema de colector o anillos rozantes.

El estator es la parte fija de de la máquina. Está formado por chapa magnética ranurada (o piezas polares), en la que se aloja el devanado. La conexión eléctrica se realiza desde exterior a través de la caja de bornes.



Partes externas de un motor eléctrico

Si observamos el exterior de un motor eléctrico, podremos identificar las siguientes partes:

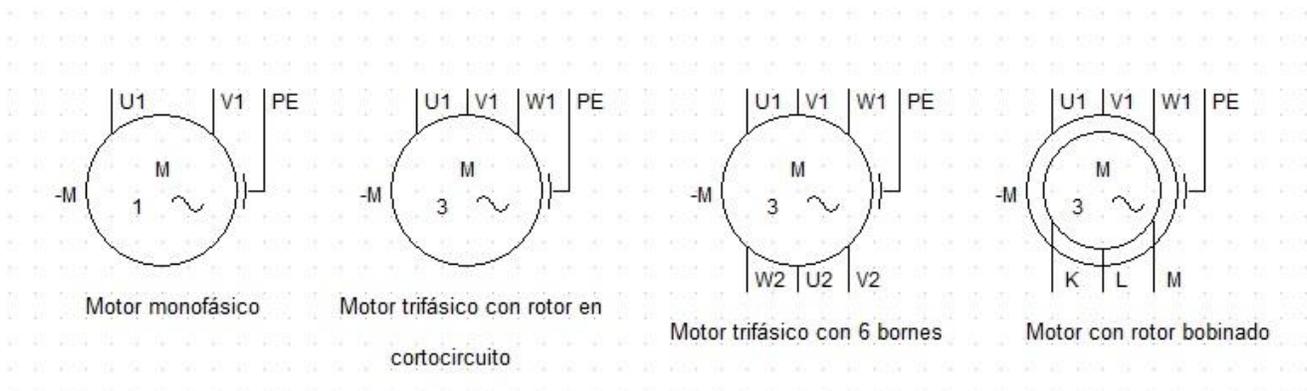
- **Caja de bornes:** permite la conexión del motor eléctrico al sistema de alimentación.
- **Placa de características:** es una placa de aluminio en la que se encuentran estampadas (por serigrafía o troquel) las características más significativas del motor.
- **Eje:** es el elemento por el que se trasmite el movimiento giratorio del motor. Dispone de una chaveta para el acoplamiento a la maquinaria en la que vaya a ser instalado.
- **Carcasa:** cubre todo el interior del motor, tanto el circuito eléctrico como el circuito magnético.
- **Tapa del ventilador:** cubre el sistema de ventilación del motor. Dispone de una rejilla para facilitar la salida de aire.
- **Base de fijación:** es la parte de la carcasa que permite la fijación del motor a la bancada en la que va a ubicarse. Suele disponer de cuatro ranuras para la fijación y ajuste mediante tornillos.



Motores de corriente alterna

En función del número de fases de la alimentación, los motores de corriente alterna **pueden ser monofásicos y trifásicos**. Los monofásicos se alimentan mediante fase y neutro y los trifásicos mediante tres fases. Los primeros se utilizan mayoritariamente en entornos domésticos y los segundos en entornos industriales.

Los símbolos normalizados para identificar estos motores son los siguientes.



Estos tipos de motores son denominados habitualmente motores de inducción o asíncronos.

Entre los motores trifásicos, podemos destacar dos tipos en función del devanado del rotor: los de **jaula de ardilla (o cortocircuito)** y los de **rotor bobinado** (o también denominado de anillos rozantes).

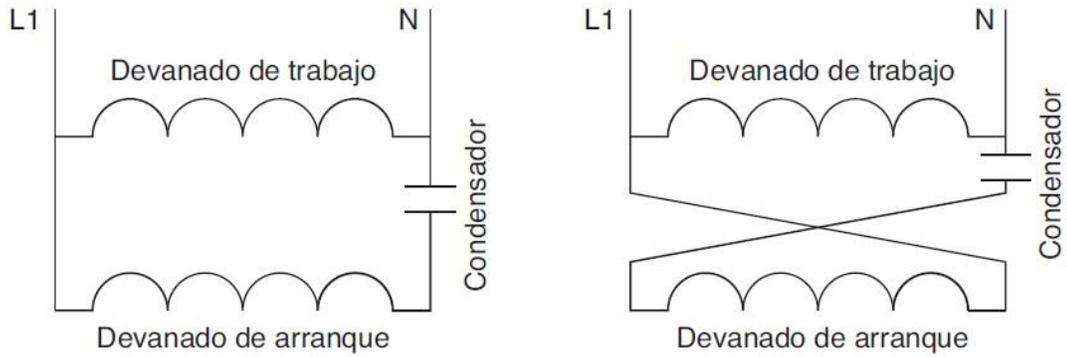
Los primeros se utilizan de forma mayoritaria en todo tipo de aplicaciones, y los segundos en aquellos casos específicos que requieren un gran par motor.

Motores monofásicos

Los motores monofásicos disponen en su interior de dos devanados, uno de arranque y otro de trabajo. Lo habitual es que la caja de bornes de este tipo de motores, disponga solamente de dos bornes, que se conectan directamente entre la fase y el neutro de la red

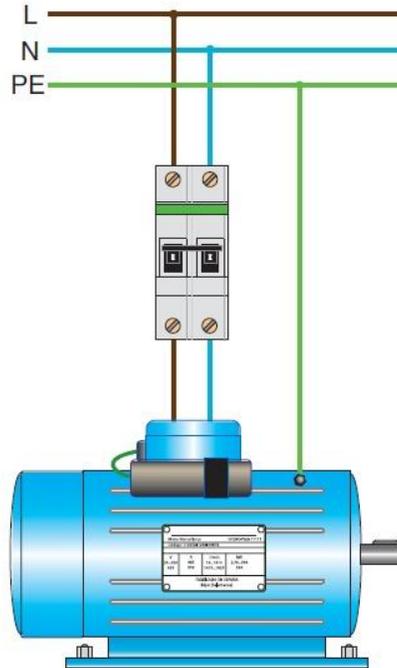
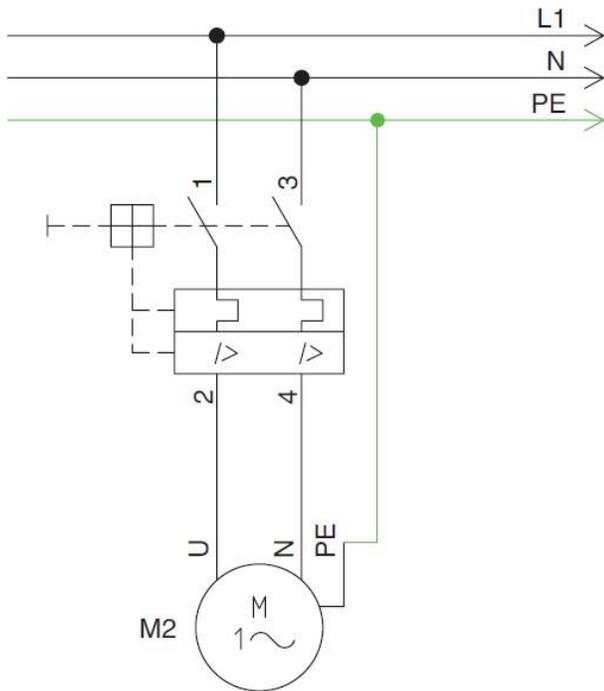
eléctrica. En este caso, el motor tiene un único sentido de giro que no se puede cambiar sin desmontar la máquina, ya que para ello es necesario permutar la polaridad de uno solo de los devanados.

Estos motores suelen tener conectado en serie al devanado de arranque, un condensador (en el exterior) o un interruptor centrífugo (en el interior). El primer método es el más utilizado en la actualidad debido a su nulo mantenimiento.



Inversión del sentido de giro de un motor monofásico.

Arranque directo de un motor monofásico



Motores trifásicos de rotor en jaula de ardilla

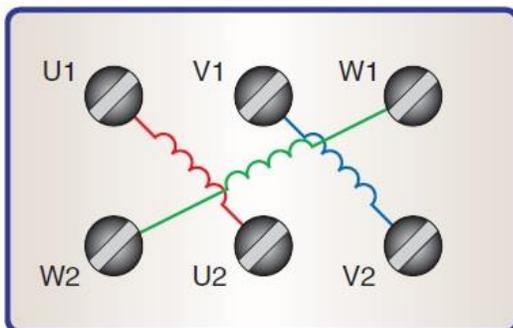
Los motores trifásicos disponen en el estator tres devanados, uno por fase.



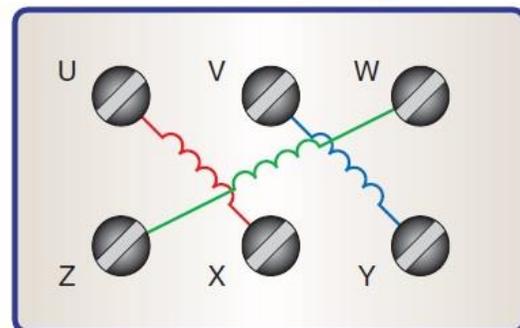
Devanado interno de un motor de inducción.

Cada devanado tiene dos terminales, un principio y un final, que salen a la caja de bornes, quedando conectados internamente de la siguiente forma:

Denominación moderna



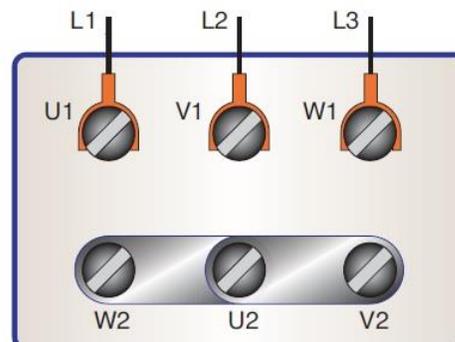
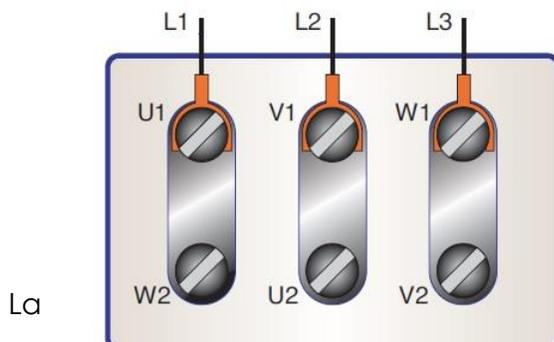
Denominación antigua



Conexión interna de los devanados de un motor trifásico.

En este tipo de motores, el rotor no está bobinado, por tanto no es necesario realizar en él ningún conexionado eléctrico.

Los motores trifásicos disponen una caja de bornes con 6 bornes, los cuales pueden ser interconectados entre sí de la siguiente manera:



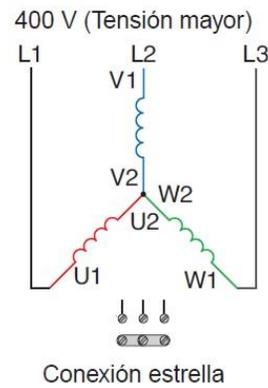
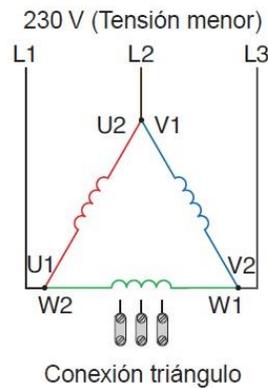
Conexión triángulo y conexión estrella.

primera

conexión se denomina **triángulo** y es para la menor tensión de funcionamiento del motor. La segunda conexión se denomina **estrella** y es para la tensión mayor.

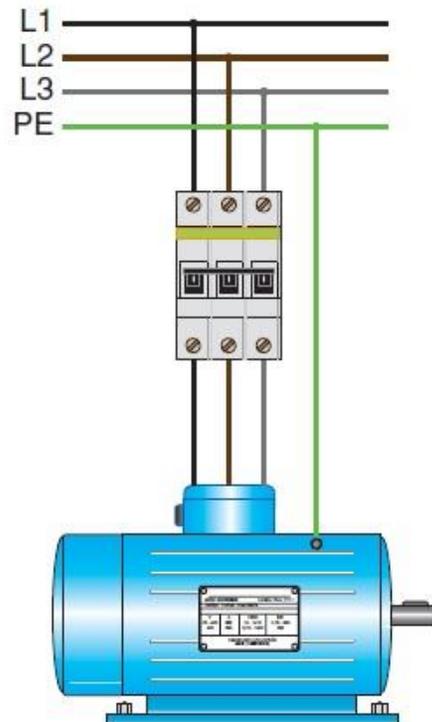
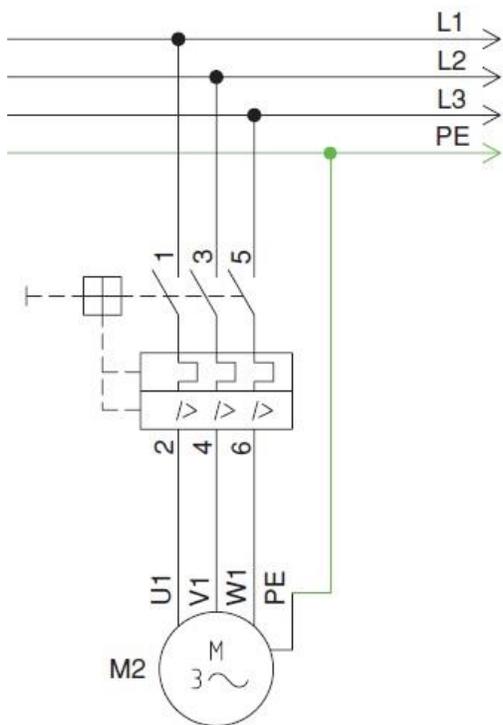
Así, se puede decir que todos los motores trifásicos son bitensión.

Por ejemplo, si un motor trifásico indica en su placa de características, que la tensión nominal es de 230V/400V, si se conecta a una red de alimentación de 230V, la conexión debe hacerse en triángulo. Sin embargo, si la red de alimentación es de 400 V, la conexión de los bornes debe hacerse en estrella.



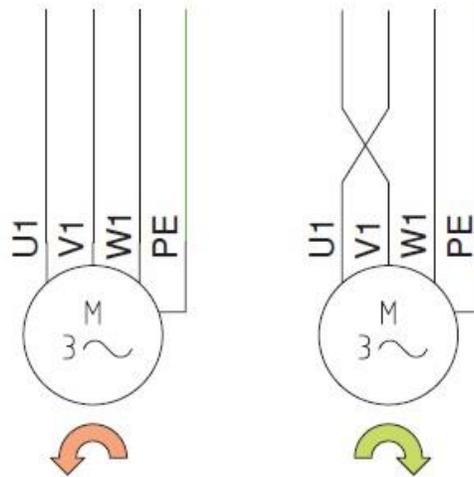
Arranque directo de un motor trifásico

Los motores de baja potencia (menores de 0,75 kW), pueden arrancarse de forma directa mediante un interruptor tripolar, que permita la apertura o cierre de todas las fases a la vez.



Inversión del sentido de giro de un motor trifásico

La inversión de giro en este tipo de motores se realiza permutando dos de las fases de alimentación.



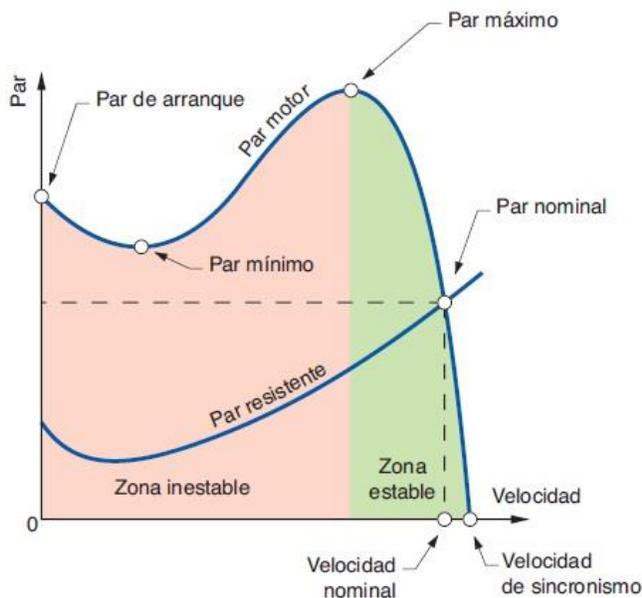
¿Qué ocurre en el momento del arranque de los motores de inducción?

El instante del arranque de un motor de inducción es especialmente delicado, ya que la máquina debe vencer el par resistente que se aplica en su eje, hasta conseguir la velocidad de funcionamiento nominal. Si la carga que se aplica en él es excesivamente grande, el motor puede no llegar a arrancar.

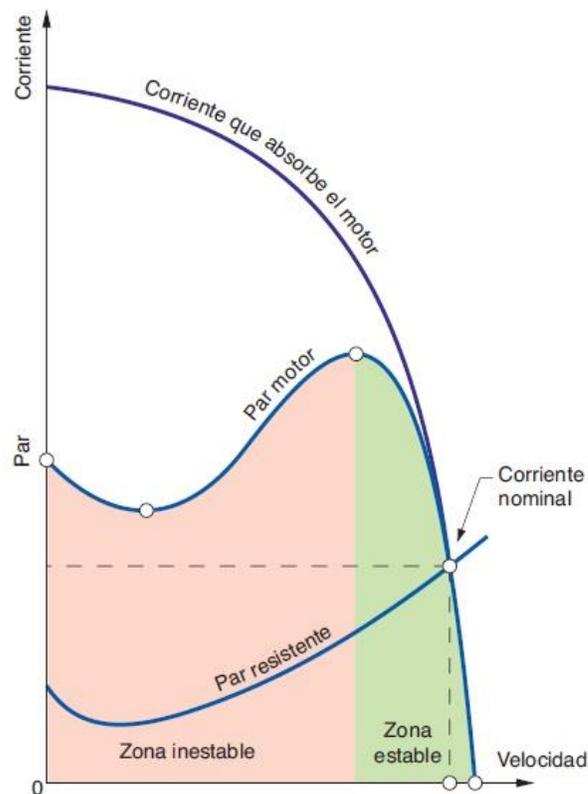
Los fabricantes de motores suelen representar esta característica mediante la denominada curva **Par-Velocidad**. En ella se puede observar lo que ocurre con el par motor hasta que consigue la velocidad nominal.

- El **par motor** es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro.
- A mayor potencia del motor, mayor es el pico de corriente en el momento del arranque.

Como podemos ver en la figura siguiente, existe una zona inestable, en la que el par motor pasa por diferentes valores. En ese momento, si el par resistente es excesivamente elevado y está por encima de la curva del par motor, la máquina puede tener problemas para arrancar o incluso no conseguirlo. Una vez superada esta zona inestable, el motor consigue su velocidad nominal, funcionando en condiciones normales.



Curva Par-Velocidad.



Curva de corriente sobre la curva Par-Velocidad.

Vencer el par resistente en el momento del arranque, cuando el motor está a plena carga, produce una sobrecorriente, cuyo valor es muy superior a la corriente nominal del motor, que puede resultar enormemente perjudicial, tanto para la instalación como para la aparamenta que alimenta la máquina.

Este efecto se enfatiza en los motores de gran potencia y por tanto es necesario tenerlo siempre en cuenta.

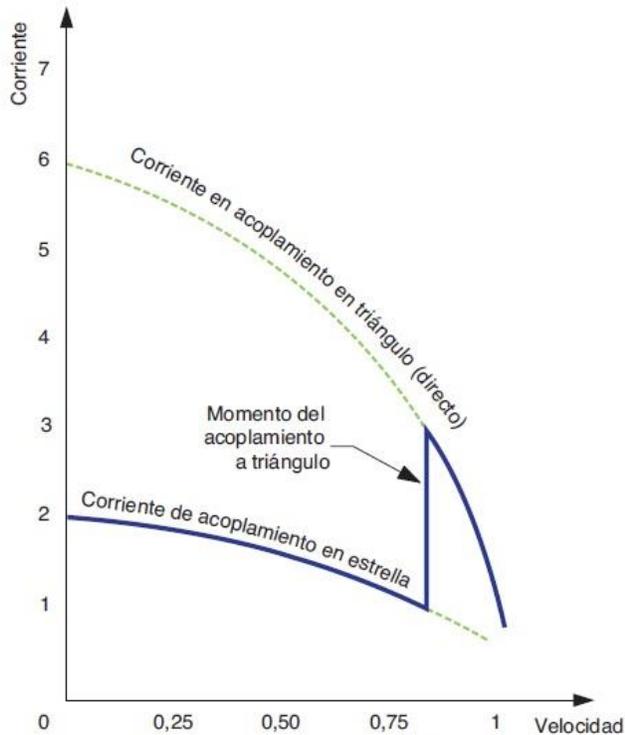
Para observar la sobrecorriente en el instante del arranque, simplemente debemos insertar un amperímetro, de fondo de escala adecuado, en serie en una de las fases que alimentan el motor.

Arranque estrella/triángulo

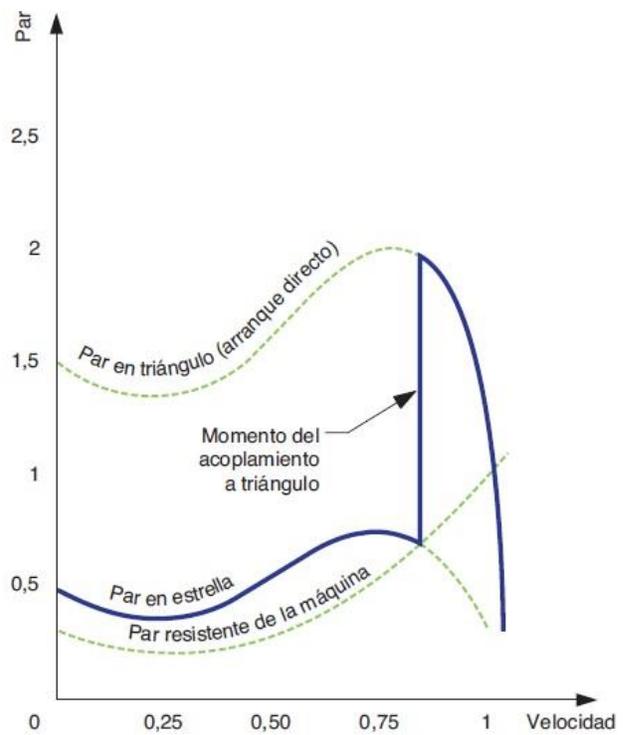
Existen varios métodos para evitar las sobrecorrientes en el instante del arranque de los motores trifásicos de jaula de ardilla, pero posiblemente, el más utilizado, por su sencilla implementación y bajo coste, es el denominado arranque estrella/triángulo.

El arranque estrella/triángulo consiste en poner en marcha el motor en dos tiempos. En el primero, que coincide con la conmutación a la red eléctrica, el motor funciona con sus bornes conectados en estrella, consumiendo así tres veces menos corriente que en funcionamiento nominal.

En el segundo tiempo, que coincide cuando la máquina ya ha conseguido la velocidad y corriente nominales, la caja de bornes se conmuta al modo triángulo, trabajando así en las condiciones de marcha normal para las que ha sido diseñado.



En el instante del arranque, al conectar el motor en estrella, la corriente disminuye 3 veces la que consumiría si el arranque se hiciera de forma directa.



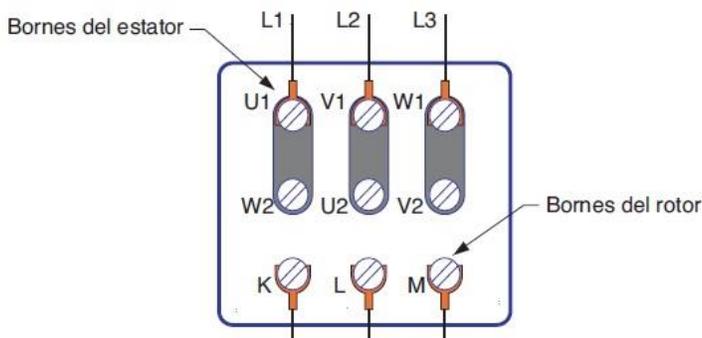
En el tiempo que la máquina está conectada en estrella, el par motor también disminuye de forma considerable. En este caso, si la carga en el eje (par resistente) es muy grande, el motor no arrancaría.

Motores de inducción con rotor bobinado

Su uso no está tan extendido como los de rotor en jaula de ardilla o cortocircuito, pero **se utilizan para aplicaciones muy concretas que requieren un gran par motor.**

La caja de bornes tiene los seis bornes habituales en los motores trifásicos, que permiten conectar los devanados del estator en estrella y triángulo, de igual forma que se ha visto para los motores de rotor en jaula de ardilla.

Pero además, dispone de tres bornes adicionales para el conexionado externo del devanado del rotor, etiquetados como **K,L,M**.



Caja de bornes de un motor con rotor bobinado.



Rotor bobinado

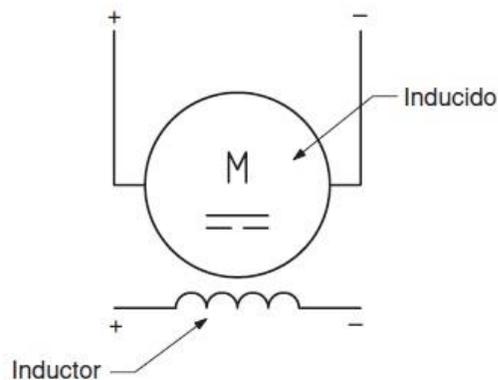
Motores de corriente continua

El fácil conexionado, bajo coste y mantenimiento de los motores de corriente alterna con rotor en jaula de ardilla, ha relegado a los motores de corriente continua a aplicaciones muy concretas. Si bien es cierto que para aplicaciones como la robótica y el posicionamiento, aun se utilizan de forma masiva, cuando se requieren máquinas de gran potencia, lo habitual es utilizarlas de corriente alterna.

Generalidades

Todas las máquinas de corriente continua son reversibles y pueden funcionar como **motor** o como **generador**.

Disponen de dos devanados: el **inducido** en el rotor y el **inductor** (o excitación) en el estator.

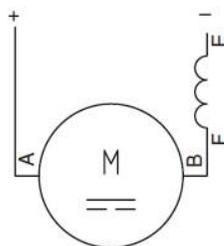


Símbolo general de un motor de corriente continua.

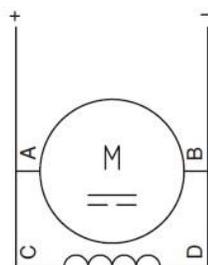
Según cómo se conecten entre sí estos devanados, se pueden conseguir las siguientes configuraciones:

- Máquina **serie**.
- Máquina **shunt** o derivación.
- Máquina **compuesta** (*compound*).
- Máquina de excitación **independiente**.

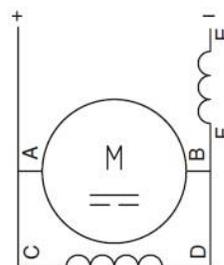
Los símbolos son los siguientes:



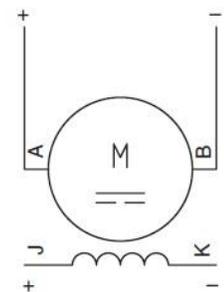
Serie.



Shunt.



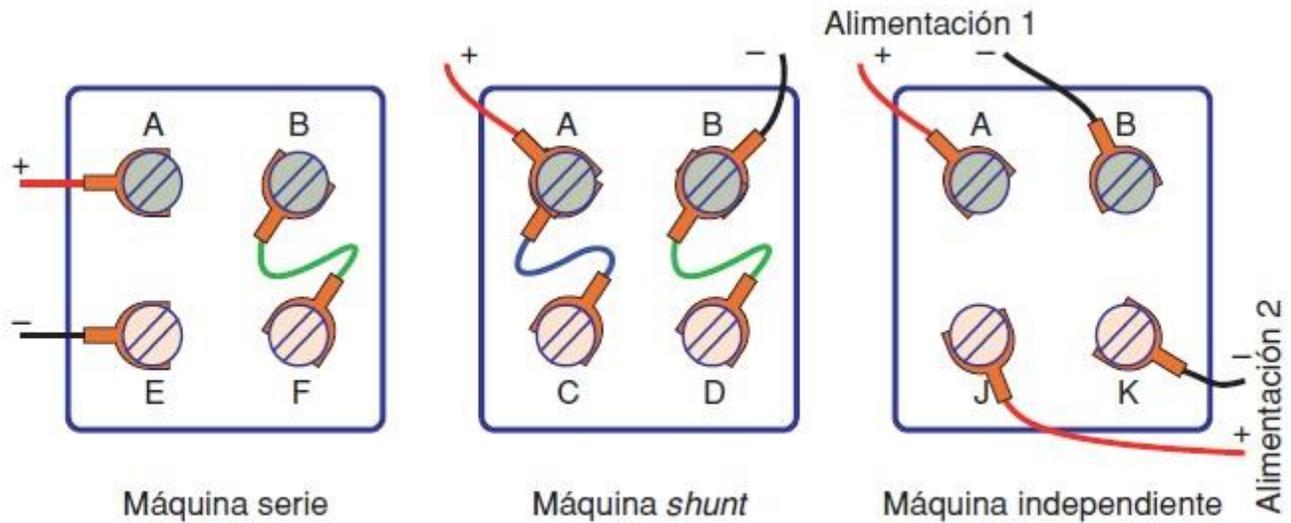
Compound.



Independiente.

La caja de bornes

Los bornes de cada uno de los devanados están etiquetados según la configuración para la que han sido diseñados. Generalmente este tipo de máquinas dispone de cuatro bornes en su caja de bornes, excepto la máquina *compound* que dispone de seis.



Cajas de bornes de los diferentes tipos de motores de corriente continua

Unidad N°2: Introducción a los automatismos industriales

Lógicas de automatización

¿Qué es un automatismo?

En electricidad, se denomina automatismo al **circuito que es capaz de realizar secuencias lógicas sin la intervención del hombre.**

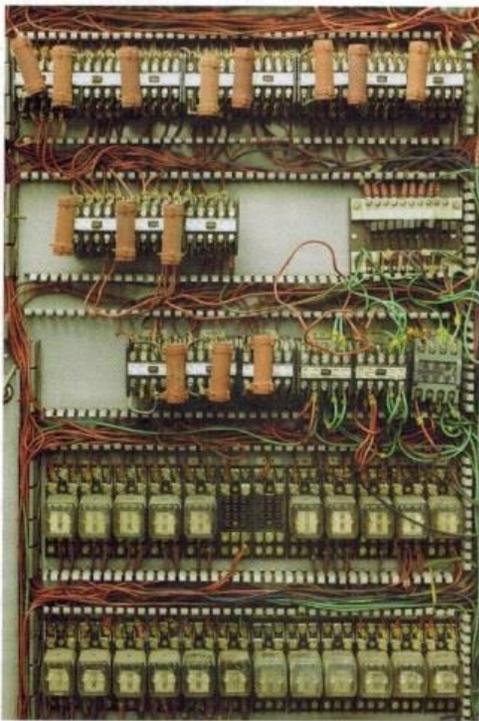
Los automatismos se utilizan tanto en el sector industrial como en el doméstico, para operaciones tan dispares como arranque y control de maquinaria, gestión de energía, subida y bajada de persianas, riego automático, etc.

Lógica Cableada y Lógica Programada

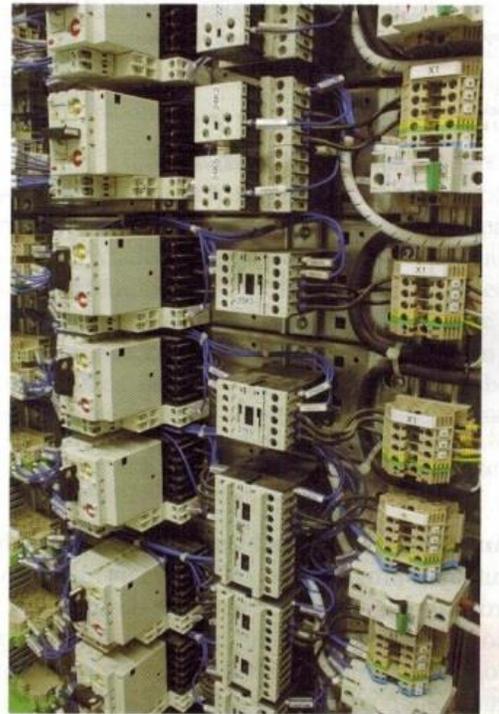
Dependiendo de la tecnología utilizada, los automatismos pueden ser **cableados** o **programados**.

En la primera, el funcionamiento lo define la conexión lógica, mediante cables, entre los diferentes elementos del sistema. Es realizada a través de contactores, relés, temporizadores, contadores y dispositivos eléctricos y electromecánicos de características similares.

En la segunda, es un programa el que procesa en la memoria de un dispositivo electrónico, la información que transmiten los diversos elementos que se le conectan.



En las antiguas instalaciones industriales basadas en lógica cableada, las tareas de mantenimiento resultaban muy complejas.



Lógica cableada en la actualidad.

Dentro de la lógica programada podemos encontrar:

Microcontroladores

Presentes en casi todos los dispositivos con control electrónico de la actualidad: heladeras, lavarropas, teléfonos, microondas; así como también en sistemas de control de motores industriales. Pueden alojarse en un hardware "a medida" para aquel uso que fueron diseñados, o algunos traen su propio hardware y accesorios listos para ser aplicados en la práctica (ejemplo Arduino).



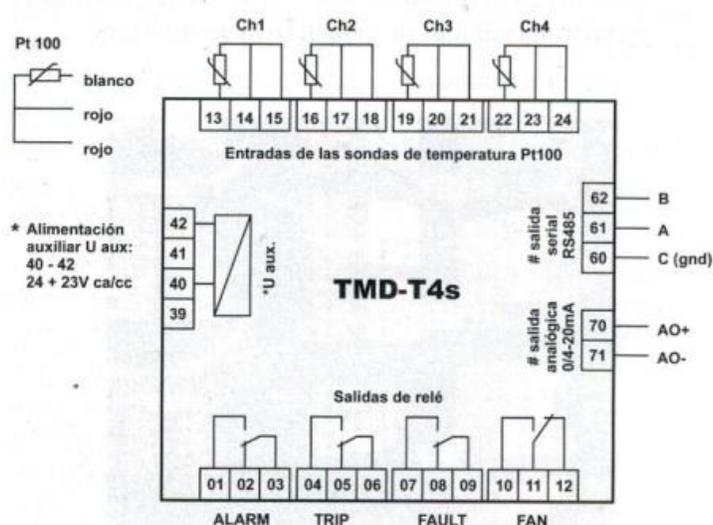
Microcontroladores PIC.



Arduino UNO

Reguladores PID

Son reguladores digitales compactos. Pueden regular temperaturas, caudal de fluidos y parámetros similares en automatismos industriales. Se utilizan en procesos continuos como la industria petrolera, alimentaria, cementera, etc.



Regulador PID. Centralita de control de temperatura de transformadores (alarma, disparo, falta y ventilación).

PLC y módulos lógicos

Los controladores lógicos programables son dispositivos electrónicos que pueden ser programados en un lenguaje de alto nivel (cercano al usuario), y por lo tanto adecuado a la capacidad cognitiva humana

Está diseñado para realizar procesos automáticos en tiempo real realizando tareas secuenciales o combinacionales, con temporizaciones, conteo, funciones aritmético-lógicas, mediante entradas y salidas analógicas y digitales en condiciones de trabajo adversas.

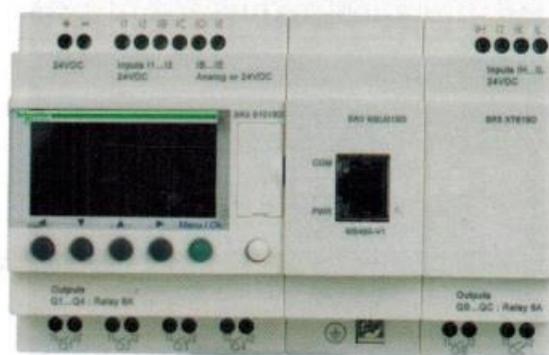
Los PLC se utilizan básicamente en el sector industrial, dada su enorme potencia, como en las cadenas de producción, control de robots y similares.

La diferencia con los módulos lógicos (también llamados relés programables), es que estos se utilizan en automatismos para el sector terciario y residencial (domótica, alumbrado de tiendas, control de automatismos de gestión energética en edificios y similar).



PLC S7-1500 (Siemens)

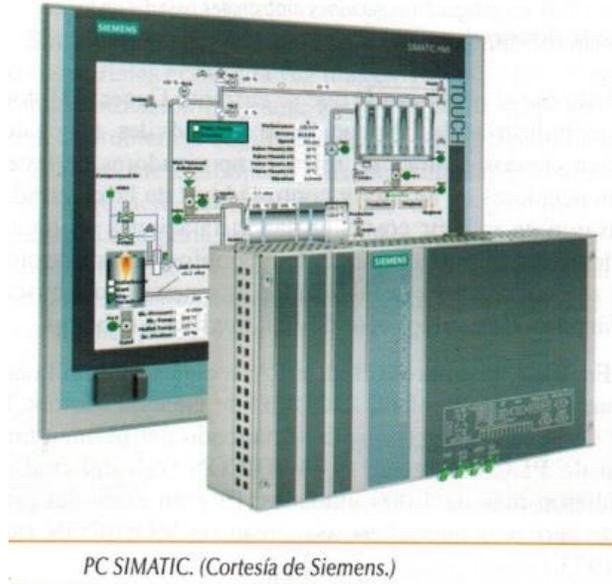
Módulo Lógico LOGO! (Siemens)



Relé programable Zelio. (Cortesía de Schneider Electric.)

PCs Industriales

Es una plataforma informática para aplicaciones industriales. Se utilizan en el control de procesos y la adquisición de datos dada su gran capacidad de cálculo, potencia de procesamiento y memoria.



PC SIMATIC. (Cortesía de Siemens.)

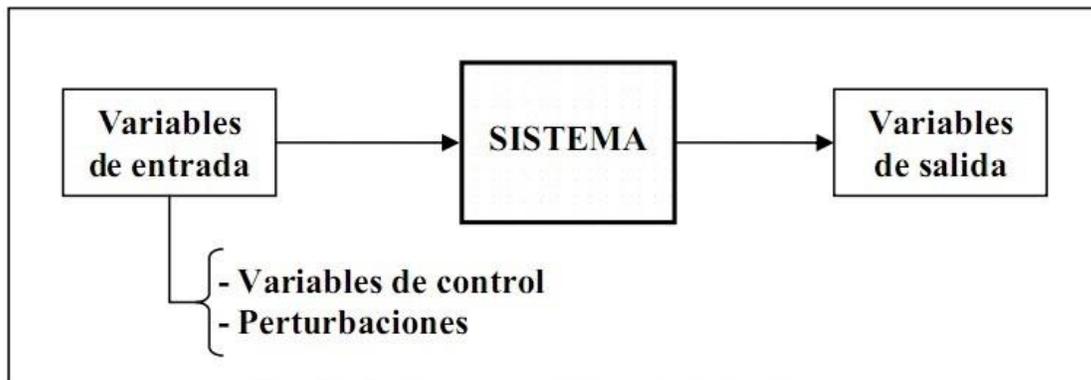
Ventajas y desventajas

Sistema de control	Ventajas	Inconvenientes
Lógica cableada	<ul style="list-style-type: none"> Económico si no hay previsión de cambio. 	<ul style="list-style-type: none"> Poca flexibilidad a pequeñas y grandes modificaciones.
PLC	<ul style="list-style-type: none"> Perfecto en instalaciones que requieran flexibilidad y cambios en la lógica de control con frecuencia o necesidad temprana de modificación. Si hay máquinas similares, es ideal ya que es cómodo de programar. Fácilmente ampliable. Alta fiabilidad (robustos). Trabajan en condiciones adversas. Es raro que se bloquee durante largos períodos de tiempo. Programación basada en lógica de contactos, siendo muy familiar para los profesionales del sector eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> Excesivo en instalaciones pequeñas. Solo pueden ejecutar un programa a la vez en orden secuencial. Capacidad de almacenamiento limitada frente al disco duro de un PC industrial.
PC industrial	<ul style="list-style-type: none"> Entorno tipo Windows. Es cómodo, fácil y accesible para el técnico. Al tener mayor capacidad que los PLCs, tiene mejor respuesta a manejar eventos reales al realizar tareas simultáneas. Flexible y potente. Lenguajes de programación fáciles, bloques de funciones, texto estructurado, etc. Gran capacidad de almacenamiento de programa. A largo plazo para almacenamiento es mejor que un PLC. 	<ul style="list-style-type: none"> Precio más elevado que los PLCs. La conexión de E/S no es tan sencilla como en un PLC. Limitación de número de tarjetas de expansión. En tiempo real tiene problemas, bloqueándose. Difícil comparar precios con tantas variables, como la cuenta de E/S, <i>software</i> de programación, etc.

Sistema de control

Un sistema de control es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control. Además, un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

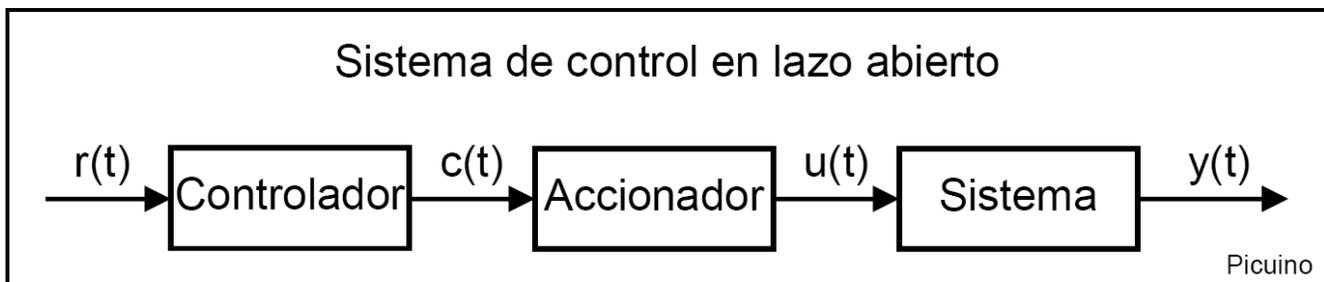
- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.



Esquema general de un sistema

Lazo abierto

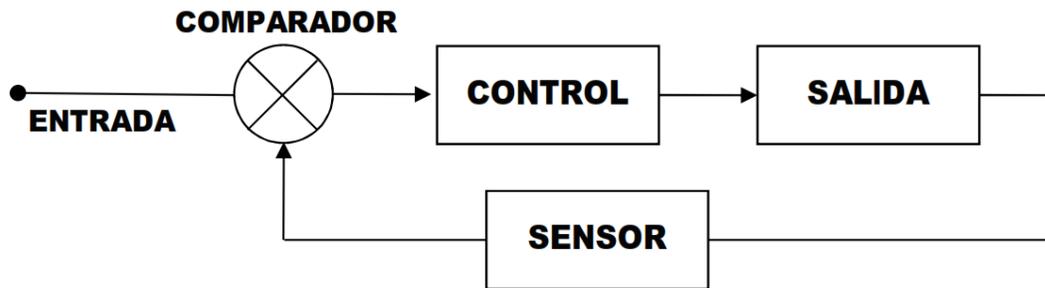
Es aquel sistema en el cual la salida no tiene efecto sobre el sistema de control, esto significa que no hay realimentación de dicha salida hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control.



Lazo cerrado

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida; es decir, en los sistemas de control de lazo cerrado o sistemas de control con realimentación, la salida que se desea controlar se realimenta para compararla con la entrada (valor deseado) y así generar un error que recibe el controlador para decidir la acción a tomar

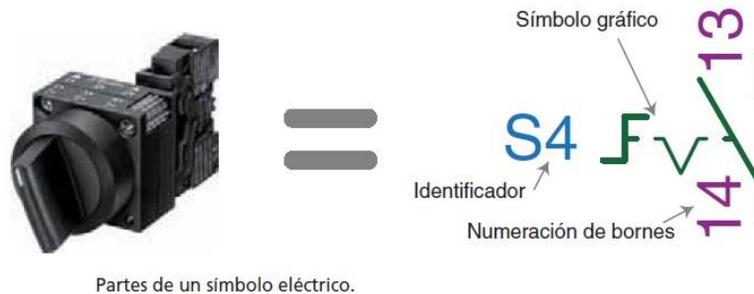
sobre el proceso, con el fin de disminuir dicho error y por tanto, llevar la salida del sistema al valor deseado.



Los símbolos en los esquemas de automatismos

Los símbolos están normalizados y son utilizados por los técnicos en automatización de diferentes países. Esto permite que un esquema eléctrico sea un lenguaje global, entendible por personal cualificado de cualquier parte del mundo.

Un símbolo eléctrico consta de dos partes bien diferenciadas: la parte gráfica y la parte literal. En la primera se representa el aparato, de forma sencilla, con elementos gráficos (líneas, rectángulos, arcos, etc.). En la segunda se define, con letras y números, la función que define el tipo del aparato y el número de orden que hace en el esquema.



Partes de un símbolo eléctrico.

Identificador con una sola letra

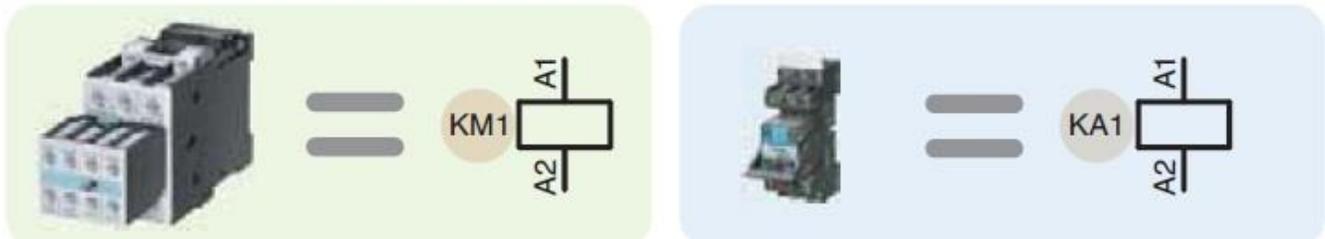
En el caso del ejemplo se representa un interruptor (S), que ocupa el cuarto (4) lugar en el esquema y que consta de dos bornes (13-14). En este caso, posiblemente, en el mismo esquema estarán representados al menos otros tres interruptores identificados como S1, S2 y S3.

Esta forma, con una letra y un número, es la más sencilla para identificar elementos en un esquema.

Identificador con una segunda letra

Solamente se utiliza en aquellos casos que se desea indicar la función general que desempeña el aparato en el esquema.

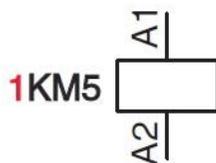
Se utiliza para identificar dispositivos en el mismo circuito que disponen de una función de tipo de aparato similar, sin embargo su función general es diferente.



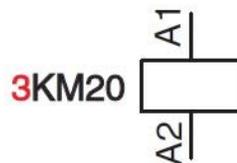
En el caso de la figura, los dos aparatos hacen la función de relé (K), sin embargo el de la izquierda es un contactor de potencia (KM) y el de la derecha un relé auxiliar (KA).

Identificador con un número delante de la letra de función

Si el identificador de un símbolo aparece con un número a la izquierda del bloque de función, este indica la página del proyecto en el que se encuentra representado.



Contactor KM5 que se encuentra representado en la página 1.



Contactor KM20 que se encuentra representado en la página 3.

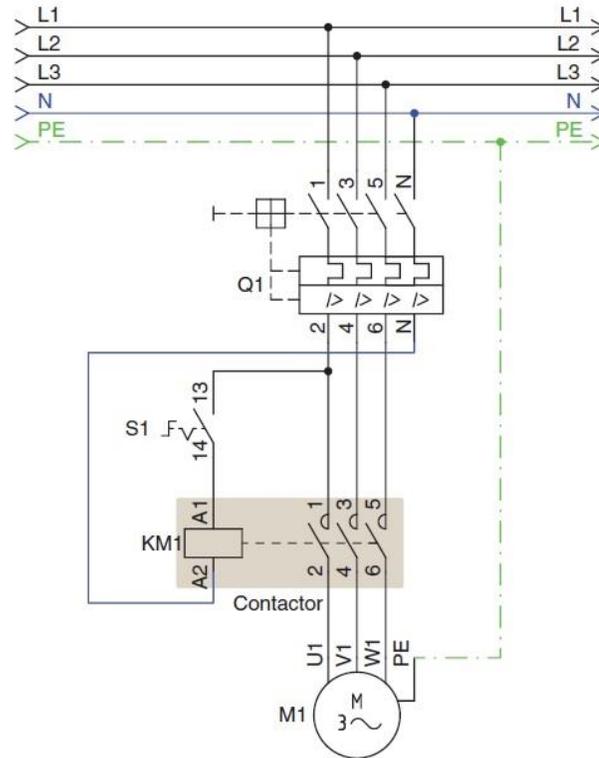
En algunas ocasiones, la omisión del número de página en el identificador se representa con un guión:
– KM5.

Representación de esquemas de automatismos industriales

En la unidad anterior hemos utilizado algunos esquemas básicos de automatismos industriales.

En ellos, tanto la representación del circuito de potencia (por ejemplo, para arrancar un motor trifásico), como la de mando (para la alimentación de la bobina de un contactor mediante diferentes tipos de sensores), se han realizado sobre el mismo esquema.

A este tipo de representación se le denomina **esquema de conjunto**



Esquema de conjunto para el arranque de un motor trifásico mediante un contactor controlado por un interruptor monopolar.

Realizar este tipo de esquemas, solamente está justificado para sencillos circuitos de automatismos.

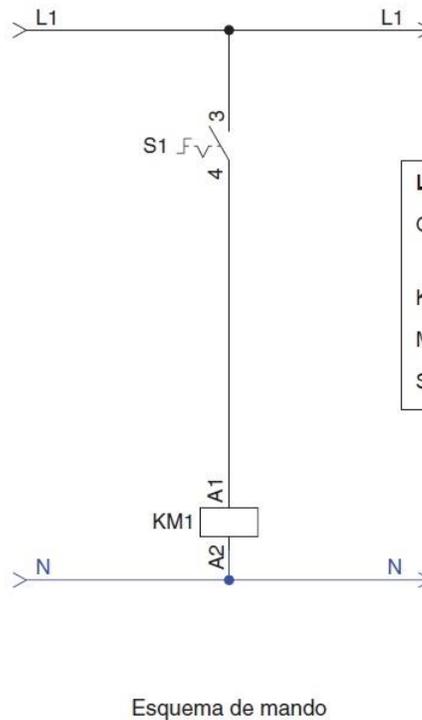
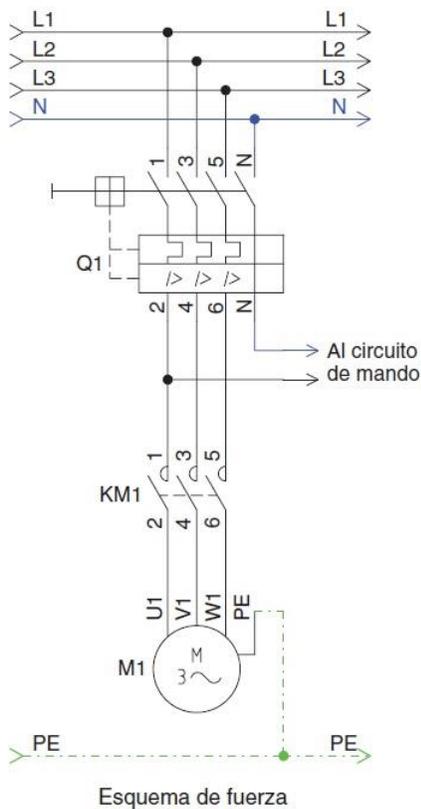
Esquemas de fuerza y mando

En la industria, los automatismos cableados pueden ser realmente complejos y por tanto, también sus esquemas. Si estos se realizaran por la representación conjunta, el técnico de montaje y de mantenimiento tendría verdaderas dificultades para entenderlos.

Por este motivo, se hace necesario separar gráficamente el circuito de potencia del circuito de control o de mando.

El **esquema de potencia o de fuerza** representa la parte del circuito que alimenta el receptor o receptores de potencia.

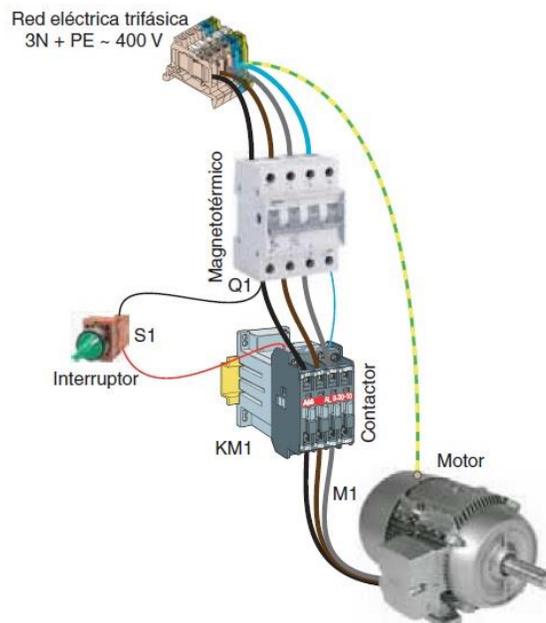
El **esquema de mando** representa, entre las dos fases de alimentación, la combinación lógica de los contactos de los sensores utilizados para gobernar las bobinas de los diferentes órganos de control, como contactores, temporizadores, relés auxiliares, etc.



Legenda:
 Q1: interruptor magnetotérmico tetrapolar
 KM1: contactor
 M1: motor
 S1: interruptor monopolar

En el esquema de fuerza los interruptores y protecciones de corte general se representan en la parte superior, próximos a las líneas de la red de alimentación. Los receptores o motores en la parte inferior. Y entre ambos los contactores de potencia.

En la práctica, el circuito de fuerza se realiza con cable de mayor sección que el de mando, ya que debe estar calculado para soportar el paso de corriente del receptor de potencia, en este caso el motor. Sin embargo, el cableado de mando se realiza con cable de menor sección (1,5 mm² de color rojo), ya que el consumo de las bobinas no es muy elevado.



Representación realista del circuito.

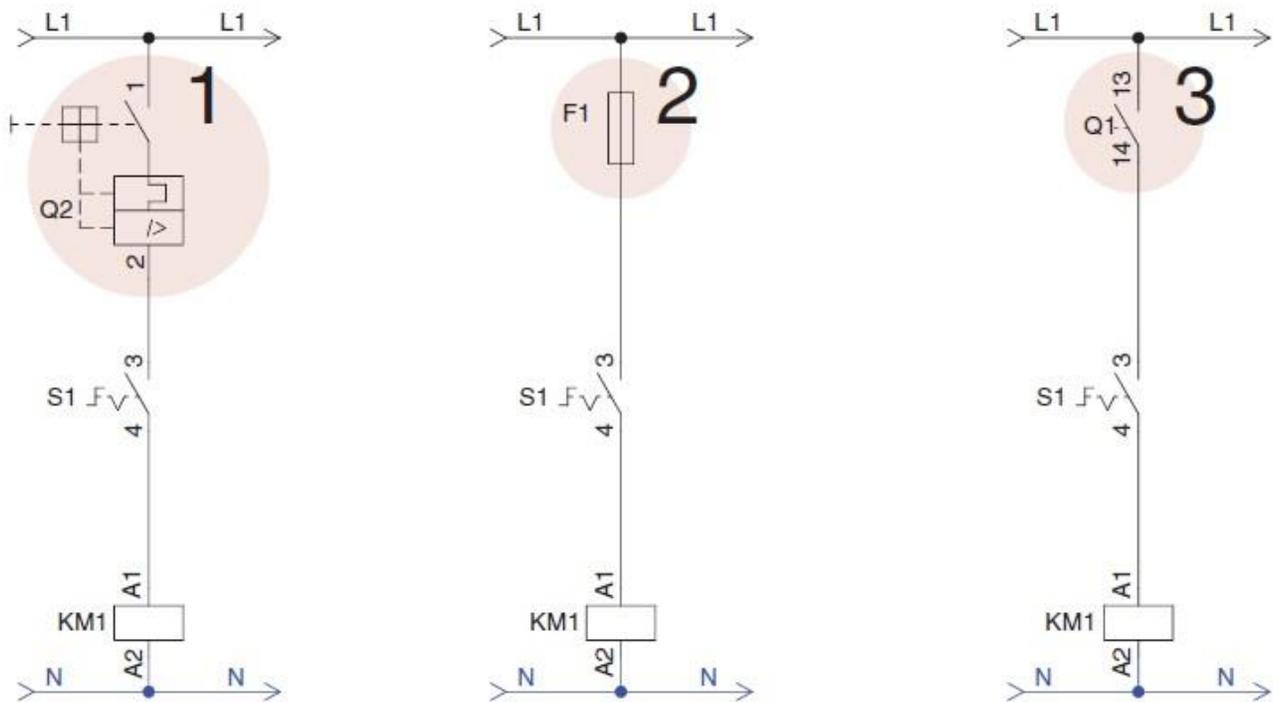
Conexión y protección del circuito de mando

El circuito de mando debe disponer de un elemento protección contra cortocircuitos.

Este puede ser el mismo que se utiliza en el circuito de fuerza, según lo mostrado en el anterior circuito, o uno exclusivo para él.

Estas son algunas formas de proteger contra sobrecargas y cortocircuitos el circuito de mando:

- Mediante un interruptor magnetotérmico monopolar independiente (1).
- Mediante un fusible (2).
- Mediante un contacto auxiliar acoplado mecánicamente al interruptor magnetotérmico de fuerza (3).



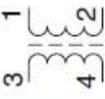
Circuito de mando a tensiones reducidas

En el ejemplo mostrado anteriormente, la tensión de alimentación del circuito de fuerza es de 400 V. Sin embargo, el circuito de mando trabaja a 230 V. Por este motivo este circuito se conecta entre fase y neutro.

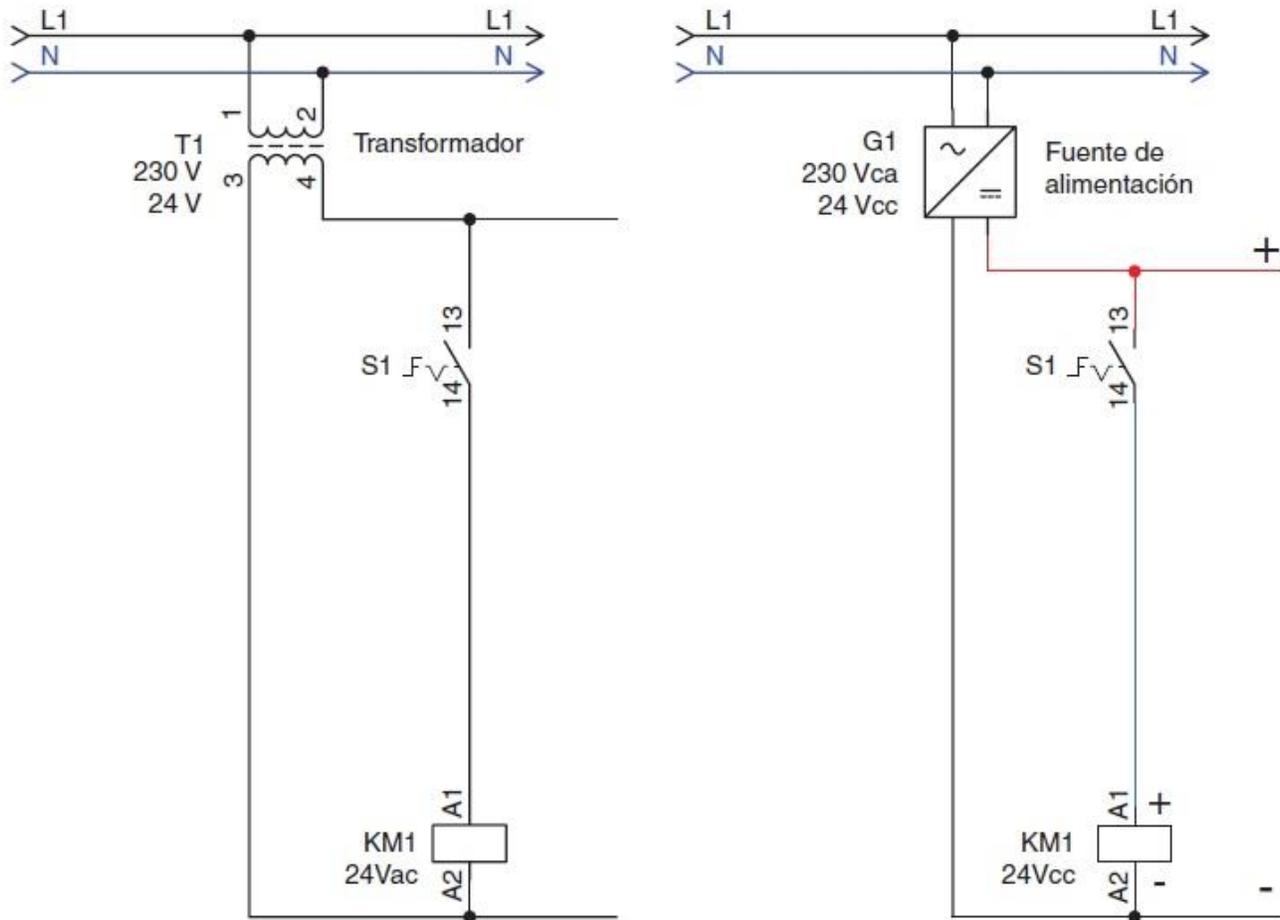
Existen contactores, que si bien pueden controlar la carga de potencia para tensiones de 230 o 400 V, sus bobinas están diseñadas, por seguridad, para trabajar a tensiones reducidas de 24 o 48 V, en corriente alterna o corriente continua.

En estas ocasiones el circuito de mando debe estar conectado a un transformador reductor de tensión en el primer caso, y a una fuente de alimentación en el segundo.

Los símbolos del transformador de mando y la fuente de alimentación son los siguientes:

Elemento	Símbolo	Identificador
Transformador		T
Fuente de alimentación		G

Los esquemas de mando para el arranque del motor trifásico con un interruptor monopolar son:

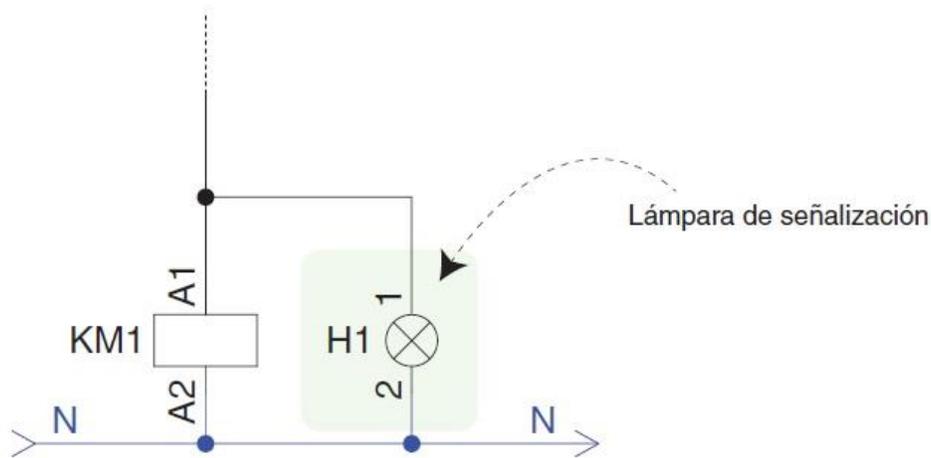


Señalización del estado de los contactores

En muchas ocasiones es necesario señalar el estado de un contactor. Esto permite al operario detectar, de un simple vistazo si una máquina, está en funcionamiento o no.

Este tipo de señalización se puede realizar de varias maneras, pero la más sencilla se hace mediante pilotos, ubicados en las puertas de los cuadros eléctricos, o balizas luminosas.

Las lámparas de señalización se conectan en paralelo con las bobinas de los contactores o relés de los que se desea saber su estado de funcionamiento.



Conexión de lámpara de señalización en paralelo a bobina de un contactor.

Arranque de motores trifásicos

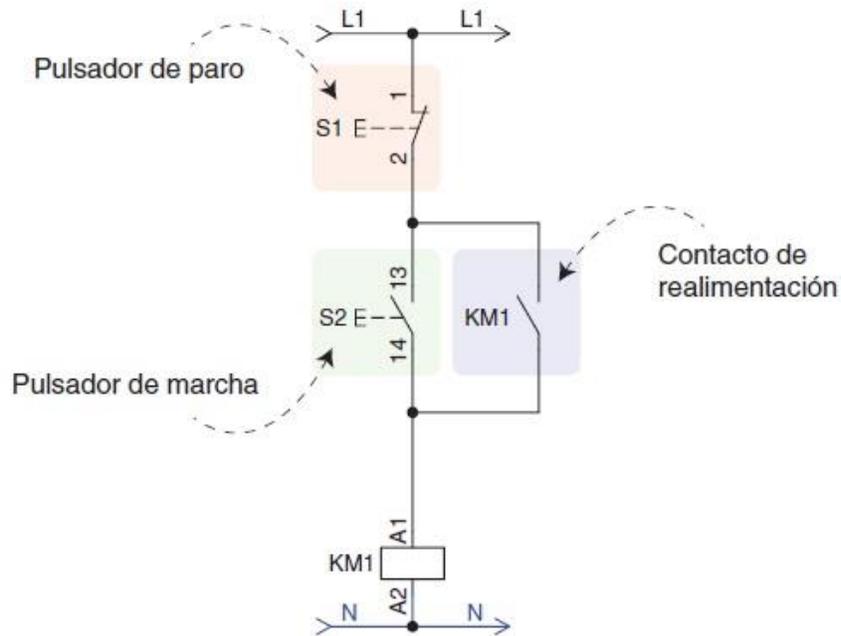
Realimentación

El circuito visto hasta ahora, basado en el mando con interruptor monopolar, para el arranque de motores, tiene un gran inconveniente de seguridad. Si estando la máquina funcionando, se produce un corte de la alimentación de la red eléctrica, cuando esta se repone nuevamente, el motor arrancará de inmediato sin ningún control para el operario y si el motor está instalado en una máquina peligrosa (por ejemplo, una sierra eléctrica), este arranque inesperado puede ser sumamente peligroso.

Por este motivo, **lo habitual para el arranque de motores es utilizar botoneras con pulsadores de marcha y paro.**

Si en el circuito de mando anterior, sustituimos el interruptor por un pulsador (S2), apreciaremos que el motor solamente está en marcha cuando se mantiene la acción sobre él.

Para que el motor siga funcionando una vez cesada la acción sobre el pulsador, es necesario poner un contacto del propio contactor en paralelo con el pulsador, esta conexión es lo que se denomina **realimentación**. En esta situación, solamente se puede desactivar el circuito si se corta la alimentación de la bobina. Por tanto, para realizar esto, se debe colocar un pulsador normalmente cerrado (S1) en serie al conjunto en paralelo. Así, cada vez que se acciona este **pulsador de parada**, se interrumpe la alimentación de la bobina, el contacto de realimentación se abre y de esta manera se desconecta el contactor parando el motor.



Uso de la realimentación.

El relé térmico

El relé térmico es un dispositivo de protección utilizado en circuitos de automatismos, destinados al arranque de motores. Con él se **protege el motor contra sobrecargas y fallos debidos a la falta de una fase**. Por tanto, siempre que se realice un circuito para el arranque de un motor, es necesario utilizar un relé térmico.

El relé térmico se conecta al circuito de fuerza, mediante seis bornes destinados a tal fin, y al circuito de mando, mediante un conjunto de contactos auxiliares.

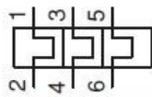
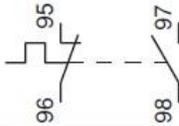
La parte de fuerza del relé térmico es la encargada de detectar la sobrecarga. Los contactos auxiliares se utilizan para la desconexión del circuito de mando del contactor que gestiona el motor y para señalar el disparo.



Partes del relé térmico (SIEMENS AG).

En los relés de baja potencia, los bornes de entrada se suelen presentar en forma de varillas o pletinas de cobre para insertar directamente en el contactor.

Así, los símbolos utilizados para representar el relé térmico en ambos esquemas son los siguientes:

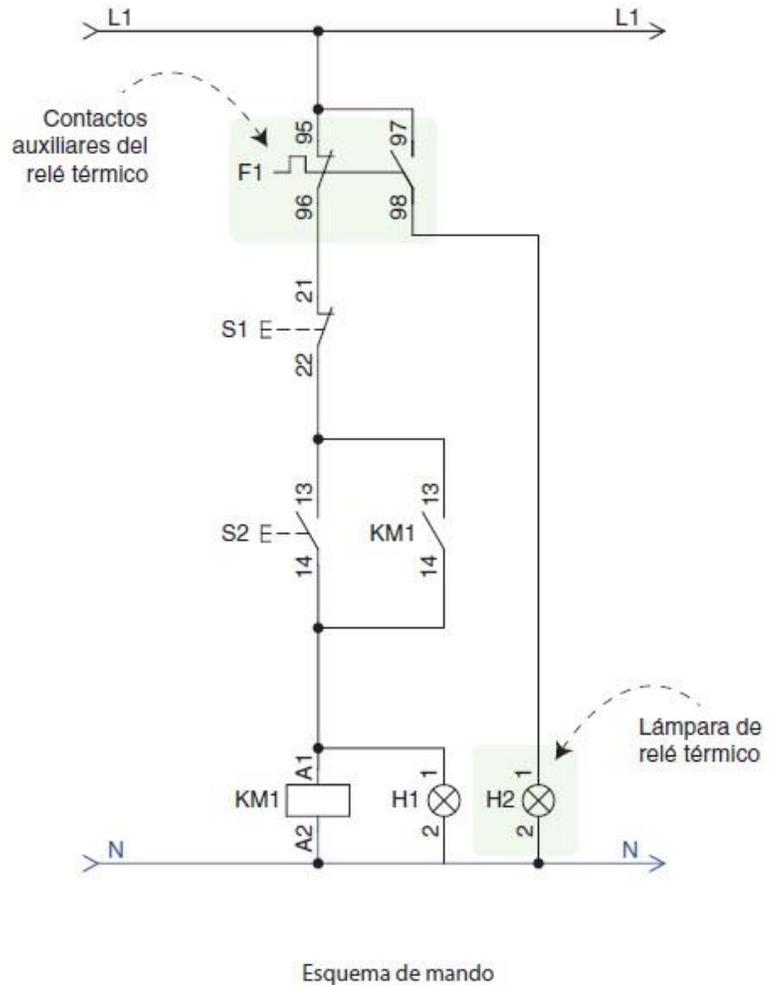
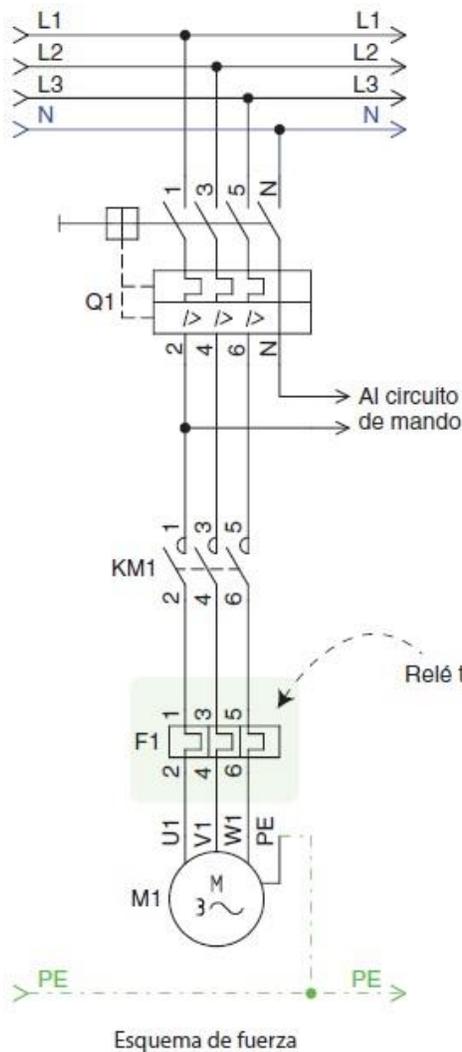
Elemento	Símbolo	Identificador
Relé térmico para circuito de fuerza		F
Contacto auxiliar de relé térmico NC		F
Contactos auxiliares NO y NC de relé térmico		F
Contacto auxiliar conmutado de relé térmico		F

El relé térmico en los esquemas de automatismos

La protección con el relé térmico, se representa en el esquema de fuerza entre el contactor y el motor. En el esquema de mando se representa lo más próximo a la fase representada en la parte superior y debajo del dispositivo de protección, si es que existe.

El contacto cerrado se pone en serie con el circuito que alimenta la bobina del contactor. El contacto abierto se conecta a un dispositivo de señalización (por ejemplo, una lámpara).

Si el relé térmico detecta sobrecarga o falta de una fase en el circuito de fuerza, el dispositivo de protección se dispara. En esta situación, el contacto auxiliar cerrado del relé térmico se abre, desconectando el circuito de alimentación de la bobina. Si esto ocurre, el contactor KM1 abre sus contactos en el circuito de fuerza y el motor se detiene. En el mismo suceso, el contacto abierto del relé térmico se cierra, alimentando la lámpara de señalización (H2), que se enciende indicando que el relé térmico se ha disparado.



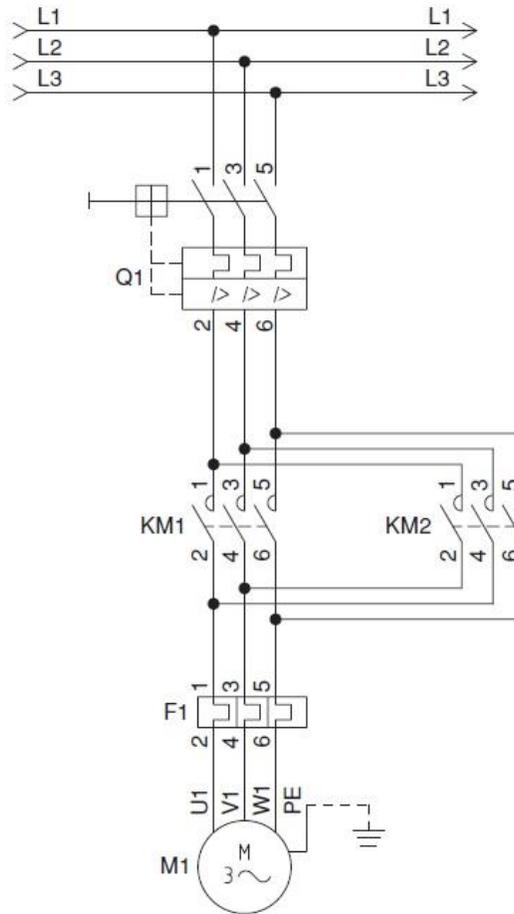
Arranque de un motor trifásico con pulsadores de marcha y paro con protección por relé térmico.

Inversión del sentido de giro de motores trifásicos con contactores

Como vimos anteriormente, si queremos invertir el sentido de giro de un motor trifásico, se deben permutar dos de las fases que lo alimentan.

Esta maniobra, muy utilizada en ambiente industrial, **se puede realizar con un conmutador trifásico inversor de potencia o a través de un automatismo basado en dos contactores**. En este caso, en el circuito de fuerza, uno de los contactores aplica las fases en los bornes del motor con un orden determinado, por ejemplo: L1-L2 y L3, el otro hace lo mismo, pero permutando dos de ellas, por ejemplo, **L2-L1-L3**.

Así, cuando la alimentación trifásica que llega al motor se recibe por un contactor, el motor gira en un sentido, y si lo hace por el otro, gira en sentido contrario.



En ningún caso se pueden activar dos contactores a la vez, ya que se produciría un **cortocircuito**. Esto se puede evitar utilizando diferentes tipos de **enclavamientos**:

- Utilizando un conjunto de dos contactores que disponga de **enclavamiento mecánico**.
- Diseñando el circuito de mando de tal forma que si un contactor está activado, el otro no pueda hacerlo y viceversa. (**Enclavamiento eléctrico**)

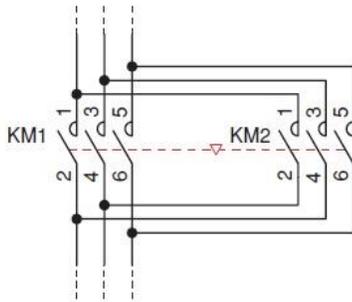
En el primer caso, los fabricantes de material eléctrico disponen de conjuntos de contactores con el enclavamiento mecánico ya montado, o con un sistema de ensamblado rápido, que evita que los dos contactores puedan activarse a la vez.



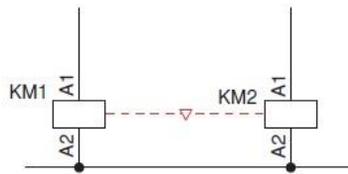
Diferentes conjuntos de contactores con enclavamiento mecánico para realizar la inversión del sentido de giro en motores trifásicos.

A estos equipos se les dota también de un conjunto de puentes, con el cambio de fases precableado, que facilita la conexión al circuito de fuerza en el que van montados.

La unión de dos contactores con **enclavamiento mecánico**, se representa de la siguiente forma:



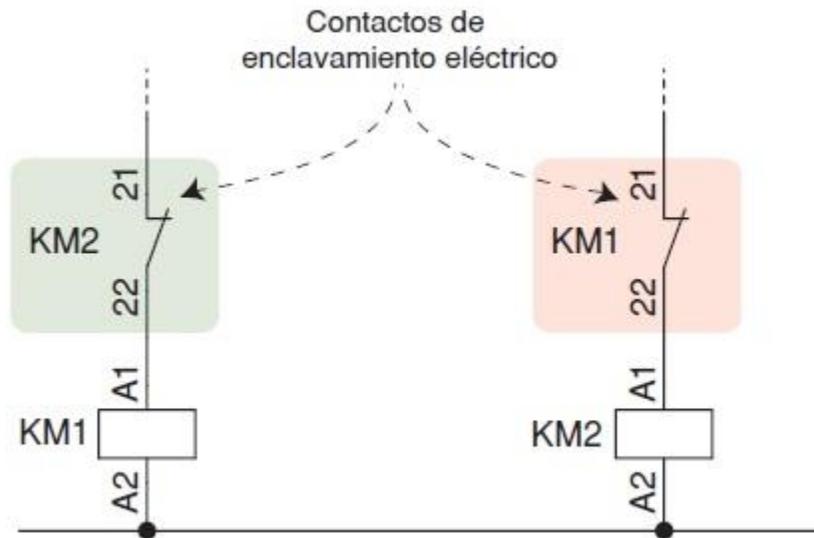
En el esquema de fuerza



En el esquema de mando

Representación de enclavamiento mecánico entre dos contactores.

En el segundo caso, en el circuito de mando es necesario insertar en serie un contacto cerrado de uno de los contactores, en la rama que alimenta la bobina del contrario y viceversa. Esta configuración, permite realizar un **enclavamiento eléctrico**, que evita que un contactor pueda activarse si el otro sigue funcionando.



Los dos sistemas son compatibles entre sí y se pueden utilizar en un mismo circuito.

Circuitos de mando utilizado para invertir el sentido de giro de motores trifásicos

Mediante conmutador rotativo de tres posiciones

La conmutación para que el motor gire a izquierdas o a derechas se realiza mediante un conmutador rotativo de tres posiciones.

En la posición central el motor está parado, ya que no se alimenta ninguna de las bobinas de los contactores. En las posiciones I y II se activan las bobinas de los contactores KM1 y KM2 respectivamente, haciendo que los contactores del circuito de fuerza alimenten el motor para que gire en un sentido u otro (figura izquierda).

Por el propio diseño del conmutador, es imposible que un contactor se active a la vez que el otro. Aun así, se hace aconsejable el uso de enclavamiento eléctrico o mecánico en el circuito.

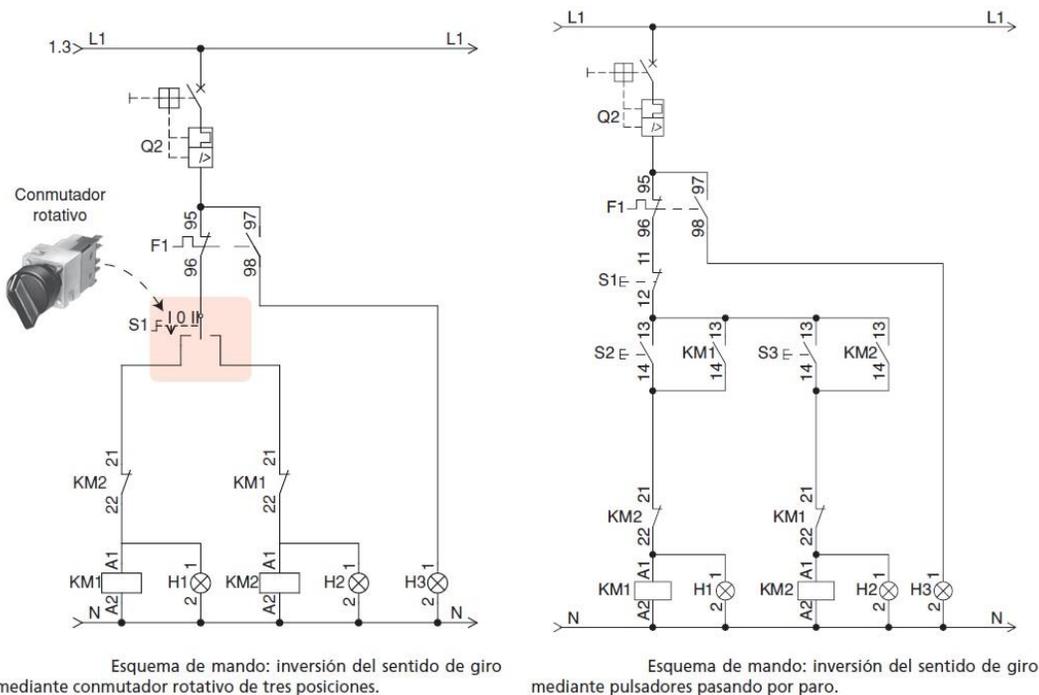
Mediante pulsadores pasando por paro

En este circuito se utilizan dos pulsadores de marcha, uno para cada sentido de giro, y un solo pulsador de parada (figura derecha).

Cada vez que se acciona un pulsador de marcha, se activa el contactor correspondiente, realimentándose a través de un contacto propio normalmente abierto.

Como sistema de protección, es necesario el uso de enclavamiento eléctrico, para evitar que se active un contactor mientras esté en funcionamiento el otro.

En este circuito es necesario activar previamente el pulsador de paro (pasar por paro) para poder realizar la inversión del sentido de giro.



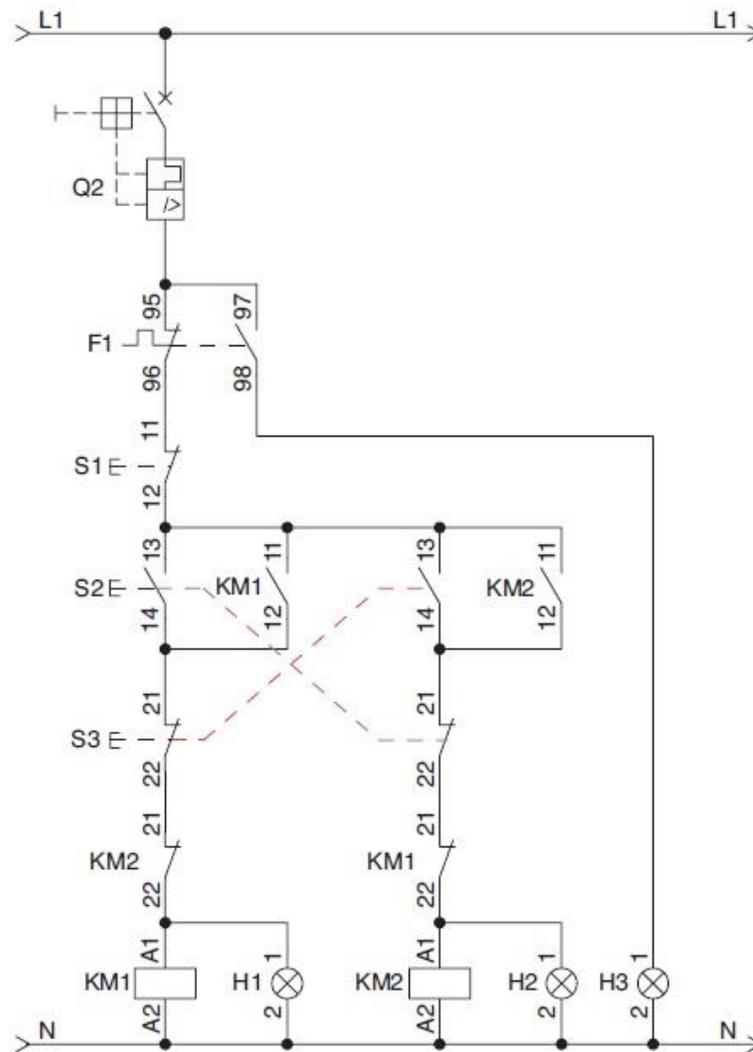
Mediante pulsadores sin pasar por paro

Esta es una variante del circuito anterior. En lo básico funcionan de la misma manera.

La gran diferencia se encuentra en utilizar para la puesta en marcha, pulsadores de doble cámara de contactos (uno NO y otro NC).

El contacto NO (normalmente abierto) de estos pulsadores, se utiliza para activar la bobina del contactor de forma similar a lo visto en el circuito de mando anterior. Sin embargo, el contacto NC (normalmente cerrado), se encarga de desactivar la bobina del contactor contrario.

Como en un pulsador de doble cámara, los contactos cerrados se abren antes de que se cierran los abiertos, se garantiza que la activación de un contactor se realiza cuando el otro está desactivado.



Arranque estrella-triángulo

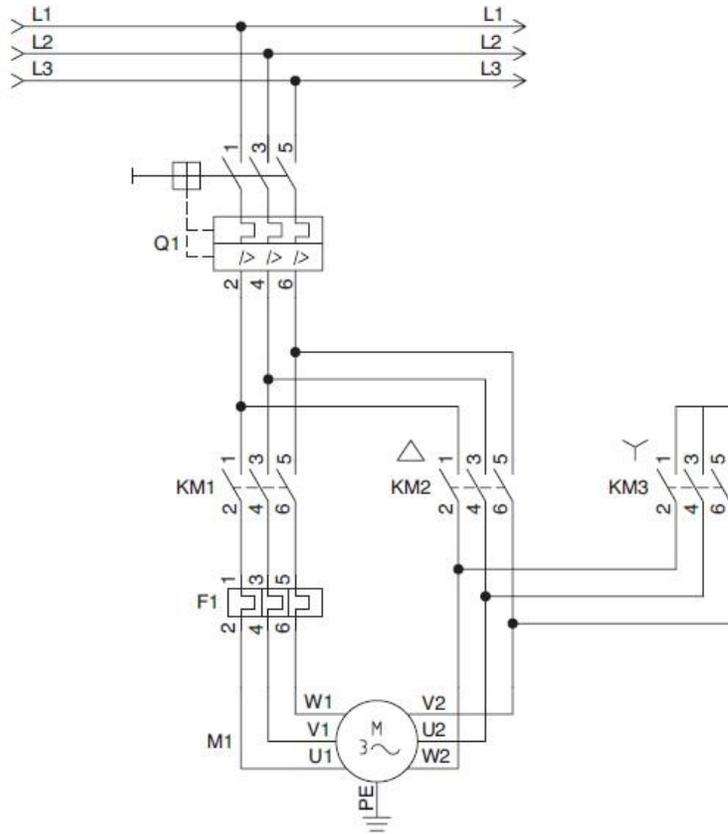
El circuito de fuerza se realiza con tres contactores. KM1 es el principal, KM2 el que realiza la conexión en triángulo y KM3 el que realiza la conexión en estrella.

1º tiempo: en el momento de la puesta en marcha deben activarse los contactores KM1 y KM3 para que la caja de bornes quede conectada en estrella.

2º tiempo: se desactiva el contactor KM3, manteniendo KM1, y activando KM2. De esta forma el motor queda conectado en triángulo de forma definitiva.

Cada vez que el motor se pone en marcha, es necesario realizar los pasos anteriores.

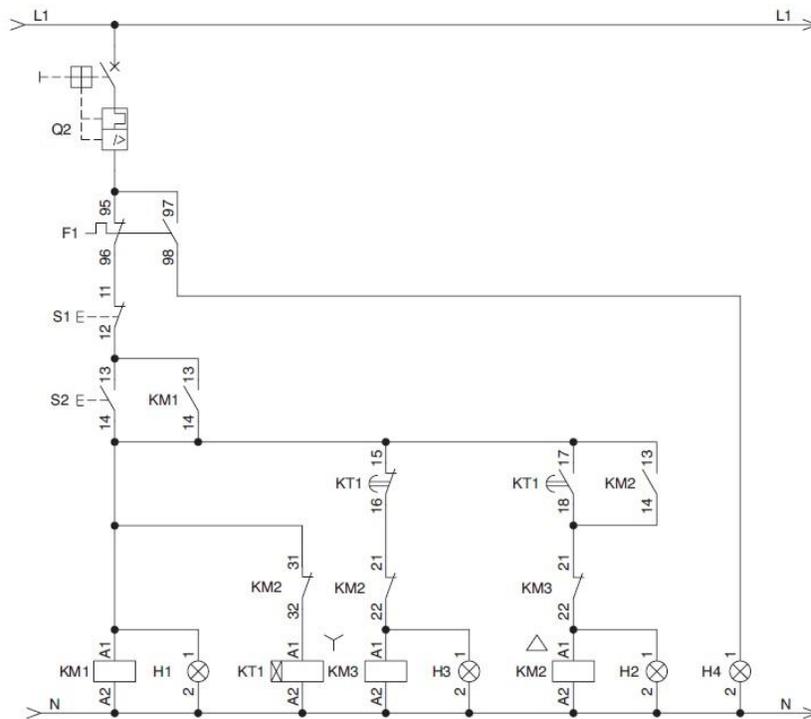
Entre el contactor KM1 y el motor se conecta el relé térmico.



Esquema de fuerza del arranque estrella-triángulo con contactores.

En ningún caso deben activarse a la vez los contactores de estrella y de triángulo, ya que se produciría un cortocircuito.

Para esto se usa la técnica vista anteriormente como **enclavamiento**.



Esquema de mando para el arranque estrella-triángulo de forma temporizada.

Arranque de motores asíncronos mediante arrancadores progresivos

Los arrancadores progresivos o suaves, son dispositivos de electrónica de potencia que permiten arrancar los motores de inducción de forma progresiva y sin sacudidas, limitando así las puntas de corriente en el momento del arranque.

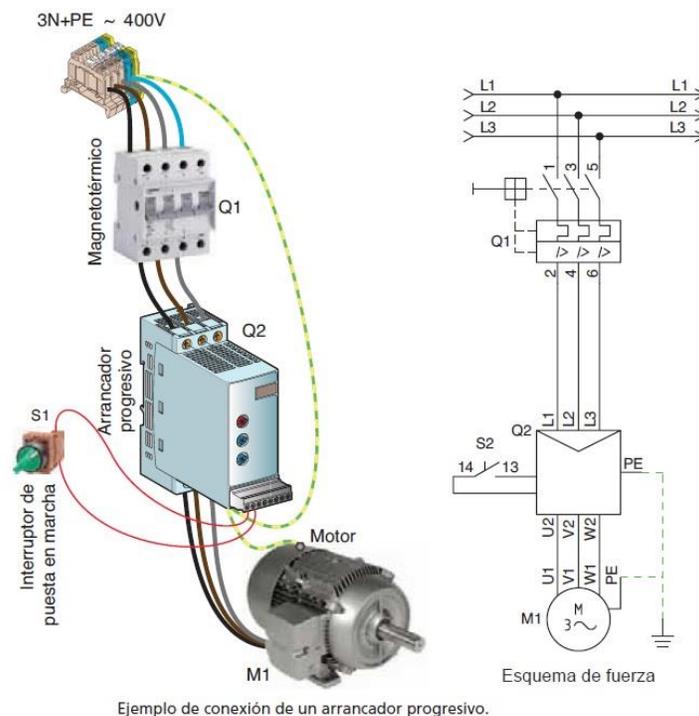


Diferentes tipos de arrancadores progresivos (TELEMECANIQUE).

Estos dispositivos disponen de un bloque de potencia o fuerza, a través del cual se alimenta el motor, y un bloque de mando, que permite gestionar el arranque de forma autónoma o por medio de un circuito externo.

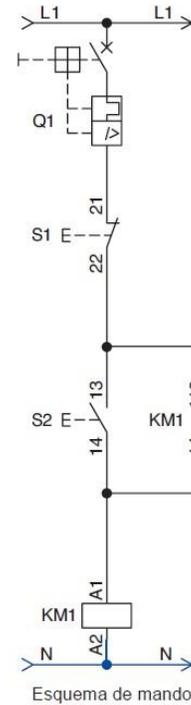
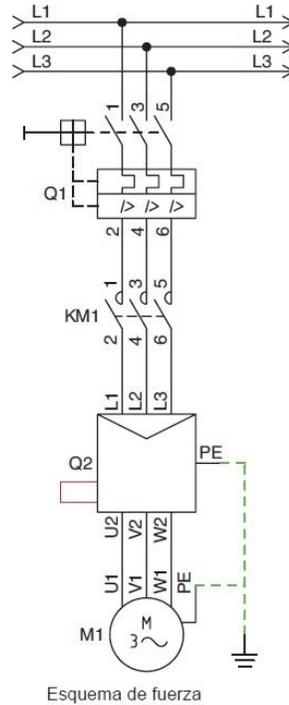
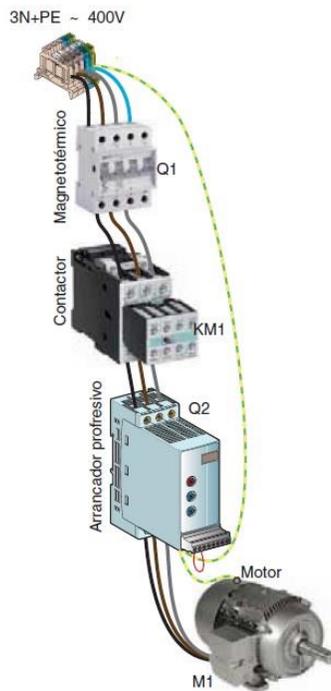
En la figura siguiente se muestra un motor gobernado por un arrancador progresivo.

En este caso, el circuito de mando es un interruptor monopolar que se conecta a las entradas lógicas del propio dispositivo.



Otra posibilidad consiste en insertar un contactor (KM1) antes del arrancador progresivo, de forma que el corte y la activación del motor se pueda gestionar desde un circuito de

mando externo. En este caso es necesario puentear la entrada lógica de mando del arrancador o gestionarla desde algún contacto auxiliar del contactor.



ARRANQUE DIRECTO	ARRANQUE ESTRELLA-TRIÁNGULO	ARRANQUE CON ARRANCADOR SUAVE
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Menor coste económico Mayor sencillez Mayor velocidad y par de arranque <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Altas corrientes de arranque Mayor desgaste mecánico del motor 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Consumo inicial de corriente 1/3 menor Coste de equipos bajo Perfecto para aplicaciones con poco par de arranque <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Par de arranque reducido El motor tiene que permitir la conexión estrella/triángulo Conexionado un poco más complejo 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Control total del arranque del motor Mucho menor desgaste mecánico del motor Mayor ahorro eléctrico Protección del motor <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Coste más elevado Par reducido en el arranque

Frenado de motores asíncronos

En los circuitos estudiados hasta ahora, la parada de los motores se hace simplemente abriendo el circuito de alimentación desconectando el contactor o contactores que realizan esta misión. En todos los casos, el eje del motor sigue girando por inercia hasta que se detiene por rozamiento o por el par resistente aplicado en su eje.

Sin embargo, muchas son las aplicaciones industriales que requieren que el rotor del motor deje de girar bruscamente una vez que se corta su alimentación eléctrica.

En estos casos es necesario disponer de un sistema de frenado, siendo los más habituales:

- Frenado por inyección de corriente continua.
- Frenado por sistema electromecánico.
- Frenado por contracorriente.

Frenado por inyección de corriente continua

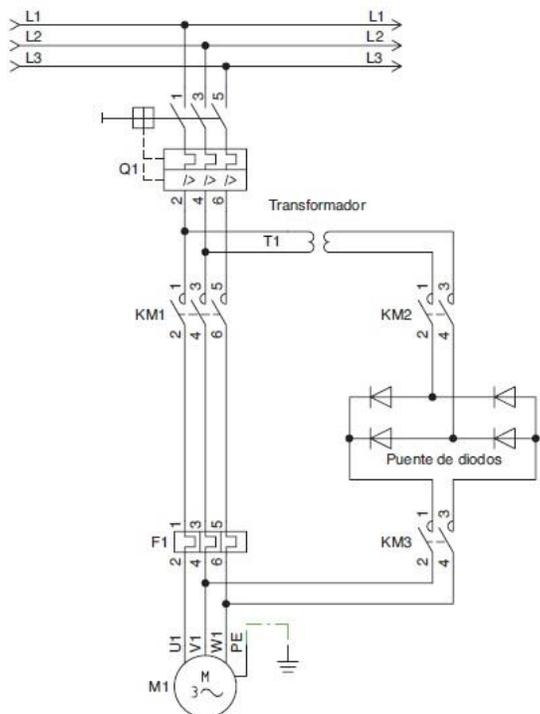
Si a los bornes de un motor de corriente alterna se le aplica de forma temporal una pequeña tensión de corriente continua, en el estator se genera un campo magnético fijo que es capaz de bloquear el rotor frenándolo.

Esta circunstancia se puede aprovechar para detener de forma brusca un motor de inducción inmediatamente después de haber sido desconectado de la red eléctrica que lo alimenta.

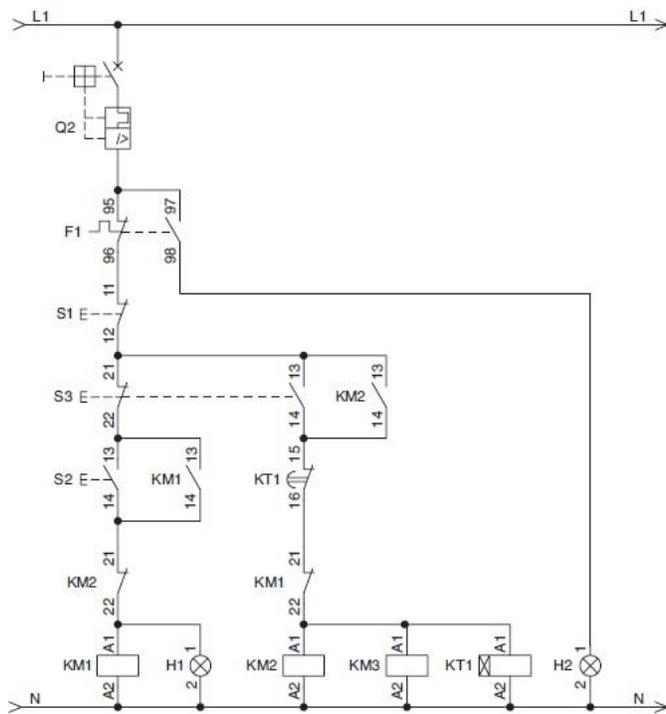
Así, en el circuito de fuerza intervienen tres contactores:

- KM1 para arrancar y alimentar el motor.
- KM2 y KM3 para inyectar la corriente continua desde el conjunto transformador- puente de diodos.

El uso de estos dos contactores permite aislar el puente de diodos tanto de la alimentación desde el transformador, como del devanado del motor.



Esquema de fuerza



Esquema de mando

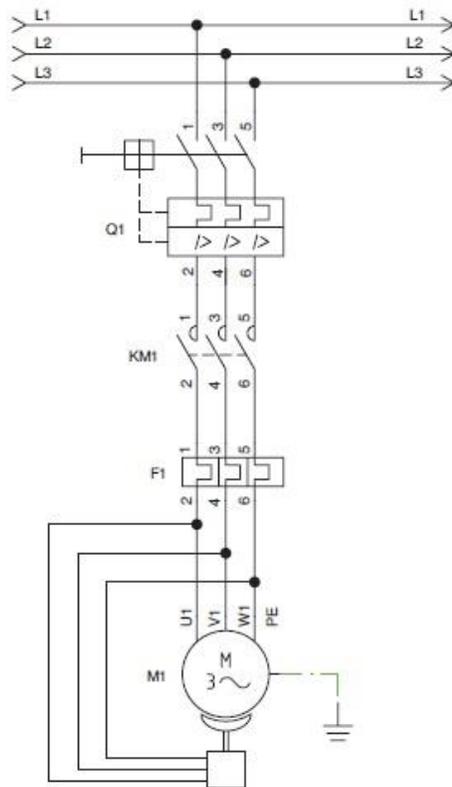
Frenado de un motor por inyección de corriente continua.

Frenado por sistema electromecánico

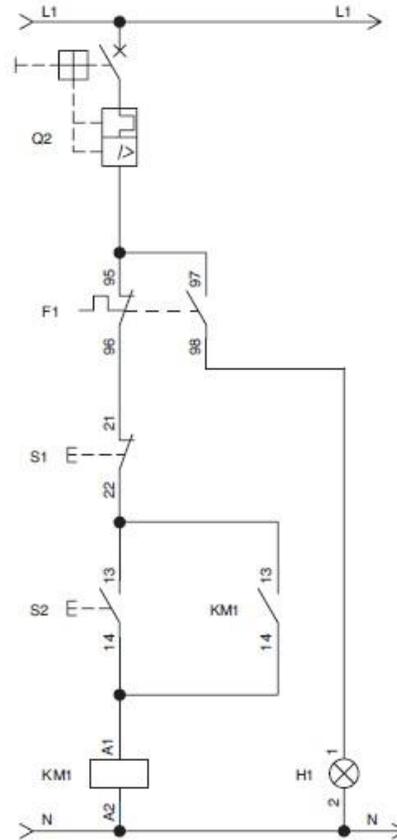
Este sistema consiste en alimentar temporalmente un sistema electromecánico, que frena el eje del motor mediante rozamiento de una zapata con el eje, de forma similar a como se hace en los automóviles.

En el circuito de fuerza, cuando el motor está alimentado mediante el contactor principal (KM1), también lo está el sistema de electroimanes del electrofreno. En esta situación la zapata se retira del eje del motor evitando así su frenado.

Si el motor se desconecta mediante el contactor de alimentación, también lo hace el electroimán del sistema de frenado. Por tanto, la zapata, mediante un resorte vuelve a su posición de reposo bloqueando el eje por rozamiento.



Esquema de fuerza



Esquema de mando

Frenado de un motor eléctrico por sistema electromecánico.

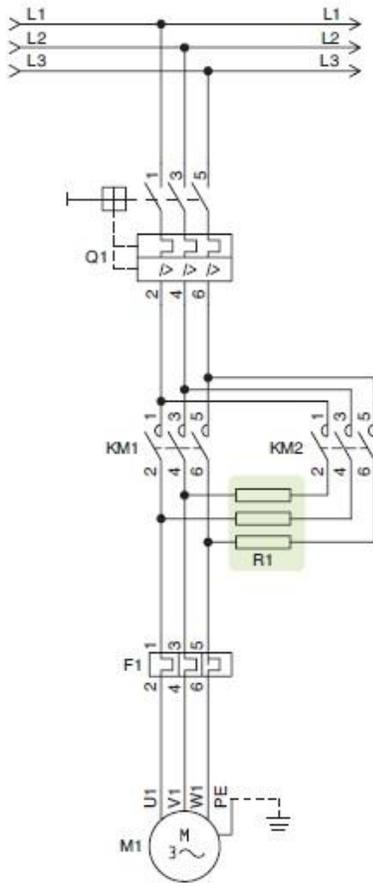
Frenado por contracorriente

Consiste en alimentar el motor con dos de las fases invertidas, creando así un par opuesto al de funcionamiento normal del motor.

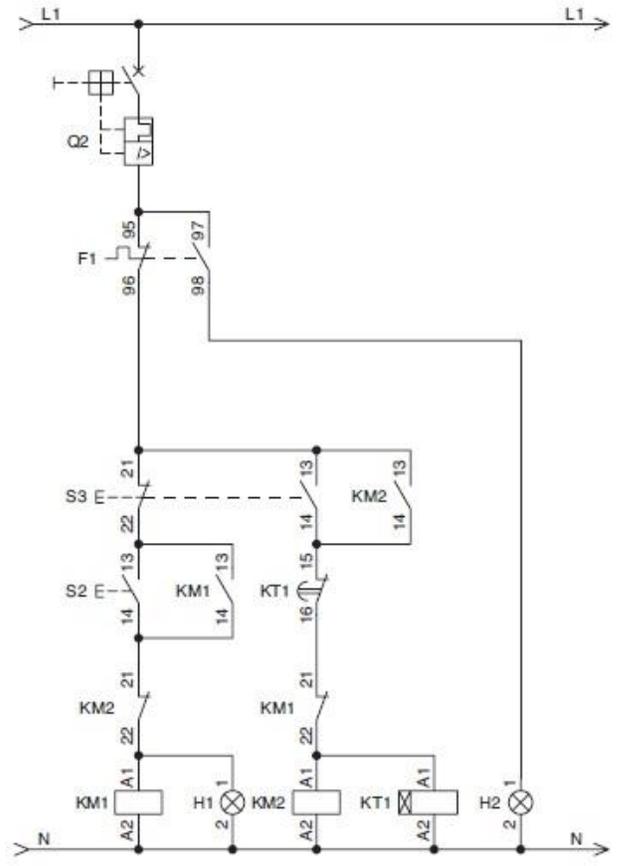
El circuito de fuerza es similar a los ya estudiados para realizar la inversión del sentido de giro de los motores asíncronos. La diferencia radica en la conexión en serie de tres resistencias de potencia con el contactor KM2, para generar la situación de contracorriente.

El funcionamiento normal del motor se realiza conectando KM1. Cuando este se desactiva, el motor se desconecta de la red eléctrica y entra automáticamente KM2. En esa situación el motor es alimentado a través de las resistencias, frenándolo de inmediato.

Para evitar que el motor logre funcionar en sentido contrario, el funcionamiento de KM2 debe controlarse mediante un temporizador.



Esquema de fuerza



Esquema de mando

Unidad N°3: Lógica programada con PLC

El controlador lógico programable

Es un dispositivo electrónico capaz de gestionar los circuitos de automatismos industriales de forma programada.



Diferentes modelos de autómatas programables (SIEMENS AG)

En la actualidad el uso de los autómatas programables está generalizado en la industria, aunque en otros sectores, como la domótica, también tiene gran presencia.

Los PLC permiten procesar de forma inteligente las señales precedentes de multitud de variables físicas que existen en los procesos industriales y actuar en consecuencia.

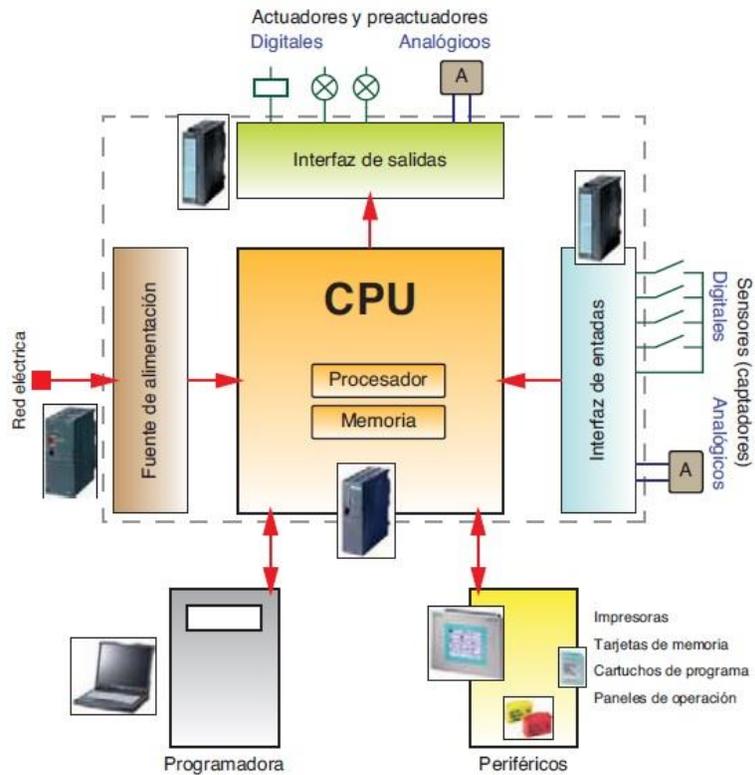
Estructura del PLC

El controlador lógico programable está gestionado por un sistema electrónico basado en un microprocesador, encargado de procesar las señales del exterior, tanto de lectura como de escritura, a través de los interfaces de entradas y salidas.

Para el funcionamiento óptimo y continuado del sistema electrónico, es necesaria una fuente de tensión.

Los programas se almacenan en los diferentes tipos de memoria que el PLC dispone y gestiona desde un elemento de programación externo.

En este diagrama de bloque se muestra la estructura básica de un PLC:



Clasificación de los PLC

Atendiendo a su modularidad, los controladores pueden ser clasificados en tres tipos: compactos, semicompactos y modulares.

Compactos. Son aquellos que contienen todos sus elementos, E/S, CPU, fuente de alimentación, etc., en una misma envolvente. La mayoría de estos modelos son ampliables con diferentes tipos de módulos (entradas, salidas, de comunicación, especiales, etc).



S7 1200 (Siemens)

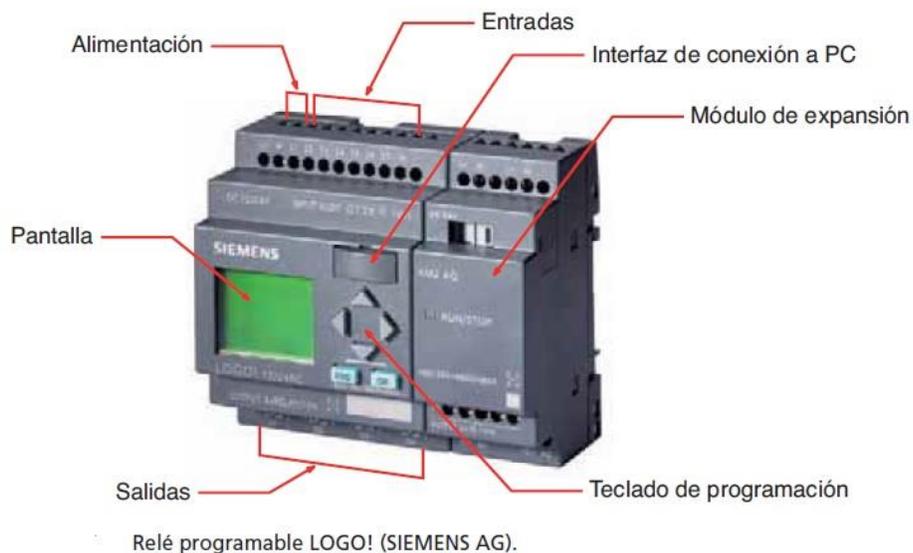


Twido de TELEMECANIQUE

Dentro de este grupo cabe destacar los que se han denominado **relés programables** que algunos fabricantes están desarrollando con gran éxito para aplicaciones domésticas y gestión de pequeña maquinaria. Con un teclado básico, 6 u 8 teclas situado directamente en su frontal, es posible realizar todas las tareas de programación y parametrización disponibles de una forma rápida y sencilla.

Conceptualmente un relé Programable y un PLC son lo mismo, la gran diferencia entre ellos radica en el potencial de cálculo de los segundos respecto a los primeros y la velocidad de procesamiento de las instrucciones del programa.

En la actualidad muchos de estos relés programables PLC se pueden ampliar con módulos de expansión de todo tipo.



Semicompactos. Son aquellos en los que alguno de sus elementos está fuera de la envolvente principal. Por ejemplo la fuente de alimentación.

Modulares. Cada uno de los elementos que lo forman está en una envolvente diferente que se instalan sobre un *rack* común. Las posibilidades de expansión son enormes comparándolas con las de tipo compacto y semicompacto, pero su coste es mucho más elevado.

S7 1500 (Siemens)



Partes internas del PLC

Unidad central de procesos (CPU)

La Unidad Central de Procesos es el cerebro del PLC. Está constituida básicamente por el microprocesador y la memoria.

Tiene como misión **procesar las señales del módulo de entradas y actuar sobre el módulo de salidas** en función de las instrucciones del programa. Además, debe detectar errores de funcionamiento de propio equipo y señalizarlos a través de un pantalla de información o indicadores LED.

Suele disponer de un interruptor (Run/Stop) para poner en marcha y detener la ejecución del programa.

La CPU de los autómatas suelen tener dos tipos de memoria:

- **RAM:** volátil, se borra cuando el equipo queda sin alimentación eléctrica.
- **EPROM:** no volátil, se mantiene aunque cese la alimentación eléctrica.

Para salvaguardar el contenido de la memoria RAM ante cortes de la alimentación, los fabricantes recurren al uso de baterías o condensadores de alta capacidad.

Fuente de alimentación

Tiene como misión convertir la corriente alterna de red eléctrica en corriente continua, para alimentar los circuitos integrados y los componentes electrónicos del interior del autómata. Por lo general, la tensión de trabajo interna suele ser de 24 V en corriente continua, pero existen modelos que trabajan a 48V.

Cuando los captadores pasivos (sensores mecánicos) están próximos al PLC, pueden ser conectados directamente a la fuente de alimentación. Los captadores de tipo activo (sensores electrónicos) también pueden ser alimentados por el propio autómata, pero siempre teniendo en cuenta la corriente que consume cada uno de ellos, para evitar una sobrecargar en la fuente de alimentación. En el caso de utilizar gran cantidad captadores de este tipo, es necesaria una fuente de alimentación externa.

Entradas y salidas digitales

Está formado por un conjunto de módulos, estructuras de conexionado y soporte cuyas principales funciones son:

- Adaptar la tensión de trabajo de los actuadores y captadores a los dispositivos electrónicos del PLC, que trabajan a diferentes tensiones.
- Aislar eléctricamente los circuitos de mando y potencia.

Módulo de entradas digitales

Este módulo tiene como misión recibir la información procedente del control de un proceso o una máquina. Esta información es procesada por la CPU, según el programa residente en la memoria, a este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, sensores, detectores de posición, etc.).

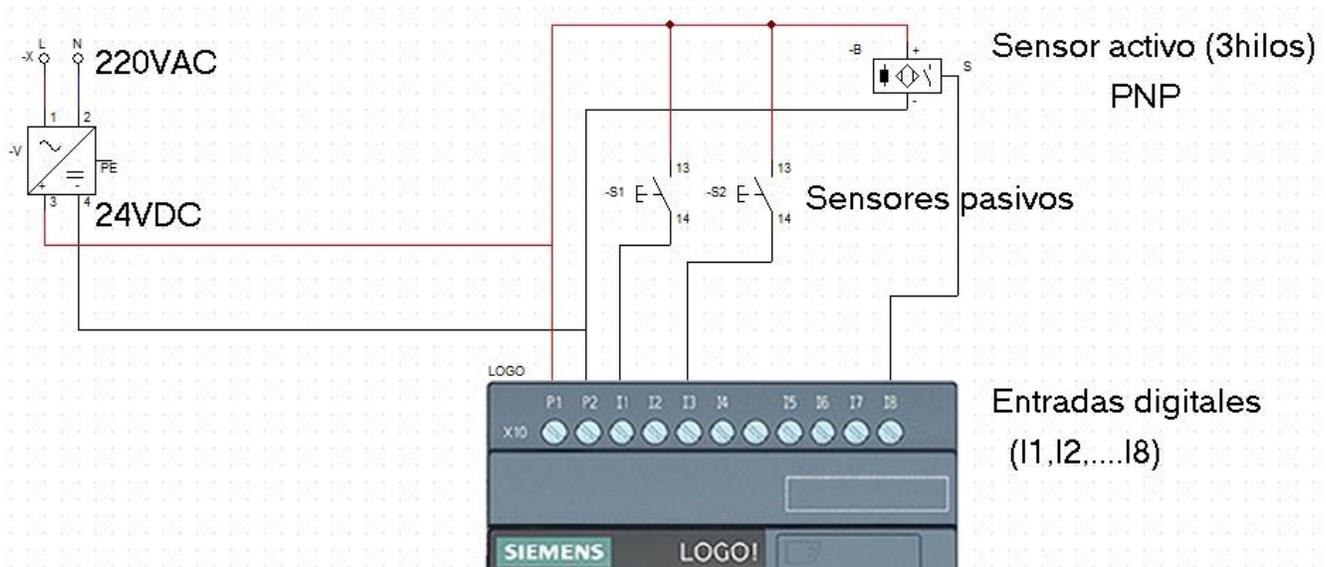
Las **entradas digitales** captan señales de tipo discreto que varían su estado ante cambios de tensión todo o nada. Es decir, el valor máximo o mínimo de la tensión de la alimentación. La CPU detecta un **1** lógico, cuando el valor es máximo, o un **0** lógico, cuando el valor es mínimo.

A los módulos de entradas/salidas se les denomina de forma abreviada E/S o en inglés I/O (*Input/Output*).

La alimentación de las entradas digitales se realiza atendiendo al tipo de PLC y a la aplicación que va destinado:

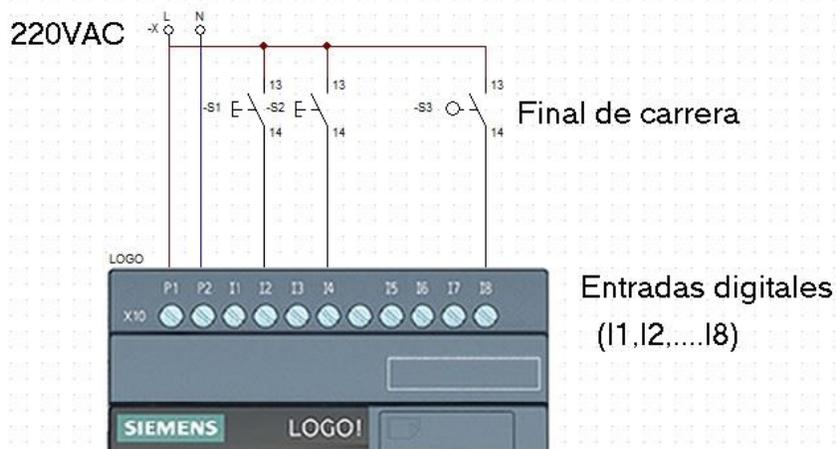
Entradas a 24 VDC. Se conectan directamente de la fuente de alimentación del autómata o a una fuente de alimentación auxiliar. En este segundo caso, es necesario unir la masa de la fuente auxiliar con la del propio autómata.

Ejemplo de conexión de entradas digitales a 24VDC:



Entradas 110-220 VAC. Se conecta a la red de corriente alterna que alimenta la instalación. No son tan habituales como las de 24 Vcc, pero algunos fabricantes desarrollan este tipo de entradas, sobre todo, para ser utilizadas en instalaciones de viviendas.

Ejemplo de conexión de entradas digitales a 220VAC:



Módulo de salidas digitales

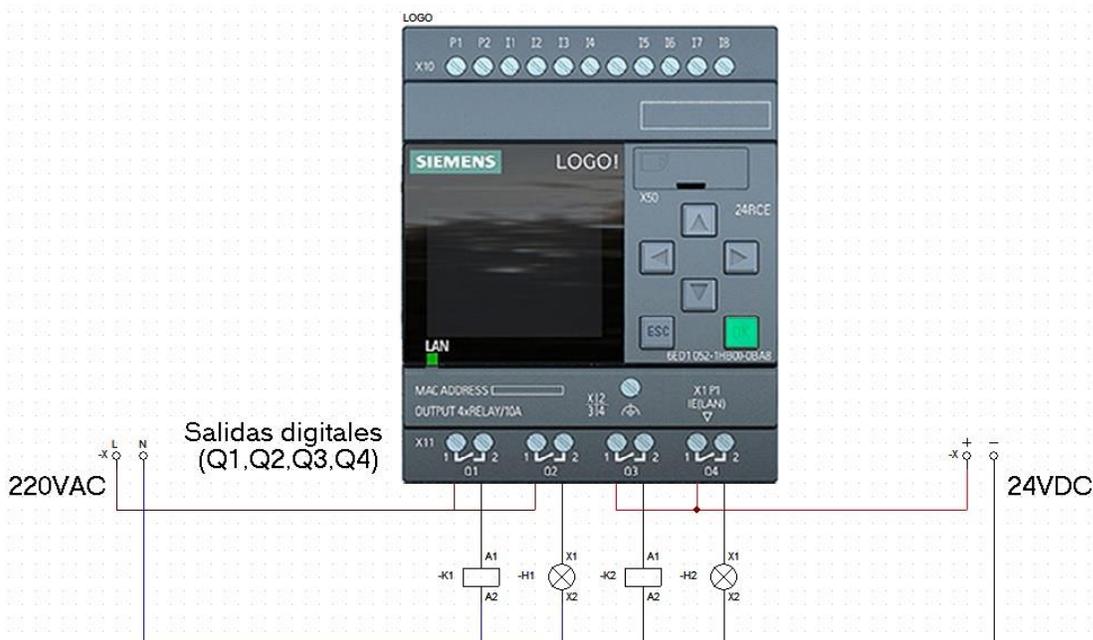
Este módulo tiene como misión enviar las señales de activación y desactivación a los actuadores, (bobinas de contactores, relés, módulos triacs, lámparas, etc.).

La información es enviada por las entradas a la CPU una vez procesada según programa, el procesador genera las órdenes al módulo de salidas para que sean activadas o desactivadas, a su vez, estos cambios se transmiten a los actuadores y preactuadores.

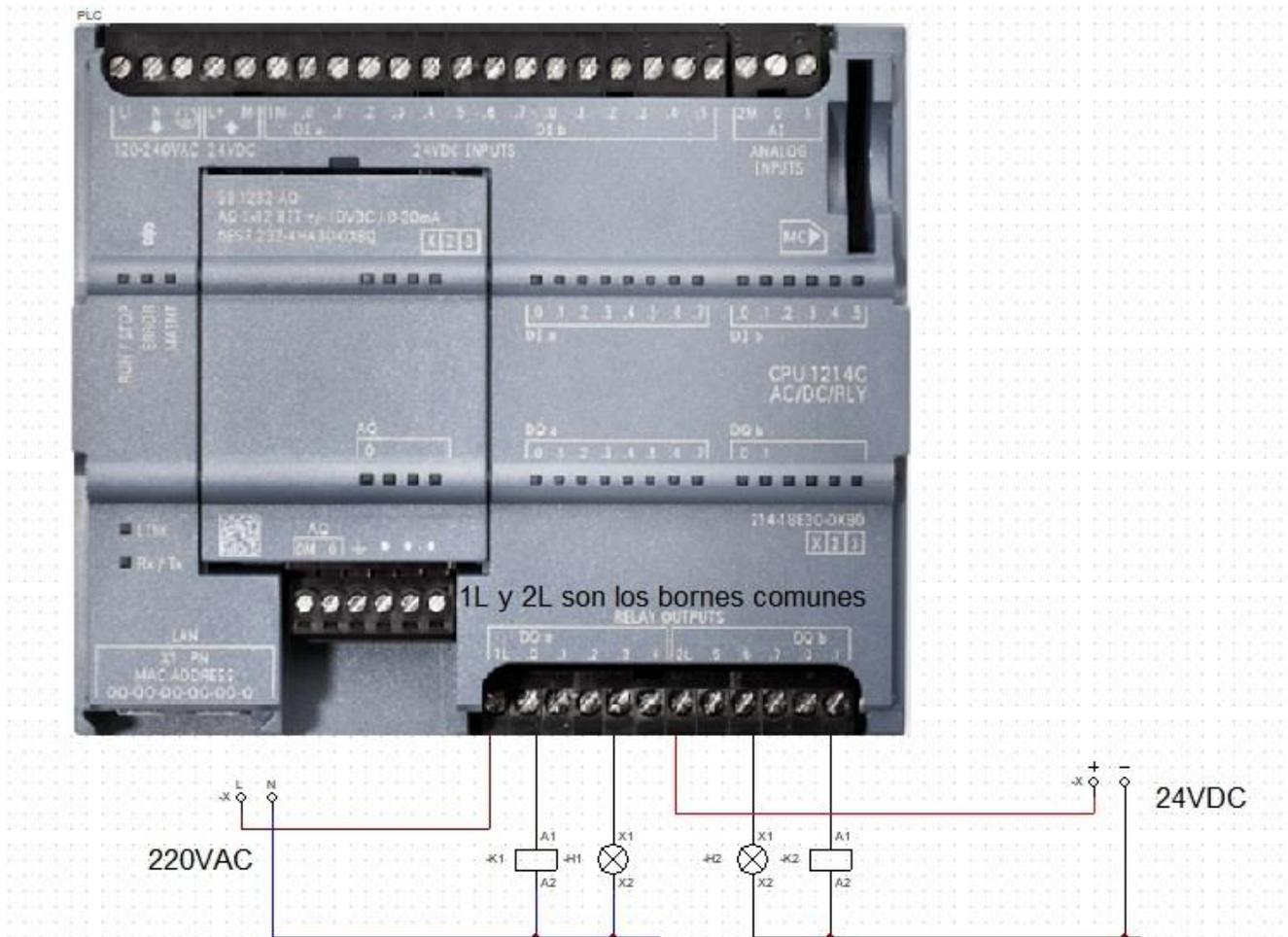
Las salidas se identifican con el símbolo nemotécnico "Q".

Los módulos digitales envían señales *todo o nada* a los actuadores, pudiéndose distinguir los siguientes tipos: **a relés y a transistor**.

Las salidas a relés son libres de tensión y por tanto se pueden utilizar para cualquier tipo de corriente (CC o CA) y para diferentes tensiones, incluso en la misma aplicación.



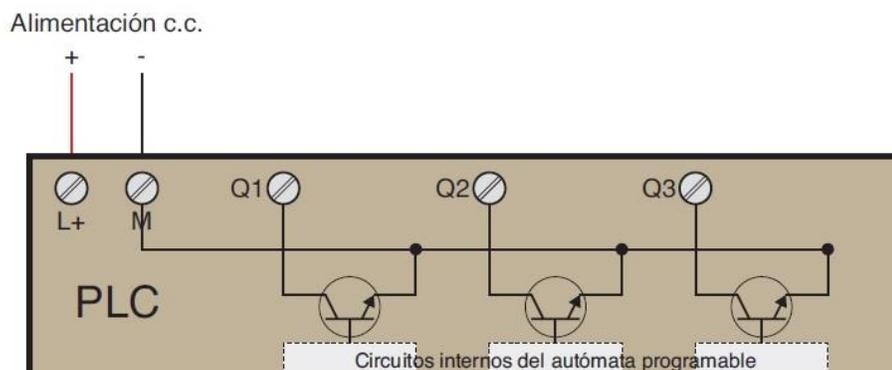
Es habitual encontrar que los contactos de los relés de salida están unidos a un borne común. Esto implica que todos los actuadores que se conecten a ese bloque común de relés deben ser del mismo tipo de corriente y trabajar a la misma tensión.



En este caso, el tipo de alimentación del automático no está condicionado al que necesitan los actuadores y preactuadores.

Las **salidas a transistor**, también denominadas a colector abierto, se utilizan para activar actuadores de corriente continua.

En este caso, la alimentación del automático **sí que debe ser la misma** que la de los actuadores y preactuadores conectados a los bornes de salidas.



Entradas y salidas analógicas

Los módulos de entradas y salidas analógicas tratan valores dentro de un rango.

A ellos es necesario conectar captadores y actuadores que sean compatibles con los valores analógicos.

Entradas analógicas

Las **entradas analógicas** detectan valores de tensión o corriente, para producir eventos por comparación cuando se alcanzan los prefijados en el programa de usuario.

El ataque de las entradas analógicas requiere captadores especiales, también analógicos, que se adapten a los valores de las señales requeridas por el autómata.

Éstos se encuentran estandarizados y son los siguientes:

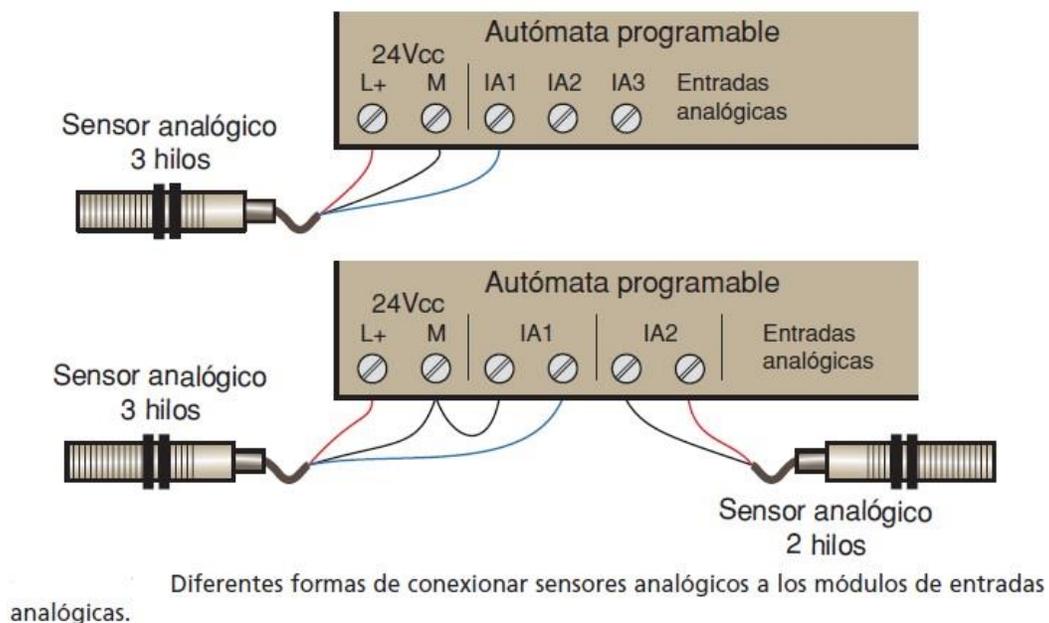
Estándar de tensión:

- **De 0 a 10 Vcc**
- De -10 a +10 Vcc
- De 2 a 10 Vcc

Estándar de corriente:

- **De 4 a 20mA**
- De 0 a 20 mA
- De 1- 5 mA
- De 0 a 5 mA

En ambos casos, el indicado en primer lugar es el más utilizado.



Salidas analógicas

Las salidas analógicas adaptan la señal de salida, de acuerdo a los estándares antes indicados, sobre los actuadores, también analógicos, conectados a sus bornes.

Para la unión entre los módulos analógicos y sus actuadores, es necesario utilizar un **cable apantallado** para evitar interferencias y perturbaciones en las señales enviadas. Esta precaución evitará el funcionamiento anómalo del automatismo.

Las señales de las salidas analógicas trabajan en tensión y en corriente con rangos similares a los de las entradas.

Equipos de programación

Los equipos de programación son los elementos que permiten la comunicación entre el usuario y el PLC.

En la actualidad los equipos de programación que se utilizan de forma mayoritaria, son las PC/notebooks/netbooks, aunque algunos fabricantes disponen aún en sus catálogos de consolas de programación portátiles.

Periféricos

Los periféricos son equipos con posibilidad de conexión al autómatas o a la red de comunicación industrial. Su misión es facilitar la labor del usuario en tareas de grabación, presentación e impresión de datos.

Estos son los periféricos más representativos:

Visualizadores y paneles de operación (HMI)

Estos dispositivos se utilizan para la comunicación hombre-máquina y tienen como misión, entre otras funciones:

- Modificar parámetros del sistema.
- Obtener mensajes de alarmas.
- Visualización del estado del proceso.
- Forzar entradas/salidas.

Generalmente se utilizan en instalaciones que requieren continuos cambios de estado de las variables y un seguimiento constante del proceso mediante mensajes de texto o elementos gráficos.

Pueden ser de dos tipos:

- **Textuales**, que presentan la información en una pantalla de cristal líquido con mensajes en modo texto. Generalmente se les denomina visualizadores. Su uso puede hacerse tanto en la industria, como en instalaciones automáticas de viviendas y edificios.

- **Gráficos**, que representan el proceso a controlar en una pantalla de forma gráfica. En algunos casos este tipo de pantalla es de tipo táctil, pudiéndose actuar directamente sobre los elementos que aparecen en ella. Este tipo de periférico recibe el nombre de Panel de Operación (OP). Se utilizan como puestos de supervisión de procesos industriales.

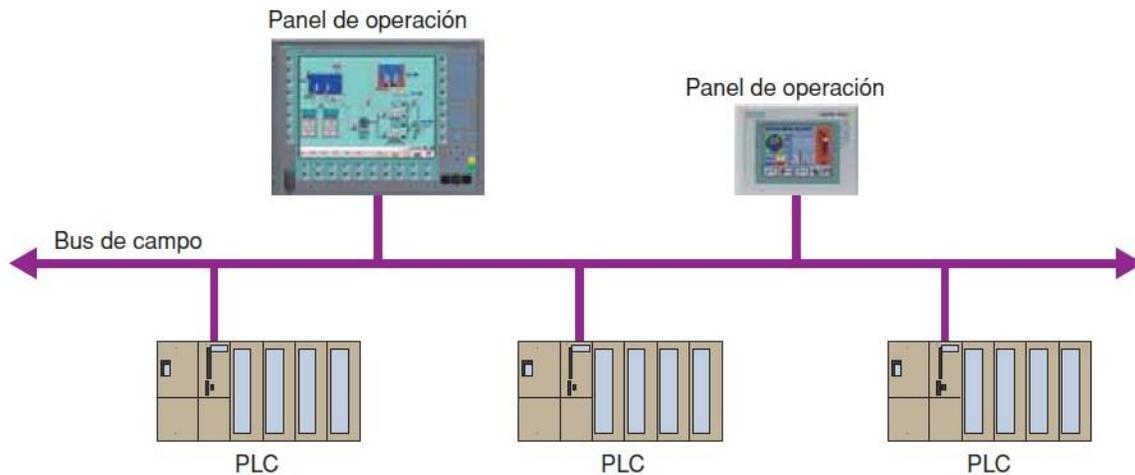


Panel operador



Visualizador textual

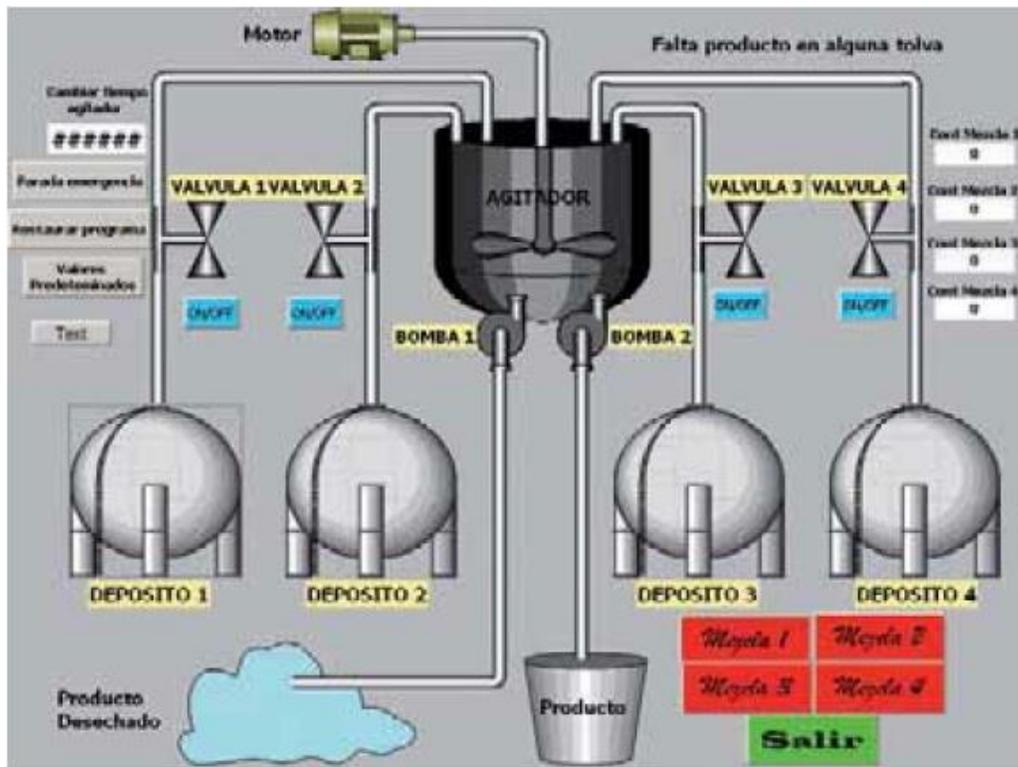
Se conectan directamente al PLC o en su caso a una red de PLCs. En la figura se puede ver cómo un OP actúa como supervisor de una red de PLCs.



Paneles de operación en una red de autómatas programables.

También se pueden utilizar ordenadores para tareas de visualización, supervisión y operación. En estos ha de estar previamente instalado un *software* denominado **SCADA** (Supervisory Control And Data Adquisition) que permite desde la pantalla del ordenador realizar las funciones de los paneles de operación.

Los programas **SCADA** no sustituyen a los interfaces de programación para PC, que poseen a algunos PLCs, sino que se encargan de informar y controlar en todo momento del estado del proceso productivo desde la pantalla de un ordenador.



Los programas **SCADA**, permiten el diseño de los paneles de operación del proceso o instalación a controlar, pudiéndose incluir alarmas, captura de datos, generación de históricos, visualización de señales, etc.

Posibilidades de expansión del PLC

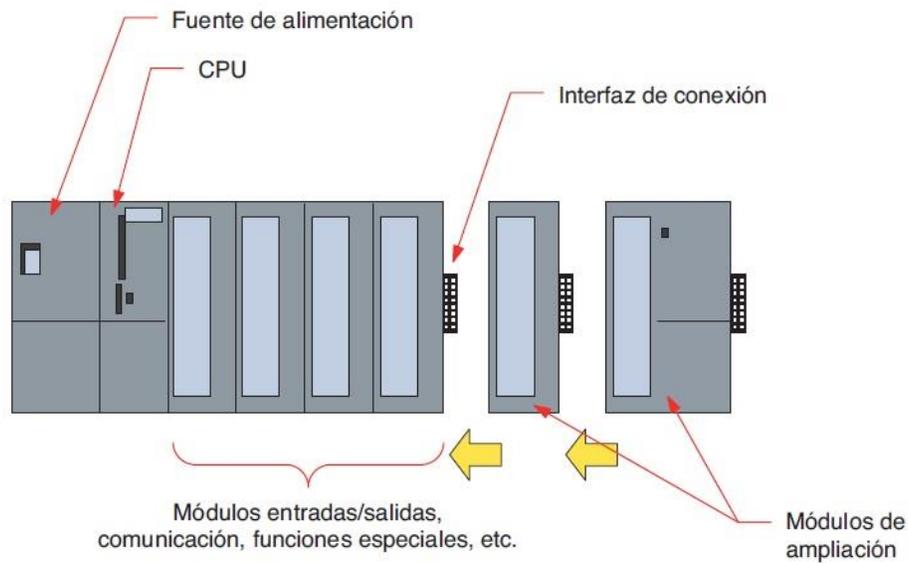
A medida que el proceso a automatizar gana en complejidad, el número de entradas y salidas necesarias, tanto analógicas como digitales, también aumenta proporcionalmente. Esto implica un aumento de módulos conectados al PLC.

La mayoría de los PLCs permiten su interconexión con los denominados módulos de expansión. Estos son elementos, generalmente de entradas/ salidas y otras aplicaciones especiales, que aumentan las posibilidades de comunicación con los actuadores y sensores del sistema.

En los PLCs compactos y semicompactos, esta expansión es bastante limitada (de 3 a 10 módulos), sin embargo en los PLCs modulares aumenta considerablemente.

La interconexión entre todos los elementos se realiza por cables o elementos de buses específicos, diseñados por el fabricante.

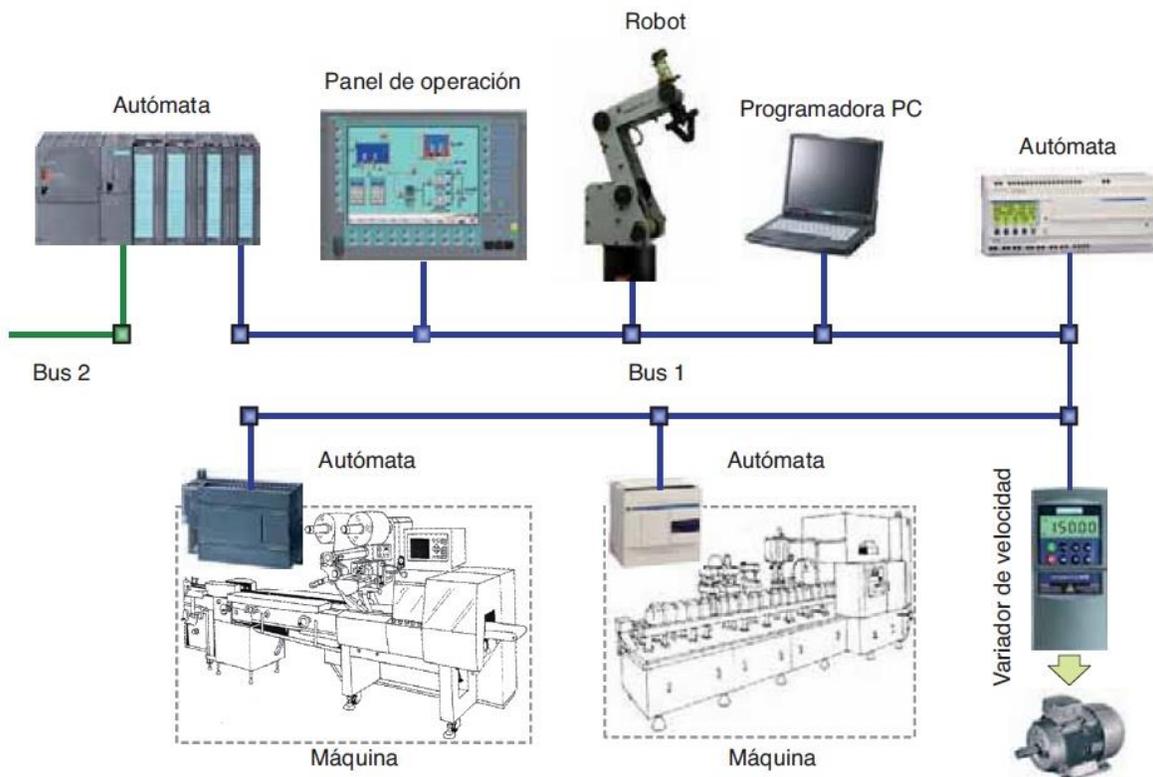
En la siguiente figura se muestra cómo un PLC de tipo modular puede ampliar sus prestaciones.



Cuando la distancia entre los elementos de un sistema automático es muy grande, la expansión por módulos no es operativa ya que aumenta el cableado y, con él, la complejidad de la instalación. En este caso, es necesario utilizar un sistema de comunicación industrial tipo bus, formando así una red de PLCs y, en general, de dispositivos para la automatización industrial.

Buses de comunicación industrial

Un bus es un sistema de interconexión que permite comunicar varios dispositivos entre sí, con un número de cables muy reducido.

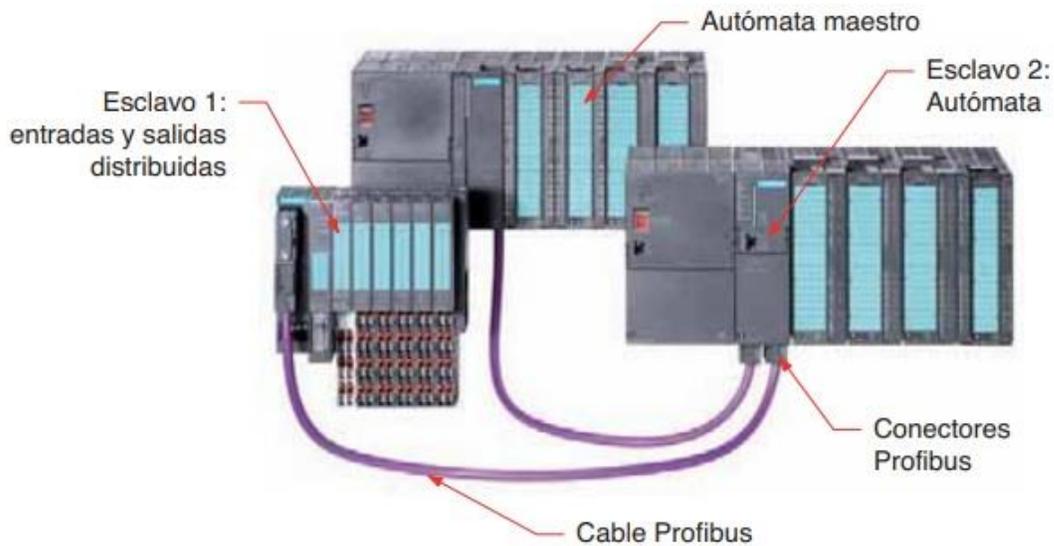


Ejemplo de red de comunicación industrial

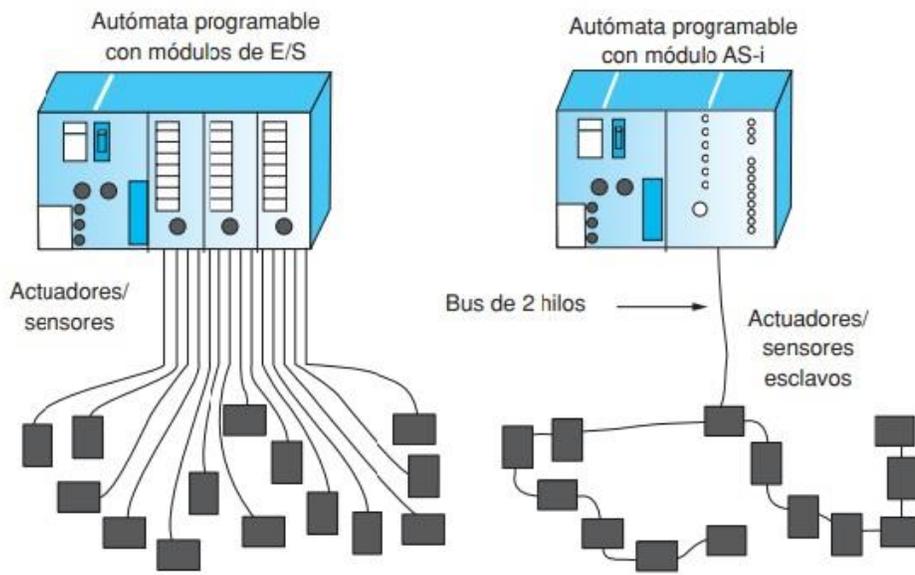
Desde hace mucho tiempo los fabricantes de PLCs han venido desarrollando redes de tipo local para la conexión de sus equipos y elementos para la regulación y control.

El principal problema que se ha dado hasta el momento ha sido que cada uno de ellos ha creado un estándar propio no compatible con los demás. Esta problemática se ha solucionado en gran medida con los grupos de desarrollo, formados por los propios fabricantes, para confeccionar sistemas de comunicación universales, de forma que cualquier dispositivo de red pueda comunicarse con otro, aunque no sean de la misma firma comercial.

Entre los sistemas de bus utilizados en la industria, tres destacan por su amplia implantación: Profibus, bus AS-i y Ethernet.



Ejemplo de una red Profibus-DP.



Cableado convencional y AS-i.

Zonas de memoria de un PLC

Los PLC almacenan los datos que procesan en diferentes zonas de memoria. El desarrollo de programas requiere conocer adecuadamente el acceso a estas zonas, tanto para escribir como para leer datos. Las más comunes en la mayoría de los PLC son:

Zonas de memoria	Identificador	Procesan:
Entradas	I	Entradas físicas
Salidas	Q	Salidas físicas
Marcas	M	Variables de procesamiento interno
Temporizadores	T	Valores de tiempo
Contadores	C	Valores de cómputo
Variables de sistema	SM	Operaciones propias del sistema

Entradas (I). Detectan el estado de los captadores conectados a los bornes de las entradas del PLC.

Salidas (Q). Se encarga de activar los actuadores y preactuadores desde el módulo de salidas del PLC.

Marcas (M). También llamadas memorias o bits internos. Tienen un comportamiento similar al de los relés auxiliares en la lógica cableada.

Temporizadores (T). Los temporizadores generan eventos cuando alcanzan un valor de tiempo predeterminado. Su comportamiento es similar a los utilizados en la lógica cableada. Existen temporizadores a la conexión y a la desconexión.

Contadores (C). Los contadores originan eventos cuando alcanzan un determinado número de sucesos.

Variables o bits de sistema (SM). También denominadas marcas de sistema, se encargan de realizar tareas prefijadas por el fabricante en el sistema operativo del PLC.

Operando		Operando	
I 10	Entrada número 10	M 20	Marca interna número 20
I 4	Entrada número 4	T 10	Temporizador número 10
Q 1	Salida número 1	T 25	Temporizador número 25
Q 7	Salida número 7	C 4	Temporizador número 4

 <p>Ejemplo de direccionamiento de entradas (Zona I).</p>	 <p>Ejemplo de direccionamiento de salidas (Zona Q).</p>
--	--

Lenguajes de programación

El lenguaje de programación es el encargado de manejar el juego de instrucciones del PLC para realizar las funciones lógicas y de cálculo de la CPU.

El programa de usuario se procesa en la memoria del PLC y se introduce a través de la consola o terminal de programación.

Según la norma UNE-EN 61131-3 (que concuerda con la IEC 1131-1) cuatro pueden ser los lenguajes de programación para PLCs. Dos en formato texto y otros dos en formato gráfico, pudiendo ser combinables y complementarios entre sí.

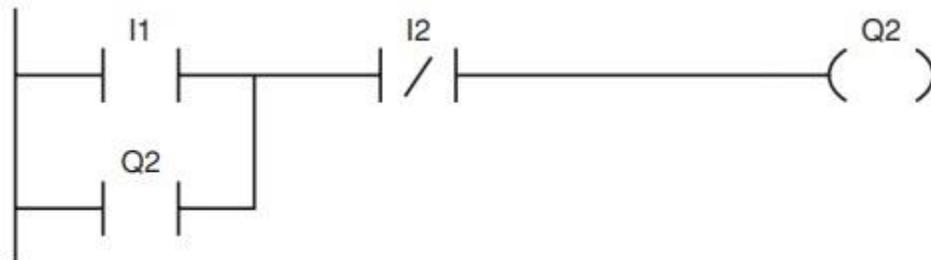
Lenguajes gráficos

Permiten la elaboración de programas de forma gráfica, dibujando los esquemas mediante el dispositivo de programación. Son de dos tipos:

- Lenguajes gráficos de contactos (LD) (KOP).
- Lenguajes gráficos de funciones lógicas (FBD) (FUP).

Lenguaje gráfico de contactos (LD) (KOP)

Los símbolos empleados son similares a los de los esquemas de circuitos eléctricos a relés, por lo tanto, la transcripción para un técnico electrónico/electromecánico es mucho más inmediata que otro tipo de lenguaje. El abaratamiento de los equipos informáticos está favoreciendo el empleo de la programación gráfica.



Ejemplo de programa con lenguaje gráfico de contactos.

Nemotecnia gráfica del lenguaje LD

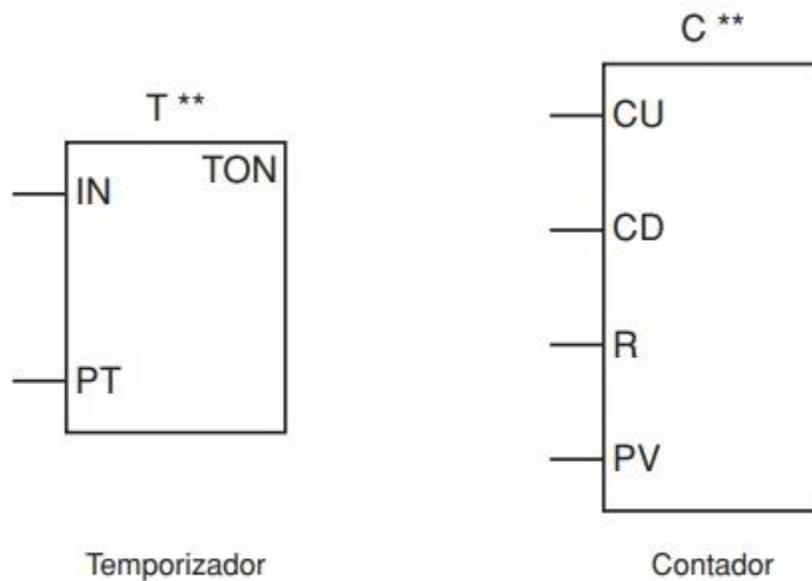
Se aplica tanto en la transcripción de los esquemas eléctricos cableados a lista de instrucciones, como en la elaboración de programas en lenguaje gráfico.

Su utilización es similar a la de los circuitos de automatismos con relés. Los símbolos básicos son:

	Contacto abierto		Bobina directa
	Contacto cerrado		Bobina inversa
	Flanco positivo		Bobina de activación
	Flanco negativo		Bobina de desactivación
	Negación		

Símbolos especiales.

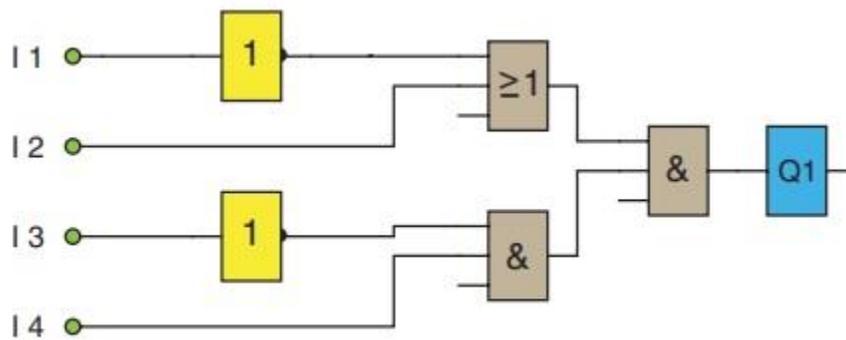
Los bloques para funciones especiales se representan con un rectángulo en cuyo interior se indican con símbolos alfanuméricos las diferentes operaciones que pueden realizar.



Ejemplo de símbolos especiales.

Lenguaje gráfico de funciones lógicas (FBD) (FUP)

Este lenguaje utiliza bloques lógicos similares a los utilizados en electrónica digital. Las variables de entrada se representan a la izquierda de los bloques y las de salida a la derecha.



Ejemplo de esquema de funciones lógicas.

Lenguajes textuales

La norma define dos tipos:

- Lenguaje por Lista de Instrucciones (IL) (AWL).
- Lenguaje Estructurado (ST).

Lenguaje por lista de instrucciones (IL) (AWL)

También llamado booleano, está basado en un listado de símbolos nemotécnicos, cercanos al lenguaje máquina.

Se escribe en forma de texto utilizando caracteres alfanuméricos para definir las líneas de operaciones lógicas. Es el lenguaje más próximo al juego de instrucciones de la CPU por lo que generalmente suele ser el más potente y rápido de escribir, aunque también el más complejo. Esta es la única forma de programación en los PLCs más antiguos

Ejemplo de un programa en lista de instrucciones:

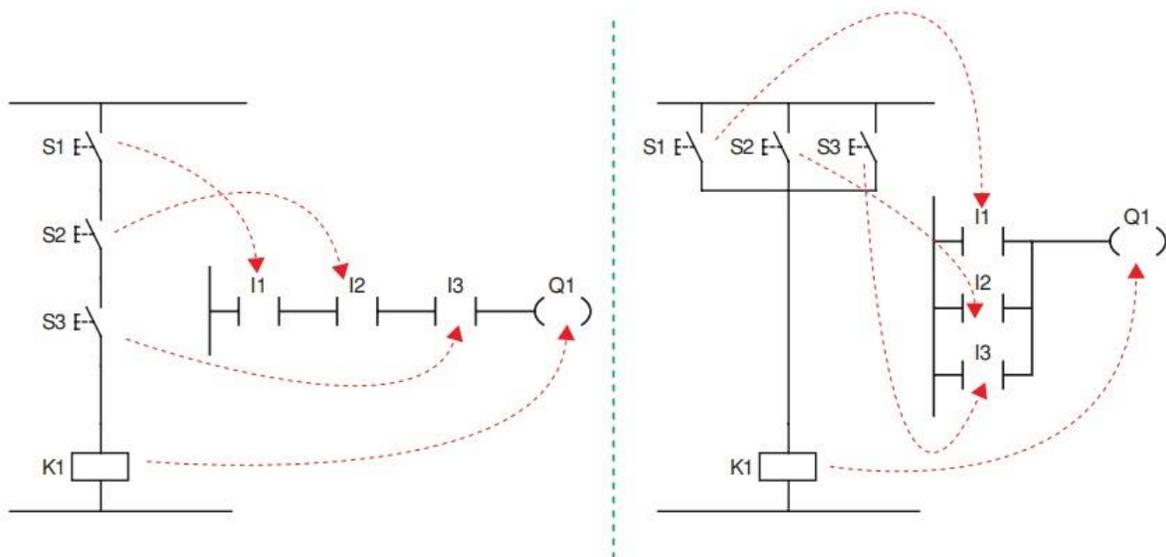
LD	I1
O	Q1
AN	I2
=	Q1

Lenguaje estructurado (ST)

Tiene su origen en los lenguajes de alto nivel como el Basic, C o Pascal, siendo su programación similar a ellos. Solamente los PLCs de alta gama permiten este tipo de programación.

Representación en lenguaje de contactos

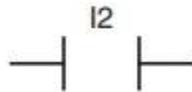
Los esquemas empleados en la elaboración de programas para autómatas son similares, en lo básico, a los utilizados en los circuitos eléctricos con relés y contactores. Por lo tanto, antes de comenzar a programar es necesario realizar el esquema sobre el papel con la nemotecnia normalizada para posteriormente escribir el programa en cualquiera de los lenguajes vistos anteriormente. En la siguiente imagen podemos ver cómo transcribir dos esquemas eléctricos de automatismos a lenguaje de contactos (LD).



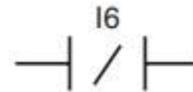
Elementos básicos de programación en lenguaje LD

Contactos: Son elementos de tipo bit que detectan los estados todo o nada de una variable. Se representan como abiertos y cerrados y su uso es idéntico al de los esquemas a relés y contactores. Pueden estar asociados tanto entradas y salidas físicas (I/Q), como a elementos de uso interno del PLC como temporizadores, contadores, marcas, etc.

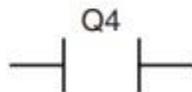
Contacto normalmente abierto asociado a la entrada I2 del autómeta



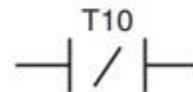
Contacto normalmente cerrado asociado a la entrada I6 del autómeta



Contacto normalmente abierto asociado a la salida Q4

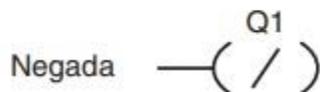


Contacto normalmente cerrado asociado a un temporizador



Variables asociadas a contactos.

Bobinas: Reciben este nombre por herencia de los circuitos a relés. En ellas se escribe el resultado lógico de una red de contactos. Pueden ser de diferentes tipos:



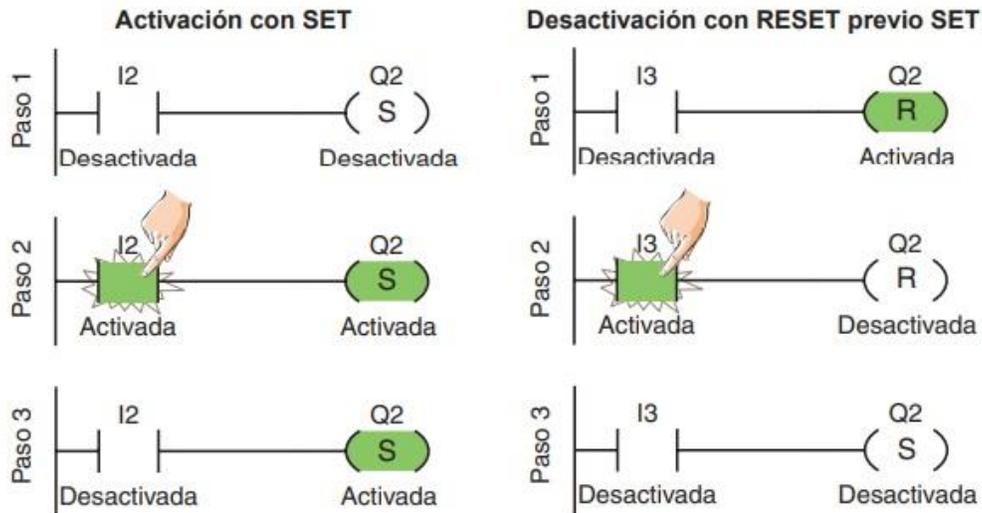
Salidas asociadas a bobinas.

Las bobinas de activación y desactivación son denominadas como SET y RESET respectivamente.

En una bobina SET, cuando el valor de la red de contactos es verdadero se activa y se mantiene dicho valor aunque cese la acción que lo activó. En este caso, se puede decir que es una bobina con memoria.

Para desactivar el valor del operando asociado a la bobina SET, se debe utilizar una nueva red de contactos que escriba sobre la bobina RESET asociada a la misma variable que la del SET.

En el siguiente ejemplo, la salida Q2 se activa mediante I2 y se desactiva con I3.



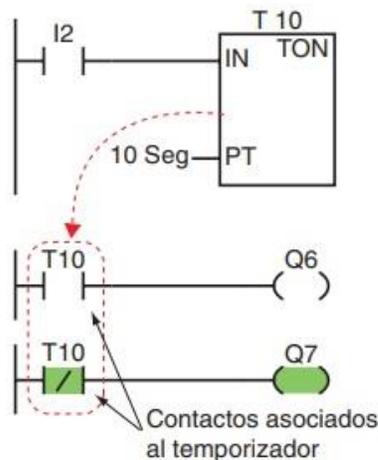
Temporizadores

Los temporizadores generan eventos cuando alcanzan un valor de tiempo predeterminado (PT-Preset).

Su comportamiento es similar a los utilizados en la lógica cableada. El temporizador se representa gráficamente como un rectángulo con varias líneas de entrada para conectar la red de contactos de activación (In) y configurar el tiempo de temporización (PT).

A los temporizadores se les asocian contactos abiertos y cerrados que cambian de estado cuando alcanza el valor de tiempo máximo.

Algunos modelos de PLCs disponen de diversos tipos de temporizadores, aunque los más habituales son los temporizadores a la conexión y a la desconexión. La norma denomina **TON** a los primeros y **TOF** a los segundos.

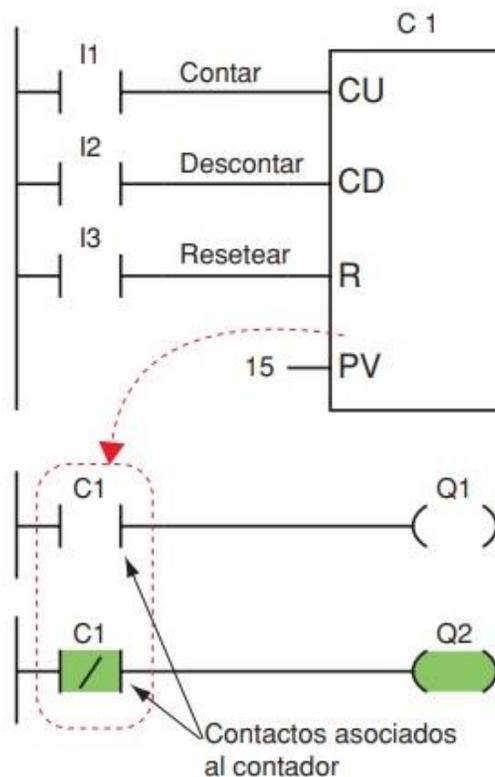


En este ejemplo, si se mantiene activada la I2, el T10 Temporiza. Una vez transcurridos los 10 segundos configurados en la entra PT (Preset), los contactos asociados al temporizador se cierran y se abren, activando y desactivando las salidas Q6 y Q7 respectivamente.

Contadores

Los contadores originan eventos cuando alcanzan un determinado número de sucesos. Son ideales para utilizar en circuitos automáticos que requieren contabilizar objetos y, en función del número almacenado, actuar sobre el programa.

Se representan en forma de rectángulo y disponen de varias líneas de entrada para conectar las redes de contactos que permiten contar (CU), descontar (CD), poner a RESET (R) y configurar el valor de preselección (PV). A los contadores se les asocian contactos abiertos y cerrados que cambian de estado cuando alcanza el valor preseleccionado.



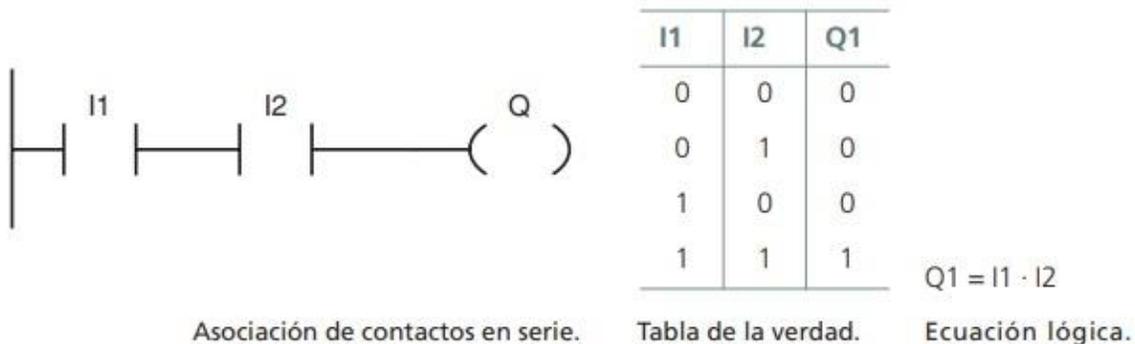
En este ejemplo la entrada I1 incrementa en 1 el valor almacenado en el contador, la I2 decrementa dicho valor y la I3 lo pone a 0. Si se consigue el valor de preselección, que en este caso es 15, los contactos del contador se cierran y abren activando la salida Q1 y desactivando la salida Q2 respectivamente.

Operaciones lógicas en lenguaje de contactos

Conexión Serie (AND)

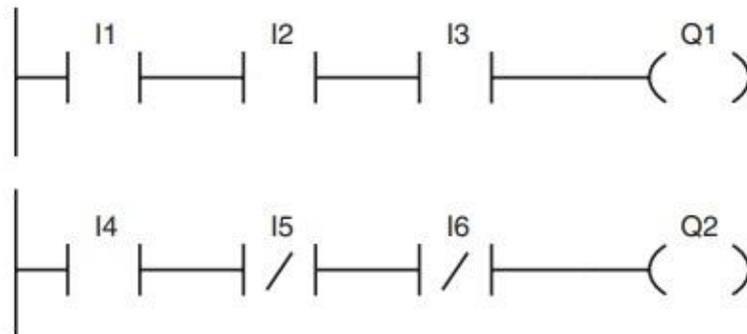
Tiene su correspondencia con el circuito eléctrico combinacional de **contactos en serie**.

El resultado de la operación solamente se escribe en la bobina cuando los operandos de los contactos "no negados" se encuentran a "1" y los negados a "0".



$$Q1 = I1 \cdot I2$$

Diferentes ejemplos de programación de contactos en serie.

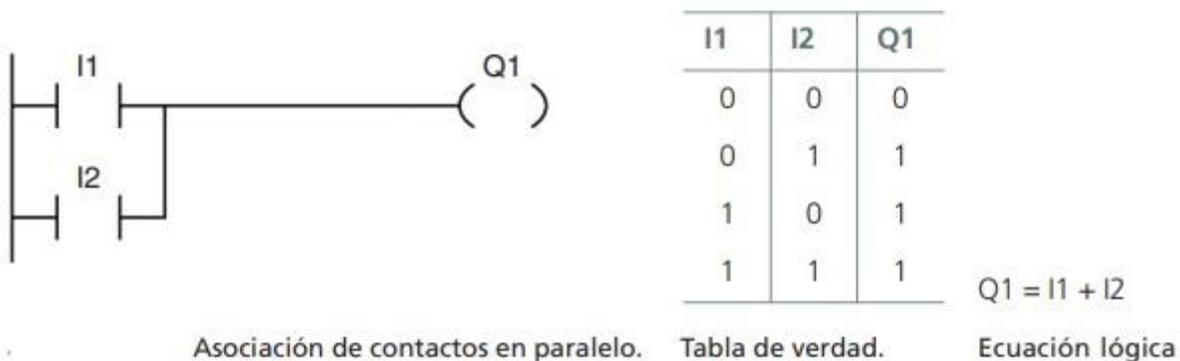


Contactos en serie negados y sin negar.

Conexión paralelo (OR)

Tiene su correspondencia con el circuito eléctrico combinacional de **contactos en paralelo**.

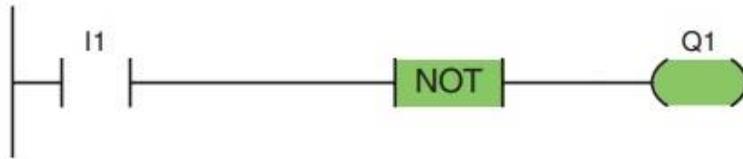
El resultado de la operación se escribe en la bobina cuando cualquiera de los operandos "no negados" está a "1" o cualquiera de los negados está a "0".



$$Q1 = I1 + I2$$

Operación negación (NOT)

La operación NOT invierte el valor de la operación lógica escrita previamente a ella. Se representa como un contacto con la palabra NOT en su interior y no tiene asociado ningún operando.



Operación NOT.

I1	Q1
0	1
1	0

Tabla de la verdad.

$$Q1 = \bar{I1}$$

Ecuación lógica.

Operaciones con marcas internas

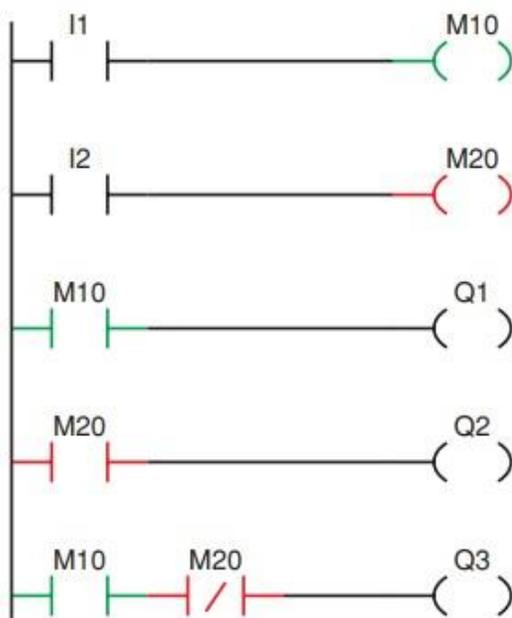
También llamadas memorias o bits internos. Tienen un comportamiento similar al de los relés auxiliares en la lógica cableada.

Su representación gráfica se realiza con el símbolo de la bobina, tanto en forma directa como negada.



Marcas asociadas a bobinas.

A las memorias internas se les asocian contactos, abiertos y cerrados, que cambian de estado cuando se activan.



En este ejemplo las entradas I1 e I2 activan las marcas M10 y M20 respectivamente.

Cuando la M10 está a «1», se cierran sus dos contactos, activando las salidas Q1 y Q3.

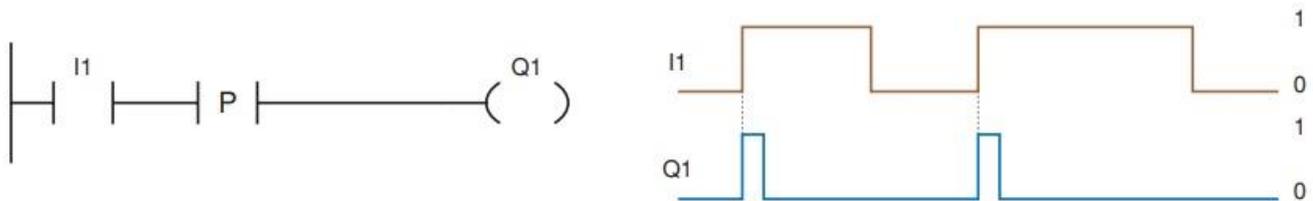
Cuando M20 está a «1» se cierra el contacto abierto de la cuarta rama, activando Q2, y se abre el cerrado de la quinta, impidiendo que Q3 se active aunque M10 esté a valor verdadero.

Flanco positivo

También llamado frente ascendente, detecta el paso de 0 a 1 del operando asociado.

El símbolo es: — | P | —

Por ejemplo, una entrada asociada a una operación de flanco positivo solamente generará la señal "1" en el instante de ser pulsado, pasando a la situación "0" inmediatamente aunque continúe la acción sobre el pulsador.



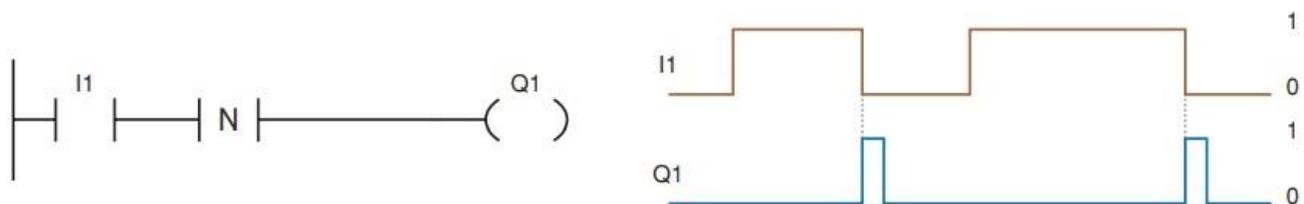
Asociación de un flanco positivo a una entrada y cronograma del flanco positivo.

Flanco negativo

También llamado frente descendente, detecta el paso de 1 a 0 del operador asociado.

El símbolo es: — | N | —

Utilizando el ejemplo del punto anterior, solamente se generará la señal "1" en el instante de "soltar" el pulsador.



Asociación de un flanco negativo a una entrada y cronograma del flanco negativo.

GRAF CET

El **GRAF CET**, del francés *Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition*, que significa **Gráfico Funcional de Comando Etapa-Transición** nació en 1977, fuente del trabajo de la Asociación Francesa para la Cibernética Económica y Técnica (AFCET).

Normalizada en Europa como (EN61131) e internacionalmente en 1992 como (norma CEI 1131).

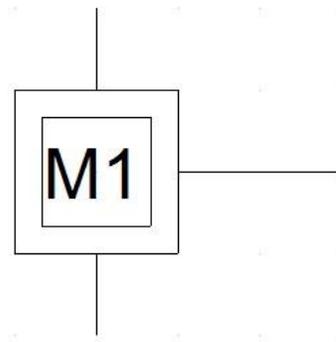
Básicamente, el GRAF CET es un modelo de representación gráfica, de los sucesivos comportamientos de un sistema lógico, predefinido por sus entradas y salidas.

También es un diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

Elementos del GRAFCET

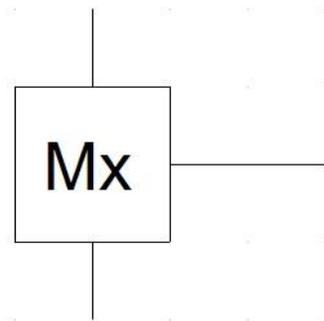
Etapa inicial

Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN al PLC. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.



Etapa de paso

Su activación lleva consigo una acción (conexión o desconexión de salidas, conteo de un contador, inicio de un temporizador, etc) o una espera.

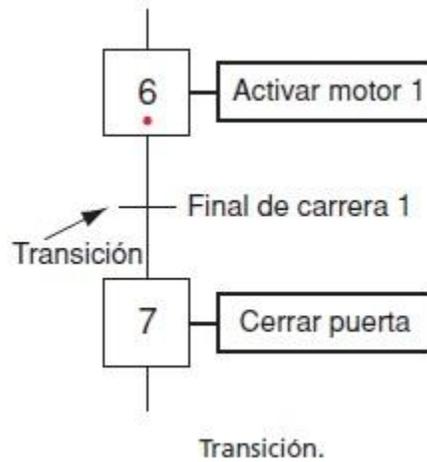


En un GRAFCET solamente puede estar una etapa activa, excepto si la secuencia se ha diseñado con más de una etapa inicial o existen secuencias paralelas.

Transiciones

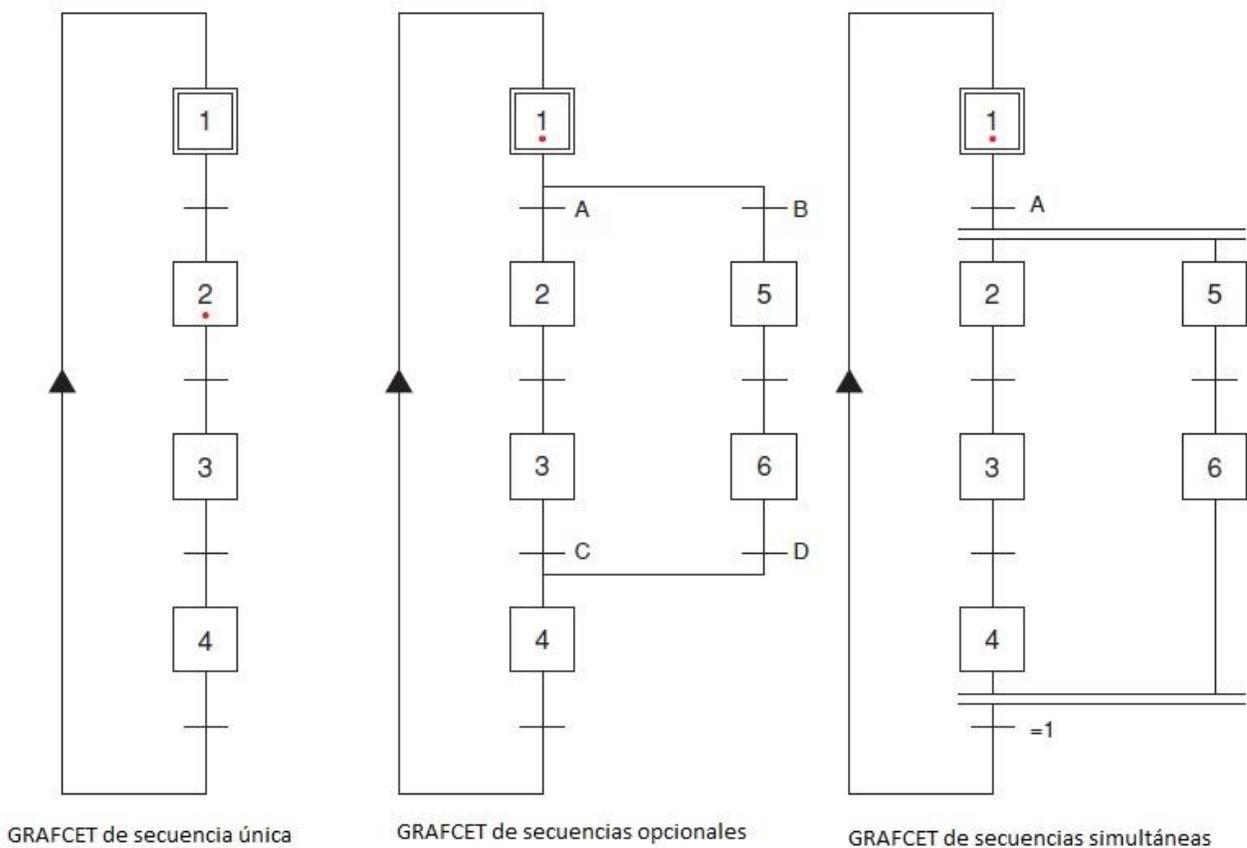
Una transición es una condición que permite el paso de una etapa a otra.

Se representa con una línea horizontal en forma de cruz sobre la línea de dirección.



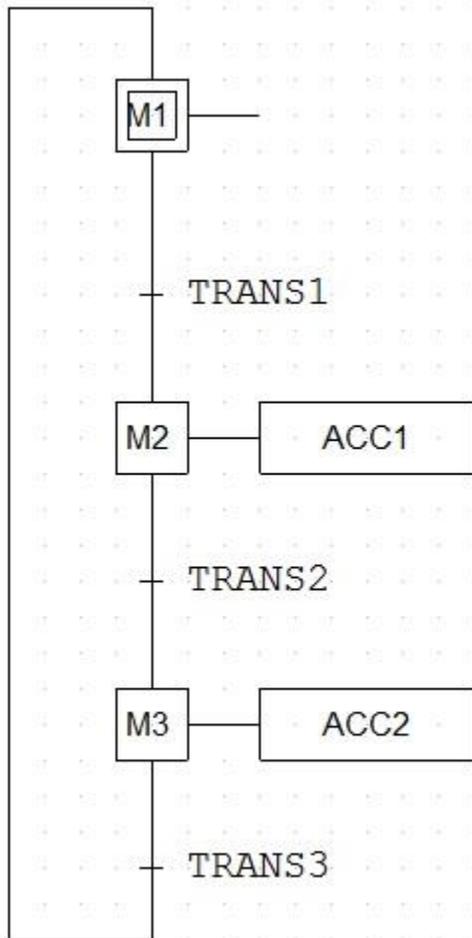
Tipos de GRAFCET

Según la evolución de la secuencia, tres son los tipos de GRAFCET que se pueden representar:



Programación de un GRAFCET en lenguaje de contactos

A cada etapa del GRAFCET se le asocia una marca interna de la zona de memoria M.



Etapa	Marca interna
Etapa 1 (Inicial)	M1
Etapa 2	M2
Etapa 3	M3

Administración de un GRAFCET

La programación de un GRAFCET se divide en tres zonas de administración:

Zona preliminar (programación de la/s etapa/s inicial/es)

Zona secuencial (programación de la estructura principal: encendido y apagado de marcas internas, temporizadores, contadores, operaciones aritméticas)

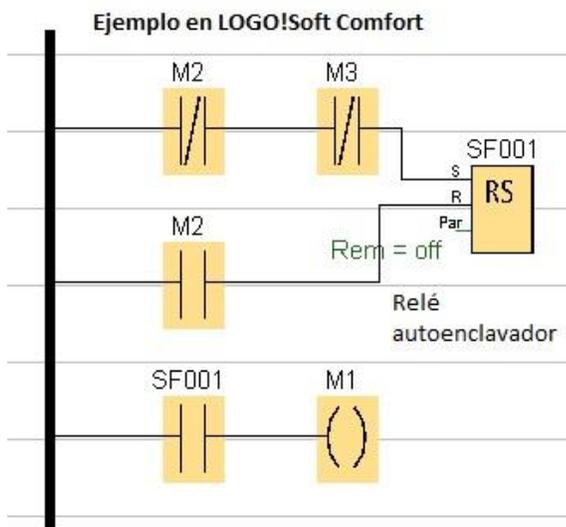
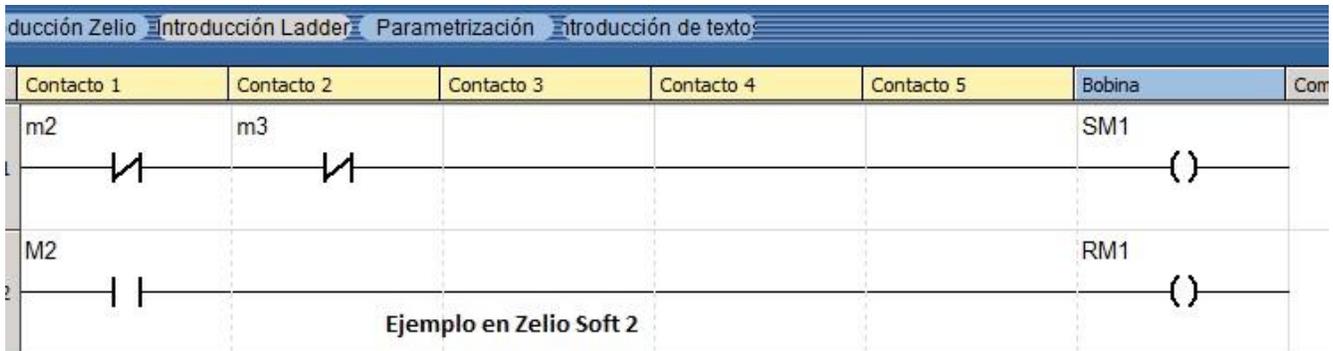
Zona de acciones (programación de las salidas físicas y HMI)

Zona preliminar

En esta zona se escribe, entre otras operaciones, el programa que define la etapa por la que comienza la secuencia.

La etapa inicial se activa mediante una bobina SET, a través de una red de contactos cerrados pertenecientes a todas las etapas que intervienen en el GRAFCET excepto la inicial.

Se desactiva en la bobina RESET utilizando los contactos de las etapas posteriores a la misma.



Zona secuencial

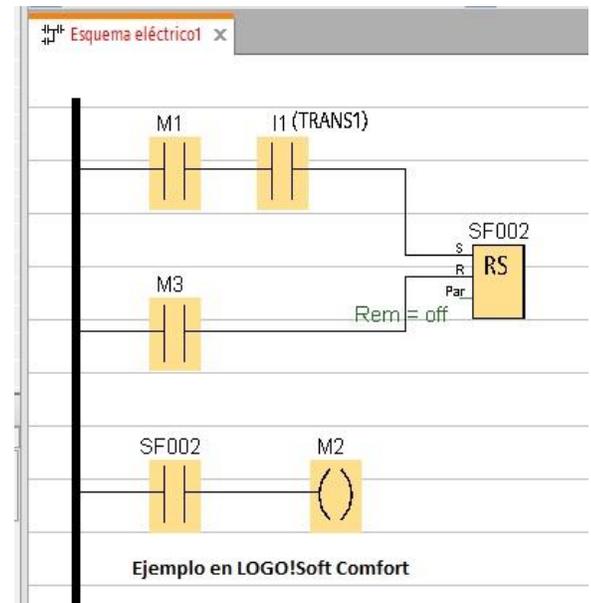
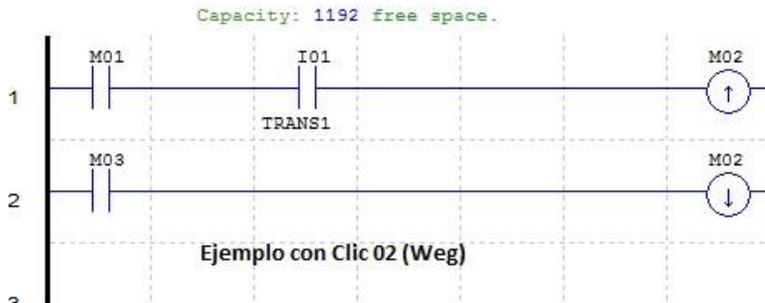
Es la zona del programa donde se activan y desactivan todas las etapas, temporizadores, contadores, operaciones matemáticas, etc.

Cada etapa se activa con una bobina SET, que se programa en una red de contactos en el que se debe "decir" lo siguiente:

- Etapa/s desde la/s que se viene/n.
- Transición/es por la que se viene/n.

Cada etapa se desactiva con una bobina RESET, que se programa con la/s etapa/s siguientes.

Así, cada segmento de contactos correspondientes a una etapa de de la zona secuencial debe tener este aspecto:

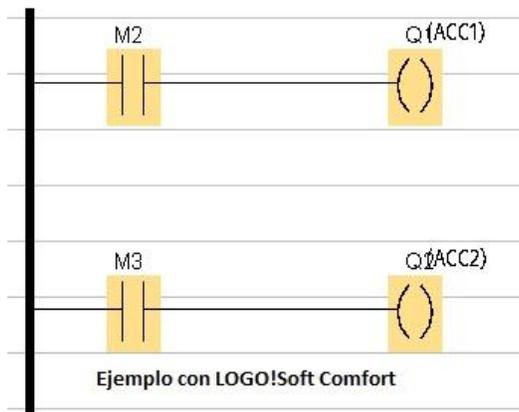


Zona de acciones

En esta parte del programa se asignan las salidas físicas (Q) que corresponden a los actuadores, así como también los HMI (Human Machine Interface).

Cada acción se asocia a una bobina que funciona como relé, es decir, mientras reciba corriente funciona. Y esa bobina estará conectada a las etapas correspondientes según el GRAFCET.

Esquema electrico1 X



Ejemplo con LOGO!Soft Comfort

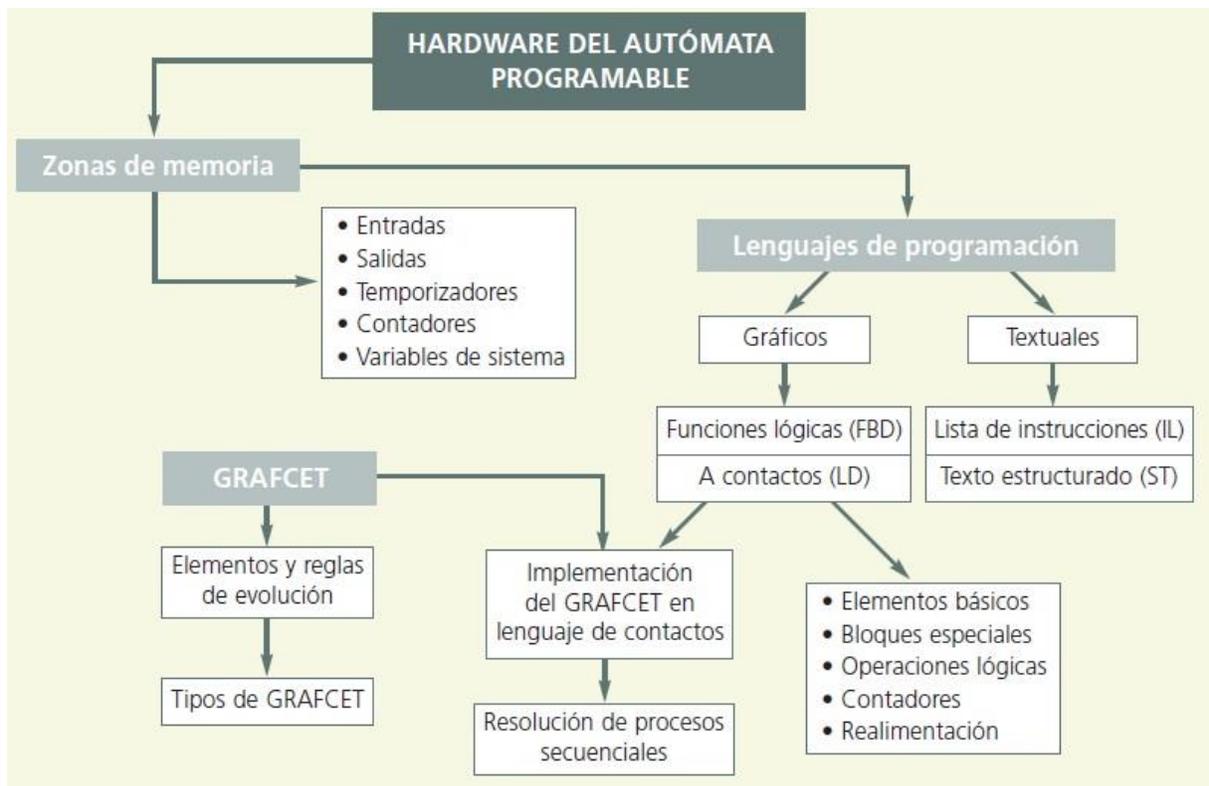
Capacity: 1192 free space.



Ejemplo en Clic 02 (Weg)

	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Coil
01	M2					[Q1	()
						□ACC1	
02	M3					[Q2	()
						□ACC2	

Ejemplo en Zelio Soft 2



Práctica ejemplo:

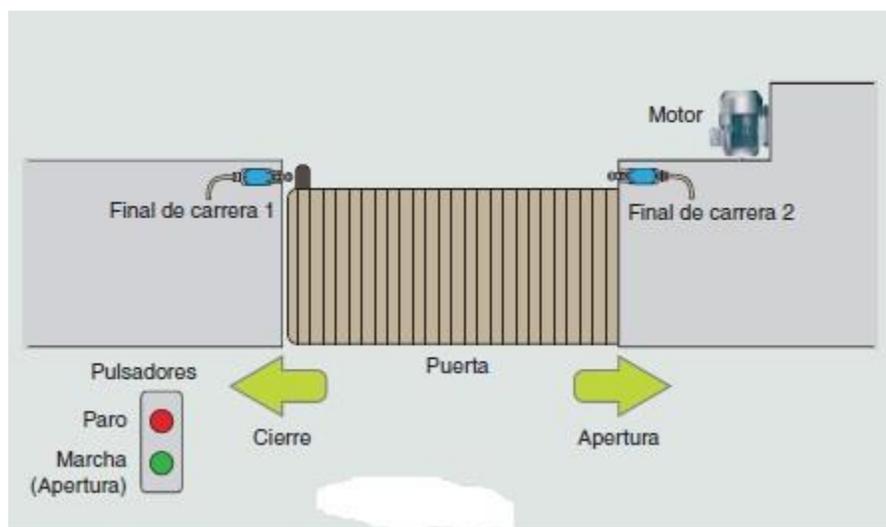
Se desea automatizar el mecanismo de una puerta eléctrica.

La apertura y cierre se realiza mediante un motor trifásico, controlado por un sistema de inversión de giro basado en contactores.

Al accionar el pulsador de marcha, la puerta se abre hasta que se acciona el final de carrera 2. En esa situación debe permanecer 10 segundos, hasta que comienza el proceso de cierre.

Cuando la puerta ha cerrado completamente, se acciona el final de carrera 1 y se detiene la secuencia. Si cuando la puerta está cerrando, alguien acciona el pulsador de marcha, se abre de nuevo repitiendo el proceso descrito anteriormente.

Al presionar "Paro" debe detenerse el proceso en cualquier instancia que se encuentre.



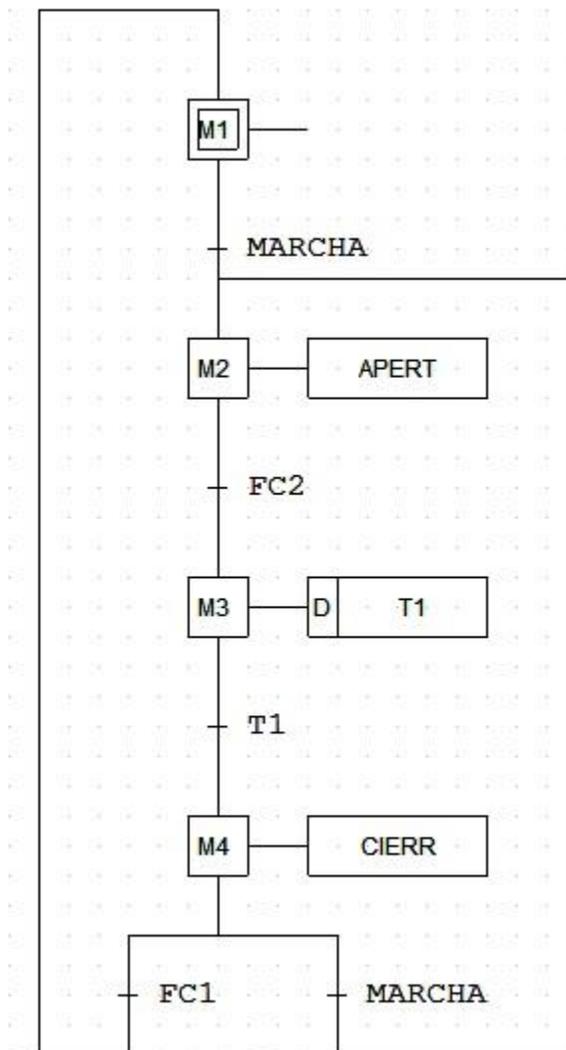
Por cada práctica deberemos realizar los siguientes pasos:

- 1) Comprensión del proceso a automatizar: en esta etapa deberemos leer, releer y comprender cómo funciona el proceso. En algunos casos dispondremos de un plano eléctrico que podremos simular en Cade Simu, y en algunos otros con algún esquema como es esta práctica ejemplo.
- 2) Asignación de E/S (entradas/salidas): una vez que analizamos el funcionamiento de lo que debemos automatizar procedemos a asignar las variables físicas presentes en el esquema en una simple tabla de E/S.

Recordando que a las **entradas (I)** se conectan los sensores (manuales como pulsadores, interruptores o automáticos como sensores de posición o proximidad, etc) y a las **salidas (Q)** los actuadores (motores, cilindros neumáticos/hidráulicos, pilotos de señalización, etc).

Entradas	Salidas
I1 = Marcha (apertura)	Q1 = Apertura (motor en un giro)
I2 = Paro	Q2 = Cierre (motor en giro opuesto)
I3 = FC1	
I4 = FC2	

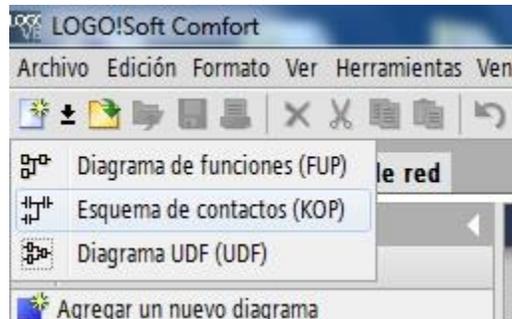
3) GRAFCEI: en este paso comienza la programación del automatismo. Debemos realizar el esquema que responda al funcionamiento deseado.



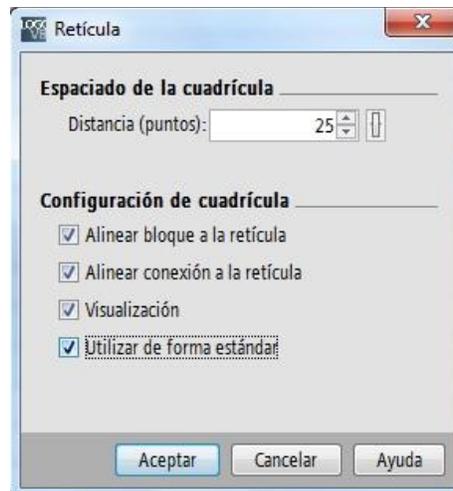
- 4) Programa en lenguaje Ladder-KOP: utilizamos este lenguaje de contactos ya que es el de más presencia en la industria. Además, el GRAFCET no es admitido por todos los PLC, se necesita una licencia profesional de los equipos de gama media/alta. En los LOGO/Zelio que tenemos en la institución no podemos cargar directamente el GRAFCET, por eso lo “traducimos” al ladder.

Programa en LOGO!Soft Comfort

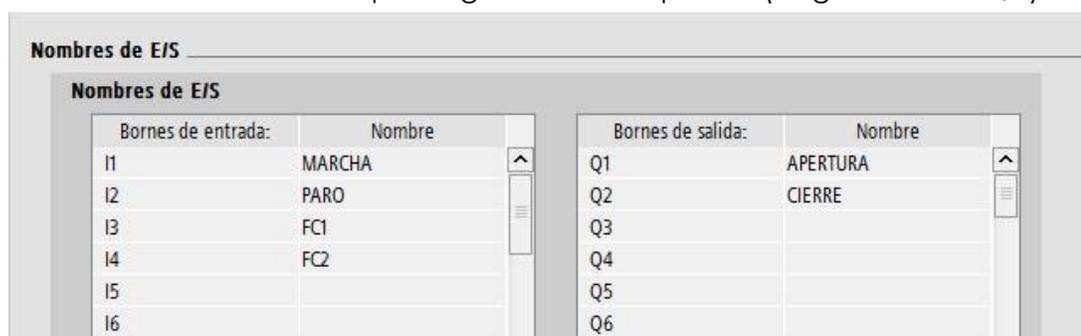
- a) Una vez abierto el programa, hacer clic en la flecha que muestra la imagen y seleccionar “Esquema de contactos (KOP)”.



- b) Si los renglones aparecen muy separados, ir al menú “Formato” y entrar a “Formato de cuadrícula”. Cambiar el número de la “Distancia (puntos)” a 25 y marcar la opción “Utilizar de forma estándar”.



- c) Ir al menú “Edición” y entrar a “Nombres de conexiones”. En la tabla que aparece, se deberán colocar los nombres que asignamos en el paso 2 (Asignación de E/S).

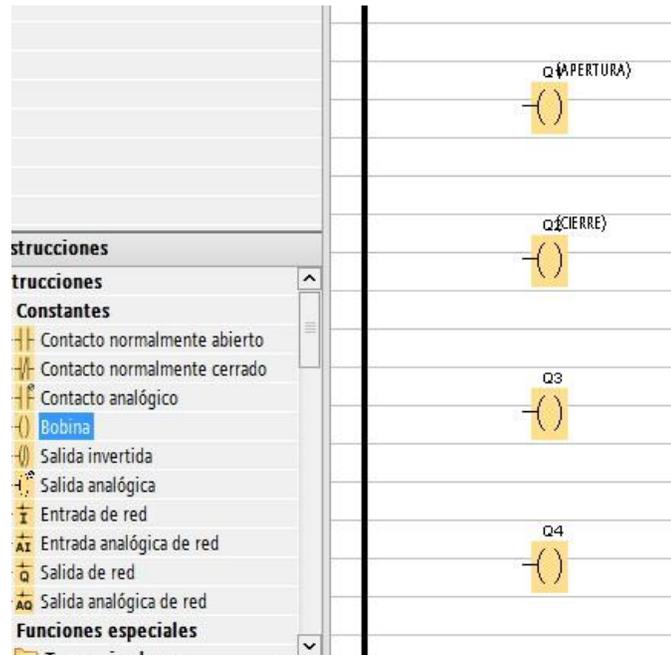
The image shows a dialog box titled 'Nombres de E/S'. It contains two tables side-by-side. The left table is titled 'Bornes de entrada:' and has two columns: 'Bornes de entrada:' and 'Nombre'. The right table is titled 'Bornes de salida:' and has two columns: 'Bornes de salida:' and 'Nombre'. Both tables have scroll bars on their right sides.

Bornes de entrada:	Nombre
I1	MARCHA
I2	PARO
I3	FC1
I4	FC2
I5	
I6	

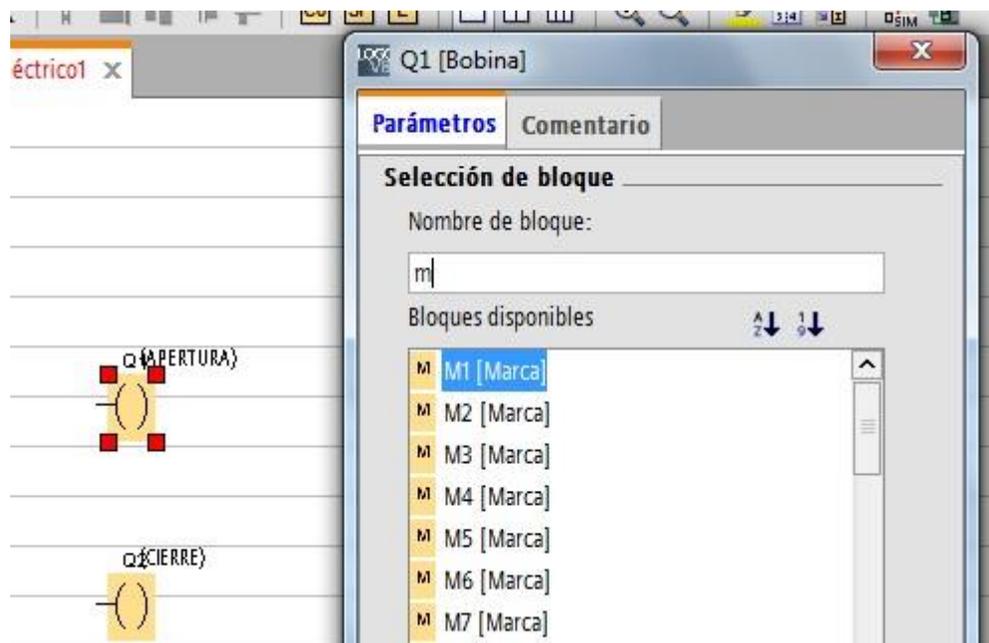
Bornes de salida:	Nombre
Q1	APERTURA
Q2	CIERRE
Q3	
Q4	
Q5	
Q6	

d) Colocar una bobina por cada etapa en el GRAFCET. En este caso tenemos cuatro etapas. Las bobinas aparecerán con los nombres Q1, Q2, Q3 y Q4. Eso indica que son las salidas físicas, las cuales se conectan en la zona de acciones, al final del GRAFCET.

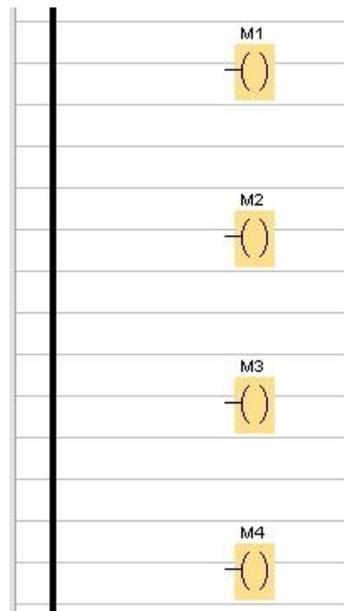
Debemos cambiar esas bobinas para que aparezcan con los mismos nombres que las etapas, es decir, M1, M2, M3 y M4.



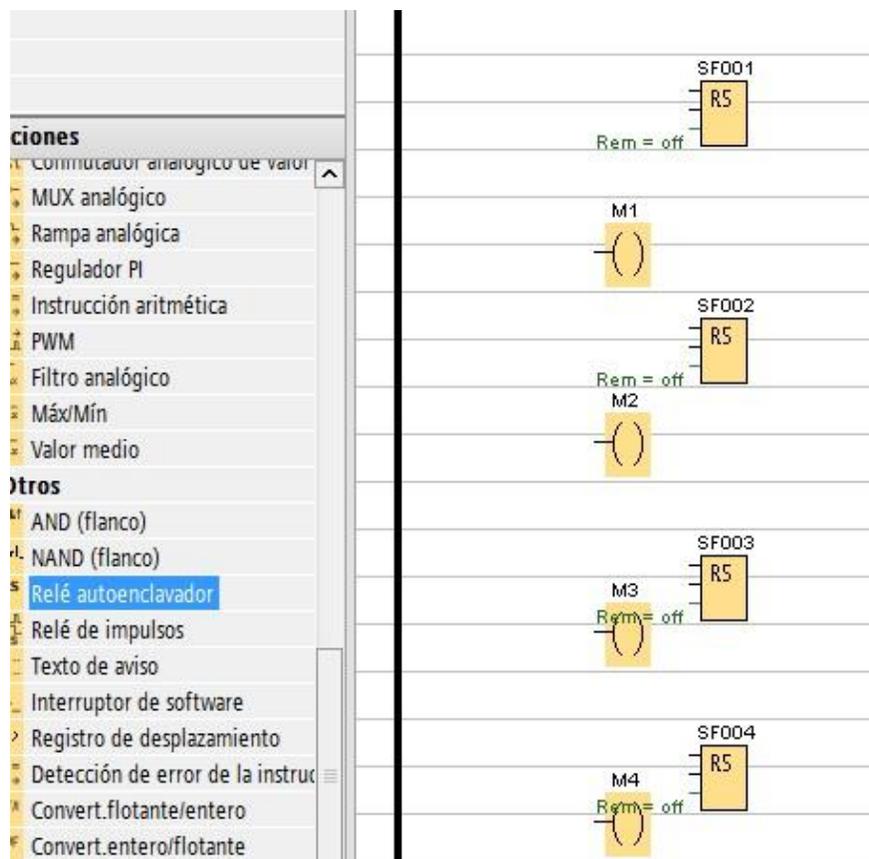
Para cambiar los nombres, debemos darle doble clic a cada bobina y en "Nombre de bloque" colocar la letra m (eme). De esta forma aparecerán las marcas internas de memoria que utilizaremos como etapas en el GRAFCET.



Una vez que cliqueamos en “Aceptar” la bobina tomará el nombre de “M1” y así con las demás. Deben quedar como muestra la imagen:



e) Colocar un “Relé autoenclavador” para cada etapa, se encuentra en el menú “Instrucciones” hacia abajo en la sección “otros”.



¿Qué es y cómo funciona el relé autoenclavador?

El “relé autoenclavador” no es más ni menos que un flip-flop RS, también llamado biestable.

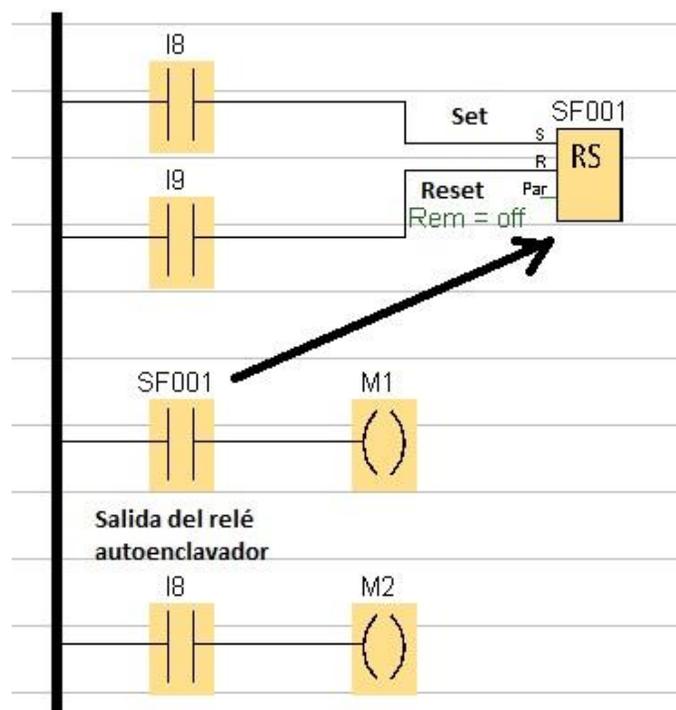
Es un circuito que tiene dos posibles estados y tiene la capacidad de almacenar ese último estado en el que quedó. Esos estados posibles (“0” y “1”) que tendrá en su salida, dependerán del estado de las entradas (SET y RESET).

Ejemplo:

En la siguiente imagen podemos ver un relé autoenclavador conectado a través de su salida (contacto normalmente abierto SF001, responde al mismo nombre de bloque del relé autoenclavador) a una bobina-marca interna M1.

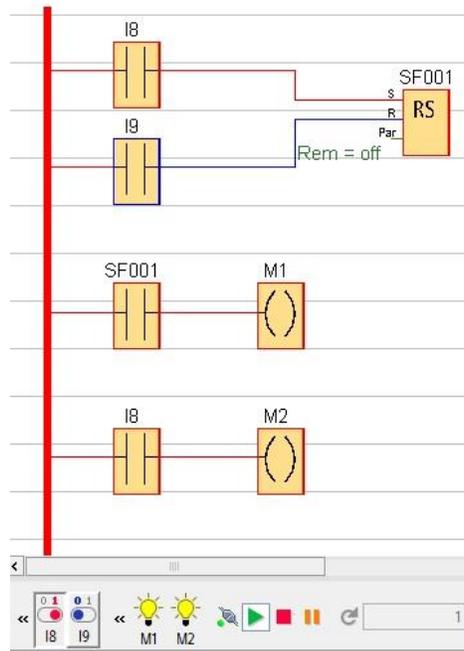
El contacto I8 está conectado a la entrada S (SET) del relé autoenclavador y también está como condición para que se encienda una bobina-marca interna M2.

El contacto I9 está conectado a la entrada R (RESET) del relé autoenclavador.

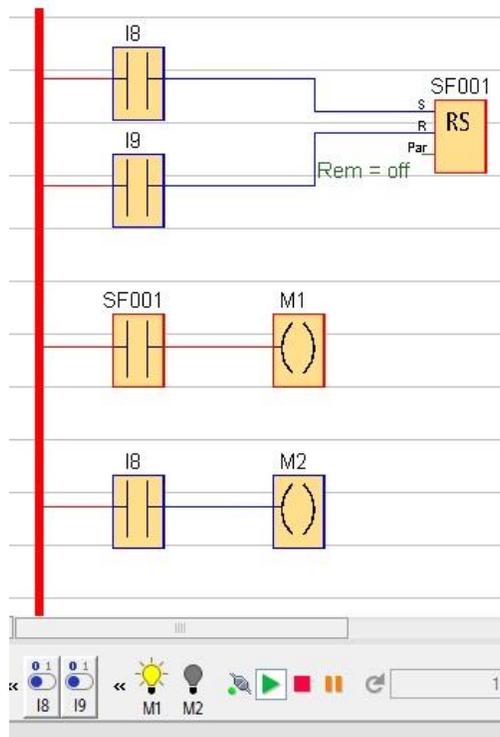


Al activar I8 deberíamos ver que se cierra el contacto y dejaría pasar la energía a la entrada S del relé autoenclavador, así como también a la bobina M2.

Al simular (tecla F3), vemos como el relé autoenclavador “se enciende” (pasa su salida a estado “1”) y por ende se energiza la bobina M1. También se activa directamente M2 como muestra la siguiente imagen:

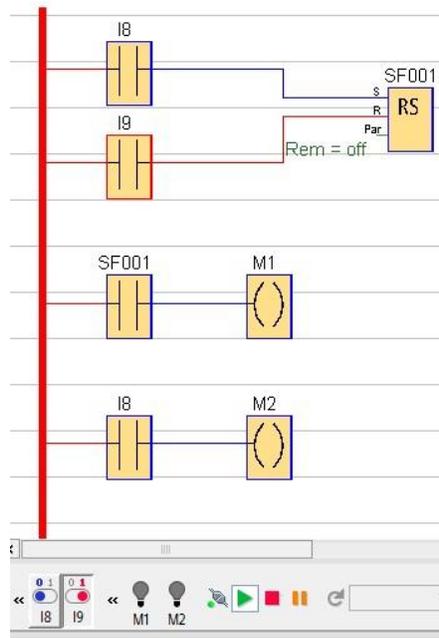


Pero al desactivar el contacto I8 vemos lo siguiente:



La marca interna M1 sigue encendida a pesar de que la entrada SET ya no le llega energía, eso significa que el relé autoenclavador “memorizó” el último estado, y así quedará hasta que la entrada R (RESET) modifique su valor. También podemos ver que a la marca interna M2 no le llega más energía y sí se desactivó.

Presionamos I9 y vemos:

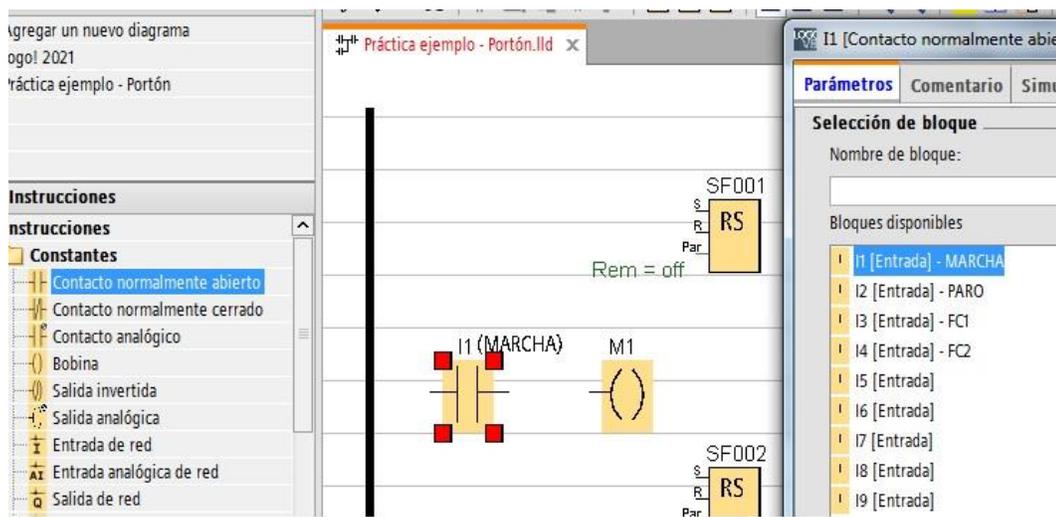


Al llegar energía a la entrada R (RESET), vemos que tanto el relé autoenclavador como la marca interna M1 se apagaron, y así quedará hasta que se active nuevamente la entrada SET.

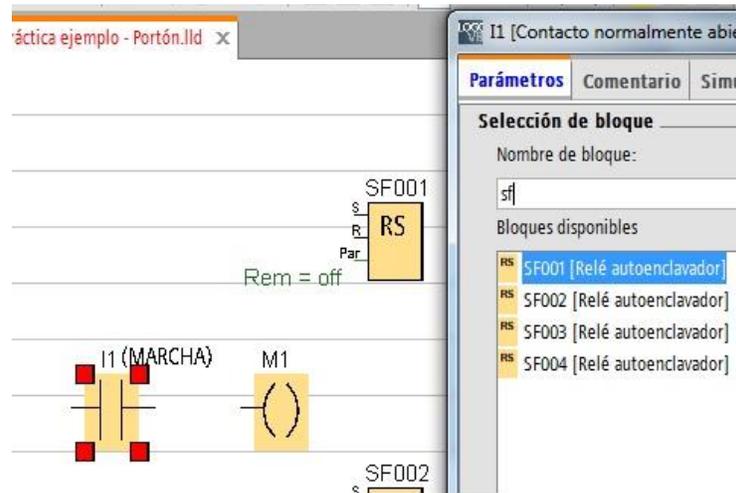
Si ambas entradas reciben energía, es decir, tienen un "1" lógico, el flip-flop RS privilegia el RESET, es decir el apagado.

En resumen, podemos decir que todo lo que conectemos a la entrada SET "encenderá" el relé autoenclavador; y todo lo que conectemos al RESET lo "apagará".

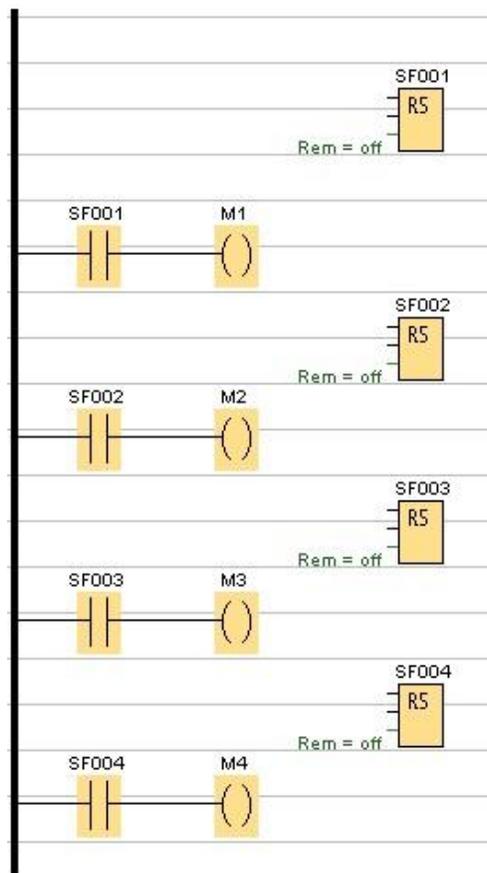
Volviendo al paso e), ahora debemos vincular cada etapa (marca interna) con su respectivo relé autoenclavador. Para hacer esto, colocamos un "contacto normalmente abierto" en la hoja de programación y aparecerá lo siguiente:



Como vemos, aparecen las entradas físicas (I), lo que debemos hacer, es ir a "Nombre de bloque" y escribir "SF", son las letras con las que empieza el nombre de bloque del relé autoencavador.



Una vez que vemos ese menú, procedemos a elegir el SF001 y aceptamos. Exactamente el mismo procedimiento se hace para el resto de las etapas. Al finalizar, debe quedar como la siguiente imagen:



Cada relé autoencavador va a controlar el encendido y apagado de cada etapa.

f) Colocar (si hay en el programa) temporizadores y contadores.

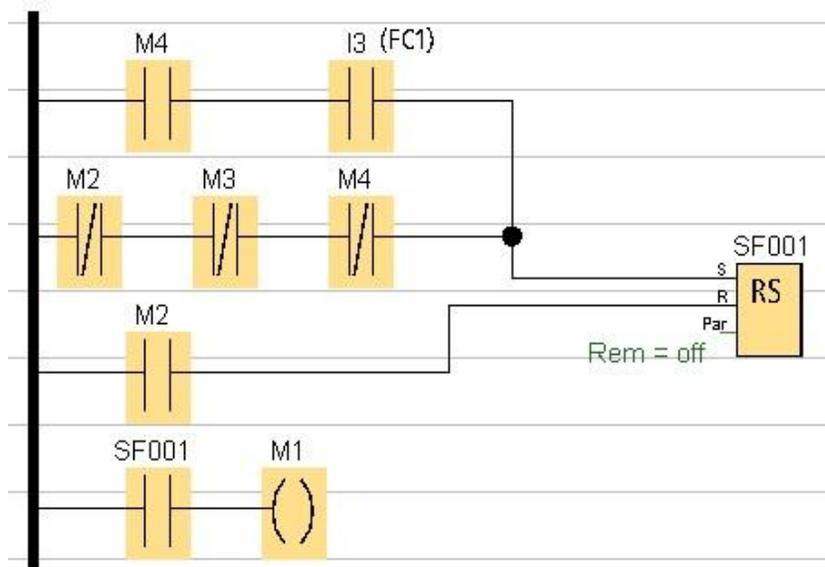


El temporizador que vamos a utilizar es el de “Retardo a la conexión” (también visto anteriormente como TON), ya que al pasar el tiempo que colocamos (en este caso 10 segundos y se configura haciendo doble clic al temporizador) se encenderá la etapa siguiente del GRAFCET. Los temporizadores y contadores se ubican luego de la última etapa.

En la imagen se puede ver que el temporizador se activa con un contacto normalmente abierto de la etapa M3 (como figura en el GRAFCET).

g) Ahora sí podemos aplicar lo visto previamente. Configuramos el SET y RESET de cada etapa. Configuramos temporizadores/contadores y conectamos las salidas físicas (Q).

- Programación de la etapa inicial



Como podemos ver, la programación de la etapa inicial tiene dos "caminos". Uno es el de la conexión en serie de los contactos normalmente cerrados del resto de las etapas que permitirá que al apagarse todas se encienda nuevamente M1.

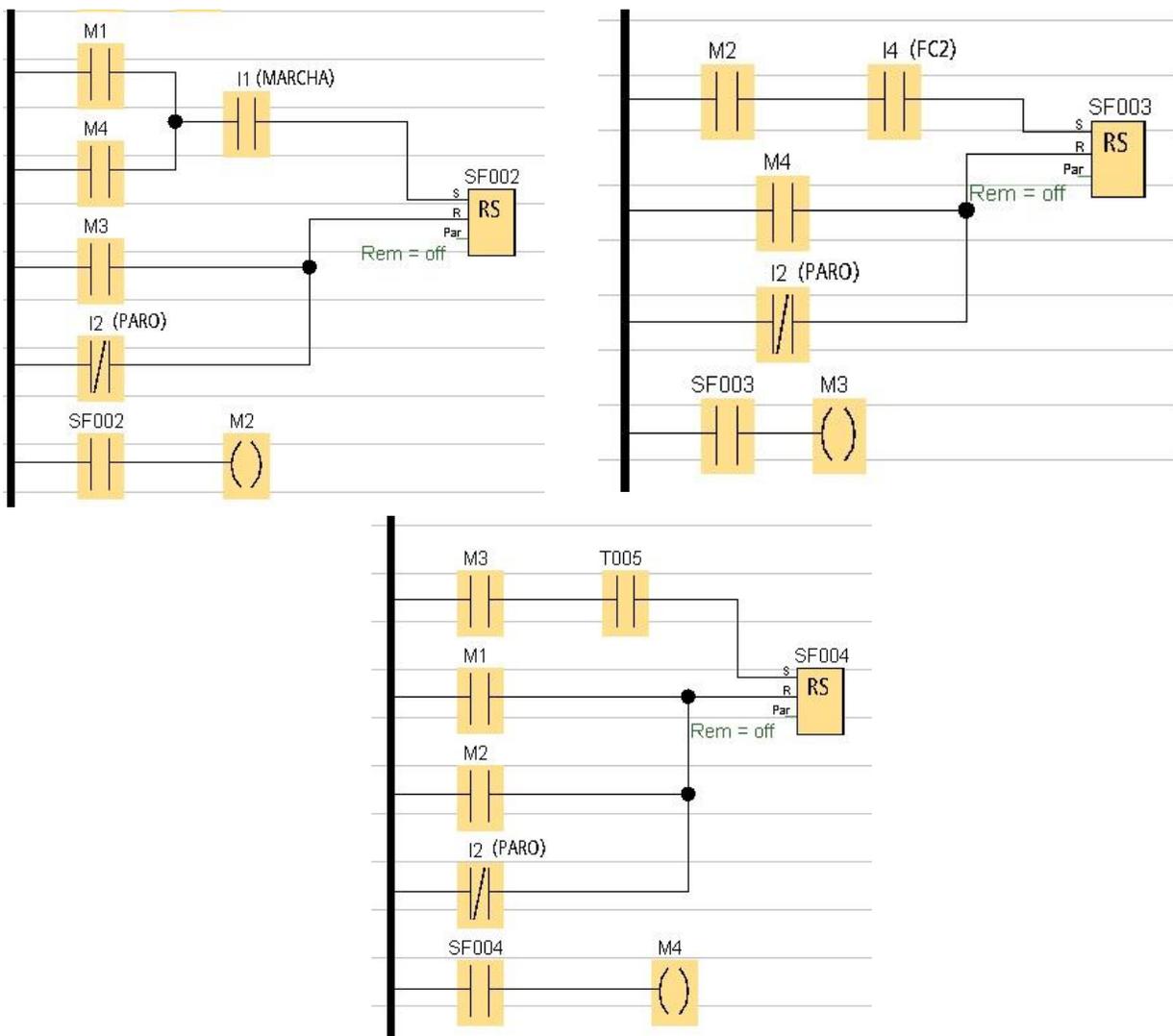
El otro es el proveniente de la etapa M4. Para encender una etapa se utiliza la etapa previa + la transición previa. Como podemos ver en el GRAFCET, M1 también se enciende desde M4 y cuando se active la transición FC1.

Para apagar la etapa M1 se conecta la etapa siguiente al RESET.

- Programación del resto de las etapas

Como veremos a continuación, cada etapa se encenderá con la/s etapa/s previa/s + transición previa y se apagará con las etapas siguientes ó PARO.

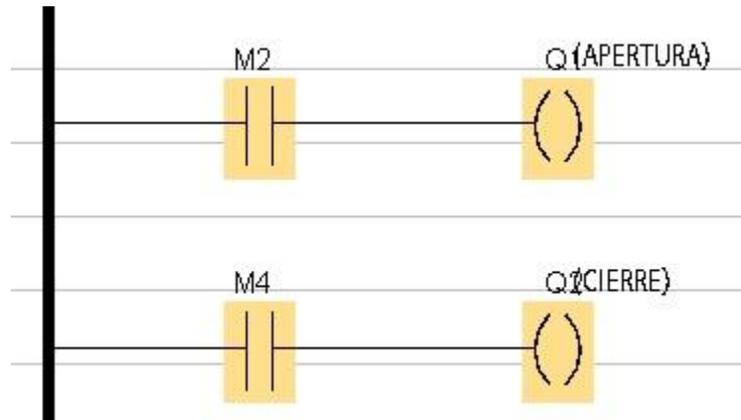
Al colocar el PARO en cada RESET de todos los relés autoenclavadores, lograremos que sin importar en qué lugar del programa estemos, se apagará todas las etapas activas, y si eso sucede, volverá a encenderse la etapa inicial (a través del camino de los contactos normalmente cerrados al SET). Es importante que el PARO sea siempre NC tanto en campo como en el programa.



- Programación de las salidas físicas (Q)

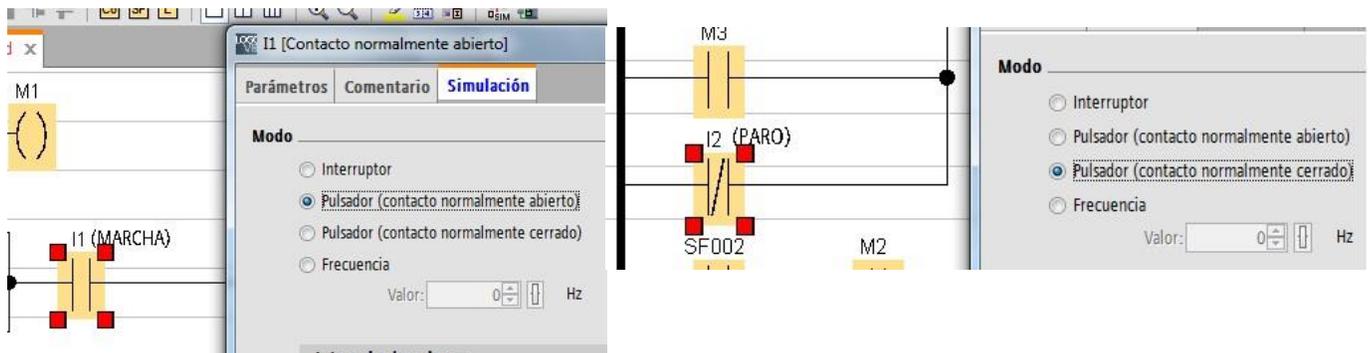
Aquí solo resta asociar a cada bobina perteneciente a una salida física a la etapa correspondiente del GRAFCET que la activa.

Es importante recordar que no se pueden “repetir” las salidas, ya que existe una para cada nombre. Lo que sí se puede repetir sin problemas son los contactos de las etapas, ya que son virtuales y solo nos limita la cantidad de memoria del PLC (que es muy amplia).



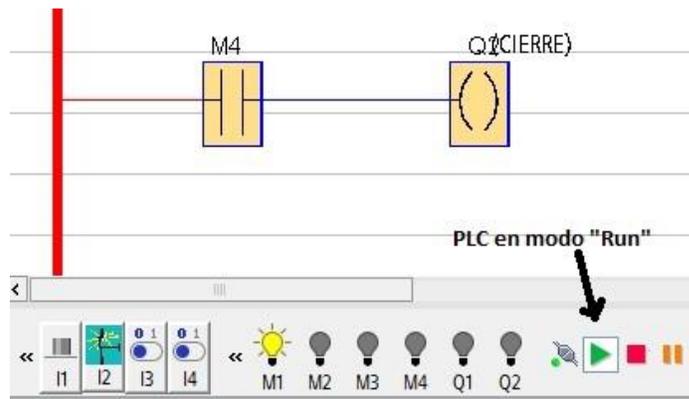
- Simulación

Este software nos permite configurar a los pulsadores para que funcionen como en la realidad. Para eso se le da doble clic al pulsador, y en “simulación” se le asigna según corresponda. **Los sensores automáticos NO se configuran como pulsadores manuales, quedan como “interruptor”.**

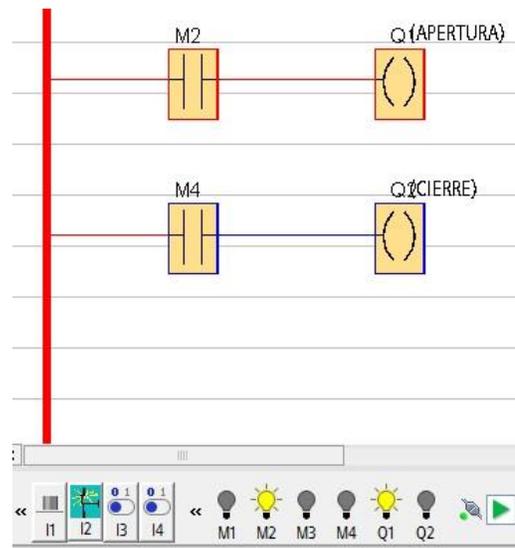


Al presionar F3 comienza la simulación. Abajo se ven el estado de las E/S y de las etapas, para controlar que al activar y desactivar las entradas (sensores, pulsadores, etc.)

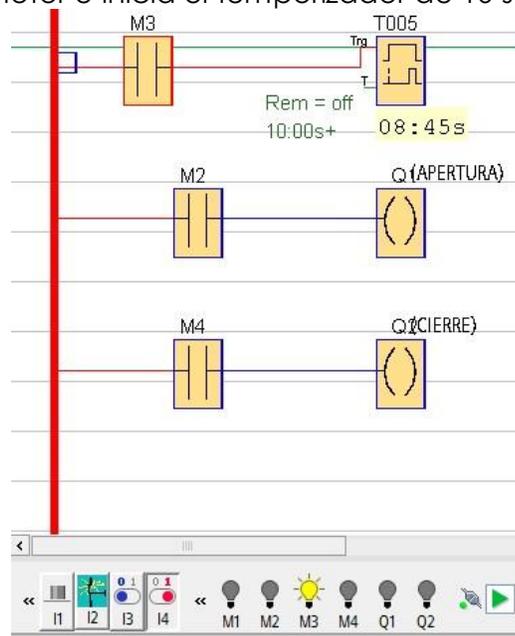
También se puede cambiar el PLC del modo “RUN” a “STOP” y viceversa como muestra la siguiente imagen:



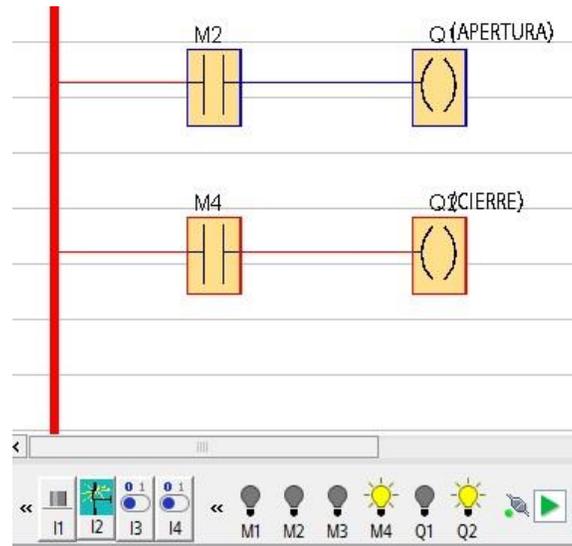
En la imagen siguiente vemos que como al presionar I1 (MARCHA), se enciende la etapa M2 y se apaga M1, y esto hace que se active el giro del motor que abre el portón:



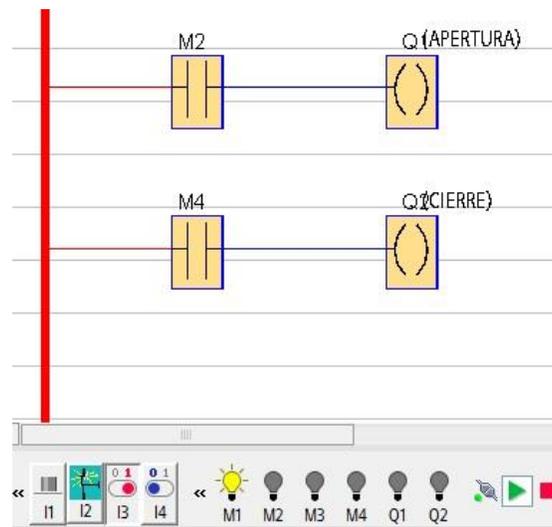
Cuando el portón se abra completamente se activará el sensor FC2, lo cual activará M3 y apagará M2. M3 detiene el motor e inicia el temporizador de 10 segundos.



Luego de que el temporizador llegue a los 10 segundos se encenderá M4 y se apagará M3. M4 comienza a cerrar el portón. Es importante que desactivemos FC2 simulando que el portón se retiró de la posición de completamente abierto.



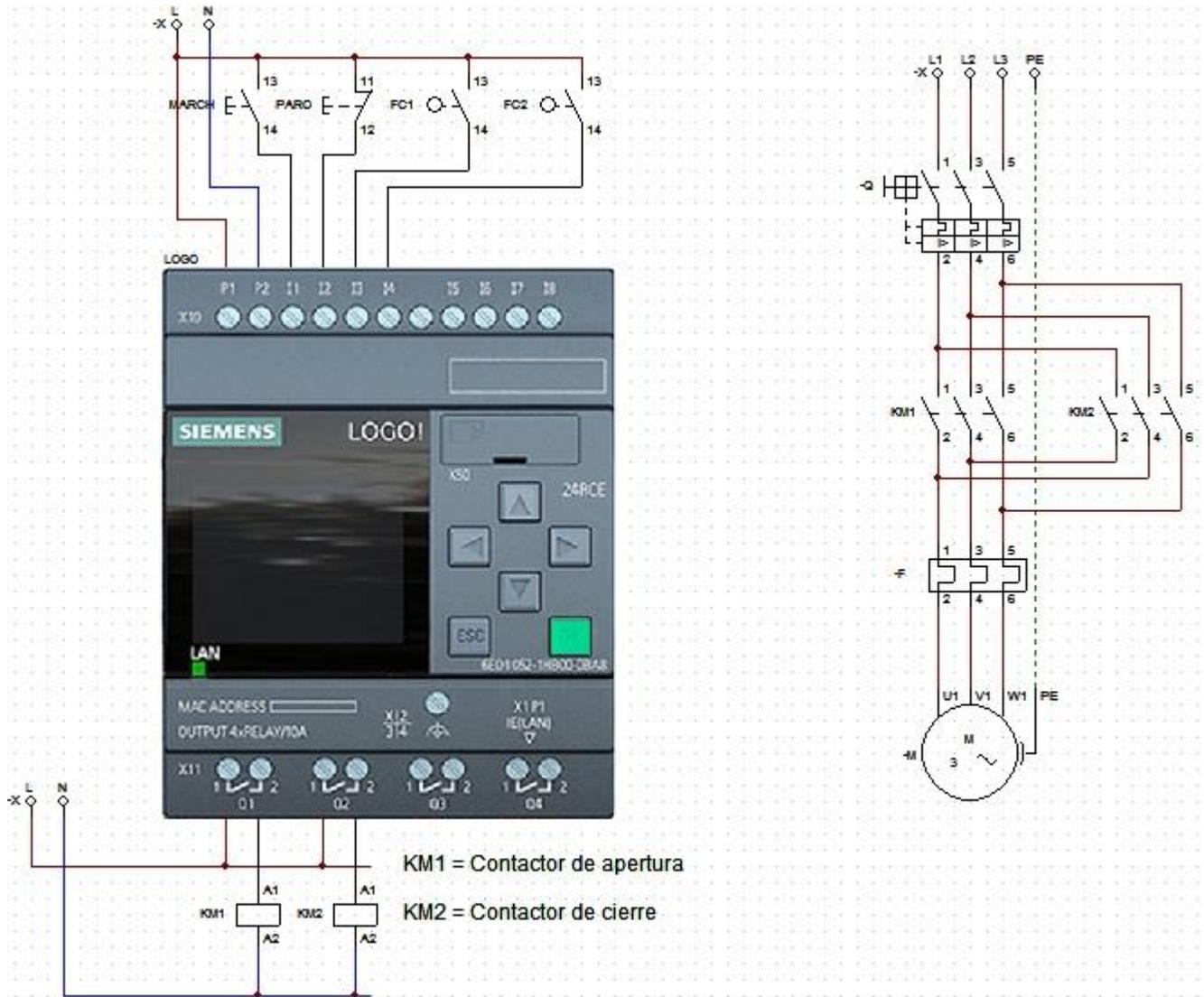
Cuando el portón se cierre completamente se activará el sensor FC1, el cual encenderá M1 y apagará M4. Al hacer esto se detiene el cierre del portón y se deja todo preparado para volverlo a abrir.



Si mientras la puerta se está cerrando (M4 activa) pulsamos I1 (MARCHA), se volverá a encender M2 para volver a abrir el portón y repetir el proceso.

Al pulsar PARO en cualquier momento el programa inmediatamente apaga todas las etapas y vuelve a M1.

- 5) Cableado del PLC: aplicando lo visto anteriormente con respecto a la conexión de entradas y salidas digitales se procede a realizar el plano utilizando el programa Cade Simu.



Variadores de frecuencia

Un variador de frecuencia es un dispositivo de electrónica de potencia, que como su propio nombre dice, es capaz de modificar la frecuencia en hertz de la alimentación de un motor.

Los variadores de frecuencia se utilizan con máquinas convencionales, que no necesitan ningún devanado especial.

Trabajan entre una frecuencia mínima y una máxima, pudiéndose regular en todo el rango con suma facilidad.

Algunos modelos pueden superar la frecuencia de sincronismo de la red eléctrica de alimentación. Esto hace que los motores funcionen a velocidades supersincrónicas, superiores incluso para las que han sido diseñadas por su número de polos, pero también reduciendo el par motor, por eso solo se utilizan para aplicaciones muy específicas.

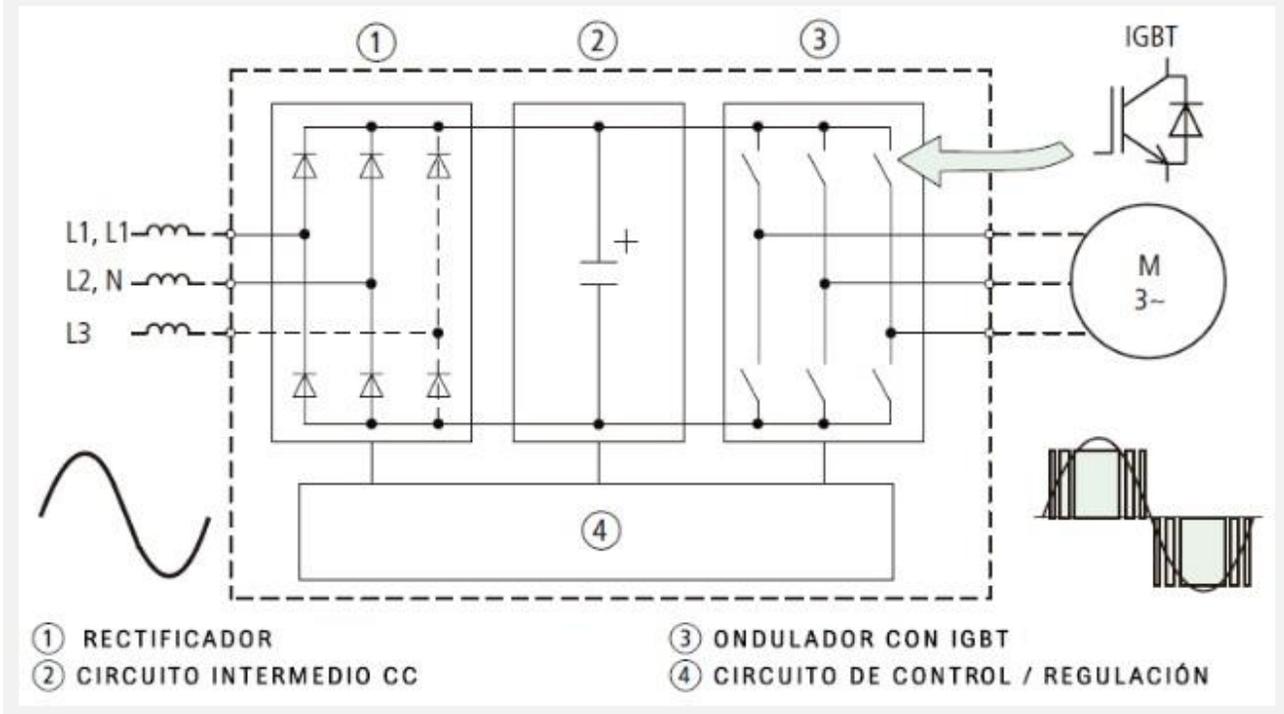


Variadores de frecuencia de baja potencia.

El circuito electrónico de un variador de frecuencia se divide discretamente en cuatro etapas principales:

- 1) **Rectificador de onda completa**
- 2) **Bus de Corriente Continua (CC)** (etapa de filtro)
- 3) **Inversor/ondulador de salida** que utiliza microcontroladores y transistores bipolares de puerta aislada (IGBT)
- 4) **Circuito de control/regulación** de todas las etapas anteriores.

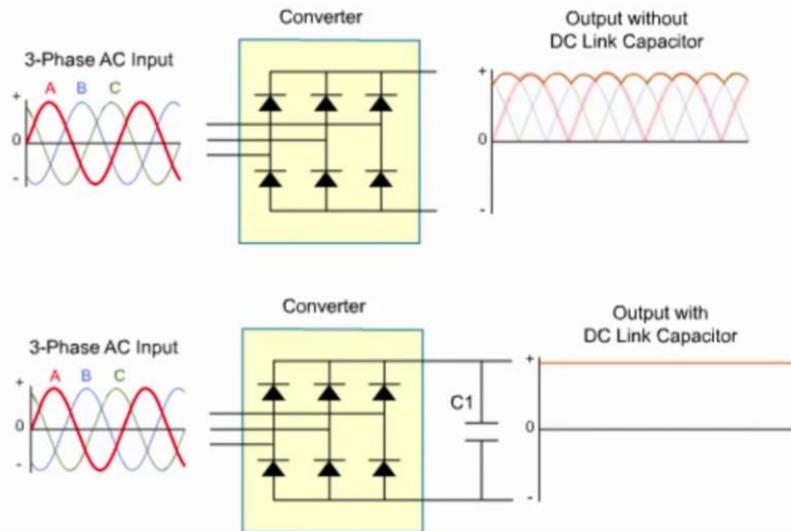
Principio de funcionamiento



Convertidor y Bus de CD

El convertidor es una sección diseñada para convertir una entrada de AC en una salida de CD, en este ejemplo existe una entrada de AC trifásica

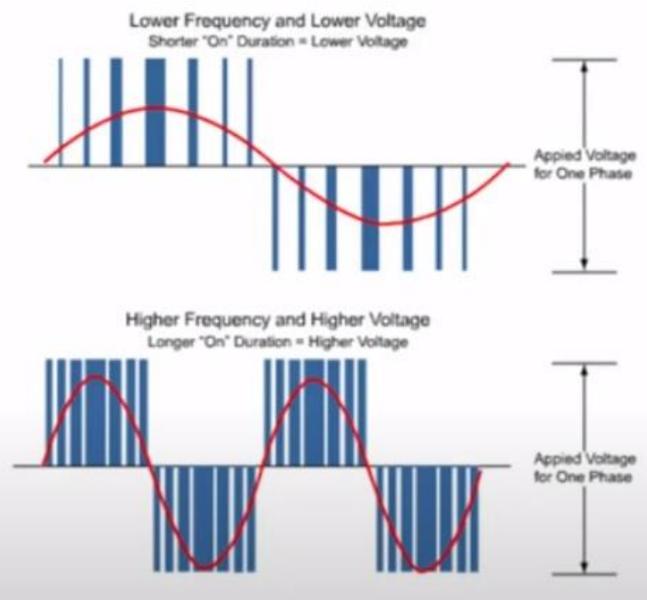
sin el capacitor del **bus de CD**, el voltaje resultante tiene variaciones no deseadas conocida como ondulación o voltaje de rizo, en esencia el capacitor de enlace funciona como una batería que proporciona energía a la sección del inversor. Sin embargo, a diferencia de una batería el convertidor suministra energía continuamente al condensador de enlace de CD



Modulación por ancho de pulso (PWM)

Un circuito inversor de modulación de ancho de pulso (PWM) controla la velocidad de un motor de inducción de AC variando la frecuencia y los anchos de pulso de la tensión aplicada al motor. Esto se hace controlando los IGBT en el inversor.

El gráfico adjunto muestra dos señales PWM asociadas con una sola fase de salida del inversor. El voltaje y la frecuencia aplicadas al motor son las mismas para cada fase, cada fase se desplaza en el tiempo de la misma manera que un voltaje trifásico típico.



Los variadores de frecuencia, además de poder regular la velocidad de los motores, generalmente tienen otras funciones integradas para llevar a cabo el control de esas máquinas:

- Función de arrancador electrónico progresivo.
- Control y variación de aceleración.
- Control y variación de velocidad.
- Función de frenado o deceleración de motor.
- Regulación de la intensidad de arranque.
- Control del par motor.
- Conmutación de máquina (marcha, paro, inversión de giro)
- Rearme a distancia.
- Bornes para conexión de pilotos de señalización.
- Función de histórico y monitorización.
- Protección frente a cortocircuitos y sobrecargas.

Programación de los variadores de frecuencia

Los variadores de velocidad disponen de un juego de parámetros que es más o menos amplio en función del modelo.

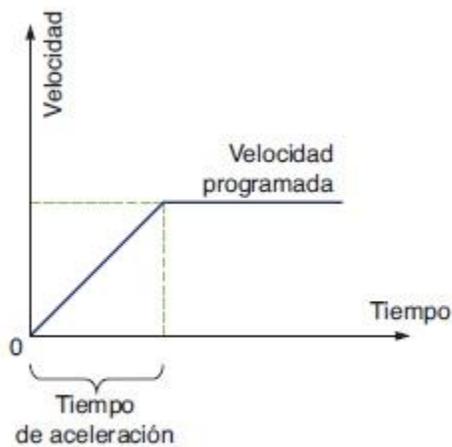
Su programación se puede hacer de diversas formas:

- Desde un pequeño panel de operación que incorpora el variador.

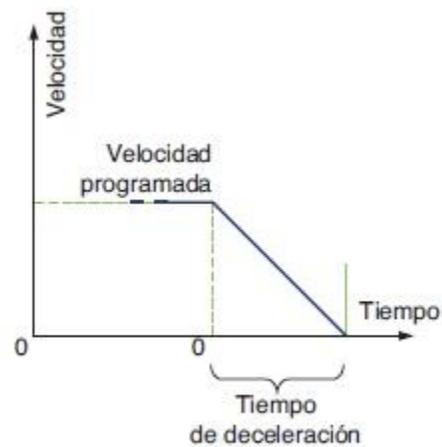
- Mediante un terminal de programación externo que se adquiere por separado y permite la programación avanzada.
- O desde un ordenador personal a través de un cable de conexión específico y un *software* de parametrización.

Estos son algunos de los parámetros característicos que se pueden ajustar y programar en un variador de frecuencia:

- **Ajustes de fábrica:** pone todos los parámetros del variador a valores de fábrica.
- **Rampa de aceleración:** es el tiempo en segundos que se emplea para que el motor consiga la velocidad preprogramada.
- **Rampa de deceleración:** es el tiempo en segundos que se emplea para que un motor disminuya su velocidad hasta pararse o lograr otra velocidad preprogramada.



Rampa de aceleración.



Rampa de deceleración.

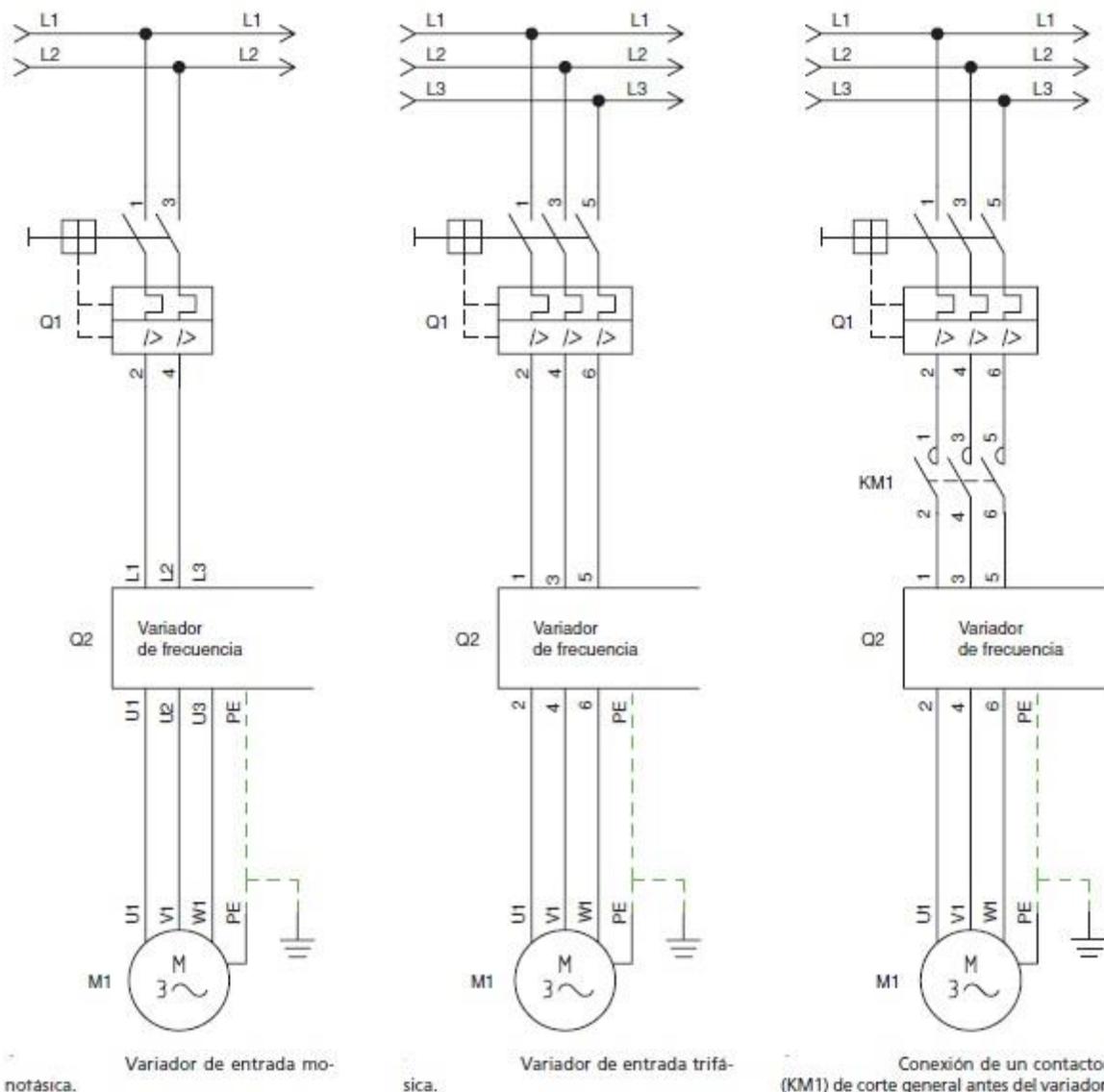
- **Velocidad máxima:** velocidad más rápida a la que se desea que gire el motor.
- **Velocidad mínima:** velocidad más lenta a la que se desea que gire el motor.
- **Velocidades preseleccionadas:** conjunto de velocidades que programa el operario y que se eligen a través de las entradas lógicas o por algún bus de comunicación.
- **JOG:** funcionamiento del motor a impulsos. Necesita una velocidad preseleccionada propia y tener asociada una entrada lógica para conectar en ella un pulsador o interruptor.
- **Frenado:** permite ajustar el tipo de frenado del motor, que puede ser por inyección de corriente continua o rueda libre.

Conexión del variador de velocidad

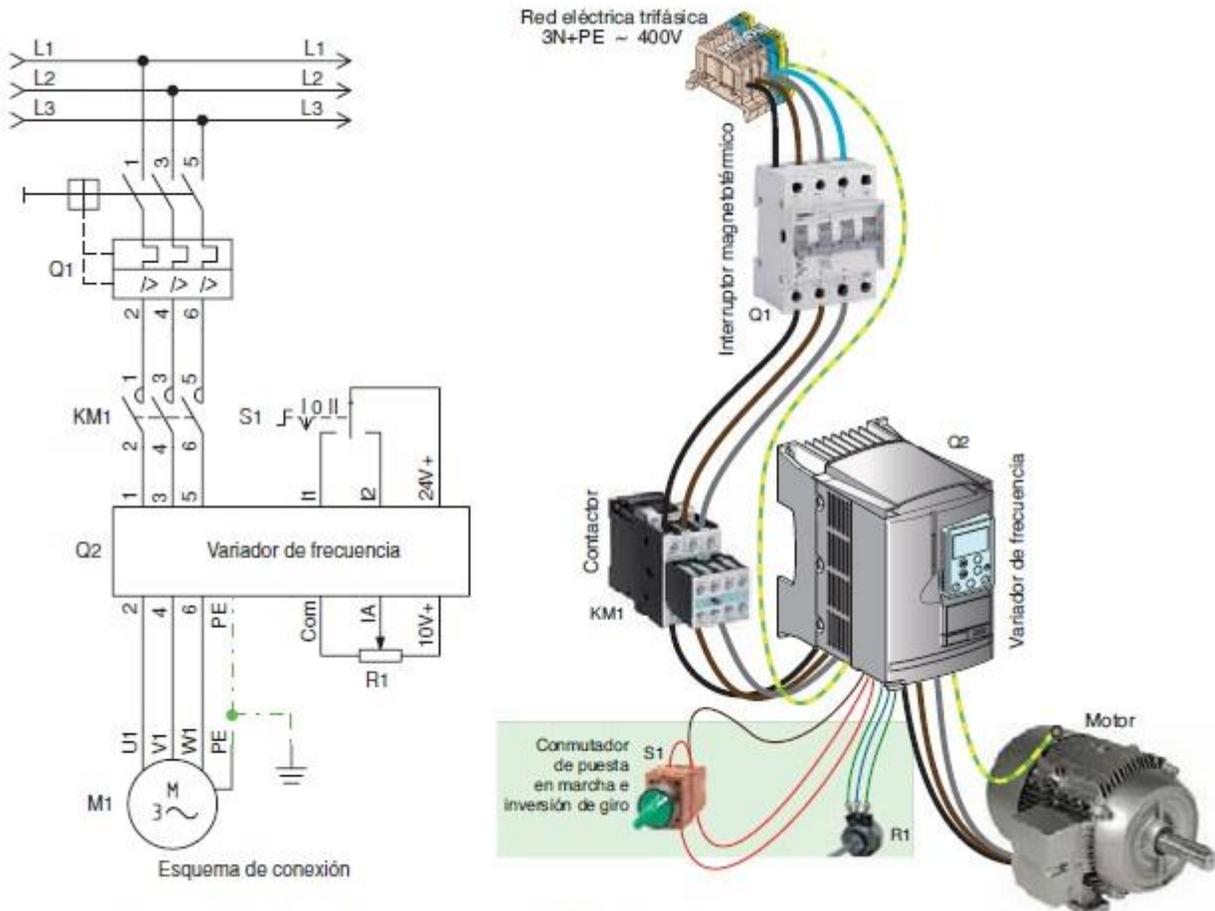
Desde el punto de vista del conexionado, los variadores de velocidad disponen de tres módulos bien diferenciados:

- Parte de potencia.
- Parte de mando.
- Consigna de velocidad.

La parte de fuerza se conecta desde la red eléctrica, pasando por el variador y después al motor. Existen variadores de conexión a la red monofásica y de conexión a red trifásica. En ambos casos, el motor es siempre trifásico.



Es aconsejable disponer de un contactor entre el dispositivo de protección y el variador de frecuencias. Este será controlado con un circuito de mando externo y permitirá cortar la red de alimentación de potencia del variador.



Ejemplo del conexionado básico de un variador de frecuencias.

El conmutador de tres posiciones S1, permite arrancar el motor en un sentido de giro u otro.

El potenciómetro R1 permite variar la velocidad a través de la entrada analógica.

El contactor KM1 debe gobernarse mediante un circuito de mando basado, por ejemplo, en pulsadores de marcha y paro.

Los variadores de velocidad disponen de diferentes circuitos de protección. Entre los más característicos se encuentran los de detección de falta de una fase, de sobrecorriente, de exceso de temperatura, etc.

Unidad N°4: Arduino

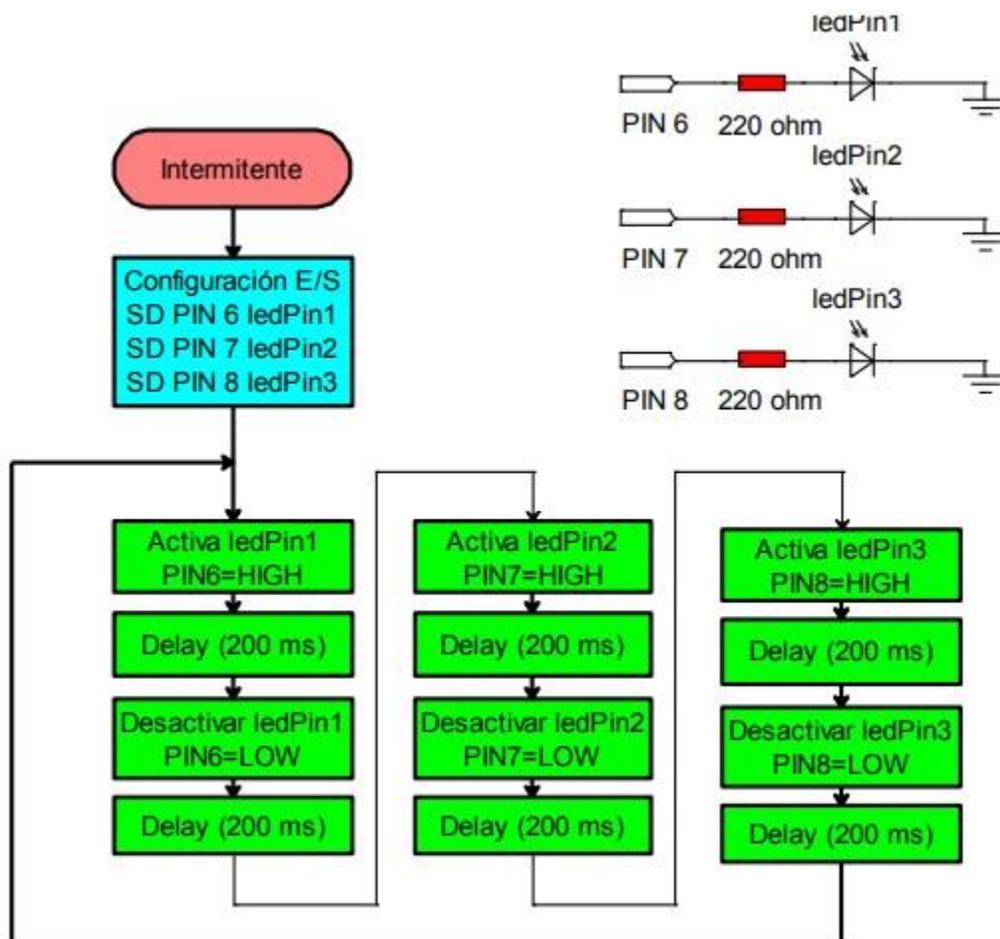
A partir de una serie de prácticas se irán trabajando los principales aspectos de la programación.

Práctica 1: Secuencia Básica de 3 LEDs

Parámetros a trabajar:

- Declaración de variables
- Asignación de salidas digitales
- Instrucción "delay" (temporizador)
- Encendido y apagado de salidas digitales

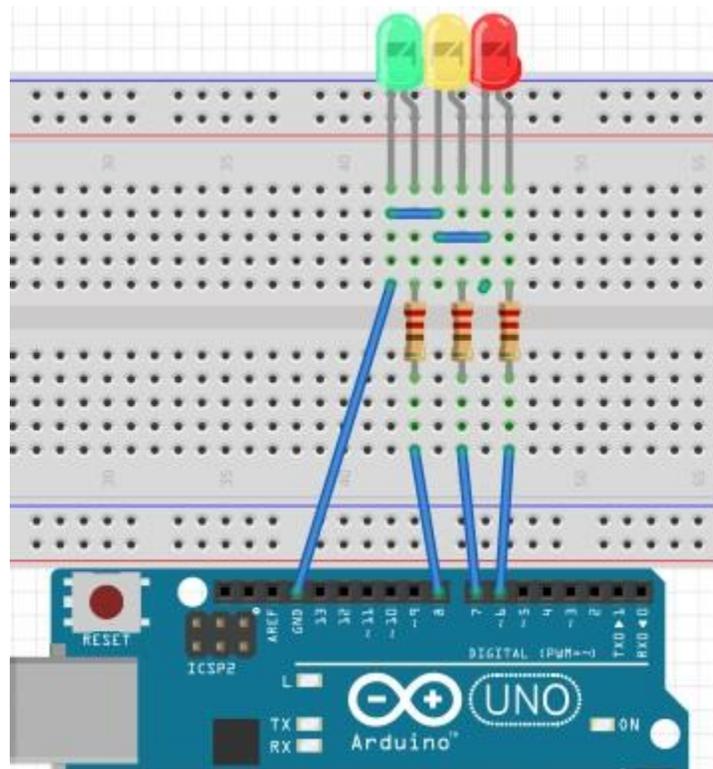
Se trata de encender y apagar 3 LEDs colocados en las salidas 6, 7 y 8 (PIN6, PIN7 y PIN8) con una cadencia de 200 ms. Las variables asignadas a cada LED son ledPin1, ledPin2 y ledPin3.



Programa

```
int ledPin1 = 6; // Define las salidas de los LED's
int ledPin2 = 7;
int ledPin3 = 8;
void setup() // Configura las SALIDAS
{
  pinMode(ledPin1, OUTPUT); // declarar LEDs como SALIDAS
  pinMode(ledPin2, OUTPUT);
  pinMode(ledPin3, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPin1, LOW); // Apaga los LEDs
  digitalWrite(ledPin2, LOW);
  digitalWrite(ledPin3, LOW);
}

void loop()//Bucle de Funcionamiento
{
  digitalWrite(ledPin1, HIGH); // Apaga y enciende los leds cada 200 ms
  delay(200);
  digitalWrite(ledPin1, LOW);
  digitalWrite(ledPin2, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(ledPin2, LOW);
  digitalWrite(ledPin3, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(ledPin3, LOW);
}
```

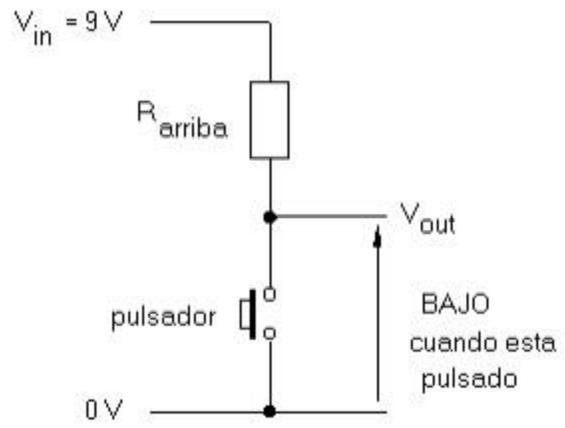
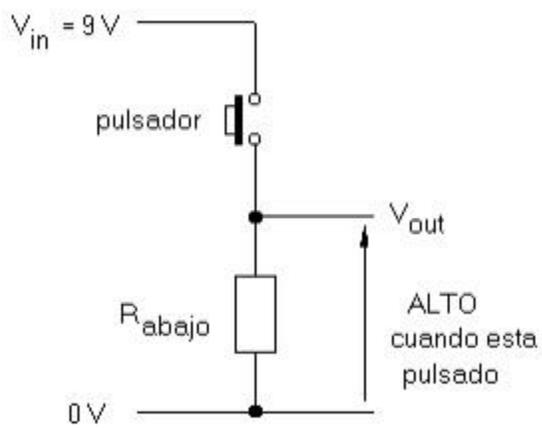


Práctica 2: Lectura de un pulsador

Parámetros a trabajar:

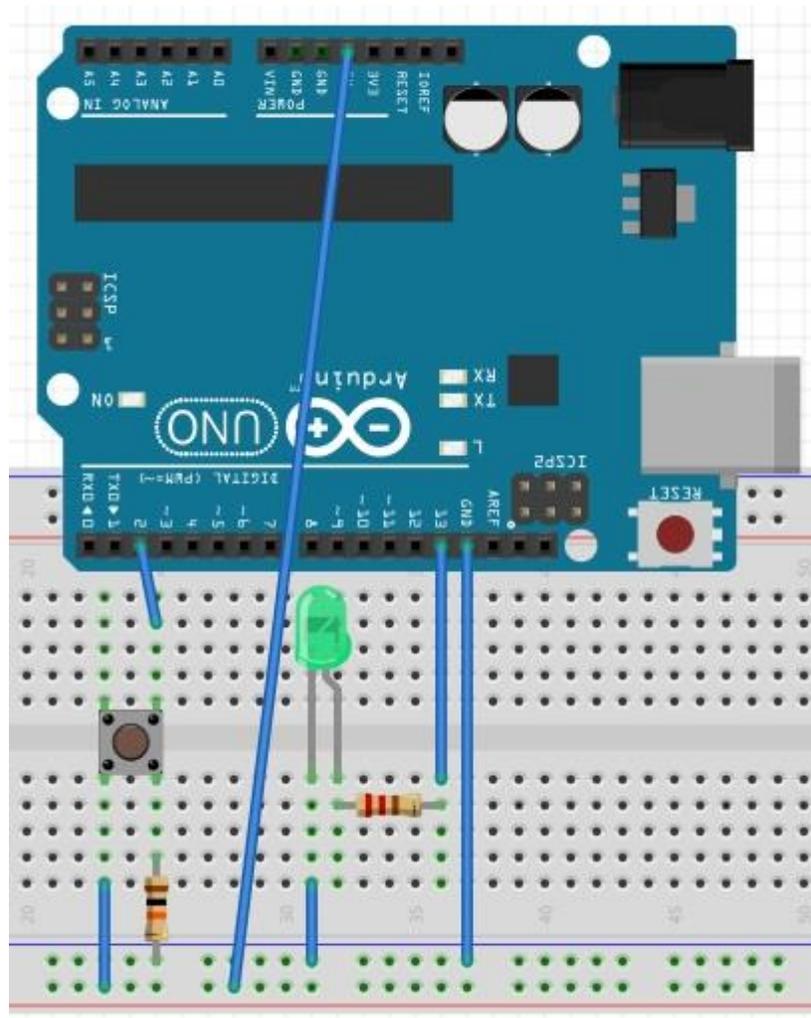
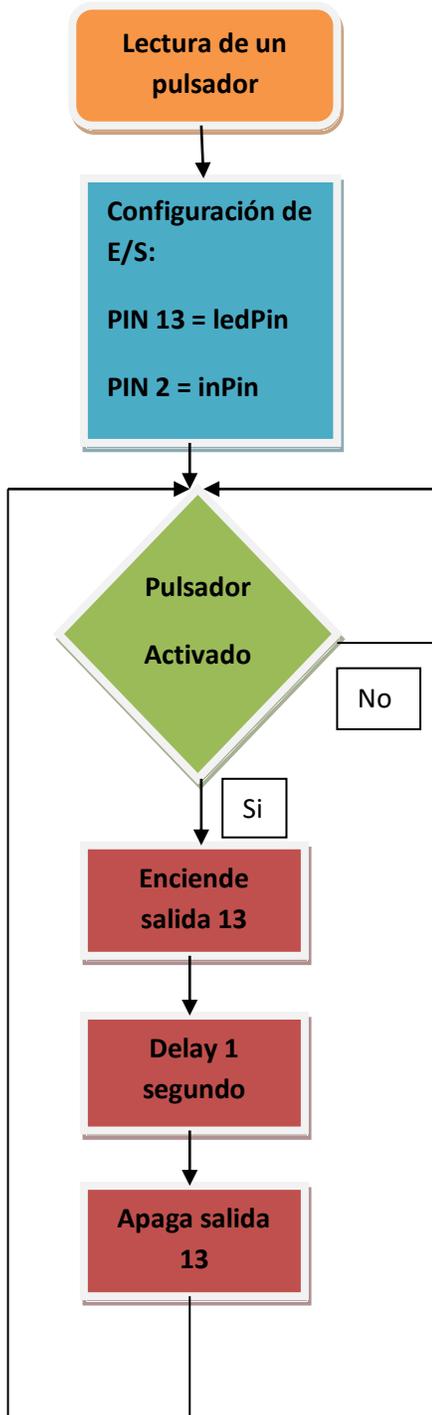
- Resistencia de pull up y pull down
- Asignación de una entrada digital
- Lectura de una entrada digital

Para generar una señal de tensión con un pulsador, se necesita un divisor de tensión:



La resistencia R_{abajo} (pull-down) en el primer circuito fuerza a V_{out} , llegando a nivel CERO, hasta que se acciona el pulsador. Este circuito entrega una tensión alta cuando se presiona el pulsador. Un valor para la resistencia de 10k es adecuada.

En el segundo circuito, la resistencia R_{arriba} (pull-up) fuerza a nivel ALTO a V_{out} , mientras no se actúe sobre el pulsador. Al presionar el pulsador, se conecta V_{out} directamente con 0V. Es decir, este circuito entrega un nivel BAJO cuando se presiona el pulsador.



Programa

```
int ledPin = 13; // pin 13 asignado para el LED de salida

int inPin = 2; // pin 2 asignado para el pulsador

void setup() // Configura entradas y salidas
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // declara LED como salida
  pinMode(inPin, INPUT); // declara pulsador como entrada
}

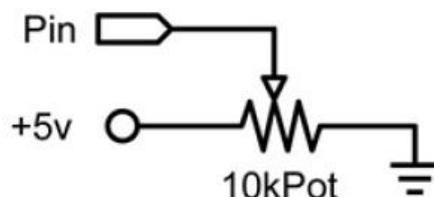
void loop()
{
  if (digitalRead(inPin) == HIGH) { // testea si la entrada esta activa HIGH
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // enciende el LED
    delay(1000); // espera 1 segundo
    digitalWrite(ledPin, LOW); // apaga el LED
  }
}
```

Práctica 3: Lectura de una entrada analógica (potenciómetro)

Parámetros a trabajar:

- Lectura de entrada analógica como potenciómetro

El uso de un potenciómetro y uno de los pines de entrada analógica-digital de Arduino (ADC) permite leer valores analógicos que se convertirán en valores dentro del rango de 0-1024. En la siguiente práctica utilizaremos un potenciómetro para controlar el tiempo de parpadeo de un LED.



- Realizar diagrama de flujo y cableado.

Programa

```
int potPin = 0; // pin entrada para potenciómetro

int ledPin = 13; // pin de salida para el LED

void setup()

{

pinMode(ledPin, OUTPUT); // declara ledPin como SALIDA

}

void loop()

{

digitalWrite(ledPin, HIGH); // pone ledPin en on

delay(analogRead(potPin)); // detiene la ejecución un tiempo "potPin"

digitalWrite(ledPin, LOW); // pone ledPin en off

delay(analogRead(potPin)); // detiene la ejecución un tiempo "potPin"

}
```

Práctica 4: Lectura de una entrada analógica (reóstato)

Parámetros a trabajar:

- Lectura de entrada analógica como reóstato
- Sentencia "for"

Las resistencias variables como los sensores de luz LCD los termistores, sensores de esfuerzos, etc., se conectan a las entradas analógicas para recoger valores de parámetros físicos. Este ejemplo hace uso de una función para leer el valor analógico y establecer un tiempo de retardo. Este tiempo controla el brillo de un diodo LED conectado en la salida.



- Realizar diagrama de flujo y cableado.

Programa

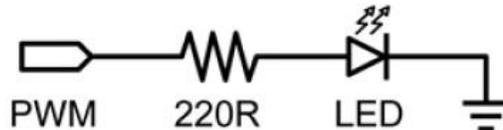
```
int ledPin = 9; // Salida analógica PWM para conectar a LED
int analogPin = 0; // resistencia variable conectada a la entrada analógica pin 0
void setup(){} // no es necesario configurar entradas y salidas
void loop()
{
for (int i=0; i<=255; i++) // incremento de valor de i
{
analogWrite(ledPin, i); // configura el nivel brillo con el valor de i
delay(delayVal()); // espera un tiempo
}
for (int i=255; i>=0; i--) // decrementa el valor de i
{
analogWrite(ledPin, i); // configura el nivel de brillo con el valor de i
delay(delayVal()); // espera un tiempo
}
}
int delayVal() // Método para recoger el tiempo de retardo
{
int v; // crea una variable temporal (local)
v = analogRead(analogPin); // lee valor analógico
v /= 8; // convierte el valor leído de 0-1024 a 0-128
return v; // devuelve el valor v
}
```

Práctica 5: Salida PWM

Parámetros a trabajar:

- Configuración y conexión de salida PWM.

La Modulación de Impulsos en Frecuencia (PWM) es una forma de conseguir una "falsa" salida analógica. Esto podría ser utilizado para modificar el brillo de un LED o controlar un servo motor. El siguiente ejemplo lentamente hace que el LED se ilumine y se apague haciendo uso de dos bucles.



- Realizar diagrama de flujo y cableado.

Programa

```
int ledPin = 9; // pin PWM para el LED

void setup(){} // no es necesario configurar nada

void loop()

{

for (int i=0; i<=255; i++) // el valor de i asciende

{

analogWrite(ledPin, i); // se escribe el valor de I en el PIN de salida del LED

delay(100); // pausa for 100ms

}

for (int i=255; i>=0; i--) // el valor de I desciende

{

analogWrite(ledPin, i); // se escribe el valor de i

delay(100); // pausa durante 100ms

}

}
```

Práctica 6: Ejemplo de domótica

Parámetros a trabajar:

- Configuración y seteo de un sensor de temperatura (LM 35)
- Sentencia "If"
- Monitor serial

Analizar el siguiente programa y comentar las líneas de programación explicando qué hace cada una. También realizar diagrama de flujo y cableado en protoboard.

```
//Programa de domótica para Sistema de Desarrollo
//Variables y Constantes
int LuzExt = 2;
int LuzInt = 4;
int Vent = 6;
int Calef = 8;
int LM35 = 5;
int SMOV = 3;
int LDR = 1;
int Temp;
int TempC2;
int SMOV2;
int LDR2;

void setup() {
//Inicializacion del Programa
pinMode(LuzInt,OUTPUT);
pinMode(LuzExt,OUTPUT);
pinMode(Calef,OUTPUT);
pinMode(Vent,OUTPUT);
pinMode(LDR, INPUT);
pinMode(SMOV, INPUT);
pinMode(LM35, INPUT);
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
//Programa de Temperatura

Temp = analogRead(LM35);
TempC2 = (5.0 * Temp * 100.0)/1024.0;

if (TempC2 > 25){
digitalWrite(Vent,HIGH);
}
if (TempC2 < 18){
digitalWrite(Vent,LOW);
}
if (TempC2 < 10){
digitalWrite(Calef,HIGH);
}
if (TempC2 > 18){
digitalWrite(Calef,LOW);
}
}
```

```
//Programa de luces interiores con sensor de movimiento
SMOV2 = analogRead(SMOV);
if (SMOV2 >900 ){
  digitalWrite(LuzInt,HIGH);
}
else{
  digitalWrite(LuzInt,LOW);
}

//Programa de luces exteriores con sensor de iluminación
LDR2 = analogRead(LDR) ;
if (LDR2 < 500){
  digitalWrite(LuzExt,HIGH);
}
else {
  digitalWrite (LuzExt,LOW);
}

//Programa para visualizar estados en el monitor serial
Serial.print("LDR: ");
Serial.print(LDR2);
Serial.print("  SensorMovimiento: ");
Serial.print(SMOV2);
Serial.print("  Temperatura: ");
Serial.println(TempC2);

delay(3000);
}
```

Trabajo final de Arduino

Control de motor por temperatura

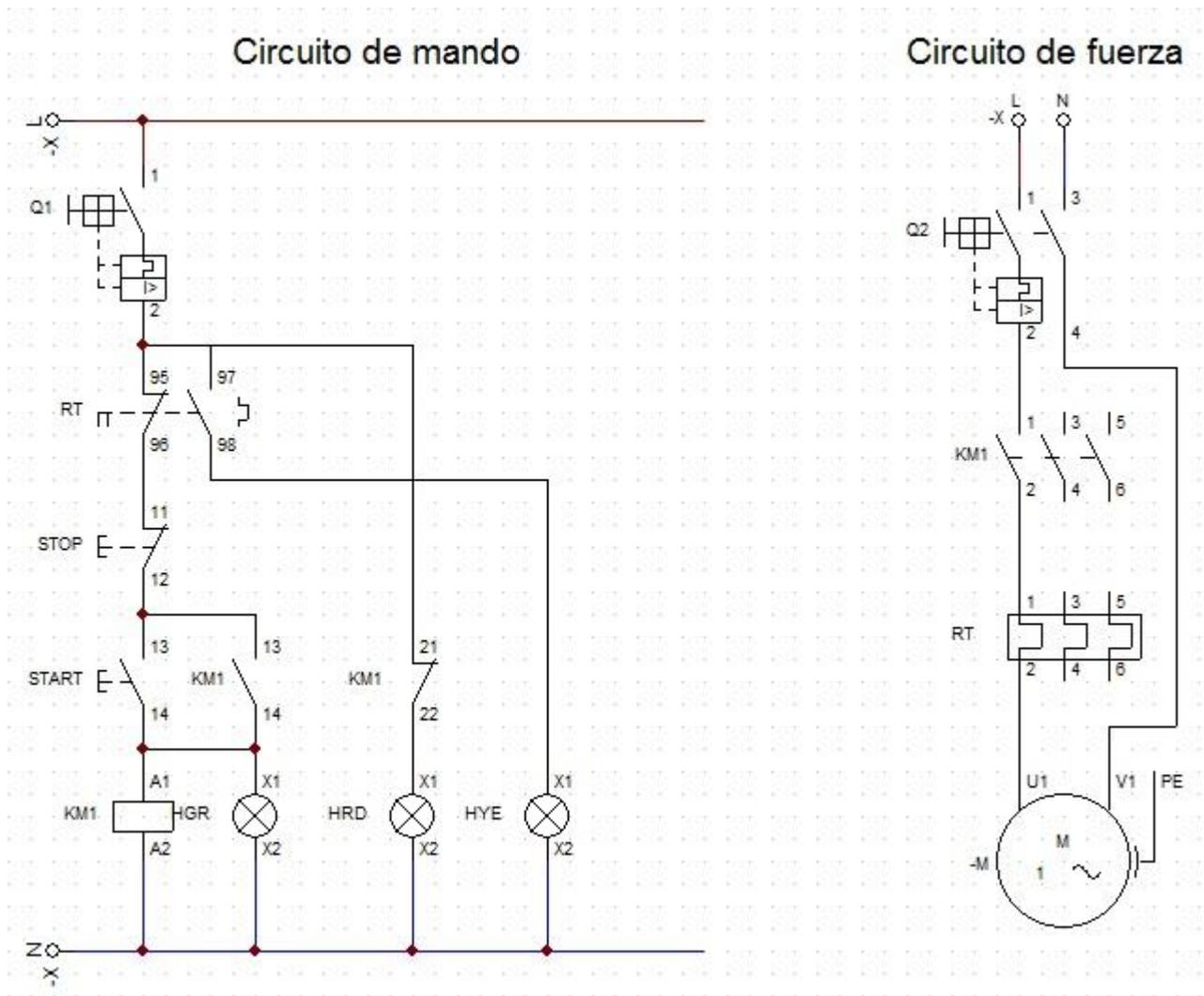
Se desea controlar un motor trifásico para que se active cuando la temperatura descienda por debajo de los 25°C y se detenga a los 35°C.

Realizar:

- Diagrama de flujo
- Esquema de conexión completo, mando y fuerza.
- Programa en IDE Arduino.
- Utilizar sensor de temperatura LM35.
- Conectar pilotos de señalización para motor en funcionamiento y detenido.

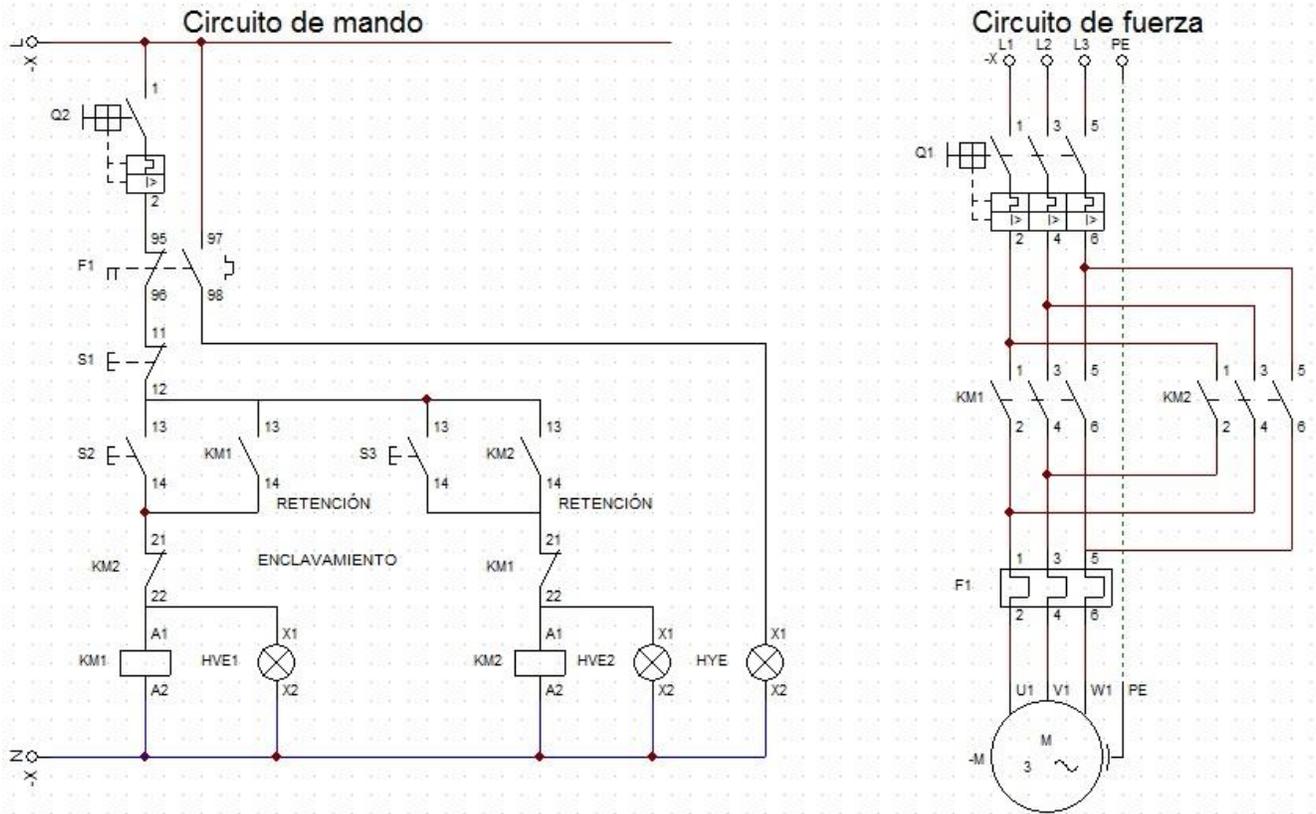
Anexo 1: Prácticas de PLC

Práctica 1: Arranque directo de un motor monofásico con protección por sobrecarga



- Simular esquema eléctrico en Cade Simu para comprender el funcionamiento.
- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 2: Arranque con inversión de giro de un motor trifásico con protección por sobrecarga y pasando por paro



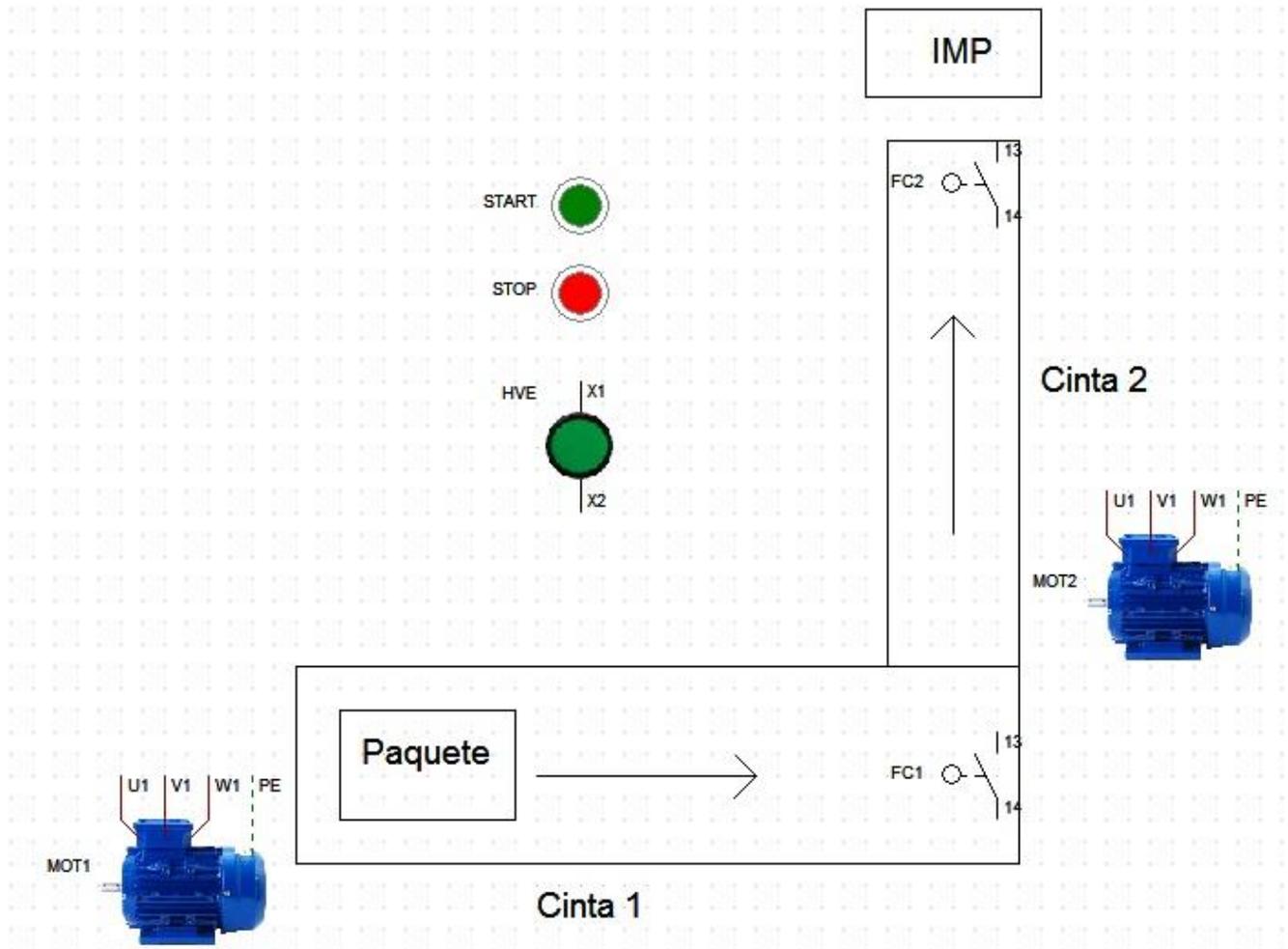
- Simular esquema eléctrico en Cade Simu para comprender el funcionamiento.
- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 3: Cintas transportadoras (sin fallas)

Al presionar START, arranca la cinta 1 (MOT 1), cuando el paquete alcance el FC1 (final de carrera), se deberá detener la cinta 1 y comenzará a funcionar la cinta 2 (MOT 2).

Al llegar la mercadería al FC2 se deberá detener la cinta 2 además de encender la impresora. Al mismo tiempo un temporizador con retardo a la conexión debe activarse con un preset de 10 segundos que reinicie el sistema para comenzar nuevamente con START.

En todo momento que el proceso funcione deberá estar encendida la luz verde.

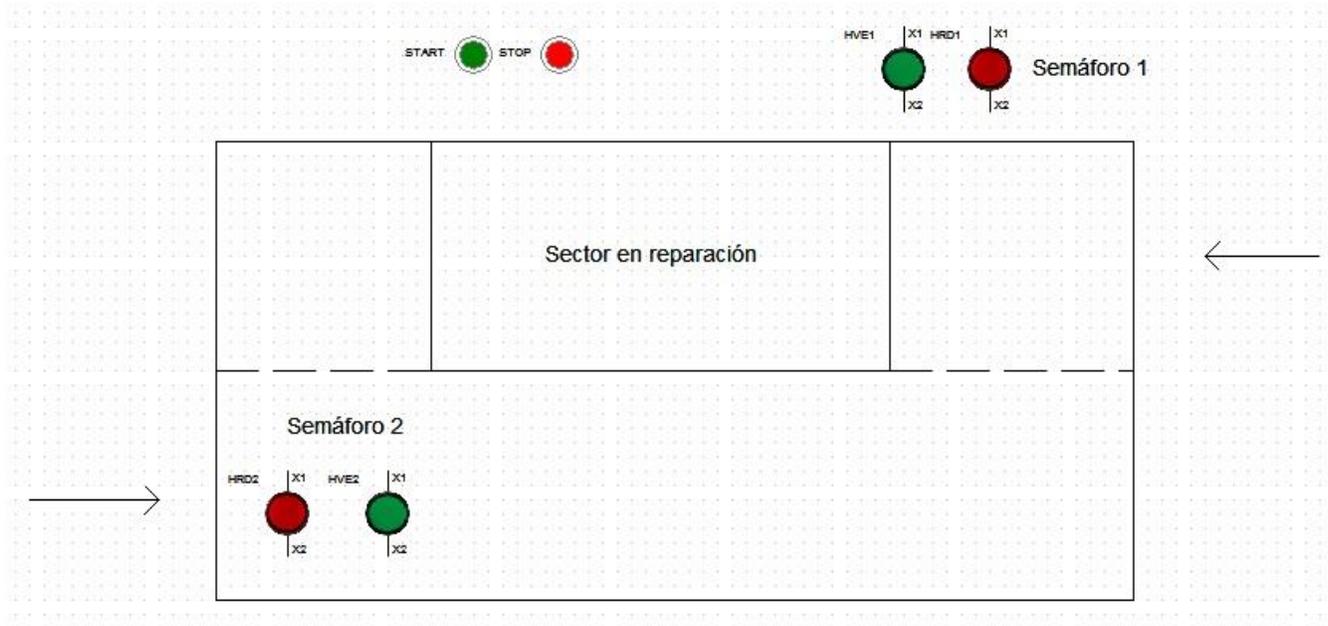


- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 4: Semáforo de ruta en reparación

Al presionar START debe comenzar la secuencia descrita luego del gráfico, que permitirá dar paso a cada dirección en la ruta teniendo un margen de seguridad entre cambios de dirección.

Al presionar STOP debe detenerse la secuencia en cualquier momento en que esté el proceso.



Secuencia de luces:

- HVE1, HRD2 (15 segundos)
 - HRD1, HRD2 (5 segundos)
 - HRD1, HVE2 (15 segundos)
 - HRD1, HRD2 (5 segundos)
 - Vuelve a la primera condición y sigue cíclicamente.
-
- Asignar E/S.
 - Realizar GRAFCET.
 - Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
 - Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
 - Conectar en tablero.

Práctica 5: Semáforo de 2 vías

Al encender el PLC y activar el modo "RUN", deberán encender ambos semáforos en intermitente con la luz amarilla.

Al presionar START deberá comenzar la secuencia normal del semáforo encendiendo ambas luces en rojo para prevenir accidentes, para luego dar paso a alguna de las calles.

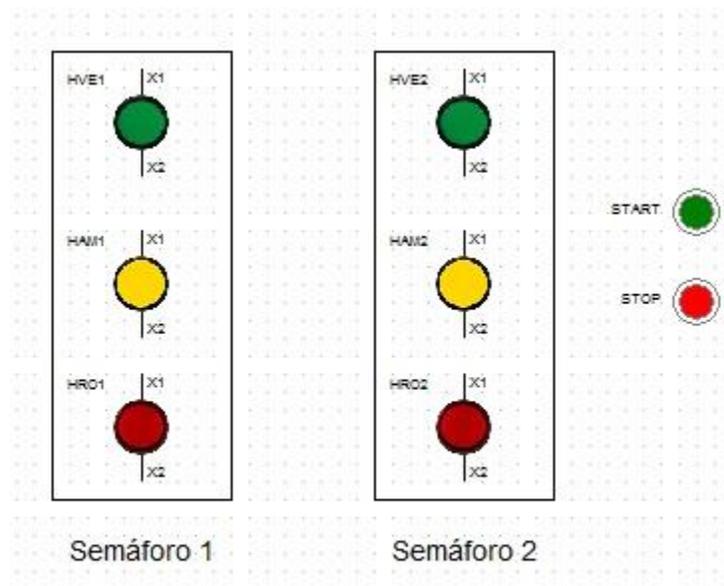
Al presionar STOP deberá cancelarse la secuencia normal del semáforo y volver al intermitente de luces amarillas.

Tiempo para intermitente: 0,5 seg

Tiempo para ambas luces en rojo: 5 seg

Tiempo para cada vez que se encienda una luz amarilla durante el proceso: 1 seg

Tiempo para luces en verde: 10 seg

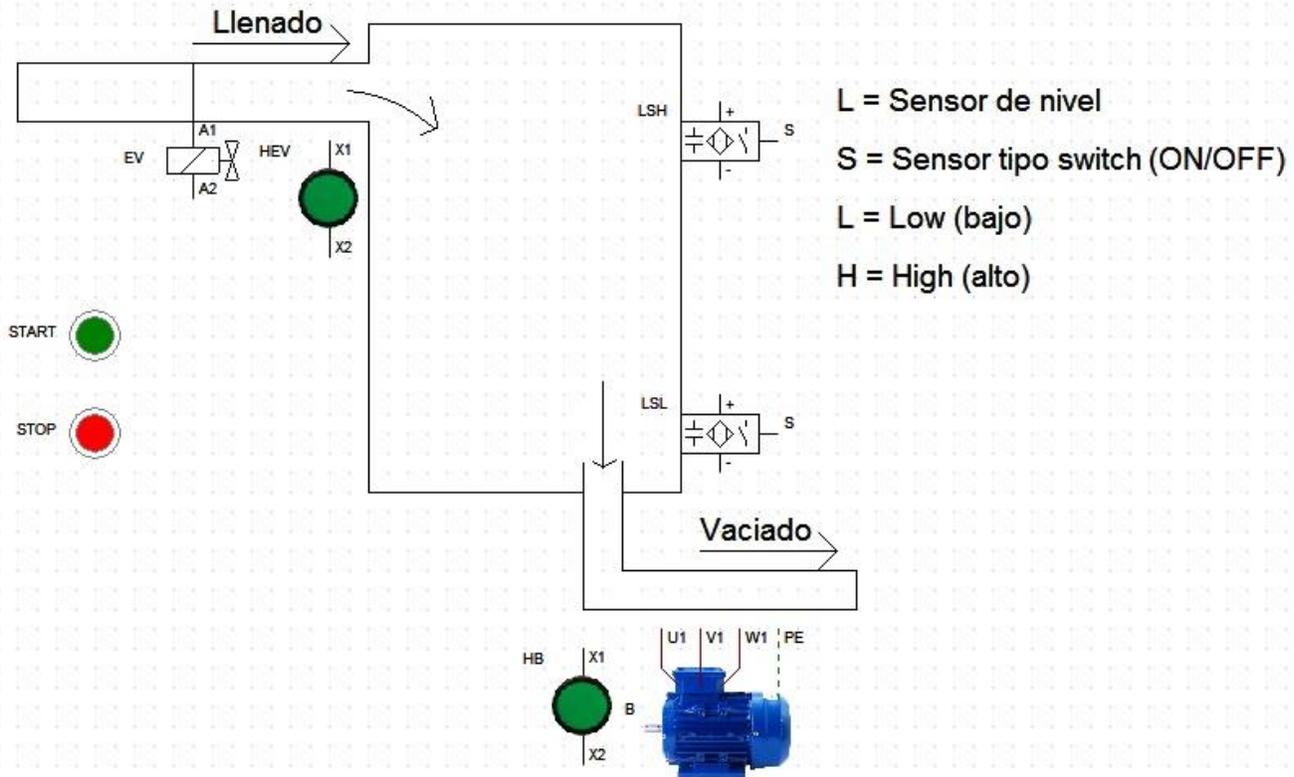


- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 6: Tanque nivelado

Se desea automatizar un tanque que mantenga el líquido entre los sensores de nivel bajo (LSL) y nivel alto (LSH). Indicar con piloto de señalización cuando el tanque se está llenando o vaciando.

Al presionar STOP el proceso debe detenerse completamente.

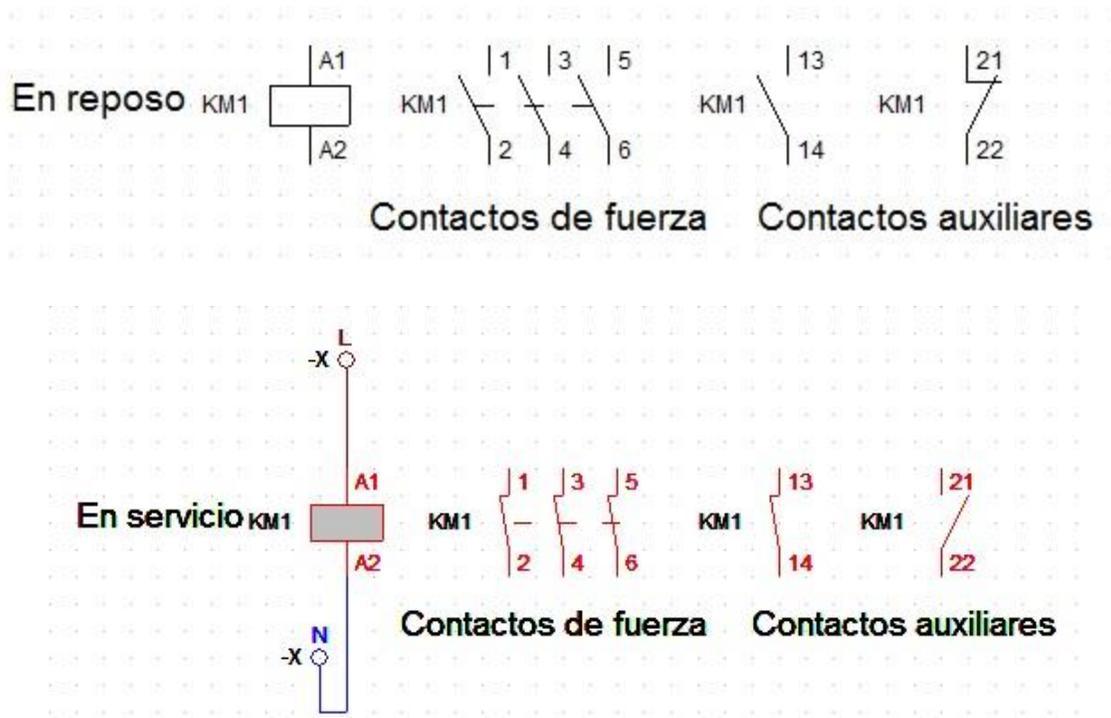


- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 7: Cintas transportadoras con fallas (falla por sobrecarga y falla del contactor)

Se desea mejorar el funcionamiento de la Práctica 3 (Cintas transportadoras) agregando falla por sobrecarga mediante relé térmico en ambos motores, así como también una posible falla de contactor a través de sus contactos auxiliares.

Recordemos el funcionamiento básico del contactor:

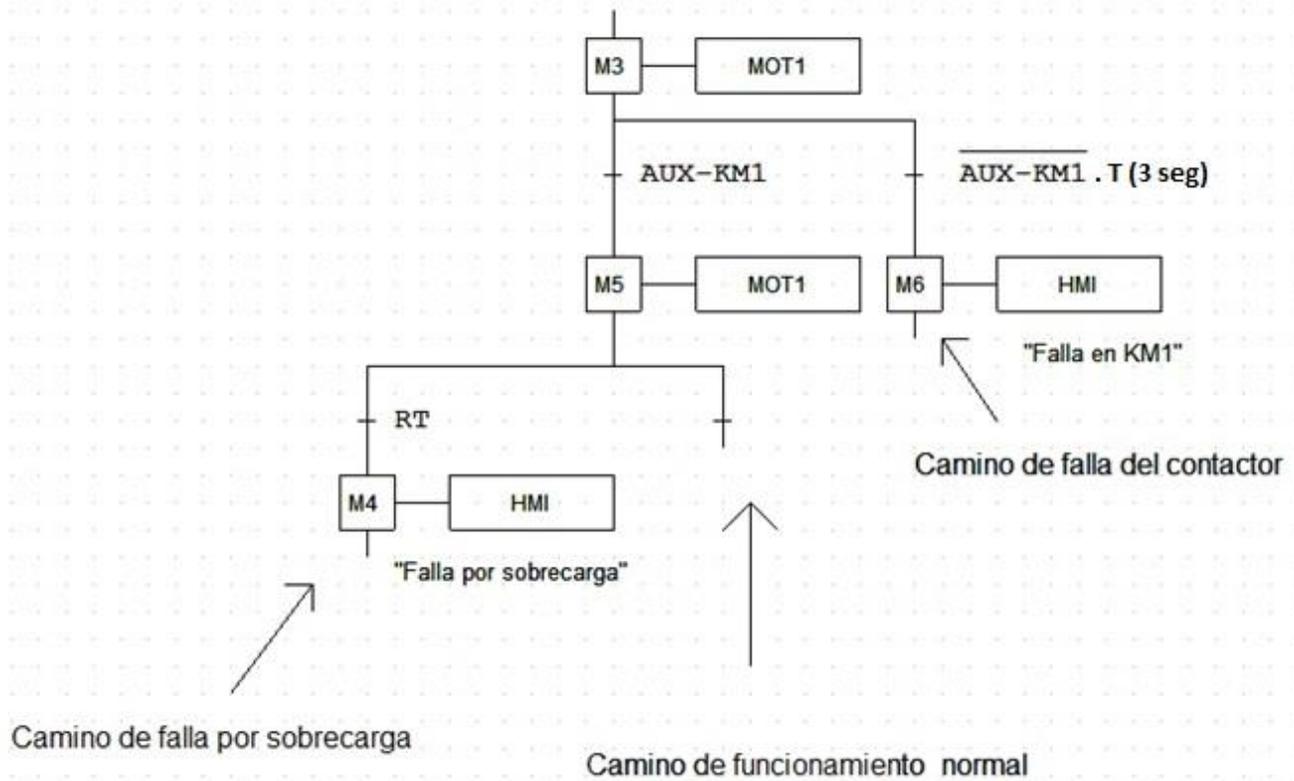


Cuando la bobina del contactor se activa, su auxiliar normal abierto se cierra, y ese dato puede servirnos como confirmación de que el motor se encendió, ya que si al dar la orden de encenderlo ese contacto no se cierra, quiere decir que el contactor no funciona correctamente.

Es decir, podemos usar los auxiliares normales abiertos de los contactores KM1 y KM2 como entradas que nos indicarían si los contactores entraron o no en servicio.

A continuación vemos como ejemplo un posible fragmento de programa donde al activarse el MOT1 (Motor 1, en definitiva se debe encender la bobina KM1) puede confirmarse por el AUX-KM1 si funciona o no. Es importante asignar un temporizador (T) de algunos segundos para dar tiempo al contactor a que encienda, ya que normalmente el PLC trabaja a una velocidad superior y va a detectar que el AUX-KM1 no se activó antes de que le llegue la orden.

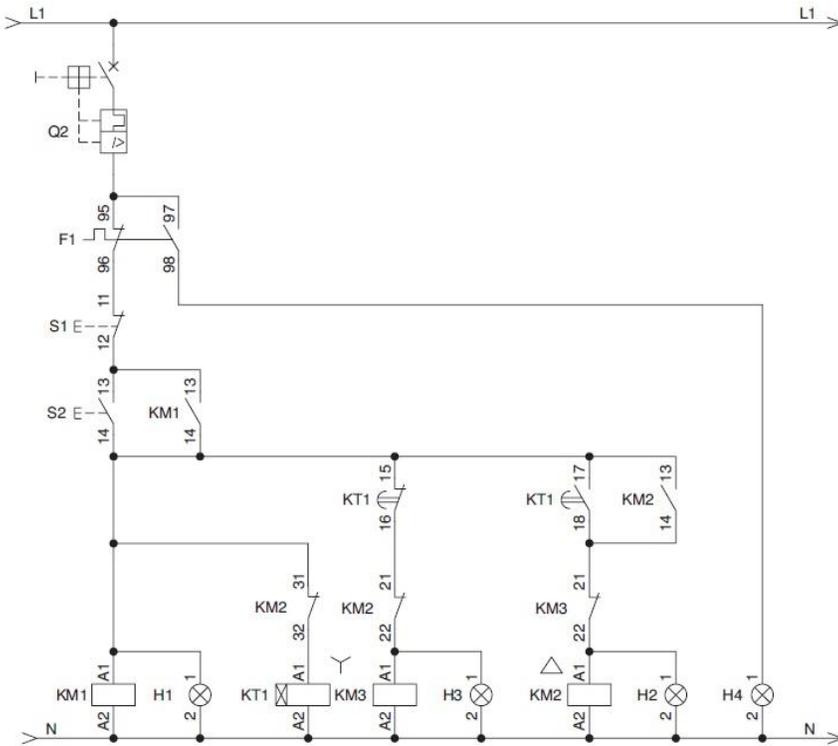
Una vez que el motor confirmó su inicio a través del auxiliar de KM1, puede suceder que funcione normalmente o que actúe el relé térmico por una sobrecarga.



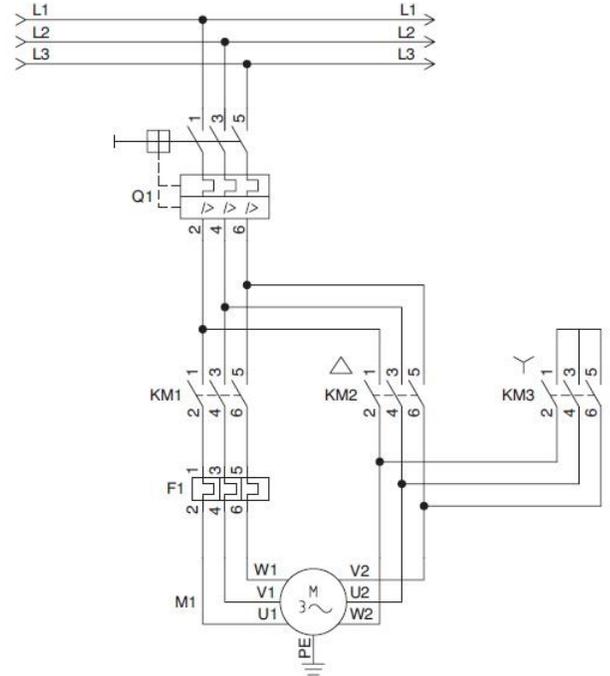
- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 8: Arranque de un motor trifásico en estrella – triángulo con protección por sobrecarga y por falla de contactor

Tiempo para el cambio de estrella a triángulo: 10 seg



Esquema de mando para el arranque estrella-triángulo de forma temporizada.



Esquema de fuerza del arranque estrella-triángulo con contactores.

- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 9: Estación de taladrado automática

Secuencia de funcionamiento:

Al presionar START debe arrancar una cinta transportadora (impulsada por el motor 1) que lleva una pieza a taladrar, ésta es detectada por un sensor inductivo ZS1 que hace que se detenga la cinta, además debe extenderse un cilindro de sujeción (CILA, activado por EV1) que sostiene la pieza para que quede inmóvil.

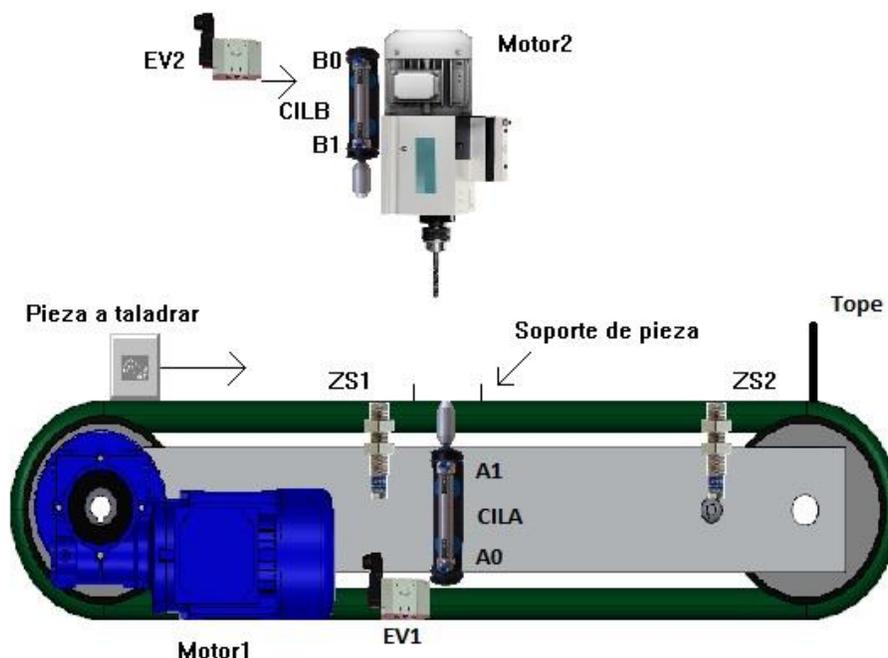
Cuando el sensor que indica que el cilindro se extendió completamente (a1) se active, deben ponerse en marcha el motor del taladro (motor 2) y el cilindro que lo empuja a taladrar la pieza (CILB, activado por EV2). Cuando el sensor de cilindro extendido se encienda (b1) indica que la pieza ya fue taladrada y por ende se debe apagar el motor 2 así como también deben retraerse ambos cilindros (es decir, se apagan EV1 y EV2).

La cinta transportadora sólo deberá ponerse en marcha nuevamente cuando ambos cilindros se encuentren totalmente retraídos, es decir, (a0) y (b0) activos.

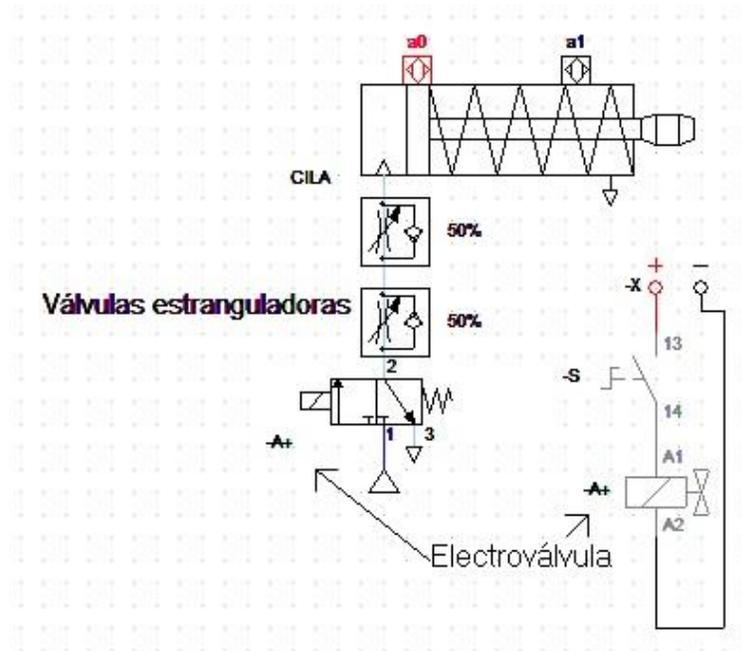
Cuando la pieza ya taladrada atraviese el sensor ZS2 al final del recorrido, el programa deberá contar 1 pero la cinta no se detendrá, ya que llevará otra pieza a realizar el mismo proceso. La pieza ya perforada queda alojada al final de la cinta en un tope.

Cuando se cuenten 3 piezas listas, se deberá detener el sistema y tendrá que quedar listo para reiniciar con START.

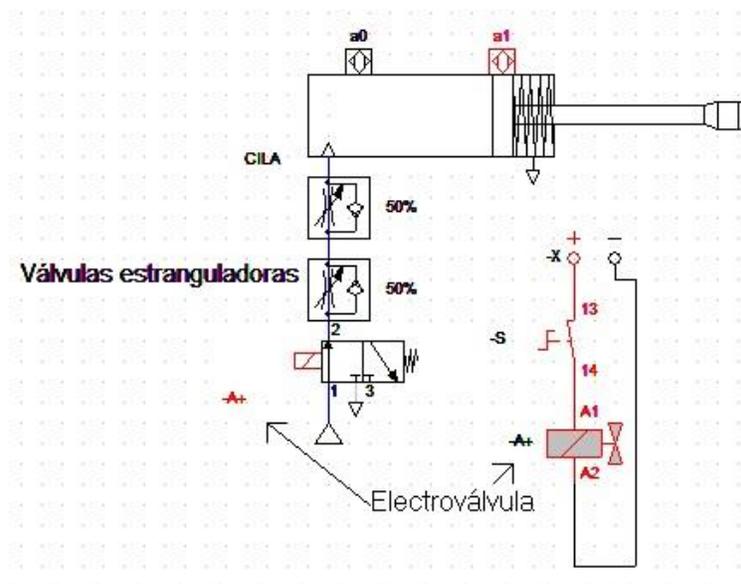
Condición de arranque: ambos cilindros deben estar retraídos (es decir, encendidos a0 y b0) y son de simple efecto.



En la siguiente imagen se puede ver como el sensor a0 está activo al detectar el cilindro en reposo.



Al encenderse la electroválvula, ingresará aire al cilindro y éste entrará en servicio. Cuando llegue al final del recorrido el sensor activo será a1.



- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Twido Suite.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 10: Estacionamiento automatizado

Funcionamiento:

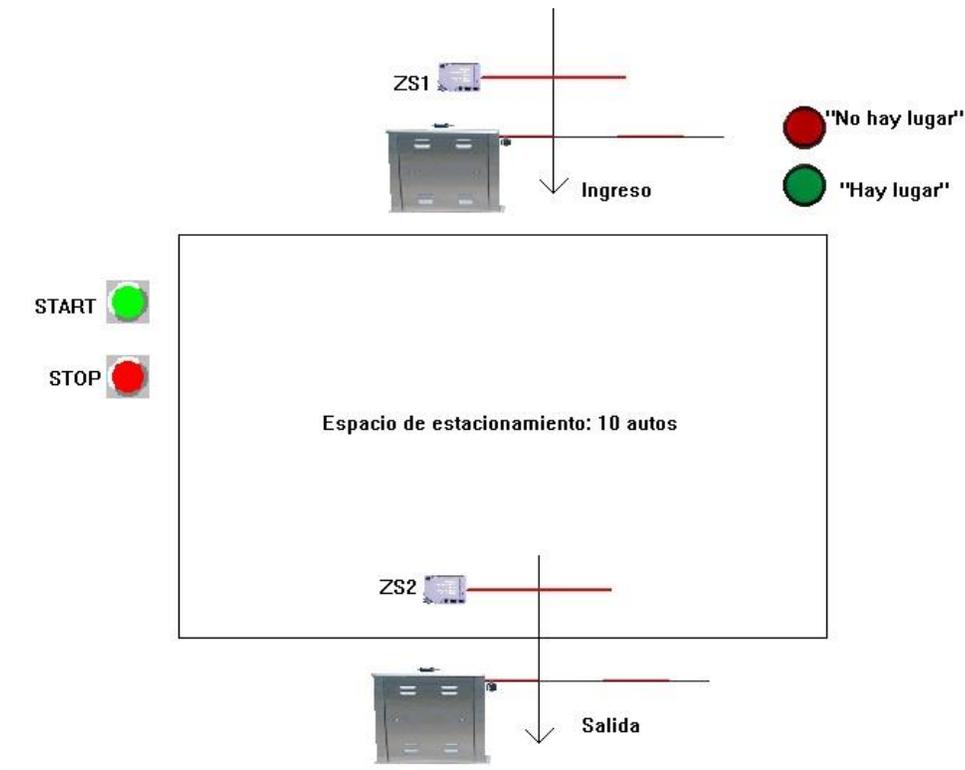
El estacionamiento solo puede albergar 10 autos.

Las barreras de entrada y salida se abren automáticamente al detectar un auto con ZS1 o ZS2 respectivamente. Éstas tardan 3 segundos tanto en abrir como en cerrarse y deben permanecer abiertas durante 5 segundos para que ingrese/salga el auto. Ambas barreras son controladas por motores de continua con inversión de giro.

Mientras haya espacio deberá encender una luz verde que indica "Hay lugar". Al completarse el estacionamiento, deberá encender una luz roja de "No hay lugar", así como también se deberá bloquear la barrera de entrada hasta que se libere algún espacio.

Los mensajes de "Hay lugar" y "No hay lugar" deben aparecer en la pantalla del PLC.

Con STOP debe detenerse completamente el automatismo.



- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 11: Tanque de pintura

Funcionamiento: al iniciar el sistema se deberá detectar el nivel del tanque, si ya posee pintura se deberá purgar el contenido con XV4 durante 10 segundos.

Cuando el tanque esté vacío, se procederá a llenar con EV1 y EV2, que simultáneamente, deberán introducir los tipos de pintura ya prefijados. Cuando ambas válvulas terminen se deberá encender el agitador que las mezcle.

Finalizado esto, se encenderá EV3 que evacuará la mezcla hasta que se vacíe el tanque y se reinicie el proceso sin la opción de purgar.

Cada vez que se evacue por EV3 una mezcla se deberá contar como 1 ciclo. Luego de 3 ciclos el programa debe reiniciarse completamente.

Se deberá programar contemplando fallas en las electroválvulas utilizando los sensores de flujo (FS1, FS2, FS3) y en el agitador con S1 (sensor de giro).

Como condición de seguridad la tapa del tanque siempre deberá estar cerrada, esto lo indica el sensor ZS1.

Datos:

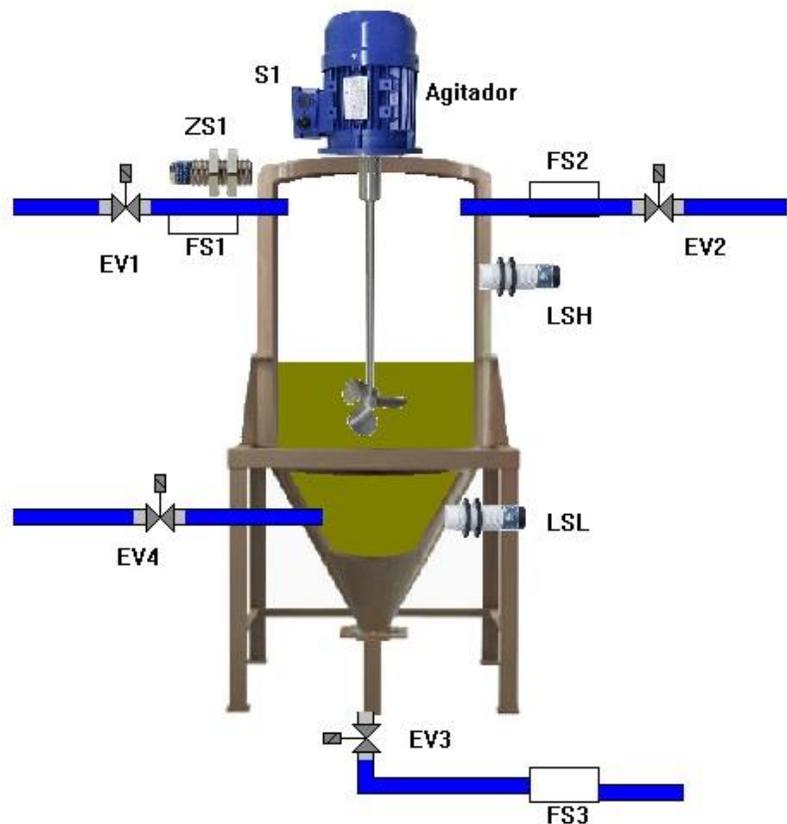
S1: sensor de velocidad

ZS1: sensor de proximidad

Tiempo para EV1: 15 seg

Tiempo para EV2: 10 seg

Tiempo del agitador: 10 seg



- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort y Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Tratamiento de señales analógicas

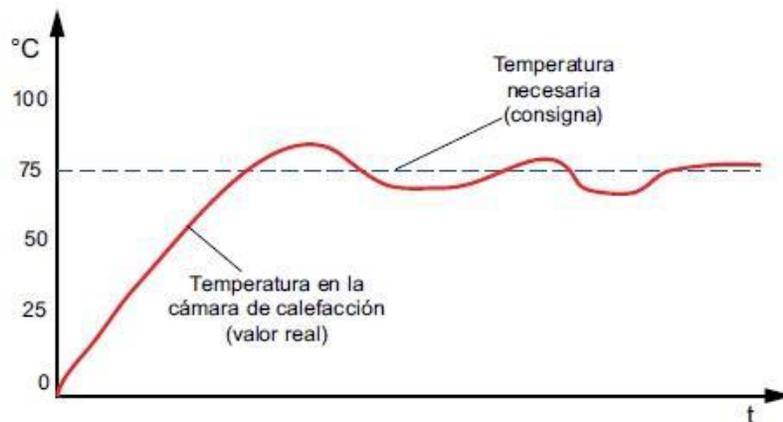
Ejemplo: Práctica 12: Termotanque programable

Funcionamiento:

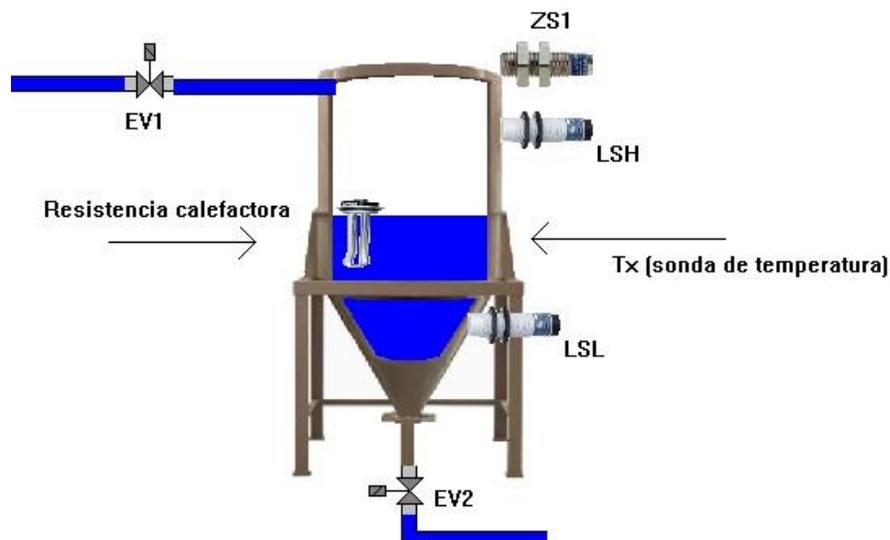
Cuando el tanque esté lleno se deberá calentar a la temperatura prefijada por el operario, cuando esto suceda se evacuará el mismo por EV2 para comenzar nuevamente el ciclo. Asegurarse que la tapa esté siempre cerrada (ZS1). Al encenderse la resistencia que calienta el agua deberá señalizarse con una luz roja en el tablero.

En este ejemplo puede producirse un rebase de la consigna porque el elemento calefactor sigue irradiando calor una vez desconectado. Este efecto se denomina sobreoscilación y aparece cuando entre la regulación y la medición del valor real se produce un retardo.

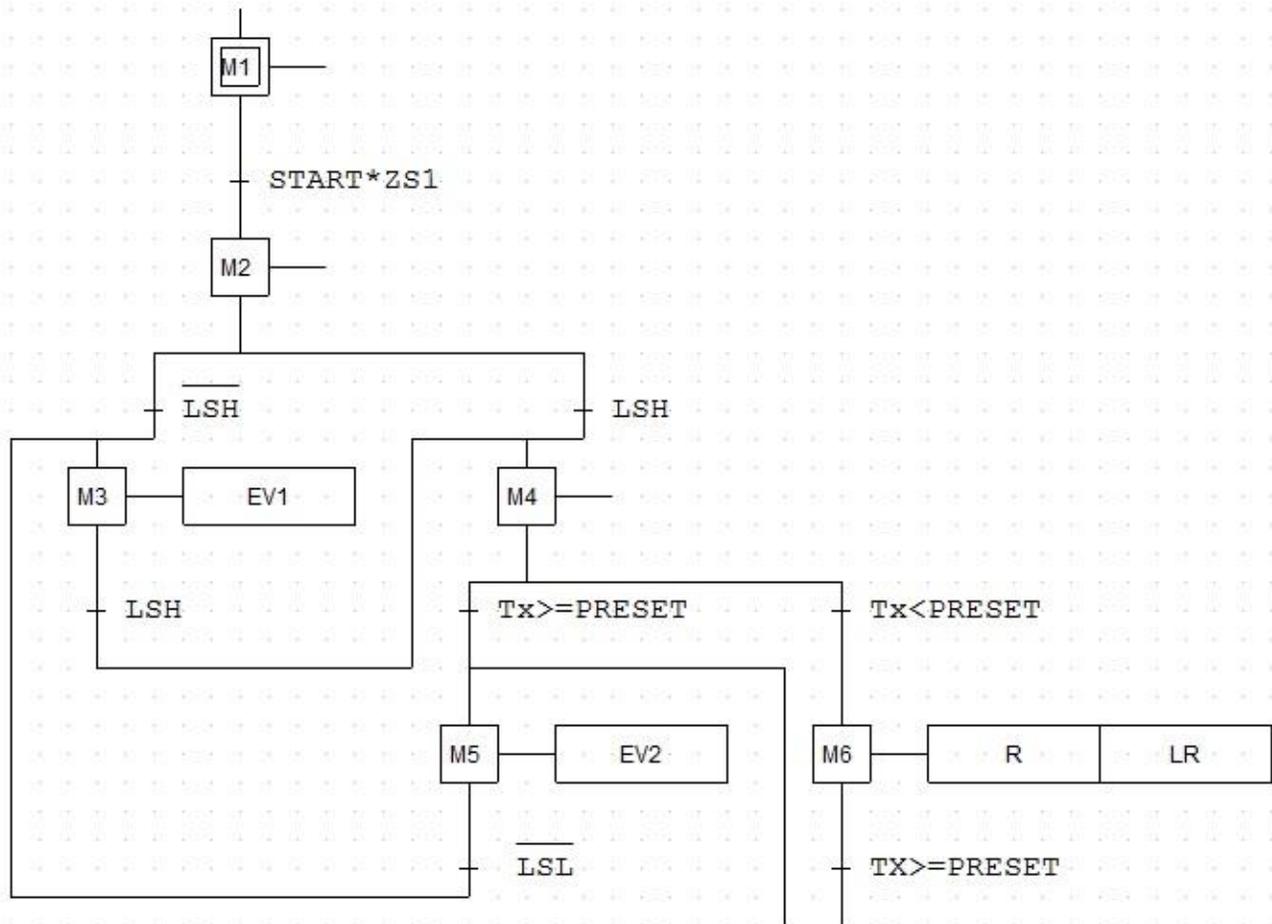
La figura siguiente muestra la posible evolución de la curva de temperatura después de conectar la instalación por primera vez:



En los programas este fenómeno aparece con la letra H (histéresis) o en logo como el gain.



Para este proceso se utilizarán 2 entradas analógicas del PLC (A01 y A02). La primera será para conectar el sensor de temperatura PT100 (**Tx** - con su respectivo transmisor) y la segunda para el potenciómetro que servirá para que el operario regule a qué temperatura querrá el agua del tanque (**PRESET**).

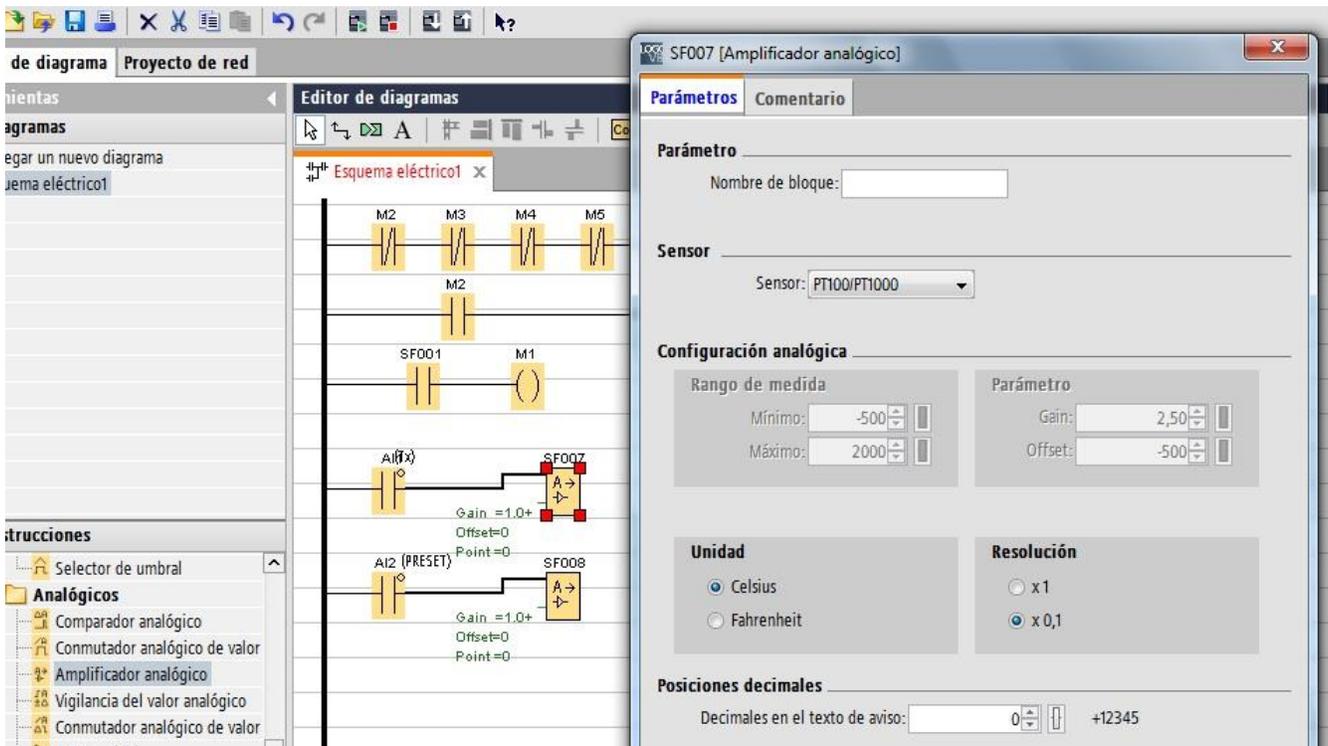


LOGO!Soft Comfort

En la zona preliminar del programa, debajo de la memoria inicial, procedemos a configurar las entradas analógicas.

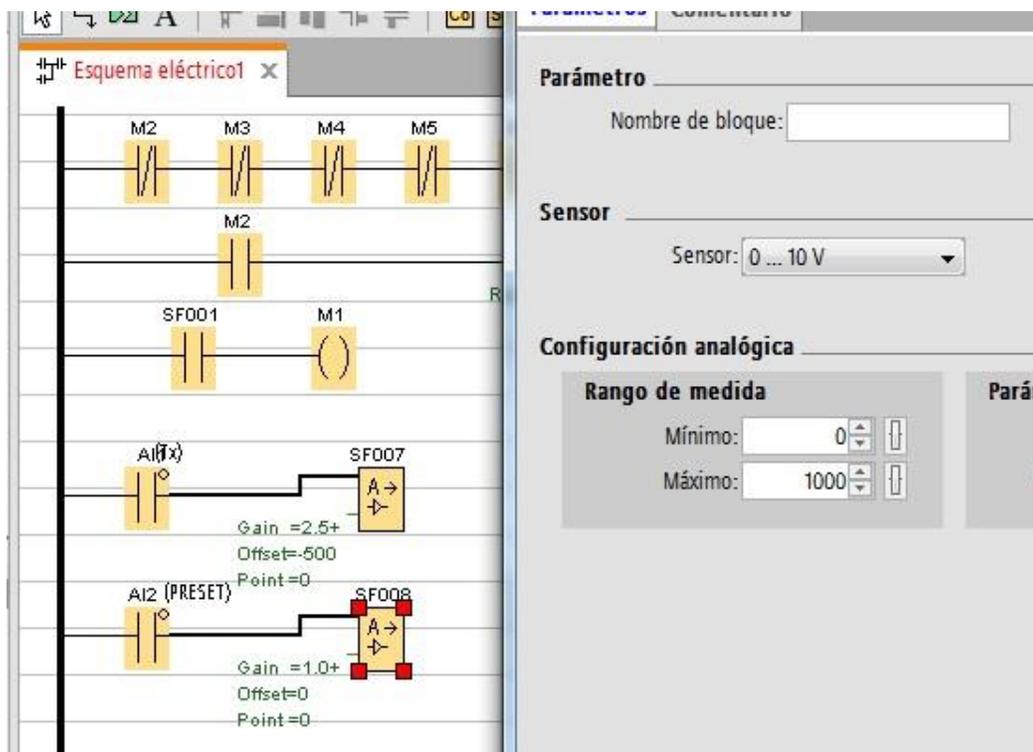
Para agregar Tx seleccionamos a la izquierda en el menú instrucciones → constantes → contacto analógico y colocamos A11. Luego colocamos un amplificador analógico que está ubicado más abajo en instrucciones → analógicos y lo conectamos.

Hacemos doble clic en el amplificador analógico y lo configuramos como sensor PT100/1000. Ya nos ajusta el sensor automáticamente a los valores de fábrica que trabaja, por ejemplo el mínimo y máximo que mide, la ganancia (histéresis), etc.



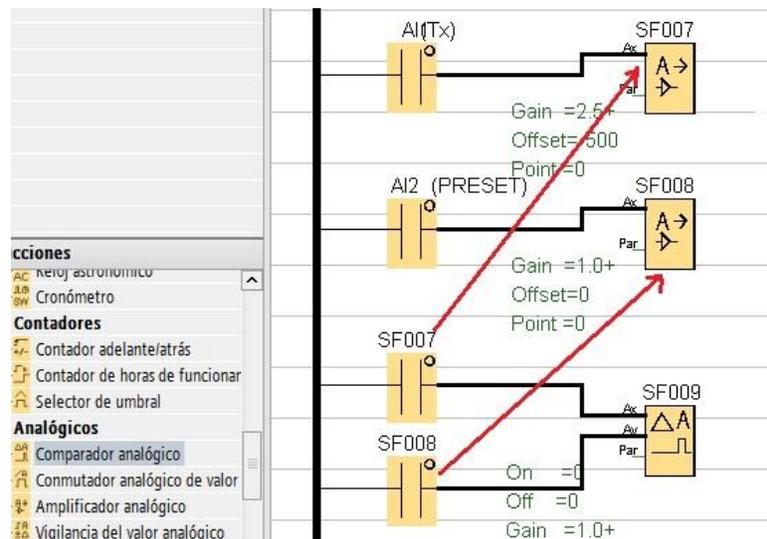
A continuación agregamos otra entrada analógica (AI2 - PRESET) que será para el potenciómetro de ajuste de la temperatura y lo conectamos a otro amplificador analógico.

Hacemos doble clic en el mismo y lo configuramos como sensor de 0 a 10V. Esto significa que el potenciómetro entregará una tensión dentro de ese rango, donde 0V será lo mínimo que mide el sensor y 10V será el máximo.



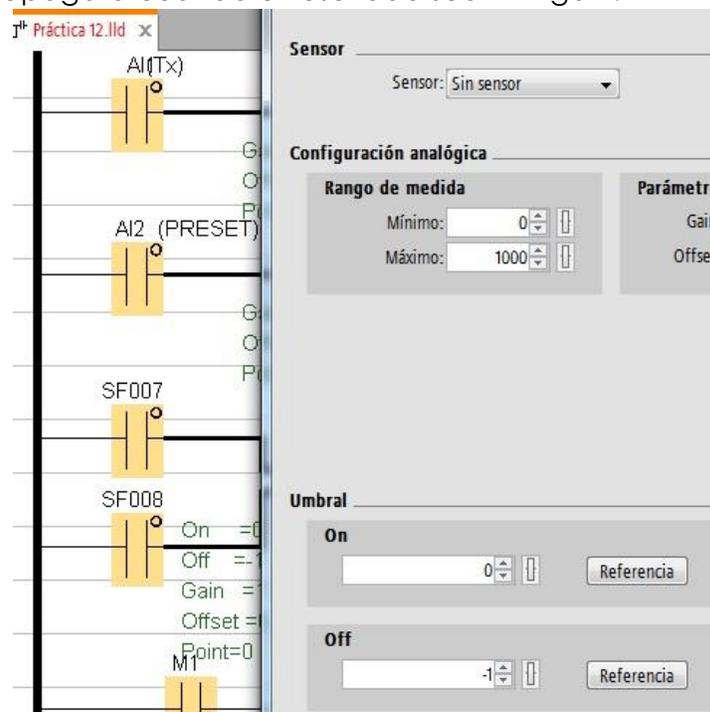
Para finalizar la configuración analógica agregamos un comparador analógico. Como podemos ver tiene dos entradas (**Ax** y **Ay**). A esas entradas conectamos las salidas de los amplificadores analógicos. A la correspondiente a **Ax** enviamos que la que pertenece a **Tx**, es decir, al sensor de temperatura. A la entrada **Ay** enviamos la cual corresponde al **PRESET**, es decir, al potenciómetro.

Este comparador realiza la diferencia entre ambas entradas y se enciende o apaga según la configuración.



Cuando accedemos a la configuración del comparador analógico (SF009), donde dice "umbral" vemos 2 opciones, de encendido y apagado.

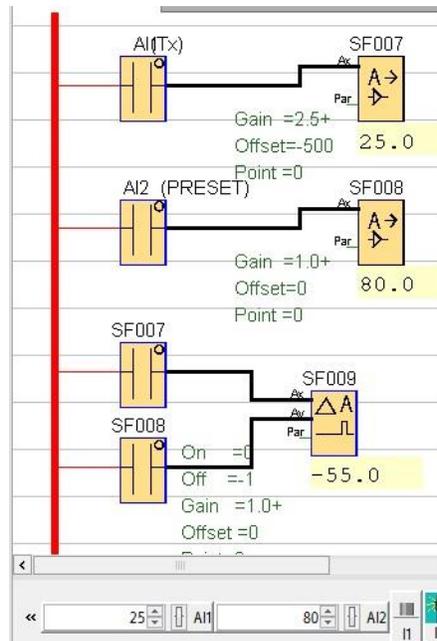
Básicamente el comparador se encenderá cuando la diferencia entre Ax y Ay sea $0 + \text{el gain}$ (histéresis) y se apagará cuando el resultado sea $-1 + \text{gain}$.



Para ver el funcionamiento procedemos a simular.

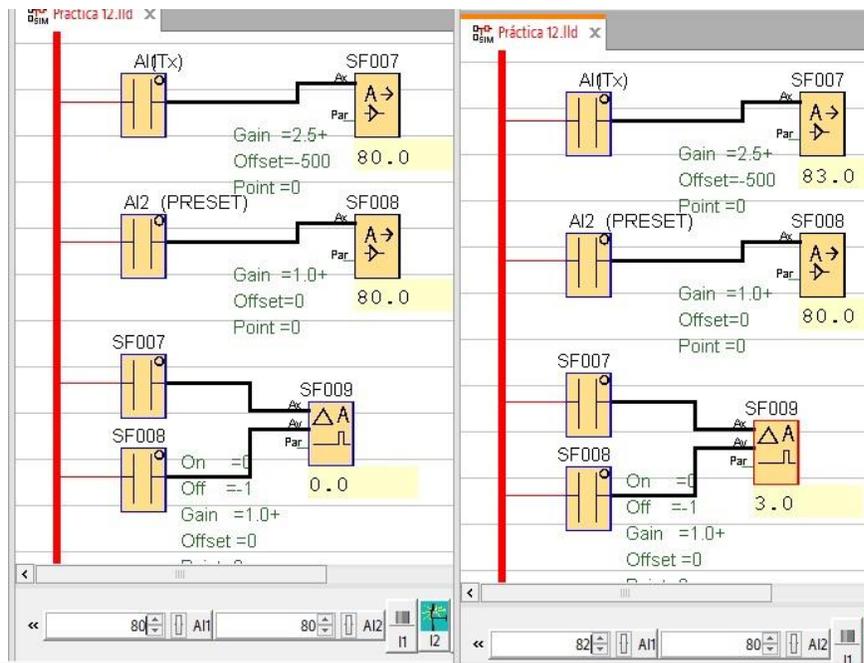
Al comienzo colocamos una temperatura de inicio cualquiera en AI1, por ejemplo 25°C que es la temperatura ambiente normal. Esto reflejaría lo que mide el sensor.

En AI2 colocamos la temperatura a la cual queremos que se caliente el agua, es decir, el PRESET, que en este caso será de 80°C.



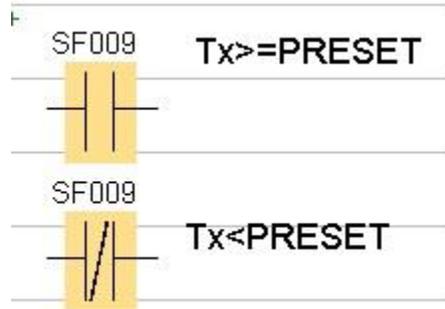
Al simular que la temperatura sube e iguala a la del PRESET el resultado de la diferencia es 0. Pero al tener una ganancia la compuerta aun no se encenderá. (Imagen izquierda)

Al alcanzar el valor de la ganancia (en este caso +2°C) se encenderá el comparador (SF009 en rojo). (Imagen derecha)



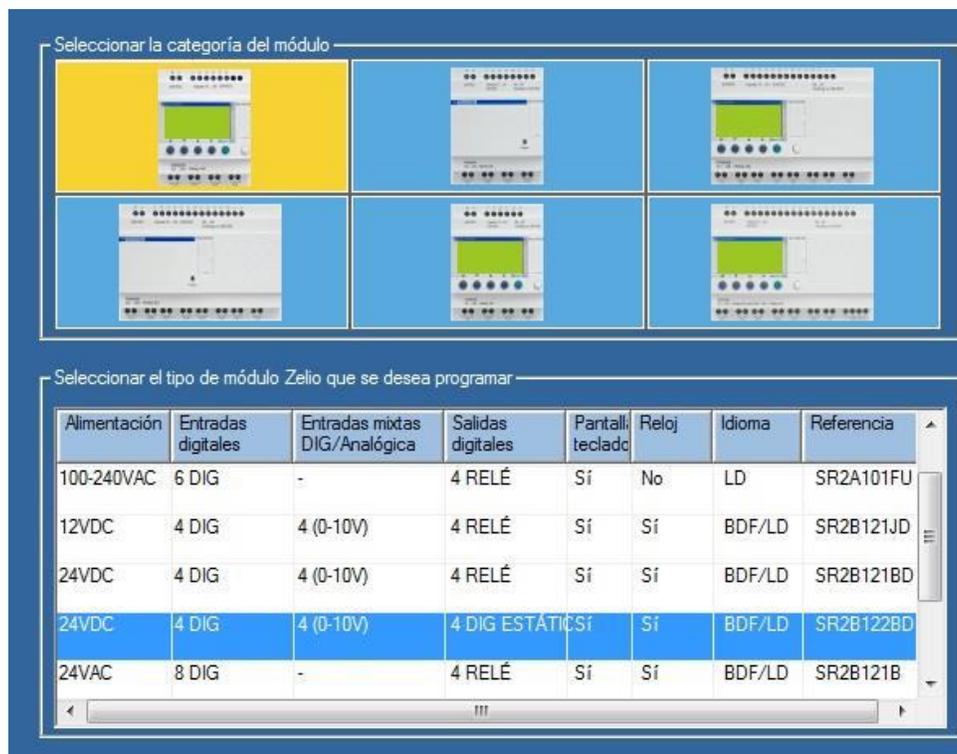
En definitiva, el comparador (SF009) ya nos entregará un valor digital (ON/OFF) cuando corresponda según lo configurado.

En este caso, el comparador se encenderá cuando la temperatura que mida el sensor sea mayor o igual al PRESET y se apagará cuando sea menor.

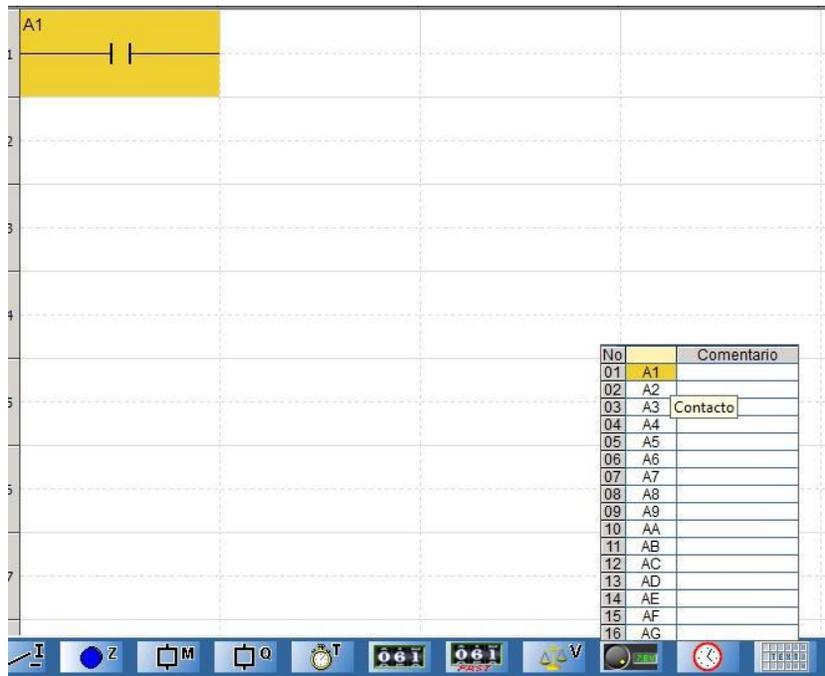


Zelio Soft 2

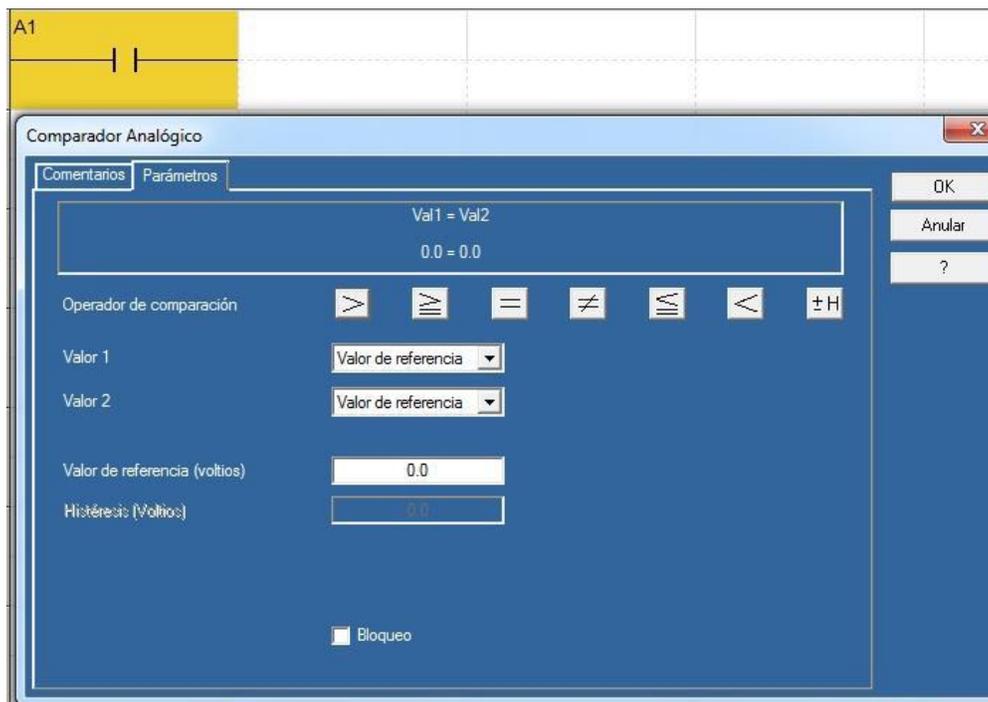
Primero debemos seleccionar un equipo que posea entradas analógicas:



Luego, en el programa, agregamos un contacto analógico:



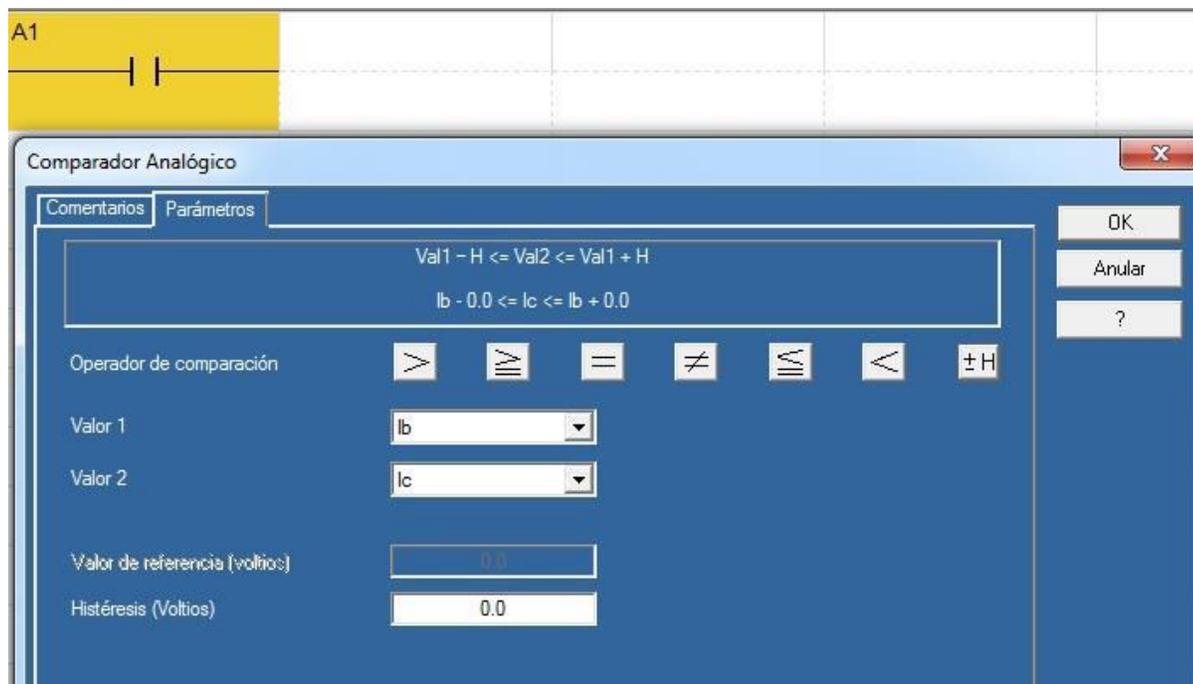
Al hacer doble clic en el mismo se abre el cuadro de configuración.



Valor 1 puede corresponder al sensor de temperatura y valor 2 al PRESET de ajuste que deseamos que se caliente el agua.

Al desplegar las opciones aparecen las posibles entradas analógicas que posee el equipo (Ib, Ic, Id, Ie, para este caso que son 4 entradas).

En el operador de comparación elegimos lo que corresponda para la ocasión. Para este caso elegimos +/- H (suma y resta de histéresis).



En histéresis, debemos hacer la cuenta para averiguar qué voltaje representan 2°C (para este ejemplo). Suponiendo que el sensor de temperatura va a trabajar entre -50°C y 200°C (PT100), y el PRESET de ajuste de la temperatura se hace con un potenciómetro que regula entre 0 y 10v podemos concluir lo siguiente:

$$250^{\circ}\text{C} \rightarrow 10\text{v}$$

$$2^{\circ}\text{C} \rightarrow x \text{ (Histéresis)}$$

$$X = (2 \times 10) / 250$$

$$\mathbf{X = H = 0,08v}$$

Una vez configurado (0,1V es el valor más bajo que nos deja utilizar, lo cual coincide con el gain del programa de logo, es decir 2,5°C) procedemos a simular.



A diferencia del programa LOGO!Soft Comfort, en el cual se simulaba a través de los grados centígrados, en Zelio Soft se modifican los voltajes.

Por ejemplo en la entrada **Ib** (la cuál sería **Tx**, el sensor de temperatura PT100), podemos ver que dice 1,0V, esto corresponde a 25°C, la temperatura ambiente nominal.

Para saber esto utilizamos una simple regla de 3:

$$250^{\circ}\text{C} \rightarrow 10\text{V}$$

$$25^{\circ}\text{C} \rightarrow X$$

$$X = (25 \times 10) / 250$$

$$X = 1\text{V}$$

En **Ic**, la cual pertenece al **PRESET** de temperatura deseada para el agua, vemos 3,2V. Aplicando la misma regla de 3, eso nos da 80°C.

Como la temperatura del sensor no alcanzó la deseada, la memoria M1 está apagada. Al llegar a la misma, se encenderá la marca.



- Finalizar el Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort ó Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 13: Cintas transportadoras con clasificación de peso

Funcionamiento:

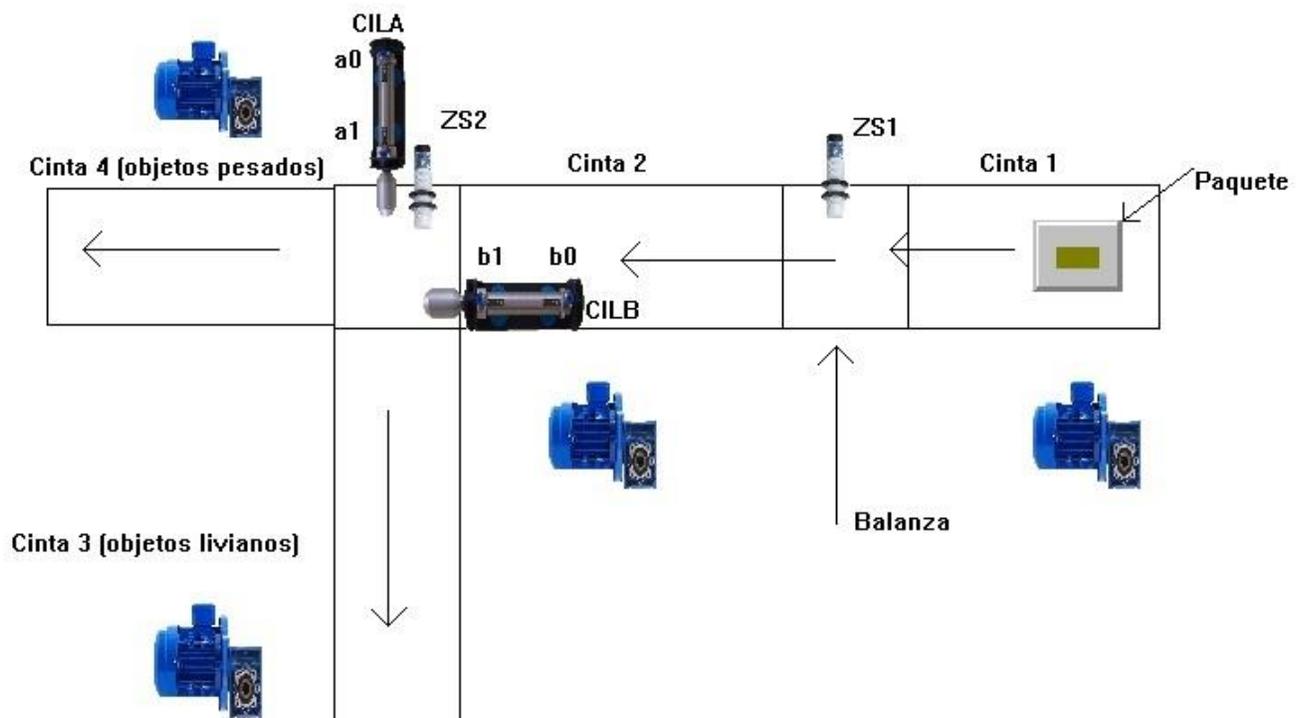
Al dar arranque al sistema se encenderá la cinta 1 que lleva el paquete hasta que lo detecte ZS1, donde una balanza lo pesará.

Luego la cinta 2 lo lleva hasta el próximo sensor ZS2. Si el paquete pesa menos de 500kg deberá desplegarse el CILA, que empujará el paquete a la cinta 3 que pertenece a los paquetes livianos.

Si el paquete pesa más de 500kg, se accionará el CILB, el cual empujará el paquete a la cinta 4.

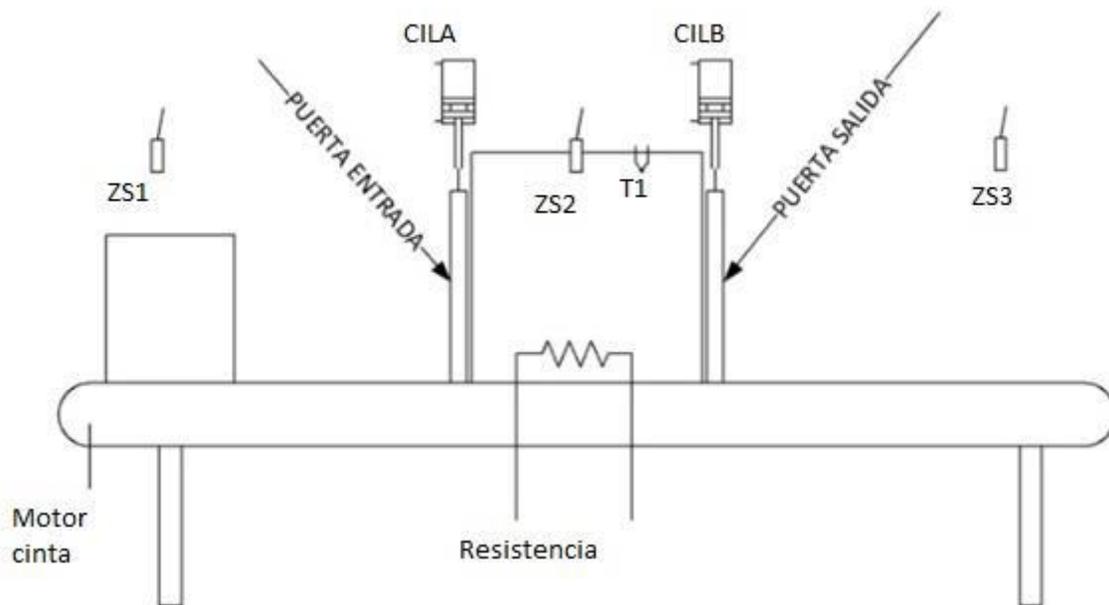
Las cintas 3 y 4 deberán quedar encendidas por 10 segundos antes que se reinicie el sistema.

Utilizar una celda de carga de 0 a 1000Kg que funcione entre 0 y 10V.



- Asignar E/S.
- Realizar GRAFCET.
- Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort ó Zelio Soft.
- Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
- Conectar en tablero.

Práctica 14: Horno automatizado



Funcionamiento:

Al colocar una pieza sobre la cinta transportadora el sensor ZS1 detecta la presencia de la misma, con lo cual se ordena la apertura de la puerta de entrada del horno.

Una vez verificada la apertura de la puerta, arranca la cinta transportadora y desplaza la pieza hasta que es detectada por el sensor ZS2, momento en el cual se ordena el cierre la puerta.

Una vez verificado el cierre de la puerta se inicia el proceso de calentamiento mediante el encendido de la resistencia, el valor que debe alcanzar la temperatura es de 125 °C (ajustable desde panel de operador en $\pm 10^{\circ}\text{C}$), momento en el cual se comienza a contar un tiempo de 15 segundos. Si durante ese tiempo la temperatura supera 135 °C (siempre $+10^{\circ}\text{C}$ de la de trabajo) se corta la alimentación de la resistencia, por el contrario, si la misma baja a un valor inferior de 115°C (siempre -10°C de la de trabajo) se debe volver a conectar la misma.

Una vez finalizado el tiempo de 15 segundos, se corta la alimentación de la resistencia y se procede a abrir la puerta de salida, una vez verificada la apertura de dicha puerta, arranca la cinta transportadora hasta que la pieza alcanza el sensor ZS3, momento en el que se procede a cerrar la puerta de salida y se detiene la cinta.

Para el caso del sensor de temperatura se utilizará una termocupla y un conversor de señal adecuado la misma para obtener un rango de 0 a 10 Volt.

Condición de funcionamiento del proceso (enclavamientos funcionales)

- 1.** Para que el proceso comience al colocar una pieza en ZS1, se debe cumplir que no se detecten objetos en los sensores ZS2 y ZS3.
- 2.** Para el arranque de la cinta se debe siempre verificar que la puerta respectiva se encuentre abierta, es decir para acceder al horno se debe comprobar que el sensor b1 esté actuado y para salir del horno el sensor b2 deberá estar actuado.
- 3.** Para iniciar el proceso de calentamiento la cinta debe estar detenida, y los sensores de puertas a1 y a2 deben estar accionados.
- 4.** En caso de que la temperatura supere el máximo fijado por más de 10 segundos se debe dar aviso a través del panel de operador.
 - Asignar E/S.
 - Realizar GRAFCET.
 - Convertir a Ladder – KOP en los programas de LOGO!Soft Comfort ó Zelio Soft.
 - Realizar cableado de PLC en Cade Simu (mando y potencia).
 - Conectar en tablero.

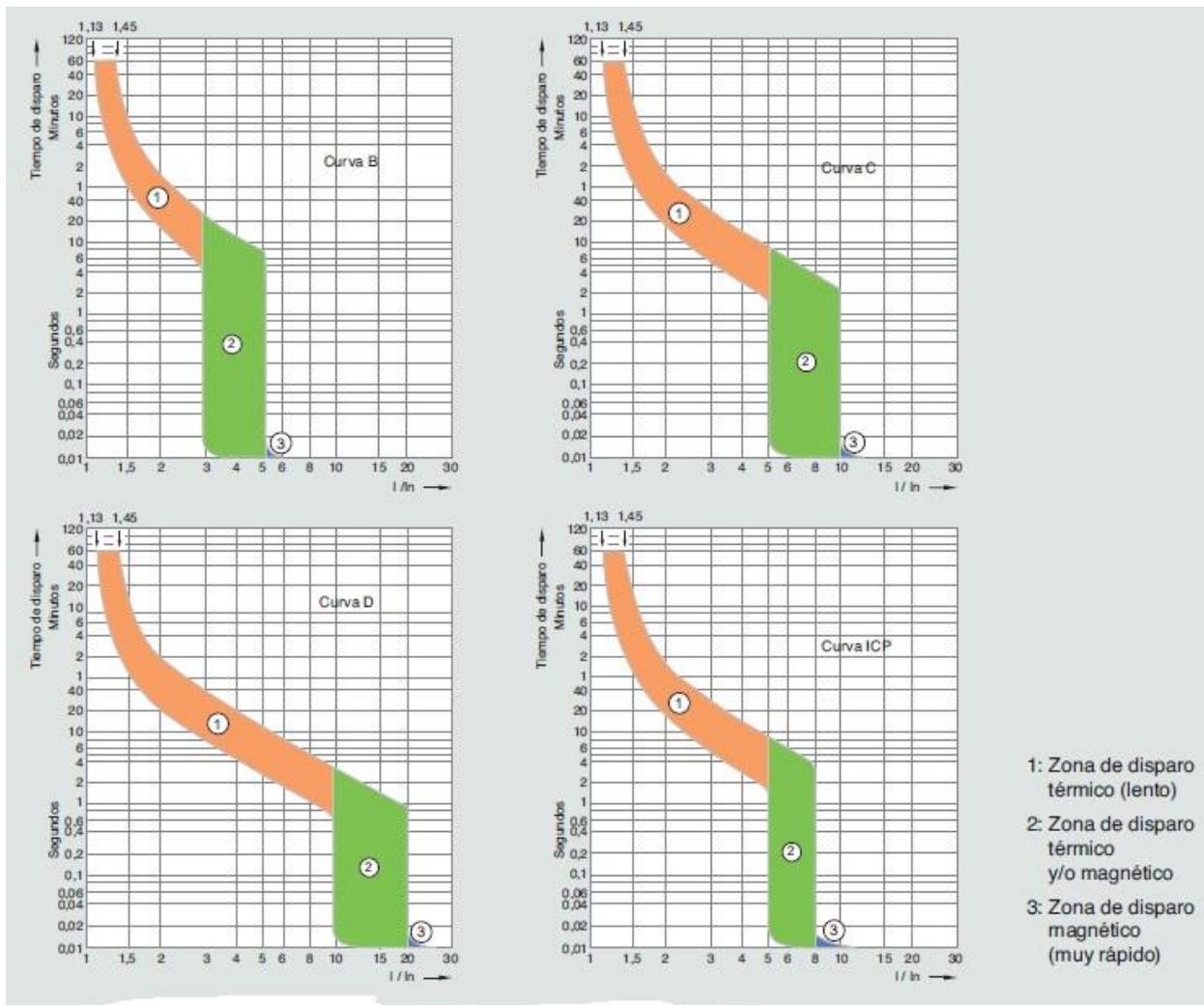
Anexo 2: Tipos de curvas de interruptores magnetotérmicos

El tipo de curva determina el funcionamiento de los interruptores magnetotérmicos, tiempos de corte y disparador que actúa en función del valor de la intensidad.

Es importante elegir un dispositivo de protección magnetotérmica teniendo en cuenta su curva de disparo, en función de las condiciones del circuito que quiere proteger.

Los tipos de curvas más frecuentes son los siguientes:

- Curva B: protección de conductores en que se prevean intensidades de cortocircuito bajas, es decir, circuitos puramente resistivos como calefacción, iluminación, etc.
- Curva C: protección de conductores en instalaciones de uso general, con la posibilidad de conectar pequeños motores, lámparas de descarga, etc.
- Curva D: curva indicada para instalaciones donde se manejen aparatos con elevados impulsos de corriente, por ejemplo, grandes motores, cargas capacitivas, etc.
- Curva ICP: se utiliza como interruptor de control de potencia.



Anexo 3: Normas ISA

ISA

La Instrument Society of America de los Estados Unidos crea y actualiza permanentemente, las normas usadas en la instrumentación empleada en todo proceso.

La creación de un manual tiene como objetivo el uniformar los conocimientos en el campo de la instrumentación y no pretende ser un elemento estático, sino en permanente revisión, pues una de las características de una norma es su actualización repetitiva.

- ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992).

Identificación de un instrumento

Instrumento: Objeto fabricado, simple o formado por una combinación de piezas, que sirve para realizar un trabajo o actividad, especialmente el que se usa con las manos para realizar operaciones manuales técnicas o delicadas, o el que sirve para medir, controlar o registrar algo.

Identificación funcional de un instrumento:

- Todas las letras son mayúsculas.
- No más de 4 letras son utilizadas.
- Identificación del instrumento + identificación funcional.
- La identificación de los símbolos y elementos debe ser alfa numérica, los números representan la ubicación y establecen el lazo de identidad, y la codificación alfabética identifica al instrumento y a las acciones a realizar.

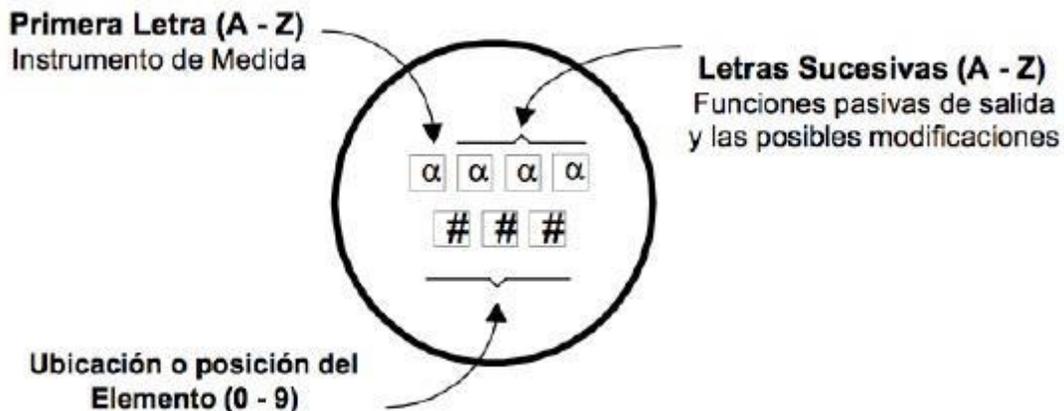
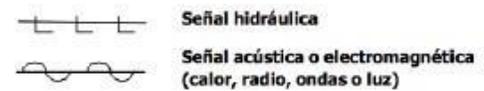
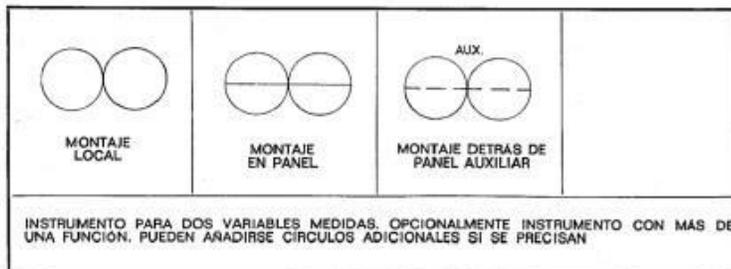
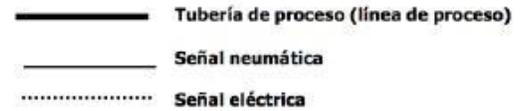
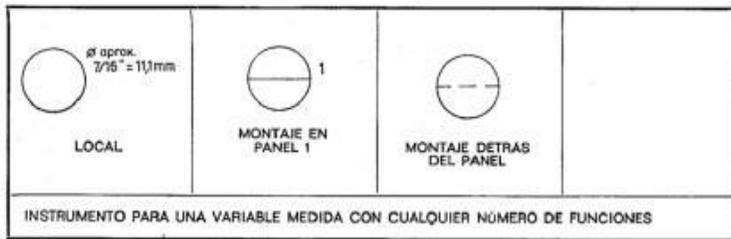


TABLA 1 LETRAS DE IDENTIFICACION					
	PRIMERA LETRA		LETRAS SUCESIVAS		
	MEDIDA O VARIABLE INICIAL	MODIFICADOR	LECTURA O FUNCION PASIVA	FUNCION DE SALIDA	MODIFICADOR
A	Análisis(5,19)		Alarma	Opción usuario	Opción usuario
B	Arder, combustión		Opción usuario		
C	Opción usuario				
D	Opción usuario	Diferencial (4)			
E	Voltaje		Sensor Elemento primario		
F	Razón de flujo	Razón (fracción) (4)	Vidrio, Dispositivo		
G	Opción usuario				
H	Manual				High (7,15,16)
I	Corriente		Indicador (10)		
J	Potencia	Scan (7)			
K	Tiempo			Estación control	
L	Nivel		Luz (11)		Low (7,15,16)
M	Opción usuario	Momentáneo			
N	Opción usuario		Opción usuario	Opción usuario	
O	Opción usuario		Orificio, restricción		
P	Presión, Vacío		Punto (conexión de prueba)		
Q	Cantidad	Integrador, totalizador			
R	Radiación		Registro (17)		
S	Velocidad frecuencia	Seguridad (8)		Switch (13)	
T	Temperatura			Transmisor (18)	
U	Multivariable (6)		Multifunción (12)	Multifunción	Multifunción
V	Vibración, Análisis mecánico (19)			Válvula, Damper,	
W	Peso Fuerza				
X	No clasificada	Eje X	No clasificado	No clasificado	No clasificado
Y	Evento, estado o presencia Posición Dimensión	Eje Y		Rele, computador, convertidor	
Z		Eje Z		Actuador, Dirigir Elemento final no clasificado	

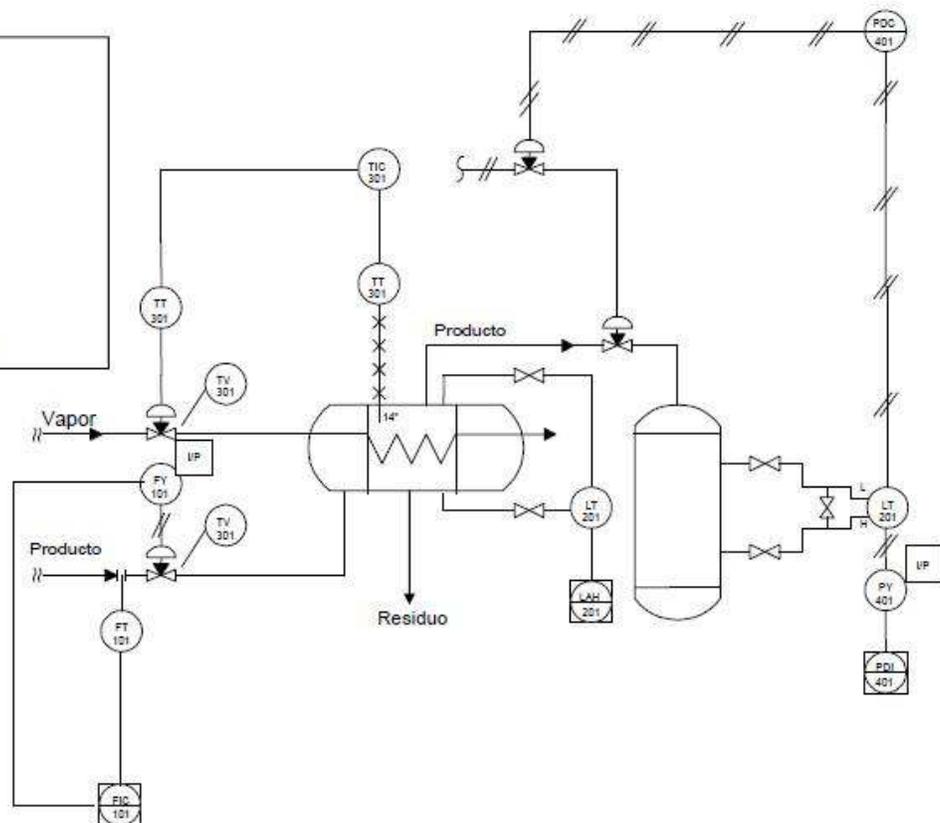
Simbología. Líneas y Símbolos generales



Ejemplo:

Legenda:

FT : Transmisor de Flujo
 FIC : Controlador Indicador de flujo
 FY : Relé de Flujo
 LAH: Nivel con Alarma de Alta
 LT : Transmisor de Nivel
 I/P : Corriente/Neumático
 PY : Relé de presión
 PDI: Indicador Presión Diferencial
 PDC: Controlador Presión Diferencial
 TT : Transmisor de Temperatura
 TV : Válvula de Temperatura
 TIC: Controlador Indicador de Temperatura



Bibliografía

- CEMBRANOS NISTRAL, F. Jesús. "Automatismos Eléctricos Neumáticos e Hidráulicos". Ed. Jerez. Paraninfo. 2017.
- DIOSDADO, Raúl. *Manual Arduino*. "Programación y Conceptos Básicos". ZonaMaker. 2014.
- Instrument Society of America: Normas ISA para automatismos industriales.
- MARTÍN, Juan Carlos; GARCÍA, María Pilar. "Automatismos Industriales". Ed. Editex SA. Madrid. 2009
- Material didáctico brindado por INET en curso virtual de "Automatización Industrial".
- RODRÍGUEZ, Julián; CERDÁ, Luis; BEZOS, Roberto: "Automatismos Industriales". Ed. Jerez. Paraninfo. 2017.
- RUIZ GUTIÉRREZ, José Manuel. "Prácticas con Arduino. Nivel 1"