

8.1. La normalización

Los esquemas eléctricos se rigen por una serie de normas, con el objetivo de que todos los elementos que intervienen en un plano sean realizados e interpretados de la misma forma, sin que puedan dar lugar a confusiones e interpretaciones incorrectas.

Estas normas las dictan una serie de organismos, que bien pueden ser nacionales o bien internacionales. Entre los organismos más importantes tenemos:

- **DIN (Instituto alemán de normalización).** La industria alemana fue la pionera en el campo de la normalización creando este organismo en 1917. Muchos otros países adoptaron normas DIN.
- **ISO (Organización internacional para la normalización).** Debido al intercambio comercial entre países, se crea en 1926 este organismo con el objeto de establecer una serie de normas de uso común.
- En España, las normas se llaman **UNE (Una norma española)**, y son creadas por **AENOR** que es la Asociación Española de Normalización.
- En América, se establecen las normas **ANSI (Instituto nacional americano de normalización)**.

Las normas se establecen en una serie de comités. Los comités son áreas de expertos en campos concretos. Hay que recordar que las normas, por ejemplo UNE, no solo se limitan al campo eléctrico, sino que abarcan todos los campos (mecánica, electrodomésticos, etc.). Entre los comités más importantes destacamos:

- **CIE:** Comité electrotécnico internacional.
- **CENELEC:** Comité europeo de la normalización electrotécnica.
- **IEEE:** Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (de origen estadounidense).

Actualmente, hay dos grandes áreas de influencia en el campo de la normalización eléctrica: las normas europeas y las normas americanas. Por tanto, a la hora de interpretar un plano eléctrico hay que saber bajo qué normas se rige. Si el área de trabajo se fija en Europa y su zona de influencia, las normas a aplicar son las europeas.

Desde el punto de vista de la representación de esquemas, estos se rigen por la norma UNE-200002-1. Otras normas importantes son la IEC 1082 y la EN 81246.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Tabla 8.1. Comparativa de símbolos

Símbolo	Normas europeas	Normas americanas
Contacto abierto		
Contacto cerrado		
Bobina		

Recuerda:

La normalización consigue utilizar la misma simbología bajo unos mismos criterios, pero no todos los países usan las mismas normas; por ejemplo, Estados Unidos respecto a Europa.

8.2. Símbolos

Todo símbolo se compone principalmente de una serie de partes:

- **Contactos.** Dependiendo del tipo de elemento, el símbolo contará con una serie de contactos principales y con otros auxiliares.

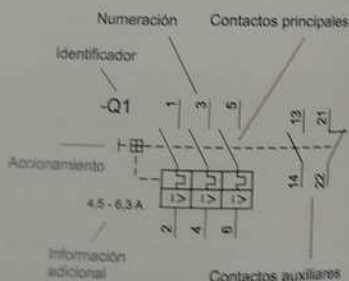


Figura 8.1. Partes del símbolo eléctrico.

- **Numeración.** Estos contactos eléctricos deben ir numerados.

Los contactos principales se numeran del 1 al 6 si son tripolares y del 1 al 8 si son tetrapolares. Colocando los números impares en la parte superior y los

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

pares en la parte inferior. En sentido descendente y de izquierda a derecha.

Los contactos auxiliares se numeran mediante dos dígitos. El primer dígito hace referencia al número de contacto dentro del elemento y el segundo dígito hace referencia a la función que realiza de la siguiente manera:

- 1-2: para los contactos normalmente cerrados.
- 3-4: para los contactos normalmente abiertos.
- 5-6: para contactos normalmente cerrados de función especial, como contactos temporizados, térmicos, etcétera.
- 7-8: para contactos normalmente abiertos de función especial, como contactos temporizados, térmicos, etcétera.
- 9: para los contactos auxiliares de los relés de protección contra sobrecargas (relé térmico), seguido de los pares 5-6 (cerrado) y 7-8 (abierto).

Las bobinas de los relés se numeran por los pares A1-A2. Si son bobinas de doble bobinado, A1-A2 y B1-B2.

Las líneas de alimentación se numeran, para las fases: L1-L2-L3, para el neutro N, y para la línea de protección de puesta a tierra PE.

Recuerda:

La numeración de los contactos es importante para realizar el montaje y que el cableado se realice correctamente y libre de errores.

- **Identificador.** Es el nombre del símbolo que permite diferenciarlo de cualquier otro. La designación del dispositivo eléctrico se compone de un conjunto de letras y números. Así, por ejemplo, el primer fusible de un circuito recibe el identificador -F1. Hay ocasiones en las cuales es posible incluir una segunda letra para indicar una función. Por ejemplo, un primer relé recibe la identificación -K1, pero un segundo relé temporizador recibiría la identificación -KT2 (T de temporizador).

Saber más

Actualmente, la codificación de la identificación de los dispositivos se rige por la norma EN 81346, aunque todavía es muy común seguir viéndolas según la norma IEC 750.

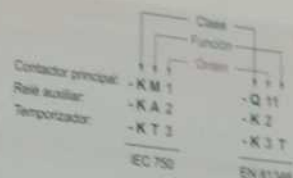


Tabla 8.2. Comparativa de normas de identificación

Norma IEC 750	Ejemplo para aparatos eléctricos	Norma EN 81346
A	Conjuntos de objetos	A
B	Convertidores de señal	T
C	Condensadores	C
D	Dispositivos de memoria	C
E	Filtros electrostáticos	V
F	Disparadores bimetalicos	F
F	Presostatos	B
F	Fusibles (para corrientes débiles, HI, de señales)	F
G	Convertidores de frecuencia	T
G	Generadores	G
G	Arrancadores suaves	T
G	SAI	G
H	Lámparas	E
H	Aparatos de señalización ópticos y acústicos	P
H	Columnas de señalización	P
K	Relés auxiliares	K
K	Contacto auxiliar	K
K	Contacto semiconductor	T
K	Contacto de potencia	Q
K	Relés temporizadores	K
L	Bobinas de inductancia	R
M	Motores	M
N	Amplificadores de aislamiento, amplificadores de inversión	T
Q	Interruptores seccionadores	Q

Norma EN 60417	Simbolo para aparatos eléctricos	Norma EN 60418
Q	Interruptores automáticos para protección	Q
Q	Interruptores protectores de motor	Q
Q	Conmutadores estrella-triángulo	Q
Q	Seccionadores	Q
R	Resistencia de ajuste	R
R	Resistor de precisión	R
R	Resistencia de calefacción	R
S	Ajustes de mando	S
S	Pulsadores	S
S	Interruptores de posición	S
T	Transformadores de tensión	T
T	Transformadores de intensidad	T
T	Transformadores	T
U	Transformadores de frecuencia	T
V	Diodos	R
V	Rectificadores	T
V	Transistores	K
Z	Filtros CEM	K
Z	Dispositivos supresores de interferencias y de amortiguación de chispas	F

Un elemento eléctrico (según norma EN 61346-1) se define por varios campos (dispositivo, lugar y función). En los esquemas simples (de un único nivel) basta con colocar el tipo de producto, pero en instalaciones de cierta envergadura (de varios niveles o multinevel) es necesario indicar el resto de identificadores:

Campo	Signo	
Producto	-	Obligado
Ubicación	+	Opcional
Función	=	Opcional

En la Figura 8.2(a), se muestra, a modo de ejemplo, la designación de un elemento, en este caso la bobina de un relé, la cual consta del tipo de producto (K1) y su lugar de instalación (A1). En la Figura 8.2(b), se indica que el esquema pertenece al lugar A1 y el dispositivo K1, al no llevar más identificación, pertenece por defecto a este lugar.

- **Accionamiento.** Los símbolos, según el caso, indican el modo de accionamiento. Existen accionamientos de tipo automático (disparo por sobrecorriente, etc.) y otros accionamientos de tipo manual (palanca, interruptor, tirador, etc.).
- **Información adicional.** Pueden incorporar otra información, tal como la función que realizan (por ejemplo, interruptor general) o los datos técnicos (por ejemplo, la corriente nominal o la sección de los cables, etc.).

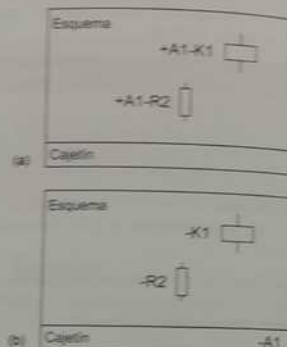


Figura 8.2. Referencia de elementos en esquema eléctrico.

Un símbolo no tiene por qué llevar todas esas partes, se adaptará según el tipo de símbolo, esquema o información que sea necesaria transmitir.

8.3. Los esquemas eléctricos

Los esquemas eléctricos son la representación gráfica de una instalación eléctrica en la cual quedan perfectamente indicados los elementos eléctricos que la integran y la relación entre todos ellos.

Cuando un esquema eléctrico se plasma sobre papel, este debe cumplir con una serie de normas.

Las dimensiones de los planos deben estar normalizadas y existen varias clases de formatos. Los formatos hacen referencia las dimensiones (largo x alto). Las clases más utilizadas vienen de las normas alemanas DIN, existiendo básicamente tres tipos: clases A, B y C.

La más utilizada es la clase A, la cual parte de una superficie de 1 m², con dimensiones de 841 mm x 1189 mm.

Este formato recibe el nombre de DIN-A0. Las siguientes subdivisiones son la mitad de la anterior, así un formato DIN-A0 está formado por dos DIN-A1 y un DIN-A1 está formado por dos DIN-A2 y así sucesivamente.

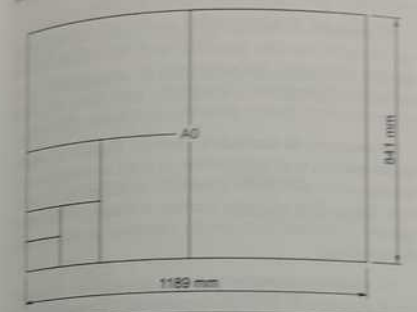


Figura 8.3. Dimensiones de los formatos DIN-A.

Las otras clases más utilizadas son la clase B (1000 mm x 1414 mm) y la clase C (917 mm x 1297 mm). Además existen versiones alargadas que se emplean para esquemas que no son muy altos pero sí muy anchos.

Todos los esquemas eléctricos llevan un cajetín en el cual se proporciona información de índole administrativa (título del plano, cliente, autor, fecha, número de planos, etc.).

Alrededor del plano y limitrofe con sus márgenes, se suele incluir unas coordenadas de tipo cartesiano. El eje de abscisas se ordena por números de izquierda a derecha y en el eje de ordenadas por letras siguiendo un orden de arriba a abajo. El motivo de emplear este sistema de coordenadas es para poder localizar cualquier elemento con facilidad.

En la Figura 8.6, se representa un plano eléctrico el cual está rodeado de un sistema de ejes cartesianos. Por ejemplo, el motor está situado en las coordenadas C1 y el pulsador de paro -S1 (cerrado) está en las coordenadas A2.

► Recuerda:

Aunque el formato más utilizado es el DIN-A4, existen muchos más que se emplean cuando son necesarios. En estos casos se tiene la serie B (B0 de 1000 x 1414 mm) y la serie C (C0 de 917 x 1297 mm). Excepcionalmente la norma permite utilizar formatos especiales y excepcionales para la representación de piezas alargadas. Estos formatos se obtienen multiplicando por 2, 3, 4, etc., e incluso hasta 9 veces las dimensiones del lado corto de un formato.

8.3.1. Tipos de representación

Existen dos tipos o formas de representación de los esquemas eléctricos, en función del número de hilos a dibujar.

- **Representación unifilar.** En este tipo de esquemas, solo se representa un hilo hilo conductor entre todos los elementos. Se emplea en esquemas muy sencillos y la idea es transmitir simplicidad y claridad en el dibujo.



Figura 8.4. Representación unifilar.

- **Representación multifilar.** En este tipo de esquemas, se representan todos y cada uno de los conductores eléctricos. Es un tipo de representación completa y el objetivo es no dejar lugar a ninguna duda sobre su implantación.



Figura 8.5. Representación multifilar.

En los esquemas de automatismos eléctricos se emplea mayoritariamente el tipo de representación multifilar.

Cuando un proyecto eléctrico es de gran envergadura, se divide el esquema en varios planos. Normalmente, el criterio de la división se basa en bloques de funciones: circuito de alimentación, circuito de seguridad, circuito del automatismo programable, funciones que realizan los diferentes motores, etcétera.

Dividir un esquema en varios planos tiene otra ventaja, el mantenimiento de ese proyecto. Si en un futuro se debe volver a utilizar este proyecto pero hay modificaciones en una parte, solo se debe modificar esa parte en concreto, lo que se traduce en rapidez de diseño y en seguridad, puesto que se ha comprobado previamente que el sistema funciona correctamente.

8.3.2. El esquema de conjunto

El esquema de conjunto representa en un único plano todos los elementos que componen el circuito de manera multifilar.

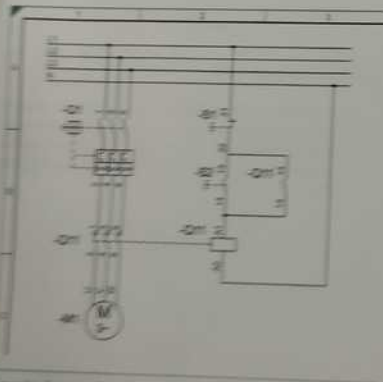


Figura 8.10. Esquema de conjunto.

Este tipo de esquema se emplea en aquellos casos cuando el número de elementos es muy pequeño. Cuando la complejidad aumenta, este tipo de esquemas no son muy útiles, siendo necesario para clarificar la visión, el dividir el esquema en dos partes dependiendo de la función que realizan: parte de fuerza y parte de mando o maniobra.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

8.3.3. El esquema de fuerza y de maniobra

Cuando el esquema aumenta en tamaño y complejidad es más útil dividir ese esquema de conjunto en dos partes: el esquema de fuerza y el esquema de maniobra.

El **esquema de fuerza** representa a todos los elementos que requieren una alta demanda energética (como son los motores eléctricos), sus elementos de conmutación (contactores) y de seguridad (disyuntores, relés térmicos). Estos elementos son el motivo principal del circuito eléctrico.

El **esquema de maniobra**, también llamado de **esquema de mando**, es el que contiene el resto de elementos que son necesarios para poder gobernar correctamente el circuito de fuerza. Este esquema también contiene los diferentes aparatos de medida junto con los elementos de señalización de maniobras.

La alimentación eléctrica de los dispositivos del esquema de maniobra es de pequeña potencia. La tensión se puede tomar de la misma red de alimentación de fuerza o bien puede ser de menor valor empleando un transformador o una fuente de alimentación.

Cuando el esquema eléctrico es de reducidas dimensiones se puede emplear un mismo plano (hoja) en el cual están los esquemas de fuerza y de maniobra. Sin embargo, en ocasiones y cuando la complejidad del circuito eléctrico es grande, es normal que se emplee más de un plano que irán en hojas diferentes.

Con objeto de clarificar los esquemas y siempre que se pueda, cada tipo de elemento tiene una posición en los planos.

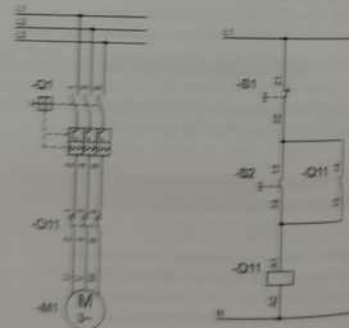


Figura 8.11. Esquema de fuerza.

Figura 8.12. Esquema de maniobra.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las líneas de alimentación eléctrica del plano de maniobra se sitúan tanto en la parte superior (conductor de fase o positivo) como en la parte inferior (conductor de neutro o negativo).

Los elementos de protección eléctrica se sitúan en la parte superior del plano e inmediatamente por debajo de la línea de alimentación eléctrica.

A continuación, se colocan los elementos de los dispositivos de protección (contactos auxiliares de los relés térmicos, disyuntores, etc.).

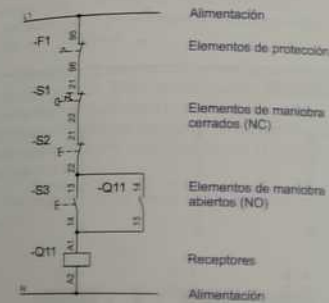


Figura 8.13. Orden en los esquemas de maniobra.

Luego van los elementos de maniobra, tales como los pulsadores de paro, marcha, realimentaciones, etc. Y con preferencia de colocar en la parte superior de esa zona a los elementos de corte (contactos cerrados).

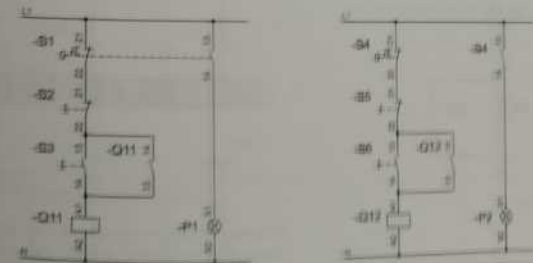


Figura 8.14. Dispositivos conjuntos de varios elementos (S1 y S4).

Los receptores eléctricos (bobinas, pilones de señalización, etc.) se colocan en la posición inferior del plano antes de la línea de alimentación de neutro o negativo en función del tipo de corriente eléctrica.

Es posible tener un elemento que, a su vez, conste de varias partes. En la Figura 8.10, los pulsadores S1 y S4 son un paro de emergencia de tipo seta, los cuales constan de dos cámaras de contactos, una cerrada y la otra abierta. En S1, para indicar que ambas se accionan a la vez, se dibujan con una línea discontinua uniendo ambas. En S4, ambas comparten el mismo identificador, pero el accionamiento se coloca en solo una de ellas.

Recuerda:

Si intercambias el orden, el circuito eléctricamente funciona, pero no se considera correcto su diseño.

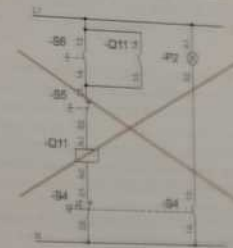


Figura 8.15. Mal diseñado.

8.4. Numeración de conductores

A la hora de realizar el montaje y el mantenimiento de una instalación de automatismos eléctricos es importante el poder identificar correctamente y de una manera rápida los diferentes conductores que lo componen.

Existen varias técnicas de realizar esa numeración. La numeración única de hilos es más sencilla y consiste en asignar un número a cada conductor (Figura 8.12).

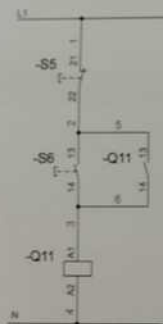


Figura 8.12. Numeración única de conductor.

Una simplificación de este método es la **numeración por potencial** que consiste en asignar el mismo número a los cables que concurren en un mismo punto de conexión (Figura 8.13).



Figura 8.13. Numeración por conexión.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

Una unión de cables se puede representar de varias formas de conexión (Figura 8.14). En este ejemplo tenemos tres puntos unidos por dos cables, pero no se sabe cómo se ha realizado dicha unión, ¿A-B y A-C; o A-B y B-C; o A-C y B-C? Se puede indicar gráficamente la forma de realizar dicha unión simplemente girando el cable hacia la dirección correcta, como se indica en la Figura 8.15.

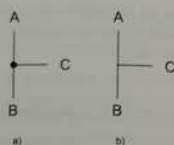


Figura 8.14. Uniones.

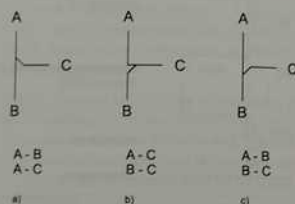


Figura 8.15. Uniones con dirección.

Una unión no solo se indica por un punto, sino que puede indicarse también la dirección del cable (Figura 8.16).

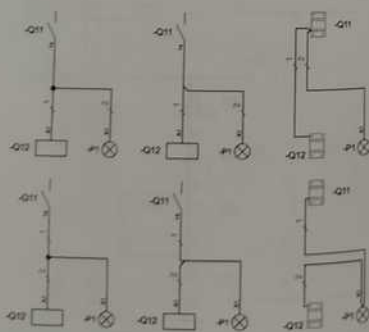


Figura 8.16. Uniones y su numeración de cables.

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

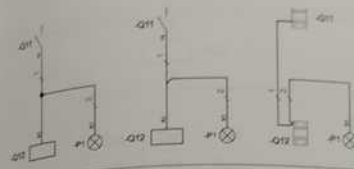


Figura 8.16. Uniones y su numeración de cables (continuación).

No existe una única forma de numerar. La numeración puede ser consecutiva o no. Y puede seguir un patrón, por ejemplo: «hoja - número de conductor», siendo 2.41 (hoja 2, conductor 41). Y puede emplear una serie de dígitos fijos: 02.041 (2 y 3 dígitos).

Físicamente, la numeración se realiza con una serie de anillas o etiquetas. Estas anillas pueden incorporar ya la numeración y permiten que se puedan colocar varias anillas para formar el número deseado o bien permiten añadir la numeración mediante una etiqueta que se imprime desde una impresora.

Esta numeración se aplica en los extremos de los conductores.



Figura 8.17. Numeración de conductores con anillas.

Existe otra forma de marcar los cables que consiste en indicar a dónde se conectará el conductor. Por ejemplo, en la Figura 8.18, ese extremo del conductor se conectará en el borne 13 del relé K1.

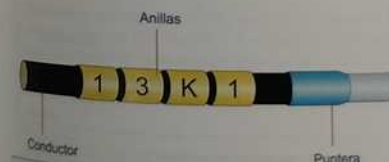


Figura 8.18. Numeración de conductores mediante destino.

El inconveniente de este sistema es que un conductor no posee un número, cada extremo tiene su etiqueta, siendo diferente en cada extremo. Pero la gran ventaja es que no es necesario tener a mano los esquemas para poder realizar el montaje o el mantenimiento.

Existe otro método que es una mezcla de ambos, es decir cada cable tiene su número, pero además se añade el destino, por ejemplo 3-152, que indica que el cable es el número 3 y que se conecta al borne 1 del pulsador S2.

Recuerda:

Al realizar un montaje eléctrico, se deben numerar todos los extremos de los cables y añadir punteras. Para ello se pueden utilizar las anillas de numeración. Estas anillas ya vienen impresas con diferentes signos. Existen anillas según el diámetro del conductor.

8.5. Referencias cruzadas

Las referencias cruzadas es un método de localización de elementos dentro de un esquema o conjunto de esquemas eléctricos.

Un símbolo eléctrico se puede componer de varias partes y cada una de esas partes se puede colocar en diferentes lugares del plano. Por ejemplo, un contactor se compone de unos contactos de fuerza (que se colocarán en el esquema de fuerza) y de varios contactos auxiliares (que se colocarán según las necesidades, separados por el plano de maniobra). Para poder localizar todas estas partes, se recurre a las referencias cruzadas. Se denominan cruzadas porque cada parte indica dónde está situada la otra.

Existen dos formas de representar las referencias cruzadas:

- **En formato gráfico.** Las referencias cruzadas se indican debajo de las bobinas de los relés y contactores mediante el símbolo de los contactos junto con las coordenadas de situación.

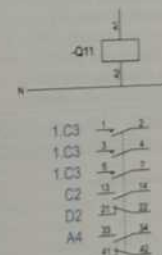


Figura 8.19. Referencias en formato gráfico.

- **En formato tabla.** Las referencias cruzadas se indican debajo de las bobinas de los relés y contactores mediante una tabla en la cual se indican los tipos de contactos (abiertos y cerrados) junto con las coordenadas de posición.

Al indicar las referencias cruzadas, tanto en formato gráfico como en formato tabla, se pueden indicar solamente los contactos empleados o bien indicar todos ellos. Los que no se emplean no tienen su correspondiente referencia cruzada.

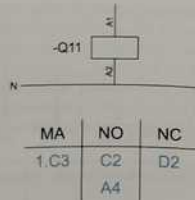


Figura 8.20. Referencias en formato tabla.

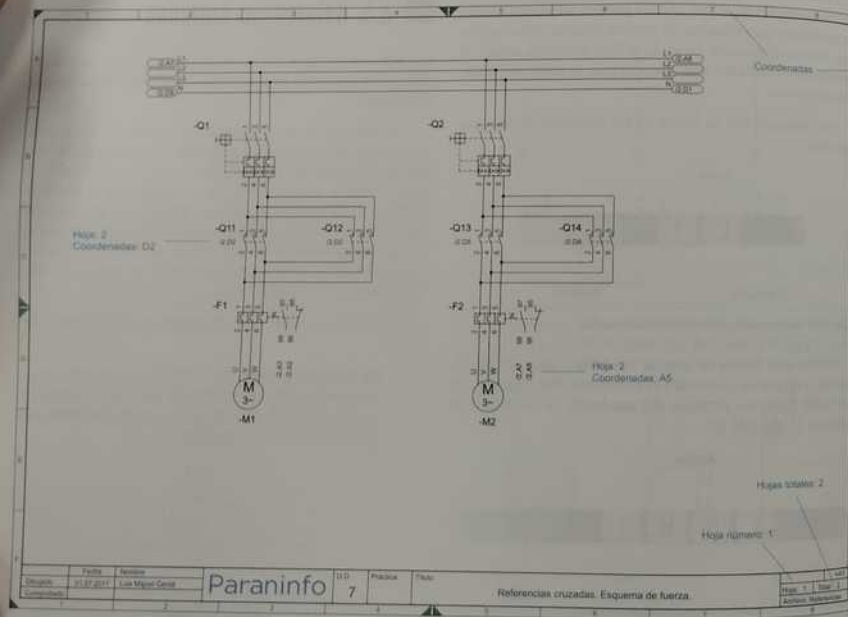


Figura 8.21. Hoja 1, Esquema de fuerza.

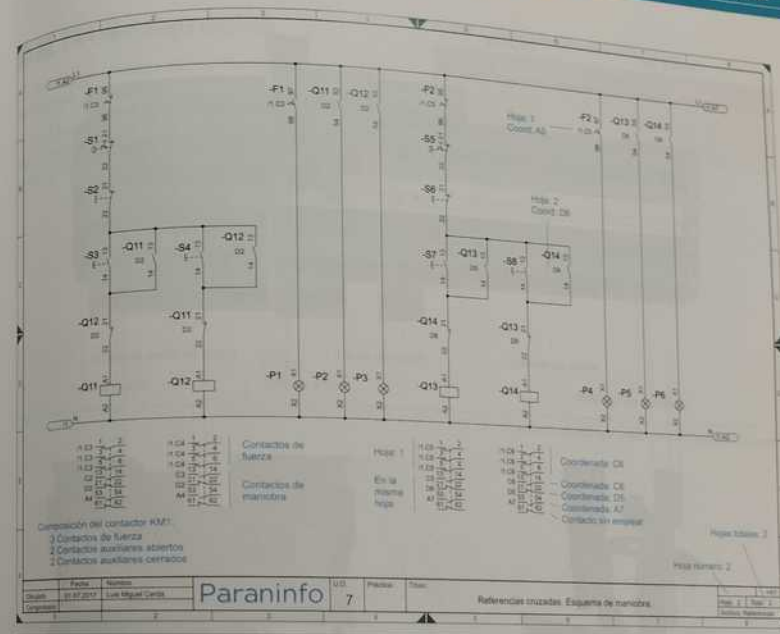


Figura 8.22. Hoja 2, Esquema de maniobra.

8.6. Bornero

Un bornero o regletero es el elemento de unión entre los elementos internos del cuadro y los elementos externos. Existen dispositivos (pulsadores, pilotos de señalización, motores, etc.) que no van situados en la placa de montaje del cuadro eléctrico. Por tanto, es necesario ubicar el punto de unión.

Físicamente, un bornero es un conjunto de bornes o terminales de conexión. La conexión del cableado puede ser con apriete a tornillo o a presión (Figura 8.24).

Existe una gran variedad de modelos tanto en la forma física como en los colores. Los colores van acorde al tipo de cableado: fase, neutro, toma de tierra, positivo, negativo. Los bornes, con el objeto de reducir su tamaño, por un lateral van abiertos, por lo que es necesario añadir una tapa

final que se encargue de aislar eléctricamente el último terminal de la fila (Figura 8.25).

Además, los bornes están preparados para poder añadir una serie de etiquetas para tener perfectamente identificado cada borne. Así mismo, cuentan con unos puntos de conexión para poder incorporar unos peines de conexión. Los peines de conexión son unos elementos que permiten la conexión entre varios bornes directamente en lugar de cablear (Figura 8.26).

Estos bornes van montados sobre un carril normalizado.

Los borneros se dividen en función del cometido, es decir que un montaje no consta de un único bornero. Se suele poner al menos dos borneros, uno para los elementos de fuerza (entrada de alimentación eléctrica, motores, etc.) y otro para los elementos de maniobra (pulsadores, pilotos de señalización, etc.).

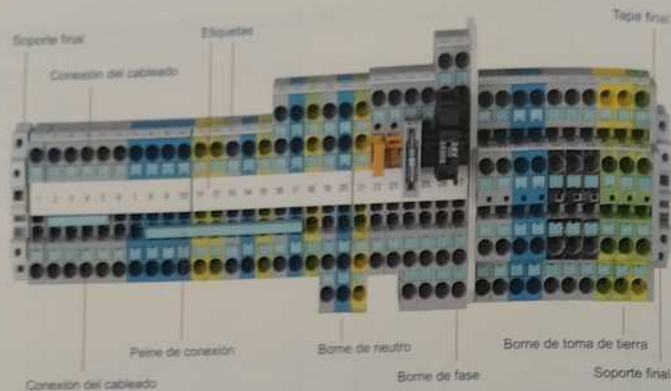


Figura 8.21. Ejemplo de un bornero. (Cortesía de Siemens.)



Figura 8.24. Conexión a presión. (Cortesía de Siemens.)

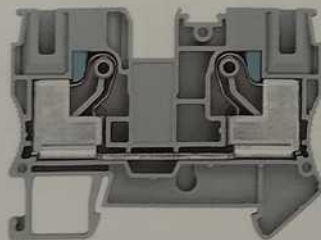


Figura 8.25. Borne vista lateral. (Cortesía de Siemens.)

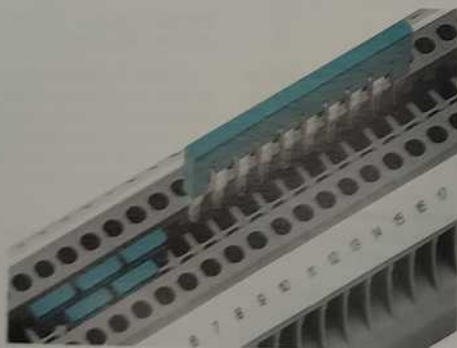


Figura 8.26. Conexión de presión. (Cortesía de Siemens.)

8.6.1. Simbología eléctrica

La simbología eléctrica que representa al bornero es como la mostrada en la Tabla 8.3.

Los bornes se identifican con la letra identificativa X más el número del bornero, junto a ella se añade otro número que es la posición en el bornero.

Tabla 8.3. Representación gráfica de los bornes

Elemento	Símbolo
Borne	-X-

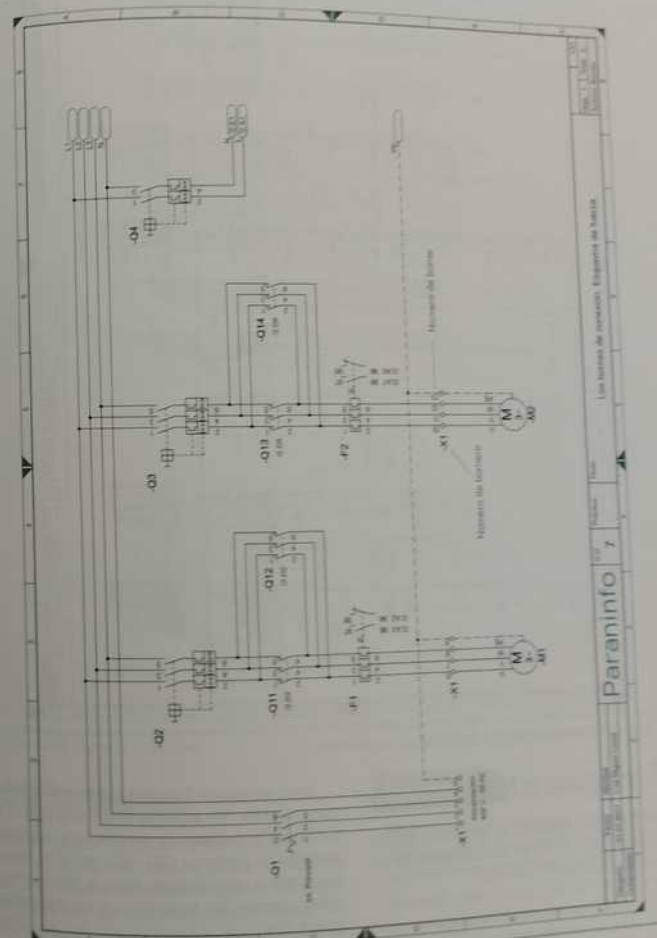


Figura 8.27. Esquema de fuerza. Representación con sus bornes.

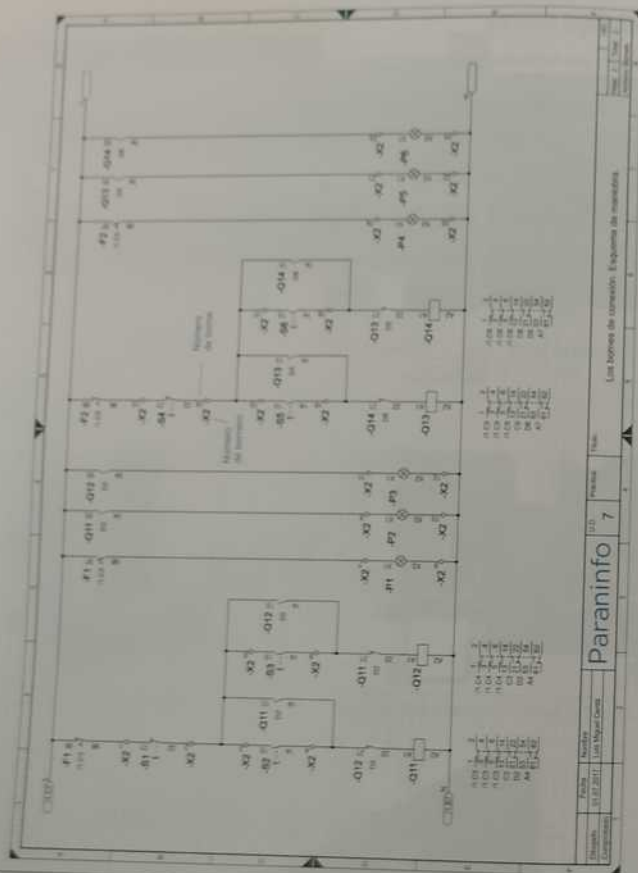


Figura 8.28. Esquema de manobra. Representación con sus bornes.

8.6.2. Los esquemas de borneros

El esquema del bornero o **regletero** es una forma gráfica en la cual se muestra cómo deben ser las conexiones de los elementos externos con el cuadro eléctrico.

Estos esquemas facilitan el correcto montaje ya que son muy visuales. Su aspecto físico dependerá del programa CAD que se emplee. Se proporciona información sobre la cantidad de borneros (X1, X2, etc.); el número de borne; los destinos del cableado tanto a nivel interno del cuadro como externo; las mangueras y su composición; etc. (Figura 8.29).

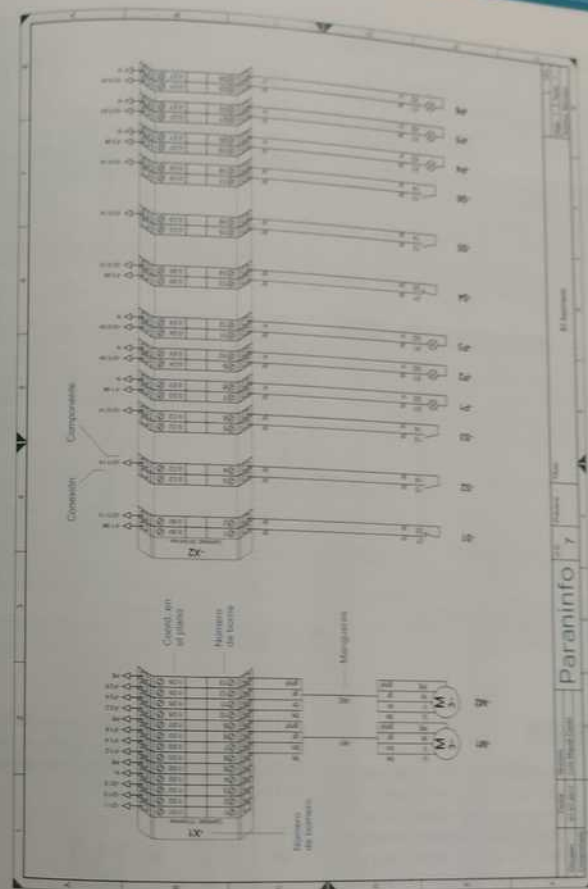


Figura 8.29. Esquema del bornero.

8.6.3. La lista de bornero

La lista de bornero es otra forma de proporcionar información sobre el bornero, en este caso en forma de tabla. Se proporciona casi la misma información que en los esquemas de bornero, incluso en algunos casos puede ser más exhaustiva (Figura 8.30).

Saber más

En los proyectos eléctricos siempre se proporciona información sobre la composición del bornero, que puede ser en forma de esquema y/o en forma de lista.

No están estandarizadas las formas de llevar a cabo esta tarea, pero la información a reflejar es la explicada y es decisión del proyectista eléctrico el cómo plasmarla.

Figure 8.30: Lista de bornos

8.7. Mangueras

Una manguera es un conjunto de cables eléctricos que guardan una relación entre todos ellos, por ejemplo llevar alimentación eléctrica a un motor. Este conjunto de cables, normalmente, van físicamente bajo una misma cubierta protectora aunque puede darse el caso de ir unidos bajo algún elemento de fijación como bridas o espirales de fijación.

El marcado para la identificación de una manguera se realiza sobre la propia manguera, pero a su vez también se debe identificar cada uno de los cables que la componen.



Figura 8.31. Tipos de manguera.

Las mangueras se identifican con la letra W seguida de un número de orden y junto a ella se indican los cables. Gráficamente, se pueden representar de varias maneras (Figura 8.32).

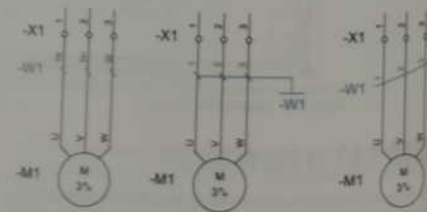


Figura 8.32. Ejemplos de representación de mangueras.

En la Figura 8.32 se han representado las diferentes formas de señalar una manguera. En este ejemplo se ha conectado un motor trifásico (MI) a un bornero (X1) me-

diante una manguera (W1). Los cables de la manguera se pueden identificar por números (en este caso, 1, 2 y 3) o por letras (por ejemplo, bk, bn y gy, que hacen referencia a los colores de estos).

El número de cables que componen una manguera se debe ajustar a las necesidades presentes o futuras, aunque hay casos en los cuales al recurrir a una manguera comercial no existen de esa cantidad exacta, en estos casos quedarán cables sin utilizar.

8.8. Materiales en los esquemas eléctricos

Para llevar a cabo el diseño y posterior montaje de una instalación de automatismos, se debe especificar en los planos qué material es el que se va emplear. Existen dos tipos de listas relacionadas con el material: la lista de materiales y la lista de pedidos.

8.8.1. Lista de materiales

La lista de materiales es una relación de todos los materiales que se necesitarán. Es importante que se detalle con los códigos del proveedor de tal manera que no dé lugar a interpretaciones erróneas.

En la lista de materiales, aparte de los materiales que se emplean, se debe incluir información sobre cómo localizar su posición en los planos (hojas y coordenadas), así como en qué lugar de la instalación se ubicarán (datos de lugar).

En la Figura 8.33 se ha representado un ejemplo de una lista de materiales de un proyecto.

8.8.2. Lista de pedidos

De cara al departamento encargado de compras, es importante la lista de pedidos, la cual se confecciona partiendo de la lista de materiales. En esta lista, los pedidos se encuentran agrupados por fabricante y por la cantidad necesaria de

Figure 8.33: Lista de materiales

Figura 8.33. Ejemplo de lista de materiales de un proyecto.

Lista de pedido de materiales									
Nº	Cant.	Artículo	Al.	Descripción	Tipo	Fabricante	Precio	Precio E	
1	1	21100	1	CPU 312C	EM	SIEMENS			
2	1	21101	1	21101	EM	SIEMENS			
3	1	21102	1	21102	EM	SIEMENS			
4	1	21103	1	21103	EM	SIEMENS			
5	1	21104	1	21104	EM	SIEMENS			
6	1	21105	1	21105	EM	SIEMENS			
7	1	21106	1	21106	EM	SIEMENS			
8	1	21107	1	21107	EM	SIEMENS			
9	1	21108	1	21108	EM	SIEMENS			
10	1	21109	1	21109	EM	SIEMENS			
11	1	21110	1	21110	EM	SIEMENS			
12	1	21111	1	21111	EM	SIEMENS			
13	1	21112	1	21112	EM	SIEMENS			
14	1	21113	1	21113	EM	SIEMENS			
15	1	21114	1	21114	EM	SIEMENS			
16	1	21115	1	21115	EM	SIEMENS			
17	1	21116	1	21116	EM	SIEMENS			
18	1	21117	1	21117	EM	SIEMENS			
19	1	21118	1	21118	EM	SIEMENS			
20	1	21119	1	21119	EM	SIEMENS			
21	1	21120	1	21120	EM	SIEMENS			
22	1	21121	1	21121	EM	SIEMENS			
23	1	21122	1	21122	EM	SIEMENS			
24	1	21123	1	21123	EM	SIEMENS			
25	1	21124	1	21124	EM	SIEMENS			
26	1	21125	1	21125	EM	SIEMENS			
27	1	21126	1	21126	EM	SIEMENS			
28	1	21127	1	21127	EM	SIEMENS			
29	1	21128	1	21128	EM	SIEMENS			
30	1	21129	1	21129	EM	SIEMENS			
31	1	21130	1	21130	EM	SIEMENS			
32	1	21131	1	21131	EM	SIEMENS			
33	1	21132	1	21132	EM	SIEMENS			
34	1	21133	1	21133	EM	SIEMENS			
35	1	21134	1	21134	EM	SIEMENS			
36	1	21135	1	21135	EM	SIEMENS			
37	1	21136	1	21136	EM	SIEMENS			
38	1	21137	1	21137	EM	SIEMENS			
39	1	21138	1	21138	EM	SIEMENS			
40	1	21139	1	21139	EM	SIEMENS			
41	1	21140	1	21140	EM	SIEMENS			
42	1	21141	1	21141	EM	SIEMENS			
43	1	21142	1	21142	EM	SIEMENS			
44	1	21143	1	21143	EM	SIEMENS			
45	1	21144	1	21144	EM	SIEMENS			
46	1	21145	1	21145	EM	SIEMENS			
47	1	21146	1	21146	EM	SIEMENS			
48	1	21147	1	21147	EM	SIEMENS			
49	1	21148	1	21148	EM	SIEMENS			
50	1	21149	1	21149	EM	SIEMENS			
51	1	21150	1	21150	EM	SIEMENS			
52	1	21151	1	21151	EM	SIEMENS			
53	1	21152	1	21152	EM	SIEMENS			
54	1	21153	1	21153	EM	SIEMENS			
55	1	21154	1	21154	EM	SIEMENS			
56	1	21155	1	21155	EM	SIEMENS			
57	1	21156	1	21156	EM	SIEMENS			
58	1	21157	1	21157	EM	SIEMENS			
59	1	21158	1	21158	EM	SIEMENS			
60	1	21159	1	21159	EM	SIEMENS			
61	1	21160	1	21160	EM	SIEMENS			
62	1	21161	1	21161	EM	SIEMENS			
63	1	21162	1	21162	EM	SIEMENS			
64	1	21163	1	21163	EM	SIEMENS			
65	1	21164	1	21164	EM	SIEMENS			
66	1	21165	1	21165	EM	SIEMENS			
67	1	21166	1	21166	EM	SIEMENS			
68	1	21167	1	21167	EM	SIEMENS			
69	1	21168	1	21168	EM	SIEMENS			
70	1	21169	1	21169	EM	SIEMENS			
71	1	21170	1	21170	EM	SIEMENS			
72	1	21171	1	21171	EM	SIEMENS			
73	1	21172	1	21172	EM	SIEMENS			
74	1	21173	1	21173	EM	SIEMENS			
75	1	21174	1	21174	EM	SIEMENS			
76	1	21175	1	21175	EM	SIEMENS			
77	1	21176	1	21176	EM	SIEMENS			
78	1	21177	1	21177	EM	SIEMENS			
79	1	21178	1	21178	EM	SIEMENS			
80	1	21179	1	21179	EM	SIEMENS			
81	1	21180	1	21180	EM	SIEMENS			
82	1	21181	1	21181	EM	SIEMENS			
83	1	21182	1	21182	EM	SIEMENS			
84	1	21183	1	21183	EM	SIEMENS			
85	1	21184	1	21184	EM	SIEMENS			
86	1	21185	1	21185	EM	SIEMENS			
87	1	21186	1	21186	EM	SIEMENS			
88	1	21187	1	21187	EM	SIEMENS			
89	1	21188	1	21188	EM	SIEMENS			
90	1	21189	1	21189	EM	SIEMENS			
91	1	21190	1	21190	EM	SIEMENS			
92	1	21191	1	21191	EM	SIEMENS			
93	1	21192	1	21192	EM	SIEMENS			
94	1	21193	1	21193	EM	SIEMENS			
95	1	21194	1	21194	EM	SIEMENS			
96	1	21195	1	21195	EM	SIEMENS			
97	1	21196	1	21196	EM	SIEMENS			
98	1	21197	1	21197	EM	SIEMENS			
99	1	21198	1	21198	EM	SIEMENS			
100	1	21199	1	21199	EM	SIEMENS			
101	1	21200	1	21200	EM	SIEMENS			
102	1	21201	1	21201	EM	SIEMENS			
103	1	21202	1	21202	EM	SIEMENS			
104	1	21203	1	21203	EM	SIEMENS			
105	1	21204	1	21204	EM	SIEMENS			
106	1	21205	1	21205	EM	SIEMENS			
107	1	21206	1	21206	EM	SIEMENS			
108	1	21207	1	21207	EM	SIEMENS			
109	1	21208	1	21208	EM	SIEMENS			
110	1	21209	1	21209	EM	SIEMENS			
111	1	21210	1	21210	EM	SIEMENS			
112	1	21211	1	21211	EM	SIEMENS			
113	1	21212	1	21212	EM	SIEMENS			
114	1	21213	1	21213	EM	SIEMENS			
115	1	21214	1	21214	EM	SIEMENS			
116	1	21215	1	21215	EM	SIEMENS			
117	1	21216	1	21216	EM	SIEMENS			
118	1	21217	1	21217	EM	SIEMENS			
119	1	21218	1	21218	EM	SIEMENS			
120	1	21219	1	21219	EM	SIEMENS			
121	1	21220	1	21220	EM	SIEMENS			
122	1	21221	1	21221	EM	SIEMENS			
123	1	21222	1	21222	EM	SIEMENS			
124	1	21223	1	21223	EM	SIEMENS			
125	1	21224	1	21224	EM	SIEMENS			
126	1	21225	1	21225	EM	SIEMENS			
127	1	21226	1	21226	EM	SIEMENS			
128	1	21227	1	21227	EM	SIEMENS			
129	1	21228	1	21228	EM	SIEMENS			
130	1	21229	1	21229	EM	SIEMENS			
131	1	21230	1	21230	EM	SIEMENS			
132	1	21231	1	21231	EM	SIEMENS			
133	1	21232	1	21232	EM	SIEMENS			
134	1	21233	1	21233	EM	SIEMENS			
135	1	21234	1	21234	EM	SIEMENS			
136	1	21235	1	21235	EM	SIEMENS			
137	1	21236	1	21236	EM	SIEMENS			
138	1	21237	1	21237	EM	SIEMENS			
139	1	21238	1	21238	EM	SIEMENS			
140	1	21239	1	21239	EM	SIEMENS			
141	1	21240	1	21240	EM	SIEMENS			
142	1	21241	1	21241	EM	SIEMENS			
143	1	21242	1	21242	EM	SIEMENS			
144	1	21243	1	21243	EM	SIEMENS			
145	1	21244	1	21244	EM	SIEMENS			
146	1	21245	1	21245	EM	SIEMENS			
147	1	21246	1	21246	EM	SIEMENS			
148	1	21247	1	21247	EM	SIEMENS			
149	1	21248	1	21248	EM	SIEMENS			
150	1	21249	1	21249	EM	SIEMENS			
151	1	21250	1	21250	EM	SIEMENS			
152	1	21251	1	21251	EM	SIEMENS			
153	1	21252	1	21252	EM	SIEMENS			
154	1	21253	1	21253	EM	SIEMENS			
155	1	21254	1	21254	EM	SIEMENS			
156	1	21255	1	21255	EM	SIEMENS			
157	1	21256	1	21256	EM	SIEMENS			
158	1	21257	1	21257	EM	SIEMENS			
159	1	21258	1	21258	EM	SIEMENS			
160	1	21259	1	21259	EM	SIEMENS			
161	1	21260	1	21260	EM	SIEMENS			
162	1	21261	1	21261	EM	SIEMENS			
163	1	21262	1	21262	EM	SIEMENS			
164	1	21263	1	21263	EM	SIEMENS			
165	1	21264	1	21264	EM	SIEMENS			
166	1	21265	1	21265	EM	SIEMENS			
167	1	21266	1	21266	EM	SIEMENS			
168	1	21267	1	21267	EM	SIEMENS			
169	1	21268	1	21268	EM	SIEMENS			
170	1	21269	1	21269	EM	SIEMENS			
171	1	21270	1	21270	EM	SIEMENS			
172	1	21271	1	21271	EM	SIEMENS			
173	1	21272	1	21272	EM	SIEMENS			
174	1	21273	1	21273	EM	SIEMENS			
175	1	21274	1	21274	EM	SIEMENS			
176	1	21275	1	21275	EM	SIEMENS			
177	1	21276	1	21276	EM	SIEMENS			
178	1	21277	1	21277	EM	SIEMENS			
179	1	21278	1	21278	EM	SIEMENS			
180	1	21279	1	21279	EM	SIEMENS			
181	1	21280	1	21280	EM	SIEMENS			
182	1	21281	1	21281	EM	SIEMENS			
183	1	21282	1	21282	EM	SIEMENS			
184	1	21283	1	21283	EM	SIEMENS			
185	1	21284	1	21284	EM	SIEMENS			
186	1	21285	1	21285	EM	SIEMENS			
187	1	21286	1	21286	EM	SIEMENS			
188	1	21287	1	21287	EM	SIEMENS			

Figura 6.34. Ejemplo de lista de pedidos de un proyecto para un proveedor

cada uno de ellos. En la Figura 8.34 se muestra un ejemplo de una lista de pedidos de un proyecto para un proveedor.

Esta lista no solo es necesaria para realizar el aprovisionamiento de materiales, sino que sirve de punto de partida para realizar los presupuestos que se presentarán al cliente.

8.9. Plano de mecanizado

El plano de mecanizado, que consta de esquemas acetados y realzados a escala, se emplea para mecanizar los elementos fijos que intervienen en la instalación. Serán objeto de mecanizado tanto la placa de montaje para fijar las canalizaciones y los carriles como el armario eléctrico. Normalmente, en el armario se mecanizará la tapa para ubicar la pulsantaría así como los elementos de señalización y las pantallas de diálogo (HMI). También se suele mecanizar (en función de las necesidades) un lateral para ubicar las rejillas de ventilación y las tapas para incorporar los prensaestopos que facilitan la entrada y salida de cableado.

8.10. Distribución de materiales en el armario eléctrico

En los proyectos de automatismos eléctricos, existe otro tipo de plano que se corresponde con la distribución de los materiales en el armario eléctrico. Es importante que desde la oficina técnica se especifique cómo será esta distribución para que el técnico encargado del montaje tenga bien claro cómo debe realizarlo.

Este plano no solo es importante en la fase de montaje, sino que también es importante de cara al mantenimiento. Es decisivo en la solución de problemas eléctricos la rapidez, y parte de ella consiste en localizar eficientemente algún elemento en concreto.

En la Figura 8.38 se muestra un ejemplo de una distribución en un armario de un proveecto.

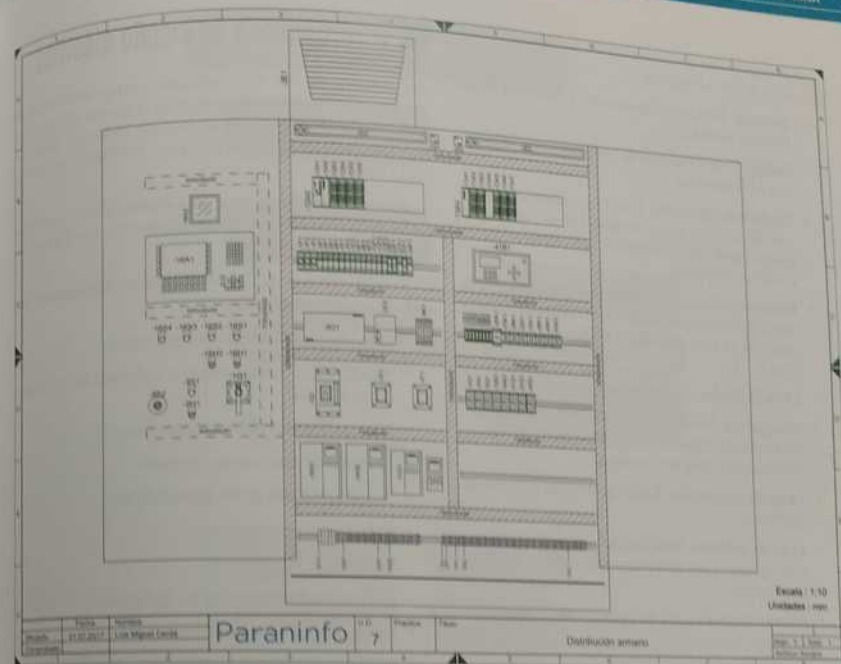


Figura 9.35. Ejemplo de distribución de materiales en el armario eléctrico de un proyecto.

■ 8.11. Proyecto eléctrico

El proyecto eléctrico es la recopilación de toda la información en un documento respecto a un montaje desde el punto de vista eléctrico.

El proyecto eléctrico es importante en cada una de sus fases.

- **Planteamiento.** Fija qué es lo que se pretende realizar y cómo se debe llevar a cabo.
- **Montaje.** Fija las normas o los procedimientos de cómo se debe llevar a cabo el montaje de cada una de las partes. De tal manera que el técnico de montaje no deba tomar ninguna decisión puesto que están previamente definidas.
- **Pedidos de materiales.** Al definirse los materiales empleados en todo el montaje, se puede obtener una lista de ellos para el departamento de almacén y compras.

- * **Montaje.** Fija las normas o los procedimientos de cómo se debe llevar a cabo el montaje de cada una de las partes. De tal manera que el técnico de montaje no deba tomar ninguna decisión puesto que están previamente definidas.

- * **Pedidos de materiales.** Al definirse los materiales empleados en todo el montaje, se puede obtener una lista de ellos para el departamento de almacén y compras.

- **Presupuestos.** Teniendo los materiales es fácil completar el presupuesto. Si la empresa encargada de realizar el diseño hace este trabajo para una tercera, esta información pasa al departamento comercial que lo tratará con el cliente.
- **Subcontratación.** En el caso de que se subcontrate alguna parte del montaje, se debe proporcionar la documentación relacionada con dicho trabajo.
- **Mantenimiento.** Para realizar un mantenimiento, tanto correctivo como preventivo, los técnicos encargados de dicha tarea deben tener toda esta información. Aparte de ello, todo armario eléctrico debe llevar en su interior los planos relacionados.
- **Ingeniería.** Los proyectos de una empresa son parte importante de sus conocimientos técnicos. Esos proyectos pueden ser la base de partida de otros trabajos, con la certeza de que están probados.

- **Subcontratación.** En el caso de que se subcontrate alguna parte del montaje, se debe proporcionar la documentación relacionada con dicho trabajo.

- **Mantenimiento.** Para realizar un mantenimiento, tanto correctivo como preventivo, los técnicos encargados de dicha tarea deben tener toda esta información. Aparte de ello, todo armario eléctrico debe llevar en su interior los planos relacionados.

- **Ingeniería.** Los proyectos de una empresa son parte importante de sus conocimientos técnicos. Esos proyectos pueden ser la base de partida de otros trabajos, con la certeza de que están probados.

Básicamente, un proyecto eléctrico se compone de los siguientes planos o esquemas:

- **Portada.** Indica principalmente el cliente, el título, la fecha, etcétera.
- **Índice.** Es una relación de los planos que se incluyen en el proyecto.
- **Esquemas eléctricos.** Todos los esquemas eléctricos. En función de su complejidad, la cantidad de planos puede ser considerable. Los planos se suelen dividir en funciones.
- **Bornero.** Relación de los borneros existentes con su información respecto a cómo se debe llevar a cabo la conexión de cada dispositivo externo al cuadro eléctrico.
- **Lista de bornes.** Es complementaria a la anterior.
- **Mangueras.** Relación de cada una de las mangueras empleadas. Tipo de manguera, número de cables, identificación, longitud, etcétera.
- **Lista de materiales.** Relación de todo el material empleado.
- **Lista de pedidos.** Relación del material empleado, pero agrupado por proveedor con el fin de facilitar su provisión.
- **Anexos.** Hojas técnicas de los materiales empleados, etcétera.

Salvo los anexos, todas estas partes se pueden realizar con la ayuda de los programas informáticos de diseño eléctrico. No obstante, algunos de ellos también pueden incorporar información externa (como hojas técnicas) dentro de ellos mismos.

8.12. Software de diseño eléctrico

Actualmente, existen en el mercado varias soluciones de software asistido por ordenador para el diseño de circuitos de automatismos eléctricos, realizando todos los aspectos importantes de un proyecto eléctrico, facilitando así el trabajo a realizar.

Entre los programas más importantes a nivel profesional se encuentran: Elcad, Eplan, Electwoks, See Electrical, Autocad Electrical, etcétera.

Estos programas de diseño avanzados disponen de una serie de ventajas tales como:

- Biblioteca de símbolos normalizados.
- Rápido diseño arrastrando y soltando los símbolos sobre el plano.
- Numeración de cableado automática.
- Creación de referencias cruzadas.
- Soporte de datos de los proveedores.
- Enlace con bases de datos.
- Generación de borneros.
- Generación de esquemas de mangueras.
- Distribución de materiales en el armario.
- Listados: materiales, pedidos, etcétera.
- Detección de errores.
- Generación de la documentación del proyecto eléctrico.

