



# TEMA I – ESQUEMAS ELÉCTRICOS DE AUTOMATISMOS

DOCENTE: ING. JOSE MIGUEL TORO GARCIA

# I.1. DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

---

I.1.1. Los símbolos en los esquemas de automatismo

---

I.1.2. Representación de esquemas de automatismos industriales

---

I.1.3. Numeración de conductores

---

I.1.4. Regletero o Borneros

---

I.1.5 Representación de Mangueras

---

I.1.6 Localización de Elementos Gráficos en los esquemas



## 2.1. DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

I.1.1. Los  
símbolos en  
los esquemas  
de  
automatismo

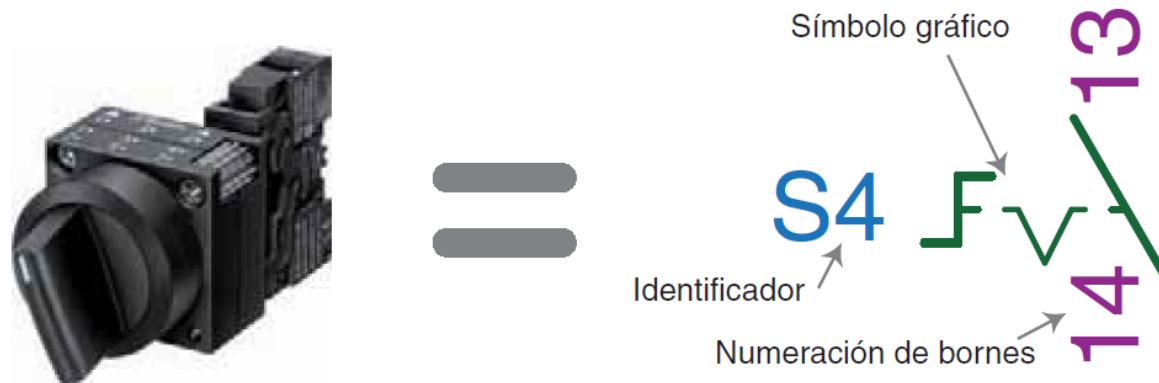
I.1.1.1. Identificador con una sola letra.

I.1.1.2. - Identificador con una segunda letra

I.1.1.3. - Identificador con un número delante de la letra de función

# I.I.I. LOS SÍMBOLOS EN LOS ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS

- Los símbolos están normalizados y son utilizados por los técnicos automatistas 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.

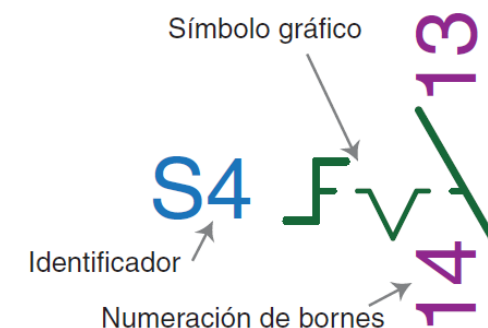


## I.I.I.I.- IDENTIFICADOR CON UNA SOLA LETRA

- 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.



=



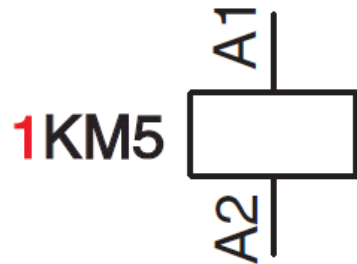
## I.I.I.2. - IDENTIFICADOR CON UNA SEGUNDA LETRA

- 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 arriba es un contactor de potencia (KM) y el de abajo un relé auxiliar (KA).

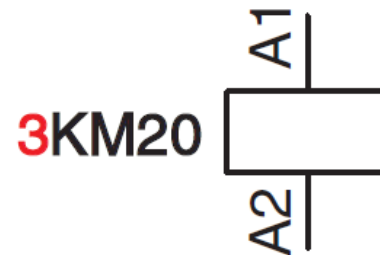


### I.I.I.3. - IDENTIFICADOR CON UN NÚMERO DELANTE DE LA LETRA DE FUNCIÓN

- 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.



↑ **Figura 6.3.** Contactor KM5 que se encuentra representado en la página 1.



↑ **Figura 6.4.** Contactor KM20 que se encuentra representado en la página 3.

#### saber más

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

– KM5.

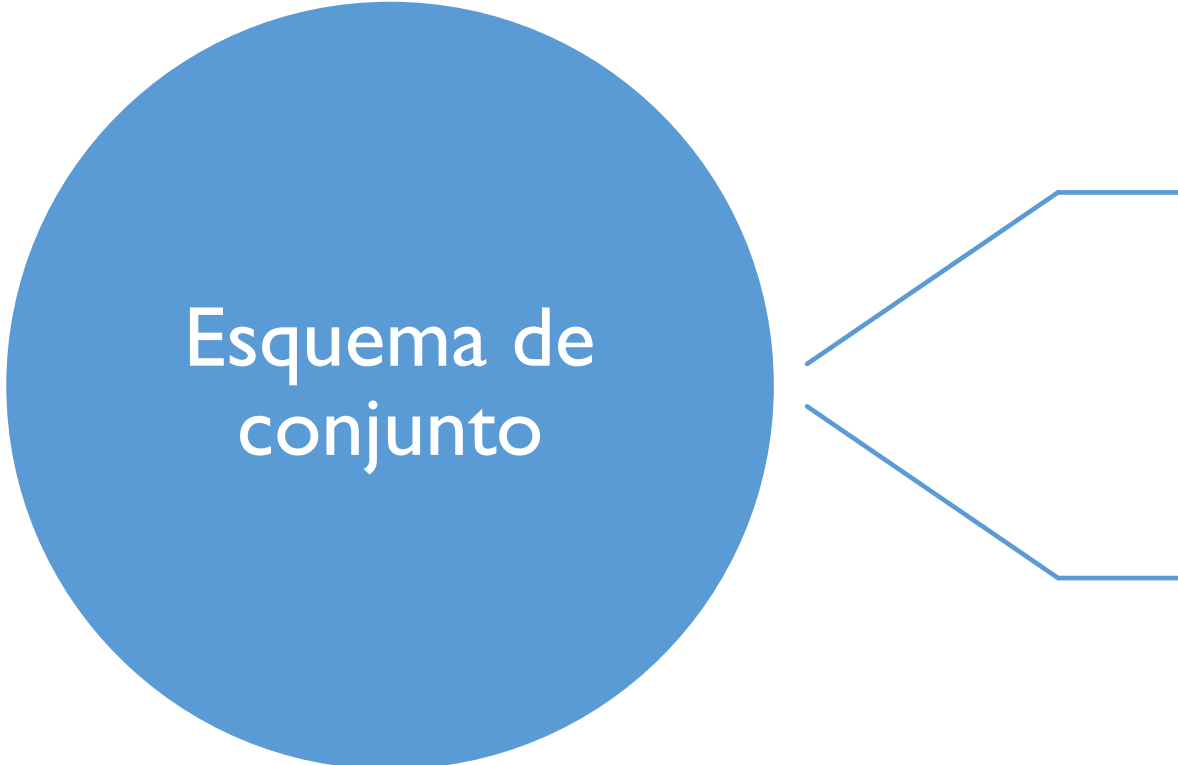
## 2.1. DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

2.1.2.  
Representación  
de esquemas  
de  
automatismos  
industriales

### Esquema de conjunto

### Esquemas de fuerza y mando

## 2.1.2. REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS INDUSTRIALES



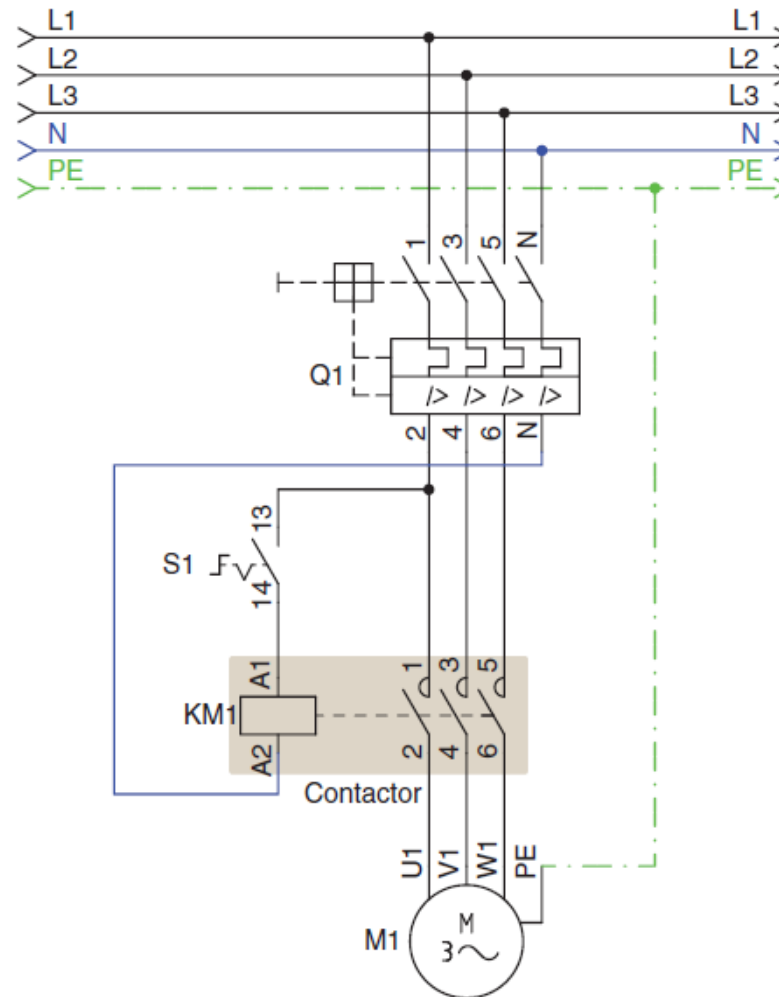
Esquema de  
conjunto

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

## 2.1.2. REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS INDUSTRIALES

### Esquema Conjunto



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

## 2.1.2. REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS INDUSTRIALES



Esquemas de fuerza y mando

The diagram features a large grey circle on the left containing the text 'Esquemas de fuerza y mando'. To the right of the circle, four lines branch out to the right, each pointing to a separate paragraph of text. The background of the slide has a blue header bar at the top, and the main content area is white.

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.

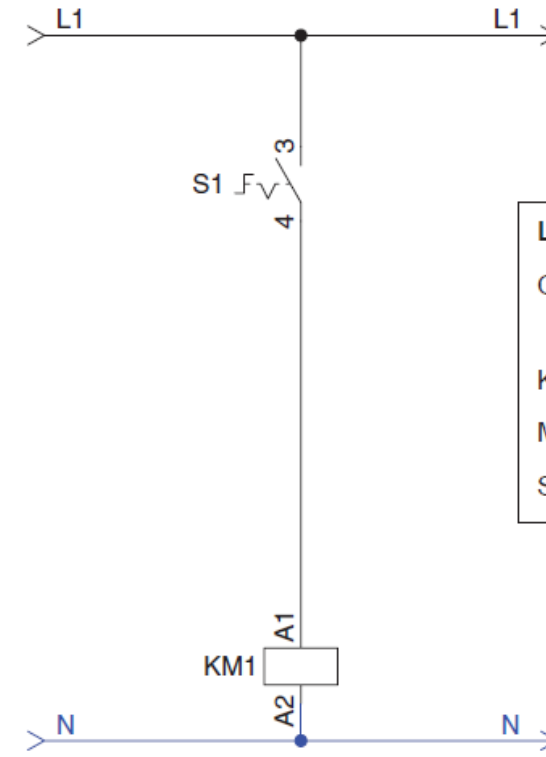
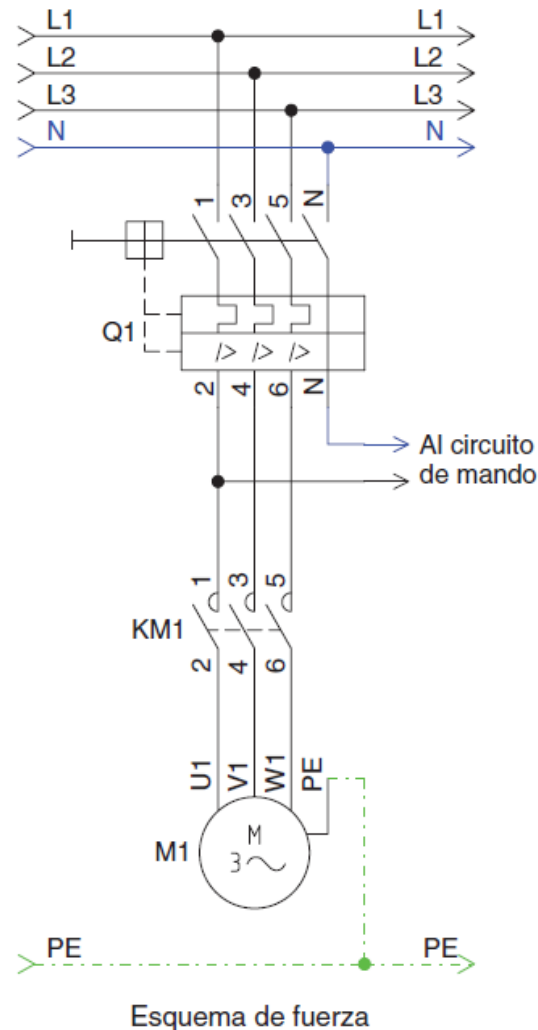
Por este motivo, se hace necesario separar gráficamente el circuito de potencia del circuito de control o de mando.

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.

## 2.1.2. REPRESENTACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS INDUSTRIALES

### Esquemas de fuerza y mando



#### Legenda:

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

Esquema de mando

## 2.1. DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

### 2.1.3 Numeración de conductores

2.1.3.1 Primer método: numeración por potencial de conductores

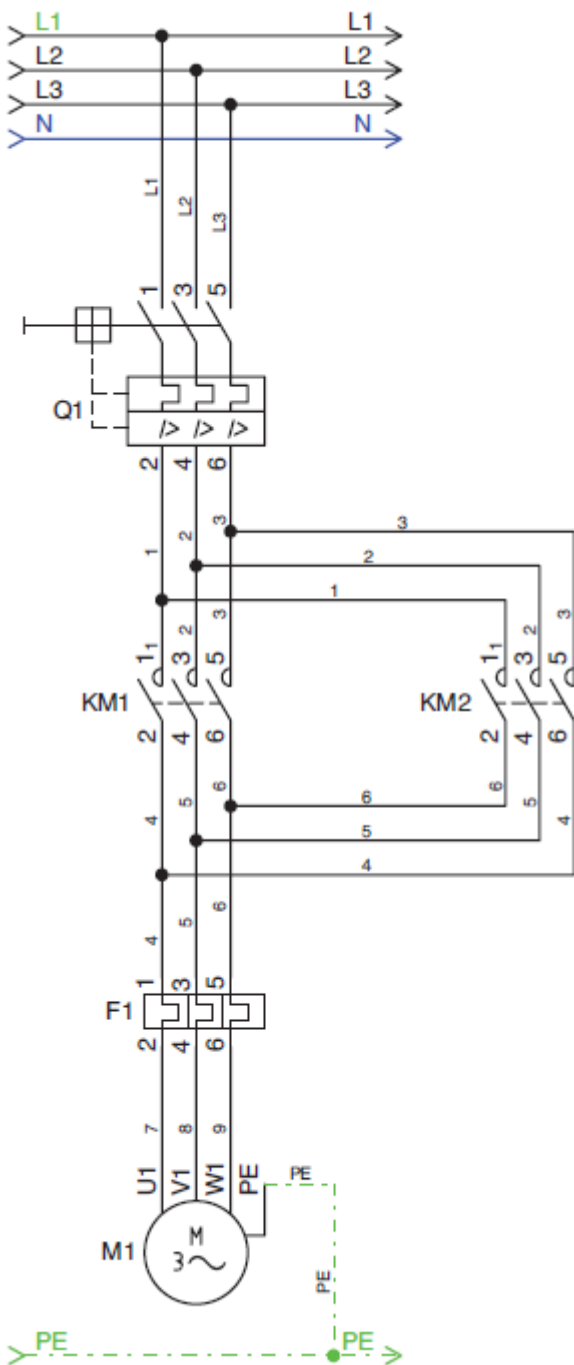
**2.1.3.2 Segundo método: numeración única de hilos**

**2.1.3.2 Tercer método: numeración de cables en diferentes páginas**

## 2.1.3 NUMERACIÓN DE CONDUCTORES

- Cuanto más complejo es el circuito de un automatismo, más necesaria se hace la identificación de todos y cada uno de los conductores (hilos) que en él intervienen.
- Para conseguir este fin se pueden utilizar diferentes métodos. El uso de unos u otros depende del criterio seguido por el técnico que proyecta el circuito de automatismos.
- En el esquema, la identificación se hace escribiendo un pequeño número junto a cada uno de los conductores. Estos son algunos ejemplos.

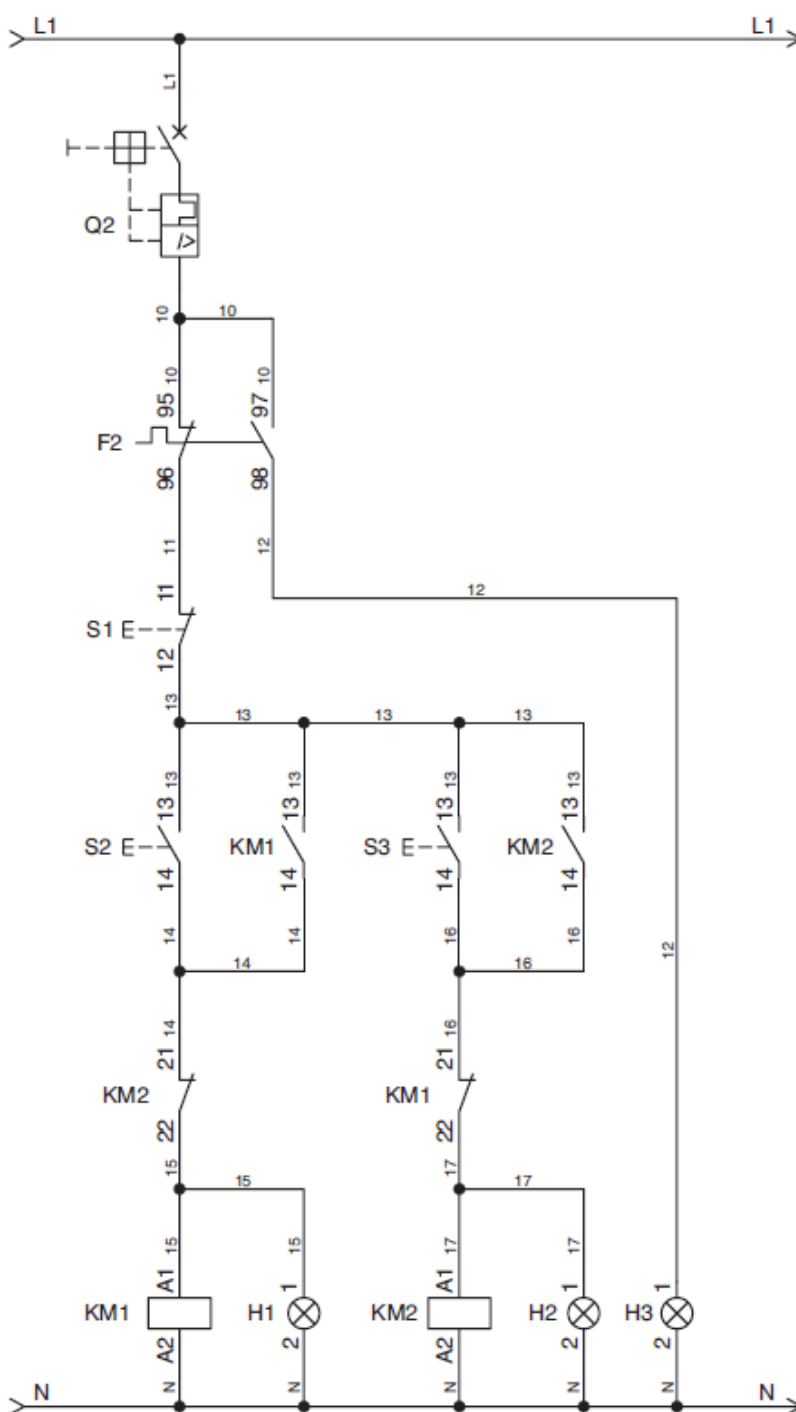




## 2.1.3.1 PRIMER MÉTODO: NUMERACIÓN POR POTENCIAL DE CONDUCTORES

Todos los cables que se encuentran al mismo potencial, es decir, en el mismo punto de conexión, se identifican con el mismo número.

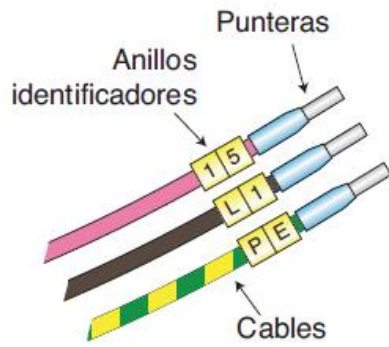
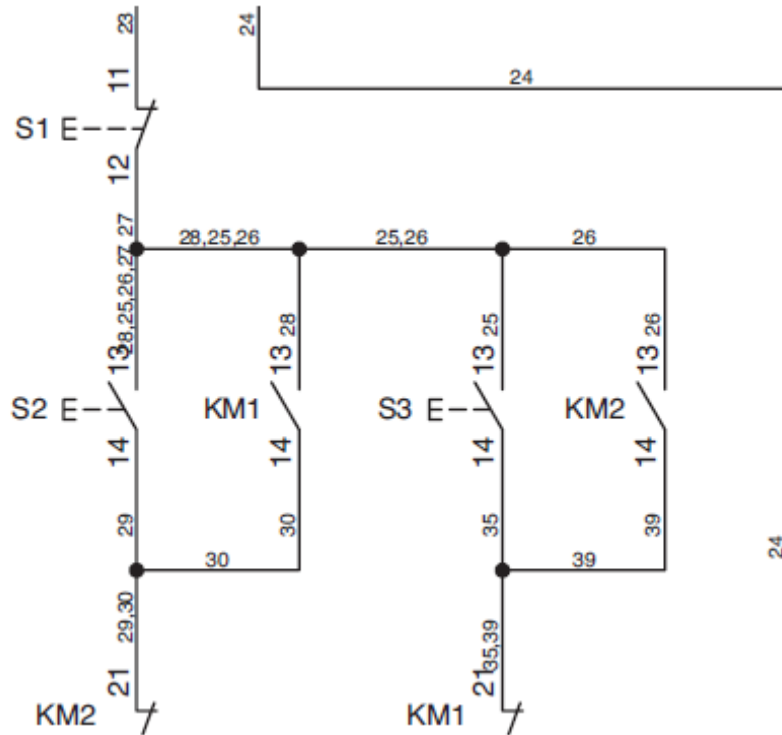
Los cables de la red de alimentación se identifican como L1-L2-L3-N-PE.



## 2.1.3.1 PRIMER MÉTODO: NUMERACIÓN POR POTENCIAL DE CONDUCTORES

Todos los cables que se encuentran al mismo potencial, es decir, en el mismo punto de conexión, se identifican con el mismo número.

Los cables de la red de alimentación se identifican como L1-L2-L3-N-PE.



↑ Figura 8.4. Anillos para la numeración de cables.

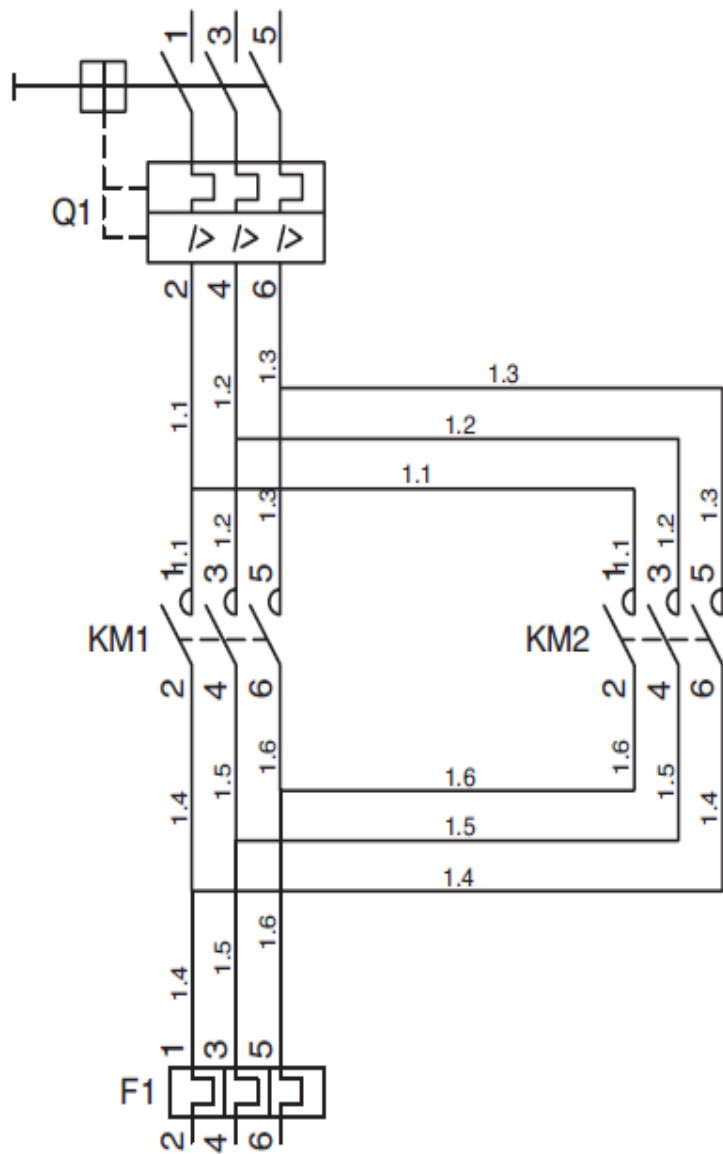
## 2.1.3.2 SEGUNDO MÉTODO: NUMERACIÓN ÚNICA DE HILOS

Es una forma de numeración más compleja que la anterior. Cada cable se identifica con un número único.

La numeración se hace de forma consecutiva, empezando generalmente desde la izquierda de la página.

Aquellos cables que están al mismo potencial y que son terminaciones de la conexión se numeran con un número único.

Sobre aquellos que pertenecen al mismo potencial, pero hacen de conexión de paso para otro conductor, se escriben todos los números de los cables que unen separados por comas.



## 2.1.3.2 TERCER MÉTODO: NUMERACIÓN DE CABLES EN DIFERENTES PÁGINAS

Utilizando cualquiera de los métodos anteriores, si los esquemas del proyecto de automatismos disponen de varias páginas, es aconsejable etiquetar los conductores, indicando en cuál de ellas se encuentran.

Para ello se escribe el número de página delante del identificador del conductor, separando ambos números por un signo (por ejemplo, un punto).

Los conductores de este circuito, numerados por potencial, pertenecen todos a la página I de esquema

## 2.1. DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

2.1.4  
Regleteros  
o  
borneros

### 2.1.4.1 Esquemas de regleteros y listas de bornes

### 2.1,4,2. Esquemas de terminales

## 2.1.4 REGLETEROS O BORNEROS

Los regleteros (conjunto de bornes) se utilizan para conectar los elementos que están fuera del cuadro.

En algunos casos, también pueden conectarse a ellos elementos que se encuentran en partes móviles (como ejemplo, la puerta) del propio cuadro.

En un regletero, dos son los elementos a identificar. Por una parte el propio regletero y por otra, cada uno de los bornes que lo forman.



## 2.1.4 REGLETEROS O BORNEROS

El regletero se identifica con un código formado por la letra X y un número. Este último se puede establecer siguiendo estos criterios:

### Método 1:

Formado grupos de regletas para circuitos similares. Por ejemplo: X1 líneas de fuerza, X2 líneas de alumbrado, etc.

### Método 2:

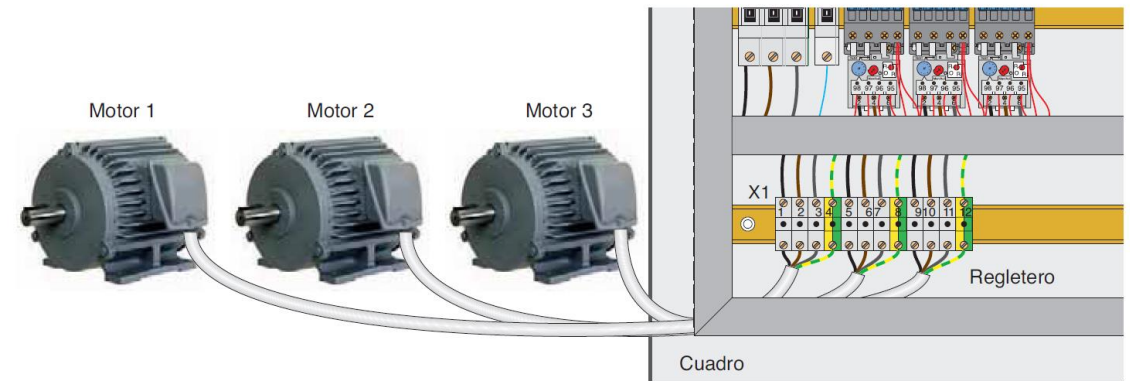
Dando el mismo identificador a todo un regletero de un cuadro. Por ejemplo: X1 cuadro general, X2 cuadro secundario planta baja, X3 cuadro secundario planta alta, etc.



## 2.1.4 REGLETEROS O BORNEROS

Cada borne se identifica con un número, que representa el orden que hace en el regletero. Por tanto, en un mismo regletero, no puede haber dos bornes con el mismo número.

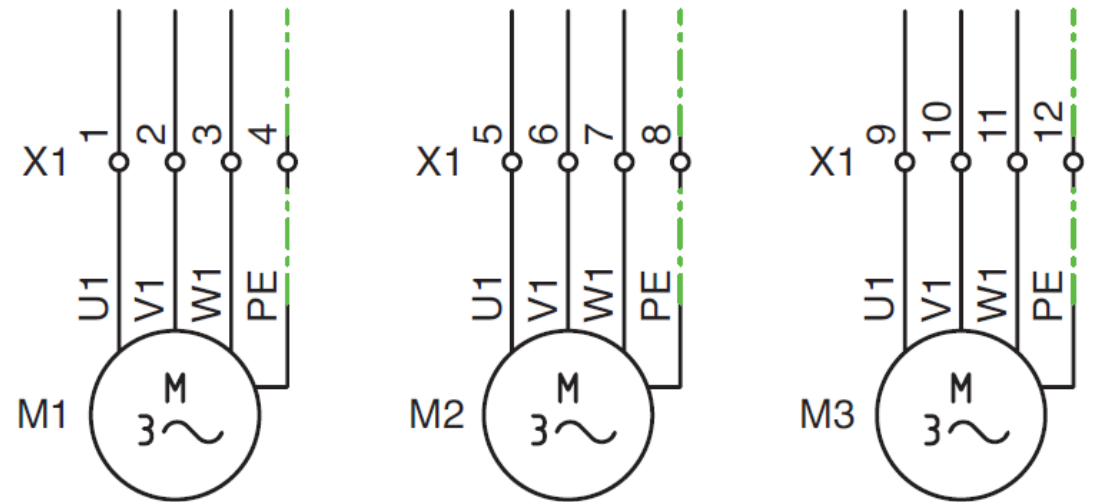
En el ejemplo de la figura, hay un regletero (X1), el cual tiene 12 bornes que se utilizan para alimentar 3 motores eléctricos trifásicos.



## 2.1.4 REGLETEROS O BORNEROS

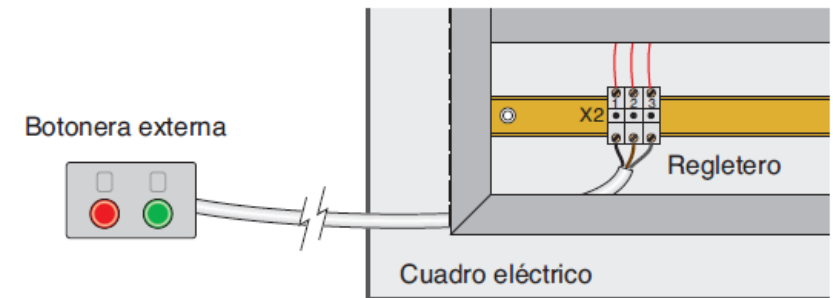
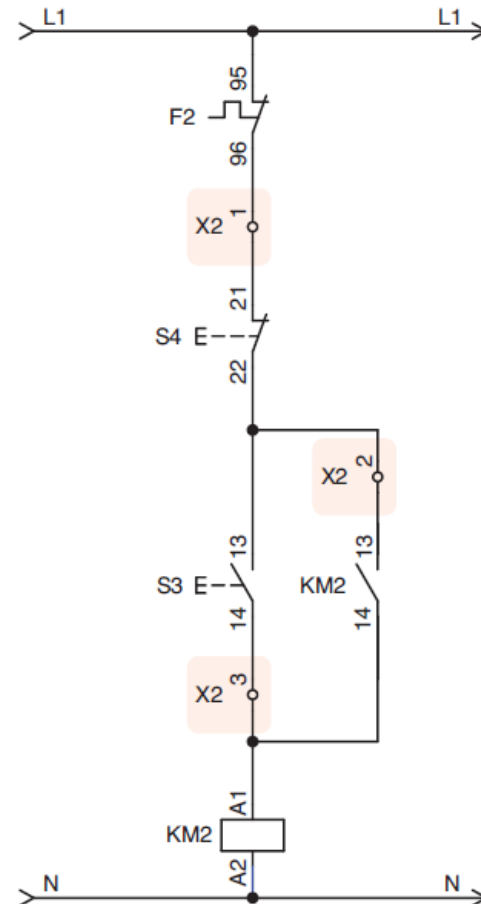
Cada borne se identifica con un número, que representa el orden que hace en el regletero. Por tanto, en un mismo regletero, no puede haber dos bornes con el mismo número.

En el ejemplo de la figura, hay un regletero (X1), el cual tiene 12 bornes que se utilizan para alimentar 3 motores eléctricos trifásicos.



## 2.1.4 REGLETEROS O BORNEROS

En este otro ejemplo, el regletero X2 une, en el circuito de mando, una botonera externa, a través de tres bornes (1,2 y 3), con el cuadro eléctrico.



## 2.1.4.1 ESQUEMAS DE REGLETEROS Y LISTAS DE BORNES

Los esquemas de regleteros, son listados textuales o gráficos que muestran qué elementos de un circuito (contactos, bobinas, lámparas, pulsadores, etc.) están conectados a cada uno sus bornes.

Estos esquemas facilitan el montaje del cableado que une el cuadro eléctrico con el exterior.

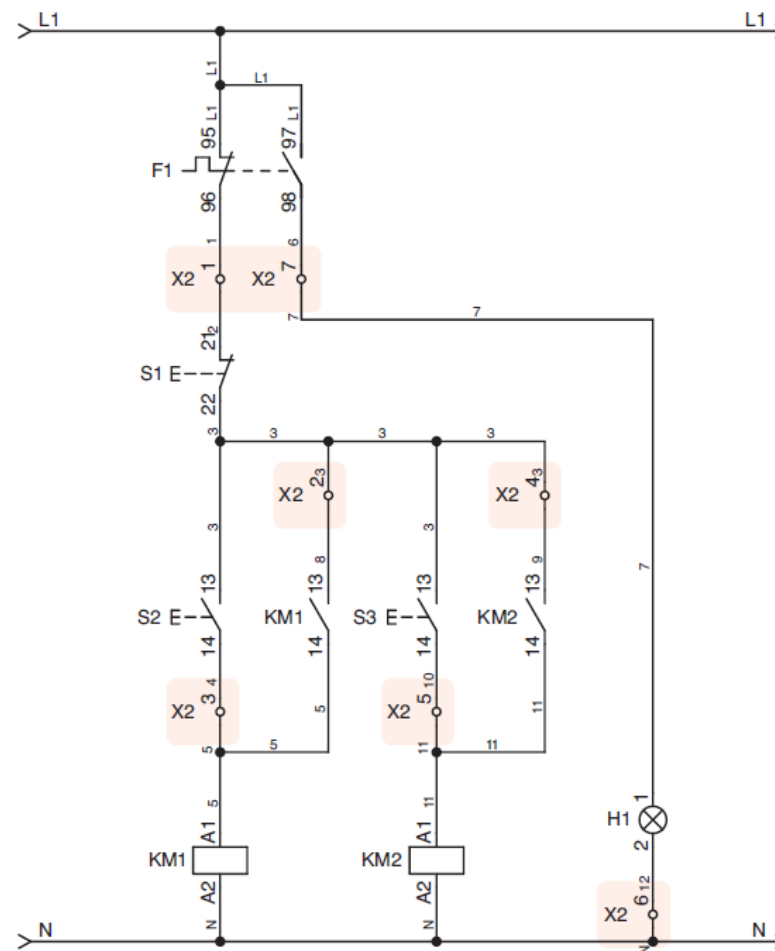
Cada borne se representa individualmente con un número. A su izquierda y a su derecha se referencian los elementos y bornes de estos elementos con los que se establece la conexión eléctrica. También se indica la numeración de hilos que llega por cada extremo. Si es necesario, se debe mostrar el número de página en la que dicho borne se encuentra en el proyecto.

En un proyecto de automatismos industriales, se deben representar los esquemas de todos los regleteros (tanto de fuerza como de mando) que intervienen en el circuito.



## 2.1.4.1 ESQUEMAS DE REGLETEROS Y LISTAS DE BORNES

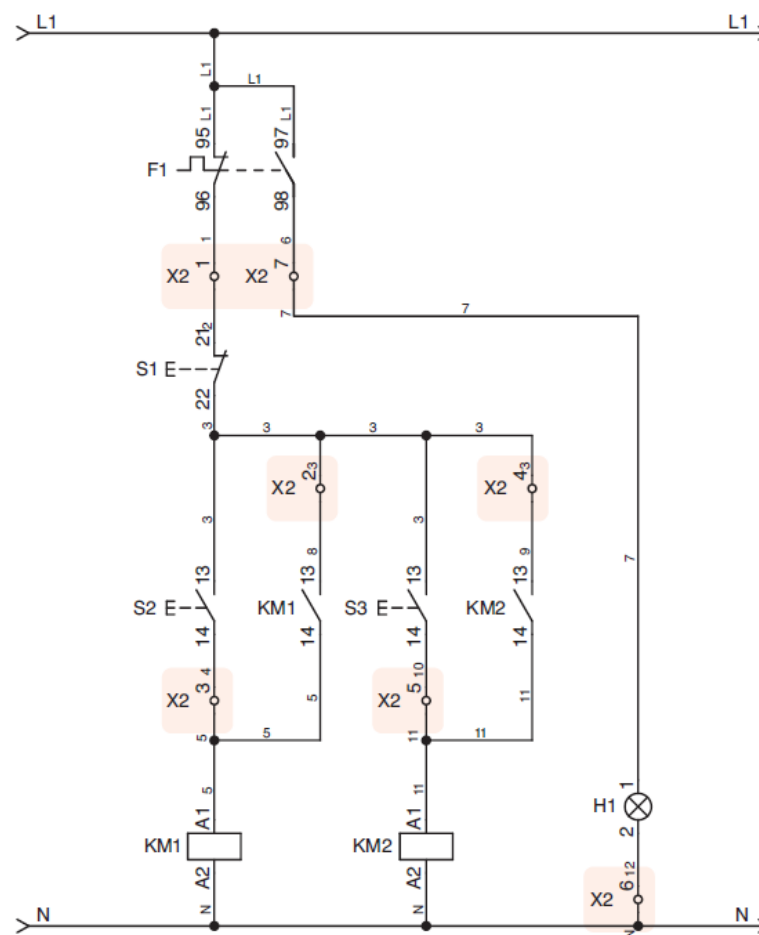
En el siguiente circuito de mando hay un regletero denominado X2, que dispone 7 bornes.



## 2.1.4.1 ESQUEMAS DE REGLETEROS Y LISTAS DE BORNES

En el esquema del regletero se representa el número de conductor que llega a cada extremo del borne y la procedencia (destino) del mismo.

Así, se puede ver cómo el hilo número 2, procedente de contacto 2I del pulsador SI, está conectado al extremo izquierdo del borne número I. Y el hilo I, procedente del borne 96 del relé térmico FI, está conectado al extremo derecho del mismo borne.



## 2.1.4.I ESQUEMAS DE REGLETEROS Y LISTAS DE BORNES

Los bornes que están unidos entre sí en el interior del cuadro, se representan con puentes.

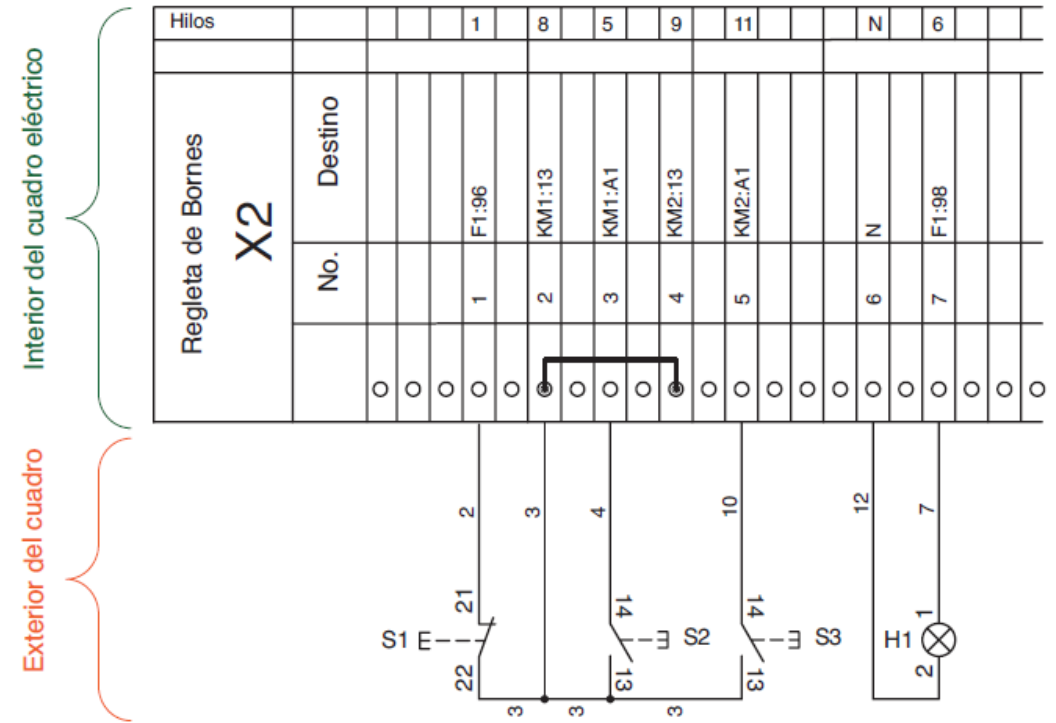
| Números de hilos |  | Regletero<br>X2                    |   |             |                                    | Números de hilos |  |
|------------------|--|------------------------------------|---|-------------|------------------------------------|------------------|--|
|                  |  | Destino 1<br>(Interior del cuadro) |   | Nº de Borne | Destino 2<br>(Exterior del cuadro) |                  |  |
| 1                |  | F1:96                              | ○ | 1           | S1:21                              | 2                |  |
| 8                |  | KM1:13                             | ⌋ | 2           | S2:13 / S1:22                      | 3                |  |
| 9                |  | KM2:13                             |   | 4           | S2:13 / S3:13                      | 3                |  |
| 5                |  | KM1:A1                             | ○ | 3           | S2:14                              | 4                |  |
| 11               |  | KM2:A1                             | ○ | 5           | S3:14                              | 10               |  |
| N                |  | N                                  | ○ | 6           | H1:2                               | 12               |  |
| 6                |  | F1:98                              | ○ | 7           | H1:1                               | 7                |  |
|                  |  |                                    | ○ |             |                                    |                  |  |
|                  |  |                                    | ○ |             |                                    |                  |  |

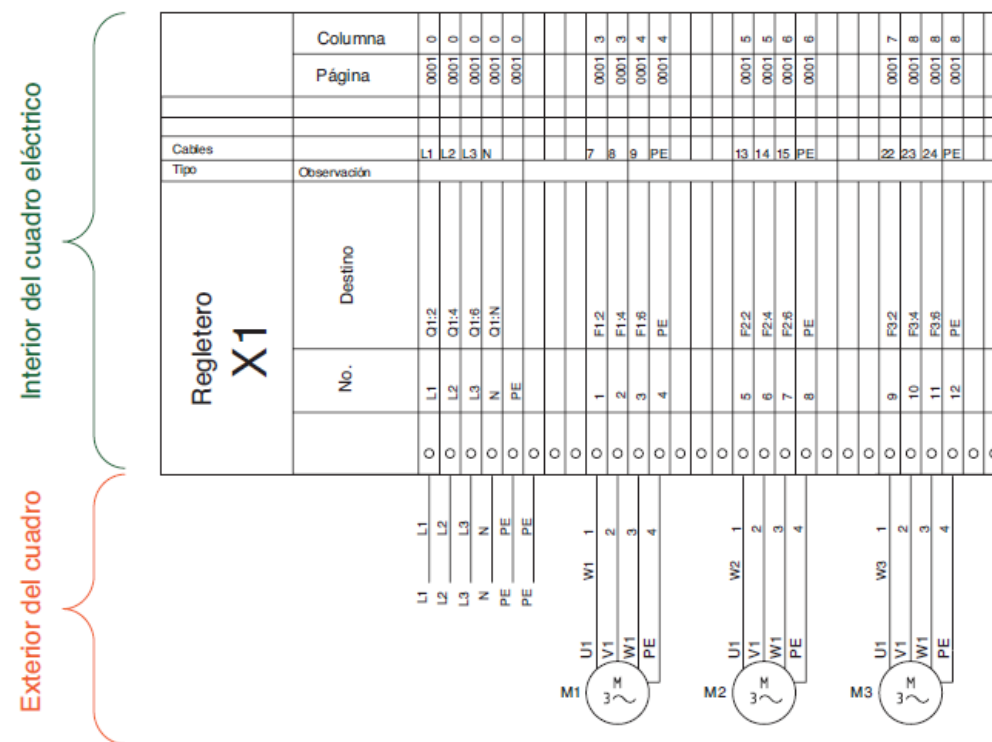
## 2.1.4.2 ESQUEMAS DE TERMINALES

Los esquemas de terminales son similares a los esquemas de regleteros, con la diferencia que en ellos, además, se representan las conexiones de los elementos que se encuentran fuera del cuadro.

## 2.1.4.2 ESQUEMAS DE TERMINALES

Se representa un esquema de terminales con los pulsadores y la lámpara que están fuera del cuadro eléctrico. En ella se muestra detalladamente a qué borne se conecta cada uno de estos elementos, el número del cable y el destino en el interior del cuadro para dicha conexión.





## 2.1. DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

### 2.1.5 Representación de Mangueras

#### 2.1.5.1 Representación de las mangueras

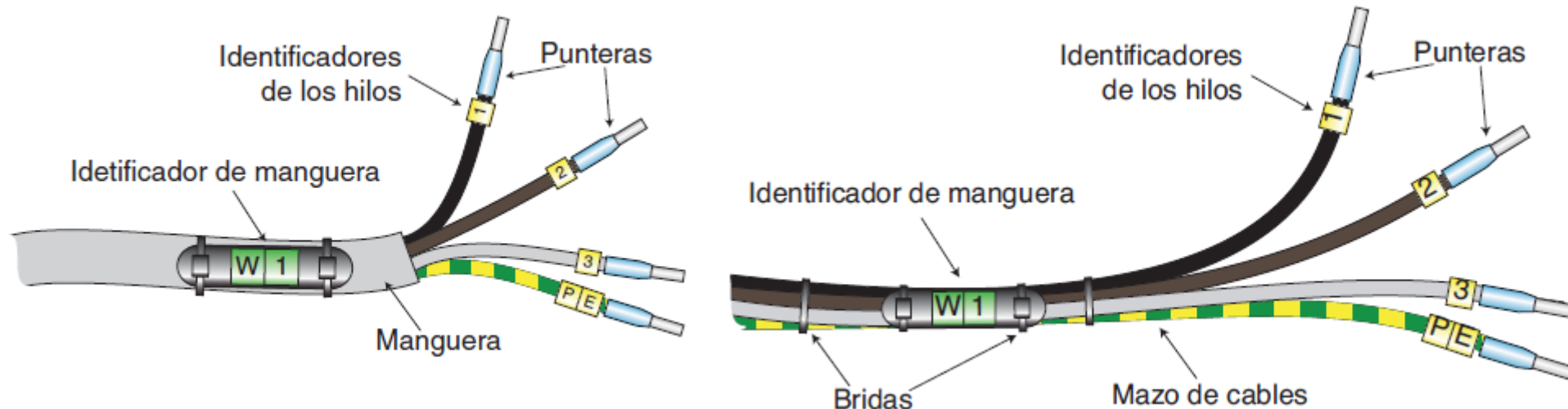
#### 2.1.5.2 Esquemas de mangueras

## 2.1.5 REPRESENTACIÓN DE MANGUERAS

Manguera es un conjunto de conductores, que unidos por una misma funda, forman un mazo. Las mangueras pueden encontrarse prefabricadas con un número de conductores fijo, 2, 3, 4, etc., o pueden crearse agrupando los cables con bridas o cinta helicoidal.

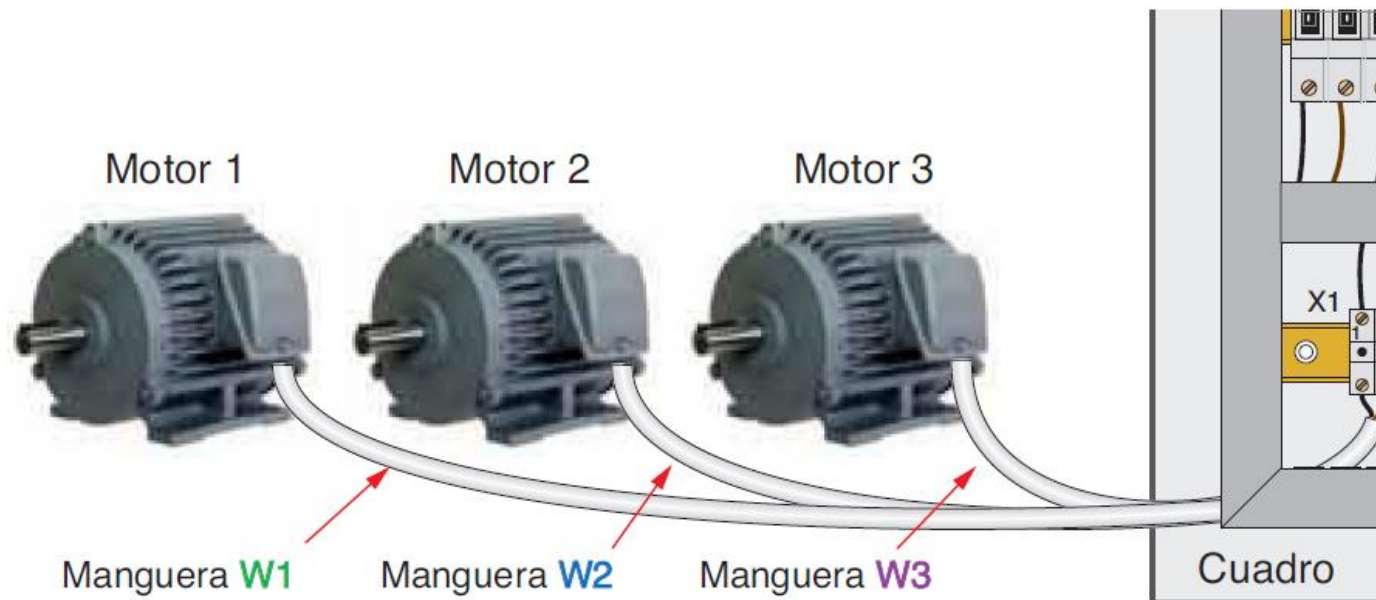
## 2.1.5 REPRESENTACIÓN DE MANGUERAS

Diferentes tipos de mangueras y los identificadores que conectan los receptores o elementos que se encuentran fuera del cuadro de automatismos.



## 2.1.5 REPRESENTACIÓN DE MANGUERAS

Alimentación de motores mediante mangueras desde un cuadro de automatismos



## 2.1.5.1 REPRESENTACIÓN DE LAS MANGERAS

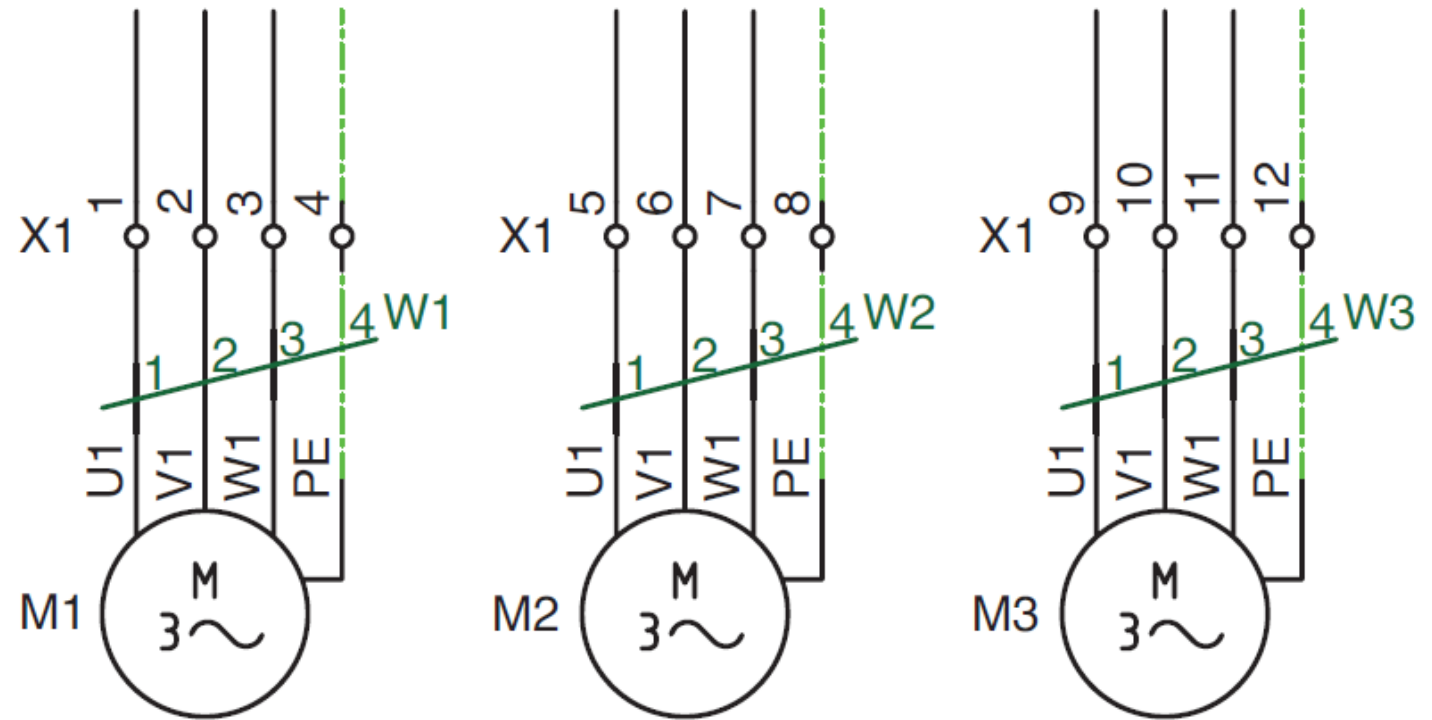
Las mangueras se representan en el esquema con una línea oblicua, dibujada sobre los conductores que se encuentran en ella.

Se identifican con la letra W seguida del número de orden que hace en el circuito.

Opcionalmente se pueden numerar los conductores del interior de la manguera.

## 2.1.5.1 REPRESENTACIÓN DE LAS MANGERAS

En el ejemplo de la figura, tres mangueras W1, W2 y W3 salen de los bornes del regletero X1 hacia los motores M1, M2 y M3 respectivamente.

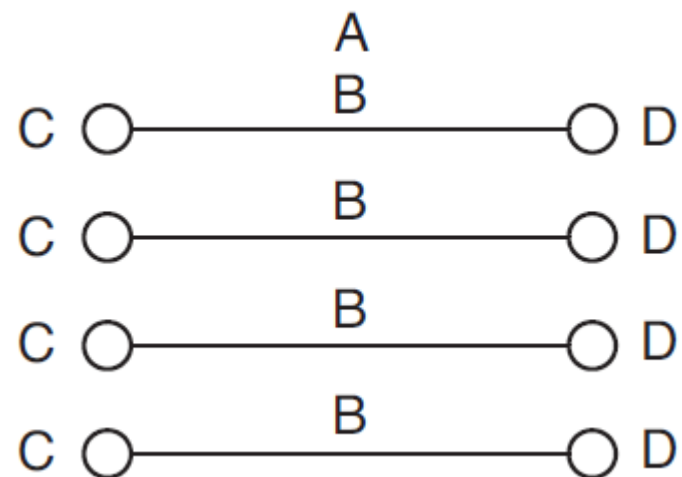


## 2.1.5.2 ESQUEMAS DE MANGUERAS

Los esquemas de mangueras permiten identificar y localizar rápidamente las conexiones realizadas con ellas.

Cada manguera se representa por líneas paralelas, tantas como conductores alberga, terminadas en los extremos por pequeños círculos que representan el borne con el que conectan.

Su identificación se hace según la figura:



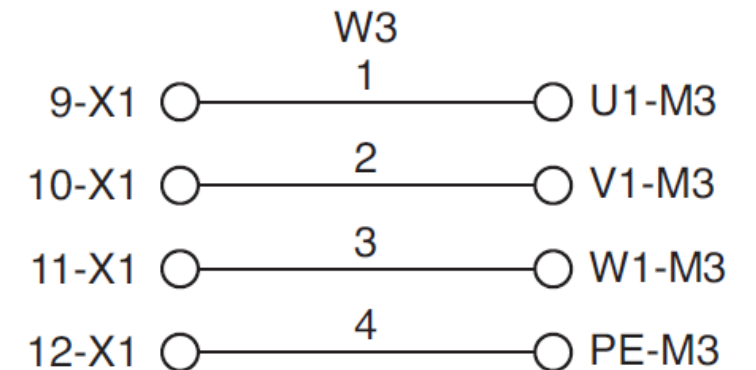
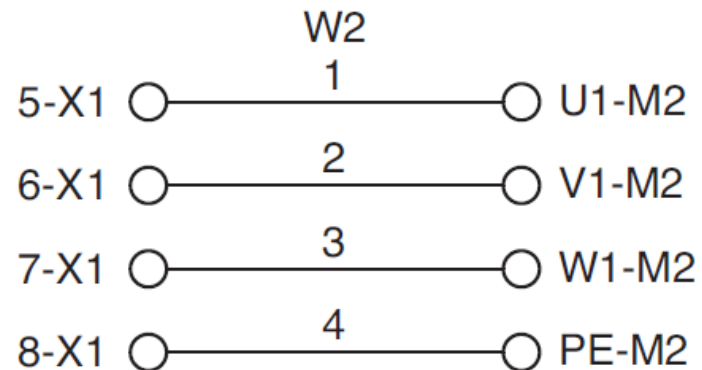
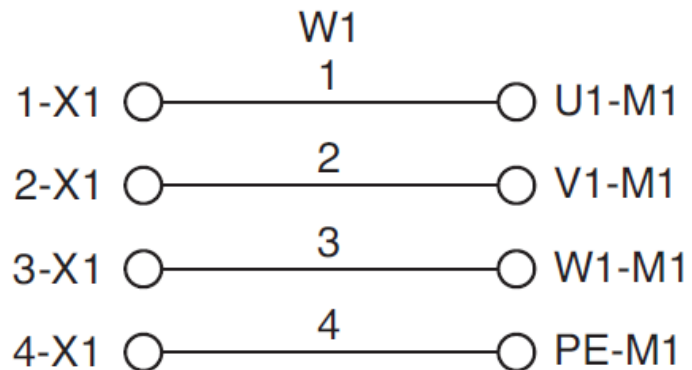
Donde:

- **A** es el número que la manguera hace en el proyecto con el identificador **W**.
- **B** es el número de conductor del interior de la manguera.
- **C** representa el borne y el elemento con el que conecta en un extremo.
- **D** representa el borne y el elemento con el que conecta en el otro extremo.

## 2.1.5.2 ESQUEMAS DE MANGUERAS

Por ejemplo, el esquema de mangueras para la conexión de los tres motores del ejemplo anterior es el siguiente:

En la manguera W1 de la figura, se observa que en un extremo se conecta con los cuatro primeros bornes de regletero X1 y en el otro con los 4 bornes del Motor 1 (M1). De forma similar se realiza la conexión de las manqueras W2 y W3, entre los demás bornes del regletero X1 y los motores M2 y M3 respectivamente.



## 2.1. DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

2.1.6  
Localización  
de  
Elementos  
Gráficos en  
los  
esquemas

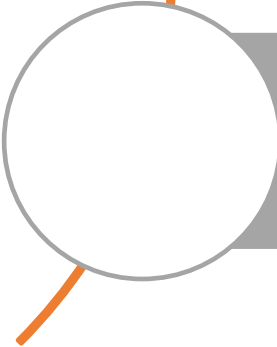
### 2.1.6.1 Columnas en hojas de esquemas normalizados

### 2.1.6.2 Referencias cruzadas

## 2.1.6 LOCALIZACIÓN DE ELEMENTOS GRÁFICOS EN LOS ESQUEMAS

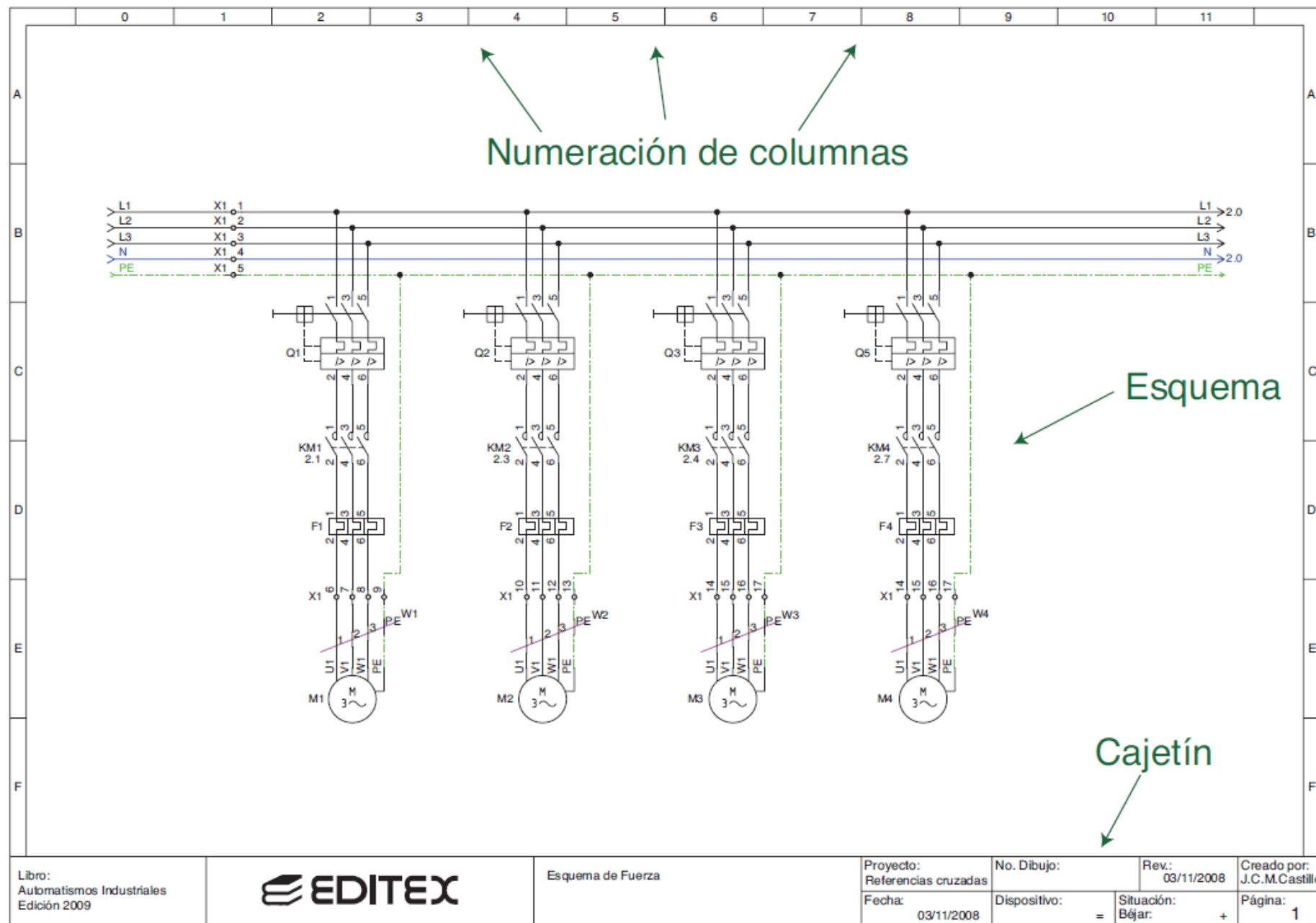


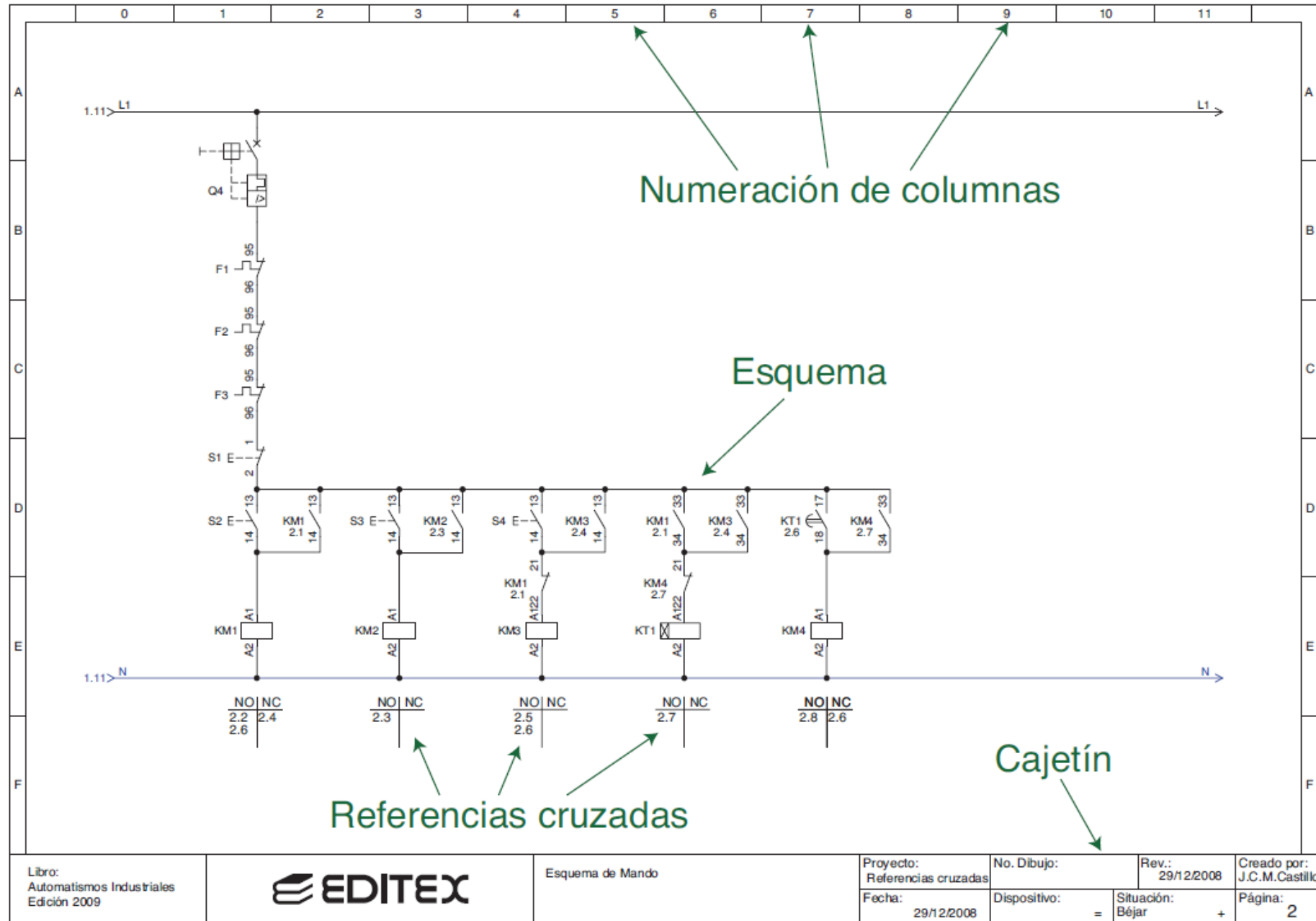
Cuando los proyectos de automatismos industriales ocupan varias páginas, se hace necesario disponer de herramientas gráficas que faciliten al operario la localización de todos y cada uno de los componentes que intervienen en los esquemas, tanto de fuerza como de mando.



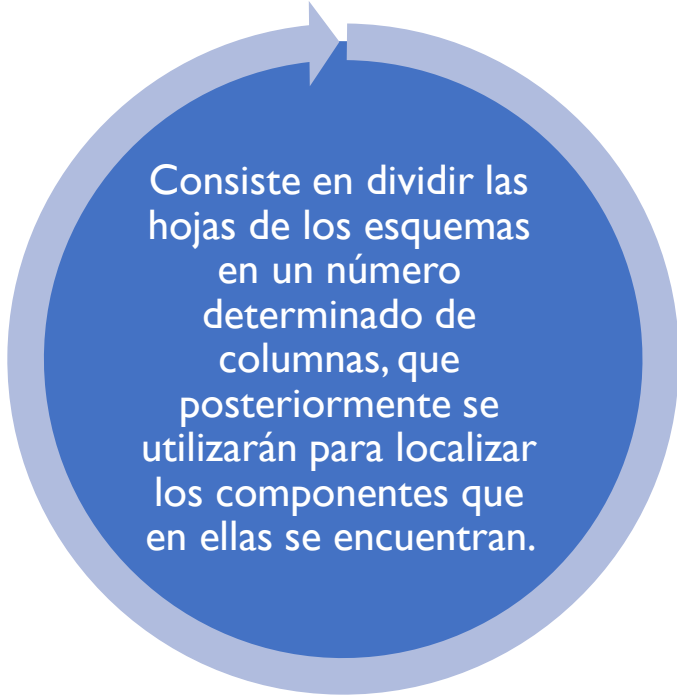
Las más utilizadas son las siguientes:

- División de la hoja del esquema por columnas.
- Referencias cruzadas (en forma de tabla o gráficas).





## 2.1.6.1 COLUMNAS EN HOJAS DE ESQUEMAS NORMALIZADOS



Consiste en dividir las hojas de los esquemas en un número determinado de columnas, que posteriormente se utilizarán para localizar los componentes que en ellas se encuentran.

### recuerda

Se denomina **formato** al recuadro en el que se realiza un plano técnico.

Los formatos están normalizados, siendo los denominados DIN A los más conocidos y utilizados.

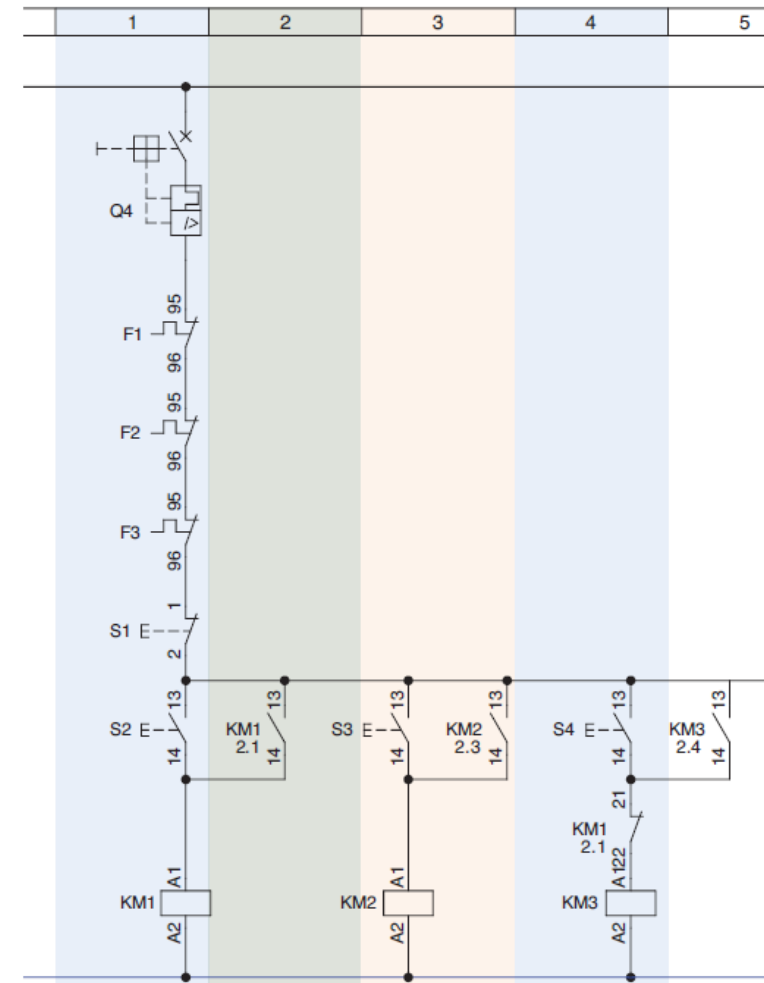
Las hojas de dibujo tienen forma rectangular y se utilizan tanto en posición vertical como apaisada.

El tamaño de dichas hojas es el siguiente:

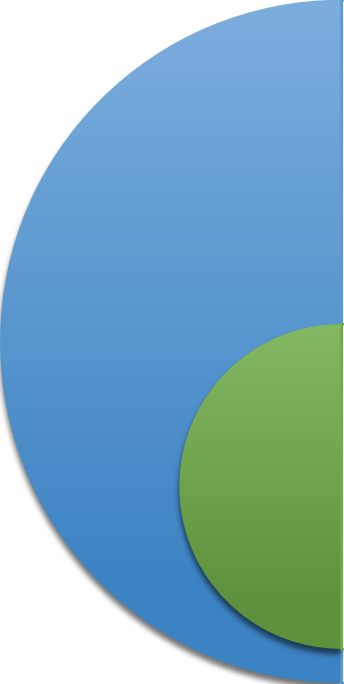
|    |                 |
|----|-----------------|
| A0 | 1.189 x 841 mm. |
| A1 | 841 x 594 mm.   |
| A2 | 594 x 420 mm.   |
| A3 | 420 x 297 mm.   |
| A4 | 297 x 210 mm.   |
| A5 | 210 x 148 mm.   |

## 2.1.6.1 COLUMNAS EN HOJAS DE ESQUEMAS NORMALIZADOS

En el siguiente esquema se muestra cómo las columnas invisibles (aquí coloreadas) contienen los diferentes símbolos del circuito. Es decir: S2 y S1 pertenecen a la columna 1, S3 se encuentra en la número 3 y S4 está en la 4.



## 2.1.6.2 REFERENCIAS CRUZADAS



**Las referencias cruzadas** permiten localizar, por página y columna, los contactos asociados (abiertos y/o cerrados) a un dispositivo utilizado en el esquema.

Pueden presentarse de dos formas: en formato de tabla o en formato gráfico, siendo la primera la más utilizada. En ambos casos están asociadas al órgano motor (bobina) de dispositivo.

### Referencias cruzadas en formato de tabla

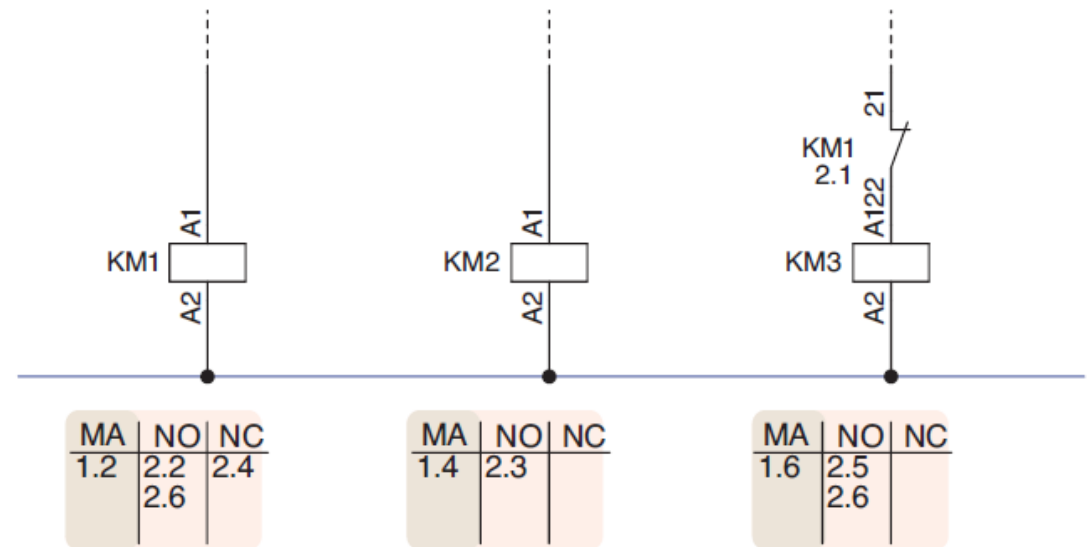
- Son tablas de dos o tres columnas en las que se representan, con un número o código de números, el lugar del plano en el que se encuentran sus contactos abiertos (NO), cerrados (NC) o de potencia (MA).

## 2.1.6.2 REFERENCIAS CRUZADAS

En algunos casos se hace necesario indicar el lugar en el que se encuentran representados los contactos de potencia de los contactores. Para ello se añade una nueva columna a la tabla correspondiente, que en el caso del ejemplo de la figura se ha denominado MA.



Así, en el siguiente ejemplo, y ojeando el esquema, se puede observar que el contactor KM1 tiene representados sus contactos de fuerza en la columna 2 de la hoja 1, el KM2 los tiene en la columna 4 de la misma hoja y el KM3 en la columna 6.

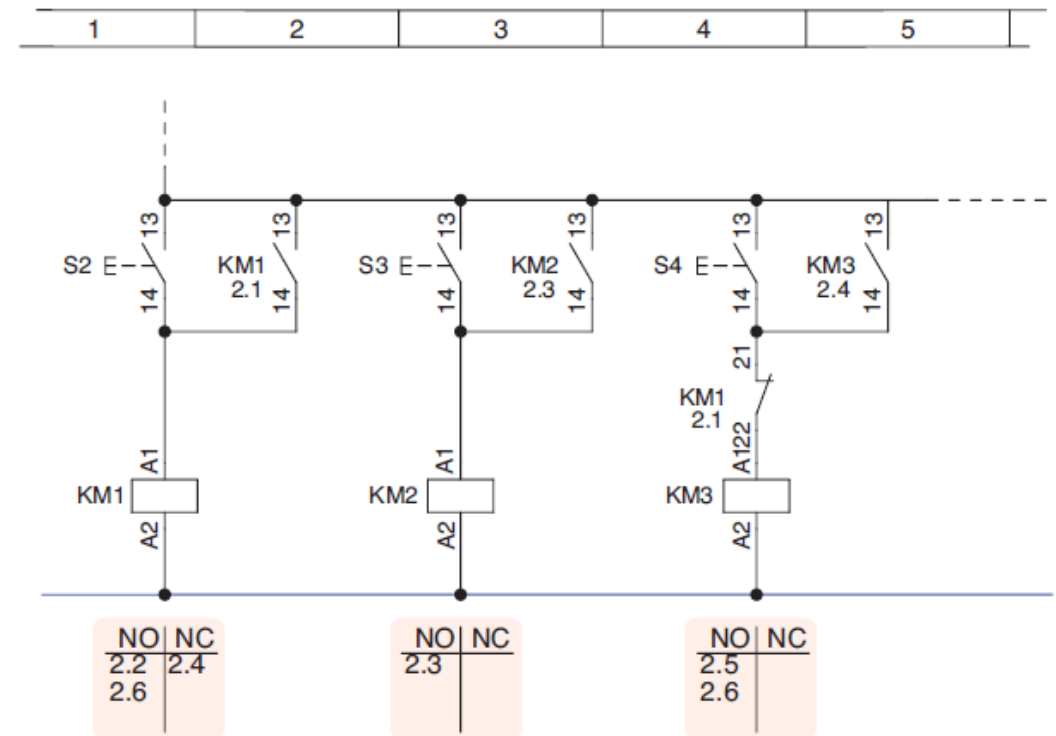


## 2.1.6.2 REFERENCIAS CRUZADAS

El siguiente esquema, en él se muestra cómo el contactor KMI dispone de tres contactos, dos abiertos (NO) y uno cerrado (NC).

Los dos primeros están dibujados en las columnas 2 y 6 respectivamente, de la hoja número 2. El tercero se encuentra en la columna 4 de la misma hoja.

El contactor KM2 solamente emplea un contacto normalmente abierto (NO), que está localizado, en la columna 3 de la hoja 2.Y el contactor KM3 utiliza dos contactores normalmente abiertos (NO) situados en las columnas 5 y 6 respectivamente, de la misma hoja.



## 2.1.6.2 REFERENCIAS CRUZADAS

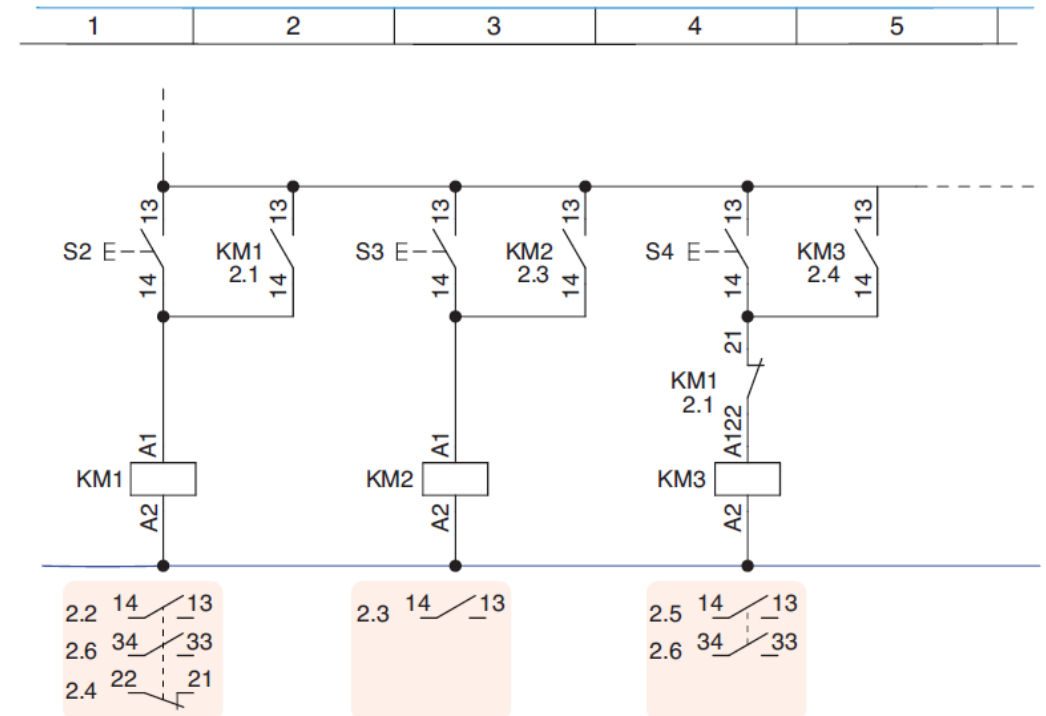
### Referencias cruzadas en formato gráfico



Aunque son menos utilizadas que las del formato de tabla, algunos proyectistas y programas de diseño eléctrico representan las referencias cruzadas de forma gráfica.



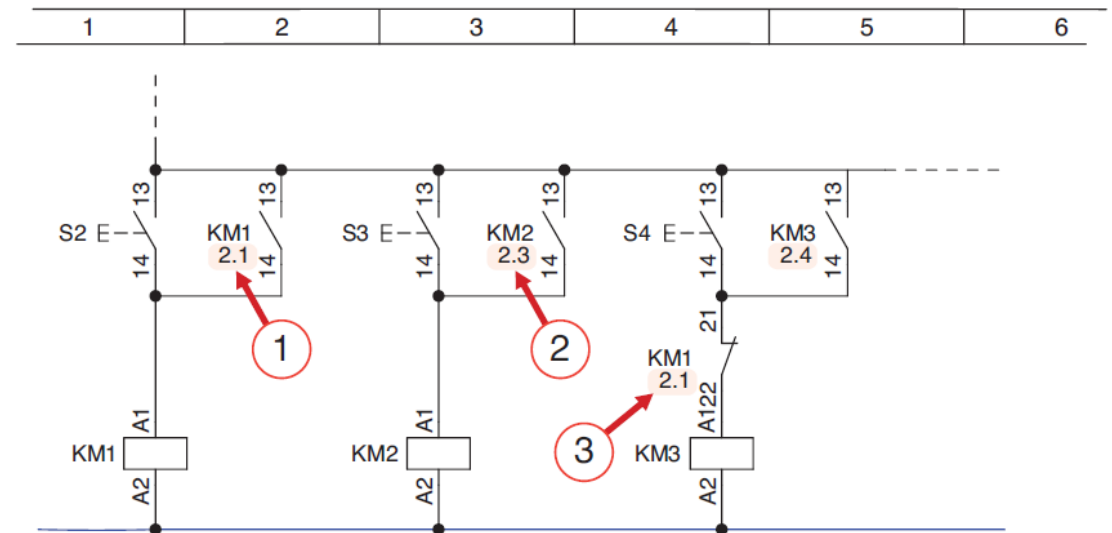
En este caso se dibujan, debajo de cada una de las bobinas, los contactos abiertos y cerrados que se utilizan en el esquema y a su lado el identificador de la hoja y columna en la que se encuentran.

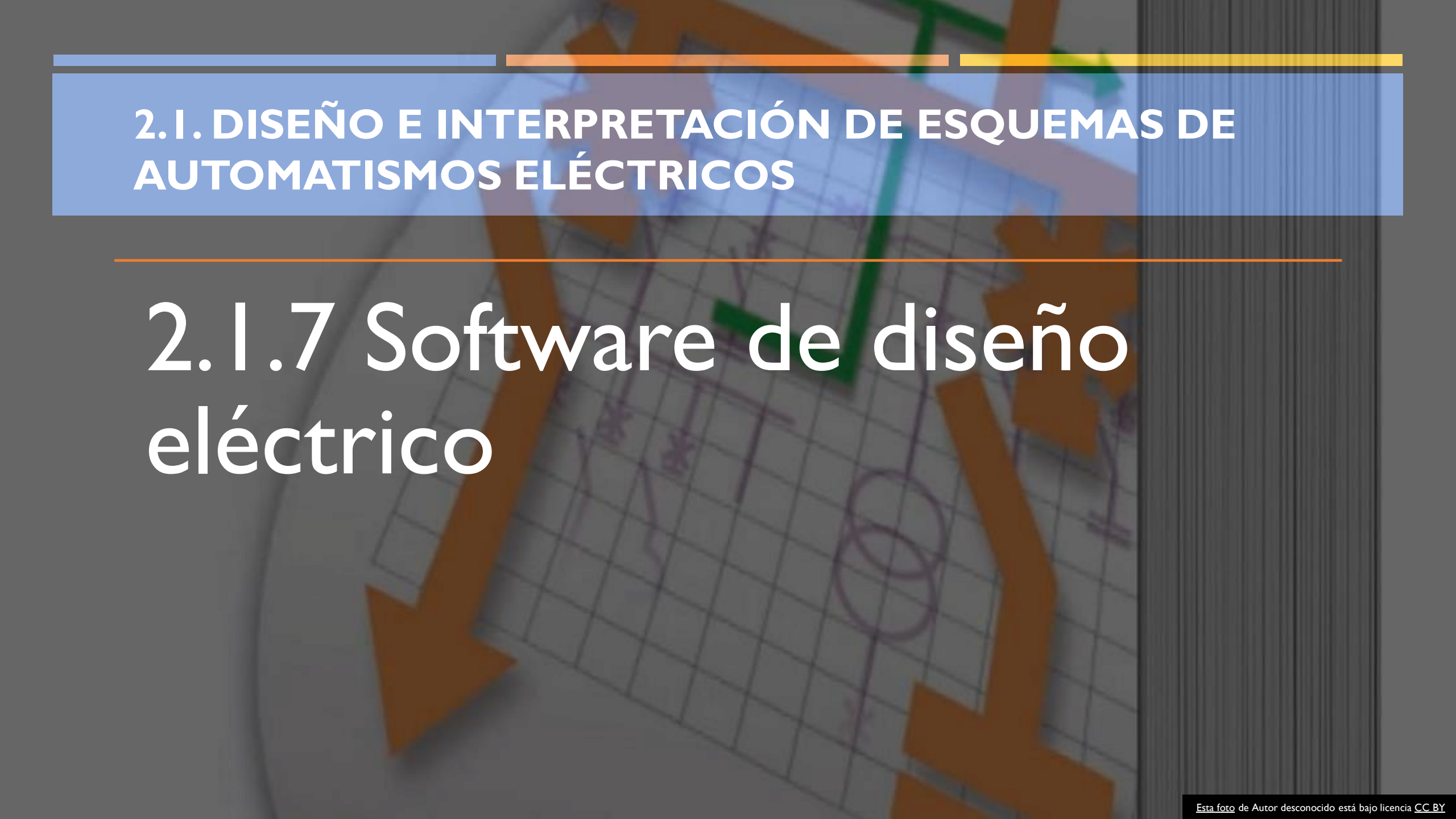


## 2.1.6.2 REFERENCIAS CRUZADAS

### Referencias cruzadas inversas

- Las referencias cruzadas permiten la localización de los contactos de un determinado elemento del automatismo.
- Sin embargo, también es interesante que visualizando un contacto en el esquema, se localice el lugar en el que se encuentra su órgano motor (bobina) y, por defecto, su tabla de referencias cruzadas.
- A esto se le denomina, Referencias Cruzadas Inversas y consiste en escribir junto al identificador del contacto, el número de página y columna en el que se encuentra su bobina.
- En el ejemplo el contacto abierto de KM1 tiene su bobina en la columna 1 de la hoja 2; (2) el contacto abierto KM2 tiene su bobina en la columna 3 de la hoja 2; (3) el contacto cerrado de KM1 la tiene en la columna 1 de la hoja 2.





## 2.1. DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

### 2.1.7 Software de diseño eléctrico

## 2.1.7 SOFTWARE DE DISEÑO ELÉCTRICO

Los proyectos de automatismos industriales deben estar perfectamente documentados. Esto permite optimizar el montaje y posteriormente las tareas de mantenimiento y reparación de los circuitos.

El diseño de esquemas, regleteros, numeración de cables, referencias cruzadas, puede resultar una tarea tediosa si se realiza de forma manual. Por ese motivo, existe en el mercado *software* específico que permite automatizar todas estas operaciones. Este tipo de herramientas reciben de forma genérica el nombre de *software* de **Diseño Electrotécnico** o **CAD Eléctrico**.

## 2.1.7 SOFTWARE DE DISEÑO ELÉCTRICO

Muchos son los programas que actualmente permiten la elaboración de proyectos completos de automatismos eléctricos (See Electrical, CADdy++, Elcad, Electrical Designer, Eplan, Autocad Electrical, etc.), aunque algunos de ellos disponen de funciones muy avanzadas para generar documentación de forma automática, en general las principales características de este tipo de software son las siguientes:

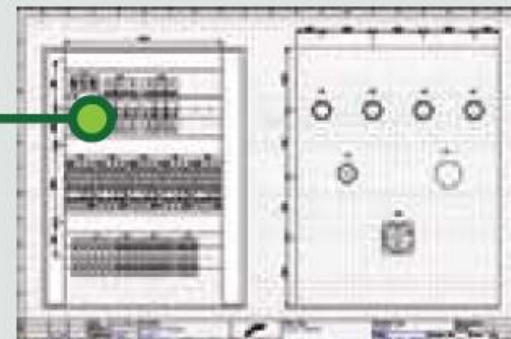
- Disponibilidad de amplia librería con simbología normalizada.
- Diseño de esquemas de forma interactiva con arrastrar y soltar símbolos.
- Conexión automática de elementos en el esquema.
- Numeración automática de los elementos del esquema.
- Numeración de bornes.
- Generación dinámica y automática de referencias cruzadas de diferentes tipos.
- Numeración automática de conductores.
- Generación de borneros y esquemas de terminales.
- Generación de esquemas de mangueras.
- Conexión con bases de datos de fabricantes.
- Disposición realística de los elementos en el cuadro (Layout).
- Generación de listado de materiales y presupuestos.
- Herramientas para el diseño de simbología personalizada

Simbología normalizada

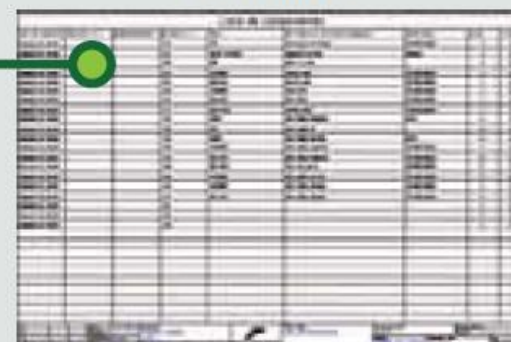


Esquemática

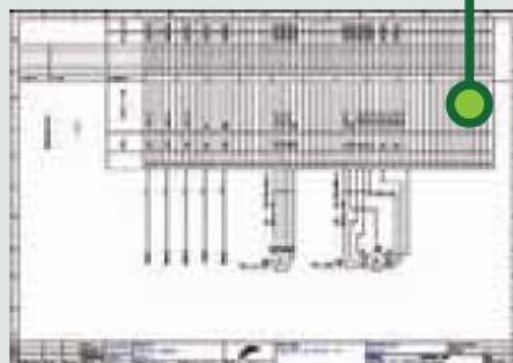
Layout de cuadro



Listados



A table showing a list of components and their specifications, likely a bill of materials or component list. The table has multiple columns, including component name, quantity, and other details. The data is organized in a structured manner, with rows representing individual components.



Esquemas de terminales



borneros y mangueras



## **2.2. SISTEMAS DE ARRANQUE DE MOTORES SEGÚN SU POTENCIA**

DOCENTE: ING. JOSE MIGUEL TORO GARCIA



## 2.2. SISTEMAS DE ARRANQUE DE MOTORES SEGÚN SU POTENCIA

### Introducción

#### 2.2.1. Norma Boliviana NB777 (Instalaciones con motores de uso industrial)

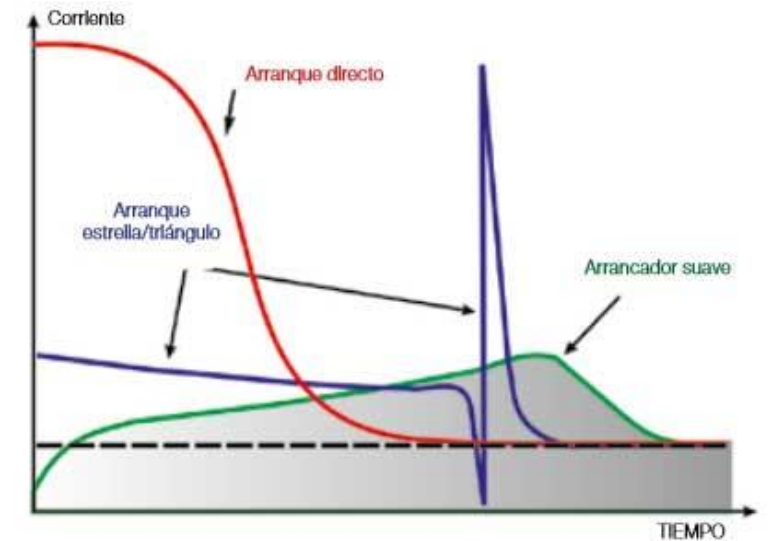
#### 2.2.2. Condiciones Generales

#### 2.2.3. Conductores de Conexión

#### 2.2.4. Protección Contra Sobreintensidades

#### Protección Contra Falta de Tensión

#### 2.2.5. Arranque Directo



# INTRODUCCIÓN

## Sobre nosotros

IBNORCA busca el bienestar de la sociedad, contribuye a mejorar la competitividad, productividad y gestión de las organizaciones a través de actividades de normalización, evaluación de la conformidad y formación del recurso humano.



<https://www.ibnorca.org/>

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), es una asociación privada sin fines de lucro, creada mediante Decreto Supremo N° 23489 del 29 de abril de 1993, iniciando sus actividades el 5 de mayo de 1993.

- La competencia definitiva de sus actividades, le confiere el Decreto Supremo N° 24498 del 17 de febrero de 1997, con el cual se crea el Sistema Boliviano de Normalización, Metrología, Acreditación y Certificación (SNMAC), con la finalidad de fortalecer la infraestructura de la calidad en Bolivia.



En el campo de la Normalización Técnica, IBNORCA es el único representante en Bolivia de la Organización Internacional de Normalización ISO, en su condición de miembro pleno, de igual manera pertenece a la Asociación Mercosur de Normalización (AMN) y la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) a la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC), entre otras.



IBNORCA tiene a su cargo dos pilares fundamentales de la calidad:

- Normalización Técnica,
- Certificación de Calidad

# NORMA BOLIVIANA NB777 (DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN BAJA TENSIÓN)

## OBJETO

- El objetivo de la presente norma es establecer requerimientos mínimos que se deben cumplir obligatoriamente en el diseño, la construcción y la puesta en servicio de instalaciones eléctricas interiores en baja tensión.
- Esta norma contiene esencialmente exigencias de seguridad. Su cumplimiento, junto a un adecuado mantenimiento, garantiza una instalación básicamente libre de riesgos; sin embargo no garantiza necesariamente la eficiencia, buen servicio, flexibilidad y facilidad de ampliación de las instalaciones, condiciones estas inherentes a un estudio de cada proceso o ambiente particular.
- Las disposiciones de esta norma están hechas para ser aplicadas e interpretadas por profesionales especializados; no debe entenderse este texto como manual de instrucciones o adiestramiento.

# NORMA BOLIVIANA NB777 (DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN BAJA TENSIÓN)

## ALCANCE

- Las disposiciones de esta norma se aplicaran a instalaciones eléctricas interiores en todo el territorio nacional cuya tensión de servicio entre fases sea inferior o igual a 1000V.
- En general las disposiciones de esta norma no son aplicables a las instalaciones eléctricas de vehículos, sean estos terrestres o marítimos o aéreos, a instalaciones en faenas mineras subterráneas, a instalaciones de tracción ferroviaria, ni a instalaciones de comunicaciones, señalización y medición, las cuales se proyectaran ejecutaran y mantendrán de acuerdo a las normas especificadas para cada caso.
- Las disposiciones de esta norma tendrán las calidades de exigencias y recomendaciones; las exigencias se caracterizan por el empleo de las expresiones “se debe”, “deberá” y su cumplimiento es de carácter obligatorio, en tanto en las recomendaciones se emplearan las expresiones “se recomienda”, “se podrá” o “se puede” y su cumplimiento será de carácter opcional.
- Las nuevas instalaciones deberán cumplir obligatoriamente lo establecido en la presente norma.
- Las instalaciones eléctricas que fueron construidas con anterioridad a la publicación de la presente norma y cuyo estado implique riesgo para las personas, propiedades o produzcan perturbaciones al normal funcionamiento de otras instalaciones y/o la red de distribución pública deberán necesariamente ser remodeladas de acuerdo a la presente norma.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

### CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN



Los motores de más de 3 HP no deben alimentarse con conductores inferiores al N° 12 AWG de cobre (4 mm<sup>2</sup>).

La caída de tensión en toda la longitud del circuito no deberá exceder el 3% de la tensión nominal de alimentación (véase 5.2.2 de esta norma).

Los motores estarán contruidos o se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento, no puedan ser causa de accidente.

Los motores deben instalarse en condiciones que permitan una adecuada ventilación y un fácil mantenimiento.

Los motores no estarán en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la combustión de cualquiera de estos combustibles.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

### CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN



En general, la distancia mínima entre un motor y materias combustibles será:

- 0.50 m si la potencia nominal del motor es inferior o igual a 1 kW.
- 1.0 m si la potencia nominal del motor es superior a 1 kW.

En particular, si se trata de un motor con carcasa completamente cerrada o encerrado en un armario de materia incombustible, las distancias antes indicadas podrán ser menores.

El armario no perjudicará la refrigeración del motor y si es de un material, buen conductor del calor, se situará a 1 cm, como mínimo, de las partes combustibles.

Los motores abiertos que tengan anillos rozantes no podrán instalarse en lugares en que existan materiales combustibles.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

### CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN



En ambientes en que existan polvos o fibras en suspensión y que estos puedan depositarse sobre los motores en cantidades que impidan su normal ventilación o enfriamiento, deberán utilizarse motores cerrados, que no se sobrecalienten en dichas condiciones. Para casos extremos se deberá instalar un sistema cerrado de ventilación para el o los motores o se les instalara en un recinto separado, a prueba de polvo.

#### 20.2. CONDUCTORES DE CONEXIÓN

Las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo, serán los siguientes:

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

### CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN



#### 20.2.1. Motores solos

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la intensidad a plena carga del motor en cuestión. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deberán dimensionarse para el 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección de acuerdo a la tabla 42:

Los tiempos indicados en la tabla 42, son los periodos en los cuales los motores por su diseño alcanzan su temperatura nominal de trabajo y pueden operar; cumplido ese periodo necesitan un intervalo de refrigeración.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

### CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN



#### **20.2.2. Varios motores**

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

### CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN



#### **20.2.3. Carga combinada**

Los conductores de conexión que alimentan a motores y otros receptores, deberán ser previstos para la intensidad total requerida por los motores, calculada como antes se ha indicado.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

**PROTECCIÓN  
CONTRA  
SOBREINTENSIDADES**



## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)



### **PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES**

Todo motor deberá llevar incorporado un dispositivo para abrir el circuito cuando circule una corriente mayor del 125 % de la corriente nominal.

Los motores de potencia nominal superior a 0.75 kW y todos los situados en locales con riesgo de incendio o explosión, estarán protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección, ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión de una de sus fases.

En el caso de motores polifásicos deberá utilizarse un dispositivo sensible o que detecte la falta de una fase y que interrumpa el circuito de alimentación frente a la ausencia de ésta.

Los fusibles y los interruptores automáticos no son aplicables a la protección contra sobrecargas de motores.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)



### **PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES**

En el tablero origen del circuito de alimentación, la línea deberá tener protección contra cortocircuitos, propia o compartida con los motores que dependen de esa línea. Los motores deberán contar con protección dedicada y específica contra las sobrecargas.

Para las protecciones de motores se deberá utilizar una adecuada combinación de elementos, en forma separada o integrada, que asegure la maniobra y la protección contra sobrecargas, cortocircuito y faltas de fase.

En el caso de motores con arranque estrella-triángulo, la protección asegurará a los circuitos, tanto para la conexión de estrella como para la de triángulo.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)



### **PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES**

Las características de los dispositivos de protección estarán de acuerdo con las de los motores a proteger y con las condiciones de servicio previstas para éstos.

Los motores portátiles, siempre que su potencia sea inferior a 1 kW, podrán no estar protegidos contra sobrecargas.

Cuando la instalación consista en un único motor podrá usarse como interruptor de desconexión, el del tablero de distribución, siempre que esté ubicado con vista al motor.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

PROTECCIÓN  
CONTRA LA  
FALTA DE  
TENSIÓN



## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)



Los motores estarán protegidos contra la falta de tensión, por un dispositivo de corte automático de la alimentación, para evitar accidentes cuando arranque espontáneamente el motor, como consecuencia de un restablecimiento de la tensión.

Dicho dispositivo puede formar parte del de protección contra las sobrecargas o del de arranque y puede protegerse más de un motor, si se da una de las circunstancias siguientes:

- Los motores a proteger están instalados en un mismo local y la suma de potencias absorbidas no es superior a 10 kW.
- Los motores a proteger están instalados en un mismo local y cada uno de ellos queda automáticamente en el estado inicial de arranque, después de una falta de tensión.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

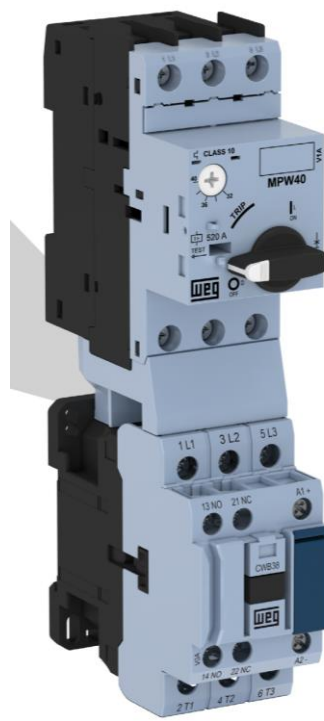


### PROTECCIÓN CONTRA LA FALTA DE TENSIÓN

Cuando el motor arranque automáticamente en condiciones pre-establecidas, no se exigirá el dispositivo de protección contra la falta de tensión por el sistema de corte de la alimentación, pero debe quedar excluida la posibilidad de un accidente en caso de arranque espontáneo. Si el motor tuviera que llevar dispositivos limitadores de potencia absorbida en el arranque, será obligatorio, para quedar incluidos en la anterior excepción, que los dispositivos de arranque vuelvan automáticamente a la posición inicial al originarse una falta de tensión y parada del motor.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

ARRANQUE  
DIRECTO



## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)



### ARRANQUE DIRECTO

No se admitirá arranque directo, a plena tensión, en motores asíncronos en jaula de ardilla de potencia mayor a 5 HP en 220 V o en 380 V, a fin de no perturbar el funcionamiento de sus redes de distribución.

Para la elección adecuada del método de arranque, se deberá estudiar en todos los casos, las perturbaciones que se puedan producir en la instalación.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)



### ARRANQUE DIRECTO

Para una instalación existente el sistema de arranque a elegir será aquel que asegure que la caída de tensión en la red no alcance valores inadecuados para otros equipos conectados en el circuito. Cuando se trate de una instalación nueva, esta será proyectada de manera de disminuir las perturbaciones eléctricas en sí misma y en el resto de la instalación por medio de una adecuada elección de la sección del conductor y los métodos de protección y arranque del motor.

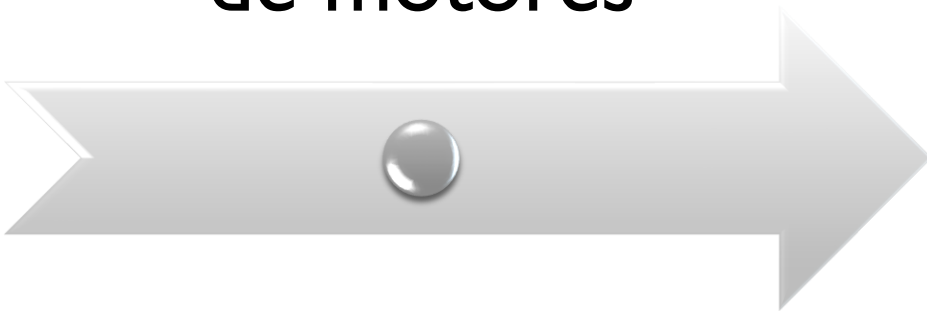
## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

Circuito de control  
de motores



## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

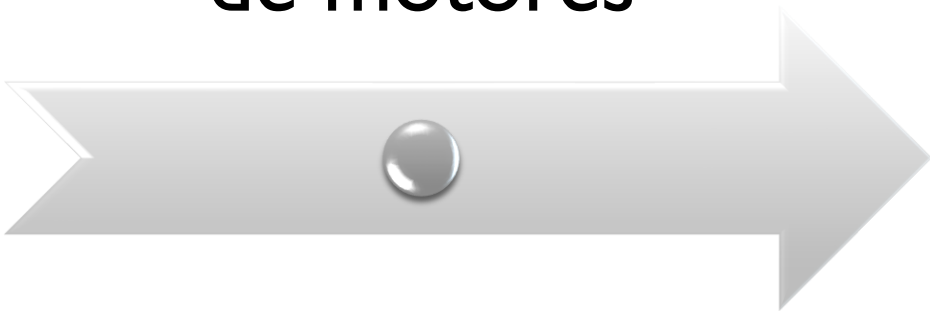
### Circuito de control de motores



Se entenderá por circuito de control de motores aquel circuito que lleva señales eléctricas de mando para el motor o conjunto de motores pero a través del cual no circula la corriente de alimentación. Los conductores y elementos del circuito de control que estén contenidos dentro de la caja del equipo, deberán protegerse con protecciones de cortocircuito cuya capacidad se fijara de acuerdo a la capacidad de transporte de corriente de los conductores o la potencia de consumo de dichos elementos.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

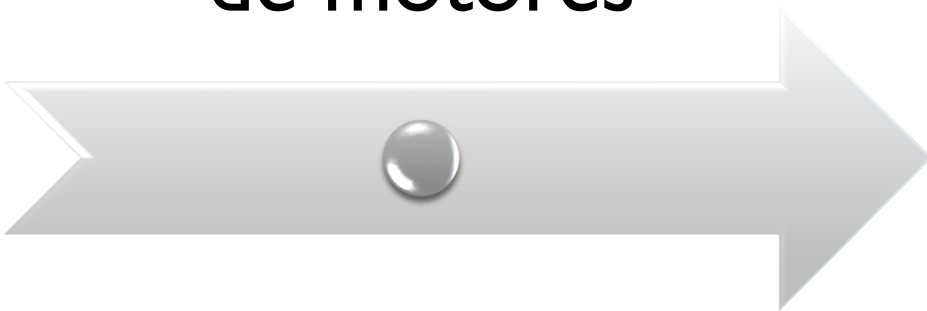
### Circuito de control de motores



No obstante se podrá prescindir de la protección separada del circuito de control, donde la capacidad nominal o la regulación de las protecciones del motor no excedan en dos veces la capacidad de transporte de corriente de los conductores de control o en donde una apertura del circuito de control pueda crear riesgos superiores como en el caso de una bomba de incendio u otros similares.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

### Circuito de control de motores

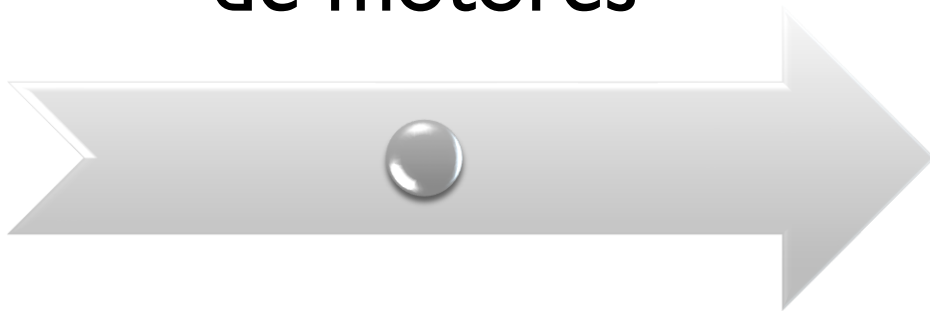


No será exigencia de los circuitos de control que estén conectados a tierra. Sin embargo, donde esta conexión sea necesaria, el circuito se dispondrá de tal manera que la conexión accidental a tierra no haga partir el o los motores controlados.

Los circuitos de control deben contar con un interruptor que los separe de su fuente de alimentación. En donde se usa, además de su alimentación principal, una fuente independiente de la alimentación exclusiva del circuito de control, dicho interruptor deberá abrir ambas fuentes, simultáneamente, o se colocaran juntos dos interruptores para abrir cada alimentación.

## 2.2.1. NORMA BOLIVIANA NB777 (INSTALACIONES CON MOTORES DE USO INDUSTRIAL)

### Circuito de control de motores



Si se usa un transformador para obtener muy baja tensión para los circuitos de control, este transformador deberá ser desconectado de la alimentación por el interruptor indicado en el párrafo anterior.

## 2.2.2.ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

El motor eléctrico es posiblemente el dispositivo de potencia más utilizado en la industria.

Por este motivo, muchos de los automatismos industriales están destinados al arranque y control de motores.

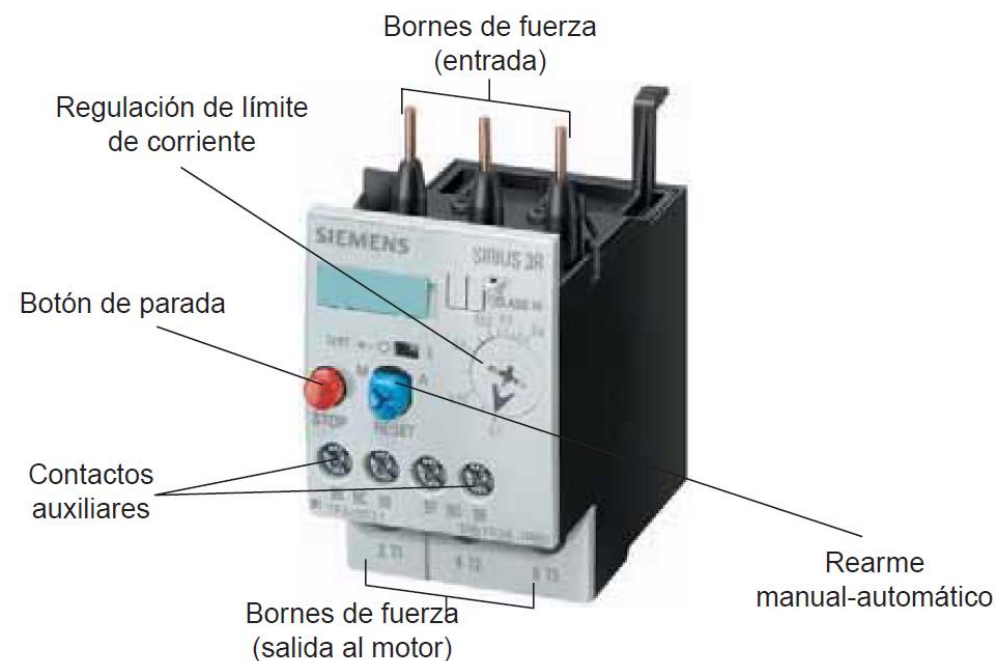


[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](#)

## 2.2.2.ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

### 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.



## 2.2.2.ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

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             |

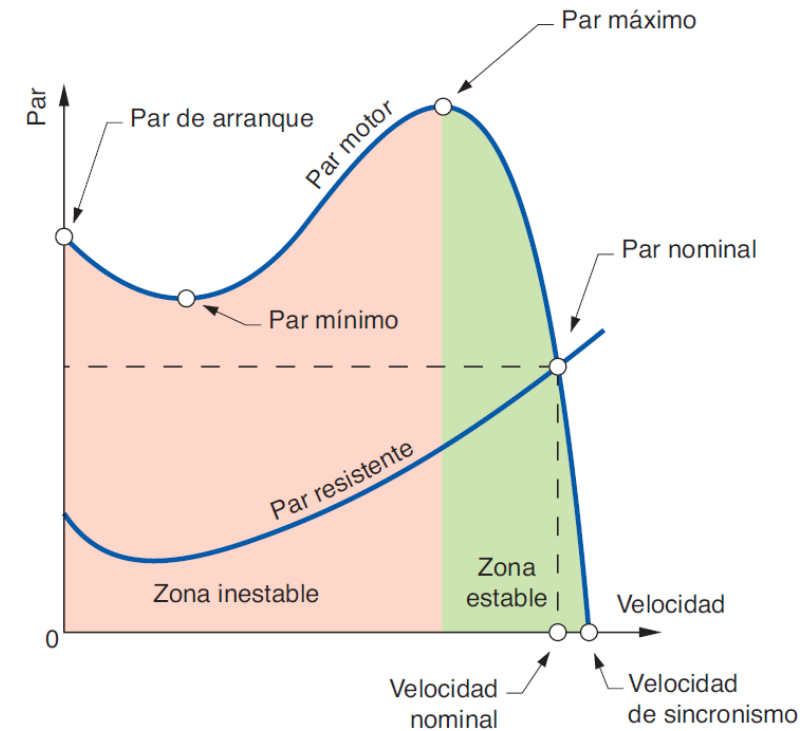
# ¿QUÉ OCURRE EN EL MOMENTO DEL ARRANQUE DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN?

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.

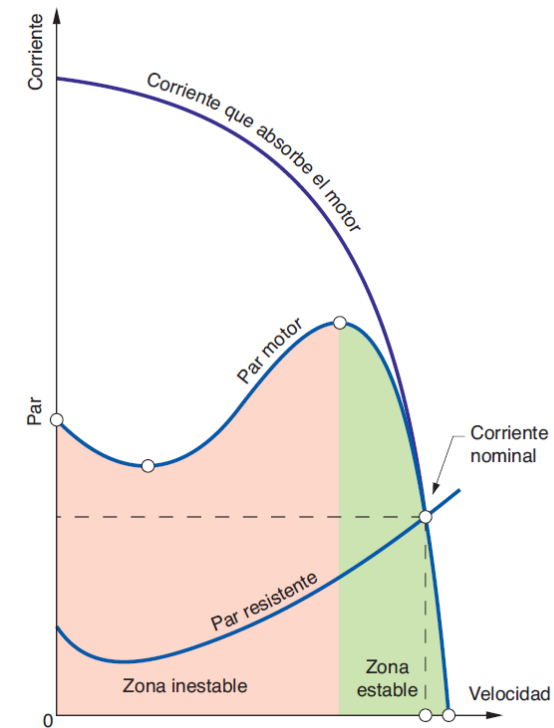


# ¿QUÉ OCURRE EN EL MOMENTO DEL ARRANQUE DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN?

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.

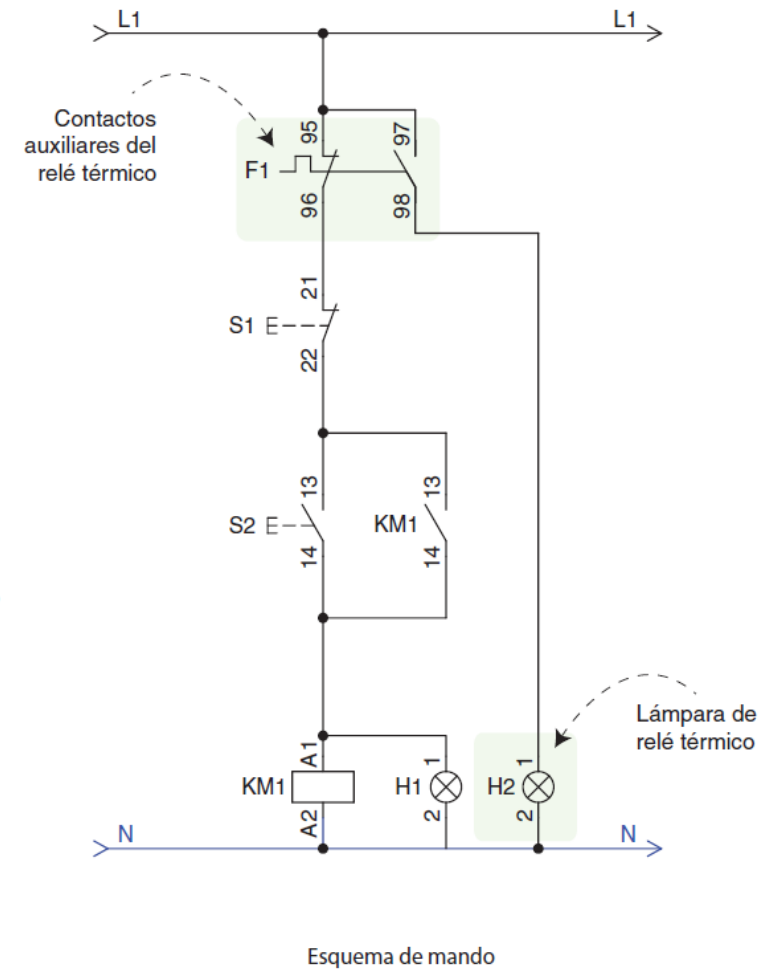
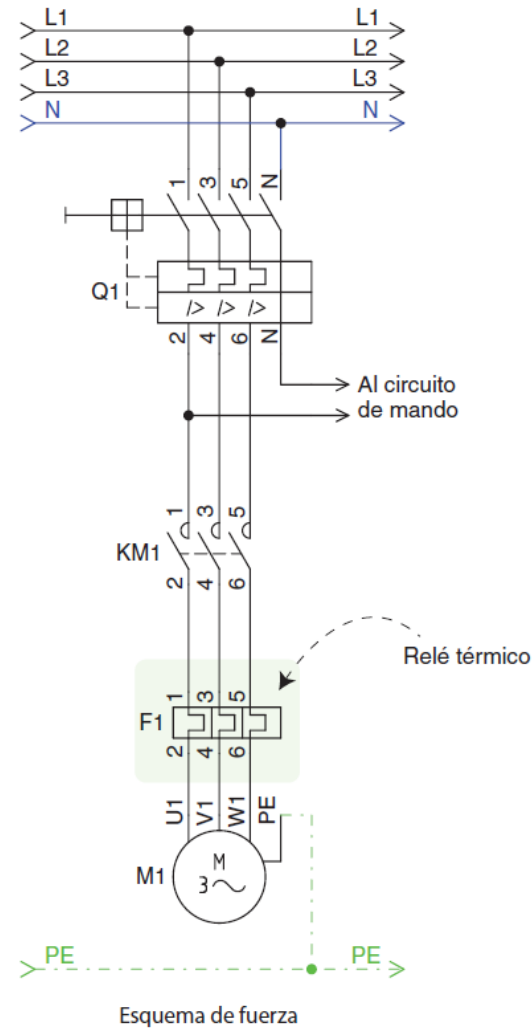
Este efecto se enfatiza en los motores de gran potencia y por tanto es necesario tenerlo siempre en cuenta.

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



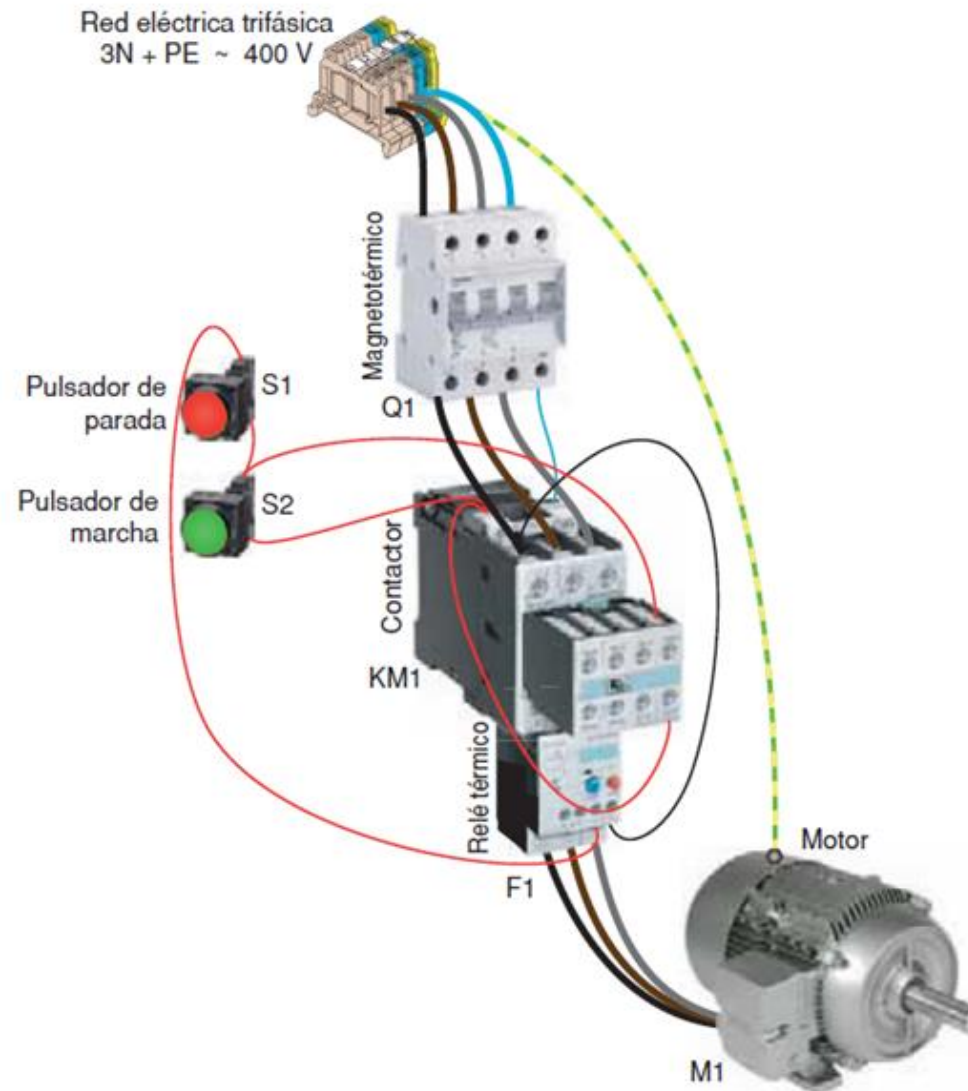
# ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR TRIFÁSICO

- Según la potencia del motor bajo la norma NB777, este tipo de arranque se tiene que realizar con potencias menores a los 5 HP



# ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR TRIFÁSICO

- Según la potencia del motor bajo la norma NB777, este tipo de arranque se tiene que realizar con potencias menores a los 5 HP



## 2.2.2.ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

### Arranque de motores de corriente alterna

Los motores eléctricos en general (tanto de alterna como de continua), en el momento del arranque deben vencer el par resistente que existe en su eje.

Esto provoca que la corriente consumida en ese instante sea muy elevada, resultando especialmente perjudicial para la máquina y el circuito que la alimenta, agravándose en motores de gran potencia.

Para evitar en todo lo posible esta sobrecorriente, se utilizan numerosas configuraciones para el arranque.

El uso de sistemas basados en automatismos industriales permiten optimizar este tipo de maniobras con gran facilidad.

## 2.2.2.ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

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.

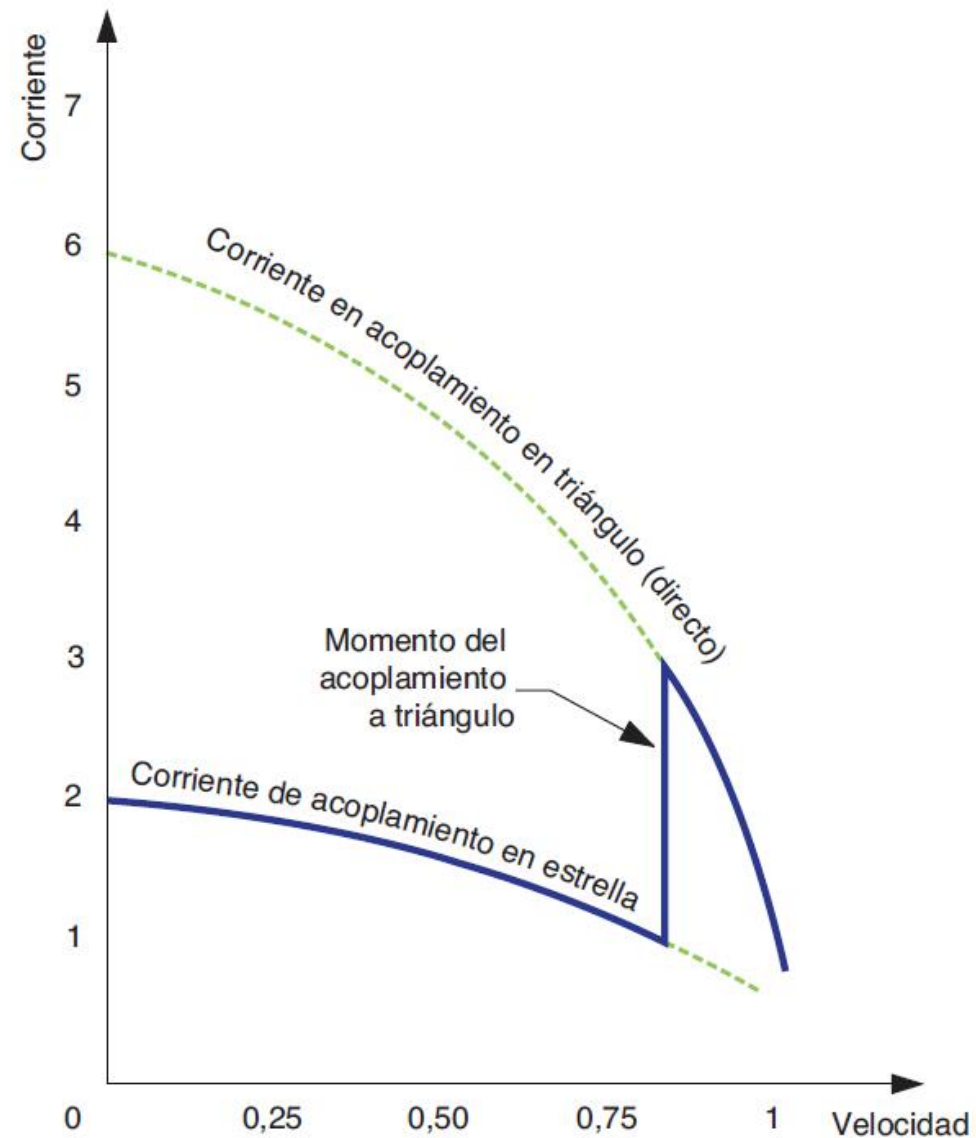
El arranque estrella/triángulo consiste en poner en marcha el motor en dos tiempos.

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.

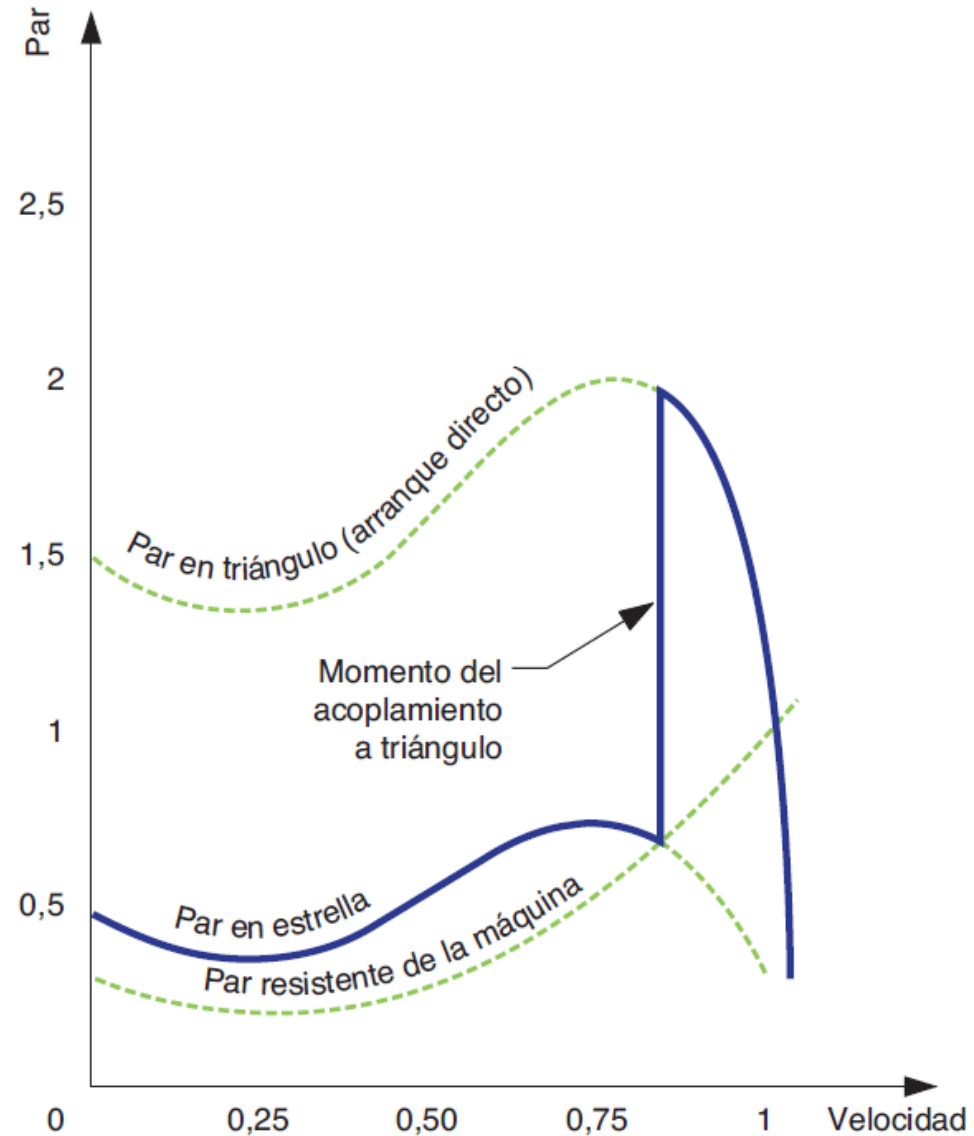
## ARRANQUE ESTRELLA/TRIÁNGULO

- Así las curvas Par-Velocidad y Corriente-Velocidad se ven afectadas de la siguiente forma:
- En el instante del arranque, al conexionar el motor en estrella, la corriente disminuye 3 veces la que consumiría si el arranque se hiciera de forma directa.



## ARRANQUE ESTRELLA/TRIÁNGULO

- Así las curvas Par-Velocidad y Corriente-Velocidad se ven afectadas de la siguiente forma:
- 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.



## 2.2.2.ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

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.

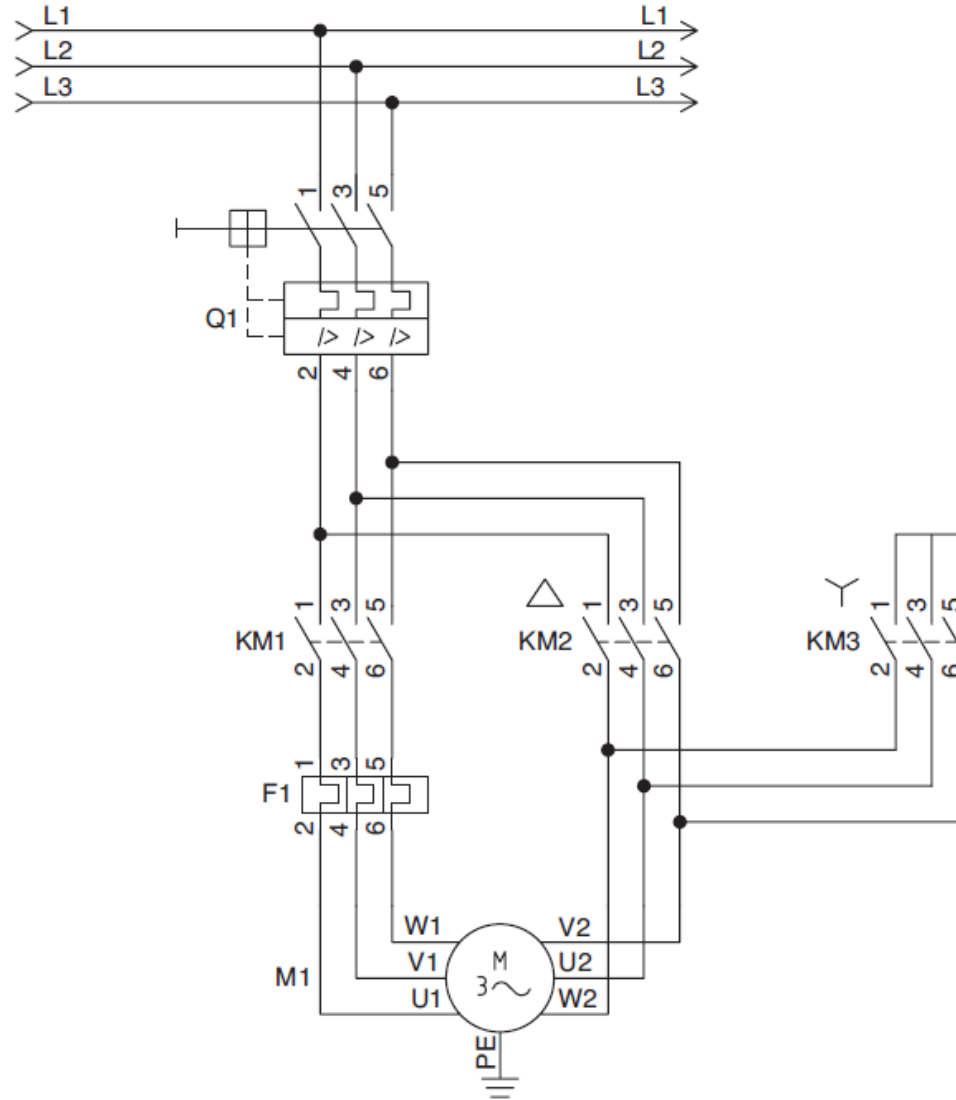
1º tiempo: en el momento de la puesta en marcha deben activarse los contactores KM1 y KM3 para que la caja de bornes quede conectada en estrella.

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

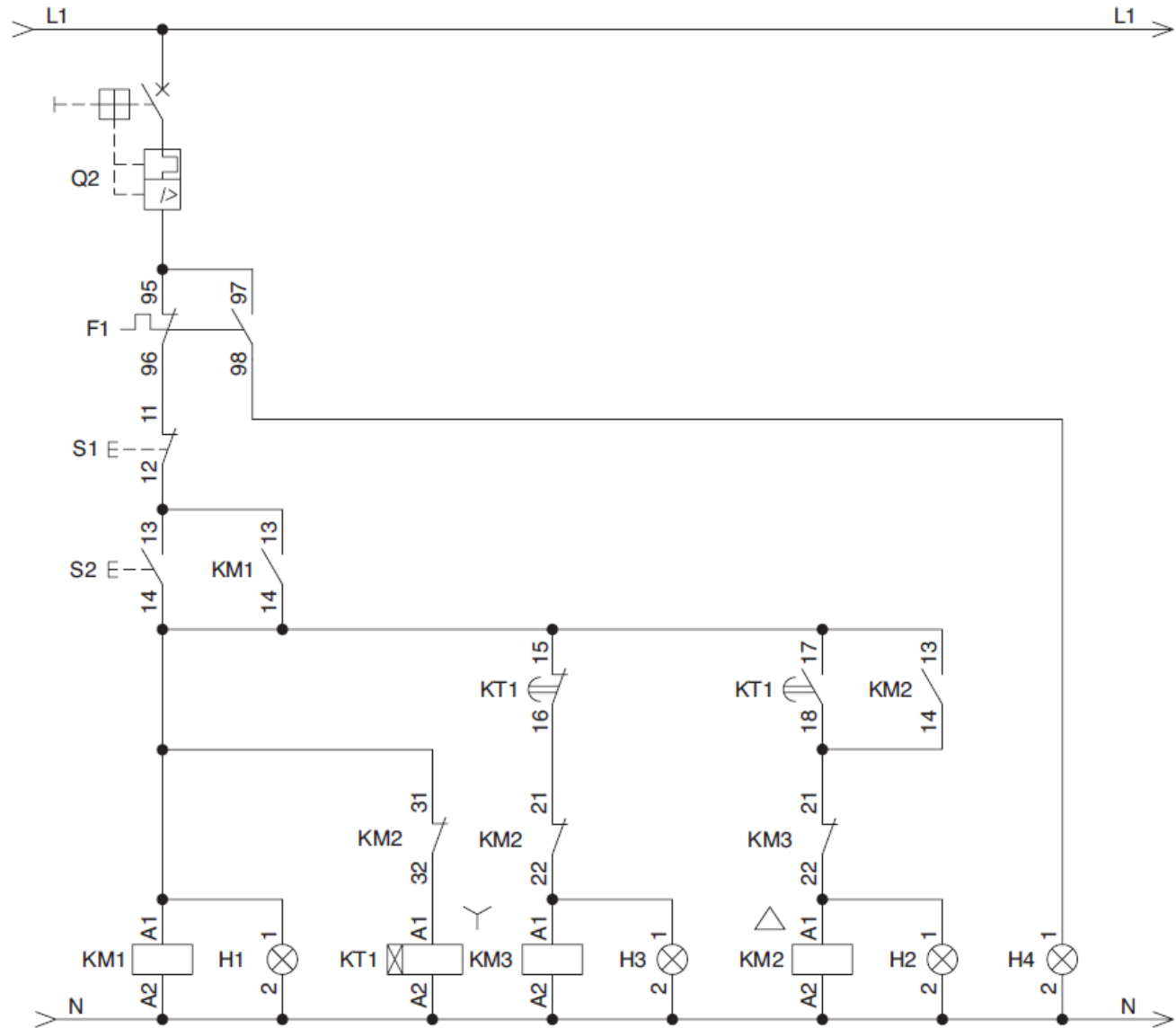
Cada vez que el motor se pone en marcha, es necesario realizar los pasos anteriores.

# ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO PARA UN MOTOR TRIFÁSICO

- Bajo la norma NB777, cuando los motores eléctricos superan la potencia de 5 HP, se recomienda un arranque a tension reducida, como ser el arranque Estrella - Triángulo



- Bajo la norma NB777, cuando los motores eléctricos superan la potencia de 5 HP, se recomienda un arranque a tensión reducida, como ser el arranque Estrella - Triángulo



A large orange industrial robot arm is the central focus, extending from the right side of the frame towards the left. In the background, a man wearing safety glasses and gloves is holding a handheld device, likely a remote control for the robot. The setting is a modern industrial factory with large windows and various pieces of machinery visible in the background. The image is overlaid with a blue banner at the bottom containing text.

# MUCHAS GRACIAS

[JOSEMIGUELTOROGARCIA.EDU@GMAIL.COM](mailto:JOSEMIGUELTOROGARCIA.EDU@GMAIL.COM)