

1. Práctica CABLEADO: Tecnología cableada

1.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es familiarizar al alumno con la tecnología cableada que aparece en la implementación de un sistema automatizado. En la primera parte de la práctica se trabajará con automatismos cableados combinacionales y en la segunda parte, con automatismos cableados secuenciales. Aunque ha habido un gran desarrollo de las automatizaciones basadas en sistemas digitales como el autómatas programable, los circuitos cableados secuenciales aparecen con frecuencia en soluciones de automatización de baja complejidad por su simplicidad, robustez y bajo precio. Además, tienen propiedades muy interesantes para implementar la seguridad. La parte de cableado combinacional siempre aparece en cualquier automatización.

Al final de la práctica el alumno debería:

- Conocer el funcionamiento de los elementos típicos utilizados en la parte cableada de una automatización: pulsador, piloto, conmutador, seta de emergencia, sensores, relé y contactor.
- Distinguir entre pupitre de control (interfaz hombre-máquina), automatismo y proceso a controlar.
- Distinguir entre circuito de control (circuito de mando) y circuito de potencia (circuito de fuerza).
- Diseñar y construir automatismos cableados simples de tipo combinacional.
- Diseñar y construir automatismos cableados simples de tipo secuencial.
- Conocer las implementaciones simples de la seta de emergencia.
- Conocer los métodos basados en enclavamiento eléctrico para aumentar la robustez de la automatización.
- Cablear correctamente y solucionar posibles averías.

Tiempo para realizar la práctica: 1 sesión.

1.2 Material para realizar la práctica

El material para realizar esta práctica está formado por:

- Placa “Pupitre” (ver Figura 1 y Figura 2). Representa un pupitre de control sencillo.
- Placa “Motor” (ver Figura 3 y Figura 4). Representa un proceso industrial de tipo movimiento (ejemplo: barrera, puerta, montacargas, elevador de coches) basado en un motor y todos los elementos básicos para implementar el control del motor.
- Placa “Relés” (ver Figura 5 y Figura 6). Permite ampliar el número de contactos disponibles en la placa Motor para implementar un control más complejo.

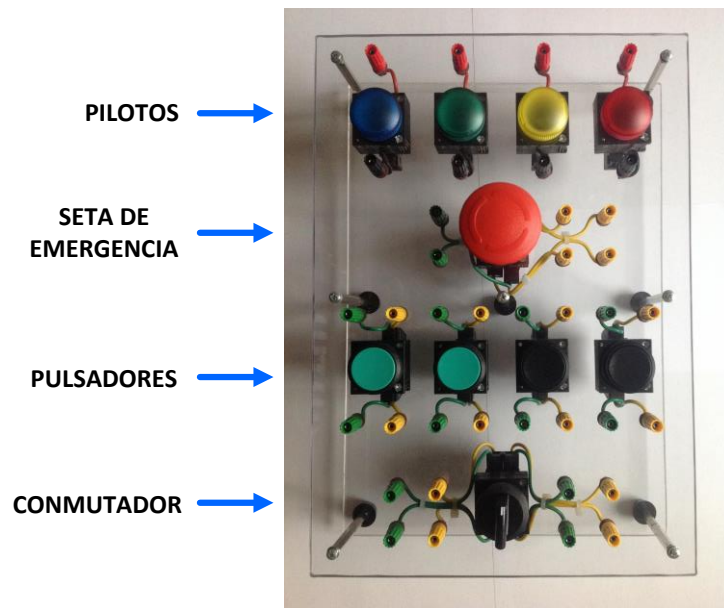


Figura 1 Placa "Pupitre"

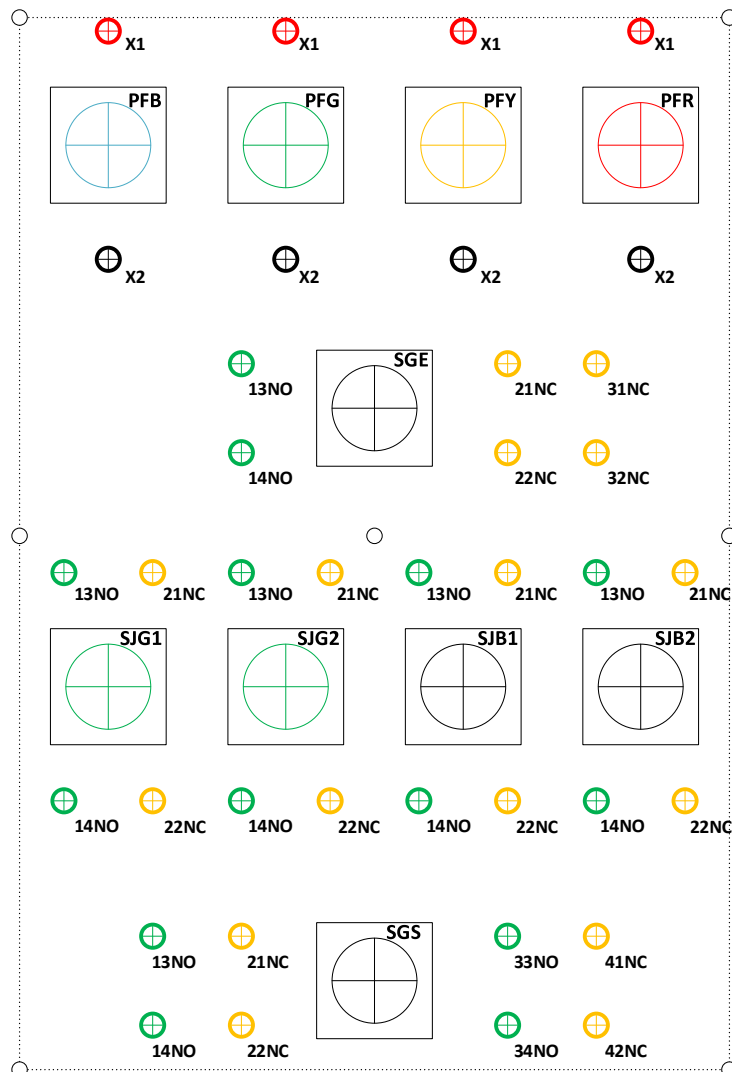


Figura 2 Designación bornas placa "Pupitre"

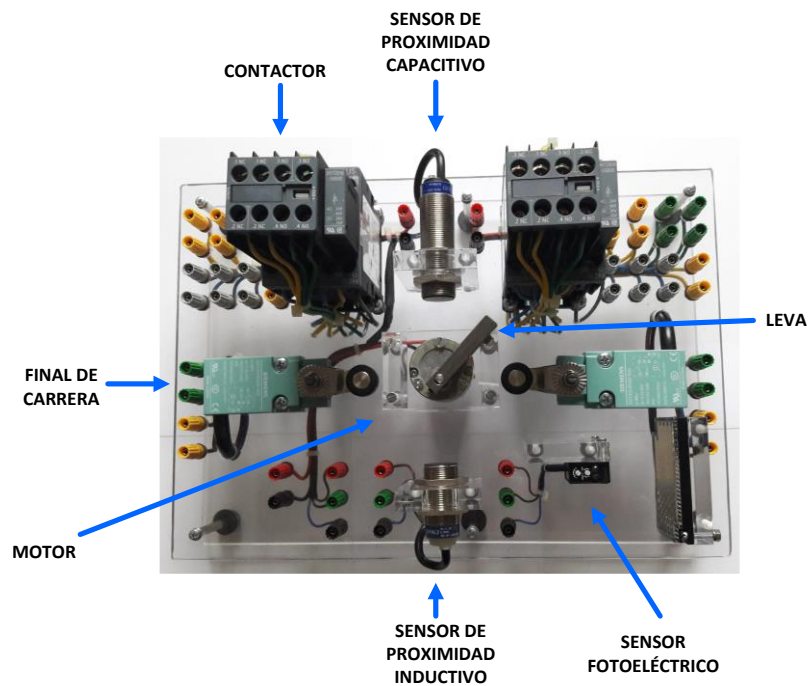


Figura 3 Placa "Motor"

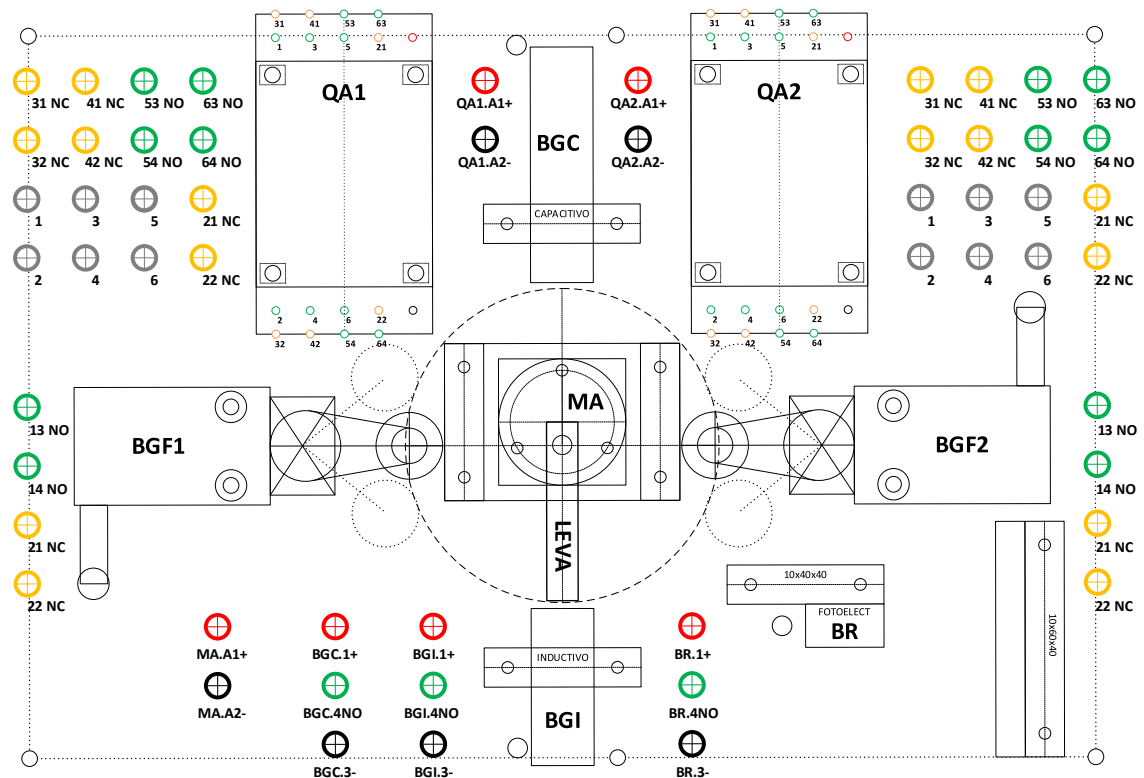


Figura 4 Designación bornas placa Motor



Figura 5 Placa "Relés"

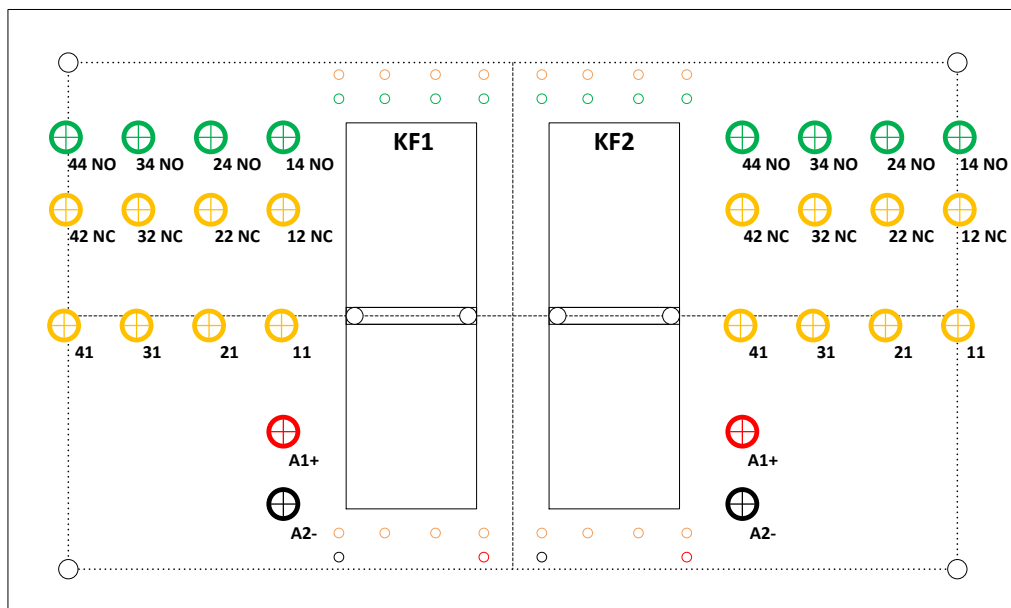


Figura 6 Designación bornas placa "Relés"

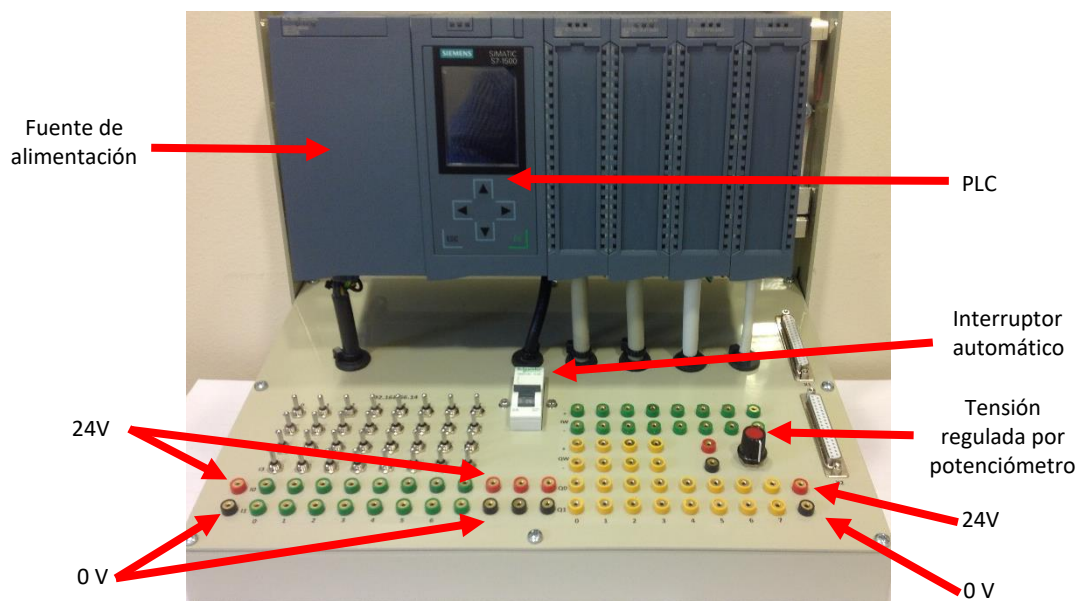


Figura 7 Bastidor con PLC



Figura 8 Ejemplos de cables con bananas de 2 mm

- Cables de diferentes colores y tamaño (ver Figura 8) con bananas de 2mm para conectar entre sí los elementos de las placas formando los circuitos eléctricos de la automatización.
- Bastidor de PLC (ver Figura 7) con 5 salidas de alimentación (parejas de bornas roja negra) de 24 V DC. situadas en la parte baja. No utilizar las bornas situadas junto al potenciómetro. Proporcionan una salida de tensión regulada con el potenciómetro. Si lo indica el profesor se podrá utilizar una fuente de alimentación 24 V DC. Hay un interruptor automático que protege las salidas de alimentación que está situado en la parte central del bastidor. Si fallase el interruptor, actuaría la protección interna de la fuente de alimentación del PLC.

Todos los elementos de las placas son compatibles con 24 V DC.

Los elementos de las placas están conectados a bornas de 2 mm con el fin de facilitar el cableado. Utilizan el siguiente código de colores:

- Amarillo indica borna asociada a un contacto normalmente cerrado.
- Verde indica borna asociada a un contacto normalmente abierto. Si la borna pertenece al sensor inductivo o al capacitivo o al fotoeléctrico indica la salida activa del sensor.
- Gris indica borna asociada a un contacto de potencia del contactor.
- Rojo indica positivo para alimentar un elemento (bobina, motor, sensor).
- Negro indica negativo para alimentar un elemento (bobina, motor, sensor).

Cada borna está rotulada según la numeración del terminal al que está conectada más información funcional o de conexión. Por ejemplo: 13NO indica que está conectada a un terminal de un contacto NO; o QA1.A1+ indica que es la borna A1 de la bobina del contactor QA1 que debe ser conectada a 24 V DC.

Tabla 1 Elementos de la placa Pupitre

Elemento	Descripción	Fabricante	Modelo
PFB	Piloto Azul	Siemens	3SB3244-6AA50
PFG	Piloto Verde	Siemens	3SB3244-6AA40
PFY	Piloto Amarillo	Siemens	3SB3244-6AA30
PFR	Piloto Rojo	Siemens	3SB3244-6AA20
SGE	Seta de emergencia	Siemens	3SB3201-1HR20
SJG1 y SJG2	Pulsadores verdes (1NC+1NO)	Siemens	3SB3201-0AA41
SJB1 y SJB2	Pulsadores negros (1NC+1NO)	Siemens	3SB3201-0AA11
SGS	Conmutador 3 posiciones (NC/NO-nada-NC/NO)	Siemens	3SB3208-2DA11

La placa Pupitre lleva todos los elementos necesarios para realizar una interfaz hombre-máquina simple basada en elementos discretos. Para ello dispone de 4 pulsadores para dar órdenes de

marcha y paro, un conmutador para seleccionar modos de funcionamiento, una seta de emergencia y 4 pilotos para indicar el estado del proceso. La Tabla 1 describe los elementos que forman la placa Pupitre. La Figura 2 indica cómo se ubican las bornas asociadas a cada elemento. Para las dos primeras letras del identificador del elemento (ejemplo SJG1) se ha utilizado la norma IEC 81346-2 Ed 2017. Para el resto de letras, en aras de la claridad, se ha utilizado una designación basada en la función concreta del elemento o en su color y en el número de orden.

La placa Motor consta de un motor que al girar acciona mediante una leva dos finales de carrera, un sensor de tipo capacitivo y un sensor de tipo inductivo. Como accionamiento del motor se utilizan dos contactores trifásicos con suficientes contactos auxiliares para implementar controles sencillos. El motor, aunque es de continua (DC 24V), representa un motor trifásico. Por lo tanto, uno de los contactos de potencia debe quedar siempre libre. La placa cuenta además con un sensor de tipo barrera fotoeléctrica. La Tabla 2 describe los elementos que forman la placa Motor. La Figura 4 indica cómo se ubican las bornas asociadas a cada elemento.

Tabla 2 Elementos de la placa Motor

Elemento	Descripción	Fabricante	Modelo
MA	Motor DC 24V, 300 mNm, 5 rpm.	Trident Engineering	RS 258-8388
QA1, QA2	Contactador 7 A, 3 NA, Bobina DC 24 V con contactor auxiliar incorporado NC. Además incluye: bloque contactos auxiliares (2NC+2NO) y varistor de protección. El número total de contactos es 3NC y 2NO.	Siemens	Contactador: 3RT2015-1BB42 Contactos auxiliares: 3RH2911-1HA22 Varistor: 3RT2916-1BB00
BGF1, BGF2	Final de carrera (1NC+1NO)	Siemens	3SE5413-0CN20-1EA2
BGI	Sensor de proximidad inductivo, Salida PNP. Borna BGI.1+ es el positivo de la alimentación, BGI.3- es el negativo y BGI.4NO es la salida.	Telemecanique	XS518B1PAL2
BGC	Sensor de proximidad capacitivo, Salida PNP. Para función de las bornas ver BGI.	Telemecanique	XT1M18PA372
BR	Sensor fotoeléctrico. Para función de las bornas ver BGI.	Omron	E3Z-R81 2M OMS

Desde el punto de vista del esquema general de bloques de un sistema automatizado, la placa Motor está formada por los siguientes bloques:

- Control representado por los contactos auxiliares de los contactores.
- Accionamiento representado por los contactos de potencia de los contactores y por el propio motor con su leva.
- Sensores.
- Proceso que es el movimiento de la leva acoplada al motor. Permite representar procesos como el movimiento de una puerta o de un ascensor.

La placa Motor permite realizar el control simplificado de procesos reales como la apertura y cierre de una puerta con detección de presencia, la apertura y cierre de un seccionador de subestación, la subida y bajada de una barrera de paso a nivel, el llenado y vaciado de un depósito o el movimiento de un ascensor entre cuatro pisos. Estos mismos elementos de la placa

se pueden utilizar para acometer un control mucho más complejo basado en un autómata programable o equipo similar.

La placa Relés tiene dos relés de cuatro contactos conmutados que permite ampliar el número de contactos disponibles en la placa Motor y realizar controles cableados más complejos o hacer adaptación de señales para el caso de los sensores.

Tabla 3 Elementos de la placa Relés

Elemento	Descripción	Fabricante	Modelo
KF1 y KF2	Relé miniatura de 4 contactos conmutados. Incluye zócalo y varistor de protección.	Schneider	Relé: RXM4AB2BD Zócalo: RXZE2M114M Varistor: RXM021BN


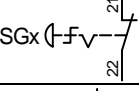
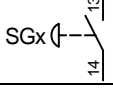
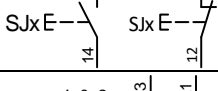
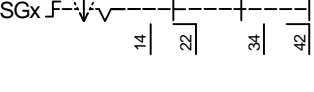
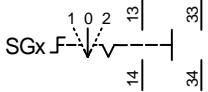
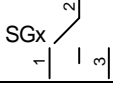
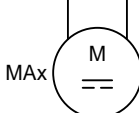

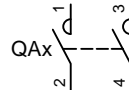
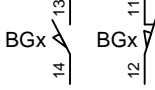
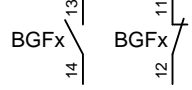
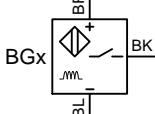
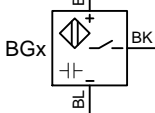
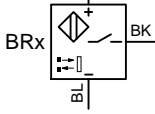
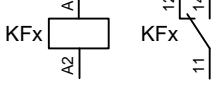
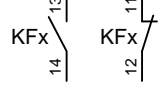
La Tabla 4 indica los símbolos gráficos a utilizar en los esquemas. La numeración de los terminales se puede omitir cuando el esquema no es el definitivo para ser cableado. Recuerde que cuando un elemento maneja más de un contacto, sólo se indica la función que activa el contacto en uno de ellos.

En el caso de utilizar como fuente de alimentación el bastidor del PLC, hay que seguir los siguientes pasos para activar la alimentación:

1. Pase el interruptor situado en la parte izquierda del pupitre a la posición de cerrado pulsando sobre la parte rotulada con una I.
2. Compruebe que se encienden parte de los leds del PLC. Si no lucen, compruebe que el bastidor está perfectamente conectado a la red. Si persiste el problema avise al profesor. Probablemente estará fundido el fusible de entrada situado junto al interruptor.
3. Asegúrese que el interruptor automático situado en la parte superior central de la zona de bornas del bastidor está en la posición alta. Este interruptor protege a la fuente de alimentación de los posibles cortocircuitos que pueda realizar el alumno.

MIENTRAS DURA EL CABLEADO EL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DEL BASTIDOR DEBE ESTAR EN LA POSICIÓN BAJA (TENSIÓN DESCONECTADA).

Tabla 4 Símbolos gráficos

Elemento	Símbolo completo	Símbolo simplificado
Piloto (PFB, PFG, PFY y PFR)		
Seta de emergencia (SGE)		
Pulsador (SJG1, SJG2, SJB1, SJB2)		
Conmutador (SGS)		<p>Caso de sólo dos contactos NO:</p>  <p>Caso de sólo dos contactos NO con entrada común:</p> 
Motor (MA)		
Contactor (QA1 y QA2)		<p>Caso de sólo utilizarlo para motor de continua:</p> 
Finales de carrera (BGF1 y BGF2)		
Sensor inductivo (BGI)		
Sensor capacitivo (BGC)		
Sensor fotoeléctrico (BR)		
Relé auxiliar (KF1 y KF2)		<p>Si sólo necesita un contacto NC o un contacto NO:</p>  <p>La otra salida del contacto conmutado no se utiliza.</p>

1.3 Normas a seguir para realizar los montajes

Los esquemas de automatismo cableados que se van a montar en el laboratorio son bastante simples. Sin embargo, si no se realiza el montaje con orden y limpieza puede resultar prácticamente imposible su puesta en marcha. Para evitarlo el alumno deberá seguir las siguientes reglas:

1. **Primero dibujar esquema si no es un esquema dado.** Antes de iniciar el montaje del circuito, el alumno deberá dibujar el esquema del circuito a cablear siguiendo la disposición estándar. Si el esquema no funciona sobre el papel no funcionará al montarlo.
2. **Numerar los contactos de los relés.** Para todos los elementos que aporten más de un contacto al control, especialmente en el caso de los relés, indicar en el esquema qué contacto se utiliza mediante la numeración correspondiente (ej: 31,21,...). Evita muchos dolores de cabeza en el cableado.
3. **Desconectar alimentación antes de cablear.** Antes de iniciar el cableado desconecte la alimentación del bastidor del PLC mediante el interruptor automático. Hasta que no se haya comprobado de forma visual el correcto cableado del circuito no se debe conectar el automático.
4. **Utilizar correctamente los colores de los cables.** Al proceder con el montaje del circuito se debe seguir el siguiente código de colores:
 - Desde las bornas de 24 V DC se cablearán únicamente cables de color rojo.
 - Desde las bornas de 0 V DC se cablearán únicamente cables de color negro.
 - Los cables de color diferente al negro y al rojo se pueden utilizar para cablear zonas intermedias.
5. **Cableado en estrella.** Cuando hay un nodo eléctrico que une varias bornas de elementos conviene utilizar un cableado en estrella: se elige una borna y se llevan cables desde esa borna al resto de elementos. Esto es posible gracias a las bananas apilables de los cables. Esta práctica es totalmente recomendada en el caso de la conexión con 24V DC y 0 V DC. Sin embargo, si se llevan todas las bananas a un mismo punto pueden aparecer demasiadas bananas apiladas. Como en el bastidor del PLC hay varias bornas de alimentación, se recomienda agrupar las bananas de los cables de alimentación por circuitos y conectarlos a bornas diferentes. Por ejemplo: dos bornas para la alimentación del circuito de control y otras dos bornas para el de potencia; si el de control tiene varias ramas, dos bornas diferentes por cada rama.
6. **Simetría en el cableado.** En los circuitos donde hay operaciones antagónicas (ejemplo: giro a derecha y giro a izquierda) los esquemas suelen ser simétricos. Es conveniente realizar un cableado simétrico para ambas operaciones antagónicas porque es más rápido y se detectan antes los errores.
7. **Primero cablear el circuito de mando.** Siempre que se pueda, primero cablear el circuito de mando: desde pulsadores, interruptores o salidas del PLC a las bobinas de los relés. Probar que funciona correctamente comprobando que los relés se accionan cuando corresponde. A continuación, cablear el circuito de potencia: en el caso del laboratorio

consiste en conectar el motor a través de los contactos de potencia de los contactores con la alimentación. Comprobar en los casos de inversión de giro que no haya cortocircuitos.

8. **Organización clara del cableado.** El cableado debe estar bien organizado para poderlo seguir fácilmente. Las dos recomendaciones anteriores de cableado en estrella y cableado simétrico van en esta línea. Intentar que los cables no se crucen. **NO DEBEN CRUZAR CABLES POR ENCIMA DEL MOTOR PORQUE SE PODRÍAN ENROLLAR MEDIANTE LA LEVA.**
9. **No acaparar cables.** El laboratorio está dotado con un número de cables mayor que el estrictamente necesario. Sin embargo, es conveniente tener en las mesas sólo los cables que se van a utilizar, para no perjudicar a otros alumnos.
10. **Desmontar y devolver cables y equipo a los armarios una vez finalizada la práctica.**
11. **Avisar al profesor sobre un posible fallo en el material de laboratorio después de haberlo intentado aislar y resolver.** Los equipos del laboratorio, al igual que cualquier equipo utilizado en la industria, también puede sufrir fallos. Aun así, la experiencia acumulada demuestra que la gran mayoría de los supuestos fallos de los equipos reportados por los alumnos, son en realidad la consecuencia de montajes incorrectos o incompletos. En caso de posible fallo el alumno deberá intentar aislarlo y resolver. En el siguiente apartado se da una pequeña guía para resolver fallos. **ESTA PROHIBIDO DEVOLVER MATERIAL AL ARMARIO QUE TENGA UNA POSIBLE AVERÍA.**

1.3.1 Guía para resolver fallos

1.3.1.1 Caso de respuesta nula del circuito

En el caso de un montaje donde ningún piloto luce y no hay respuesta al pulsar los pulsadores u operar el conmutador, muy probablemente hay un fallo relacionado con la alimentación. Realice las siguientes comprobaciones:

- **Comprobar la alimentación.** Compruebe que el led de la fuente de alimentación del PLC está encendido. En caso de estar apagado compruebe el interruptor de la mesa, el cable de alimentación y el interruptor izquierdo del bastidor. Si persiste la avería posiblemente ha habido un cortocircuito que ha fundido el fusible situado en la trasera del bastidor del PLC. Avise al profesor para que se reponga.
- **Comprobar el interruptor automático del bastidor.** Tiene que estar en la posición alta una vez realizado el cableado.
- **Comprobar el cableado.** Si la alimentación no falla, el problema puede estar en el cableado: cable roto o cable mal conectado. Revise el cableado. Para comprobar los cables rotos y cómo evoluciona la tensión en el circuito se puede utilizar un piloto (también se puede utilizar un multímetro en la función de voltímetro):
 - Conecte dos cables a un piloto.
 - Conecte el extremo de uno de los cables a una de las bornas de 0 V del bastidor del PLC. El otro extremo servirá para comprobar si hay tensión en un punto del cableado donde se espera que haya.

- Compruebe que el conjunto funciona (piloto luce) conectando el extremo libre a una de las bornas de 24V del bastidor del PLC.
- Compruebe para cada rama del circuito que hay tensión en las bornas que deberían tenerla.
- **Comprobar el esquema.** Si hay alimentación, los cables están bien conectados y sigue sin funcionar, el error puede estar en el esquema o en la numeración del esquema. Recuerde que en el caso de circuitos no triviales numerar los contactos en el dibujo es fundamental para facilitar el cableado.

1.3.1.2 Caso de respuesta incorrecta del circuito montado

Caso de respuesta incorrecta del circuito montado:

- **Comprobar el cableado.** Conviene primero comprobar la parte de mando y después la parte de fuerza.
- **Comprobar el esquema.**

1.4 Control directo de pilotos

En este apartado el alumno se familiariza con dos elementos típicos de un pupitre de control: pulsadores y pilotos.

1. **Pulsador con contacto normalmente abierto (NO).** Conecte el piloto verde PFG a alimentación a través del pulsador SJG1 siguiendo el esquema de la Figura 9 (recuerde que la Figura 2 indica las posiciones de las bornas). En la Figura 9 se han dibujado las bornas de los elementos a utilizar para facilitar el cableado. En el resto de esquemas no se indicará la información sobre bornas. Compruebe que al pulsar se enciende el piloto.

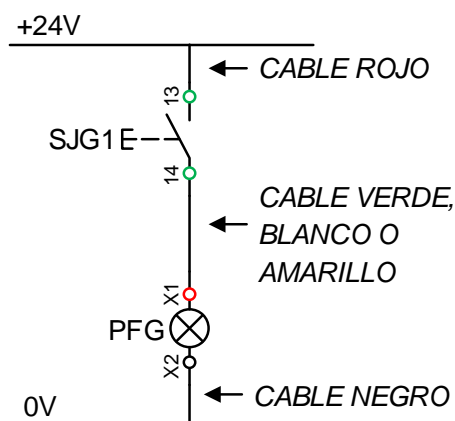


Figura 9 Encendido de piloto con pulsador

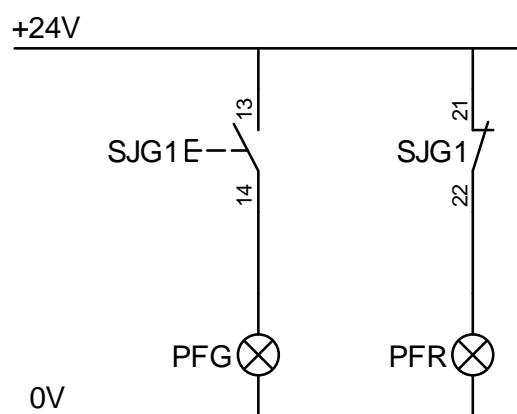


Figura 10 Encendido y apagado alternativo mediante pulsador

La ecuación lógica que representa la Figura 9 es $PFG = SJG1$.

2. **Pulsador con contacto NO y NC.** Conecte el contacto normalmente cerrado del pulsador SJG1 al piloto PFR siguiendo el esquema de la Figura 10. Compruebe que PFR está encendido sin pulsar SJG1 y que se apaga al pulsarlo. También compruebe que si se pulsa

lentamente SJG1 hay una zona del recorrido del pulsador donde ambos pilotos están apagados. Esto es importante para evitar que dos órdenes contrapuestas se den simultáneamente. Las ecuaciones lógicas que representa la Figura 10 son $PFG=SJG1$ y $PFR=SJG1'$.

Mostrar 1. Pulsador con contacto NO y NC. El grupo debe demostrar que enciende los pilotos de forma alternativa y que es capaz de mantener los dos pilotos apagados con el pulsador en una posición intermedia.

1.5 Control directo del sentido de giro mediante conmutador

En este apartado el alumno se familiariza con el uso del conmutador, los contactores y la seta de emergencia mediante el control directo de un motor. Tal como ya se ha comentado anteriormente, aunque el contactor es trifásico, se va a utilizar sobre un motor de continua, es decir, se va a utilizar como bifásico.

- Control directo del sentido de giro mediante conmutador sin señalización.** Monte el circuito de control indicado en la Figura 11. Compruebe que al girar el conmutador, se activa el contactor QA1 o el contactor QA2. A continuación conecte el circuito de potencia según lo indicado en la Figura 11. Compruebe con el conmutador el movimiento del motor en ambos sentidos: al girar el conmutador hacia la derecha el motor debe moverse a derecha; de igual manera debe ocurrir con la izquierda. Las ecuaciones lógicas representadas por el control son: $QA1=SGS1$ y $QA2=SGS2$. El conmutador se ha representado mediante dos variables asociadas a las posiciones 1 y 2.

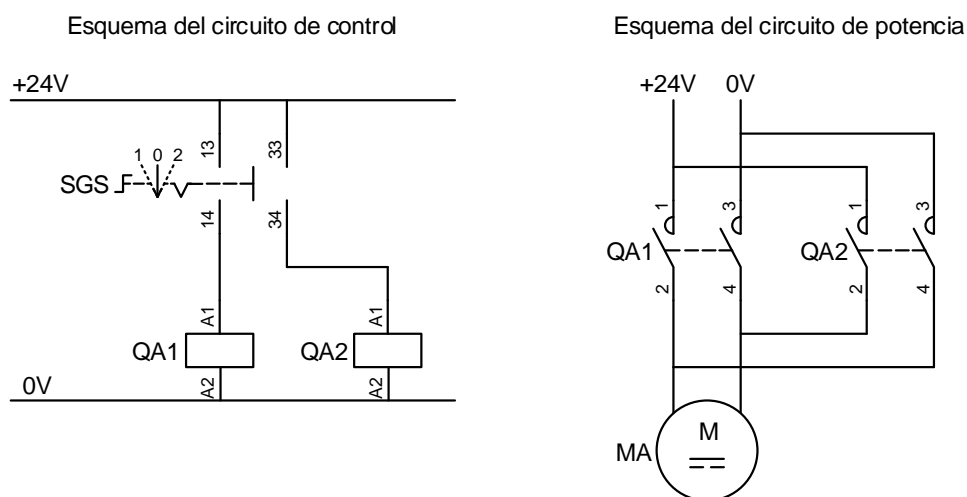


Figura 11 Control de giro por conmutador

- Control directo del sentido de giro mediante conmutador y señalización del movimiento.** Añada al circuito de control de la Figura 11, lo indicado en la Figura 12 para señalar el movimiento del motor a través del estado de los contactores mediante el uso de sus contactos auxiliares. Compruebe que el giro a derechas, a izquierdas y motor parado están correctamente señalizados por los pilotos indicados.

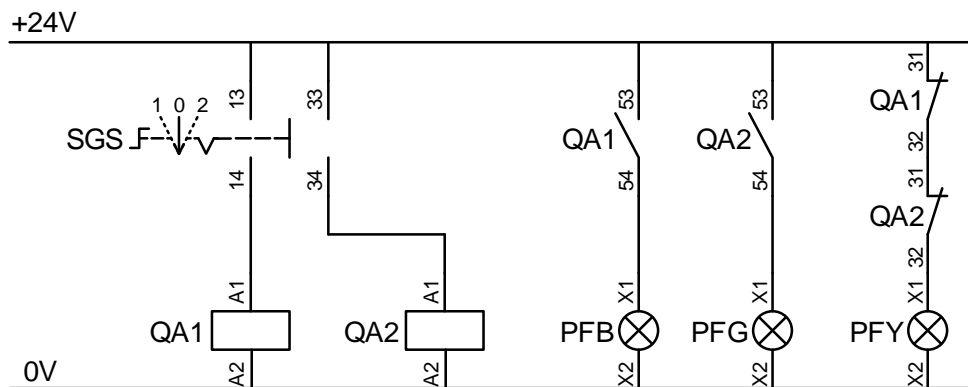


Figura 12 Control de giro por conmutador con señalización del movimiento

3. **Control del sentido de giro mediante conmutador y seta de emergencia.** Modifique el circuito de control de la Figura 12 según la Figura 13 para incorporar la seta de emergencia y señalar cuando está pulsada. El circuito de potencia no cambia. Compruebe su correcto funcionamiento.

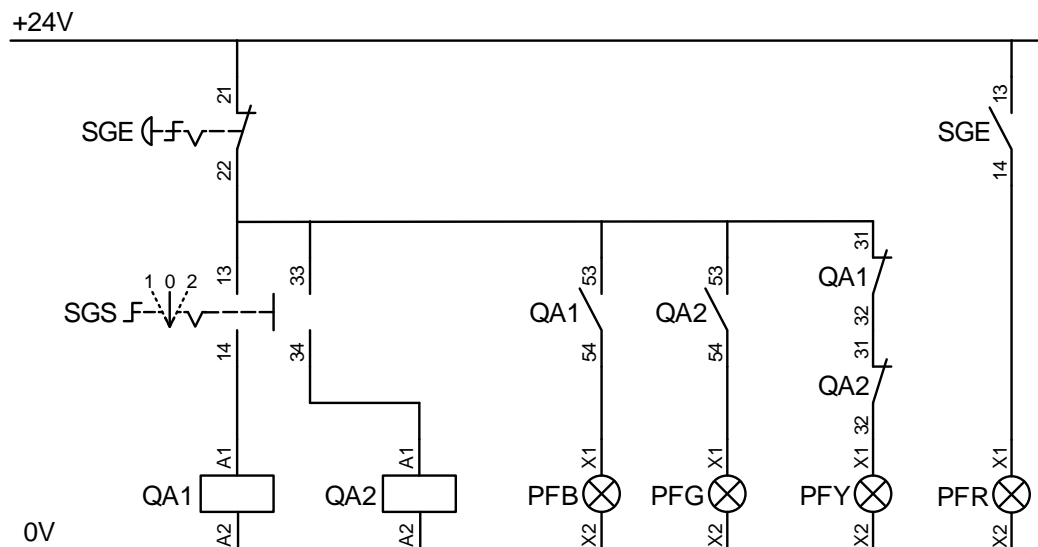


Figura 13 Mando por conmutador y seta de emergencia

También compruebe que, si está el conmutador en una de las posiciones de giro y se pulsa la seta de emergencia, al rearmarla se vuelve a poner en marcha el motor. Esto incumple las normas de seguridad que indican que después de una parada de emergencia, al rearmar la seta de emergencia, no se debe poner en marcha el sistema de forma automática.

Directiva 2006/42/CE: "Cuando deje de accionarse el dispositivo de parada de emergencia una vez que se haya dado la orden de parada, esta orden deberá mantenerse mediante el bloqueo del dispositivo de parada de emergencia hasta que dicho bloqueo sea expresamente desactivado; el dispositivo no deberá poderse bloquear sin que genere una orden de parada; solo será posible desbloquear el dispositivo mediante una acción adecuada y este desbloqueo no deberá volver a poner en marcha la máquina, sino solo permitir que pueda volver a arrancar."

Mostrar 2. Conmutador y seta de emergencia. El grupo debe demostrar que el motor gira conforme a la posición del conmutador (derecha-giro a derechas, izquierda-giro a izquierdas), los pilotos se encienden de forma correcta, la seta de emergencia actúa y el problema de la seta de emergencia al rearmarla.

1.6 Control directo de sentido de giro mediante pulsadores

La problemática de la seta de emergencia del apartado anterior se puede resolver parcialmente sustituyendo el conmutador por pulsadores para realizar el cambio de giro tal como se indica en la Figura 14. Sin embargo, este montaje tiene un grave problema de cortocircuito cuando se pulsan los dos pulsadores simultáneamente.

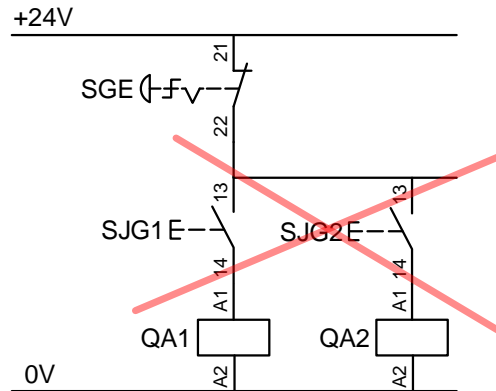


Figura 14 Montaje incorrecto de control directo de giro mediante pulsadores

1. **Enclavamiento eléctrico por contactos auxiliares.** Para resolver el problema de cortocircuito un primer paso es implementar un enclavamiento eléctrico basado en contactos auxiliares de los contactores, de tal manera que cuando uno de los contactores esté cerrado, el otro no pueda ser cerrado. Para ello se utiliza un contacto auxiliar NC de cada contactor. Para comprobar el funcionamiento del enclavamiento eléctrico modifique el circuito de la Figura 13 según lo indicado en la Figura 15.

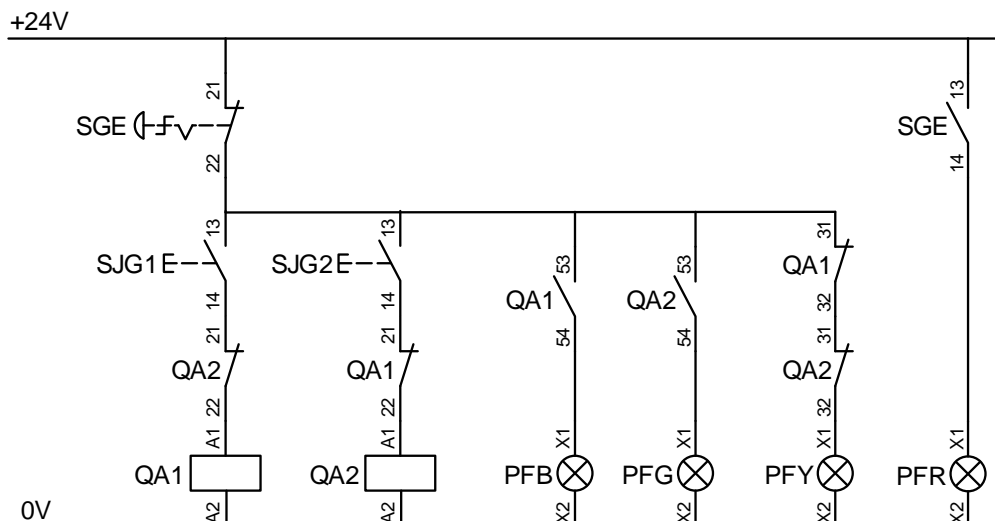


Figura 15 Mando por pulsadores con enclavamiento eléctrico por contactos auxiliares

Las ecuaciones lógicas del control son:

- $QA1 = SGE' \cdot QA2' \cdot SJG1$
- $QA2 = SGE' \cdot QA1' \cdot SJG2$
- $PFB = QA1$

- $PFG=QA2$
- $PFY=QA1' \cdot QA2'$
- $PFR=SGE$

Cuando se pulse el pulsador más situado a la derecha, el motor debe girar a derechas. De forma similar debe ocurrir con el pulsador de la parte izquierda. Compruebe que al pulsar los dos pulsadores (primero uno y después, el otro) no se produce cortocircuito. El primer pulsador en ser pulsado es el que manda el giro del motor, anulando el otro. También compruebe que al pulsar la seta de emergencia y rearmarla, se necesita una acción voluntaria del operador para poner en marcha el motor. El enclavamiento eléctrico por contactos auxiliares se monta en todos los sistemas para evitar que, dado un estado, se puede dar otro contradictorio con el primero. Si es posible, se puede acompañar de un enclavamiento mecánico.

2. **Doble enclavamiento (contactos auxiliares y pulsadores).** El circuito de la Figura 15, aunque monta el típico enclavamiento eléctrico todavía puede dar lugar a cortocircuito si se pulsan los dos pulsadores simultáneamente. Para evitarlo, sólo se debería permitir que prospere la orden de un pulsador cuando el otro no esté pulsado. Se puede implementar utilizando un contacto NC del otro pulsador. Modifique el circuito de la Figura 15 para evitar el cortocircuito incorporando el contacto NC de cada pulsador siguiendo la Figura 16. En este nuevo circuito, si una vez pulsado un pulsador, se pulsa el otro, el motor no gira. Recuerde que en el anterior sí seguía girando.

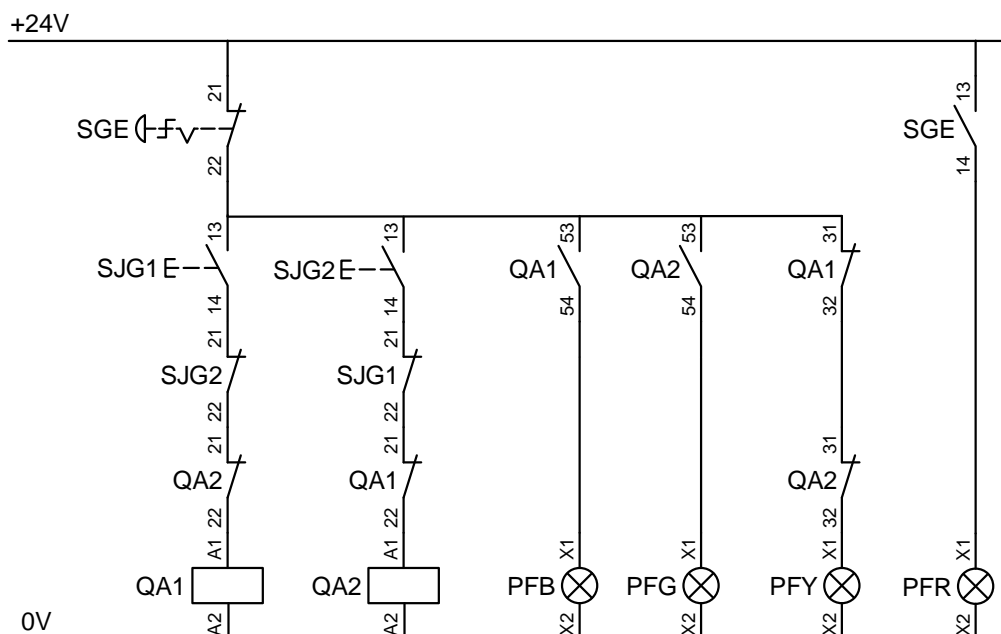


Figura 16 Mando por pulsadores con doble enclavamiento (contactos auxiliares y pulsadores)

Puede plantearse la cuestión de si es necesario mantener el enclavamiento eléctrico por contactos auxiliares porque no se permiten órdenes contradictorias a través de los pulsadores. El enclavamiento por contactos auxiliares no sólo no evitaba que se diese una segunda orden contradictoria no simultánea, sino que, además, evitaba, si uno de los contactores ha quedado cerrado por fallo, se pueda cerrar el otro contactor. Por ello, en la práctica industrial, también se monta el enclavamiento para el caso del conmutador.

El circuito de la Figura 16 aparece típicamente en sistemas de subida y bajada, apertura y cierre, donde es necesario una intervención directa del operador (ejemplo: manejo de un puente grúa). Tiene el inconveniente de tener que mantener pulsado el pulsador todo el tiempo de operación. Esto se puede solucionar mediante un circuito de marcha/paro (ver apartado 1.10) o mediante un autómatas programable.

Mostrar 3. Doble enclavamiento. El grupo debe demostrar que cada pulsador manda correctamente sobre el motor (derecha-giro a derechas, izquierda-giro a izquierdas), que al pulsar los dos pulsadores el motor se para y que la señalización es correcta.

1.7 Control directo de sentido de giro mediante pulsadores y finales de carrera

En este apartado el alumno se familiariza con el uso de los finales de carrera.

- 1. Comprobación del funcionamiento de los finales de carrera.** Monte el circuito de la Figura 17 para señalar el estado del final de carrera BGF1. Compruebe que al dar la orden de giro del motor en uno de los sentidos el estado de los pilotos cambia cuando se activa el final de carrera BG1.

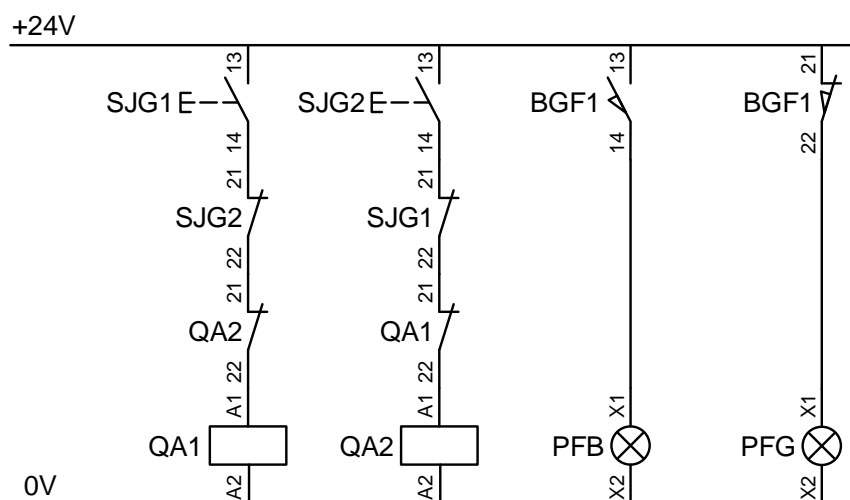


Figura 17 Comprobación funcionamiento finales de carrera

- 2. Movimiento del motor entre dos posiciones.** Rediseñe el circuito de la Figura 17 para que mientras se mantenga pulsado SJG1, el motor gire hasta la posición del final de carrera BGF1. Lo mismo debe ocurrir con SJG2, hasta alcanzar la posición del final de carrera BGF2. El piloto PFB indicará que el motor está en la posición de BGF1 y PFG, la de BGF2.

Mostrar 4. Finales de carrera. El grupo debe demostrar que es capaz de llevar la leva del motor a la posición de cada final de carrera y que no se puede sobrepasar la posición, aunque se siga pulsando.

1.8 Sensores

En este apartado el alumno se familiariza con el uso de los sensores. Monte el circuito de la Figura 18. Para el relé utilice la placa de Relés (Figura 5).

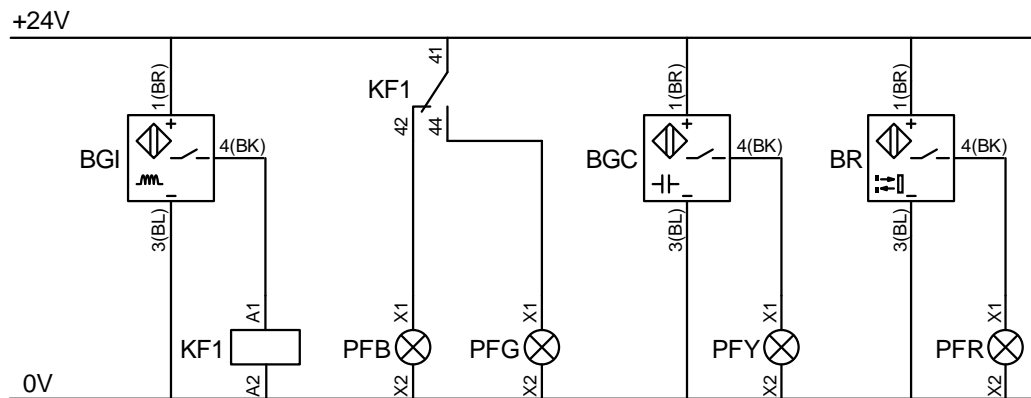


Figura 18 Prueba de sensores

Compruebe que cada sensor funciona correctamente según su naturaleza (inductiva, capacitiva y fotoeléctrica).

Mostrar 5. Sensores. El grupo debe demostrar que es capaz de activar cada sensor de tal manera que se distinga su función (detección de objeto, detección de objeto metálico, ...).

1.9 Control de motor mediante marcha/paro

En este apartado el alumno se familiariza con el circuito elemental de marcha/paro. Monte el circuito de la Figura 19. Compruebe que al pulsar el pulsador verde el motor comienza a girar. El motor se para al pulsar el pulsador negro. Desde el punto de vista de funcionamiento sería posible realizar el circuito de potencia con un solo contacto en vez de dos; sin embargo, como estos circuitos son representaciones a escala de situaciones reales en la industria, el seccionamiento del motor o sistema eléctrico siempre se realiza en todas las fases mediante un contactor. Las razones por las que se realiza así en la industria son por seguridad, para garantizar que está el sistema libre de tensión. Las ecuaciones lógicas son:

- $QA1_Marcha = SJG1.$
- $QA1_Paro = SJB1.$
- $QA1 = (QA1_Paro)'(QA1_Marcha + QA1)$

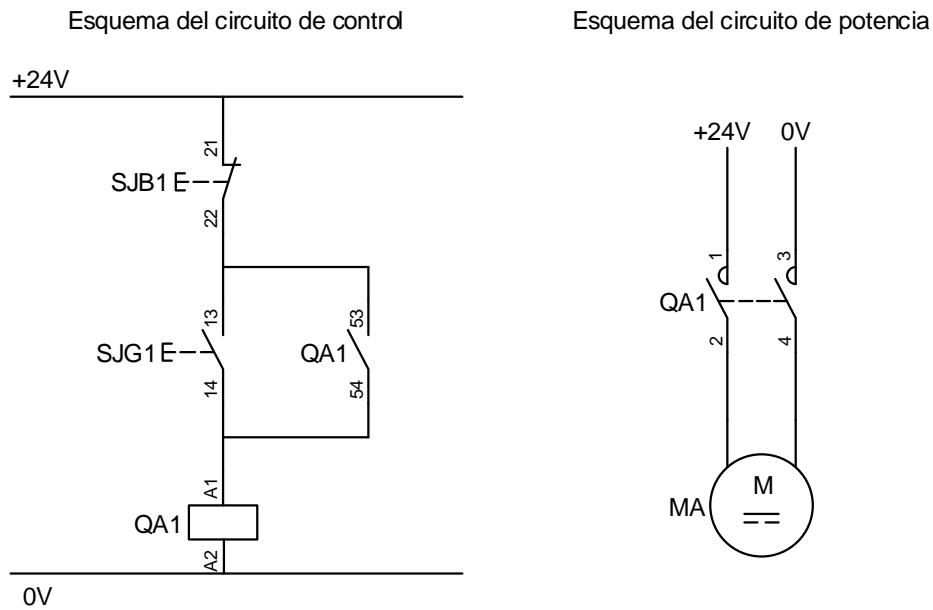


Figura 19 Circuito para control de motor mediante pulsadores de marcha y paro

Incorpore un segundo pulsador para poder poner en marcha el motor desde dos lugares diferentes.

Mostrar 6. Marcha/paro. El grupo debe demostrar que es capaz de poner en marcha el motor desde dos puntos diferentes y de pararlo sin mantener pulsados los pulsadores.

1.10 Control de sentido de giro mediante marcha/paro

En este apartado el alumno se familiarizará con el circuito de control de giro mediante circuitos de marcha/paro. Monte el circuito de la Figura 20. Compruebe que mediante los pulsadores verdes se dan las órdenes de giro a derecha y giro a izquierda y mediante el pulsador negro se da la orden de paro. Compruebe que no hay problemas al pulsar simultáneamente los dos pulsadores de giro a izquierdas y giro a derechas. Las ecuaciones lógicas son:

- $QA1_Marcha = SJG1 \cdot SJG2'$
- $QA1_Paro = SJB1 + QA2$
- $QA1 = (QA1_Paro)'(QA1_Marcha + QA1)$
- $QA2_Marcha = SJG2 \cdot SJG1'$
- $QA2_Paro = SJB1 + QA1$
- $QA2 = (QA2_Paro)'(QA2_Marcha + QA2)$

Ya no es necesario mantener pulsado el pulsador para que el sistema gire en el sentido deseado.

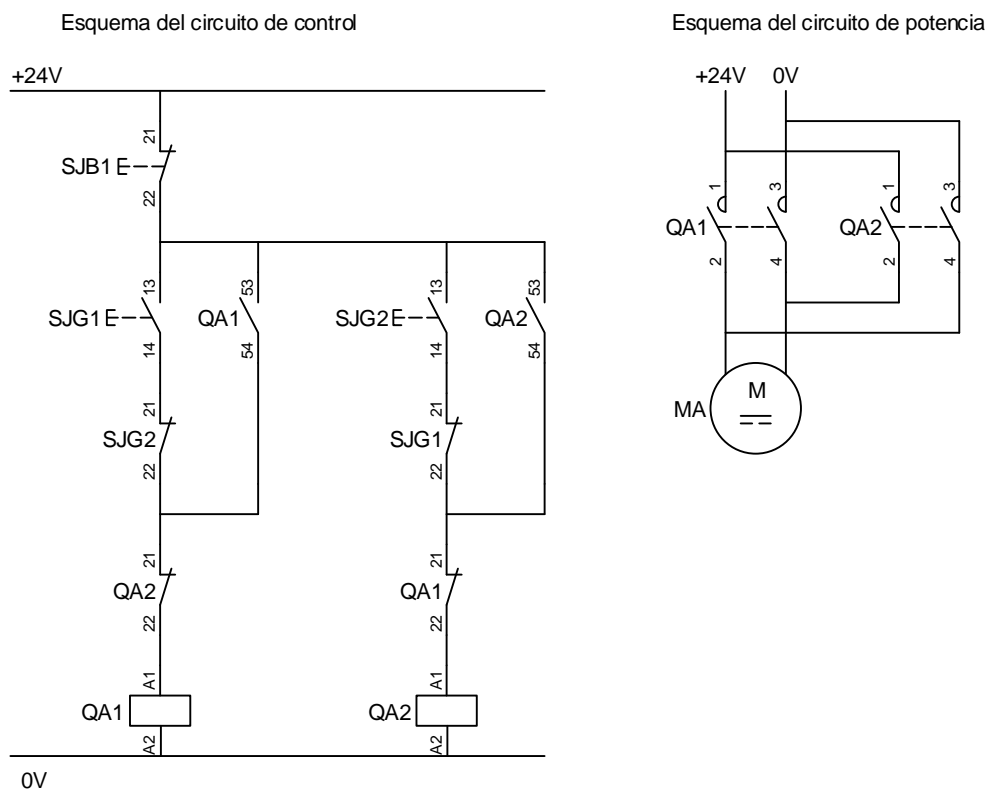


Figura 20 Control de sentido de giro de motor mediante marcha/paro

Incorpore la seta de emergencia al circuito para detener el motor en caso de peligro.

Mostrar 7. Sentido de giro con marcha/paro y seta de emergencia. El grupo debe demostrar al profesor la puesta en marcha en cada sentido de giro (pulsador derecho-giro a derechas, pulsador izquierdo-giro a izquierdas), la parada y la parada por emergencia.

1.11 Control de sentido de giro mediante marcha/paro y finales de carrera

Modifique el circuito de control de la Figura 20 para que, además de incorporar la seta de emergencia, el motor se pare cuando la leva alcance el final de carrera derecho. Lo mismo debe ocurrir para el giro a izquierdas. Este es el circuito típico para apertura y cierre de una puerta (o de una barrera, o de un seccionador) mediante orden con pulsador y parada automática por alcance de objetivo.

Mostrar 8. Puerta con finales de carrera. El grupo debe demostrar que es capaz de llevar la leva del motor a la posición de cada final de carrera sin necesidad de mantener pulsado el pulsador además de realizar la parada cuando se necesario.

1.12 Mini proyectos

Realizar uno de los siguientes mini proyectos con las placas Pupitre y Motor (también se puede utilizar la placa Relés si es necesario):

1. **Barrera fotoeléctrica: Accionamiento de puerta mediante conmutador y parada por barrera fotoeléctrica.** Diseñar y montar un circuito con los materiales de laboratorio que permita abrir y cerrar una puerta accionada por un motor eléctrico. En el pupitre de control hay un conmutador de 3 posiciones: ABRIR-PARADA-CERRAR y 4 pilotos que indican abriendo (azul), cerrando (verde), puerta cerrada (amarillo) y puerta abierta (rojo). La puerta se abre, está parada o se cierra según lo que indique el conmutador. Si estando en movimiento, se activa el sensor fotoeléctrico situado junto a la puerta, la puerta se para. Si se desactiva el sensor, la puerta continúa con el estado que tuviese antes de la parada. Por supuesto, si la puerta alcanza la posición de cerrada o de abierta, también se para.
2. **Vaivén.** Diseñar y montar un circuito con los materiales de laboratorio que permita que la leva del motor gire entre el final de carrera derecho y el izquierdo de manera alternativa. En el pupitre de control hay un pulsador de marcha, de color verde, y otro de paro, de color negro. Cuando se da la orden de marcha, primero gira hacia la izquierda, si no lo está ya, y, a partir de aquí, comienza el movimiento alternativo. Con el pulsador de paro se para el movimiento con independencia de la posición de la leva.
3. **Seccionador: control manual de seccionador desde 2 pupitres.** Diseñar y montar un circuito que permita abrir y cerrar un seccionador de subestación en modo manual desde dos pupitres. En el pupitre 1 hay dos pulsadores para abrir y cerrar el seccionador en modo manual. El modo manual significa que mientras se mantiene pulsado uno de los pulsadores, el seccionador ejecuta la orden correspondiente hasta que alcance el final de carrera de abierto o cerrado, según la orden. Además, en el pupitre 1 hay un conmutador rotulado como PUPITRE1-PARADO-PUPITRE2 para seleccionar si la orden se puede realizar desde ese pupitre o desde el otro, o desde ninguno de los dos. En el otro pupitre sólo hay 2 pulsadores para abrir y cerrar el seccionador en modo manual con la misma operativa que en el pupitre 1. Las normas de seguridad indican que cuando la puesta en marcha de mismo elemento peligroso se puede realizar desde varias fuentes sólo una puede estar activa en un momento dado (UNE-EN ISO 12100).
4. **Mando en cascada.** Diseñar y montar un circuito que permita controlar tres bombas en cascada. En el pupitre de control hay tres pulsadores denominados SF1, SF2 y SF3 para arrancar las bombas y un pulsador SFP para parar las bombas que estén arrancadas. Al pulsar SF1 se arranca la bomba 1. Al pulsar SF2 se arranca la bomba 2, si la 1 estaba arrancada. Al pulsar SF3, se arranca la bomba 3, si la 2 estaba arrancada. Al pulsar SFP se paran las bombas. Las bombas 1, 2 y 3 se simulan mediante los pilotos azul, verde y amarillo. El piloto rojo indica que todas las bombas están paradas.

Mostrar 9. Barrera fotoeléctrica o vaivén o seccionador o cascada. El grupo debe demostrar que la solución cumple con toda la especificación indicada para el caso seleccionado.

1.13 Evaluación

Pregunta	Descripción	Puntos	Puntuación 0/50%/100%
Orden obligatorio:			
Mostrar 1	Pulsador con contacto NO y NC	2	
Mostrar 2	Conmutador y seta de emergencia	4	
Mostrar 3	Doble enclavamiento	4	
Mostrar 4	Finales de carrera	6	
Mostrar 5	Sensores	4	
Mostrar 6	Marcha/paro	4	
Mostrar 7	Sentido de giro con marcha/paro	6	
Mostrar 8	Puerta con finales de carrera	6	
Mini proyectos (sólo uno):			
Mostrar 9	Barrera fotoeléctrica o vaivén o seccionador o mando en cascada	10	
Número total de puntos de las preguntas de la práctica		46	
Peso de la práctica		x1	

Puntos obtenidos por el alumno en las preguntas de la práctica	
N1: Nota del alumno en las preguntas de la práctica (sobre 10)	
N2: Nota del alumno en la prueba inicial (sobre 10)	
N: Nota del alumno en la práctica $N2 \geq 5 \rightarrow N = N1 + N2 \cdot 0,2$ $N2 < 5 \rightarrow N = N1 \cdot 0,4 + N2 \cdot 0,2$	

Alumno sentado delante del ordenador	
---	--

1.14 Preguntas para la prueba inicial

1.14.1 Formato de la prueba

4 preguntas con espacio limitado a una cara.

Cada pregunta se puntúa como 4, 3, 2 o 0. Ver criterio en normas del laboratorio. La suma se escala a 10.

1.14.2 Ejemplos de preguntas

Indica el color de las bornas utilizado en las placas de la práctica para contactos NO, contactos NC, contactos NO de potencia y salidas de sensores.

¿Cuáles son las diferencias fundamentales entre el relé de la placa Relés y el contactor de la placa Motor?

Indica cuál es la función de las placas Pupitre, Motor y Relés.

Enumera los elementos que forman parte de la placa Motor e indica su posición mediante un dibujo simple.

Indica la denominación de dos letras según la IEC 81346-2 de piloto, pulsador, contactor y sensor fotoeléctrico utilizados en la práctica.

Indica la denominación de dos letras según la IEC 81346-2 de conmutador, relé, sensor de proximidad y motor utilizados en la práctica.

¿Por qué en la práctica una bobina de relé o contactor no se conecta en serie con un piloto? ¿Ni un contacto en paralelo con una bobina?

¿Dónde va conectado y cuál es la función del varistor que utilizan los relés y los contactores? ¿Existen otros métodos alternativos al varistor? Indica al menos dos.

Explica cómo se puede comprobar si hay tensión en una borna de un circuito montado con las placas Motor y Pupitre sin utilizar materiales adicionales a los previstos en la práctica (ejemplo de material no previsto: voltímetro).

Si en un montaje con las placas Pupitre y Motor no se enciende ningún piloto ni se mueve el motor conforme a la secuencia esperada, ¿qué procedimiento habría que seguir para determinar el fallo?

Dibujar el esquema para implementar mediante tres pulsadores y un piloto de la placa Pupitre la siguiente función lógica (si es necesario se pueden utilizar relés de la placa Relés):

Dibuja el esquema de potencia para poder hacer girar el motor de la placa Motor a derechas e izquierdas utilizando los contactores de dicha placa.

¿Por qué en la práctica para alimentar el motor de continua sólo se utilizan dos contactos de potencia del contactor trifásico en vez de tres o uno sólo?

¿Qué problema puede haber desde el punto de vista de la seguridad al combinar una seta de emergencia con un conmutador en el caso de un circuito de control directo de motor mediante conmutador? ¿Cómo se puede resolver?

¿Cuál es la función del enclavamiento eléctrico? ¿Qué dos métodos se utilizan en la práctica? ¿Por qué son necesarios los dos métodos?

¿Qué ocurre en el control directo del sentido de giro del motor mediante pulsadores si al cablear el enclavamiento se conecta en serie con la bobina un contacto NC del propio contactor en vez del contacto del otro contactor? Explícalo utilizando un cronograma.

¿Por qué no se puede conectar la salida del sensor inductivo o capacitivo o fotoeléctrico de la placa Motor como si fuese un contacto normalmente cerrado o abierto? Indicar cómo se debe incluir dentro un automatismo cableado. Pon un ejemplo de circuito.

Indique un procedimiento basados en los materiales que lleva el alumno en su mochila, bolso o bolsillos para distinguir entre el funcionamiento del sensor inductivo, el capacitivo y el fotoeléctrico montados en la placa Motor.

Dibuja el esquema de control para poner en marcha un motor desde dos pulsadores y pararlo desde otro, sin necesidad de mantener pulsados los pulsadores. ¿Qué problema puede tener la puesta en marcha desde dos pulsadores?

Dibuja el esquema de control para poner en marcha un motor desde un pulsador y pararlo desde tres pulsadores, sin necesidad de mantener pulsados los pulsadores.

Dibuja el esquema de control para controlar el sentido de giro del motor de la placa Motor mediante marcha/paro utilizando la placa Pupitre y que necesite pasar por paro para cambiar el sentido.

Dibuja el esquema de control para controlar el sentido de giro del motor de la placa Motor mediante marcha/paro utilizando la placa Pupitre y que no necesite pasar por paro para cambiar el sentido.