



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

MANTENIMIENTO A INSTALACIONES ELECTRICAS, HIDROSANITARIAS Y DE CONSTRUCCION



Del 15 al 31 de Agosto de 2005

APUNTES GENERALES

CI - 204

Instructor: Ing. Raúl H. Moncada Fuentes
SERVICIOS DE SALUD DEL DISTRITO FEDERAL

AGOSTO DE 2005



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

MANTENIMIENTO A INSTALACIONES ELECTRICAS, HIDROSANITARIAS Y DE CONSTRUCCION

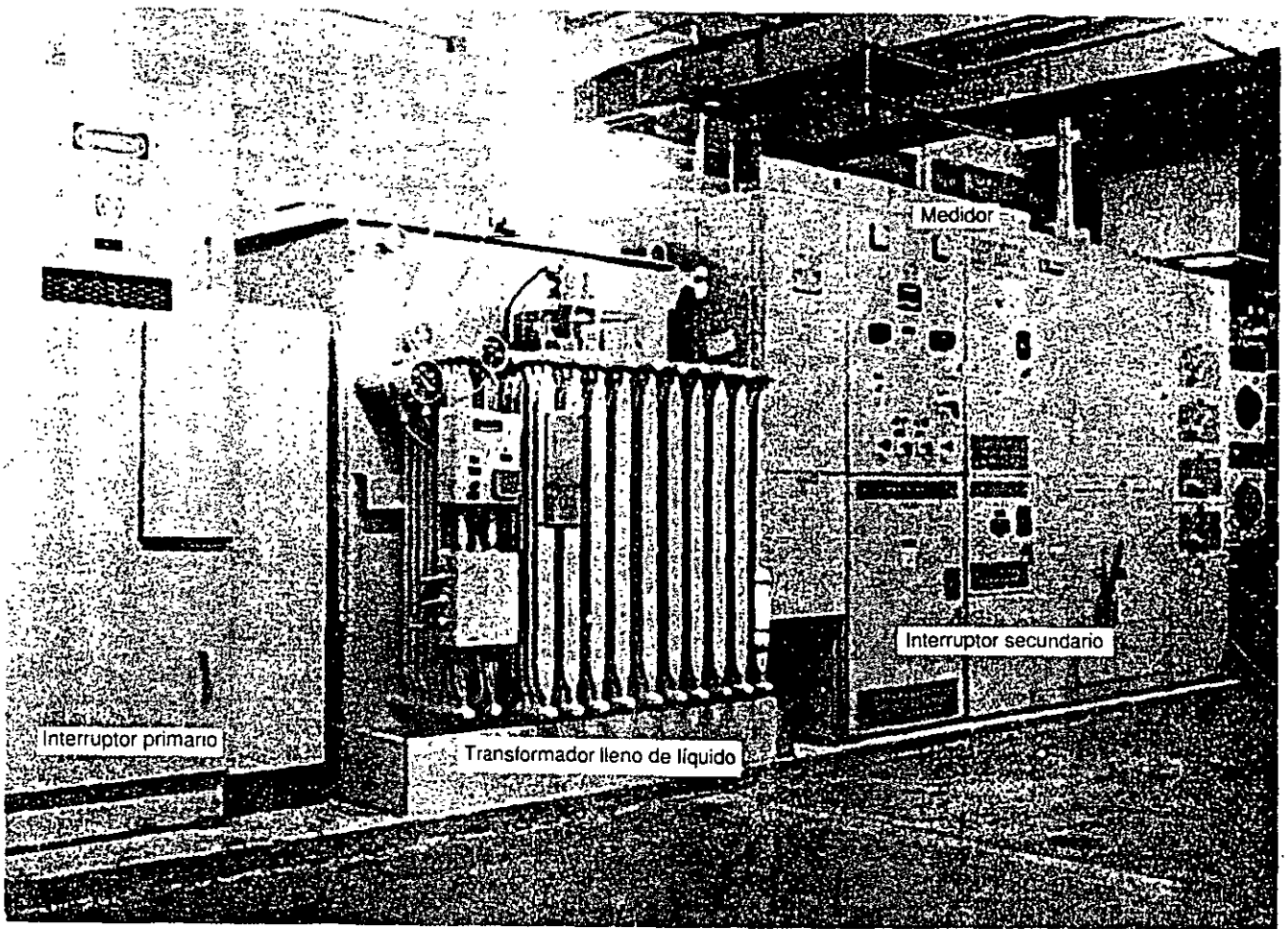
Del 15 al 31 de Agosto de 2005

APUNTES GENERALES

Ci - 204

Instructor: Ing. Raúl H. Moncada Fuentes
SERVICIOS DE SALUD DEL DISTRITO FEDERAL

AGOSTO DE 2005



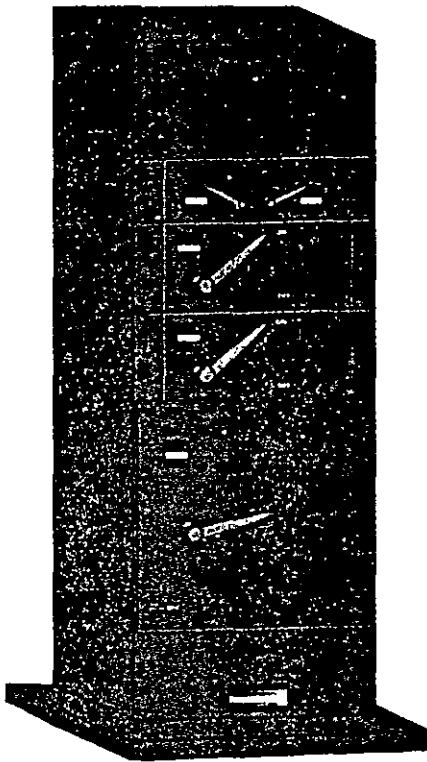
(a)



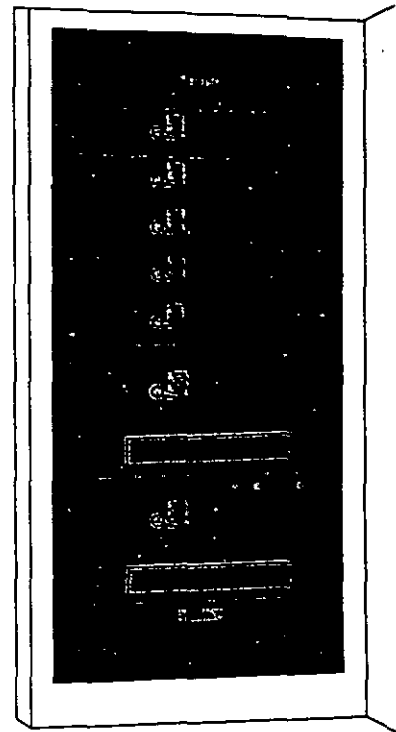
(b)

■ FIGURA 11-8

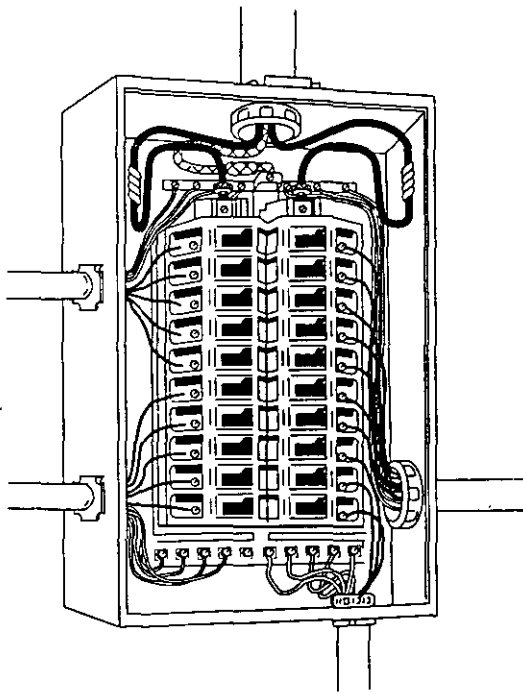
(a) Subestación de energía típica para un gran complejo de edificios.
 (b) Líneas de centros de control de motores que contienen módulos de arrancadores de motor en una disposición vertical. El alambrado de entrelazamiento de control entre motores se puede ubicar cómodamente dentro de cada centro de control de motor.



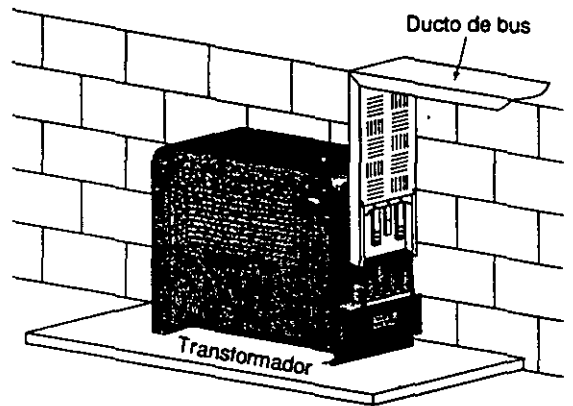
(a)



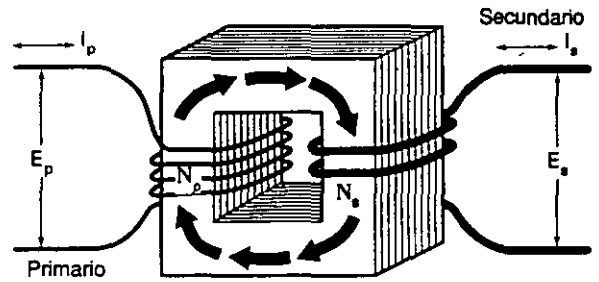
(b)



(c)



(d)



(e)

■ FIGURA 11-9

(a) Un tablero de interruptores independiente. (b) Un tablero de distribución de pared. (c) Vista interna de un tablero de distribución de iluminación, mostrando 20 cortacircuitos de un solo polo, el alimentador principal desde la parte superior del tablero, y los alambres de los circuitos derivados (negros) de cada uno de los cortacircuitos a las diversas cargas, a través de cuatro alimentadores conduit. Los alambres blancos son conductores neutros para estos circuitos derivados. (d) Transformador pequeño, montado sobre base con conexión a un ducto de bus. (e) Principio de operación de un transformador, donde $E_s/E_p = N_s/N_p$. (Cortesía de Cutler-Hammer/Westinghouse, Pittsburgh, PA.)

tica, en la cual se devanan bobinas primarias y secundarias sobre un núcleo de acero al silicio común. El lado de entrada es el primario, y el lado de salida es el secundario. Si del primario al secundario se incrementa el voltaje, el transformador será un *elevador*; si se reduce, es un transformador *reductor*. Debido a la inducción magnética, el voltaje es inducido del primario al secundario. El voltaje resultante es directamente proporcional a la relación de vueltas entre los embobinados primario y secundario. Esto es, $E_s = (N_s/N_p) \times E_p$, es decir, $E_s = \frac{1}{2} E_p$, si N_p es dos veces N_s . (Véase la figura 11-10(e).)

Los transformadores se clasifican de aceite o secos. Este último se utiliza principalmente en aplicaciones de uso interior. Los transformadores de tipo de aceite tienen una impedancia más baja y normalmente son más eficientes, pero deben instalarse en pozos para transformadores o en espacios cerrados. La figura 11-8(a) muestra un transformador del tipo de líquido interior en línea con un centro de distribución grande de energía. La figura 11-9(d) ilustra un transformador pequeño de tipo seco montado sobre su base.

11.6.4 Motores y arrancadores de motor

Motores Virtualmente cualquier equipo que requiera de movimiento, como una bomba, elevador, ventilador, aire acondicionado, o incluso equipo tan pequeño como un reloj eléctrico, requiere de un motor. Los motores se clasifican de acuerdo con las características siguientes:

- **Tamaño.** Fraccionario o de caballaje integral, etcétera
- **Voltaje.** 120, 208, 240, 277, 380, 480, 600, 2,300, 4,160 volts, etcétera.
- **Número de polos.** Dos polos (3,600 rpm), cuatro polos (1,800 rpm), seis polos (1,200 rpm), etc. (con base en 60 Hertz)
- **Fase.** Monofásico, doble, trifásico, etcétera.
- **Principio de operación.** Universal, de fase dividida, de inducción (jaula de ardilla, motor de rotor devanado), síncrono, etcétera.
- **Construcción.** A prueba de goteo, a prueba de agua, a prueba de explosión, etcétera.
- **Características de arranque.** De alto par de arranque, de baja corriente de arranque, etcétera.

La mayor parte de los motores utilizados en los equipos de los edificios son del tipo de inducción de jaula de ardilla. Debido a la reactancia inductiva del embobinado del motor, los motores de inducción siempre tienen un factor de potencia atrasado, que puede ir desde el 70 al 80% a plena carga, y tan bajo como el 10 al 20% durante el arranque. En consecuencia, la corriente de arranque de un motor puede ser de hasta 10 veces corriente a plena carga.

El tamaño de un motor se establece en caballos de fuerza (HP) que es equivalente a 746 watts, o 0.75 kW. La corriente a plena carga de un motor varía de acuerdo a su diseño. Puede calcularse de manera aproximada a partir de la fórmula fundamental de energía que se dio en el capítulo 10.

Operando bajo un principio de deslizamiento, un motor de inducción tiene una velocidad normal ligeramente menor que su velocidad síncrona. Por ejemplo, un motor de dos polos normalmente tiene una velocidad síncrona de 3,600 rpm (60 Hz \times 60 seg/min), pero una velocidad nominal de 3,450-3,500 rpm, si opera en un sistema de 60 Hz.

Arrancadores de motor Cuando arranca algún motor, su corriente es mucho mayor que su corriente normal a plena carga durante varios segundos. La persistencia de esta corriente de arranque dependerá de la rapidez con que pueda llevar el equipo a velocidad plena, lo que a su vez dependerá de la inercia de la carga. Los interruptores ordinarios de activar y desactivar de tipo manual no son capaces de resistir el flujo momentáneo de corriente. Por lo que son necesarios interruptores diseñados para circuitos de motores. Para motores grandes de un caballo o más se requieren arrancadores automáticos. Estos arrancadores permiten momentáneamente un gran influjo de corriente, incluyendo además protección contra sobrecarga continuada. Los arrancadores pueden clasificarse de acuerdo con las propiedades siguientes:

- **Principio de operación.** Electromagnético, de estado sólido, etcétera.
- **Dispositivos de protección.** Con o sin disyuntor, con o sin protección contra corto circuito.
- **Circuito de arranque.** A voltaje de línea, a voltaje reducido (tipo autotransformador), conexión inicial reducida (delta-estrella, tipos con embobinado dividido)
- **Circuitos de protección.** Sobrecorriente, sobrevoltaje, bajo voltaje, fase inversa, etcétera.
- **Construcción.** Servicio general, intemperie, a prueba de agua, a prueba de explosión, etcétera.

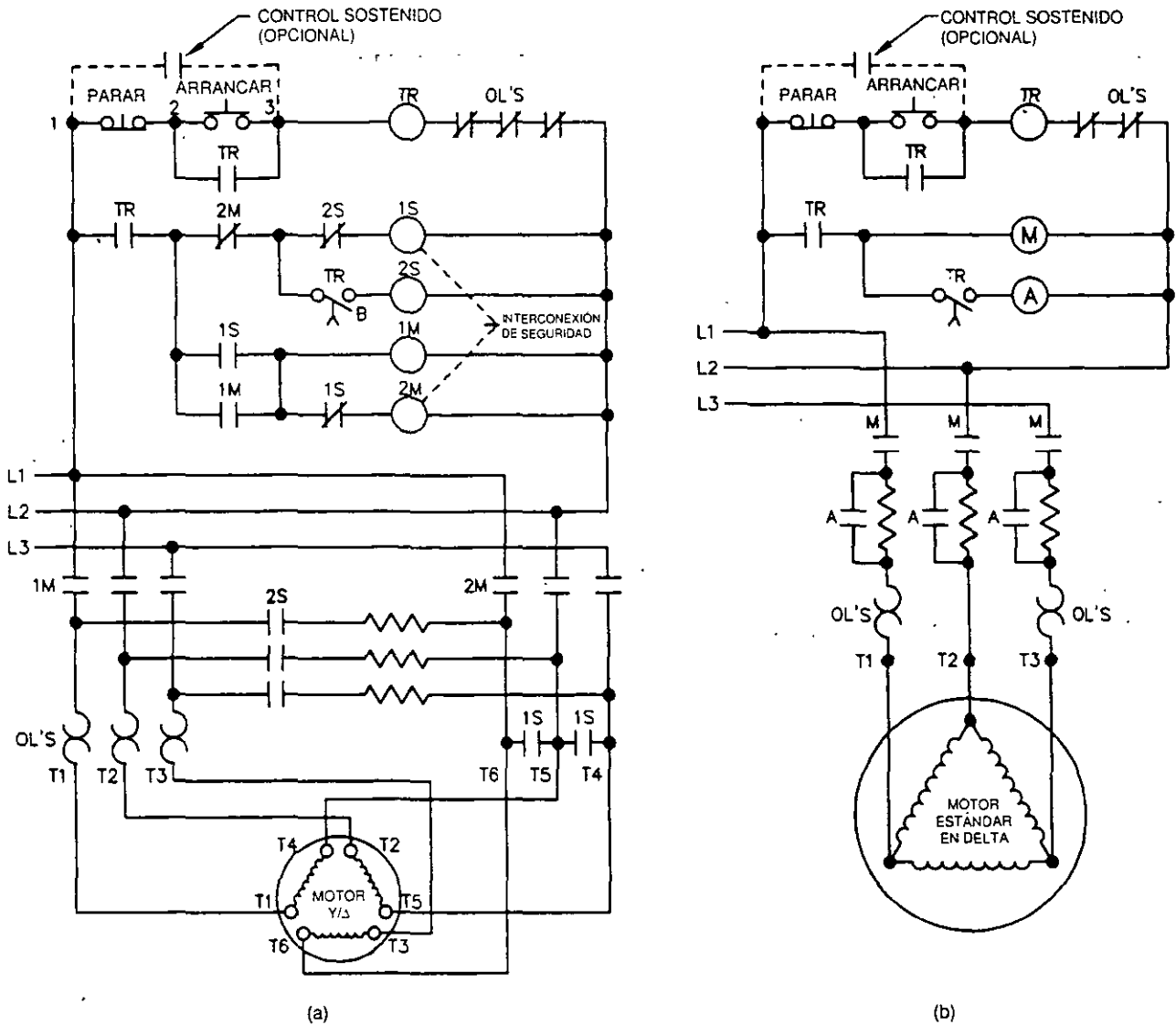
La figura 11-10 ilustra dos de los muchos arrancadores de motor utilizados para reducir la corriente durante el arranque de una carga de motor. Los arrancadores de motor pueden montarse individualmente o en sistemas grandes ser preensamblados como centro de control de motores, para facilitar la instalación de conductores de entrelazamiento de control.

11.7 CONDUCTORES

Un conductor es un componente eléctrico que lleva y confina el flujo de la corriente eléctrica en su interior. Los conductores están fabricados de un material de alta conductividad (baja resistividad) para minimizar la pérdida de energía y la caída de voltaje. Normalmente, se fabrican en forma cilíndrica como conductores, aunque también se fabrican en sección cuadrada o rectangular.

Dependiendo de su construcción, los conductores se clasifican de acuerdo a las características siguientes:

- **Material** Cobre, aluminio, etcétera.
- **Forma** Conductor, cable, bus, ducto de bus, etcétera.
- **Composición** Sólido, trenzado, etcétera.



■ FIGURA 11-10

Métodos de arranque para motor a voltaje reducido y a conexión de voltaje Y reducido. (a) Arrancador del tipo Y-delta (Y/Δ) donde el motor se conecta durante el arranque en Y (los devanados del estator al 57.7% del voltaje de línea), y después de un retardo en tiempo calibrado se conectan en delta (embobinados del estator al 100% del voltaje en línea) Este método requiere de un motor especial con seis terminales (b) Arrancador tipo de resistor primario, que utiliza un motor de inducción estándar de tres terminales, lo que requiere de un juego grande de resistencias para reducir el voltaje de línea durante el arranque

- Nivel de voltaje 100 volts, 250 volts, 600 volts, 5,000 volts, etcétera.
- Aislamiento Hule, termoplástico, asbesto, etcétera.
- Recubrimiento Plomo, aluminio, no metálico, polímero degradado, etcétera.
- Rango de temperatura 60°C, 75°C, 90°C, 250°C, etcétera.

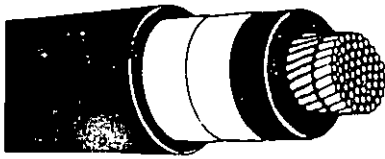
La figura 11-11 muestra varios tipos de conductores y cables. Algunos de los conductores más comunes de

600 volts, de tipo general, para edificios utilizados en canalizaciones eléctricas son los siguientes:

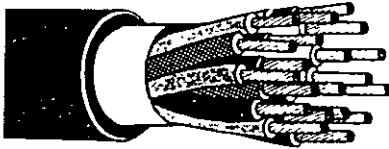
- THHN Resistente al calor, termoplástico, 90°C para ubicaciones húmedas y secas; utilizado principalmente en circuitos derivados.
- THWN Resistente al calor y a la humedad, 75°C; utilizado principalmente en circuitos derivados.
- USE Cable subterráneo de entrada de servicio, 75°C, aislamiento resistente al calor y a la humedad con recubrimiento no metálico.



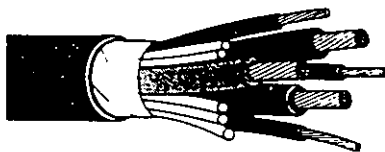
(a)



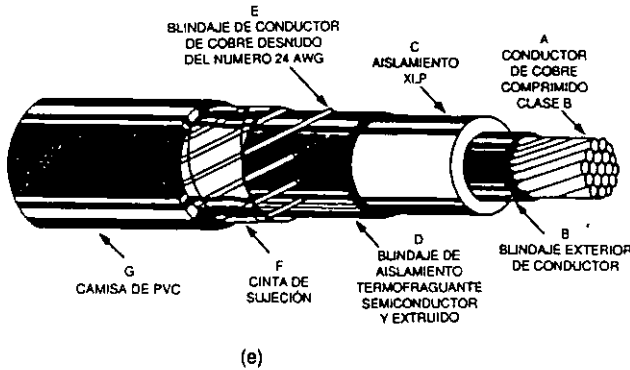
(b)



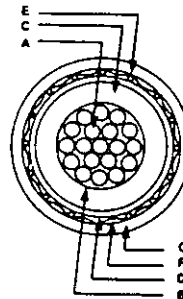
(c)



(d)



(e)



■ FIGURA 11-11

(a) Tipos de un solo conductor utilizando aislamiento de tipo PVC/nailon, neopreno o hule. TIPOS. THHN-THWN, XHHW, NM, AMERFLEX, TW, THW, UF AMERTHERM, UF y NMC AMERTHERM, RHH-RHW, RHW, USE-RHH-RHW, USE-RHW, RHH, RHW, STYLE RR, SE STYLE U.

USOS. Residencias o fábricas para distribución de energía en bajo voltaje.

(b) Aislamiento termofraguante de uno y varios conductores Cable sin armar y armado que utiliza XLP, EPR o aislamientos de hule butílico, PVC y camisas de neopreno, blindajes de cinta o alambre metálico de clasificación de 5, 8 y 15 kV

USOS: Distribución general de energía

(c) Tipos IMSA 19-1 y 20-1 con un aislamiento de polietileno y camisas envolventes de PVC o de PE

USOS: Para sistemas de señalización en conductos subterráneos, uso como cable aéreo si está bien soportado.

(d) Aislamientos termoplásticos o termofraguantes utilizando PVC, PE, PVC, XLP, EPR/neopreno, hule/neopreno y aislamientos EPR CSPE con recubrimientos generales de PVC, neopreno o CSPE. Los tipos aislados termofraguantes y con camisa son adecuados para uso en plantas nucleares y combustibles fósiles.

USOS: Para utilización general y de supervisión (e) Un cable de cobre de 5 kV para uso en cable aéreo, enterrado directamente, en conduit, o instalación en ductos subterráneos. (Cortesía: Figuras 11-11(a), (b), (c), (d) American Insulated Wire Corp, Pawtucket, RI Figura 11-11(e) Southwire Company, Carrollton, GA.)

- XHHW Polímero sintético degradado, 75°C resistente al calor y a la humedad, para ubicaciones húmedas y secas; utilizado principalmente para alimentadores grandes.

Además de los alambres instalados en canalizaciones eléctricas, ciertos alambres y cables pueden ser instalados sin canalización. En edificios se utilizan los siguientes conductores de este tipo:

- *Aislamiento mineral (MI)*. Éstos son alambres con recubrimientos metálicos, es decir armados, con un rango de temperatura de 90° a 250°C. Estos cables MI pueden enterrarse directamente en concreto, banquetas, muros o techos.
- *No metálico (NM y NMC)*. Este cable armado es un ensamblaje desde la fábrica de dos conductores o más, aislados con un recubrimiento externo resistente a la humedad, retardante de llama, y no metálico. Se

utiliza principalmente en unidades habitacionales residenciales y en otro tipo de edificios que no excedan de tres pisos de altura. Este cable comúnmente se conoce como Romex.

- *Cable blindado (AC)*. Este cable contiene dos o más conductores aislados en un recubrimiento metálico. Puede utilizarse en aplicaciones expuestas u ocultas, principalmente en pequeños tamaños. A veces se conoce como BX.
- *Cable conductor plano (FCC)*. Este tipo de cable está formado de tres o más conductores de cobre planos, colocados borde a borde, separados y encerrados en una envoltura aislante. El FCC puede ser instalado bajo losetas de piso no mayores de tres pies por lado. No debe ser utilizado en residencias, escuelas, hospitales o localizaciones riesgosas. El alambre FCC normalmente se conoce como alambre plano.

TABLA 11-2

Capacidades en amperes máximas permitidas por NEC de conductores independientes aislados de uso más común (con base en temperatura ambiente de 30°C/86°F y con no más de tres conductores en canalización eléctrica)

Tamaño AWG & MCM	En canalización eléctrica				Al aire			
	Cobre		Aluminio		Cobre		Aluminio	
	75°C	90°C	75°C	90°C	75°C	90°C	75°C	90°C
14	20	25			30	35		
12	25	30	20	25	35	40	30	35
10	35	40	30	35	50	55	40	40
8	50	55	40	45	70	80	55	60
6	65	75	50	60	95	105	75	80
4	85	95	65	75	125	140	100	110
3	100	110	75	85	145	165	115	130
2	115	130	90	100	170	190	135	150
1	130	150	100	115	195	220	155	175
1/0	150	170	120	135	230	260	180	205
2/0	175	195	135	150	265	300	210	235
3/0	200	225	155	175	310	350	240	275
4/0	230	260	180	205	360	405	280	315
250	255	290	205	230	405	455	315	355
500	380	430	310	350	620	700	485	545

Ambiente	Factor de corrección de capacidad en amperes							
88-95°F (31-35°C)	.94	.94	.94	.96	.94	.96	.94	.96
97-104°F (36-40°C)	.88	.91	.88	.91	.88	.91	.88	.91

11.7.1 Tamaño de los conductores

Calibre del alambre Los conductores están numerados de acuerdo con el calibre de alambre americano (AWG) del No. 36 hasta el No. 0000 (#4/0). Los calibres son retrógrados, es decir un calibre más pequeño representa un tamaño mayor. Un conductor sólido de #4/0 (no trenzado) deberá tener un diámetro de 0.5 de pulgada. El tamaño siguiente más pequeño tendrá menor diámetro, reduciéndose de acuerdo con la relación 1.123. En otras palabras, el diámetro de un conductor sólido del #3/0 deberá ser de 0.5/1.123, es decir 0.405 de pulgada. El diámetro real de conductores trenzados es, naturalmente, mayor que un conductor sólido del mismo calibre AWG.

Circular mil y mils cuadrados Los conductores mayores al #4/0 se describen en circular mils o mils cuadrados. Un mil se define como la milésima parte de una pulgada, y un circular mil es el área de un círculo de 1 mil de diámetro. De manera similar, un mil cuadrado es el área de un cuadrado que tenga como costados 1/1.000 de pulgada de longitud. Mil circular mils también se expresan como un MCM, donde la primera "m" quiere decir "1000". Por ejemplo, un conductor de 300,000 CM es igual a 300 MCM. Los conductores grandes se fabrican en formas rectangulares, es decir en barras, llamadas barras de bus.

TABLA 11-3

Factores de corrección para más de tres conductores en canalización eléctrica o en un cable

Conductores	4-6	7-9	10-24	25-42	43 o más
Factor	0.80	0.70	0.70*	0.60*	0.50*

*Incluye el efecto de una diversidad de carga del 50 por ciento

11.7.2 Capacidad de corriente

La corriente que puede tolerar con seguridad un conductor dependerá de su tamaño, así como del tipo de aislamiento, del método de instalación, del número de conductores en una canalización eléctrica, y de la temperatura que lo rodea. Las capacidades de conducción de corriente permisibles, es decir las capacidades en amperes de diversos tipos y tamaños de conductores están dadas en NEC. La tabla 11-1 es una tabla condensada para cables de uso común. (Véase NEC si desea conocer las propiedades de otros tipos de cables). La capacidad en amperes permisible de los conductores se ve reducida a temperaturas ambientes superiores a 88°F. (Véase la tabla 11-2 para los factores de corrección correspondientes.) La capacidad en amperes permisible en los conductores, también se reduce cuando se instalan más de tres conductores en una canalización eléctrica. (De nuevo, véase la tabla 11-2 para el factor de corrección correspondiente.)

11.7.3 Dimensión de los conductores

El código NEC da datos sobre conductores desnudos y recubiertos para dimensionar las canalizaciones eléctricas. En la tabla 11-5 se da un listado condensado de las dimensiones de conductores recubiertos de hule y termoplásticos. En la sección 11.9 se demostrará el uso de la tabla.

Ejemplos

- 11.3 ¿Cuál es la capacidad en amperes máxima permitida por el código, para un conductor de cobre del #8 AWG en un conduit con una cubierta nominalmente para 75°C?
De la tabla 11-1, la respuesta es 50 A.
- 11.4 ¿Cuál es la capacidad en amperes máxima permitida, si en un mismo conduit existen nueve conductores?
De la tabla 11-2, el factor de corrección es 0.70; por lo tanto, $50 \times 70\% = 35$ A.
- 11.5 Si la temperatura ambiente en la instalación es de 100°F, ¿cuál es la capacidad en amperes permitida del ejemplo 11.4?
En la tabla 11-2, el factor de corrección por temperatura es 0.88; por lo que, $35 \times 0.88 = 30.8$ A.
- 11.6 ¿Cuál es el diámetro y área de un conductor de tipo THHN del #1/0?
De la tabla 11-3, el diámetro es de 0.491 de pulgada y el área es de 0.1893 pulgadas cuadradas.

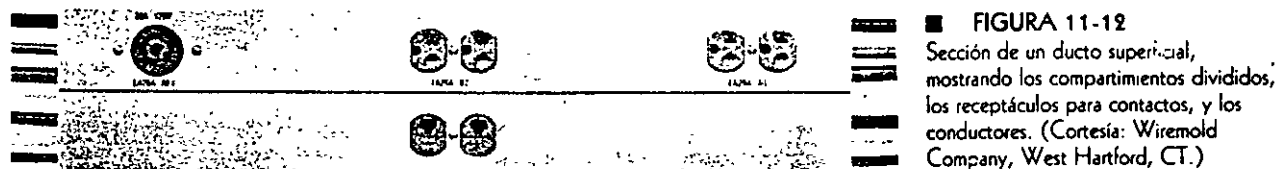
11.8 MÉTODO DE ALAMBRADO

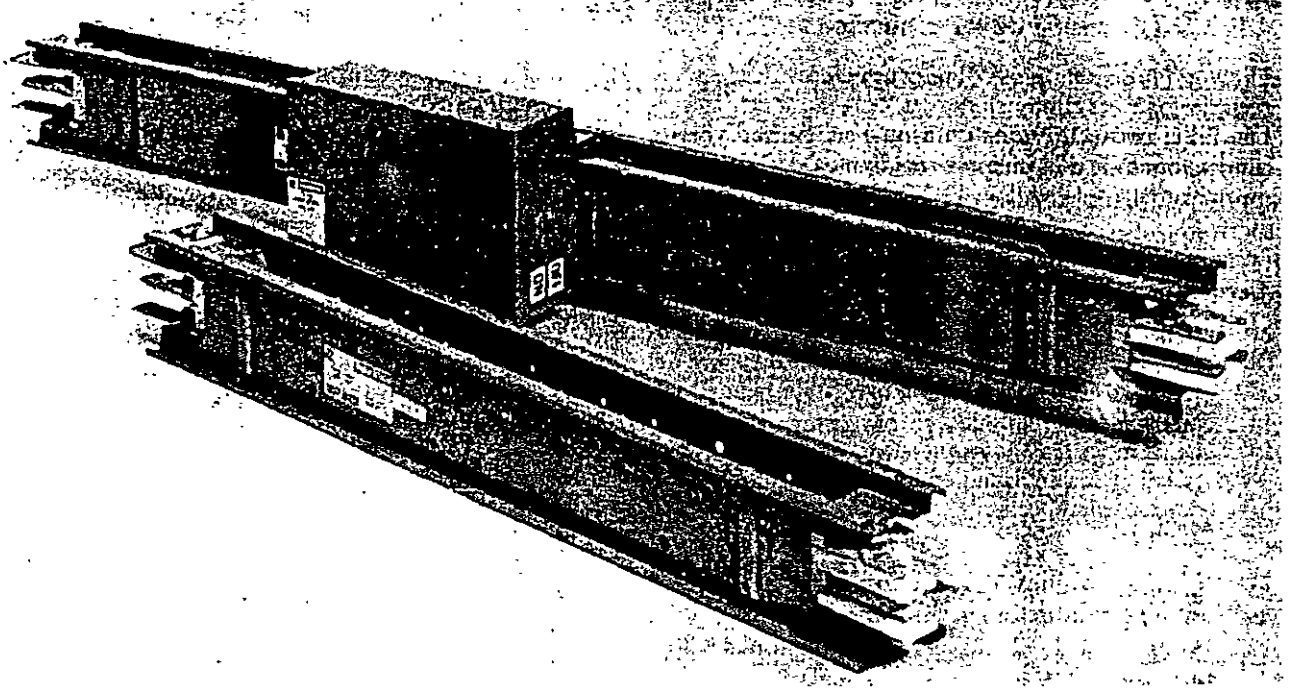
Existen más de 20 métodos de alambrado aprobados por NEC. Los que están admitidos para uso en edificios por lo general son alambres y cables instalados dentro de canalizaciones eléctricas, a excepción de los tipos NM (Romex), AC (BX) y FCC (alambres planos), que pueden ser instalados sin canalización eléctrica. A continuación aparecen los métodos de alambrado de uso común:

1. *Tubería metálica eléctrica* (EMT) comúnmente conocida como conduit de pared delgada. Está fabricado en tamaños desde 1/2 hasta 4 pulgadas, utilizando un acoplamiento a presión para una rápida instalación. El EMT es el método de alambrado más comúnmente utilizado para todas las aplicaciones en edificios, excepto en aquellas ubicaciones donde el alambrado debe de ser a prueba de agua.

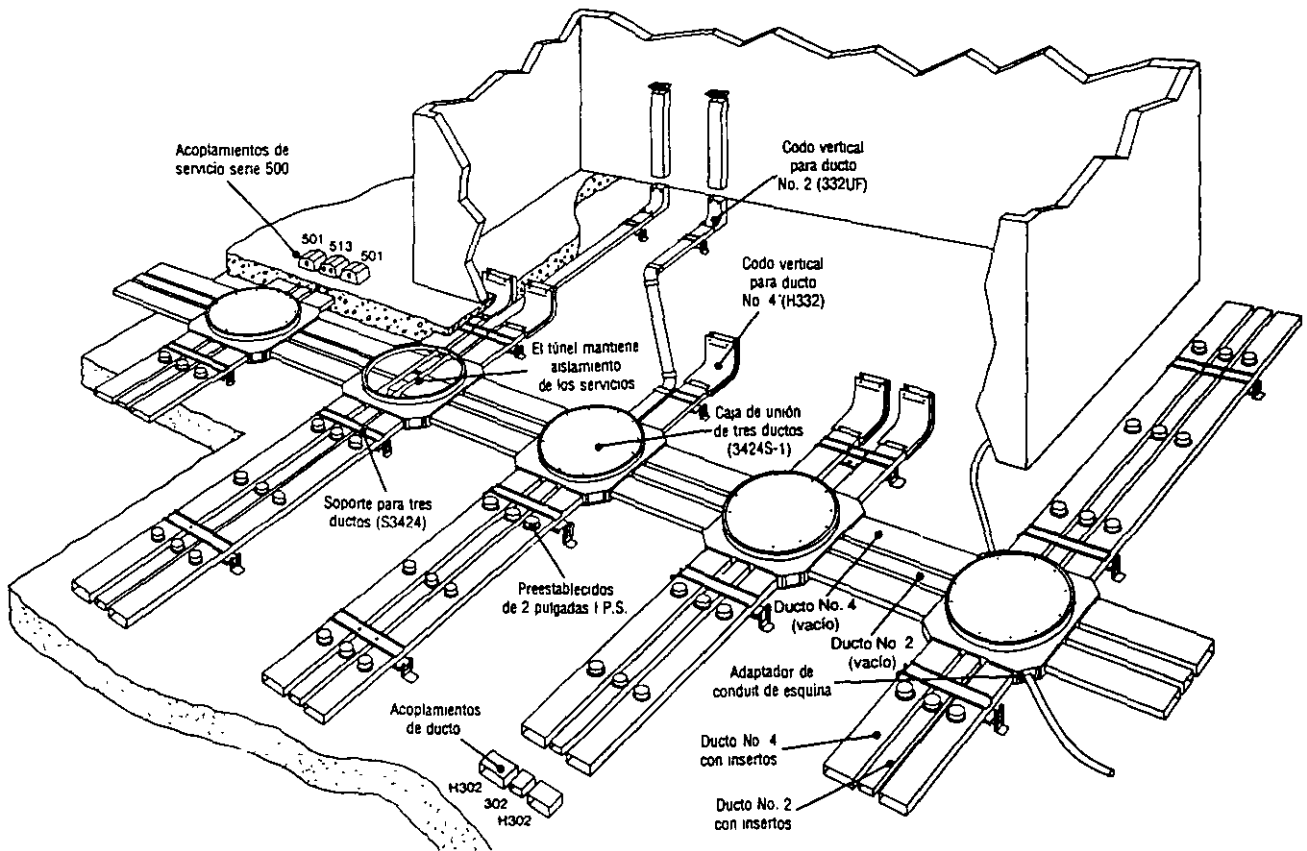
2. *Conduit rígido* similar al EMT, excepto que utiliza acoplamientos roscados. Puede utilizarse para todo tipo de aplicaciones, incluyendo ubicaciones explosivas y húmedas. Es más costoso que el EMT; por lo tanto, se utiliza para tamaños de 4 pulgadas y mayores, o donde no se permita el uso de EMT.
3. *Canalizaciones eléctricas* utilizadas para aceptar gran número de conductores. Por lo general tienen un tamaño de 3 por 8 pulgadas, y pueden contener decenas o centenas de conductores, y deberán instalarse donde puedan quedar accesibles. Las canalizaciones eléctricas superficiales de metal, como el "cable moldeado" y el "enchufe moldeado" son ejemplos de canalizaciones de conductores de pequeño tamaño. (Véase la figura 11-12.)
4. *Ductos de bus* utilizados para alimentar sistemas de distribución de energía grandes. Existen diseños con alimentador o enchufables. (Véase la figura 11-13.)
5. *Ductos bajo piso*, que son canalizaciones eléctricas moldeadas en la losa de concreto fraguado, con la finalidad de proveer alimentación eléctrica en el centro de habitaciones grandes. Se pueden instalar ductos individuales, dobles o triples para sistemas eléctricos diferentes. (Véase la figura 11-14.)
6. *Un piso celular* es una combinación de piso celular y de sistema de canalizaciones eléctricas para una oficina o un edificio de investigación moderno, en donde se requiera de energía eléctrica en toda la superficie del piso. Se trata de un sistema muy flexible. Un sistema de piso celular puede utilizar una o más celdas estructurales como celdas eléctricas, dependiendo del sistema eléctrico utilizado. El costo de instalar este sistema por lo general es mayor que el correspondiente a un sistema de canalizaciones eléctricas. Sin embargo, en función de su ciclo de vida, un piso celular es a la vez económico y necesario para edificios de oficina modernos. (Véase la figura 11-15.)
7. *Un piso elevado* instalado por encima del piso estructural genera un espacio entre ambos pisos, para llevar el alambrado, con o sin canalizaciones eléctricas adicionales. Los pisos elevados comúnmente son utilizados para ámbitos de computadoras mainframe o para espacios con concentraciones de equipo eléctrico. (Véase la figura 11-16.)

En función a la creciente popularidad de telecomunicaciones, de transmisiones de datos, y de redes de área local, la mayor parte de los edificios de oficinas modernos tienen alguna forma de canalización eléctrica bajo el piso. El piso elevado es el diseño más flexible, pero más costoso de los dos.

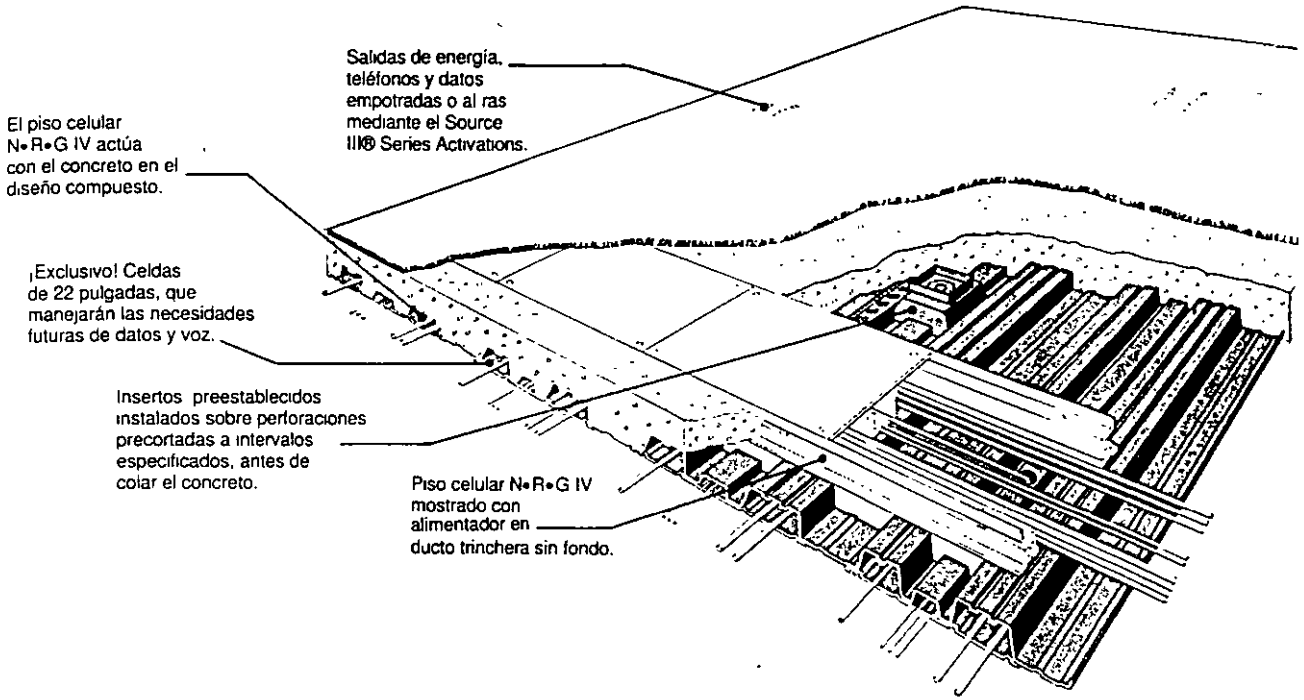




■ FIGURA 11-13 Secciones de ductos de bus. El superior es el de tipo enchufable, listo para recibir interruptores o cortacircuitos enchufables. El inferior es un ducto de bus alimentador, que no permite enchufes. (Cortesía: Cutler-Hammer/Westinghouse, Pittsburgh, PA.)

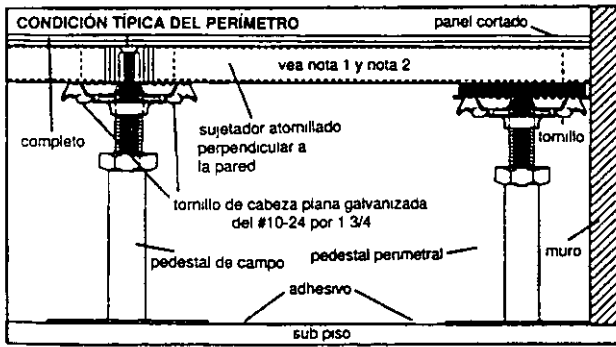


■ FIGURA 11-14 Un sistema de ductos de un solo nivel de tres celdas bajo el piso. Normalmente, las más pequeñas son para energía y para datos, y la más grande es para alambreado de comunicaciones. Utilizando una clasificación nominal adecuada, el alambreado de datos y comunicaciones puede instalarse en la misma celda. (Cortesía: General Electric Company)

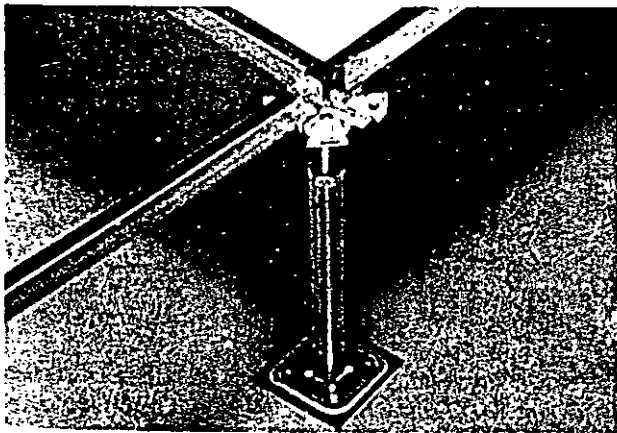


■ FIGURA 11-15

Corte de un sistema de distribución eléctrica bajo el piso formado por un ducto tipo trinchera sobre las celdas celulares del piso. El ducto trinchera es para la distribución principal, y las celdas para alambrado de salidas de piso. (Cortesía: Walker Company, Parkersburg, WV.)



(a)



(b)

■ FIGURA 11-16

(a) Sección transversal de un piso elevado, con soportes tipo pedestal ajustable. Normalmente los paneles son módulos de 2 pies x 2 pies. (b) Detalles de anclaje de un pedestal. (Cortesía: Tate Access Floors, Inc., Jessup, MD.)

11.9 INSTALACIÓN DE CONDUCTORES EN CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

La instalación de conductores (o cables) en canalizaciones eléctricas está rigurosamente reglamentada. Generalmente, no se puede llenar con cables o alambres más del 40% del área transversal de la canalización eléctrica. Esta limitación es necesaria por dos razones clave:

1. *Para evitar una concentración excesiva de calor.* Todos los alambres tienen resistencia e impedancia, que crean una pérdida de potencia que se convierte en calor y que, al no disiparse, puede causar la perforación del material de aislamiento o incluso causar un incendio.
2. *Para permitir la instalación física de los conductores.* Los conductores en los ductos deben ser jalados en los mismos, mediante herramienta especial. Debe dejarse un espacio libre para que los conductores puedan ser jalados con facilidad y sin dañarlos.

En el National Electrical Code se dan en detalle las reglas que gobiernan el número y tamaño de conductores que se pueden instalar en una canalización eléctrica. Las tablas 11-2, 11-3, 11-4 y 11-5 son condensados de las tablas NEC para algunos tipos de cable.

1. *Cajas de unión.* Cuando la canalización eléctrica (conduit) es demasiado larga o tiene demasiadas vueltas, deberán instalarse cajas de jalar en ubicaciones que faciliten tirar de los conductores en la canalización eléctrica. Cuando es necesario efectuar una derivación a los conductores, deberá instalarse una caja de unión. No está permitido que los conductores tengan derivaciones en ningún sitio dentro de una canalización eléctrica que no sea cajas de unión o dentro de las cajas de los equipos.

Ejemplos

- 11.7 ¿Cuántos conductores THWN, del número 12, pueden instalarse en un conduit de 1 pulgada? De la tabla 11-6, el número máximo es 19.

TABLA 11-4

Dimensiones y áreas internas de tubería eléctrica metálica (EMT) y conduit. (Véase NEC para otros tamaños y dimensiones de cable para conduit)

Tamaño, pulgadas	Diámetro interno, pulgadas	Área, pulgadas cuadradas
1½	1.610	2.04
2	2.067	3.36
2½	2.469	4.79
3	3.068	7.38
3½	3.548	9.90
4	4.026	12.72

- 11.8 ¿Cuál es la capacidad permisible en amperes de tres conductores de cobre del número 10 para 90°C y 600 volts en un conduit? De la tabla 11-2 el máximo permitido es de 40 amperes.

- 11.9 ¿Cuál es la capacidad permisible en amperes de ocho conductores de cobre del número 10 instalados en un conduit? De la tabla 11-2 la capacidad en amperes máxima de un conductor clasificado como de 90°C es 40 amperes para no más de tres conductores en el conduit.

De la tabla 11-3 el factor de corrección es 0.7. Por lo que, la capacidad en amperes permisible es de 0.7×40 , es decir 28 amperes.

- 11.10 Para la misma instalación del ejemplo 11.9, pero con los alambres expuestos a la temperatura ambiente de 100°F, ¿cuál sería la capacidad en amperes permisible?

De la tabla 11-2 el factor de corrección es 0.91; por lo que la capacidad en amperes permisible se reduce aún más a 0.91×28 , es decir 25.5 A.

- 11.11 Se instalan dos conjuntos de alimentadores del sistema de distribución trifásicos de cuatro hilos de 120/208 volts, en un conduit común que pasa a través de un cuarto de calderas a una temperatura ambiente máxima de 102°F. La corriente por demanda de alimentador 1 se calcula en 100 A, del alimentador 2 en 50 A. Determine el tamaño de los alimentadores, basando en alambre (cables) de cobre de 90°C, y seleccione el tamaño del conduit común. Suponga que los alimentadores seleccionados son de tipo THHN de cobre.

Respuestas a la pregunta 11.11

Existen cuatro alambres en cada conjunto de alimentadores, es decir ocho para los alimentadores 1 y 2. Teóricamente, si las cargas de las fases A, B y C están balanceadas los conductores neutros pudieran no transportar ninguna corriente. Sin embargo, prácticas de diseño recientes han considerado tratar al conductor neutro como conductor portador de corriente, debido a las terceras armónicas de las cargas inductivas como PC y aparatos electrónicos. De la tabla 11-3, deberá aplicarse un factor de corrección de 0.70.

La temperatura ambiente en el cuarto de calderas es de 102°F; por lo que deberá aplicarse un factor de corrección hacia abajo de 0.91 para los alambres (cables) de rango nominal como de 90°C.

El factor general de desclasificación para la capacidad en amperes es $0.70 \times 0.91 = 0.637$; por lo que, el alimentador 1 deberá seleccionarse para $100 A / 0.637 = 157 A$, y el alimentador 2 se seleccionará para $50 A / 0.637 = 78.5 A$.

De la tabla 11-2, el alimentador 1 deberá tener un tamaño mínimo de 1/0 AWG, que bajo condiciones normales está diseñado para 170 A, y el alimentador 2 deberá tener un tamaño mínimo del No. 4 AWG.

TABLA 11-5

Dimensiones de varios conductores recubiertos de hule y termoplásticos (Refiérase a NEC para un listado completo, así como otras propiedades de conductores.)

Tamaño, AWG MCM	Tipos RFH-2, RH, RHH		Tipos TF, THW, TW		Tipos TFN, THHN, THWN	
	Diámetro aproximado, pulgadas	Área aproximada, pulgadas cuadradas	Diámetro aproximado, pulgadas	Área aproximada, pulgadas cuadradas	Diámetro aproximado, pulgadas	Área aproximada, pulgadas cuadradas
14	.204*	.0327	.131	.0135	.105	.0087
12	.221*	.0384	.148	.0172	.122	.0117
10	.242	.0460	.168	.0222	.153	.0184
8	.328	.0845	.245	.0471	.218	.0373
6	.397	.1238	.323	.0819	.257	.0519
4	.452	.1605	.372	.1087	.328	.0845
3	.481	.1817	.401	.1263	.356	.0995
2	.513	.2067	.433	.1473	.388	.1182
1	.588	.2715	.508	.2027	.450	.1590
1/0	.629	.3107	.549	.2367	.491	.1893
2/0	.675	.3578	.595	.2781	.537	.2265
3/0	.727	.4151	.647	.3288	.588	.2715
4/0	.785	.4840	.705	.3904	.646	.3278

*Las dimensiones de RHH y de RHW.

TABLA 11-6

Número máximo de conductores en conduits o entubados para la mayor parte de los tipos de alambre para edificios, incluyendo TW, XHHW, RHW, RHH, TW, Y THW. (Véase el capítulo 9 de NEC para conductores más específicos.)

AWG y MCM	Conduits o tuberías (pulgadas)									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
14	9	15	25	44	60	99	142			
12	7	12	19	35	47	78	111	171		
10	5	9	15	26	36	60	85	131	176	
8	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108
6	1	3	5	9	13	21	30	47	63	81
4	1	2	4	7	9	16	22	35	47	60
3	1	1	3	6	8	13	19	29	39	51
2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	43
1		1	1	3	5	8	12	18	25	32
1/0		1	1	3	4	7	10	15	21	27
2/0		1	1	2	3	6	8	13	17	22
3/0		1	1	1	3	5	7	11	14	18
4/0			1	1	2	4	6	9	12	15
250			1	1	1	3	4	7	10	12
300			1	1	1	3	4	6	8	11
350			1	1	1	2	3	5	7	9
500				1	1	1	3	5	6	8

De la tabla 11-5, el cable del No. 1/0 THHN tiene un área transversal de 0.1893 pulgadas cuadradas, y el del cable No. 4 es de 0.0845. La sección recta total de todos los cables es

$$(4) \times 0.1893 + (4) \times 0.0845 = 1.160 \text{ pulg. cuadradas}$$

Con base en la regla del 40% de máximo relleno, el conduit debe tener una sección recta mínima de 1.160/40%, es decir de 2.9 pulgadas cuadradas. De la tabla 11-4, un conduit de 1 1/2 pulgadas tiene una sección recta de 2.04 pulgadas cuadradas, que resulta menor a las 2.9 requeridas. Por lo tanto, deberá utilizarse el conduit del siguiente

tamaño, es decir de 2 pulgadas, y que tiene un área transversal de 3.36 pulgadas cuadradas.

11.10 DISPOSITIVOS DE ALAMBRADO

Una diversidad de dispositivos de alambrado —desde interruptores, contactos y dispositivos de protección de sobrecorriente, hasta contactores y atenuadores— son utilizados en sistemas eléctricos. Todos los dispositivos, independientemente del sistema de alambrado, deben instalarse en cajas aprobadas por el código. Los dispositivos de uso más común se describirán en el resto de esta sección; algunos aparecen en la figura 11-17.

11.10.1 Interruptores

Un interruptor es un dispositivo que sirve para cerrar, abrir o modificar las conexiones de un circuito eléctrico. Los interruptores se clasifican de acuerdo con los criterios siguientes:

1. *Clasificación NEC.* Servicio general, de aislamiento, de servicio o de motor, etcétera.
2. *Método de efectuar el contacto.* Deslizante, de golpe, líquido (mercurio), etcétera.
3. *Voltaje nominal.* 250, 600, 5,000 volts, etcétera.
4. *Número de desconexiones.* De una sola desconexión, de doble desconexión, etcétera.
5. *Número de polos.* 1, 2, 3, 4 polos, etcétera.
6. *Número de posiciones cerradas.* De un solo tiro, de doble tiro, etcétera.
7. *Método de operación.* Manual, magnético operado por motor, etcétera.
8. *Velocidad de operación.* Cierre lento/apertura lenta, cierre rápido/apertura rápida, etcétera.
9. *Carcasa.* Abierta, cerrada, intemperie, a prueba de agua, a prueba de explosión, etcétera.
10. *Función de control.* Simple, de tres vías, etcétera.
11. *Método de protección.* Sin fusible, con fusible, cortacircuito, combinación, etcétera.
12. *Actuación de los contactos.* Contacto sostenido, contacto momentáneo, etcétera.
13. *Servicio.* Servicio ligero, servicio pesado, servicio de interrupción de carga, etcétera.
14. *Otras funciones.* Atenuador, control de voltaje, fotoeléctrico, reloj, sostenido eléctrica o mecánicamente, controlado con auxiliar, es decir presión, temperatura, flujo, infrarrojo, movimiento, sensible a la proximidad, etcétera.

Los interruptores de luz son normalmente interruptores de un solo polo y un solo tiro. Cuando las luces deben ser activadas desde más de una ubicación, se utilizan interruptores de tres y de cuatro vías. Los principios de operación de los interruptores de tres y de cuatro vías se ilustran en la figura 11-18. Como regla, el primero y el último interruptor deberán ser interruptores de tres

vías, y los interruptores intermedios deberán ser de cuatro vías.

11.10.2 Interrupción a control remoto de bajo voltaje

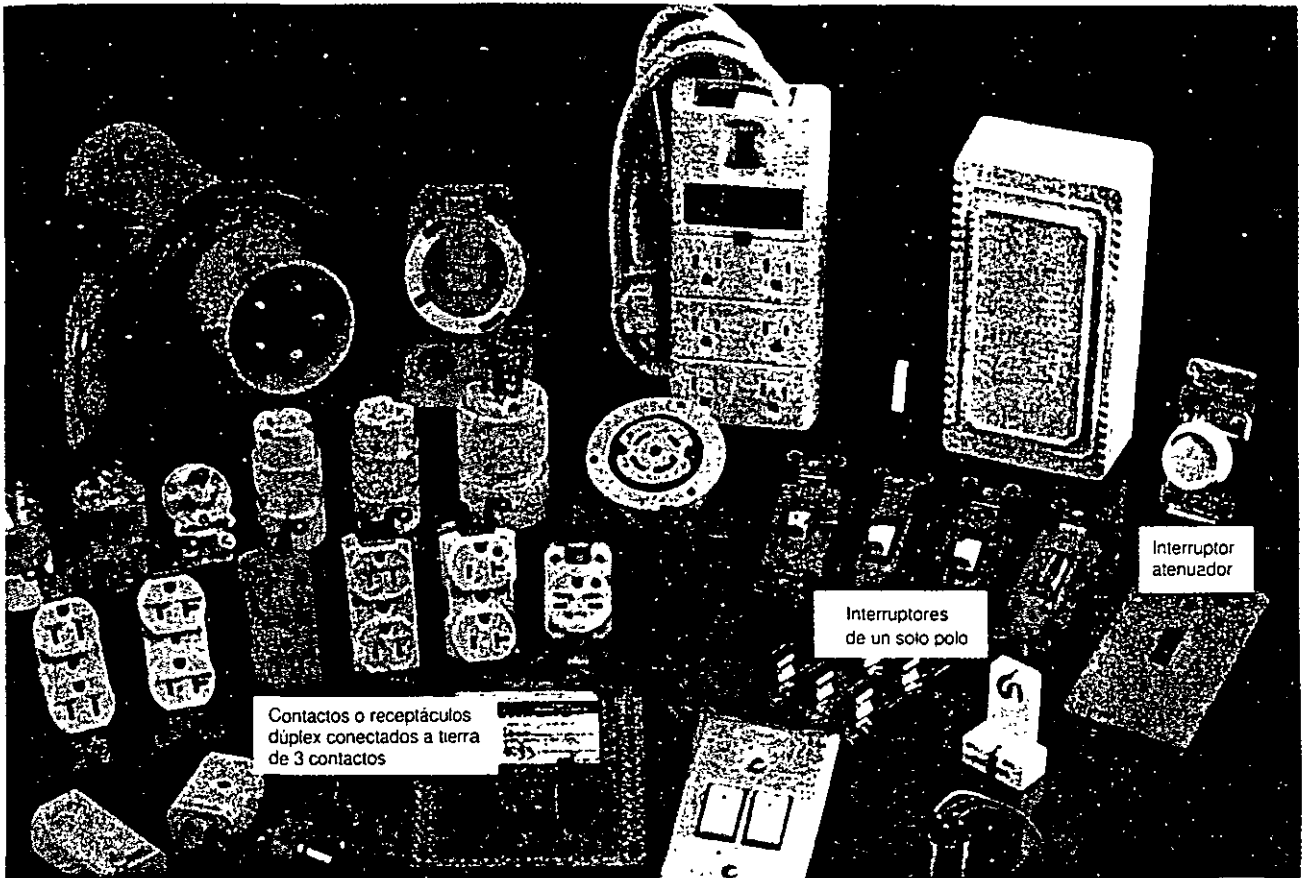
Cuando se desea la interrupción de luces y cargas de aparatos domésticos en múltiples localizaciones, un sistema de control remoto de interrupción de bajo voltaje proporcionará flexibilidad y economía. Con este sistema, todos los alambres de control se operan a 24 volts o menos y, por lo tanto, no es necesario instalarlos en conduits. Las cargas, ya sean de 120, 240 o 277 volts, serán operadas por uno o más relevadores electromagnéticos del tipo de contacto momentáneo. En la figura 11-19 se muestra un sistema de alambrado de bajo voltaje típico de control remoto.

11.10.3 Receptáculos o contactos

Un receptáculo o contacto es un dispositivo de alambrado instalado en una caja de salida o chalupa para la conexión de aparatos eléctricos a través de un enchufe. (Véase la figura 11-17.) Los receptáculos o contactos pueden clasificarse de acuerdo con las características siguientes:

1. *Número de receptáculos en el conjunto.* Independiente, doble (dúplex), triple (tríplex), etcétera.
2. *Corriente nominal.* 5, 15, 20, 30, 50, 60, 100 A, etcétera.
3. *Voltaje nominal.* 125, 250, 277, 480, 600 volts, etcétera.
4. *Número de polos e hilos.* Dos polos - dos hilos; dos polos - tres hilos con tierra; tres polos - tres hilos; tres polos - cuatro hilos con tierra; cuatro polos - cinco hilos con tierra; etcétera.
5. *Forma de los contactos.* Contactos rectos, contactos de bloqueo (que haciéndolos girar pueden bloquear el enchufe).
6. *Configuración de los contactos.* Paralelo, en ángulo, con pestaña, polarizado, etcétera.

Los contactos de uso común para los tipos enchufables de aparatos como máquinas de escribir, luces portátiles, televisiones, etc., también se conocen como *contactos de conveniencia* y normalmente se instalan a 125 volts y 15 A. Pueden ser de dos hilos con contactos paralelos no polarizados, o de tres hilos con contactos polarizados. Dado que todos los sistemas eléctricos de 120 volts en un edificio están conectados a tierra; un receptáculo no polarizado de contactos paralelos de dos hilos no podrá distinguir la polaridad de los alambres, y por lo tanto uno de los lados está puesto a tierra. Lógicamente, existirá una probabilidad del 50-50 que el equipo se enchufe del lado incorrecto sujetando a la persona al voltaje de línea si el lado no conectado a tierra del alambre que toca la cubierta del equipo. Afortunadamente, el sistema de 125 volts no es mortal al ser accidentalmente tocado por una persona, aunque defini-



■ FIGURA 11-17
Receptáculos e interruptores típicos. (Cortesía General Electric Company)

tivamente el choque eléctrico se sentirá. Por esta razón, NEC ya no acepta la utilización de receptáculos o contactos no polarizados y sin conectar a tierra en instalaciones nuevas. Todos los receptáculos o contactos de dos hilos sin conectar a tierra serán reemplazados con el tiempo.

El National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ha emitido configuraciones estándar de diversos dispositivos de alambrado, incluyendo contactos de tipo enchufable con base en su rango de amperes, configuración de contactos y número de polos. Algunos estándares NEMA y sus receptáculos aparecen en la figura 11-20.

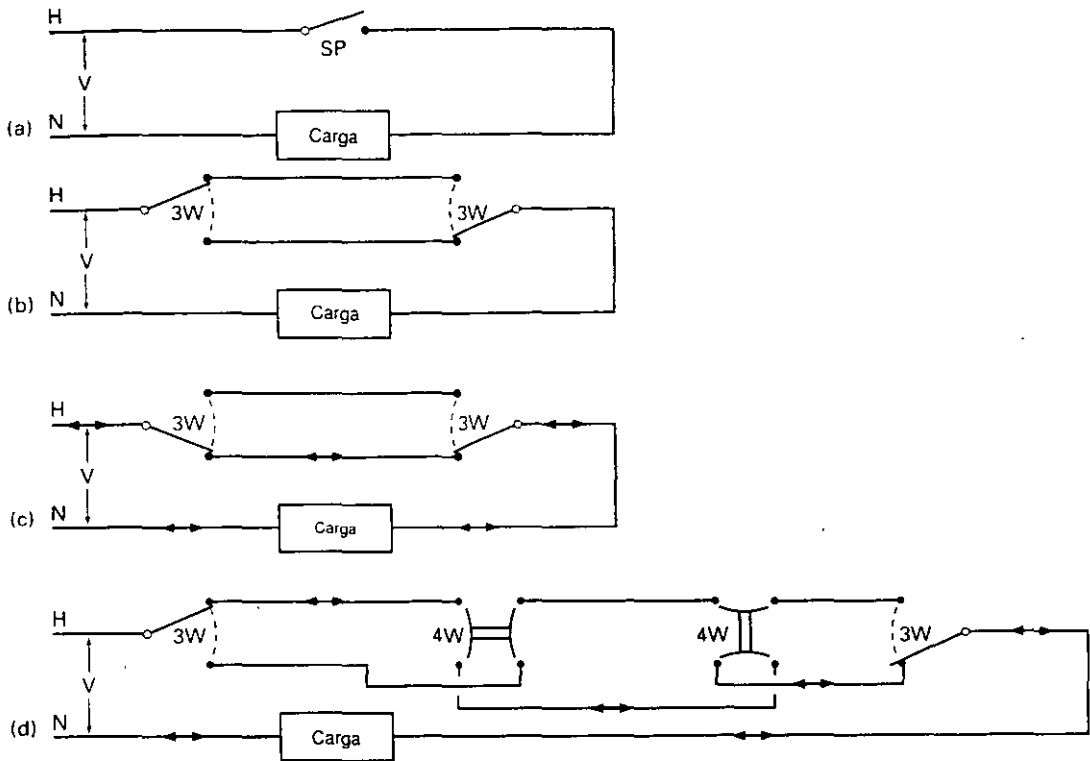
11.10.4 Contactores y relevadores

Los contactores y los relevadores son dispositivos de transmisión de energía controlados remotamente. El primero es normalmente utilizado para transportar energía a voltaje de línea, y el último normalmente para llevar energía de línea o de bajo voltaje. La construcción de estos dispositivos es idéntica e incluye una bobina electromagnética y un juego de contactos eléctricos. Cuando la bobina se energiza, la fuerza magnética que se crea

hace que los contactos se cierren y por lo tanto el circuito eléctrico, abra o cierre. La figura 11-20 ilustra los diagramas básicos de alambrado de un contactor y de un relevador. El diagrama de alambrado de arrancadores magnéticos para motor que aparece en la figura 11-19 es, en efecto, una combinación de contactor magnético con relevadores de sobrecarga. Los contactores se pueden clasificar de acuerdo a las propiedades siguientes:

1. *Voltaje nominal.* 24, 48, 125, 250, 600, 5,000 volts, etcétera.
2. *Número de contactos (polos).* 2, 3, 4, 6, 12 polos, etcétera.
3. *Tipo de contactos.* De botón, de mercurio, de cuchilla, etcétera.
4. *Tipo de operación.* Sostenido, contacto momentáneo, etcétera.
5. *Corriente nominal* 15, 30, 50, 60, 100, 200, 400, 800, 1,200, A, etcétera
6. *Servicio.* Inductivo, cargas inductivas, cargas no inductivas, etcétera.

La figura 11-20 muestra un esquema de control utilizando botones de arranque y parada de contacto



■ FIGURA 11-18

Diagramas esquemáticos de alambrado.

- (a) Un circuito con un interruptor de un solo polo (dos vías)
- (b) Una carga interrumpida desde dos localizaciones, utilizando dos interruptores de tres vías. La posición de los interruptores muestra que la carga está desconectada
- (c) Mismo circuito que en (b) con la carga conectada. Modifique la posición de cualquiera de los interruptores de tres vías, y se desconectará la carga.
- (d) La carga está controlada desde cuatro localizaciones, con dos interruptores de tres vías y dos interruptores de cuatro. La posición del interruptor muestra que la carga está activa. Cambie la posición de cualquiera de los interruptores, y la carga quedará desconectada

momentáneo. El botón de arranque cerrará el circuito de control a través de la bobina (*M*) que cerrará el contacto principal normalmente abierto (*NO*) permitiendo que la energía pase a través de *L1* y *L2*. El contacto auxiliar (*M*) alambrado a través del botón de arranque se sostiene cerrado para mantener energizado el circuito de control, incluso cuando se suelte el botón. La figura 11-20(b) es similar a la figura 11-20(a), excepto que el interruptor de control es un interruptor de contacto sostenido, y el contacto principal está normalmente cerrado (*NC*). Esto significa que cuando se energiza el circuito de control, el circuito de energía será desenergizado.

11.10.5 Atenuadores

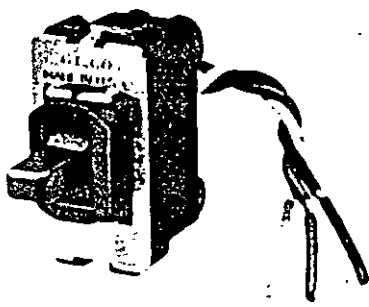
Los atenuadores son dispositivos de operación que reducen la entrada a algún aparato, y por lo tanto su salida. Aunque la mayor parte de los atenuadores son utilizados para controlar la intensidad de salida lumínica, también se usan para controlar las velocidades de un ventilador, de un taladro, etc. Los atenuadores, para controlar la

forma de onda y la duración de la corriente a través de la carga, por lo general funcionan sobre el principio de una resistencia y un voltaje ajustable con autotransformador, o de elementos de estado sólido.

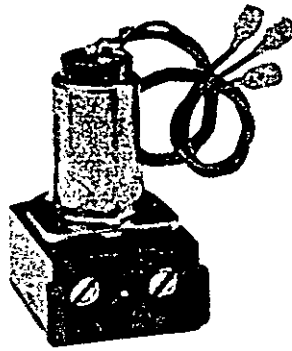
11.11 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Los circuitos eléctricos que incluyen alimentadores, equipo de distribución, circuitos derivados y el equipo de la carga, deben protegerse para evitar que se exceda su capacidad nominal, lo que pudiera ocurrir como resultado de muchas distintas circunstancias. Algunos ejemplos son:

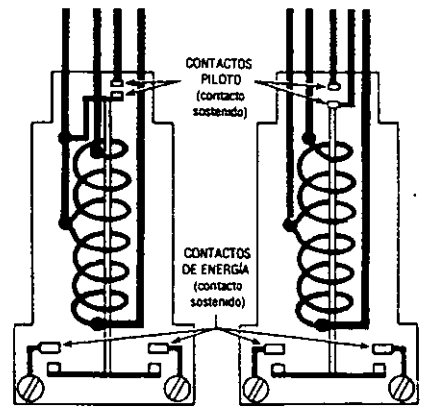
- *Sobrecorriente*, debido a una sobrecarga mecánica o a fallas eléctricas internas o externas.
- *Sobrevoltaje*, Debido a un corto circuito entre el alambrado primario y secundario o en razón a una descarga eléctrica.



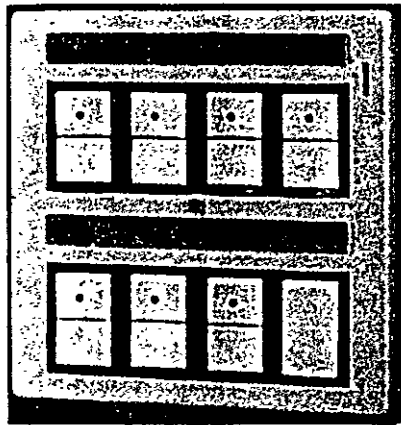
(a)



(b)



(c)

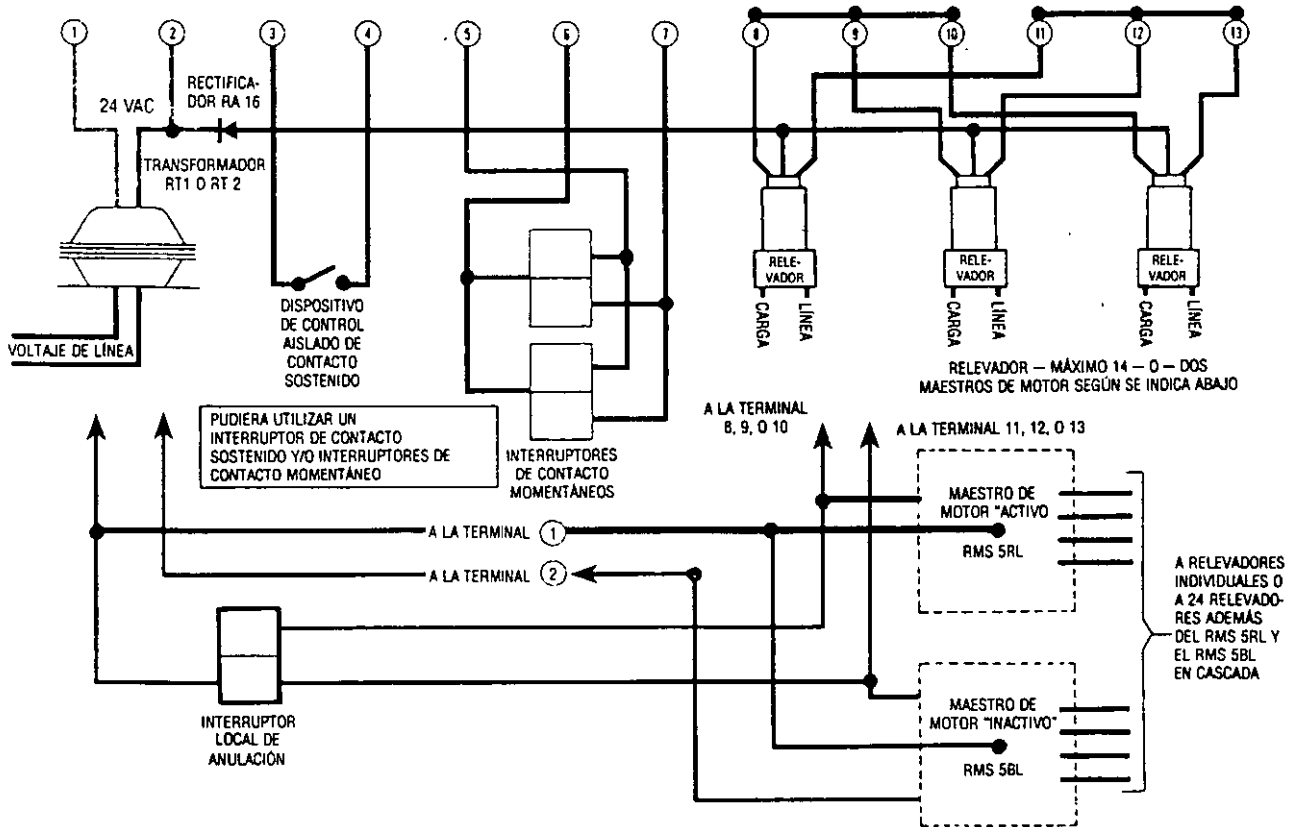


(d)

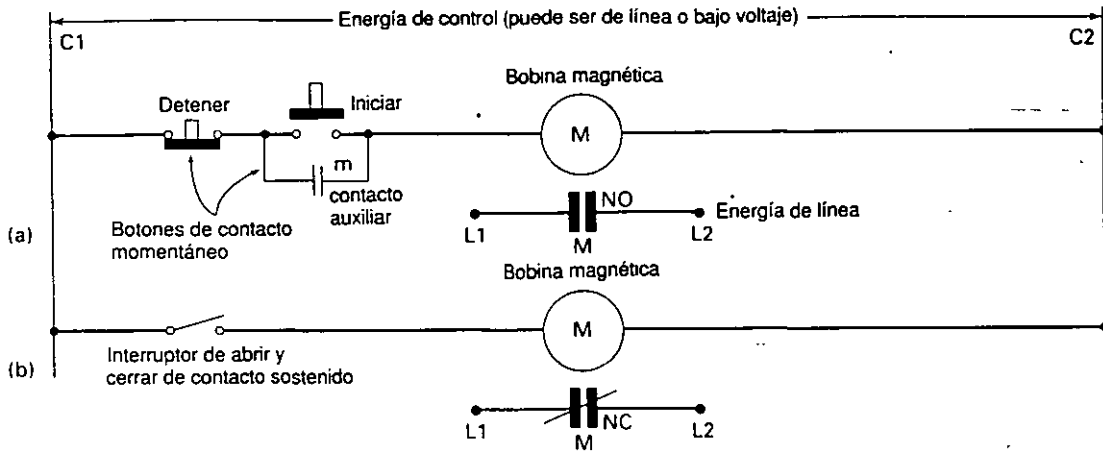
■ FIGURA 11-19

Interrupción de bajo voltaje a control remoto.

- (a) Un interruptor de bajo voltaje.
- (b) Un relevador de bajo voltaje.
- (c) Sección transversal de un relevador de bajo voltaje, ilustrando el piloto y los contactos sostenidos junto con las bobinas electromagnéticas de doble acción.
- (d) Control maestro para interruptores de bajo voltaje.
- (e) Diagrama de alambrado típico de un sistema de interrupción de bajo voltaje a control remoto. (Todas las ilustraciones cortesía de General Electric Co.)



(e)



■ FIGURA 11-20

(a) El diagrama elemental muestra un esquema de control utilizando botones de conectar/desconectar de contacto momentáneo. El botón de inicio cerrará el circuito de control a través de la bobina (M), que cierra el contacto principal normalmente abierto (NO), permitiendo que pase energía a través de L1 y de L2. El contacto auxiliar (m) conectado a través del botón de inicio está cerrado para mantener energizado el circuito de control, aun cuando se suelte el botón de arranque.

(b) El diagrama elemental muestra un esquema de control utilizando un interruptor de contacto sostenido, estando el contacto principal normalmente cerrado (NC). Esto significa que cuando el circuito de control esté cerrado, el contacto principal (M) del circuito de energía estará abierto (sin energía).

- *Inversión de polaridad en un sistema trifásico, debido a un cambio en el servicio de energía.*

El método más común utilizado para evitar los daños causados por sobrecarga es la instalación de dispositivos de protección en ubicaciones estratégicas, por ejemplo; en tableros de interruptores, tableros de distribución, al principio de un alimentador, en un circuito derivado, o en el equipo mismo. Estos dispositivos se dividen en tres tipos generales: relevadores, cortacircuitos y fusibles. Los relevadores normalmente son utilizados por las empresas de servicio público para proteger su sistema primario de distribución, o sus grandes equipos primarios en red. Por lo general en el caso de sistemas y equipos de edificios, se utilizan cortacircuitos y fusibles.

11.11.1 Cortacircuitos

Clasificación de los cortacircuitos (CB) Se define un cortacircuito en los estándares NEMA como un dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito mediante algún medio no automático, y para abrir sin daños automáticamente el circuito sobre una sobrecorriente predeterminada, cuando esté aplicado adecuadamente dentro de su valor nominal. Existen tres tipos de cortacircuitos.

1. *Cortacircuitos de caja moldeada (MCCB).* Las partes conductoras de corriente, mecanismos y dispositivos

de disparo están totalmente contenidos dentro de una caja moldeada de material aislante. Los MCCB están disponibles en tamaños de armazones pequeños y medianos desde 30 a 800 amperes, y con valores de disparo de 15 a 800 amperes.

2. *Cortacircuitos de potencia (LVPCB).* Estos CB también se conocen como cortacircuitos en aire. Se utilizan principalmente en la construcción de bancos de interruptores. Los LVPCB tienen contactos reemplazables, y están diseñados para que se les pueda dar mantenimiento en el campo. Los LVPCB están disponibles en tamaños de armazón mediana y grande desde 600 a 4,000 A. Los LVPCB tienen voltajes nominales a partir de 600 volts, en tanto que los MVPCB están diseñados a partir de 72.5 kV nominales, y los HVPCB para más de 72.5 kV.
3. *Cortacircuitos de caja aislada (ICCB).* Éstos tienen las características de construcción tanto del MCCB como del LVPCB, y se utilizan principalmente en tableros de interruptores montados de manera fija, aunque también están disponibles en configuraciones desmontables. Los tamaños de armazones van desde 600 A hasta 4,000 A.

Construcción y características de los cortacircuitos Los cortacircuitos también se clasifican mediante otras características de construcción y operación, de acuerdo con:

1. Medio de eliminación del arco (extinción). Aire o aceite.

2. Principio de operación. Térmico, magnético, termomagnético, estado sólido (electrónico), etcétera.
3. Voltaje nominal. 125, 250, 600 volts, 5, 12, 15, 35, kilovolts, etcétera.
4. Tamaño de armazón. 30, 50, 100, 225, 400, 600, 800, 1,200, 2,000, 4,000, A, etcétera.
5. Clasificación de disparo. 15, 20, 30, 50, 90, 100, y más a los valores nominales del tamaño de armazón.
6. Capacidad de interrupción. 5,000, 10,000, 15,000, 20,000, 30,000 A, y más.
7. Métodos de operación. Manual, operación remota, etcétera.
8. Otras características. Sobrevoltaje, subvoltaje, contactos auxiliares, corriente inversa, fase inversa, etcétera.

Principios de operación del CB Existen dos tipos de componentes para cortacircuitos (disparar) dentro de un CB.

1. *Tipo bimetalelectromagnético.* Está formado por un elemento bimetálico, que responde a la elevación de temperatura dentro del CB y de un electromagneto, que responde a la fuerza magnética causada por un flujo de corriente anormalmente alto. El bimetálico proporciona la protección térmica y el electromagneto proporciona la protección contra corto circuito. Los principios de operación de estos elementos se ilustran en la figura 11-21(a), (b) y (c).
2. *De estado sólido (electrónico).* Está formado por dispositivos analógicos o digitales, para detectar las características o circunstancias eléctricas del circuito y procesar los datos a través de una unidad de procesamiento central (CPU) con acciones preprogramadas. El tipo analógico detecta la corriente pico de una corriente, en tanto que el tipo digital detecta la corriente rms, que es una representación más realista de una corriente de CA. Al principio de operación del tipo del CB de estado sólido de tipo digital aparece en la figura 11-21(d).

Ventajas de los cortacircuitos Las ventajas de los cortacircuitos sobre otros tipos de dispositivos de protección, por ejemplo los fusibles, son:

- Fácilmente restablecibles, cuando se haya disparado un sistema
- Más compactos
- Adaptables para controles de motor y para interconexión eléctrica con otros equipos
- Puede servir como un interruptor de desconexión (aunque no debería ser utilizado como interruptor de operación)

La figura 11-21(e) y (f) muestra diversos tipos de cortacircuitos—un cortacircuito para alimentador derivado de un solo polo de caja moldeada (MCCB) y un interruptor de alta capacidad de interrupción (LVPCB) con detección y controles de estado sólido.

11.11.2 Fusibles

Un fusible es un dispositivo protector eléctrico, que al detectar una corriente anormal se funde y abre el circuito en el cual está instalado. Es un dispositivo autodestructivo.

Clasificación de fusibles Existen muchos tipos de fusibles, clasificados en las categorías siguientes (véase la figura 11-22):

1. *Voltaje nominal.* 12, 24, 125, 250, 600, 5,000 y voltajes más altos.
2. *Corriente nominal.* Desde una fracción de ampere hasta 6,000 amperes.
3. *Construcción.* No renovable, renovable, elementos individuales o duales, etcétera.
4. *Principio de operación.* Eliminación rápida, con retardo de tiempo, limitadora de corriente, etcétera.
5. *Capacidad de interrupción en corto circuito.* 5,000 amperes a 200,000 A.
6. *Material fusible.* Plomo, estaño, cobre, plata, etcétera.

Principio operativo de los fusibles Es muy sencillo el principio de operación de un fusible de un solo elemento. El eslabón fusible está fabricado de una aleación eutéctica de plomo, estaño y antimonio, que tiene un punto de fusión a una sola temperatura, sin ablandamiento antes de llegar a su punto de fusión. El elemento fusible está hecho con precisión, teniendo cuellos de botella (secciones angostas) que se funden al sobrecalentarse debido a un flujo más alto de corriente. Véase la figura 11-23(a).

Los fusibles de elementos duales se muestran en la figura 11-23(b) y son fusibles con retardo de tiempo. Cada uno de ellos está formado de dos elementos fusibles. Bajo condiciones normales de operación, el elemento de retardo en tiempo se soltará cuando el material fusible que sujeta al conector "S" se funde. Dado que el conector "S" está sujeto a un sumidero de calor, este punto de fusión intencionalmente se retarda, para evitar el molesto disparo de la carga conectada, como en el caso de una carga de motor. Una carga de motor tiene una alta corriente transitoria durante el arranque. Si no existiera retardo en el tiempo para compensar esta corriente transitoria alta, entonces la carga del motor sería cortada antes de que arranque. La figura 11-23(b) demuestra la acción de un fusible de elemento dual bajo diversas condiciones. El segundo elemento fusible, igual que el fusible de una sola pieza, se fundirá cuando detecte una corriente de corto circuito muy alta.

Ventajas de los fusibles Dos ventajas de importancia tienen los fusibles en el sentido de que en un sistema de distribución correctamente diseñado son de acción rápida y se pueden autocordinar. Si se utiliza la misma clase de fusible en todos los niveles de protección, los fusibles de niveles más bajos (naturalmente, de menores

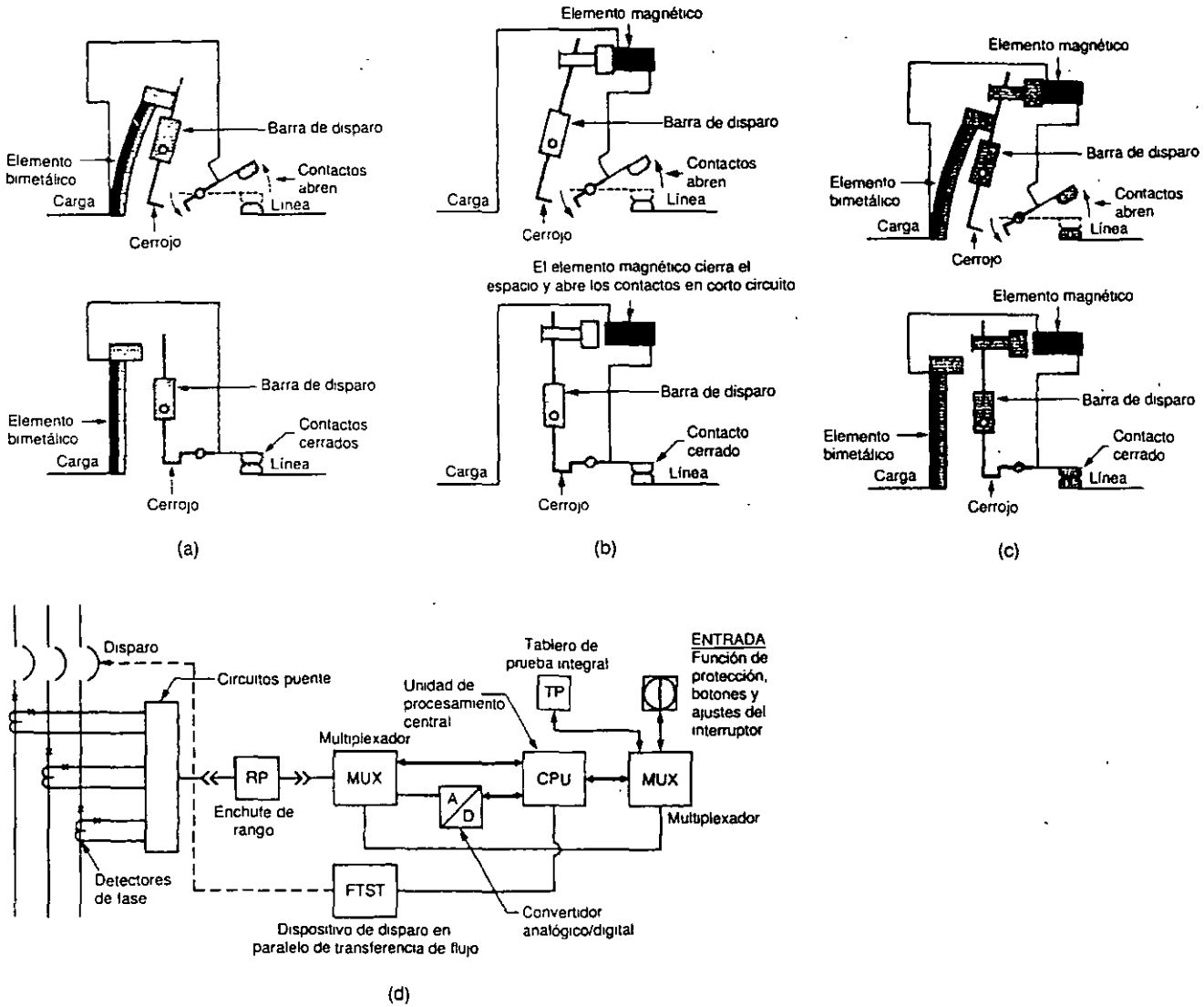
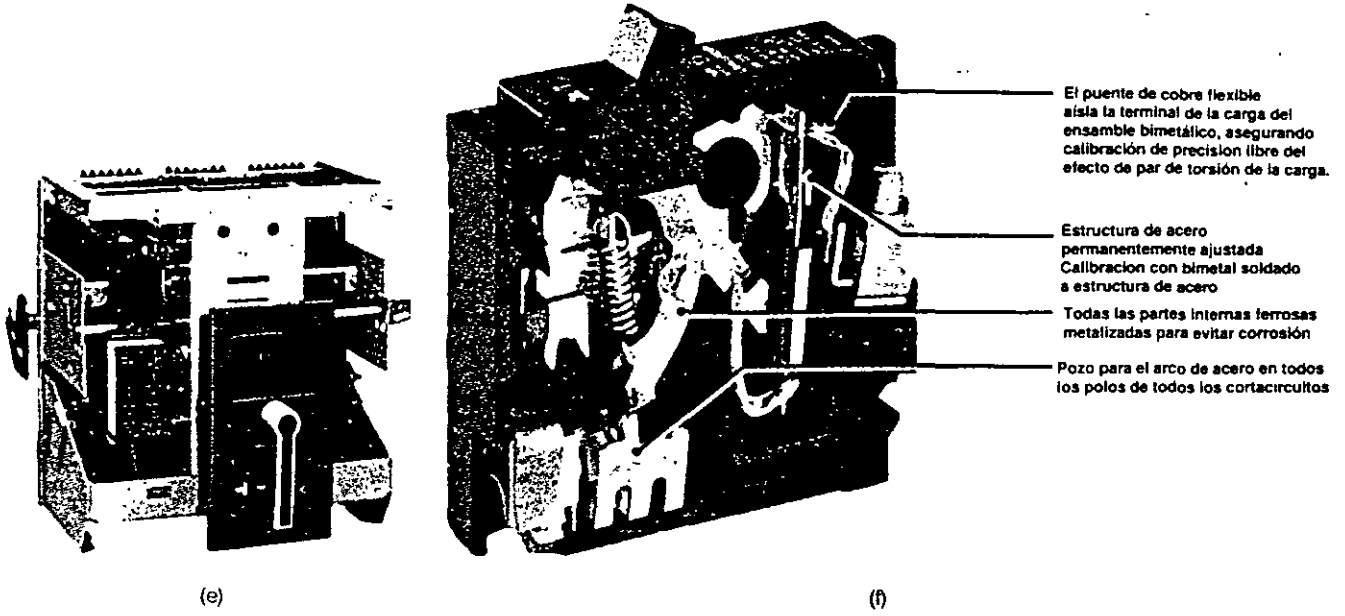


FIGURA 11-21

Principio de operación de los cortacircuitos.

- (a) La acción del elemento térmico del mecanismo de disparo se consigue mediante la utilización de un bimetálico calentado por la corriente de la carga. En una sobrecarga sostenida, el elemento bimetalico se flexionará, haciendo que se dispare (abrir) el mecanismo de operación. La velocidad de acción del elemento térmico es inversamente proporcional a la magnitud de la corriente.
- (b) La acción de disparo magnético se consigue mediante un electromagneto, cuyo embobinado está en serie con la corriente de la carga. Cuando ocurre un corto circuito (falla), el campo magnético causado por el flujo anormalmente alto de corriente disparará (abrirá) los contactos. La acción del disparo magnético es prácticamente instantánea a fin de aislar rápidamente de la falla tanto el sistema eléctrico como el equipo.
- (c) La mayor parte de los cortacircuitos están diseñados con dispositivos tanto térmicos como de protección magnética.
- (d) Un cortacircuito de tipo electrónico. Una unidad de disparo digital normalmente arrancará mediante datos de entrada analógicas, de multiplexador y de convertidor analógico a digital, que alimentan a un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU). Los datos de entrada continuamente están siendo vigilados y actualizados con acciones apropiadas según los datos. El microprocesador puede reprogramarse para adecuarlo a cambios en la carga. (Cortesía. Cutler-Hammer/Westinghouse, Pittsburgh, PA.)



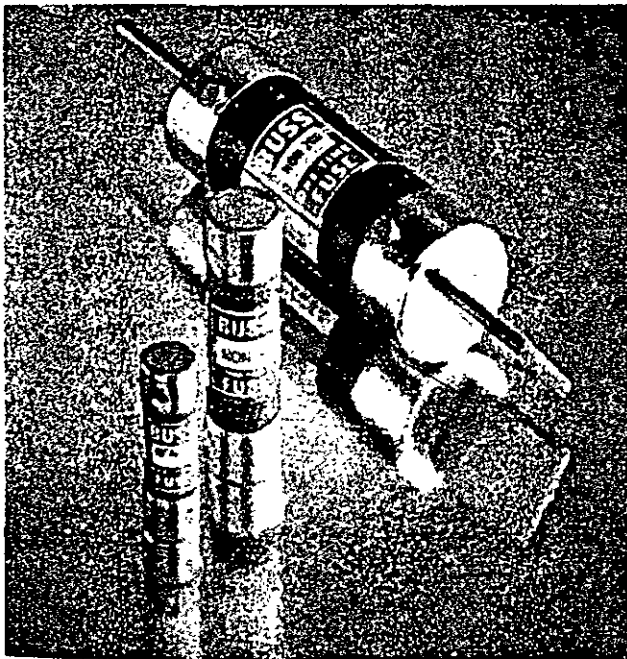
■ FIGURA 11-21 (Continuación)

Construcción típica de los cortacircuitos.

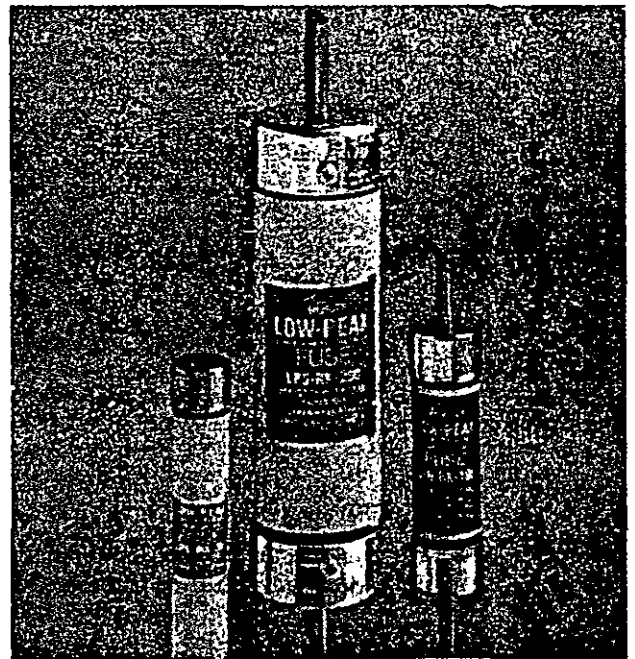
(e) Ilustra el mecanismo interno de un cortacircuito termomagnético de un solo polo de caja moldeada. Capacidad nominal de 15 A a 100 A, con una capacidad de interrupción que no ha de exceder 10,000 A.

(f) Ilustra un cortacircuito de potencia de bajo voltaje del tipo desmontable (LVPCB) de 600 A a 4,000 A nominales, de 480 a 5,000 V, con capacidad de interrupción de hasta 200,000 A.

(Cortesía. (e) Challenger Electrical Equipment Corp., (f) Cutler-Hammer/Westinghouse, ambos de Pittsburgh, PA.)



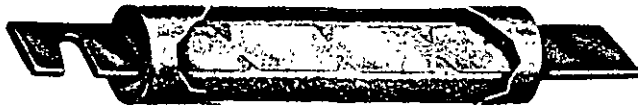
(a)



(b)

■ FIGURA 11-22

Varios fusibles tipo cartucho. (a) Tipo de uso general, de uno o dos elementos. (b) Tipo de elementos duales limitador de corrientes elevadas



1. Vista en corte de un fusible típico de un solo elemento.



2. En una sobrecarga sostenida, una sección del eslabón se funde y se establece un arco.



3. Fusible de un solo elemento, abierto después de haber desconectado una sobrecarga del circuito.

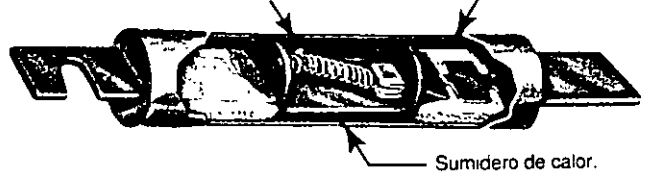


4. Cuando el fusible es sometido a una corriente de corto circuito, varias secciones del eslabón fusible se funden prácticamente instantáneamente.



5. Fusible de un solo elemento, abierto después de haber desconectado un corto circuito.
(a)

Sección de sobrecarga formada por un conector "S" cargado por resorte y sujeto por una aleación fusible. Secciones de corto circuito conectadas a través del sumidero de calor.



1. El fusible de dos elementos tiene elementos distintos y separados para sobrecarga y para corto circuito.



2. Bajo sobrecarga sostenida, el resorte de disparo fractura a aleación fusible calibrada, liberando el conector



3. Fusible de dos elementos, abierto después de desconectar una sobrecarga de circuito.



4. Una corriente de corto circuito ocasiona que se fundan las porciones de los elementos de corto circuito con área de sección recta pequeña, haciendo que los arcos quemen los espacios resultantes suprimidos por material absorbente de arcos y por la creciente resistencia del arco.



5. Fusible de elemento dual, abierto después de desconectar un corto circuito.
(b)

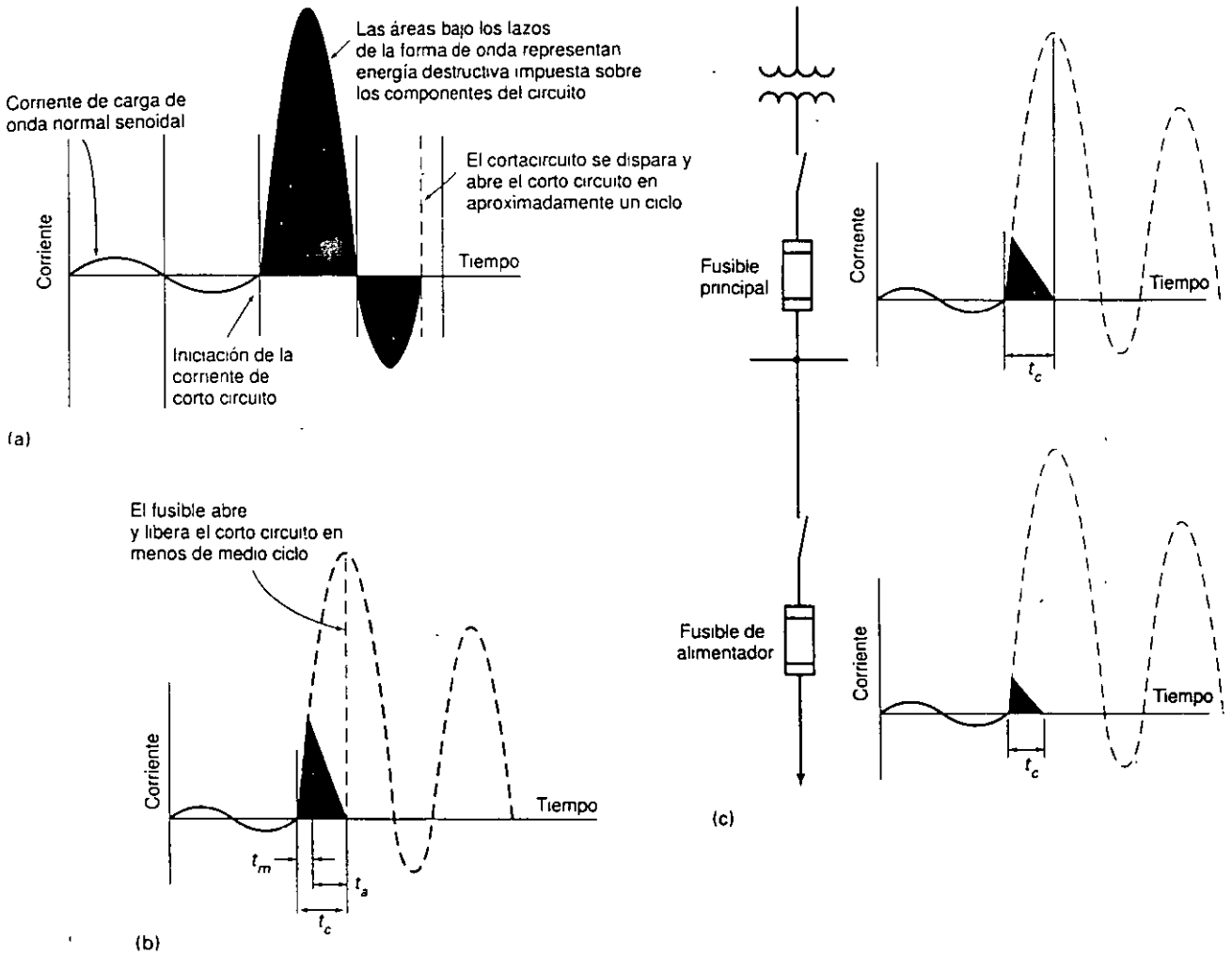
■ FIGURA 11-23

(a) Secuencia de operación de un fusible de un solo elemento. (b) Secuencia de operación de un fusible de elementos duales (retardo de tiempo). (Cortesía: Bussmann Division, Cooper Industries, St. Louis, MO.)

amperes nominales) se abrirán primero, impidiendo la interrupción de fusibles de niveles superiores. La figura 11-24(a) ilustra el tiempo normal de disparo de un cortacircuito de caja moldeada, en exceso de un ciclo. La figura 11-24(b) es el tiempo de apertura de un fusible, normalmente menor a medio ciclo. La figura 11-24(c) ilustra la coordinación natural de fusibles en un sistema de distribución en el cual el fusible del alimentador tiene un tiempo de apertura más breve que los fusibles principales.

11.11.3 Aplicación de dispositivos de protección

Gracias a mejoras en la tecnología de la producción en masa, los pequeños cortacircuitos de bajo voltaje para interrupciones de un polo y de dos polos hasta 200 A, resultan ahora tan económicos en costo como los interruptores correspondientes con fusibles. Por lo que, los cortacircuitos son utilizados de manera universal para los tableros de iluminación y de contactos. Sin embargo,



■ FIGURA 11-24
 (a) Operación típica de un cortacircuitos de caja moldeada, que en un sistema de distribución de energía a 60 Hertz abre un corto circuito en aproximadamente un ciclo ($1/60$ de segundo.)
 (b) Característica de operación típica de un fusible limitador de corriente, que abre un corto circuito en menos de medio ciclo (t_m = tiempo de fusión, t_a = tiempo de arqueo, y $t + t_c$ = tiempo de liberación).
 (c) Los fusibles más pequeños tienen un tiempo de liberación más rápido que los más grandes de una misma clase, y por lo tanto, abrirán primero, protegiendo de manera selectiva contra disparos inconvenientes el sistema de distribución.
 (Cortesía: Bussmann Division, Cooper Industries, St. Louis, MO.)

para cargas con mayor capacidad—y especialmente para sistemas con corrientes de corto circuito disponibles de 40,000 A o mayores—definitivamente los interruptores con fusible son los más económicos. A menudo para sistemas que tengan un corto circuito disponible en exceso de 50,000 A se utiliza una combinación de fusibles y cortacircuitos.

La coordinación es de extrema importancia entre los distintos niveles de los dispositivos de protección, de

manera que, en caso de sobrecarga o falla, sólo se abra el dispositivo protector más cercano a la carga o a la falla, en tanto que los demás se conserven en servicio. Sin una coordinación adecuada, más de un dispositivo pudiera abrirse, interrumpiendo de manera innecesaria servicios a otras cargas. La figura 11-25 ilustra una coordinación entre cortacircuitos y relevadores. Para coordinar fusibles, o fusibles y cortacircuitos se usan las mismas gráficas tiempo-corriente.

12

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y ALAMBRADO ELÉCTRICO

EL DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO FORMA PARTE INTEGRAL de un proceso del diseño general para un edificio. Prácticamente todos los circuitos mecánicos, como aire acondicionado, bombas y ventiladores, así como equipos del edificio, como elevadores y aparatos, están operados eléctricamente. Incluso equipo que consume o gas o aceite combustible, como calderas y calentadores, requieren energía eléctrica. La selección de un sistema con primo motor eléctrico a menudo sufre la influencia de parte del sistema mecánico seleccionado. Por ejemplo, si un edificio con 20 o más departamentos utiliza acondicionadores de aire o climas individuales, lo más probable es que el sistema de distribución eléctrico sea un sistema monofásico de 120/240 volts, en tanto que si los departamentos son servidos por un enfriador central con un sistema de manejo del aire, probablemente se escogería un sistema de distribución eléctrico de cuatro hilos de 120/208 volts trifásico.

Con el crecimiento en los edificios de sistemas de comunicación, en años recientes la demanda de energía eléctrica se ha visto incrementada de manera drástica. Por ejemplo, la demanda para energía de conveniencia o contactos (para equipo enchufable) en un edificio de oficinas, ha aumentado varias veces en años recientes. Lo que hace unos cuantos años resultaba una norma aceptable, es ahora inadecuado para utilizarse con equipo de procesamiento de datos y de comunicaciones en todo tipo de edificio, incluyendo el residencial.

Hablando generalmente, los sistemas eléctricos no requieren mucho espacio en el edificio, a comparación con los sistemas mecánicos. Sin embargo, la mayor parte de los dispositivos de operación eléctricos aparecen

normalmente a la vista en los espacios ocupados; por lo que su localización, configuración y estética deberán estar precisamente coordinados con el diseño tanto arquitectónico como de los interiores. Y muy a menudo, estos dispositivos de operación eléctrica, como interruptores, receptáculos, controles y alarmas, se instalan de manera indiscriminada, sin dar importancia a su localización, tamaño, forma y color.

12.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO ELÉCTRICO

Existen cinco pasos fundamentales para el diseño de los sistemas eléctricos:

- Analice las necesidades del edificio
- Determine las cargas eléctricas
- Seleccione los sistemas eléctricos
- Coordine con otras decisiones de diseño
- Prepare planos y especificaciones eléctricos

En la práctica algunos de estos pasos pueden pasarse temporalmente por alto, a fin de mantenerse a ritmo con el avance del proyecto. Por ejemplo, para un edificio, las necesidades de energía quedan determinadas por su iluminación, cargas de los equipos mecánicos y del edificio a partir de las cuales se seleccionará el sistema de energía eléctrica. Sin embargo, antes que estos pasos puedan ser completados de manera secuencial, la empresa pública de servicio eléctrico pudiera desear saber

por anticipado los tipos de servicio; al arquitecto le gustaría saber tamaños y ubicaciones del cuarto de equipo eléctrico; al ingeniero de estructuras le gustaría saber el peso de los principales equipos; y al ingeniero CVAA (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) le gustaría saber si existen opciones en el sistema, a fin de evaluar el costo del equipo CVAA (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado). Bajo estas circunstancias, se deberán hacer suposiciones razonables con base en experiencia o a datos estadísticos, algunas de las cuales se dan en este libro. Estas hipótesis tendrán que ser juzgadas, modificadas y finalizadas en cada una de las fases del proceso de diseño.

12.2 ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE LOS EDIFICIOS

El primer paso en el diseño del sistema eléctrico es identificar las necesidades del edificio, según haya quedado establecido en el programa arquitectónico. A continuación aparecen los factores principales que afectan a los sistemas eléctricos:

1. *Factores de ocupación.* Tipo del uso u ocupación del edificio, número de ocupantes, aparatos eléctricos presentes o futuros a instalar o esperados en el edificio, etcétera.
2. *Factores de costo.* Si el edificio es de presupuesto austero, es de calidad promedio, o si se trata de un edificio a todo lujo, etcétera.
3. *Factores arquitectónicos.* Tamaño del edificio, número de pisos, altura de piso a piso, planta del edificio, elevaciones, etcétera.
4. *Entornos del edificio.* Si el edificio es calentado, o sujeto a aire acondicionado, si los sistemas son centralizados o unitarios, etcétera.
5. *Criterios de iluminación.* Nivel de iluminación y tipo predominante de fuentes lumínicas a usar.
6. *Otros sistemas mecánicos.* Necesidades de electricidad para agua fría, caliente, eliminación de aguas negras, sistemas de protección contra incendio, etcétera.
7. *Equipo del edificio.* Sistemas de transportación vertical, preparación de alimentos, equipo recreativo, equipo de procesamiento como computadoras y otros equipos de producción que necesiten energía eléctrica, etcétera.
8. *Sistemas auxiliares.* Sistemas como administración de un edificio, reloj, alarma contra incendio, telecomunicaciones, radio y antena de TV, altoparlantes públicos, etc. En hospitales, hoteles y edificios industriales pudieran necesitarse sistemas especializados. (El impacto de un sistema auxiliar en un sistema de distribución de energía de un edificio es despreciable.)

12.3 DETERMINACIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS

La utilización de energía eléctrica en edificios —particularmente en edificios de oficina, se ha elevado de manera

drástica. Por ejemplo, la demanda para energía de conveniencia en contactos para equipos portátiles o enchufables en edificios de oficina se ha incrementado de un promedio de 2 a 3 watts/pie cuadrado (con base en el área de planta neta) durante los años ochenta hasta un promedio de 3 a 5 watts/pie cuadrado a partir de 1990 para energía de contactos en edificios de tipo de oficinas inteligentes, que tienen concentraciones mayores de computadoras personales, equipo de telecomunicaciones y máquinas de fax y de copiado. Similar y continuamente se ha venido incrementando el número de aparatos eléctricos en el hogar. Computadoras personales, hornos de microondas, procesadoras de alimentos, múltiples unidades de televisión y reproductores de videocintas son apenas unos de los cuantos aparatos que se están convirtiendo en estándar de vida, en vez de tratarse de un lujo.

El incremento de la carga eléctrica también tiene un efecto directo en el sistema de aire acondicionado (enfriado) del edificio. El calor generado por cargas eléctricas, en un espacio cuyo entorno está controlado, deberá ser eliminado vía la ventilación o vía el sistema de aire acondicionado, a fin de mantener dicho espacio a un nivel confortable. En general, toda entrada de energía eléctrica (watts) se convertirá en una ganancia interna de calor (Btuh) en el edificio. Siguiendo la ley fundamental de conversión de la energía, 1 watt de energía eléctrica utilizada durante una hora generará 3.4 Btuh de calor. Debe entenderse, sin embargo, que la ganancia de calor total de todos los equipos deberá basarse en la carga por demanda neta, en lugar de la carga bruta conectada, correspondiente a todas las cargas. La diferencia entre demanda y cargas conectadas se explicará en secciones posteriores.

Las cargas eléctricas de edificios se pueden analizar de acuerdo con diversas clasificaciones

12.3.1 Iluminación

El diseño de la iluminación por lo general es producto del esfuerzo coordinado del arquitecto, decorador, diseñador de la iluminación e ingeniero eléctrico. En la mayor parte de los edificios una de las cargas eléctricas más grandes es la iluminación. En general, las luminarias están diseñadas para energía a 120 volts monofásicos. Sin embargo, también pueden estar diseñadas para utilizarse en sistemas de energía monofásicos de 208, 240 y 277 volts.

El continuo mejoramiento de la tecnología de las fuentes de luz ha incrementado la eficiencia de conversión de energía eléctrica en energía lumínica, lo que a su vez ha reducido la necesidad de energía eléctrica para la iluminación de edificios. Cuando era común en los pasados años ochenta una necesidad de 3 a 5 watts/pie cuadrado para iluminar edificios de oficina, a principios de los noventa se requieren sólo 2 watts/pie cuadrado, y esta tendencia a disminuir sigue.

Para efectos de planeación de la energía eléctrica, en la tabla 12.1 aparece la energía promedio requerida por varios tipos de área o de actividad interior. Las cifras mostradas sólo son aproximaciones, y no deberán ser

TABLA 12-1

Densidad de energía (iluminación) unitaria (UPD)— W/ft^2 (W/m^2) para áreas de uso común y específico

<i>Espacios comunes para todos los usos de los edificios</i>	UPD	<i>Uso del edificio o funciones específicas de espacio</i>	UPD
Oficina-cerrada	1.5 (16.1)	Vestíbulo de exhibición	1.0 (10.8)
Oficina-diseño abierto	1.3 (14.0)	Edificio religioso	2.0 (21.6)
Conferencias/multiuso	1.0 (10.8)	Museo (exposiciones generales)	1.0 (10.8)
Aula de clase	1.5 (16.1)	Deportes profesionales (área de juego únicamente)	5.3 (57.0)
Biblioteca		Deportes amateurs (área de juego)	3.9 (42.0)
• Archivos/catalogación	1.4 (15.1)	Deportes profesionales televisados (área de juego + perímetro adyacente)	3.8 (40.9)
• Estanterías	1.8 (19.4)	Gimnasio (área de juego)	1.9 (20.4)
• Área de lectura	1.7 (18.3)	Auditorio (área de asientos)	1.6 (17.2)
Vestíbulo (excepto teatros)	1.8 (19.4)	Aeropuerto (salas de espera)	0.7 (7.5)
Vestíbulo (auditorios, teatros)	0.8 (8.6)	Aeropuerto (atención al público)	1.5 (16.1)
Atrio (primeros tres pisos)	1.4 (15.1)	Hospital	
Atrio (cada piso adicional)	0.2 (2.2)	• Cirugía/emergencia	3.2 (34.0)
Preparación de alimentos	1.2 (12.9)	• Cuarto general de enfermeras	2.1 (22.6)
Sanitarios	0.8 (8.6)	• Corredor	1.0 (10.8)
Corredores/espacios de transición	0.6 (6.5)	• Exámenes/farmacia	2.7 (29.1)
Escaleras-activas	0.8 (8.6)	Hotel/motel/multifamiliar/ dormitorio	1.2 (12.9)
Escaleras-inactivas	0.6 (6.5)	Banco (área del banco)	2.3 (24.8)
Almacenamiento-activo	1.2 (12.9)	Restaurante	1.4 (15.1)
Almacenamiento-inactivo	0.3 (3.2)	Ventas al menudeo (área de ventas)	
Almacén (materiales finos)	1.7 (18.3)	• Tiendas departamentales	3.3 (35.5)
Almacén (mediano/grande)	1.2 (12.9)	• Mercancías finas	5.1 (54.9)
Garaje (área de estacionamiento)	0.3 (3.2)	• Área general del centro comercial	1.7 (18.3)
Espacio mecánico y eléctrico	0.8 (8.6)	• Ventas de mayoreo	1.8 (19.4)
		• Servicios personales	2.0 (21.6)
		• Supermercado	2.3 (24.8)

Nota: Los valores UPD dados en esta tabla son sólo para efectos de planeación de cargas de energía eléctrica, y no deberán utilizarse como base del diseño de la iluminación. Refiérase al capítulo 16 para procedimientos de cálculo de la iluminación. Estos datos han sido condensados de la revisión 1996 del ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1989R.

utilizadas para el diseño de la iluminación. (Véase el capítulo 17 para cálculos de diseño de la iluminación.)

12.3.2 Equipo mecánico

La energía eléctrica requerida para el equipo mecánico varía ampliamente según el edificio, el tipo de clima, el diseño arquitectónico, el tamaño del edificio, el tipo de los sistemas mecánicos, y el método pretendido de operación de dichos sistemas. Para efectos de planeación, se obtendrán datos de energía preliminares de los ingenieros de diseño mecánico y conforme avance el diseño se irán actualizando.

El sistema mecánico incluye el CVAA (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado), la instalación de plomería y los sistemas de protección contra incendio. Los equipos, como enfriadores, calderas, bombas y ventiladores, por lo general requieren gran capacidad de energía y se diseñan para una mayor economía en voltajes más altos, como por ejemplo energía trifásica a 208, 240 o 480 volts. Sin embargo, el tipo residencial por lo general es diseñado para energía monofásica a 120 o 240 volts.

12.3.3 Equipos del edificio

Los equipos del edificio incluyen al equipo de transportación vertical (elevadores y escaleras eléctricas), equipo

para servicio de alimentos y equipo operacional doméstico, recreacional y misceláneo para edificios. La energía requerida por este tipo de equipos varía ampliamente, tanto en capacidad como en características operativas. Por lo general el arquitecto, el usuario o los diversos consultores especializados, reúnen los datos de potencia eléctrica total requerida para alimentar los equipos del edificio.

12.3.4 Sistemas auxiliares

Normalmente los sistemas auxiliares no requieren gran capacidad de energía, por lo que normalmente se diseñan para energía monofásica a 120 a 240 volts. Dependiendo del tipo de uso del edificio —residencial, comercial, institucional o industrial— cada edificio pudiera requerir uno o más de los sistemas siguientes:

- Sistemas de administración del edificio
- Sistema de protección
- Sistema de reloj
- Sistema de alarma contra incendio
- Sistemas de telecomunicación
- Sistema de antenas de radio y televisión
- Sistemas especializados
- Sistemas de aviso al público

Para efectos de planeación de necesidades de energía, en la mayor parte de los edificios por lo general son suficientes uno o dos circuitos monofásicos de 20 amperes para cada sistema auxiliar.

12.3.5 Demanda de energía en contactos de conveniencia

La energía de conveniencia es aquella energía que se proporciona para equipos del tipo de enchufar como aparatos domésticos, computadoras personales, equipo de oficina, instrumentos de laboratorio, equipos de servicio, luces portátiles y equipo de audio y video. Con la proliferación de los aparatos eléctricos en los hogares, oficinas y escuelas, la demanda de energía disponible para equipos enchufables se ha incrementado de manera drástica.

La carga total de aparatos para oficinas y hogares típicos ya ha excedido a la requerida para iluminación y se ha convertido en carga dominante de los sistemas de aire acondicionado del edificio. El diseño de los circuitos de contactos de conveniencia debe, por lo tanto, analizarse con cuidado, en lo que se refiere a capacidad y localización apropiada. La tabla 12.2 da los rangos nominales de energía típicos de los aparatos domésticos. La tabla 12.3 indica el número y tipo de enchufes de conveniencia que deben instalarse en diversos espacios interiores o usos en los edificios.

12.3.6 Carga conectada y por demanda

Carga conectada La carga conectada de un sistema de energía eléctrica es la suma algebraica de todas las cargas eléctricas conectadas al sistema. No toma en consideración ni la forma ni cuando dichas cargas se utilizan.

Carga por demanda La carga por demanda de un sistema de energía eléctrica es la carga neta que probablemente

TABLA 12-2
Capacidad típica en energía de aparatos domésticos

Aparatos	Rango de energía (VA)
Aire acondicionado de ventana	
• ½ tonelada, 115V	700-800
• ¾ tonelada, 125V	1,100-1,200
• 1 tonelada, 230V	1,400-1,600
• 2 toneladas, 230V	2,500-3,000
Refrigeradores, 115V	300-500
Congeladores, 115V	300-800
Máquinas lavadoras de ropa, 115V	800-1,200
Secadoras de ropa, 115/230V	3,000-5,000
Secadoras de ropa de gas, 115V	200-300
Calentadores de agua, 115/230V	3,000-6,000
Tostador de pan, 115V	500-1,000
Horno, 115/230V	3,000-5,000
Horno de microondas, 115V	500-1,000
Horno combinado, 115/230V	1,000-5,000
Televisión, 115V	300-1,000

TABLA 12-3

Potencia típica recomendada para receptáculos (cargas portátiles o fijas)

Tipo de espacio	Potencia permisible*
Oficinas	de 3 a 5 wats/pie cuadrado
Aulas de clase—general (sin PC)	de 1 a 2 wats/pie cuadrado
Aulas de clase—específicos (con PC)	Según la carga
Salones de reunión	de 3 a 5 wats/pie cuadrado
Espacios residenciales:	
• Cocina	(2) a (6) circuitos de 20A
• Comedor y salón familiar	(2) circuitos de 20A
• Recámaras, sin aire acondicionado	(1) 20A por habitación
• Recámaras, con acondicionamiento central	(1) 20A/2 habitaciones
• Lavandería	(2) circuitos de 20A
• Exterior	(1) 20A/intempere

*En espacios netos ocupados

se utilizará de manera simultánea de cada grupo de ellas. Cuando todas las cargas conectadas se utilicen simultáneamente, la demanda será igual a la carga conectada. En la mayor parte de los edificios, sin embargo, la demanda será siempre menor a la carga conectada. Por ejemplo, para estimar la carga en los receptáculos de enchufar (contactos de conveniencia), NEC recomienda el uso de 1.5 amperes, es decir 180 VA, por cada salida dúplex. Si el edificio contiene 1,000 salidas dúplex, entonces la carga conectada será de 180,000 VA, pero en realidad, la demanda pudiera ser como máximo el 20% de la carga conectada, es decir 54,000 VA. En este ejemplo, el factor de demanda es del 30%. Las sencillas relaciones existentes entre carga conectada (CL), carga por demanda (DL) factor de demanda (DF) y carga bruta por demanda (GDL) se expresan en las ecuaciones 12-1 y 12-2.

$$DL = \frac{CL}{DF} \tag{12-1}$$

$$y \text{ GDL} = \Sigma DL \tag{12-2}$$

Coefficiente de diversidad El coeficiente de diversidad toma en consideración la diversidad de la demanda entre grupos distintos de carga. Por ejemplo, cuando en un mismo espacio coexiste una carga muy alta de aparatos y de iluminación, el calor generado por estas cargas puede hacer que el sistema de calefacción se mantenga desconectado, reduciendo así la carga por demanda del sistema. Otro ejemplo típico es la diversificación entre sistemas de calefacción y de enfriamiento, cuando se utiliza sólo un sistema a la vez.

El coeficiente de diversidad también se conoce como factor de diversidad (DF). Sin embargo, a fin de evitar una posible confusión con el factor de demanda (DF), por lo que se refiere a su nomenclatura, el autor prefiere utilizar el término coeficiente de diversidad (DC) utilizándolo como divisor, en vez de multiplicador. El cálculo del coeficiente de diversidad es muy engorroso. Para los

efectos de este libro, $DC = 1.0$ y el utilizado para sistemas que no tengan una diversificación obvia de la carga, $DC = 1.2$ para sistemas grandes o sistemas con grupos diversificados de carga. Cuando la diversificación de carga sea mayor que el rango sugerido de coeficientes de diversidad, se tendrá que llevar a cabo un análisis detallado de las cargas conectadas, bajo toda condición de operación, a fin de obtener un estudio con base en hora a hora o minuto a minuto. A menudo, los diseñadores desprecian el coeficiente de diversidad, lo que da como resultado sistemas demasiado grandes. Las relaciones entre carga neta por demanda (NDL), la carga bruta por demanda (GDL) y el coeficiente de diversidad (DC) quedan expresadas en la ecuación 12-3.

$$NDL = \frac{GDL}{DC} \quad (12-3)$$

Ejemplo El sistema eléctrico de un edificio se calcula para que tenga las siguientes cargas conectadas por grupos de carga. Los factores de demanda estimados aparecen en la tabla abajo. ¿Cuál es la carga neta por demanda del sistema, suponiendo que el coeficiente de diversidad sea de 1.1?

Grupo de carga	Carga conectada (kW)	DF	Carga por demanda (kW)
Iluminación	125	0.9	112.5
Receptáculos o contactos	85	0.2	42.5
Equipos mecánicos	200	0.8	160.0
Equipos del edificio	150	0.6	90.0
Carga conectada (CL)	560		
Carga bruta por demanda (GDL)			405 kW
Carga neta por demanda (NDL) (405/1.1)			368 kW (usar 370)

12.4 SELECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

12.4.1 Sistemas trifásicos en comparación con sistemas monofásicos

Con base en el análisis de las cargas, se seleccionan sistemas de energía eléctrica que complementen las características de las mismas. Por ejemplo, si en el edificio las cargas predominantemente son monofásicas a 120 volts, entonces el sistema deberá ser o monofásico a 120/240 volts, o de tres fases/tres hilos, o un sistema trifásico de cuatro hilos a 120/208 volts. Una de las ventajas del sistema trifásico de cuatro hilos que no se mencionó antes es su definitivo bajo costo. Permite que el alambre neutro común sirva hasta para tres cargas monofásicas.

Sin embargo, ante el uso creciente de cargas inductivas, como computadoras en oficinas, aparece la tendencia a sobrecalentar el alambre neutro común, debido a terceras armónicas. En este caso, se recomienda instalar alambres neutros individuales por cada circuito.

12.4.2 Voltajes nominales comunes

El sistema de energía eléctrica para un edificio grande pudiera resultar una combinación de sistemas monofásicos y trifásicos de bajo voltaje, alimentado por uno o más sistemas de alto voltaje. La figura 12-1 ilustra un diagrama unifilar simplificado de un sistema de distribución de energía más grande, en el cual la energía primaria, 13,800 volts trifásicos de tres hilos, pasa a través de transformadores reductores hasta tres sistemas distintos de bajo voltaje, es decir, 120/208 volts trifásicos de 4 hilos, 277/480 volts trifásicos de cuatro hilos y sistema de 480 volts trifásicos de tres hilos.

Naturalmente, en el caso de edificios mas pequeños, será suficiente un único sistema de alimentación de energía. Sin embargo, en algunas aplicaciones, es deseable separar las cargas grandes de energía de las cargas de la iluminación y de los aparatos, a fin de minimizar fluctuaciones de voltaje en el sistema debido a la natural entrada y salida de las cargas más grandes. El ingeniero de diseño eléctrico deberá seleccionar pronto el sistema e informar al arquitecto y a los ingenieros mecánicos de cualquier opción adicional, de manera que el equipo que ellos seleccionen coincida correctamente. En general, durante el periodo de diseño preliminar, el equipo descrito a continuación afecta de manera importante las decisiones de selección del sistema.

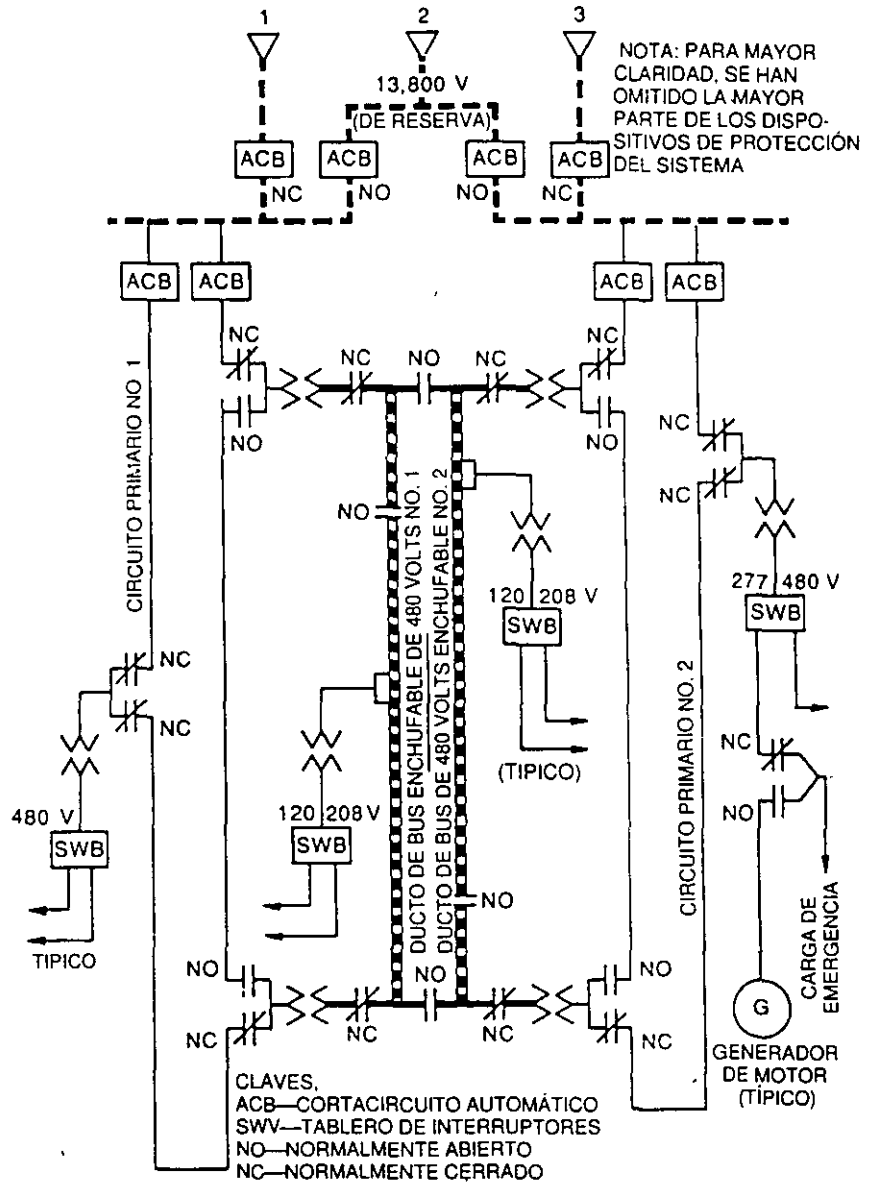
Elevadores Los elevadores usualmente utilizan de 15 a 200 caballos, dependiendo de su velocidad y capacidad de carga. Por lo general están equipados con motores trifásicos, con un voltaje compatible con el sistema de energía del edificio.

Equipo de servicio de alimentos

Equipos de servicio de alimentos con 30 kW o menos que pudieran ser monofásicos o trifásicos; aquellos con capacidades superiores por lo general serán trifásicos. En todos los casos, el voltaje del equipo deberá coincidir con el del sistema del edificio. Por ejemplo, si el sistema de alimentación de energía del edificio está a 208 volts y el equipo es para 240 volts, entonces el rendimiento del equipo probablemente quedará reducido en 15%, a menos que se instale un transformador local. Lo inverso es cierto cuando el voltaje del sistema es más alto que el voltaje del equipo.

Equipo mecánico

Aunque las grandes piezas de equipo mecánico estarán siempre diseñadas para energía trifásica, los más pequeños, como ventiladores, serpentines y equipos unitarios



■ FIGURA 12-1
Diagrama unifilar simplificado de un sistema de distribución de energía grande

pudieran estar fabricados ya sea para alimentación monofásica o trifásica. La selección de dicho equipo durante la fase preliminar de diseño deberá ser decisión conjunta de ingenieros mecánicos y eléctricos.

Aparatos domésticos

Aunque existen otras opciones, la mayor parte de los aparatos domésticos están fabricados para sistemas monofásicos a 120/240 volts. Si para una residencia se selecciona un sistema trifásico de cuatro hilos a 120/208 volts, entonces se deberán conseguir aparatos de diseño especial o deberán instalarse en la residencia transformadores locales con capacidad adecuada para la carga, y elevar el voltaje del sistema para que concuerde con el del equipo.

12.5 COORDINACIÓN CON OTRAS DECISIONES DE DISEÑO

12.5.1 Interfaz de los sistemas del edificio

El Diagrama unifilar simplificado que aparece en la figura 12-1 ilustra con claridad la compleja interfaz requerida en todos los sistemas de los edificios. Por ejemplo, en un edificio de muchos pisos con 100 departamentos, servido por un sistema centralizado de enfriamiento y calefacción, el sistema de energía eléctrica principal deberá ser un sistema trifásico de tres hilos a 480 volts para el equipo centralizado, y un sistema trifásico de cuatro hilos a 120/208 volts para cargas de iluminación y aparatos. Por otra parte, si cada departamento tiene medidor propio para todo tipo de carga conectada —inclu-

yendo unidades unitarias de calefacción y de enfriamiento individuales— entonces el sistema eléctrico probablemente estará formado por múltiples de pequeños sistemas a 120/240 volts, uno por departamento—incluso si el edificio es grande, generalmente, la selección de los sistemas mecánicos afectará a la selección del sistema eléctrico.

12.5.2 Planeación de espacios

La planeación de los espacios no es una ciencia exacta, pero aun así es extraordinariamente vital para el avance ordenado del proceso de diseño del edificio. Una vez asignado un espacio eléctrico o mecánico dentro de un edificio, es difícil modificar su tamaño o localización, ya que de hacerlo indudablemente se afectaría el trabajo en progreso de muchas otras disciplinas o sistemas.

A diferencia del diseño de un cuarto de baño, donde el tamaño de los muebles es razonablemente estándar, el tamaño del equipo eléctrico o mecánico varía con la capacidad, características y de los fabricantes de equipo.

A este respecto, las estimaciones inteligentes y la experiencia de los diseñadores juegan un papel importante. En el siguiente volumen de este libro se presentará un análisis y guía de acción más detallado para planear espacios de equipos eléctricos y mecánicos. A continuación aparecen unas guías generales

Accesibilidad

Todo equipo y dispositivo debe quedar accesible para su inspección, servicio y reemplazo.

Seguridad

El equipo eléctrico es peligroso. Debe incluirse suficiente espacio en todos los costados que requieran acceso. Como regla, NEC requiere el siguiente espacio mínimo por delante de todos los costados accesibles al equipo. Los valores más grandes son para equipos que contengan componentes vivos expuestos:

- Hasta 150 volts: 3 pies
- 151 a 600 volts: de 3 a 4 pies
- 601 a 2500 volts: de 3 a 5 pies
- 2501 a 9000 volts: de 4 a 6 pies

Espacios comunes de acceso

A fin de minimizar la pérdida de espacio útil del edificio debido a requisitos de acceso, se prefieren diseños dobles, con pasillo central. Un ejemplo típico es el pasillo común entre dos hileras de centros de control de motores, que se muestra en la figura 11-8(b) del capítulo 11. Como pasaje, los corredores frecuentemente son utilizados para tableros de interruptores y tableros de control montados sobre pared. NEC también describe otros requisitos de seguridad, a los cuales hace referencia en el diseño de sistemas eléctricos de edificios.

Integración de elementos eléctricos y estructurales

La electrificación de los pisos estructurales es un método popular para distribuir la energía de conveniencia. El sistema puede ser un sistema de ducto bajo el piso (figura 11-17) o un sistema de piso celular (figura 11-18). Es principalmente aplicable en oficinas, especialmente en diseños de oficinas abiertas. Aunque el costo inicial de instalación de los sistemas de distribución bajo piso es mayor que el de otros sistemas, la estadística ha probado que en lo general son económicos, con un corto periodo de recuperación.

12.6 DIBUJO DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

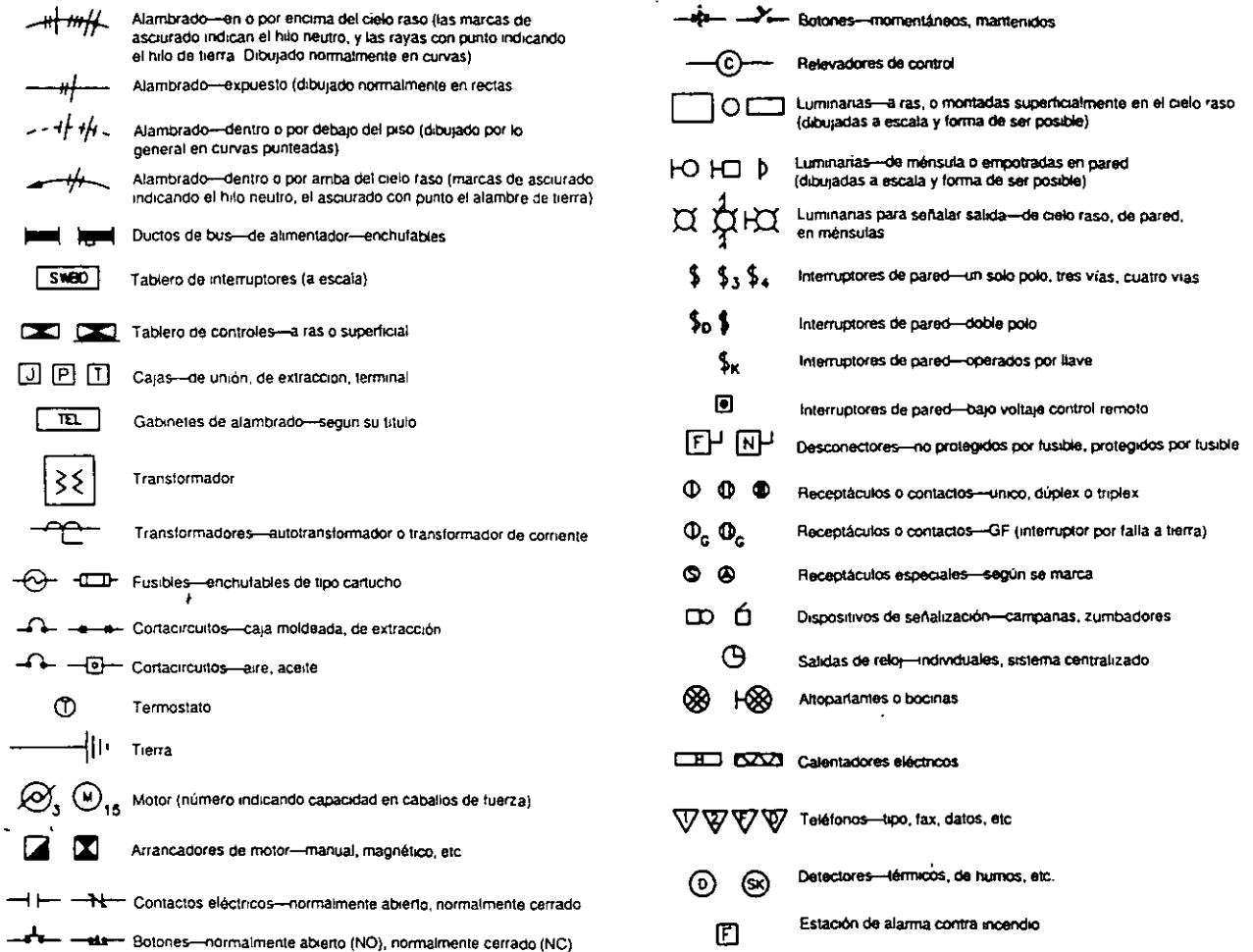
12.6.1 Símbolos gráficos

A fin de ilustrar los diversos aspectos del diseño eléctrico se utilizan símbolos gráficos, incluyendo indicación de equipos, dispositivos, alambrado y canalizaciones. Sin estos símbolos, el diseño eléctrico sería difícil de ilustrar. Los símbolos estandarizados pretenden sean utilizados como lenguaje común de comunicación. Desafortunadamente, los estándares actualmente reconocidos, como los publicados por el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) función al crecimiento de sistemas eléctricos en aplicaciones en edificios. Como resultado, muchos símbolos no estándar o personalizados han sido desarrollados. Una tabla de símbolos debe, por lo tanto, incluirse en cada conjunto de planos. En la figura 12-2 se incluye una tabla de los símbolos gráficos de uso más común. Estos símbolos son los utilizados en este texto.

12.6.2 Planos eléctricos

Los planos eléctricos por lo general están formados de lo siguiente:

1. *Planos de planta.* En un plano de planta, los dispositivos y equipos eléctricos están superpuestos sobre un fondo arquitectónico. Para mayor claridad, el fondo arquitectónico puede estar atenuado o tener menor espesor de línea para que las características eléctricas sobresalgan. Por lo general para edificios de importancia Los planos eléctricos se subdividen aún más en planos de iluminación, de energía y de sistemas auxiliares, mostrando el diseño del alambrado tan claramente como sea posible. La figura 12-3(a) es una perspectiva de una habitación con una luz controlada por un interruptor, y la figura 12-3(b) es el plano eléctrico de planta de dicha habitación.
2. *Diagrama esquemático.* También llamado diagrama elemental, el diagrama esquemático muestra el circuito de un sistema y es fundamental para comprender las



■ FIGURA 12-2
Símbolos gráficos de uso común para los planos eléctricos de edificios

funciones de un sistema eléctrico. La figura 12-3(c) es el diagrama elemental de las instalaciones de iluminación y sus controles.

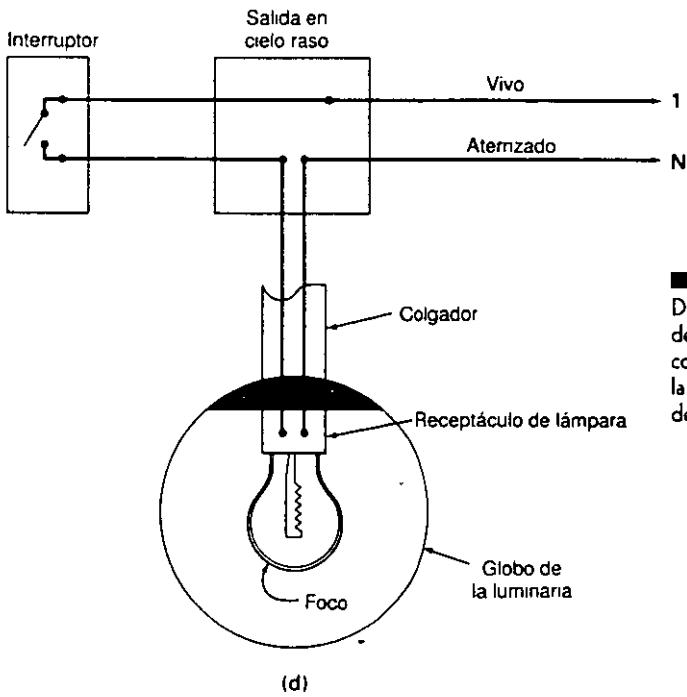
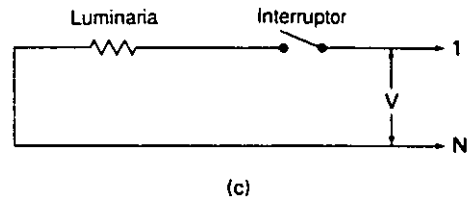
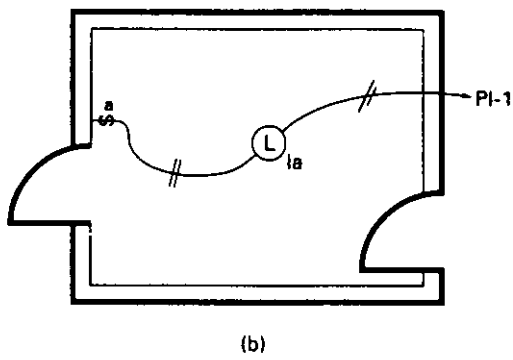
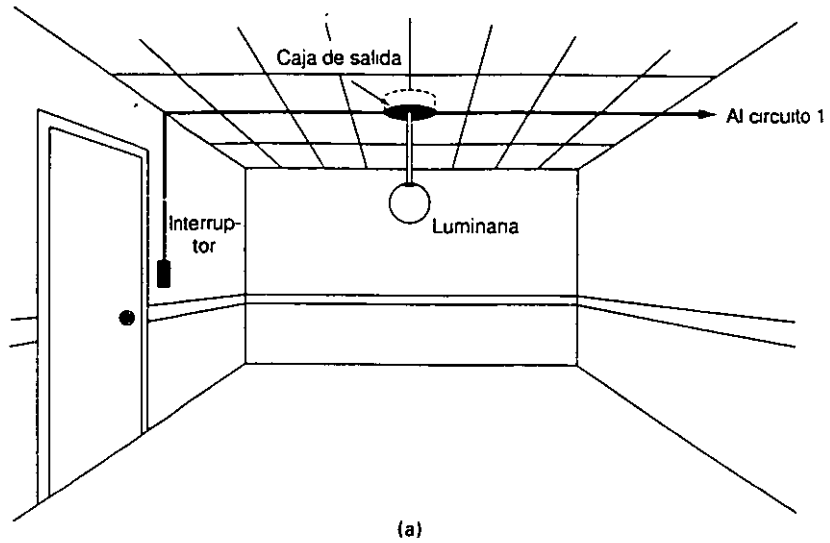
3. *Diagrama de conexiones.* También llamado diagrama de alambrado, el diagrama de conexiones, que se ilustra en la figura 12-3(d) da instrucciones en lo que respecta a las conexiones entre las terminales de alambrado de diversos dispositivos y equipo. El diagrama de conexiones no pretende ilustrar los principios operacionales de los circuitos; más bien es utilizado por los electricistas durante la instalación.
4. *Diagrama unifilar.* Éste es un diagrama simplificado del sistema que muestra las principales relaciones entre los equipos importantes. La figura 12-1 es un diagrama unifilar de un sistema de distribución de energía.
5. *Diagrama de alimentadores verticales.* Este diagrama expresa la relación física entre las diversas piezas de equipo o dispositivos y frecuentemente es el utilizado para mostrar la relación vertical entre pisos (véase la figura 12-4)

12.6.3 Especificaciones

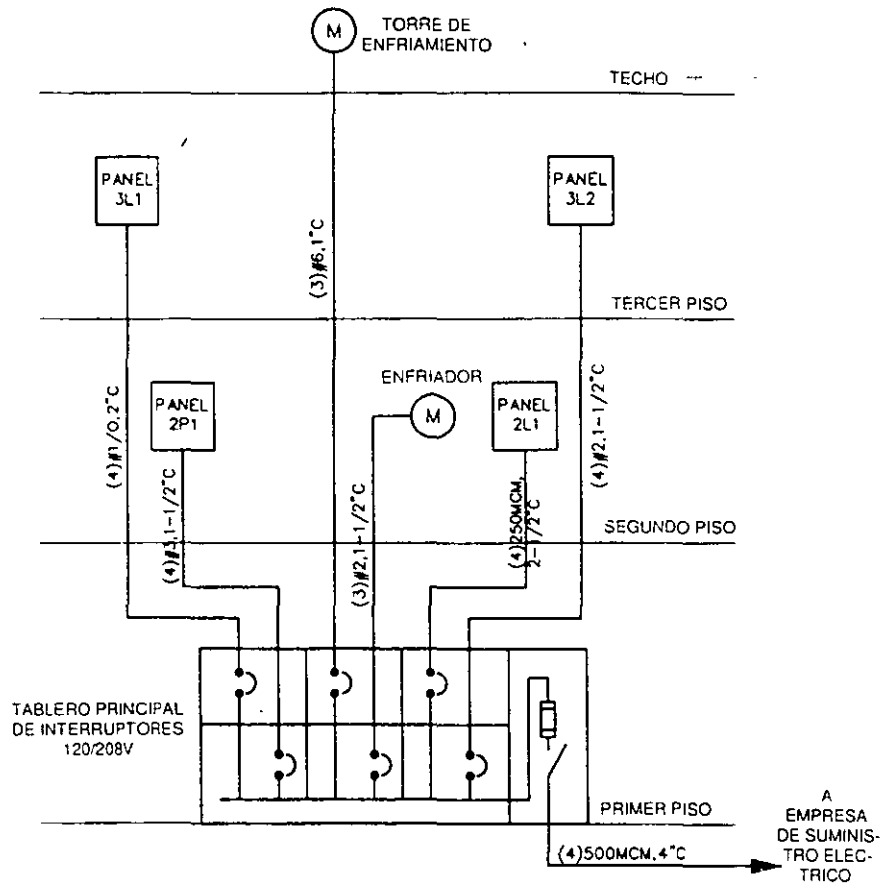
Las especificaciones son la parte escrita de un documento de diseño. Se utilizan para complementar los dibujos del documento. Los dibujos y las especificaciones se usan de manera conjunta, y lo que queda definido en uno de ellos, se considera definido para ambos.

12.7 NATIONAL ELECTRICAL CODE

El NEC es el código que en los Estados Unidos rige los trabajos de electricidad en edificios e instalaciones. También es ampliamente usado en muchos países, tanto desarrollados como en desarrollo de todo el mundo. Aunque en función de las costumbres locales, productos manufacturados y diferencias en los estándares de medición, en los diversos países existen variaciones en los



■ FIGURA 12-3
 Diversas formas de plano eléctrico y diagramas de una instalación de iluminación sencilla. (a) Perspectiva de un cuarto con una luz controlada por un interruptor. (b) Plano eléctrico de planta de la habitación de (a). (c) Diagrama esquemático del circuito de la habitación. (d) Diagrama de conexiones del circuito.



■ FIGURA 12-4
Diagrama típico de alimentadores verticales de un sistema de suministro de energía, mostrando alimentadores entre el tablero principal de interruptores, los paneles de control y las cargas de los motores principales

códigos eléctricos, el principio subyacente de todos ellos es el mismo. Definen un estándar mínimo de seguridad.

El diseño, la instalación y el mantenimiento de un sistema eléctrico, que cumpla con NEC, dará como resultado una instalación que esencialmente es eficiente, conveniente y segura. Los inspectores y funcionarios de la construcción de edificios generalmente revisan los sistemas eléctricos, antes de emitir los permisos de uso y ocupación. Por lo que el Nec ha sido utilizado como referencia, igual que un libro de recursos, para todas aquellas disciplinas involucradas en el diseño, construcción y operación de sistemas eléctricos.

A menudo los riesgos ocurren porque el alambrado está sobrecargado más allá de los valores recomendados por NEC, lo que ocurre comúnmente en sistemas antiguos, que fueron diseñados cuando el uso de la electricidad era sólo una fracción del uso actual. El diseño del sistema eléctrico deberá prever el crecimiento, siendo la norma una capacidad de reserva del 20 a 30 por ciento.

12.7.1 Alcance y organización de NEC

NEC cubre métodos de conexión al suministro de energía eléctrica y la instalación de conductores y equipos eléctricos en instalaciones públicas y privadas. El código está dividido en nueve capítulos, como sigue:

- **Capítulo 1.** Guías generales para cumplimiento del código.
- **Capítulo 2.** Alambrado y protección: métodos para dimensionar alimentadores y circuitos derivados, dispositivos de protección de sobrecorriente y requisitos de puesta a tierra.
- **Capítulo 3.** Métodos y materiales de alambrado: tipos de conductores y métodos para instalarlos.
- **Capítulo 4.** Equipo de uso general: requisitos de construcción para luminarias, aparatos domésticos, calentadores eléctricos, motores, generadores u otro equipo que use o que produzca energía eléctrica.
- **Capítulo 5.** Usos especiales: requisitos para ubicaciones peligrosas, lugares de reunión (como auditorios, arenas), manufactura, cuidados a la salud y otras instalaciones.
- **Capítulo 6.** Equipo especial: requisitos para elevadores, sistemas de bajo voltaje, piscinas de natación, etcétera.
- **Capítulo 7.** Condiciones especiales: requisitos de sistemas de emergencia, de energía de respaldo, y de cables de fibra óptica.
- **Capítulo 8.** Sistemas de comunicación: requisitos para antenas y equipo de radio y televisión.
- **Capítulo 9.** Tablas y ejemplos: datos correspondientes a conductores y canalizaciones, y ejemplos de cálculo de cargas y capacidades para unidades habitacionales.

12.7.2 Elementos esenciales de NEC

NEC contiene cientos de páginas de reglamentos y datos técnicos. Para cada regla o reglamento, existen numerosas excepciones para cubrir varias aplicaciones. Por lo tanto, cualquier intento de condensar el código para efectos de simplificación pudiera llevar a malos entendidos e incluso a violación a las reglas del código. Sin embargo, es de gran valor tanto para el diseñador como para el usuario comprender la esencia de NEC, a fin de obtener sistemas eléctricos más útiles y más seguros. En general, las reglas NEC pueden resumirse o condensarse como sigue.

1. Los sistemas de energía eléctrica deben tener una capacidad mínima para varios tipos de usos de los edificios. Naturalmente, este requisito varía según distintos países, dependiendo de necesidades locales. Por ejemplo, el servicio eléctrico para una unidad habitacional unifamiliar en los Estados Unidos no deberá ser menor de 60 A para un servicio de tres hilos a 120/240 volts, y no menos de 100A para cargas iniciales de 10 kVA o más. En la mayor parte, en otros países este requisito no es tan severo.
2. Los sistemas de corriente alterna de 50 a 600 volts, siempre que sea posible, deberán estar conectados a tierra, de forma que el potencial máximo a tierra de los conductores no puestos a tierra no exceda de 150 volts. Las excepciones a esta regla de tipo general incluyen sistemas especiales en cuidados a la salud y en instalaciones industriales.
3. En los edificios deberán utilizarse sólo conductores listados en el código. La aplicación de conductores no deberá exceder los valores de temperatura y voltaje nominales de su aislamiento, para ubicaciones secas o húmedas aprobadas.
4. La capacidad de alimentadores y el número de circuitos derivados no deberá ser menor que la carga por demanda real o la carga por demanda calculada dada bajo los artículos 200, 210, 215 y 220, cualquiera que sea la mayor.
5. Existen numerosos alambres y cables aislados aprobados por el código. La mayor parte deberán instalarse en canalizaciones eléctricas protectoras, como conduit, canaletas o bandejas de cables. Para fines prácticos, todos los edificios comerciales, institucionales e industriales se diseñan para utilizar los conductores en canalizaciones eléctricas, principalmente en conduit EMT o rígido (de pared gruesa).
6. Las capacidades en amperes permitidas de conductores aislados aparecen en el artículo 310 de NEC, incluyendo los factores de desclasificación en función de la temperatura ambiente y en caso que existan más de tres conductores en la canalización. A menos de que se diga lo contrario, todas las referencias están basadas en conductores de cobre.
7. Los cables blindados no metálicos, tipos NM y NMC, pueden usarse sin canalización en unidades habitacionales unifamiliares o multifamiliares, así como en otras estructuras, excepto cuando cualquie-

ra de estas unidades o estructuras exceda de tres pisos por encima del nivel de calle.

8. Todas las conexiones o empalmes de alambres y cables deben hacerse dentro de cajas aprobadas por el código, accesibles para su inspección y servicio.
9. Todos los alambres y equipos deberán estar protegidos contra situaciones anormales mediante los dispositivos adecuados de sobrecorriente, sobrevoltaje y sobrecarga, como relevadores, fusibles y cortacircuitos.
10. Los alimentadores, los circuitos derivados y el equipo deberán estar provistos con los medios de desconexión o interruptores de aislamiento adecuados a fin de separarlos del sistema eléctrico para su servicio y reparación. El medio de desconexión deberá ser fácilmente accesible y a la vista del equipo que se está desconectando.
11. Los motores y el equipo eléctrico deberán estar provistos de medios de desconexión, protección de circuito derivado, controladores y protección de sobrecarga. El medio de desconexión deberá estar a la vista del equipo y ser capaz de poder bloquearse en posición abierta para seguridad del personal de servicio.
12. Para evitar la acumulación de calor y facilitar la extracción de los alambres del conduit, los conductores sólo ocuparán una pequeña porción del mismo. En general, cuando en un conduit existan tres o más conductores, el área de la sección recta general de todos los conductores no deberá exceder 40% del área de la sección recta del conduit.

12.8 CIRCUITOS DERIVADOS

De acuerdo con NEC, un circuito derivado es aquella porción de un sistema de alambrado que se extiende más allá del último dispositivo de sobrecorriente que protege al circuito, y que llega a la salida o la carga. Un circuito derivado puede clasificarse como aparato doméstico o como circuito de motor de uso general, individual o multiconductor. Cada circuito derivado deberá estar protegido contra sobrecorriente por dispositivos de sobrecorriente, que deberán estar ubicados en el extremo de alimentación de energía a dicho circuito.

No existe ningún límite de tamaño de circuitos derivados para motores, siempre y cuando los conductores estén correctamente protegidos, de acuerdo al artículo 430 de NEC. En general, en circuitos derivados para motor se permiten dispositivos de sobrecorriente con capacidad nominal en amperes más alta que los permitidos en circuitos derivados para uso general, de forma que puedan aceptar las extremadamente altas corrientes que se crean durante el arranque de los motores debido a su reactancia inductiva o a su bajo factor de potencia. La capacidad nominal en amperes de los circuitos derivados de uso general están limitados a 20 A para iluminación y aparatos domésticos de 120 V, 30 A para iluminación con receptáculos de lámpara de

servicio pesado y aparatos domésticos de alto wattage, y 50 A para equipo de cocina y de lavandería en unidades habitacionales.

12.8.1 Diseño de circuitos derivados

Los circuitos derivados son la base para el alambrado de las cargas individuales, y en el diseño final del sistema de distribución de energía, el detalle de los circuitos derivados es principalmente tedioso y tardado. Por otra parte, este trabajo puede simplificarse de manera importante, si se observan las reglas siguientes:

1. No deberá utilizarse un conductor menor del 14 AWG para aplicaciones en unidades habitacionales.
2. No deberá usarse un conductor menor del 12 AWG para aplicaciones comerciales, industriales e institucionales.
3. Para circuitos de dos hilos, la carga continua por circuito deberá estar limitada a 1,200 watts en el caso de circuitos a 15 A y de 1,500 watts para circuitos a 20 A.
4. Para circuitos de lámparas de servicio pesado, la carga por circuito no deberá exceder 2,000 watts para conductores del 10 AWG, 2,500 watts para el 8, y 3,000 watts para el 6.
5. Como regla, el código NEC requiere que el valor nominal de cualquier aparato doméstico portátil no deberá exceder 80% de la capacidad nominal del circuito derivado; la carga conectada de la carga por iluminación inductiva, como las luminarias fluorescentes o HID, no deberán exceder 70% de la capacidad nominal del circuito derivado; y la carga total de los aparatos domésticos conectados fijos, no deberá exceder el 50% de la capacidad del circuito derivado, si al mismo circuito también está conectado iluminación o aparatos domésticos portátiles.
6. Cuando la distancia en ducto del panel de control a la primera salida de un circuito de iluminación ramal exceda 75 pies, el tamaño del conductor deberá ser, por lo menos un calibre mayor que el determinado por cualquiera de las consideraciones precedentes.
7. No se efectuará un tendido eléctrico mayor de 100 pies entre el tablero de control y la primera salida de un circuito de iluminación derivado, a menos que la carga de salida sea tan pequeña que la caída de voltaje entre tablero y cualquier salida de dicho circuito pueda restringirse al 2 por ciento.
8. Cuando el tendido eléctrico desde el tablero de control a la primera salida de un circuito de contactos de conveniencia exceda de 100 pies, se utilizarán conductores del 10 AWG.
9. No se alimentará ninguna salida para contacto mediante el mismo circuito derivado que alimente a salidas de iluminación de cielo raso o de aparadores.
10. El número máximo de contactos enchufables incluidos en un circuito deberá basarse en lo siguiente:

- Salidas alimentando aparatos específicos y otras cargas, con base en la capacidad en amperes de los aparatos.
- Salidas o contactos alimentando receptáculos para lámparas de servicio pesado—utilice un receptáculo de 5 A.
- Otras salidas (uso general)—use 1½ A por receptáculo.

11. Cada panel de distribución de uso general se proveerá de un 10 a un 15% de circuitos de reserva, además de los circuitos de reserva para cargas futuras ya conocidas.
12. Los circuitos derivados de motor deberán cumplir con el artículo 430 de NEC. En general, los conductores de los circuitos derivados deberán estar clasificados como sigue:
 - Circuito para un motor único: por lo menos 125% de la capacidad a plena carga del motor.
 - Circuito con varios motores: por lo menos 125% del motor de más alta capacidad, más la capacidad a plena carga de todos los demás motores.

12.8.2 Disposición física de circuitos derivados

Una vez especificado el circuito derivado, aparecerá en los planos eléctricos de planta indicando número del circuito, tamaño de conductores (si son distintos a los básicos 12 o 14AWG), alimentadores, interconexión entre salidas o cajas, puntos de control y notas especiales.

Circuitos derivados mediante cables NM

Los cables NM son principalmente utilizados para terminados interiores de casas habitación y de edificios. Los cables NM vienen con dos conductores (negro y blanco) o tres conductores (negro, blanco y rojo). Cada cable contiene dentro de la camisa protectora no metálica un conductor de tierra desnudo. En vista que los cables NM están limitados en su variedad, la indicación en los planos de planta de un alambrado completo de circuito derivado es bastante sencillo, y de hecho, en planos de unidades habitacionales sencillas podría eliminarse. Un plano eléctrico de planta típico, con alambrado NM, aparece en Preguntas al final del capítulo. En general:

- Utilice como mínimo no. 14 AWG para circuitos de 15 A y no. 12 para circuitos de 20 A.
- Utilice un cable de dos conductores para contactos de un sólo circuito, un sólo interruptor a 120 volts.
- Utilice cable de tres conductores para aparatos domésticos de dos circuitos, interruptores de tres vías a 240 volts.
- Utilice el conductor blanco únicamente para el lado puesto a tierra del sistema de alimentación de energía.
- Utilice el alambre desnudo de tierra para poner a tierra la envoltura conductora de la luminaria, los dispositivos de alambrado, el equipo y las cajas.

Circuitos derivados con conductores en conduit La disposición de los circuitos derivados en conduit requieren de planeación cuidadosa. Cuando se hacen correctamente,

podrían eliminar complicaciones en el campo, en lo que se refiere al reencaminado o agrandamiento de algunos conduit incorrectamente dimensionados, y en su costo de construcción. La meta al diseñar el conduit es minimizar longitud y tamaño de los mismos. A continuación unas cuantas reglas simples.

- EMT deberá utilizarse principalmente en ubicaciones secas, aunque puede utilizarse en ubicaciones húmedas, con componentes de soporte resistentes a la corrosión.
- EMT está limitado a 4 pulgadas, y no se utilizará ningún conduit menor de 1/2 pulgada.
- Todas las conexiones de alambrado deberán efectuarse en las cajas de salida, en las canales de los tableros de control, o en otras cajas de unión. Todas las cajas deben quedar accesibles.
- Los conductores para distintos sistemas de voltaje pueden instalarse en un mismo conduit, siempre y cuando todos los conductores estén diseñados para el voltaje más alto incluido.
- En general, los conductores para sistemas de señalización y para radio y TV pueden no ocupar el mismo conduit que los que ocupan los sistemas de iluminación y de potencia, excepto cuando en los artículos 800 a 820 de NEC se permita lo contrario.
- Los conductores para teléfonos deberán utilizar canalizaciones por separado.
- Para reducir el efecto inductivo (calor inducido) todos los conductores de un circuito trifásico deberán instalarse en un mismo conduit. También, siempre que sea posible, el neutro del circuito deberá quedar instalado en el mismo conduit.
- Ningún conduit deberá tener más de cuatro curvas equivalentes a 90 grados entre cajas, incluyendo las curvas en las cajas mismas.
- Es buena práctica alimentar el circuito derivado primero en la caja de salida de la luminaria y después en las cajas de los interruptores. Esto ayuda en modificaciones futuras y en la solución de problemas.
- Separe los circuitos de contactos de conveniencia y aparatos eléctricos de los circuitos de iluminación, excepto para cargas incidentales.
- Evite utilizar conduit mayores de una pulgada para circuitos derivados de uso general.
- Evite tener más de nueve conductores en un solo conduit, a menos que se trate de sistemas de bajo voltaje del tipo de comunicaciones.

Un plano típico de alambrado para circuitos derivados en conduit aparece ilustrado en las figuras 12-5 y 12-6.

12.9 TABLAS Y PROGRAMAS

En el diseño de cualquier sistema o subsistema de edificios, no toda la información pertinente puede expresarse mediante dibujos. Formas eficaces de proporcionar

la información de diseño de un proyecto es tabulando datos y haciendo combinaciones de gráficas con datos tabulados. Al diseñar sistemas eléctricos, por lo general se requieren las relaciones siguientes:

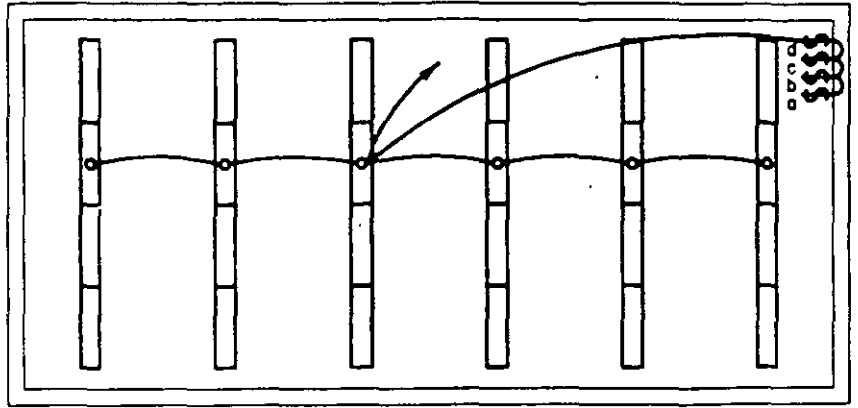
Relaciones de control Una relación de control es la relación de diseño más importante del sistema de energía. Sirve para resumir las cargas individuales de los circuitos derivados a partir de los cuales se calcula el sistema general de cargas. Una relación completa de tableros de control utilizada en grandes proyectos aparece en la figura 12-7. Contiene cuatro subrelaciones:

- Conexiones de circuitos derivados. Incluyendo el número del circuito, la carga (VA, watts, kW o kVA), la fase a la cual ha de conectarse la carga (x o y para un sistema monofásico o A, B, C para un sistema trifásico), el tipo de protección de sobrecorriente (OCP), la corriente nominal (A), el número de polos (P).
- Cálculos de la carga por demanda. Basado en los tipos de cargas, en el factor estimado de demanda (DF) y en el coeficiente estimado de diversidad (DC).
- Datos de alimentación de la energía. Describiendo cómo se suministra la energía.
- Número de datos del circuito derivado, polos y clasificación de los polos.
- Especificaciones. Capacidad, capacidad en corto circuito, capacidad de los dispositivos de protección por sobrecorriente (OCP), dimensiones físicas y características constructivas.

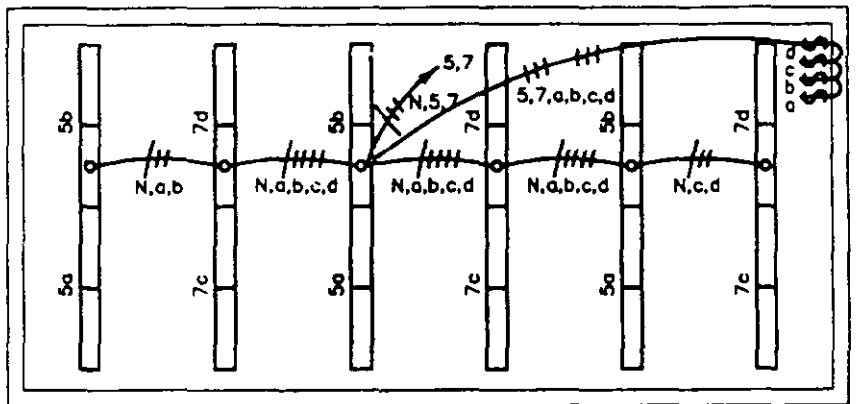
La relación de paneles de control también puede ser utilizada como una relación de panel de interruptores, o en el caso de proyectos pequeños combinado, cuando se arregla en una sola unidad el tablero de interruptores y el panel de control.

Relaciones de alimentadores Una relación de alimentadores por lo general contiene la designación del alimentador, el tipo de aislamiento del cable, el tamaño de AWG o MCM, el método de alimentación (con o sin canalizaciones), su protección en sobrecorriente, la carga conectada en amperes, y la carga por demanda en amperes.

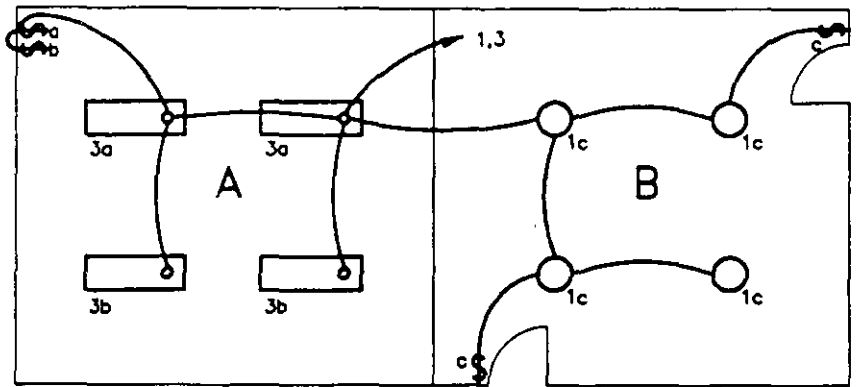
Relación de datos de equipo mecánico La mayor parte de los edificios modernos contienen equipo de funcionamiento eléctrico, como equipo CVAA (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado), equipo de plomería y de protección contra incendio, elevadores, equipo de preparación de alimentos, etcétera. Este equipo por lo general está impulsado por motores que constituyen cargas inductivas. El diseño del alambrado para cargas inductivas difiere de las cargas de iluminación, en que tiene una corriente de arranque grande y por lo tanto requiere de criterios de diseño y protección distintos. La figura 12-8 muestra una relación de datos de equipos mecánicos típico. Está formada de dos partes: descripción básica de la carga y datos de alambrado.



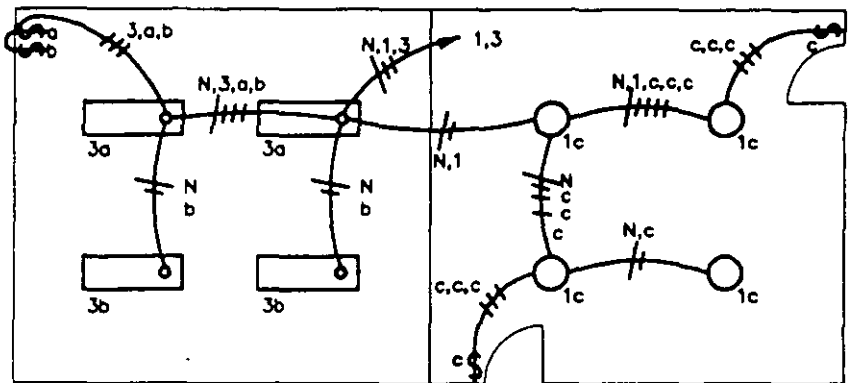
(a)



(b)



(c)



(d)

■ FIGURA 12-5

(a) La habitación es un estudio de diseño arquitectónico con ventanas de pared a pared en exposición sur. Se desea que estas luces queden controladas por cuatro interruptores y las dos primeras luminarias de cada una de las hileras interrumpidas por separado de las demás luminarias de dicha hilera. Esto es con la finalidad de utilizar la luz de día disponible próxima al lado sur de la habitación

(b) Alambrado en conduit se muestra en el plano de alambrado con la función de cada alambre

(c) La habitación A tiene cuatro luminarias fluorescentes. Estas luminarias deberán quedar conectadas al circuito no. 1. Las dos luminarias superiores deberán quedar controladas por el interruptor a y las dos inferiores por el b. La habitación B tiene cuatro luminarias incandescentes. Estas luminarias deberán quedar conectadas al circuito no. 3 y controladas por el interruptor c. Deberá haber un interruptor en cada puerta

(d) Los circuitos derivados nos. 1 y 3 compartirán el mismo neutro de un sistema trifásico de cuatro hilos a 120/208 volts. El número de conductores en un conduit aparece mediante marcas de aseguramiento a través del mismo. Las rayas largas representan el hilo neutro y las cortas los conductores de circuito o de interruptor. Para fines de aprendizaje, la función de cada uno de los conductores queda identificada al lado de las marcas. En la realidad, estas identificaciones se omiten.

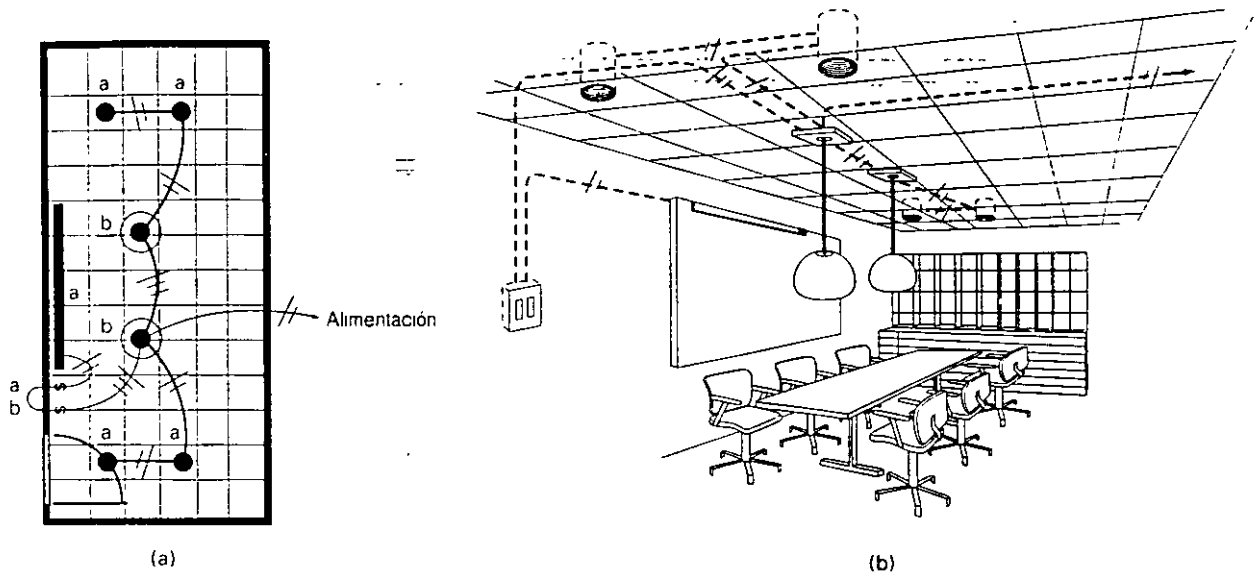


FIGURA 12-6

(a) Un plano de alambrado de circuito eléctrico derivado, mostrando la disposición de los conduit, la interrupción y el número de conductores en los conduit
 (b) El conduit y el alambrado del plano de circuito derivado se superponen sobre una vista en perspectiva arquitectónica de la habitación. La perspectiva claramente ilustra cómo van los conduit de una salida a otra

Relación de luminarias La iluminación constituye hasta el 50% de la carga total conectada en un edificio. La figura 12-9 lista una relación típica de luminarias.

Relaciones de control y automatización Una relación de control y automatización por lo general contiene el nombre del equipo a controlar y las funciones de control requeridas en formato de matriz. La relación debe utilizarse en conjunción con las especificaciones técnicas y los diagramas de control. La relación normalmente contiene lo siguiente:

- Modo de operación: manual, programado o arranque y parada automática del equipo.
- Funciones e indicaciones de control: temperaturas, presión o flujo de varios medios, como aire, agua o fluido. Y para el equipo, como son ventiladores, bombas y válvulas.
- Ajustes del punto de control del medio y del equipo.
- Interfaces con sistemas del edificio entre CVAA (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado), protección contra incendio, servicios sanitarios, seguridad, transportación, iluminación y sistemas de energía de reserva.

12.10 PROBLEMA DE DISEÑO

Diseñe el sistema eléctrico para un departamento pequeño con los datos de carga que se dan en la página siguiente

te y la disposición de equipos que aparece en la figura 12-10.

La disposición del alambrado es una parte importante del diseño de un sistema eléctrico. Le da información al electricista para introducir todos los conductores ocultos, cajas y canalizaciones, antes que se coloquen los terminados interiores del edificio. Está formado por instrucciones para la iluminación, contactos, interruptores, y cualquier equipo que requiera de energía eléctrica o de controles eléctricos. El procedimiento para el diseño del alambrado se puede ilustrar mejor con un ejemplo práctico.

La figura 12-10 muestra el plano arquitectónico de planta de un pequeño departamento, incluyendo la disposición pretendida del mobiliario, que es esencial en la planeación del alambrado eléctrico. Las consideraciones en la disposición del mobiliario no está marcada, como a menudo es el caso en los edificios durante la fase de planeación, entonces deberán hacerse suposiciones con tolerancias razonables, en consulta con el arquitecto y el propietario.

Con base en la distribución del mobiliario, pueden localizarse la iluminación, los contactos y la posición de los interruptores. Los métodos para el diseño y disposición de la iluminación se cubrirán en los capítulos 14 a 17.

Los contactos de conveniencia se localizan según se requiera para coordinarse con la ubicación del mobiliario. Tanto NEC como otros códigos de construcción tienen requisitos específicos para localización de contactos de conveniencia en unidades habitacionales residenciales. En principio, los receptáculos dúplex deberán instalarse en la pared de forma que ningún punto de la

CARGA	CARGA, KW			OCP		CIRC		SECUENCIA		CIRC		OCP		CARGA, KW			CARGA
	Ilumi nación	Con tacos	O/M	A	P	1 ϕ	3 ϕ	P	A	Ilumi nación	Con tacos	O/M					
						1	X	A	2								
						3	Y	B	4								
						5	X	C	6								
						7	Y	A	8								
						9	X	B	10								
						11	Y	C	12								
						13	X	A	14								
						15	Y	B	16								
						17	X	C	18								
						19	Y	A	20								
						21	X	B	22								
						23	Y	C	24								
						25	X	A	26								
						27	Y	B	28								
						29	X	C	30								
						31	Y	A	32								
						33	X	B	34								
						35	Y	C	36								
						37	X	A	38								
						39	Y	B	40								
						41	X	C	42								
Subtotal																	Subtotal
Total																	

CARGA POR DEMANDA			
CARGA	CL (KW)	DF (PU)	DL (KW)
Receptáculos de iluminación o contactos para otros motores		1.0	
a Total DL actual			
b Reserva a %			
c DL bruta general			
d Coef. est. de diver. DC			
e DL general neto			
f Fac. de potencia est. PF			
Demanda Corriente	1 ϕ	(1000) _____ KW _____ PF _____ V	- A
	3 ϕ	(580) _____ KW _____ PF _____ V	- A

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA	
De	
Alimentador	Tipo y tamaño
	Fase
	Neutro
	Tierra
Longitud, pies	
Caida de voltaje/por ciento	
Cant./dimen. de canalizaciones	
OCP	CB Tipo/disparo
	FS Tamaño/fusible

CIRCUITOS DERIVADOS			
Cantidad	Polos	Clasificación en amperes	Polos totales
()			
()			
()			
()			
()			
()			
Polos totales			

ESPECIFICACIÓN			
Falla disponible, amperes simétricos			
Clasificación IC, amperes simétricos			
Dispositivos derivados	Tipo (CB) (FÓRMULAS)		
	Modelo		
Especial			
Conductor de bus de tierra, bus dividido, detector			
Dimensión	Profundidad	Ancho	Altura
Principal	Alimentado desde		
	Contactos por ϕ	Cantidad	
	Tamaño y tipo		
Sistema V- ϕ -W			

Legenda.

- OCP - Protección de sobrecorriente
- O/M - Cargas vanas o de motor
- IC - Capacidad de interrupción
- V-O-W - Voltaje-Fase-Hilos
- CL - Carga conectada
- DF - Factor de demanda
- DL - Carga por demanda
- DC - Coeficiente de diversidad

Si se trata de una sección múltiple, vea también el panel	DESIGNACIÓN DEL PANEL			

■ FIGURA 12-7 Relaciones típicas de tablero de interruptores y de control. (Cortesía: William Tao & Associates, St. Louis, MO.)

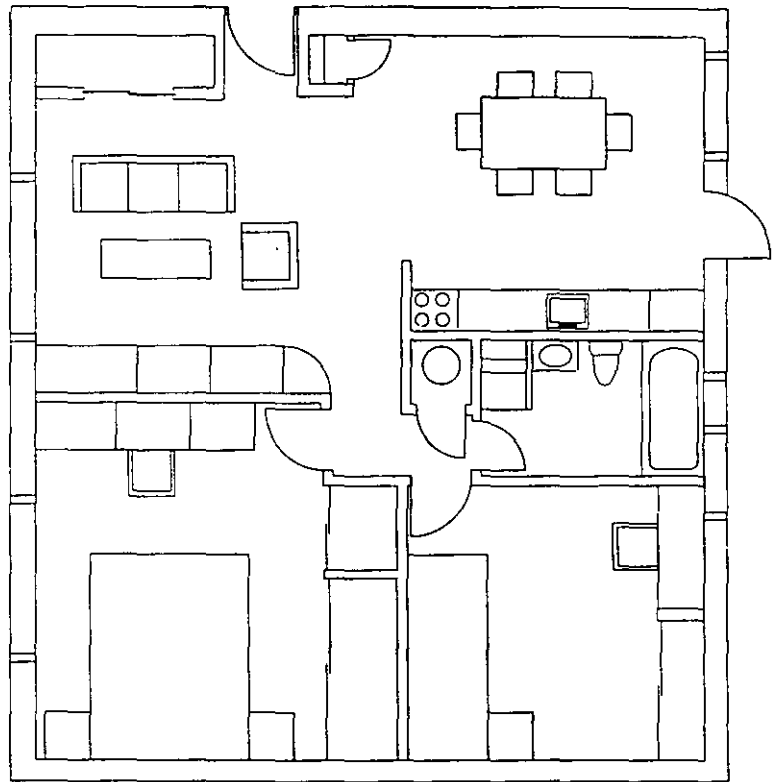
LINEA	Designación de placa		Datos del motor o del equipo			NOTA
	Equipo	Marca	HP (KW)	V/φ/velocidad	Localización del equipo	

LINEA	Datos del controlador				Datos del ramal					Observaciones ◇	
	Por	Accesorios	Tipo	Tamaño	Diseño del panel	Dispositivo		Conductores			Tamaño del conduit
						Tipo	Tamaño	Fase	Tierra		

■ FIGURA 12-8
Relación típica de datos de los equipos mecánicos.

Tipo	Descripción y aplicación general		Datos de lámpara y de energía					Descripción de especificaciones	Notas
	Descripción general	Aplicaciones típicas	Tipo	Cantidad por lámpara	Código de lámpara	Volts de alimentación	Watt. por luminaria		

■ FIGURA 12-9
Relación típica de iluminación.



■ FIGURA 12-10
Plano arquitectónico de planta de un pequeño departamento con la disposición del mobiliario

habitación esté a más de 6 pies de un contacto. Un aparato o una lámpara con cable flexible podrán conectarse en cualquier sitio a lo largo de una pared quedando dentro de 6 pies del contacto. En ciertos casos, cuando una habitación es suficientemente grande, los receptáculos podrán también colocarse sobre el piso.

Las luminarias seleccionadas para este departamento son como sigue:

Tipo A Incandescentes de 100 watts, montadas en pared.

Tipo B Incandescentes de 60 watts, empotradas en cielo raso.

Tipo C Fluorescentes de 50 watts, incluyendo balastro, luminarias de 4 pies, montadas en el cielo raso.

Tipo D Fluorescentes de dos lámparas de 100 watts, luminaria de 4 pies.

Tipo E Nueve lámparas incandescentes con 150 watts totales, montadas colgantes.

Tipo F Tres lámparas incandescentes totales de 150 watts, montadas en el techo.

La carga de los equipos mecánico y doméstico, según quedó determinado por el propietario, el arquitecto y el ingeniero mecánico, son como sigue:

Enfriamiento: Acondicionadores de aire tipo ventana, dos de 1 kW cada uno, 120 volts, monofásicos.

Calefacción: Calentadores eléctricos, dos de 1 kW cada uno, 120/240 volts, monofásicos, sólo en la estancia. No se requiere calefacción en otros espacios.

Agua: Calentador de agua caliente, 3 kW, 240 volts, monofásico.

Equipo de cocina: Estufa, 8 kW, 240 volts, monofásica. Horno, 3 kW, 240 volts, monofásico. Horno de microondas, 1 kW, 120 volts, monofásico.

Aparatos de cocina, lavavajillas, refrigerador, 2 kW total, 120 volts, monofásicos.

Otros aparatos: Que sean de tipo comercial con valores nominales de energía eléctrica dentro de la capacidad normal de los contactos estándar (5 A por salida).

Sistema auxiliar: Sistemas de bajo voltaje, como campana de la puerta, seguridad, antena de televisión, no se consideran para este problema de práctica, aunque en los Estados Unidos siempre se instalan en todos los hogares.

Con base en la información anterior, resuelva los problemas siguientes:

1. Determine las cargas totales conectadas por grupo y las cargas por demanda estimadas para el departamento, tanto para el verano como para el invierno.
2. ¿Cuál es la corriente a plena carga calculada (por demanda neta)?
3. Determine la capacidad mínima del servicio eléctrico, si el sistema es monofásico de 120/240 volts.
4. ¿Cuál sería el tamaño del conductor de la entrada de servicio (utilice tipo XHHW)?
5. Complete el plano eléctrico, utilizando cables NM sin canalizaciones.

6. Complete el plano eléctrico, utilizando conductores en conduit.

Respuesta al problema de diseño

1. La carga conectada total por grupo de carga se determina como sigue:

Grupo de carga	Verano (watts)	Invierno (watts)
Iluminación (aproximada)	1200	1200
Equipo mecánico	5000	5000
Equipo de cocina	12,000	12,000
Energía de conveniencia	3000	3000
Reserva (aproximadamente 10%).	2000	2000
Carga total conectada	23,200	23,200

En este ejemplo, la carga conectada tanto para el verano como para el invierno resulta ser la misma. Esto no es el caso en la mayor parte de los edificios.

2. La carga total por demanda para el edificio se obtiene al aplicar un factor de demanda apropiado a la carga conectada de cada grupo de carga. En vista que el edificio es muy pequeño, el código no permite el uso de un factor de demanda, excepto que por el momento se pueda ignorar la carga de reserva. Por esta misma razón, el coeficiente de diversidad se considera igual a DC = 1. Por lo tanto, la carga por demanda neta total será:

$$\begin{aligned} \text{Carga por demanda neta total} &= 23,200 - 2000 \\ &= 21,200 \text{ watts} \end{aligned}$$

3. Suponiendo que el factor de potencia general (PF) es de 90%, entonces la corriente total de la demanda de la carga será:

$$\begin{aligned} I &= P / (E \times PF) = 21,200 / (240 \times 90\%) \\ &= 98A \text{ (use } 100A) \end{aligned}$$

4. De la tabla 11-2 para conductores en conduit, el alimentador de servicio principal en el conduit estará constituido por tres cables de un solo conductor del #3 AWG. La capacidad en amperes máxima permitida de NEC de un cable varía según el tipo de aislamiento y el número de cables en la canalización (conduit). El lector deberá consultar las diversas reglas y datos de NEC para los tipos específicos de cables.

5. Plano de alambrado eléctrico (utilizando cables NM sin conduit).

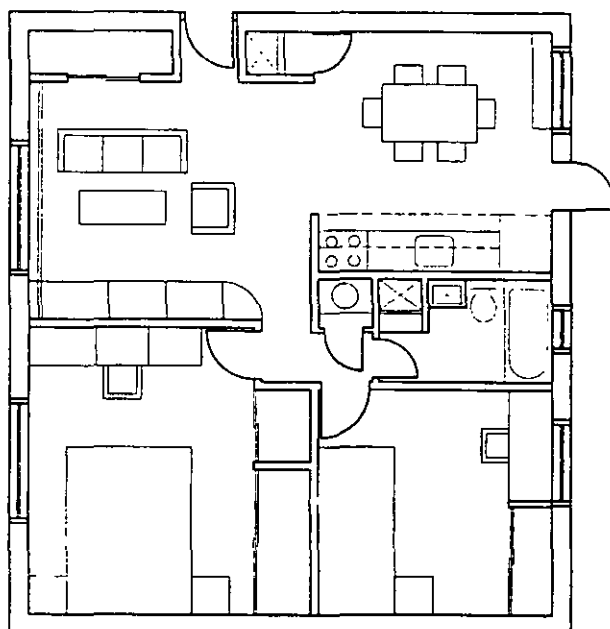
- (a) La preparación del plano de alambrado eléctrico se inicia con un plano arquitectónico de planta

sin detalles, según se muestra en la figura 12-11. El mobiliario deberá aparecer en un espesor de línea más delgado. Si no está disponible el plan del mobiliario, entonces el plano eléctrico de planta será como se puede ver en la figura 12-12.

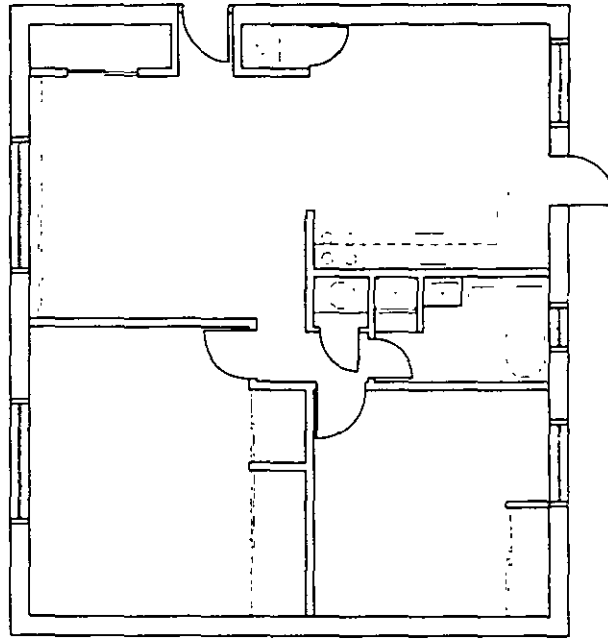
- (b) El siguiente paso es preparar un plano eléctrico de planta mostrando todas las cargas y dispositivos eléctricos, como luminarias, interruptores, contactos o receptáculos y el equipo eléctrico. Esto se muestra en la figura 12-13.
- (c) Un plano eléctrico de alambrado terminado aparece en la figura 12-14.
6. Plano eléctrico de alambrado (utilizando conductores en conduit). El procedimiento es el mismo que en el problema 5, excepto que la disposición del alambrado se basa en conductores sencillos en el conduit. El plano de alambrado aparece en la figura 12-15.

PREGUNTAS

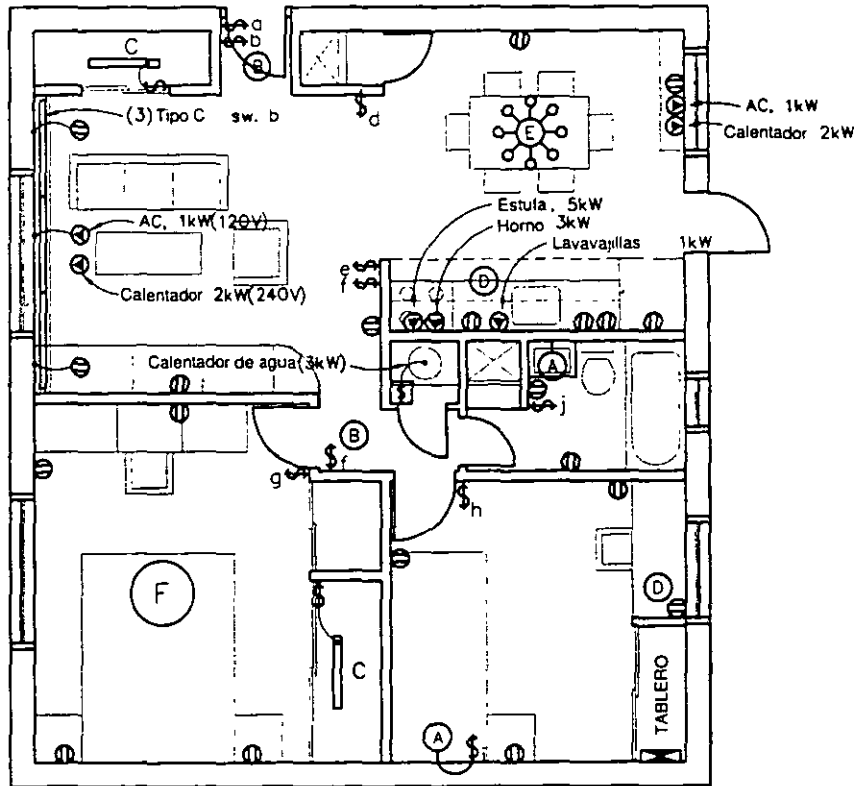
- 12.1 Aunque el equipo eléctrico no requiere mucho espacio en comparación con el equipo mecánico, el diseño de sistemas eléctricos y la disposición de los componentes eléctricos en los espacios exige una interfaz aún más íntima con los elementos arquitectónicos. ¿Por qué?



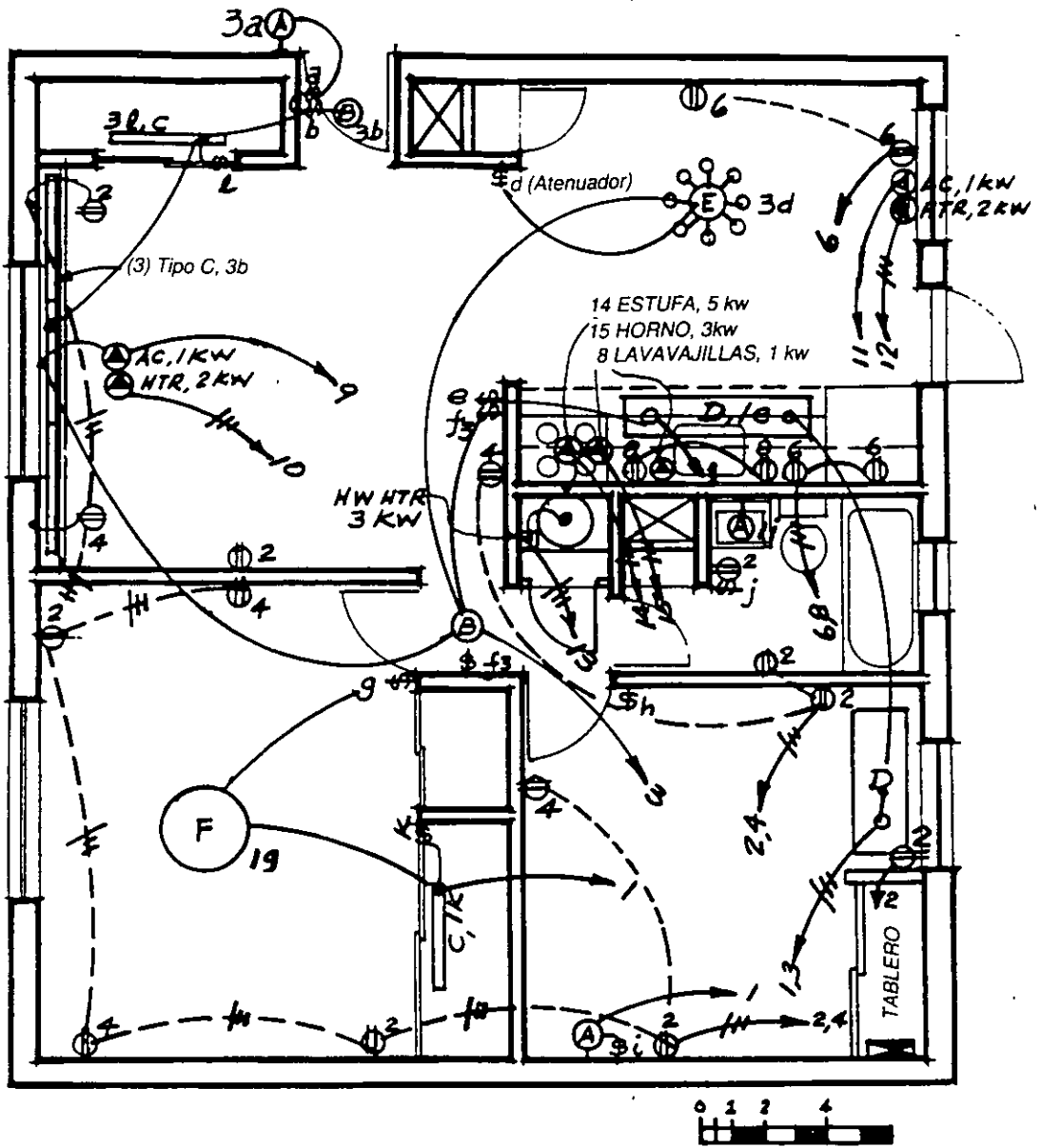
■ FIGURA 12-11
Plano eléctrico de planta con disposición del mobiliario en segundo plano.



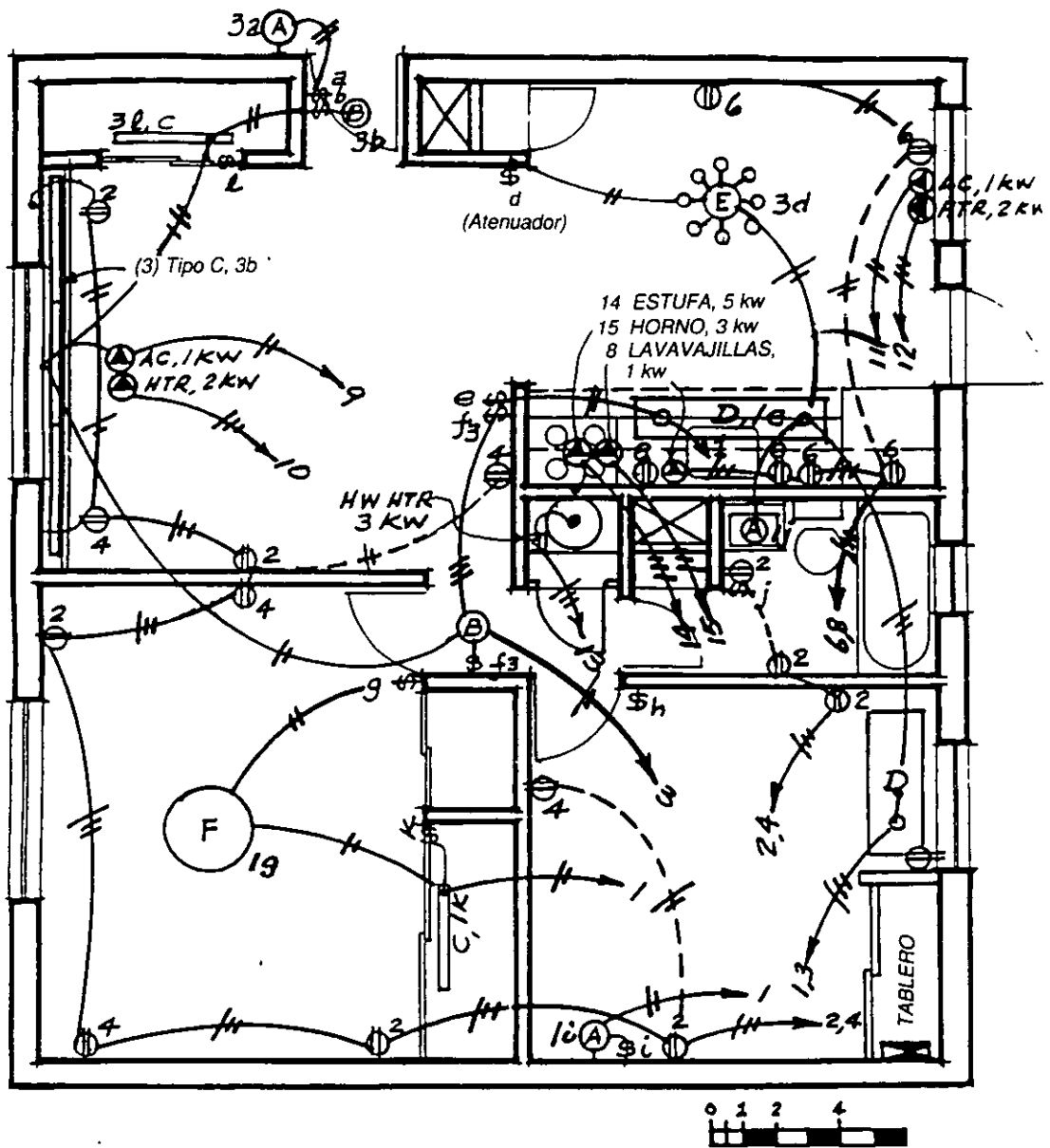
■ FIGURA 12-12
Plano eléctrico básico de planta sin disposición del mobiliario.



■ FIGURA 12-13
Plano eléctrico de planta incluyendo luminarias y dispositivos eléctricos antes de alambrear.



■ FIGURA 12-14
Plano de alambado terminado



■ FIGURA 12-15
Plano de alambrado terminado

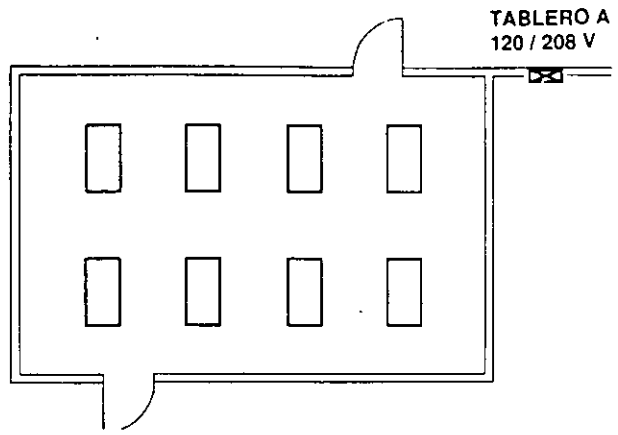
- 12.2 ¿Cuáles son los pasos en secuencia del diseño eléctrico? ¿Deben seguirse en ese mismo orden?
- 12.3 La densidad de potencia unitaria (UPD) es un monto sugerido o presupuesto de energía eléctrica para la iluminación de un edificio. Está dado en watts por pie cuadrado de área de planta. Los valores UPD pueden utilizarse cómodamente durante la fase preliminar de planeación para estimar la cantidad de energía eléctrica requerida para los espacios o para los edificios. No pretende, sin embargo, ser utilizado para el diseño final de la iluminación, que varía ampliamente en disposición y en selección de fuentes lumínicas. Como ejercicio, estime la energía eléctrica requerida para

la iluminación de un edificio de oficinas con los siguientes espacios.

Área o actividades	Descripción	Área en pies cuadrados
Oficinas generales	Grandes, sin divisiones	1,000
Oficinas privadas	Pequeñas, cerradas	500
Oficinas de contabilidad	Pequeñas, cerradas	200
Almacenamiento	Activas y tareas visuales delicadas	300
Espacios de tránsito	Corredores, escaleras, etc.	400
	Área de planta bruta total	2,400

12.4 Determine las cargas por demanda bruta y neta de una distribución de energía para un gran complejo de edificios con los siguientes datos de diseño:

Iluminación	2,000 kW conectados, con un factor de demanda de 0.9
Contactos o receptáculos	1,500 kW conectados, con un factor de demanda de 0.1
Sistemas mecánicos	3,000 kW conectados, con un factor de demanda de 0.5
Elevadores	1,000 kW conectados, con un factor de demanda de 0.5
Sistemas del edificio	1,000 kW conectados, con un factor de demanda de 0.8
Coefficiente de diversidad estimado	1.2



12.5 Por razones de seguridad, deberán mantenerse tolerancias y espacios adecuados alrededor de la parte delantera y de cualquier costado con acceso al interior de todos los equipos eléctricos. ¿Cuál es el espacio mínimo para un tablero de control de pared a 120 volts? ¿Un tablero de control independiente, a 480 volts con acceso por su parte trasera? Y ¿un controlador de 4,160 volts que no está totalmente encerrado?

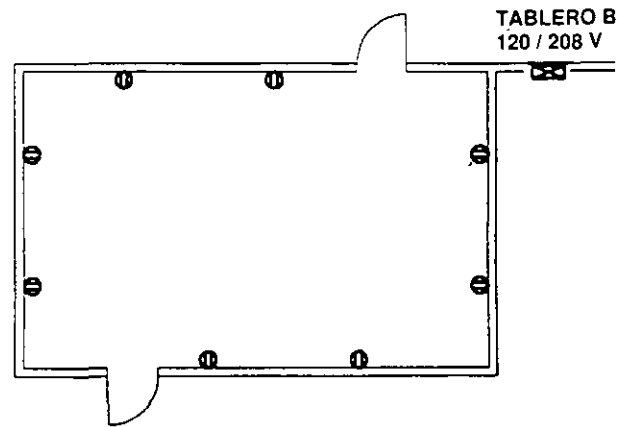
12.6 Nombre varios métodos de proporcionar energía eléctrica en contactos y receptáculos a la mitad de un espacio no accesible por contactos de pared.

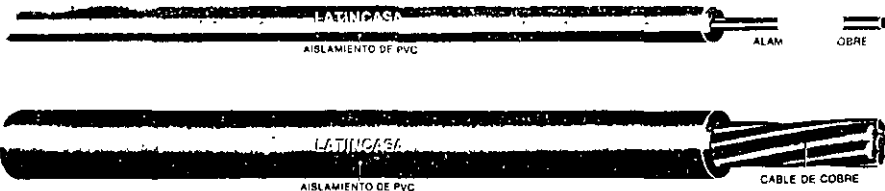
12.7 ¿Cuál es la diferencia entre un diagrama esquemático o elemental y un diagrama de conexiones o de alambrado?

12.8 Una habitación tiene instaladas ocho luminarias fluorescentes. Cada una de ellas utiliza tres tubos fluorescentes, con un total de 150 watts, incluyendo la balastra. Se desea conectar y desconectar la lámpara central de cada luminaria para obtener un nivel de iluminación bajo y las otras dos lámparas mediante otro interruptor para un nivel de iluminación medio. Al conectar las tres lámparas o tubos juntas se conseguirá el nivel más alto. La interrupción deberá quedar accesible a cualquiera de las dos entradas de la habitación. La configuración de la habitación, la disposición de las luminarias y las localizaciones de interrupción aparecen en el plano de planta que aparece abajo. Determine el número de circuitos derivados requeridos, y prepare el plano de alambrado de circuitos derivados.

12.9 Complete el plano eléctrico de planta para el alambrado de los contactos de conveniencia en una habitación, según se muestra en el plano de planta que sigue. La sección 12.8.1 tiene las cargas sugeridas para salidas de tipo general, es decir 1.5A por salida sencilla, o 3A por salida dúplex. Si se identifica una salida para dar servicio al equipo, entonces la carga de dicha salida se basará en la capacidad de placa del equipo, por ejemplo, televisión, computadora, etc. Para fines de este problema, la carga en cada receptáculo o contacto se identifica como sigue:

C—receptáculo de uso general	3A
D—equipo especial	5A
E—equipo especial	10A





VINILAT^{MR} DAF 90

Alambres y Cables Tipo THW

CARACTERISTICAS GENERALES

Los conductores Vinilat DAF (Deslizante Antifuego) 90 tipo THW, son fabricados con aislamiento termoplástico de formulación exclusiva, que permiten ofrecer un producto fácil de instalar, que es resistente a la propagación de incendios y que cuenta con magníficas características mecánicas y eléctricas.

DESCRIPCION

Conductor de cobre electrolítico suave de alta pureza, el cual está formado por un alambre o cable, este último con cableado concéntrico clase B. El conductor está aislado con un compuesto termoplástico a base de policloruro de vinilo (PVC) de formulación exclusiva. El color del aislamiento para alambres es: café, rojo, amarillo, verde, azul, gris, blanco y negro. En cables se tienen los colores dados anteriormente en calibres del 18 al 8 AWG, mientras que del 6 AWG al 1000 kCM, únicamente se tiene el color negro.

GAMA DE CALIBRES

Alambres. 20 al 8 AWG
Cables. 18 AWG al 1000 kCM

APLICACIONES

En la distribución de energía eléctrica en instalaciones industriales, comerciales, habitacionales, tableros, edificios, etc.

TENSION DE OPERACION

600 Volts máximo.

TEMPERATURA MAXIMA EN EL CONDUCTOR

90°C en aplicaciones especiales, como alambrado interior de luminarios con lámparas de descarga eléctrica
75°C en locales húmedos o secos.

DATOS PARA SOLICITAR UN PEDIDO

- Nombre del producto Vinilat DAF 90
- Alambre o Cable
- Calibre del Conductor
- Color del aislamiento
- Cantidad en metros

VENTAJAS DE USO

Este producto es fácil de instalar debido a su propiedad deslizante. Su característica antifuego contribuye a lograr instalaciones seguras y confiables, ya que en caso de incendio se elimina el riesgo de que éste se propague. Además tiene resistencia a los ácidos, álcalis, aceites y grasas.

PRESENTACION

Rollos en empaques de cartón para longitudes de 100 m.
Carretes para longitudes de 500 m o mayores

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Se recomienda almacenar este producto en áreas bajo techo, donde no exista el riesgo de que sea golpeado ni que se presenten inundaciones.

ESPECIFICACIONES NOM-J-10, UL-83 y LATINCASA

AUTORIZACION



conductores latincasa, s.a. de c.v.

excelencia en tecnología

CARACTERISTICAS GENERALES

Designación del Conductor		Diámetro del conductor nominal mm	No. de alambres en el conductor	Diámetro exterior aproximado mm	Resistencia eléctrica a la c.d. a 20°C nominal Ω/km	Peso aproximado kg/km
Calibre AWG o KCM	Area de la sección transversal nominal mm ²					
ALAMBRES						
20	0.5191	0.813	1	2.09	33.2	8.70
18	0.8235	1.024	1	2.30	20.9	12.0
16	1.307	1.290	1	2.57	13.2	17.1
14	2.082	1.628	1	3.15	8.28	26.5
12	3.307	2.052	1	3.57	5.21	38.8
10	5.260	2.588	1	4.11	3.28	58.0
8	8.367	3.264	1	5.46	2.06	95.5

CABLES

18	0.8235	1.16	7	2.44	21.4	12.5
16	1.307	1.46	7	2.74	13.5	17.8
14	2.082	1.85	7	3.37	8.45	27.6
12	3.307	2.33	7	3.85	5.32	40.3
10	5.260	2.93	7	4.45	3.34	60.0
8	8.367	3.70	7	5.90	2.10	99.1
6	13.30	4.67	7	7.67	1.32	161
4	21.15	5.88	7	8.88	0.831	240
2	33.62	7.42	7	10.4	0.523	364
1/0	53.48	9.47	19	13.5	0.329	586
2/0	67.43	10.63	19	14.6	0.261	722
3/0	85.01	11.94	19	15.9	0.207	893
4/0	107.2	13.40	19	17.4	0.164	1108
250	126.7	14.62	37	19.4	0.139	1328
300	152.0	16.01	37	20.8	0.116	1572
350	177.3	17.29	37	22.1	0.0992	1816
400	202.7	18.49	37	23.3	0.0868	2059
500	253.4	20.67	37	25.5	0.0694	2542
600	304.0	22.67	61	28.3	0.0578	3071
750	380.0	25.34	61	30.9	0.0463	3792
1000	506.7	29.27	61	34.9	0.0347	4990

Nota: Los valores de resistencia eléctrica están calculados con una resistividad de $0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C. Este valor se utiliza normalmente en el cálculo de caídas de tensión en conductores.

CORRIENTE ADMISIBLE PARA UNA TEMPERATURA DE CONDUCTOR DE 75°C y 40°C DE TEMPERATURA

Calibre ⁽⁴⁾ AWG o KCM	En tubería ⁽¹⁾		
	1 a 3 Conductores A	4 a 6 Conductores A	7 a 24 Conductor A
14	22 ⁽²⁾	18 ⁽²⁾	15
12	28 ⁽²⁾	22 ⁽²⁾	20
10	37 ⁽²⁾	30	26
8	48	38	34
6	64	51	45
4	83	66	58
2	112	90	78
1/0	153	122	107
2/0	175	140	123
3/0	207	166	145
4/0	238	190	167
250	271	217	190
300	300	240	210
350	328	262	230
400	354	283	248
500	407	326	285
600	448	358	314
750	509	407	356
1000	585	468	410

- (1) Para tubería instalada ya sea visible, en trincheras ventiladas o embebida en concreto.
- (2) La protección contra sobrecorriente para estos conductores no debe exceder 14 AWG, 20 A para el cal. 12 AWG y 30 A para el cal. 10 AWG.
- (3) Para temperatura ambiente diferente de 40°C, se deben aplicar los factores en la tabla correspondiente.
- (4) Los calibres 20, 18 y 16 AWG no están considerados en la tabla debido a que para instalaciones eléctricas no permiten su empleo. Sin embargo para otros usos proporcionan las siguientes corrientes admisibles.

Calibre AWG	En tubería Conduit A	Al aire libre A
20	9	11
18	14	16
16	18	22

CARACTERISTICAS GENERALES

Diámetro del conductor nominal mm	No. de alambres en el conductor	Diámetro exterior aproximado mm	Resistencia eléctrica a la c.d. a 20°C nominal Ω/km	Peso aproximado kg/km
ALAMBRES				
0.813	1	2.09	33.2	8.70
1.024	1	2.30	20.9	12.0
1.290	1	2.57	13.2	17.1
1.628	1	3.15	8.28	26.5
2.052	1	3.57	5.21	38.8
2.588	1	4.11	3.28	58.0
3.264	1	5.46	2.06	95.5

CABLES

Diámetro nominal mm	No. de alambres	Diámetro exterior aproximado mm	Resistencia eléctrica a la c.d. a 20°C nominal Ω/km	Peso aproximado kg/km
1.16	7	2.44	21.4	12.5
1.46	7	2.74	13.5	17.8
1.85	7	3.37	8.45	27.6
2.33	7	3.85	5.32	40.3
2.93	7	4.45	3.34	60.0
3.70	7	5.90	2.10	99.1
4.67	7	7.67	1.32	161
5.88	7	8.88	0.831	240
7.42	7	10.4	0.523	364
9.47	19	13.5	0.329	586
10.63	19	14.6	0.261	722
11.94	19	15.9	0.207	893
13.40	19	17.4	0.164	1108
14.62	37	19.4	0.139	1328
16.01	37	20.8	0.116	1572
17.29	37	22.1	0.0992	1816
18.49	37	23.3	0.0868	2059
20.67	37	25.5	0.0694	2542
22.67	61	28.3	0.0578	3071
25.34	61	30.9	0.0463	3792
29.27	61	34.9	0.0347	4990

Resistencia eléctrica están calculados con una resistividad de $0.017241 \Omega \cdot mm^2/m$ a $20^\circ C$ y se utiliza normalmente en el cálculo de caídas de tensión en conductores.

CORRIENTE ADMISIBLE PARA UNA TEMPERATURA MAXIMA EN EL CONDUCTOR DE $75^\circ C$ y $40^\circ C$ DE TEMPERATURA AMBIENTE⁽³⁾

Calibre ⁽⁴⁾ AWG o kCM	En tubería ⁽¹⁾			Al aire libre
	1 a 3 Conductores A	4 a 6 Conductores A	7 a 24 Conductores A	1 Conductor A
14	22 ⁽²⁾	18 ⁽²⁾	15	30 ⁽²⁾
12	28 ⁽²⁾	22 ⁽²⁾	20	39 ⁽²⁾
10	37 ⁽²⁾	30	26	51 ⁽²⁾
8	48	38	34	71
6	64	51	45	94
4	83	66	58	124
2	112	90	78	165
1/0	153	122	107	221
2/0	175	140	123	255
3/0	207	166	145	295
4/0	238	190	167	343
250	271	217	190	381
300	300	240	210	427
350	328	262	230	473
400	354	283	248	514
500	407	326	285	595
600	448	358	314	664
750	509	407	356	768
1000	585	468	410	920

- (1) Para tubería instalada ya sea visible, en trincheras ventiladas o embebida en concreto o mampostería.
- (2) La protección contra sobrecorriente para estos conductores no debe exceder de 15 A para el cal. 14 AWG, 20 A para el cal. 12 AWG y 30 A para el cal. 10 AWG.
- (3) Para temperatura ambiente diferente de $40^\circ C$, se deben aplicar los factores de corrección indicados en la tabla correspondiente.
- (4) Los calibres 20, 18 y 16 AWG no están considerados en la tabla debido a que las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas no permiten su empleo. Sin embargo para otras aplicaciones se proporcionan las siguientes corrientes admisibles.

Calibre AWG	En tubería Conduit A	Al aire libre A
20	9	11
18	14	16
16	18	22

FACTORES DE CORRECCION PARA TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTE DE 40°C

Temperatura ambiente °C	Factor de Corrección
21-25	1.20
26-30	1.13
31-35	1.07
36-40	1.00
41-45	0.93
46-50	0.85

CANTIDAD DE CONDUCTORES ADMISIBLES EN TUBERIA "CONDUIT"

Calibre AWG	Diámetro nominal del tubo									
	13 mm (1/2")	19 mm (3/4")	25 mm (1")	32 mm (1 1/4")	38 mm (1 1/2")	51 mm (2")	64 mm (2 1/2")	76 mm (3")	89 mm (3 1/2")	102 mm (4")
14	9	15	25	44	60	99	142	—	—	—
12	7	12	19	35	47	78	111	171	—	—
10	5	9	15	26	36	60	85	131	176	—
8	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108
6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62
4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
1/0	—	1	1	2	3	5	8	12	16	21
2/0	—	1	1	1	3	5	7	10	14	18
3/0	—	1	1	1	2	4	6	9	12	15
4/0	—	—	1	1	1	3	5	7	10	13

CORRIENTE ADMISIBLE EN DUCTOS SUBTERRANEOS

Calibre AWG	Tres conductores por ducto						Un	
	1 Ducto (Fig. 1)			3 Ductos (Fig. 2)			3 Ductos (Fig. 2)	
	Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)	
60	90	120	60	90	120	60	90	
Factor de carga (2)	Factor de carga (2)		Factor de carga (2)		Factor de carga (2)		Factor de carga (2)	
50	100	100	50	100	100	50	100	
8	83	58	57	61	51	49	—	
6	84	77	75	80	67	63	—	
4	111	100	98	105	86	81	—	
2	147	132	128	139	112	106	—	
1/0	197	175	169	185	146	137	—	
2/0	228	200	193	212	166	156	—	
3/0	260	228	220	243	189	177	—	
4/0	301	263	253	280	215	201	—	
250	334	290	279	310	236	220	410	
300	373	321	308	344	260	242	456	
350	409	351	337	377	283	264	503	
400	442	376	361	394	302	280	543	
500	503	427	409	460	341	316	624	
600	552	468	447	511	371	343	692	
750	632	529	505	574	417	385	794	
1000	730	605	578	659	472	435	936	

Notas: (1) La resistividad térmica del terreno está dada en °C · cm/W.
 (2) El factor de carga está dado en por ciento.
 (3)

- Temperatura del terreno 20°C.
- Temperatura en el conductor 75°C.
- Para temperatura del terreno diferente de 20°C se deben aplicar los factores presentada posteriormente
- Profundidad máxima de la parte superior del banco de ductos: 76 cm.
- Los tipos de configuración considerados en la tabla son los siguientes

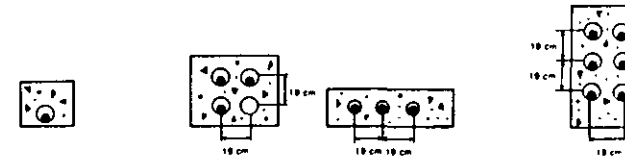


Fig 1 - Un ducto

Fig 2 - Tres ductos

Factores de corrección para temperatura del terreno diferente de 20°C

Temperatura del terreno °C	Factor de corrección
6 - 10	1.09
11 - 15	1.04
16 - 20	1.00
21 - 25	0.95
26 - 30	0.90

**CORRECCION PARA TEMPERATURA AMBIENTE
DIFERENTE DE 40°C**

Temperatura ambiente °C	Factor de Corrección
21-25	1.20
26-30	1.13
31-35	1.07
36-40	1.00
41-45	0.93
46-50	0.85

CORRIENTE ADMISIBLE EN DUCTOS SUBTERRANEOS NO MAGNETICOS(3)

Calibre AWG ° kCM	Tres conductores por ducto						Un conductor por ducto					
	1 Ducto (Fig. 1) A			3 Ductos (Fig. 2) A			3 Ductos (Fig. 2) A			6 Ductos (Fig. 3) A		
	Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)		
	80	90	120	80	90	120	80	90	120	80	90	120
	Factor de carga (2)			Factor de carga (2)			Factor de carga (2)			Factor de carga (2)		
	50	100	100	50	100	100	50	100	100	50	100	100
8	63	58	57	61	51	49	—	—	—	—	—	—
6	84	77	75	80	67	63	—	—	—	—	—	—
4	111	100	98	105	86	81	—	—	—	—	—	—
2	147	132	128	139	112	108	—	—	—	—	—	—
1/0	197	175	169	185	146	137	—	—	—	—	—	—
2/0	226	200	193	212	166	156	—	—	—	—	—	—
3/0	260	228	220	243	189	177	—	—	—	—	—	—
4/0	301	263	253	280	215	201	—	—	—	—	—	—
250	334	290	279	310	236	220	410	344	327	386	295	275
300	373	321	308	344	260	242	456	381	361	429	325	302
350	409	351	337	377	283	264	503	418	396	472	355	330
400	442	376	361	394	302	280	543	449	425	509	380	353
500	503	427	409	460	341	316	624	511	484	583	431	400
600	552	468	447	511	371	343	692	563	532	644	472	438
750	632	529	505	574	417	385	794	640	603	736	534	494
1000	730	605	576	659	472	435	936	745	700	864	617	570

Notas: (1) La resistividad térmica del terreno está dada en °C · cm/W.
(2) El factor de carga está dado en por ciento.
(3)

- Temperatura del terreno 20°C.
- Temperatura en el conductor 75°C.
- Para temperatura del terreno diferente de 20°C se deben aplicar los factores de corrección indicados en la tabla presentada posteriormente.
- Profundidad máxima de la parte superior del banco de ductos: 76 cm.
- Los tipos de configuración considerados en la tabla son los siguientes:

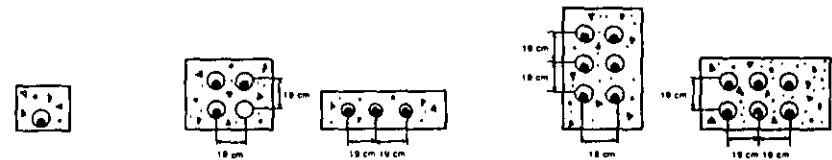


Fig 1 - Un ducto

Fig 2 - Tres ductos

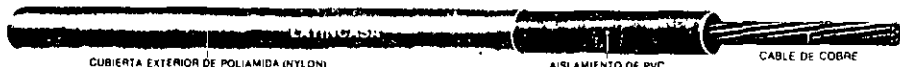
Fig 3 - Seis ductos

Factores de corrección para temperatura del terreno diferente de 20°C

Temperatura del terreno °C	Factor de corrección
6 - 10	1.09
11 - 15	1.04
16 - 20	1.00
21 - 25	0.95
26 - 30	0.90

CANTIDAD DE CONDUCTORES ADMISIBLES EN TUBERIA "CONDUIT"

Diámetro nominal del tubo							
25 mm (1")	32 mm (1 ¼")	38 mm (1 ½")	51 mm (2")	64 mm (2 ½")	76 mm (3")	89 mm (3 ½")	102 mm (4")
25	44	60	99	142	—	—	—
19	35	47	78	111	171	—	—
15	26	36	60	85	131	176	—
7	12	17	28	40	62	84	108
4	7	10	16	23	36	48	62
3	5	7	12	17	27	36	47
2	4	5	9	13	20	27	34
1	2	3	5	8	12	16	21
1	1	3	5	7	10	14	18
1	1	2	4	6	9	12	15
1	1	1	3	5	7	10	13



CUBIERTA EXTERIOR DE POLIAMIDA (NYLON)

AISLAMIENTO DE PVC

CABLE DE COBRE

VINILAT^{MR} NYLON

Alambres y Cables Tipo THWN y THHN

CARACTERISTICAS GENERALES

En la fabricación de los alambres y cables Vinilat Nylon, Conductores Latincasa utiliza para el aislamiento un compuesto termoplástico de formulación exclusiva, en tanto que para la cubierta usa poliamida (nylon), obteniéndose con esto magníficas propiedades mecánicas, eléctricas y químicas

DESCRIPCION

Conductor de cobre electrolítico suave de alta pureza, el cual está formado por un alambre o cable, este último con cableado concéntrico clase B. El conductor está aislado con un compuesto termoplástico a base de policloruro de vinilo (PVC) de formulación exclusiva y sobre éste se tiene una cubierta exterior de poliamida (nylon).

El color del aislamiento para alambres es rojo, verde blanco y negro. En cables se tienen los colores dados anteriormente en calibres del 14 al 8 AWG, mientras que del 6 AWG al 750 kCM, únicamente se tiene el color negro.

GAMA DE CALIBRES

Alambres: 14 al 8 AWG
Cables: 14 AWG al 750 kCM

APLICACIONES

En la distribución de energía eléctrica en instalaciones industriales, comerciales, edificios, tableros, etc. y en general en lugares donde se requiera de resistencia a la abrasión, aceites y agentes químicos

TENSION DE OPERACION

600 Volts máximo

TEMPERATURA MAXIMA EN EL CONDUCTOR

90°C para ambiente seco en el tipo THHN

75°C para ambiente seco o húmedo en el tipo THWN

60°C en contacto con aceite, grasas y/o gasolina en los tipos THWN y THHN

DATOS PARA SOLICITAR UN PEDIDO

- Nombre del producto
Vinilat Nylon Tipo THWN o THHN
- Alambre o Cable
- Calibre del conductor
- Color del aislamiento
- Cantidad en metros

VENTAJAS DE USO

La cubierta de nylon hace que estos productos sean resistentes a la abrasión y que tengan un bajo coeficiente de fricción en conduits metálicos. La sección transversal de estos alambres o cables es menor que la de los productos Vinilat DAF 90 tipo THW, con lo cual se obtiene un considerable ahorro al poder utilizar un número mayor de conductores en tuberías conduit. Además estos productos tienen resistencia a las grasas, aceites y gasolinas, así como a agentes químicos y algunos disolventes.

PRESENTACION

Rolls en empaques de cartón para longitudes de 100 m
Carretes para longitudes de 500 m o mayores

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Se recomienda almacenar este producto en áreas bajo techo y libres de inundaciones

ESPECIFICACIONES NOM-J-10, UL-83 Y LATINCASA

AUTORIZACION

NOM



conductores latincasa, s.a. de c.v.

excelencia en tecnología

CARACTERISTICAS GENERALES

Designación del Conductor		Diámetro del conductor nominal mm	No. de alambres en el conductor	Diámetro exterior aproximado mm	Resistencia eléctrica a la c.d.a 20°C nominal Ω/km	Peso aproximado kg/km
Calibre AWG o kCM	Area de la sección transversal nominal mm ²					

ALAMBRES

14	2.082	1.628	1	2.69	8.28	23.2
12	3.307	2.052	1	3.11	5.21	35.0
10	5.260	2.588	1	3.85	3.28	55.2
8	8.367	3.264	1	5.20	2.06	91.6

CABLES

14	2.082	1.85	7	2.91	8.45	24.1
12	3.307	2.33	7	3.39	5.32	36.2
10	5.260	2.93	7	4.19	3.34	57.0
8	8.367	3.70	7	5.64	2.10	94.8
6	13.30	4.67	7	6.61	1.32	143
4	21.15	5.88	7	8.28	0.831	227
2	33.62	7.42	7	9.82	0.523	348
1/0	53.48	9.47	19	12.53	0.329	556
2/0	67.43	10.63	19	13.69	0.261	690
3/0	85.01	11.94	19	15.00	0.207	857
4/0	107.2	13.40	19	16.46	0.164	1069
250	126.7	14.62	37	18.12	0.139	1270
300	152.0	16.01	37	19.51	0.116	1510
350	177.3	17.29	37	20.79	0.0992	1749
400	202.7	18.49	37	21.99	0.0868	1988
500	253.4	20.67	37	24.17	0.0694	2464
600	304.0	22.67	61	26.83	0.0578	2976
750	380.0	25.34	61	29.50	0.0463	3688

Nota Los valores de resistencia eléctrica están calculados con una resistividad de 0.017241 Ω·mm²/m a 20°C. Este valor se utiliza normalmente en el cálculo de caídas de tensión en conductores

CORRIENTE ADMISIBLE PARA UNA TEMPERATURA CONDUCTOR DE 75°C PARA EL TIPO THWN Y 90°C P A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 40°C

Calibre AWG o kCM	Vinilat Nylon Tipo THWN				Vinilat	
	En tubería (1)			Al aire libre	En tubería	
	1 a 3 Conductores A	4 a 6 Conductores A	7 a 24 Conductores A	1 Conductor A	1 a 3 Conductores A	4 a 6 Conductores A
14	22(2)	18(2)	15	30(2)	25(2)	20
12	28(2)	22(2)	20	39(2)	32(2)	26
10	37(2)	30	26	51(2)	42(2)	34
8	48	38	34	71	55	44
6	64	51	45	94	75	60
4	83	66	58	124	97	78
2	112	90	78	165	130	104
1/0	153	122	107	221	179	143
2/0	175	140	123	255	204	163
3/0	207	166	145	295	242	194
4/0	238	190	167	343	278	222
250	271	217	190	381	317	254
300	300	240	210	427	351	281
350	328	262	230	473	384	307
400	354	283	248	514	415	332
500	407	326	285	595	477	382
600	448	358	314	664	525	420
750	509	407	356	768	598	478

(1) Para tubería instalada ya sea visible, en trincheras ventiladas o embebida en mampostería.

(2) La protección contra sobrecorriente para estos conductores no debe exceder 20 A para el cal. 12 AWG y 30 A para el cal. 10 AWG.

(3) Para temperatura ambiente diferente de 40°C se deben aplicar los factores de corrección de la tabla correspondiente.

CARACTERISTICAS GENERALES

Diámetro del conductor nominal mm	No. de alambres en el conductor	Diámetro exterior aproximado mm	Resistencia eléctrica a la c.d.a 20°C nominal Ω /km	Peso aproximado kg/km
-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--	-----------------------

ALAMBRES

1 628	1	2.69	8.28	23.2
2 052	1	3.11	5.21	35.0
2.588	1	3.85	3.28	55.2
3 264	1	5.20	2.06	91.6

CABLES

1.85	7	2.91	8.45	24.1
2 33	7	3.39	5.32	36.2
2 93	7	4.19	3.34	57.0
3.70	7	5.64	2.10	94.8
4.67	7	6.61	1.32	143
5 88	7	8.28	0.831	227
7.42	7	9.82	0.523	348
9.47	19	12.53	0.329	556
10.63	19	13.69	0.261	690
11.94	19	15.00	0.207	857
13.40	19	16.46	0.164	1069
14.62	37	18.12	0.139	1270
16 01	37	19.51	0.116	1510
17.29	37	20.79	0.0992	1749
18 49	37	21.99	0.0868	1988
20.67	37	24.17	0.0694	2464
22.67	61	26.83	0.0578	2976
25.34	61	29.50	0.0463	3688

Resistencia eléctrica están calculados con una resistividad de $0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
se utiliza normalmente en el cálculo de caídas de tensión en conductores.

CORRIENTE ADMISIBLE PARA UNA TEMPERATURA MAXIMA EN EL CONDUCTOR DE 75°C PARA EL TIPO THWN Y 90°C PARA EL TIPO THHN, A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 40°C.(3)

Calibre AWG o kCM	Vinilat Nylon Tipo THWN				Vinilat Nylon Tipo THHN			
	En tubería (1)			Al aire libre	En tubería (1)			Al aire libre
	1 a 3 Conductores A	4 a 6 Conductores A	7 a 24 Conductores A	1 Conductor A	1 a 3 Conductores A	4 a 6 Conductores A	7 a 24 Conductores A	1 Conductor A
14	22(2)	18(2)	15	30(2)	25(2)	20(2)	18(2)	35(2)
12	28(2)	22(2)	20	39(2)	32(2)	26(2)	22(2)	45(2)
10	37(2)	30	26	51(2)	42(2)	34(2)	29	61(2)
8	48	38	34	71	55	44	39	83
6	64	51	45	94	75	60	53	109
4	83	66	58	124	97	78	68	145
2	112	90	78	165	130	104	91	192
1/0	153	122	107	221	179	143	125	258
2/0	175	140	123	255	204	163	143	298
3/0	207	166	145	295	242	194	169	345
4/0	238	190	167	343	278	222	195	400
250	271	217	190	381	317	254	222	445
300	300	240	210	427	351	281	246	499
350	328	262	230	473	384	307	269	552
400	354	283	248	514	415	332	291	600
500	407	326	285	595	477	382	334	695
600	448	358	314	664	525	420	368	776
750	509	407	356	768	598	478	419	898

- (1) Para tubería instalada ya sea visible, en trincheras ventiladas o embebida en concreto o mampostería.
- (2) La protección contra sobrecorriente para estos conductores no debe exceder de 15 A para el cal. 14 AWG, 20 A para el cal. 12 AWG y 30 A para el cal. 10 AWG.
- (3) Para temperatura ambiente diferente de 40°C se deben aplicar los factores de corrección indicados en la tabla correspondiente.

**FACTORES DE CORRECCION PARA TEMPERATURA AMBIENTE
DIFERENTE DE 40°C**

Tipo THWN

Temperatura ambiente °C	Factor de Corrección
21-25	1.20
26-30	1.13
31-35	1.07
36-40	1.00
41-45	0.93
46-50	0.85

Tipo THHN

Temperatura ambiente °C	Factor de Corrección
21-25	1.14
26-30	1.10
31-35	1.05
36-40	1.00
41-45	0.95
46-50	0.89

CANTIDAD DE CONDUCTORES ADMISIBLES EN TUBERIA "CONDUIT"

Calibre AWG	Diámetro nominal del tubo									
	13 mm (1/2")	19 mm (3/4")	25 mm (1")	32 mm (1 1/4")	38 mm (1 1/2")	51 mm (2")	64 mm (2 1/2")	76 mm (3")	89 mm (3 1/2")	102 mm (4")
14	13	24	39	69	94	154	—	—	—	—
12	10	18	29	51	70	114	164	—	—	—
10	6	11	18	32	44	73	104	160	—	—
8	3	5	9	16	22	36	51	79	106	136
6	1	4	6	11	15	26	37	57	76	98
4	1	2	4	7	9	16	22	35	47	60
2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	43
1/0	—	1	1	3	4	7	10	15	21	27
2/0	—	1	1	2	3	6	8	13	17	22
3/0	—	1	1	1	3	5	7	11	14	18
4/0	—	1	1	1	2	4	6	9	12	15

**TIPO THWN
CORRIENTE ADMISIBLE EN DUCTOS SUBTERRANEOS**

Calibre AWG	Tres conductores por ducto						Un	
	1 Ducto (Fig. 1)			3 Ductos (Fig. 2)			3 Ductos (Fig. 2)	
	A			A			A	
o	Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno	
	60	90	120	60	90	120	60	90
KCM	Factor de carga (2)			Factor de carga (2)			Factor de carga	
	50	100	100	50	100	100	50	100
8	63	58	57	61	51	49	—	—
6	84	77	75	80	67	63	—	—
4	111	100	98	105	86	81	—	—
2	147	132	128	139	112	108	—	—
1/0	197	175	169	185	146	137	—	—
2/0	226	200	193	212	166	158	—	—
3/0	260	228	220	243	189	177	—	—
4/0	301	283	253	280	215	201	—	—
250	334	290	279	310	236	220	410	344
300	373	321	308	344	260	242	456	381
350	409	351	337	377	283	264	503	418
400	442	378	361	394	302	280	543	449
500	503	427	409	460	341	316	624	511
600	552	468	447	511	371	343	692	563
750	632	529	505	574	417	385	794	640
1000	730	605	576	659	472	435	936	745

Notas. (1) La resistividad térmica del terreno está dada en °C · cm/W.
 (2) El factor de carga está dado en por ciento
 (3)

- Temperatura del terreno 20°C
- Temperatura en el conductor 75°C.
- Para temperatura del terreno diferente de 20°C se deben aplicar los factores de corrección presentados posteriormente
- Profundidad máxima de la parte superior del banco de ductos: 78 cm
- Los tipos de configuración considerados en la tabla son los siguientes



Fig 1 - Un ducto

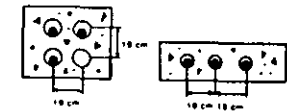
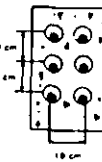


Fig 2 - Tres ductos



Factores de corrección para temperatura del terreno diferente de 20°C

Temperatura del terreno °C	Factor de corrección
6 - 10	1.09
11 - 15	1.04
16 - 20	1.00
21 - 25	0.95
26 - 30	0.90

E CORRECCION PARA TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTE DE 40°C

Tipo THWN		Tipo THHN	
Factor de Corrección	Temperatura ambiente °C	Factor de Corrección	
1.20	21-25	1.14	
1.13	26-30	1.10	
1.07	31-35	1.05	
1.00	36-40	1.00	
0.93	41-45	0.95	
0.85	46-50	0.89	

CONDUCTORES ADMISIBLES EN TUBERIA "CONDUIT"

m	Diámetro nominal del tubo							
	25 mm (1")	32 mm (1¼")	38 mm (1½")	51 mm (2")	64 mm (2½")	76 mm (3")	89 mm (3½")	102 mm (4")
39	69	94	154	—	—	—	—	—
29	51	70	114	164	—	—	—	—
18	32	44	73	104	160	—	—	—
9	16	22	36	51	79	106	136	—
6	11	15	26	37	57	76	98	—
4	7	9	16	22	35	47	60	—
3	5	7	11	16	25	33	43	—
1	3	4	7	10	15	21	27	—
1	2	3	6	8	13	17	22	—
1	1	3	5	7	11	14	18	—
1	1	2	4	6	9	12	15	—

**TIPO THWN
CORRIENTE ADMISIBLE EN DUCTOS SUBTERRANEOS NO MAGNETICOS(3)**

Calibre AWG o kCM	Tres conductores por ducto						Un conductor por ducto					
	1 Ducto (Fig. 1) A			3 Ductos (Fig. 2) A			3 Ductos (Fig. 2) A			6 Ductos (Fig. 3) A		
	Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)			Resistividad térmica del terreno (1)		
60	90	120	60	90	120	60	90	120	60	90	120	
Factor de carga (2)			Factor de carga (2)			Factor de carga (2)			Factor de carga (2)			
50	100	100	50	100	100	50	100	100	50	100	100	
8	63	58	57	61	51	49	—	—	—	—	—	
6	84	77	75	80	67	63	—	—	—	—	—	
4	111	100	98	105	86	81	—	—	—	—	—	
2	147	132	128	139	112	108	—	—	—	—	—	
1/0	197	175	169	185	146	137	—	—	—	—	—	
2/0	226	200	193	212	166	156	—	—	—	—	—	
3/0	260	228	220	243	189	177	—	—	—	—	—	
4/0	301	263	253	280	215	201	—	—	—	—	—	
250	334	290	279	310	236	220	410	344	327	386	295	
300	373	321	308	344	260	242	456	381	361	429	325	
350	409	351	337	377	283	264	503	418	396	472	355	
400	442	378	361	394	302	280	543	449	425	509	380	
500	503	427	409	460	341	318	624	511	484	583	431	
600	552	468	447	511	371	343	692	563	532	644	472	
750	632	529	505	574	417	385	794	640	603	736	534	
1000	730	605	576	659	472	435	936	745	700	864	617	

- Notas. (1) La resistividad térmica del terreno está dada en °C cm/W
 (2) El factor de carga está dado en por ciento
 (3)
- Temperatura del terreno 20°C.
 - Temperatura en el conductor 75°C.
 - Para temperatura del terreno diferente de 20°C se deben aplicar los factores de corrección indicados en la tabla presentada posteriormente
 - Profundidad máxima de la parte superior del banco de ductos: 76 cm.
 - Los tipos de configuración considerados en la tabla son los siguientes.

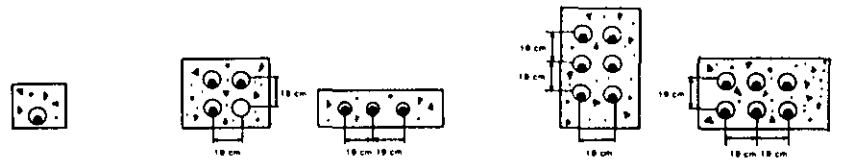


Fig 1 - Un ducto Fig 2 - Tres ductos Fig 3 - Seis ductos

Factores de corrección para temperatura del terreno diferente de 20°C

Temperatura del terreno °C	Factor de corrección
6 - 10	1.09
11 - 15	1.04
16 - 20	1.00
21 - 25	0.95
26 - 30	0.90

TABLA 302.4

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (amperes)

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipos	THWN, RUW, T, TW, TWD, MTW		RH, RHW, RHH, THW, THWN, DF, XHHW		PILC, V, MI		TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, THW, RHH, THHN, MTW, EP, XHHW *	
Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	245	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425

Continúa TABLA 302.4

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (amperes)

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipos	THWN, RUW, T, TW, TWD, MTW		RH, RHW, RHH, THW, THWN, DF, XHHW		PILC, V, MI		TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, THW, RHH, THHN, MTW, EP, XHHW *	
Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	675	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1 000	455	780	545	935	585	1 000	585	1 000

* Los tipos EP y XHHW pueden ser directamente enterrados. (Véanse notas de esta tabla al final de la misma).

Neutro - bco. o gris cable
tierra - verde

214 NORMAS TECNICAS PARA

INSTALACIONES ELECTRICAS