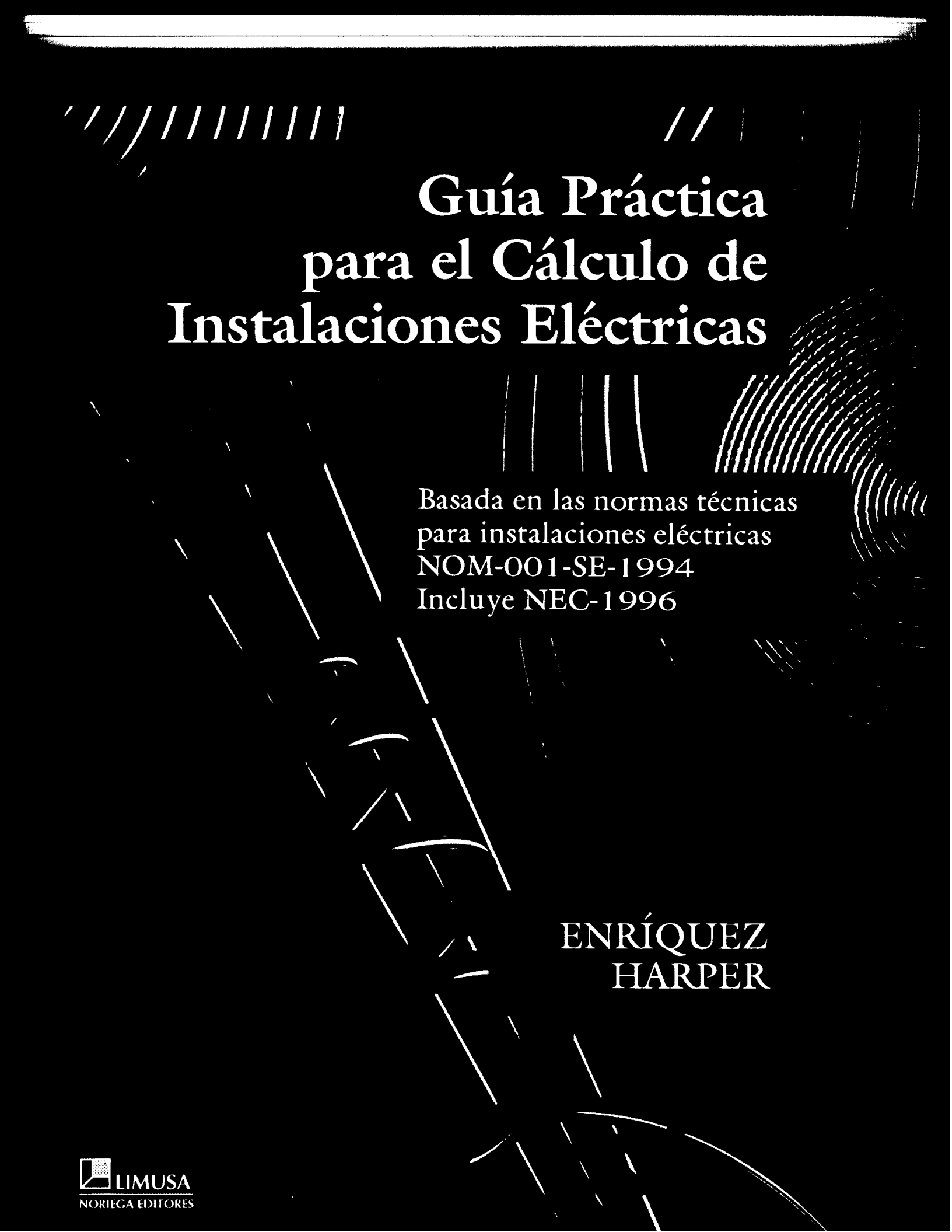




Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas

Basada en las normas técnicas
para instalaciones eléctricas
NOM-001-SE-1994
Incluye NEC-1996

ENRÍQUEZ
HARPER



INTERNACIONAL LIBROS

**IMPORTACIÓN
DIRECTA**

MIGUEL CONCHA S.A.

Alferez Real 1414 - Providencia

Casilla 7 - Correo 22 - Santiago

Teléfono: 655 1545

Fax: (56-2) 2746 655 - 2740 508

Email: miguelconcha@entelchile.net

www.internacional.cl

LIBROS TÉCNICOS

CIENTÍFICOS

MEDICINA

DICCIONARIOS

GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

BASADA EN LAS NORMAS TÉCNICAS PARA

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

(NOM-EM-001-SEMP-1993)

Ing. Gilberto Enríquez Harper
Profesor titular de la ESIME-IPN



LIMUSA

NORIEGA EDITORES

MÉXICO • España • Venezuela • Colombia

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones eléctricas en sus distintas aplicaciones sociales han tenido evoluciones a lo largo de los años, cuyo origen está en la modernización tanto de equipos y materiales como de procedimientos de construcción y metodologías de diseño.

La evolución en las instalaciones eléctricas está condicionada por los cambios de la normatividad; es decir, es un proceso dinámico que requiere actualización permanente en lo concerniente con los conocimientos básicos de diseño. En consecuencia, se ha preparado esta guía para el cálculo de las instalaciones eléctricas, la cual se basa en la versión más reciente de las normas técnicas (NOM-EM-001-SEMP-1993) que regula en México las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.

También se hace referencia a la **National Electrical Code** (NEC) de los Estados Unidos en su última versión, debido a que existen conceptos aplicables a las condiciones de nuestro país.

Cada capítulo está profusamente ilustrado y contiene ejemplos de aplicaciones de los distintos aspectos normativos, con el objeto de que todos los procedimientos de cálculo de las instalaciones eléctricas residenciales, industriales y comerciales tengan un enfoque orientado a la solución de problemas reales y sirva de base para técnicos, electricistas e ingenieros.

Como en ocasiones anteriores, en la elaboración e ilustración de este trabajo he contado con el valioso apoyo de mis amigos, el Ing. Jesús Pacheco Agosto y los señores Miguel Angel Castillo López y Alberto Figueroa Bello. La transcripción del manuscrito la llevó a cabo la Sra. Ma. del Carmen Banda, a quien expreso también mi profundo agradecimiento.

LA ORGANIZACIÓN Y EL USO DE LAS NORMAS TÉCNICAS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS. PARTE 1

La última edición de las normas técnicas para instalaciones eléctricas (NTI) en su Parte 1, está organizada en seis (6) capítulos que cubren prácticamente toda la gama de las actividades del **cálculo y construcción de instalaciones eléctricas**.

CAP~TULO1. Trata sobre generalidades e incluye las definiciones de términos eléctricos y los requerimientos generales para las instalaciones eléctricas; por ejemplo, los requisitos técnicos de carácter general (método de instalación, puesta a tierra, resistencia de aislamiento, capacidad de interrupción, etc)

CAP~TULO2. Cubre principalmente lo relacionado con el proyecto y protección de instalaciones: las salidas requeridas, el cálculo de circuitos derivados y de alimentadores, los requerimientos de la protección contra sobrecorriente y de la conexión a tierra de los sistemas.

CAP~TULO3. Trata sobre todo lo relacionado con los métodos de instalación, conductores, canalizaciones, herrajes, electroductos, ductos para piso, charolas para cables, etc.

CAPITULO 4. En este capítulo se ve todo lo relacionado con el equipo eléctrico general: alumbrado, luminarias, lámparas, portalámparas, alumbrado de luminarias, motores eléctricos, controladores para los motores eléctricos, tableros de alumbrado y fuerza, así como los capacitores de potencia.

CAP~TULO. Se refiere a las instalaciones especiales: edificios, lugares donde existe material peligroso, instalaciones de emergencia de alumbrado y fuerza (plantas generadoras de emergencia, anuncios eléctricos luminosos, etc).

CAP~TULO. En este capítulo se estudia todo lo relacionado con los aspectos generales de las subestaciones eléctricas, como: los locales para subestaciones, el sistema de tierras, etc.

CONTENIDO

CAPETULO 1. LAS COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Introducción	18
Materiales usados en las instalaciones eléctricas	18
Tubos conduit metálicos	19
Tubo conduit metálico rígido	19
Tubo conduit metálico intermedio	21
Tubo conduit de pared delgada	21
Tubo conduit metálico flexible	30
Tubo conduit no metálico	33
Tubo de polietileno	34
Cajas y accesorios para canalización con tubo	34
Ductos metálicos con tapa	50
Charolas para cables	52
BUS-dueto	56
Canalizaciones superficiales	59
Conductores eléctricos	67
Aislamientos de los conductores.....	71
Ampacidad estándar y degradación por temperatura	72
Selección del calibre de conductores para instalaciones eléctricas de baja tensión	76

Número de conductores en un tubo conduit	76
Cálculo de los conductores por caída de voltaje	98
Sistemas monofásicos	100
Sistema trifásico a tres hilos	101
Sistema trifásico a cuatro hilos	103
Análisis de la caída de voltaje en cables	105
Consideraciones para las corrientes de corto circuito en los conductores	112

CAPÍTULO 2.- LOS DISPOSITIVOS DE DESCONEXIÓN DE PROTECCIÓN Y LA PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

Introducción	120
Los desconectadores (o <i>switches</i>)	121
El principio de operación de los desconectadores (<i>switches</i>)	123
Fusibles	133
La función de la limitación de corriente	140
Clasificación de fusibles	141
Interruptores	153
Circuitos derivados	165
Campo de aplicación de los circuitos derivados	165
Cálculo de la carga en los circuitos derivados	168

Conductor de circuitos derivados	170
Instalación de aparatos eléctricos	173
Circuitos derivados para alumbrado.....	175
Circuitos derivados de propósitos generales.....	187
Número de salidas permitidas en un circuito derivado	189
Número de salidas permitidas en casas habitación o departamentos	191
Circuitos derivados individuales	193
Circuitos derivados de equipos de cocina comerciales	193
Circuitos derivados para equipos de calefacción	194
Circuitos derivados para equipos de aire acondicionado	198
Circuitos derivados para calentadores eléctricos de agua	203

CAPÍTULO 3.- CIRCUITOS DERIVADOS, CIRCUITOS ALIMENTADORES Y LA PROTECCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS.

Introducción	208
Los elementos de los circuitos derivados	212
Conductores	212
Protección contra sobrecorriente	212

El medio desconectador	215
Los circuitos alimentadores	224
Cálculo de la demanda máxima	226
Factores de demanda	226
Carga del conductor neutro	228
Circuitos alimentadores para motores eléctricos.....	236
Cálculo de circuitos alimentadores para motores y otras cargas distintas de éstos	237
La protección contra sobrecorriente.....	254
Elevación de temperatura	256
Criterios de protección del motor	266

CAPÍTULO 4.- CÁLCULOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES.

Introducción	284
Las unidades residenciales unifamiliares y las individuales	289
Instalaciones de contactos en muro o pared	293
Salidas para contactos en muro para baños de casas habitación.....	299
Salidas para contactos en hoteles y moteles	300
Salidas para alumbrado en habitaciones	302
Diseño y cálculo de los servicios a la carga para habitaciones	309

Circuitos derivados para otras cargas.....	321
Cálculos para edificios de departamentos	342
El método estándar para el cálculo de alimentadores	344
El servicio de entrada o alimentación	353
El servicio de entrada a edificios multifamiliares	364

CAPÍTULO 5.- CÁLCULOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES.
--

Introducción	368
Planeación del sistema	368
Los conceptos de diseño del sistema	372
La metodología de diseño	374
Circuitos para motores	383
Circuitos que alimentan varios motores.....	385
Tableros y centros de carga	388
Transformadores	395
Cálculo de las corrientes primaria y secundaria de un transformador	398
Dimensionado de los conductores en los circuitos con transformadores	401
Circuitos derivados	404
Protección de los transformadores contra sobrecorriente	407

Protección de transformadores de más de 600 V	
en instalaciones industriales.....	410
Protección primaria y secundaria	411

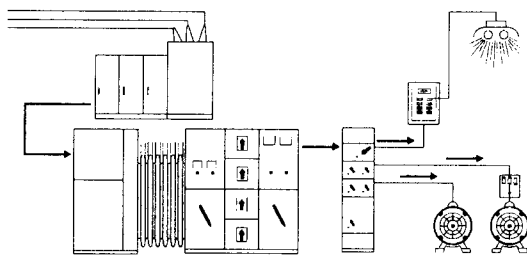
CAPÍTULO 6.- PROBLEMAS DE CÁLCULOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES.

Introducción	428
El método estándar de cálculo	429
Cargas de alumbrado	429
Cargas de contactos de propósitos generales	433
Cargas de motores	436
Cargas de contactos mayores de 10 kVA	
Instalaciones para letreros o anuncios	445
Circuitos derivados para letreros o anuncios.....	446
Cálculo del tamaño de la calefacción eléctrica	450
Dimensionado de una planta de emergencia	452
El diseño de los sistemas de emergencia	455



CAPITULO 1

LAS COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS



ESTE CAPITULO ESTA BASADO EN LAS SIGUIENTES SECCIONES DE LAS NORMAS TECNICAS
PARA INSTALACIONES ELECTRICAS (NOM-EM-001-SEMP-1993)

101, 102, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313, 401

CAPITULO 1

LAS COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

1.1. INTRODUCCION

En el diseño de cualquier instalación eléctrica, ya sea residencial, comercial o industrial, es fundamental el conocimiento de las distintas componentes que intervienen en las mismas. De hecho, en la construcción de una instalación eléctrica, se puede decir que intervienen cientos de componentes que están diseñadas y ensambladas en una forma segura para entregar la potencia eléctrica al sistema de que se trate. Parte del estudio de las componentes, es su selección y la forma en cómo están interconectadas o relacionadas. Quizás la mejor forma de iniciar el estudio de las componentes de una instalación eléctrica, es mostrando la forma en como intervienen en las instalaciones eléctricas desde el punto de vista de sus características y de su cálculo para aplicaciones específicas, según se trate de instalaciones eléctricas residenciales, industriales o comerciales.

1.2. MATERIALES USADOS EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

Una instalación eléctrica correctamente diseñada emplea normalmente materiales aprobados o certificados por las normas nacionales o internacionales en algunos casos. Estos materiales incluyen varios tipos de canalizaciones: tubos conduit, coples, niples, buses ducto, cables y conductores, cajas de conexión, dispositivos de protección (fusibles, interruptores, etc.).

1.2.1 TIPOS DE CANALIZACIONES

Una canalización es un conducto cerrado diseñado para contener alambres, cables o buses-ducto, pueden ser metálicas o no metálicas.

1.2.1.1 TUBOS CONDUIT METALICOS

Los tubos conduit metálicos, dependiendo del tipo usado; se pueden instalar en exteriores e interiores; en áreas secas o húmedas, dan una excelente protección a los conductores. Los tubos conduit rígidos constituyen de hecho el sistema de canalización más comúnmente usado, ya que prácticamente se pueden usar en todo tipo de atmósferas y para todas las aplicaciones.

En los ambientes corrosivos adicionalmente, se debe tener cuidado de proteger los tubos con pintura anticorrosiva, ya que la presentación normal de estos tubos, es galvanizada. Los tipos más usados son:

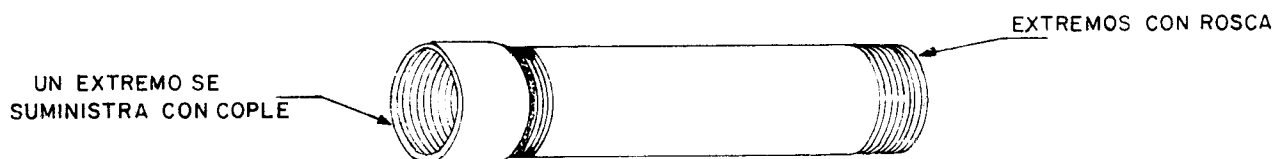
- De pared gruesa (tipo rígido)
- De pared delgada.
- Tipo metálico flexible (greenfield)

1.2.1.2 TUBO CONDUIT METALICO RIGIDO (PARED GRUESA)

Este tipo de tubo conduit se suministra en tramos de 3.05 (10 pies) de longitud en acero o aluminio y se encuentra disponible en diámetros desde 1/2 pulg (13 mm), hasta 6 pulg (152.4 mm), cada extremo del tubo se proporciona con rosca y uno de ellos tiene un cople. El tubo metálico, de acero normalmente, es galvanizado y además, como se indicó antes, tiene un recubrimiento especial cuando se usa en áreas corrosivas.

El tubo conduit rígido puede quedar embebido en las construcciones de concreto (muros o losas), o bien puede ir montado superficialmente con soportes especiales. También puede ir apoyado en bandas de tuberías. Algunas recomendaciones generales para su aplicación, son las siguientes:

- El número de dobleces en la trayectoria total de un conduit, no debe exceder a 360° .
- Siempre que sea posible, y para evitar el efecto de la acción galvánica; las cajas y conectores usados con los tubos metálicos, deben ser del mismo material.
- Los tubos se deben soportar cada 3.05 m (10 pies) y dentro de 90 cm (3 pies) entre cada salida.



LA LONGITUD DE CADA TRAMO ES DE 3.05 M.
TUBO CONDUIT METALICO RIGIDO DE PARED GRUESA.

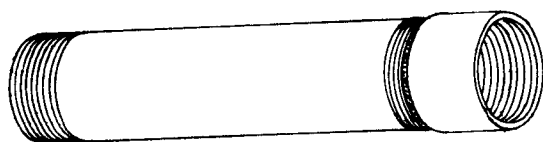
SE FABRICA EN DIAMETROS DE 1/2 PLG. A 6 PLG.
EL INTERIOR DEBE SER LISO PARA NO DAÑAR LOS
CONDUCTORES.

1.2.1.3. TUBO CONDUIT METALICO INTERMEDIO O SEMIPESADO

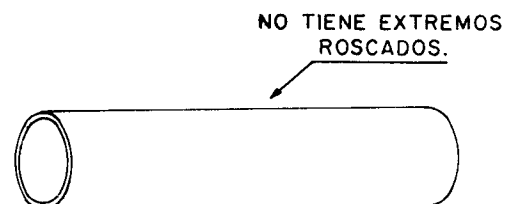
Se fabrica en diámetros de hasta 4 plg. (102 mm) su constitución es similar al tubo conduit rígido de pared gruesa, pero tiene las paredes más delgadas, por lo que tiene mayor espacio interior disponible. Se debe tener mayor cuidado con el doblado de estos tubos, ya que tienden a deformarse. Tienen roscados los extremos igual que el de pared gruesa y de hecho sus aplicaciones son similares.

1.2.1.4. TUBO METALICO DE PARED DELGADA (RIGIDO LIGERO).

Estos tubos son similares a los de pared gruesa, pero tienen su pared interna mucho más delgada, se fabrican en diámetros hasta de 4 plg. (102 mm), se puede usar en instalaciones visibles u ocultas, embebido en concreto o embutido en mampostería, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos. Estos tubos **NO TIENEN** sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos rígidos de pared gruesa, de hecho usan sus propios conectores de tipo atornillado.



TUBO CONDUIT INTERMEDIO O SEMI PESADO



TUBO CONDUIT METALICO DE PARED DELGADA (RIGIDO LIGERO).

Se fabrican en diámetros hasta de
102 mm (4 plg.)

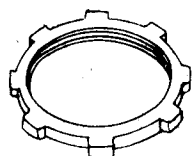
No deben usarse:

- 1) A la intemperie
- 2) En lugares expuestos a condiciones corrosivas severas.
- 3) En lugares mojados donde la canalización esté expuesta a la entrada de agua.

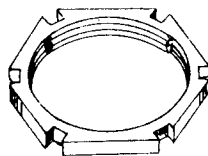
Se fabrica en diámetros hasta
de 102 mm (4 plg.)

No se aplica:

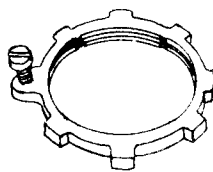
- 1) Cuando la instalación está expuesta a daño mecánico.
- 2) Embebido en concreto o embutido en mampostería cuando esté expuesto a humedad.
- 3) Directamente enterrado.
- 4) En lugares húmedos o clasificados como de ambiente corrosivo o peligroso.



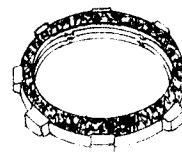
MONITOR DE
ACERO



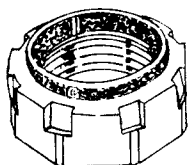
MONITOR DE
HIERRO MALEABLE



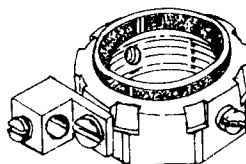
MONITOR CON
SEGURO



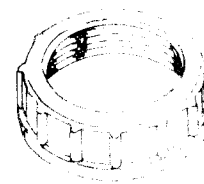
MONITOR
SELLADO



CONTRA AISLADA

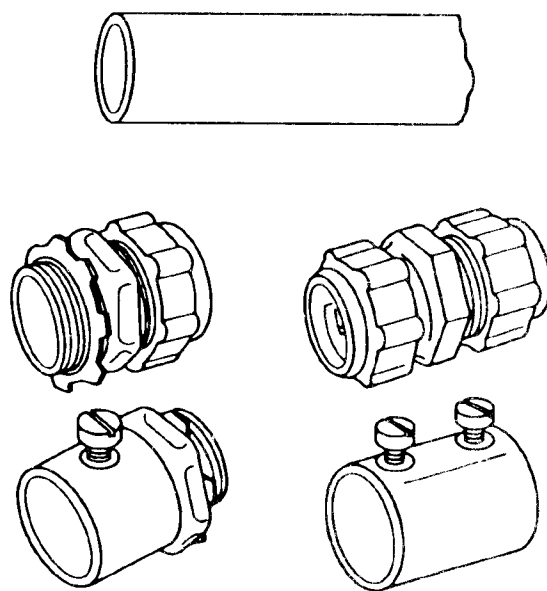


CONTRA AISLADA
CON SEGURO

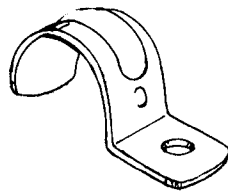


CONTRA AISLADA
CON POLYPROPILENO

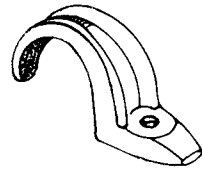
CONECTORES PARA TUBOS CONDUIT RIGIDOS DE PARED GRUESA
E INTERMEDIOS.



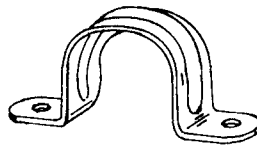
TUBO CONDUIT DE PARED DELGADA Y CONECTORES



ABRAZADERA TIPO UÑA
DE UN AGUJERO.



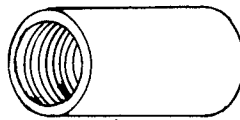
ABRAZADERA TIPO UÑA
DE HIERRO MALEABLE.



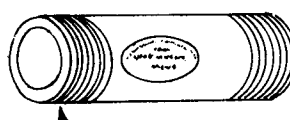
ABRAZADERA TIPO OMEGA
O DE DOS AGUJEROS.

ABRAZADERAS PARA TUBO CONDUIT.

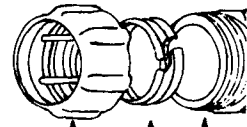
TUBO CONDUIT
RIGIDO O
INTERMEDIO



ACOPLAMIENTO



TUBO CONDUIT

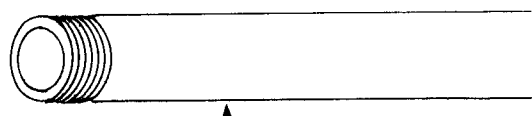


ACOPLAMIENTOS

TUBO CONDUIT
INTERMEDIO

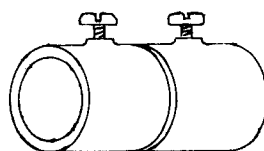


ACOPLAMIENTO

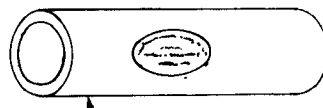


TUBO CONDUIT

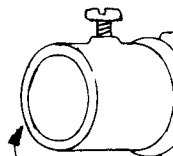
TUBO CONDUIT
DE PARED
DELGADA



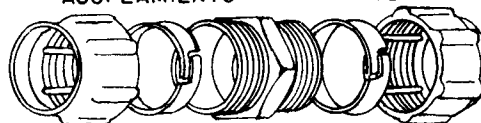
ACOPLAMIENTO



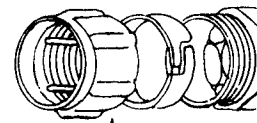
TUBO CONDUIT



ACOPLAMIENTO

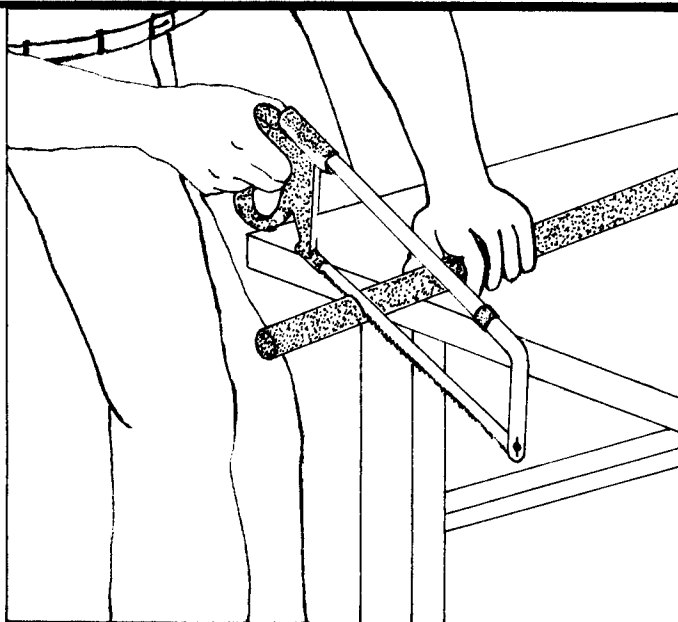


ACOPLAMIENTOS

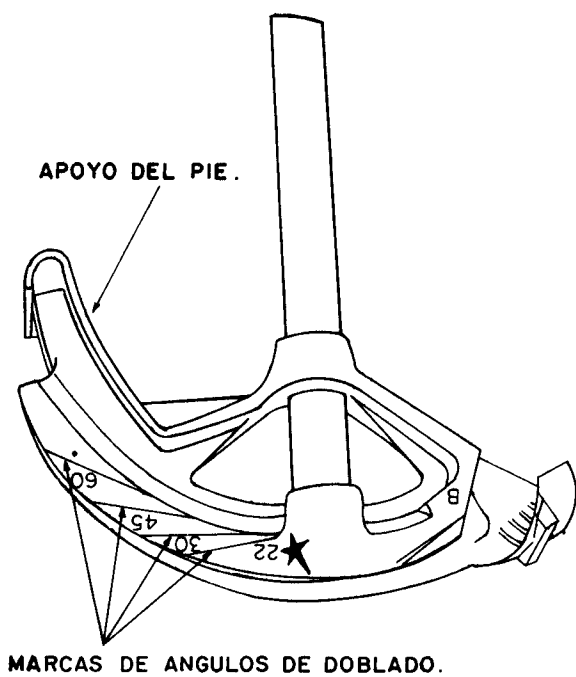


ACOPLAMIENTOS
DE CONECTOR

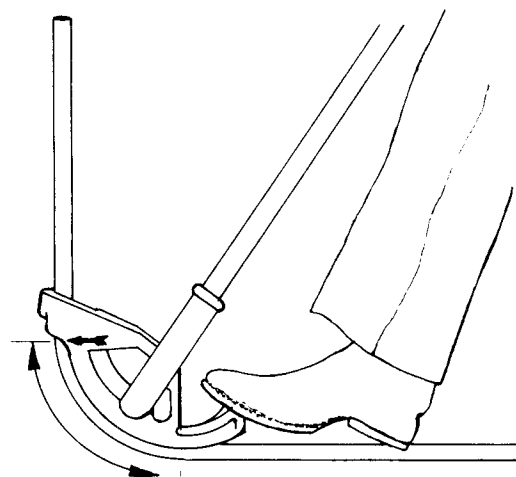
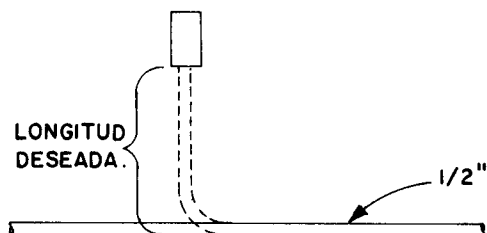
TIPOS DE TUBOS CONDUIT RIGIDO Y SUS
ACOPLAMIENTOS.



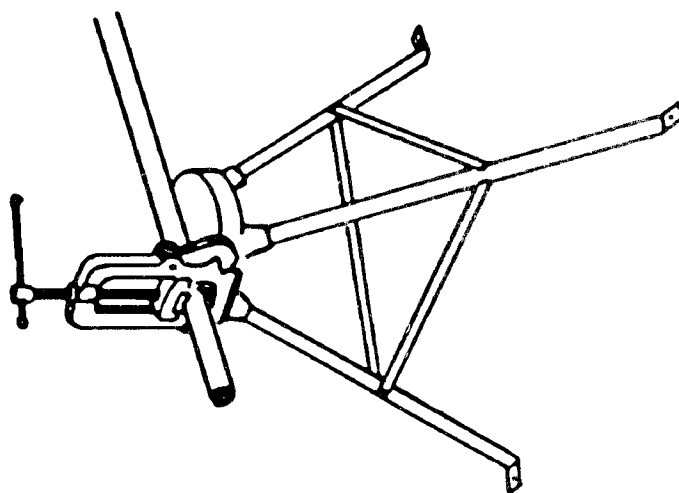
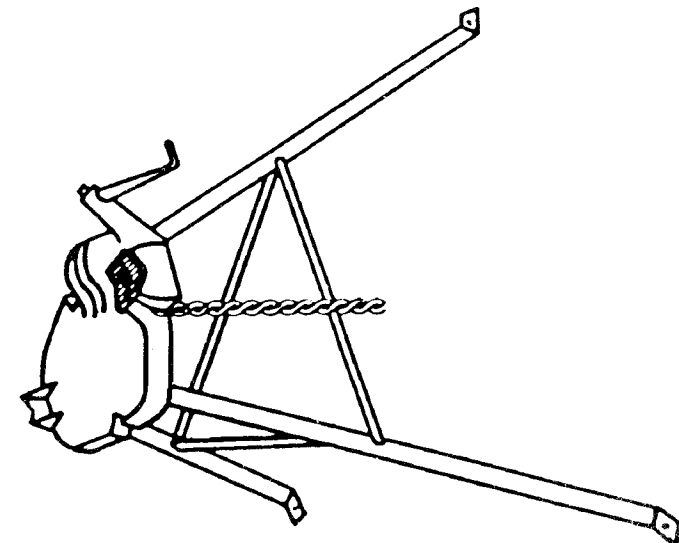
CORTE DE UN TUBO CONDUIT DE PARED DELGADA.



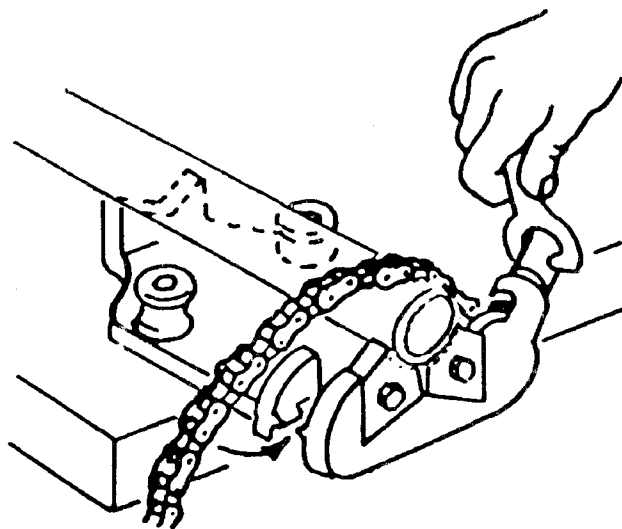
DOBLADOR DE TUBO CONDUIT.



FORMA DE ACCIONAR EL DOBLADOR DE TUBO CONDUIT.



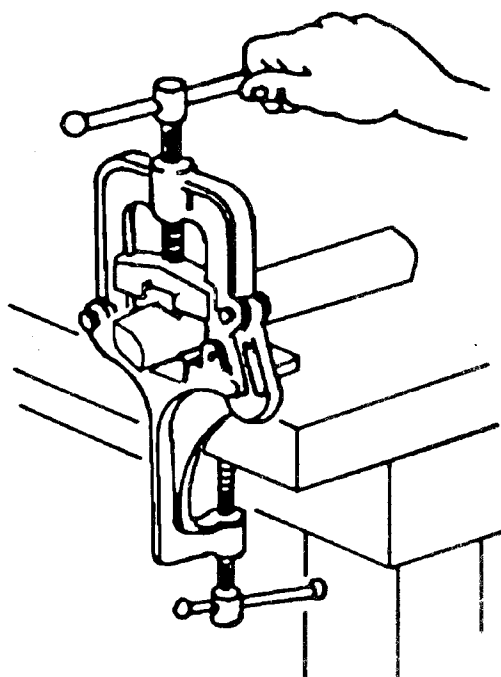
BANCOS DE TRABAJO TIPO PORTATIL CON
TORNILLO DE BANCO TIPO YUGO



LA MORDAZA TIPO CADENA O TORNILLO DE BANCO TIPO CADENA ESTA DISEÑADA PARA TRABAJAR EN BANCOS FIJOS SUJETANDO EL EXTREMO DEL TUBO

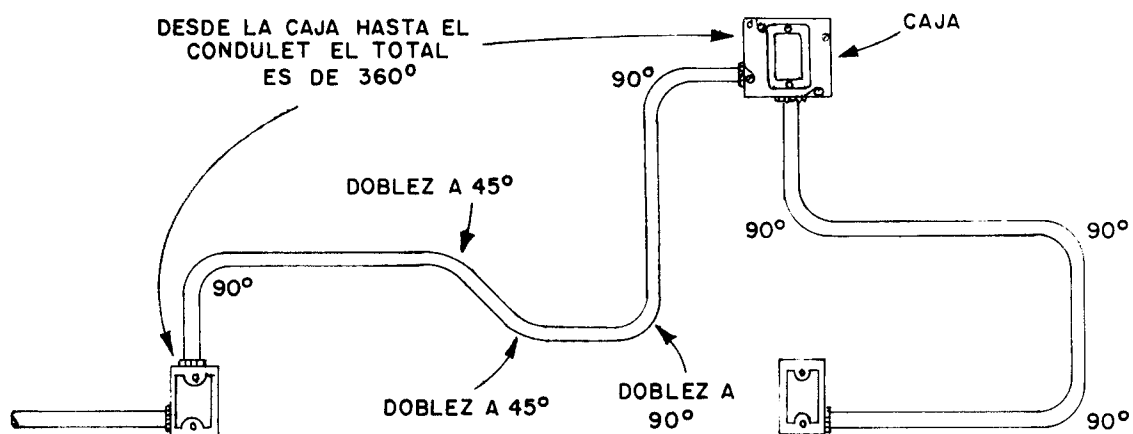
SUJECION DEL TUBO POR MEDIO DE UNA MORDAZA TIPO CADENA

HERRAMIENTAS DE TRABAJO PARA TUBOS CONDUIT

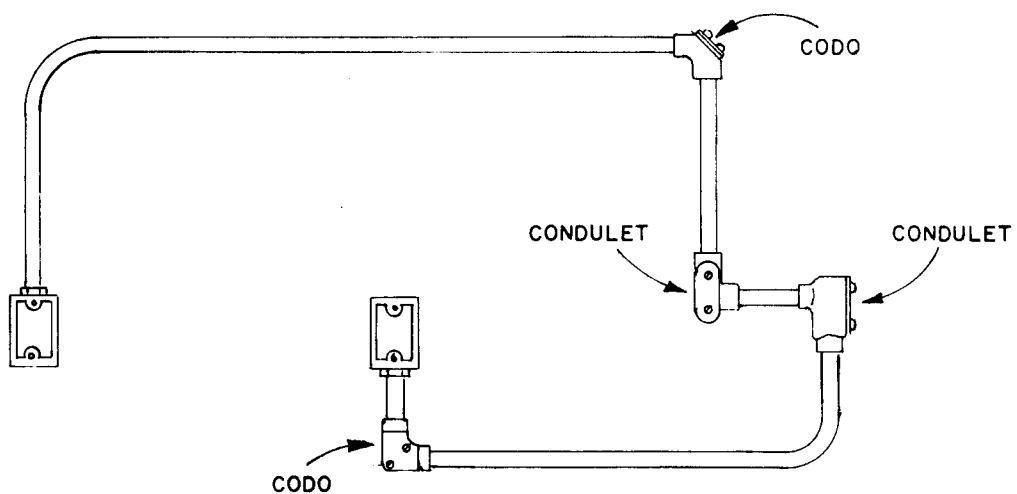


TORNILLO DE BANCO TIPO PORTATIL PARA SUJETAR EL TUBO CONDUIT

EL TORNILLO DE BANCO TIPO PORTATIL SE PUEDE MONTAR TEMPORALMENTE EN MESAS DE TRABAJO



(a)

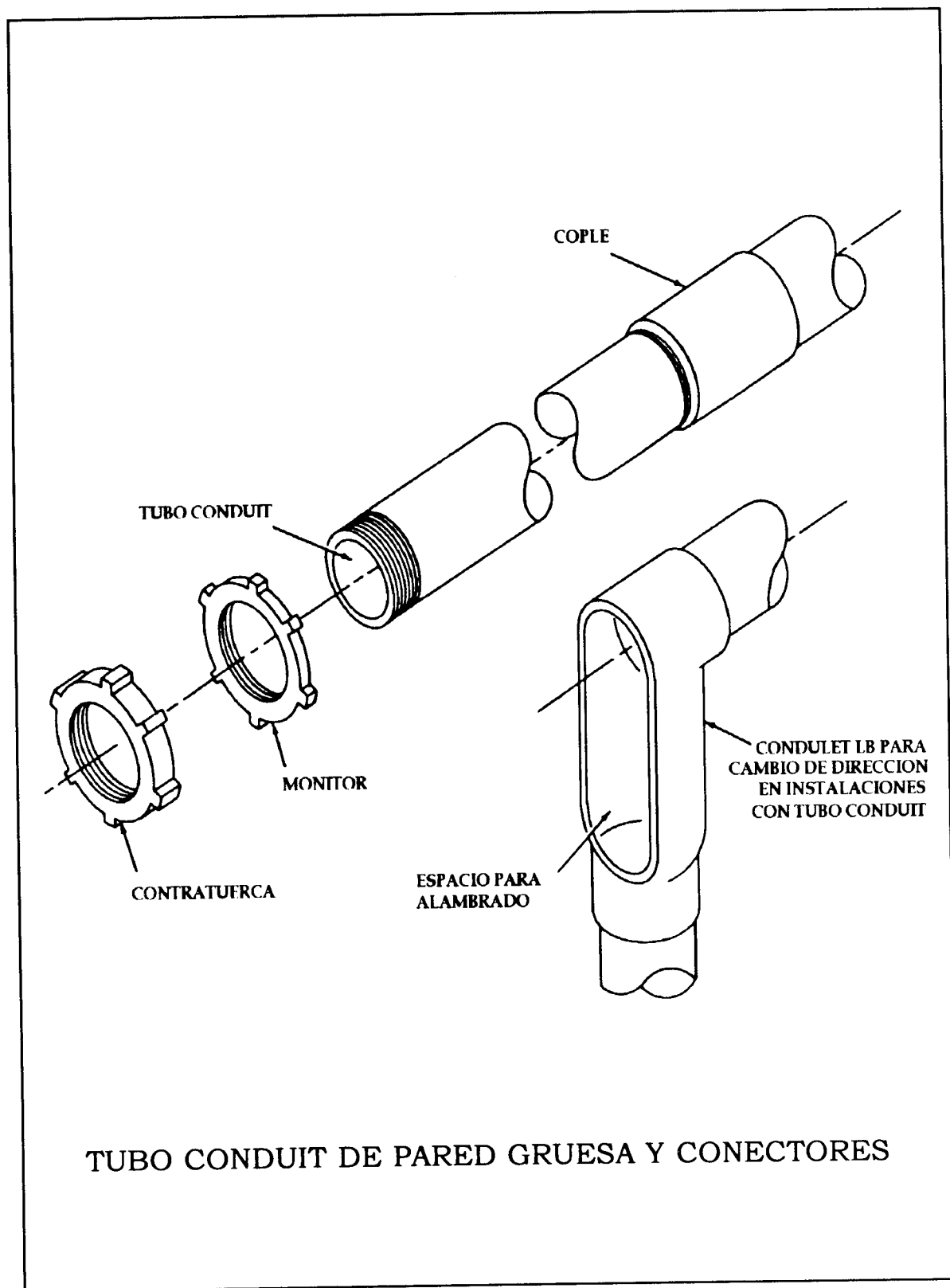


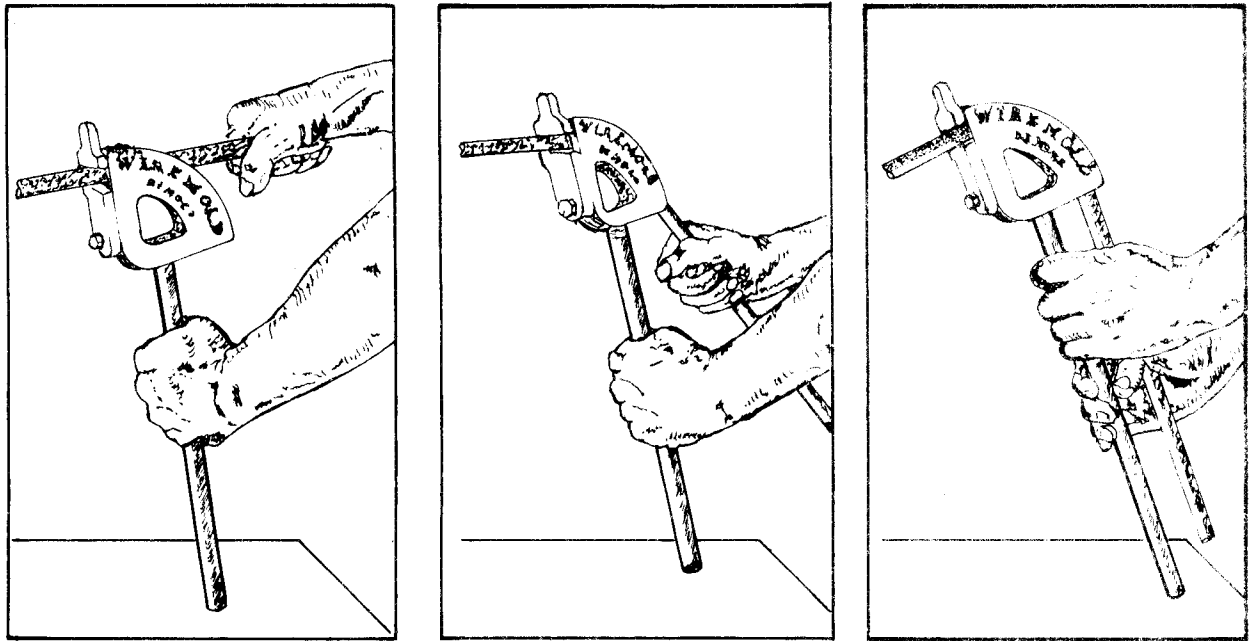
(b)

FORMAS DE EFECTUAR CAMBIOS DE DIRECCION
CON TUBOS CONDUIT.

(a) POR MEDIO DE DOBLADO DEL TUBO CONDUIT

(b) CON CONDULETS.



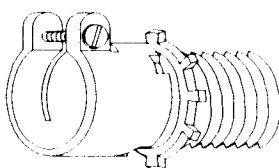
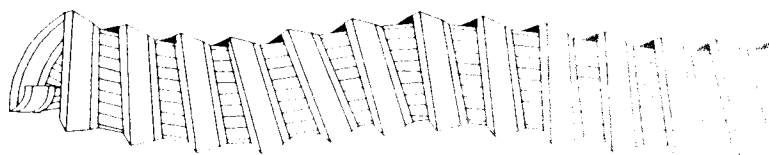


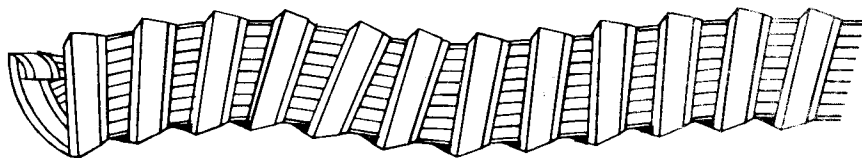
USO DE UN DOBLADOR DE TUBO CONDUIT SOBRE SUPERFICIE
METALICA

1.2.1.5 TUBO CONDUIT METALICO FLEXIBLE

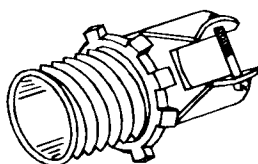
Este es un tubo hecho de cinta metálica engargolada (en forma helicoidal), sin ningún recubrimiento. Hay otro tubo metálico que tiene una cubierta exterior de un material no metálico para que sea hermético a los líquidos. Este tipo de tubo conduit es útil cuando se hacen instalaciones en áreas donde se dificultan los dobleces con tubo conduit metálico, o bien, en lugares en donde existen vibraciones mecánicas que puedan afectar las uniones rígidas de las instalaciones. Este tubo se fabrica con un diámetro mínimo de 13 mm. (1/2 plg) y un diámetro máximo de 102 mm (4 plg)

TUBO CONDUIT METALICO FLEXIBLE

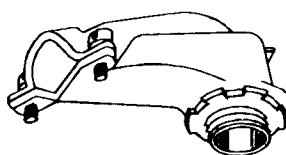




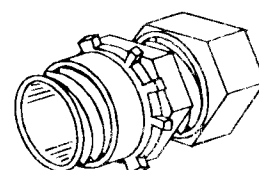
TUBO CONDUIT FLEXIBLE



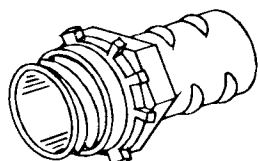
CONECTOR DESLIZABLE



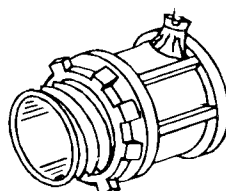
CONECTOR DESLIZABLE A 90°



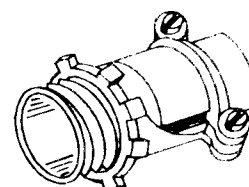
CONECTOR DE COMPRESION



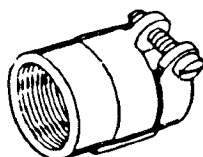
CONECTOR ROSCADO



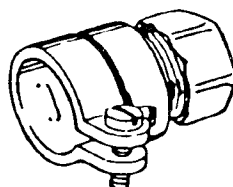
CONECTOR ROSCADO



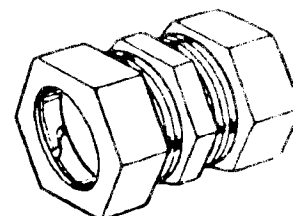
CONECTOR ROSCADO Y DE GRAPAS



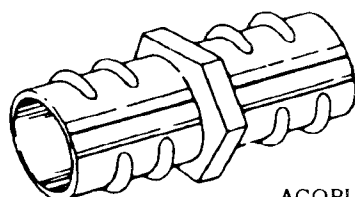
COMBINACION DE CONECTOR DE TUBO RIGIDO FLEXIBLE



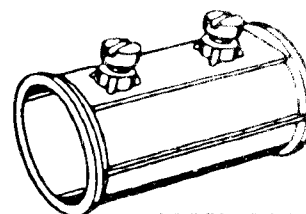
COMBINACION DE CONECTOR DE TUBO FLEXIBLE A INTERMEDIO



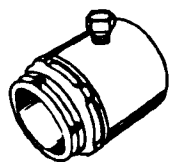
ACOPLADOR DE COMPRESION



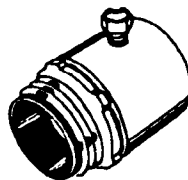
ACOPLADOR ROSCADO



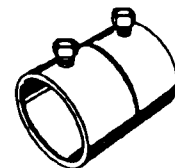
ACOPLADOR ATORNILLADO



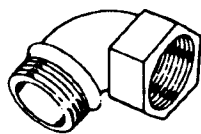
CONECTOR DE
ACERO ROSCADO



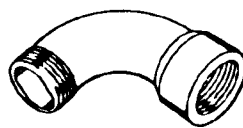
ROSCADO CON
GARGANTA AISLADA



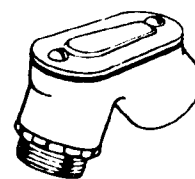
COPE ATORNILLADO



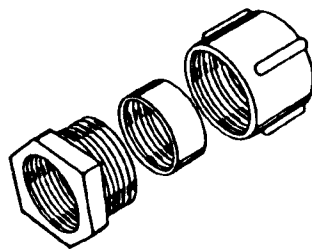
CODO CORTO DE 90°



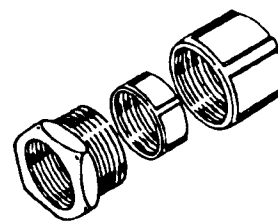
CODO LARGO DE 90°



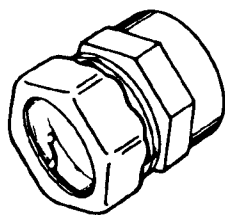
CONECTOR



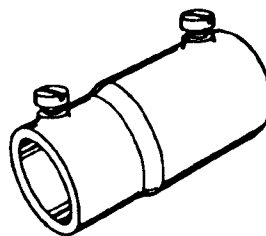
ACOPLAMIENTO DE TRES PIEZAS



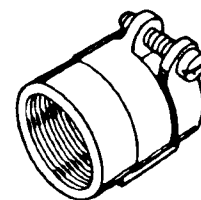
ACOPLAMIENTO DE TRES PIEZAS



COPE DE PRESION



COPE ATORNILLABLE



COPE DE TUBO
RIGIDO A MALEABLE

TIPOS DE CONECTORES USADOS PARA TUBOS CONDUIT

1.2.1.6 TUBO CONDUIT NO METALICO

En la actualidad hay muchos tipos de tubos conduit no metálicos que tienen una gran variedad de aplicaciones y están contruidos de distintos materiales, tales como el cloruro de Polivinilo (PVC), la fibra de vidrio, el polietileno y otros. El más usado en instalaciones residenciales es el PVC, que es un material autoextinguible, resistente al colapso, a la humedad y a los agentes químicos específicos. Se puede usar en:

- Instalaciones ocultas.
- Instalaciones visibles, cuando no se expone el tubo a daño mecánico.
- En lugares expuestos a los agentes químicos específicos, en donde el material es resistente.

No, se debe usar en: Areas y locales considerados como peligrosos.

- *Para soportar luminarias o equipos.*
- *Cuando las temperaturas sean mayores de 70°C*

Estos tubos, se pueden doblar mediante la aplicación de aire caliente o líquido caliente.

Las instalaciones con tubo rígido PVC, se deben soportar a intervalos no mayores que los indicados:

Tubo de 13 y 19 mm	1.20 m
Tubo de 25 a 51 mm	1.50 m
Tubo de 63 y 76 mm	1.80 m
Tubo de 89 y 102 mm	2.10 m

TUBO DE POLIETILENO

El tubo conduit de polietileno debe ser resistente a la humedad y a ciertos agentes químicos específicos. Su resistencia mecánica, debe ser adecuada para proporcionar protección a los conductores y soportar el trato rudo a que se ve sometido durante su instalación. Por lo general, se le identifica por el color anaranjado. Puede operar con voltajes hasta 150 V a tierra, embebido en concreto o embutido en muros, pisos y techos. También, se puede enterrar a una profundidad, no menor de 0.50 m.

No, se recomienda su utilización oculto en techos y plafones, en cubos de edificios o en instalaciones visibles.

1.2.1.7. CAJAS Y ACCESORIOS PARA CANALIZACION CON TUBO.

CAJAS ELECTRICAS

Las cajas eléctricas, la terminación que permite acomodar las llegadas de los distintos tipos de tubos conduit, cables armados, o tubos no metálicos; con el propósito de empalmar cables y proporcionar salidas para contactos, apagadores, salidas para lámparas y luminarias en general. Estas cajas, se han diseñado en distintos tipos y dimensiones; así como los accesorios para su montaje para dar la versatilidad que las construcciones eléctricas requieren.

Las cajas, se identifican por sus nombres, pero en general son funcionalmente intercambiables con algunas pocas excepciones. Esto significa que sí se aplican en forma conveniente, prácticamente cualquier tipo de caja, se puede usar para distintos propósitos. Se fabrican metálicas y no metálicas, básicamente la selección de una caja depende de lo siguiente:

- El número de conductores que entran.
- El tipo y número de dispositivos que se conectan a la caja.
- El método de alambrado usado.

CAJAS METALICAS DE PROPOSITOS GENERALES:

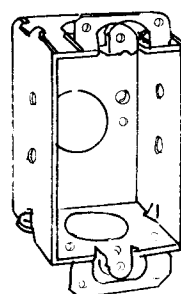
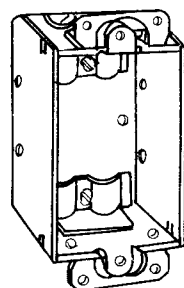
Estas cajas de propósitos generales, se clasifican de cualquiera de los tres tipos de categorías siguientes:

- Cajas para apagadores.
- Cajas octagonales.
- Cajas cuadradas.

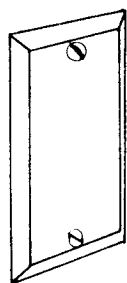
Estas cajas (y sus accesorios), se fabrican con material metálico, aún cuando en forma reciente, se tienen algunas formas de materiales, no metálicos.

Las cajas tipo apagador, se usan para alojar apagadores o contactos, algunas de hecho, se usan para alojar más de un apagador o dispositivo.

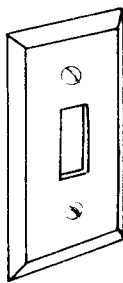
Las cajas octagonales o cuadradas se usan principalmente para salidas de la instalación eléctrica, ya sea para lámparas o luminarias o para montar otros dispositivos (usando la cubierta apropiada).



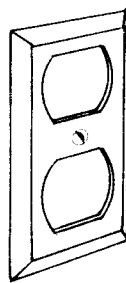
CAJAS PARA APAGADORES



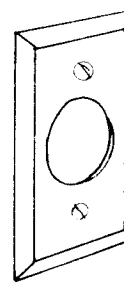
(a)



(b)



(c)



(d)

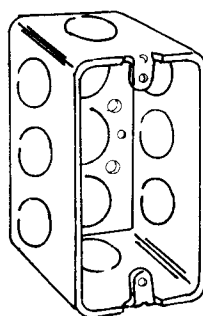
DISTINTOS TIPOS DE TAPAS

a) _ TAPA CIEGA

b) _ TAPA PARA APAGADOR

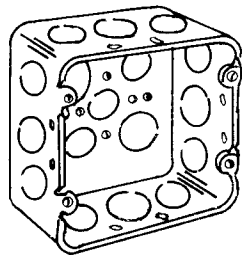
c) _ TAPA PARA CONTACTO DOBL

d) _ TAPA PARA CONTACTO

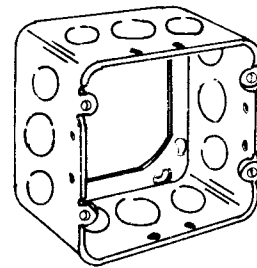


CAJA RECTANGULAR

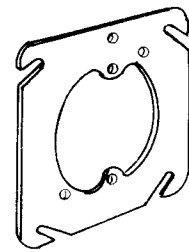
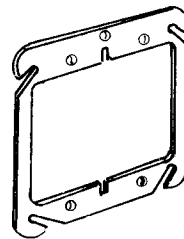
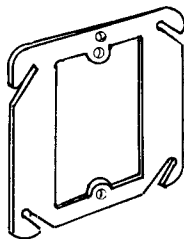
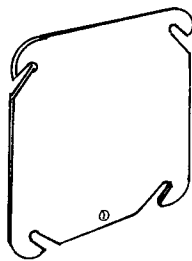
ALGUNOS TIPOS DE CAJAS Y SUS TAPAS.



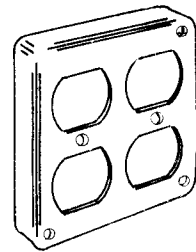
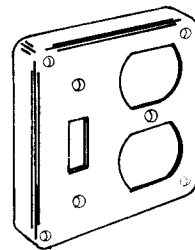
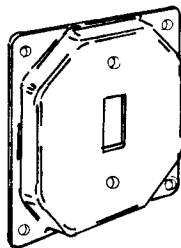
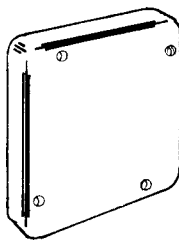
CAJA CUADRADA



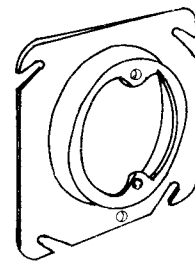
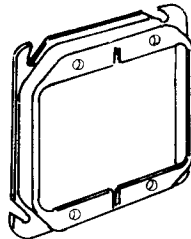
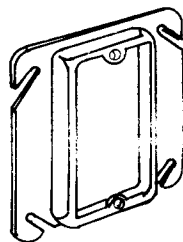
EXTENSION DE CAJA



TAPAS PLANAS PARA TRABAJO CANCELADO



TAPAS REALZADAS



TAPAS DE PLASTICO REALZADAS PARA TRABAJOS CANCELADOS.

CAJAS DE ACERO CUADRADAS Y SUS CUBIERTAS.

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas en su Artículo 307, fracciones: 307.9, 307.10, 307.13, 307.15 y 307.16 mencionan, lo siguiente:

Espacio ocupado por los conductores en una caja.

Todos los conductores que se alojen en una caja, incluyendo los aislamientos, empalmes y vueltas que se hagan en su interior, no deben ocupar más del 60 por ciento del espacio interior de la caja o del espacio libre que den los dispositivos o accesorios que se instalen en ella.

Entrada de los conductores a cajas o accesorios.

En general, los conductores que entren a cajas o accesorios deben quedar protegidos contra la abrasión.

- a) Cajas y accesorios metálicos. Cuando se utilicen cajas o accesorios metálicos en instalaciones visibles sobre aisladores, los conductores deben entrar en ellos a través de boquillas aislantes o en alguna otra forma que proporcione una protección equivalente. En instalaciones con tubos rígidos o flexibles o con cable con cubierta metálica, las cajas o accesorios metálicos deben estar unidos a ellos por medio de accesorios aprobados para tal objeto.
- b) Cajas no metálicas. Cuando se utilicen cajas no metálicas en instalaciones visibles sobre aisladores, los conductores deben entrar a las cajas, a través de orificios individuales. En caso de usarse cajas no metálicas en instalación con cable visible, éste debe penetrar con todo y cubierta exterior hasta dentro de las cajas por uno de sus orificios.

Colocación en paredes o techos.

En paredes o techos de madera u otro material combustible, las cajas y accesorios deben quedar al ras de la superficie acabada o sobresalir de ella. En paredes o techos de concreto, ladrillos u otro material incombustible, las cajas y accesorios pueden quedar embutidos a una distancia pequeña con respecto a la superficie de la pared o techo terminado.

Fijación.

Las cajas deben fijarse rígidamente sobre la superficie en la cual se instalen o estar empotradas en concreto, mampostería u otro material de construcción de manera rígida y segura.

Profundidad de las cajas de salida en instalaciones ocultas.

Las cajas de salida utilizadas en instalaciones ocultas deben tener una profundidad interior de por lo menos 35 milímetros, excepto en los casos en que esto resulte perjudicial para la resistencia del edificio o que la instalación de dichas cajas sea impracticable, en cuyos casos pueden utilizarse cajas de profundidad menor, pero, en todo caso, no menor de 13 milímetros de profundidad interior.

Tapas y cubiertas ornamentales.

Todas las cajas de salida deben estar provistas de una tapa, a menos que los aparatos instalados tengan una cubierta ornamental que provea una protección equivalente.

- a) En cajas de salida no metálicas deben usarse tapas no metálicas.
- b) Si se usan cubiertas ornamentales en paredes o techos de material combustible, debe intercalarse una capa de material no combustible entre dichas cubiertas y las paredes o techos.
- c) Las tapas de cajas de salida con orificios a través de los cuales pasen cordones flexibles colgantes, deben estar provistas de boquillas protectoras o bien los orificios deben tener sus aristas bien redondeadas de manera que los conductores no se maltraten.

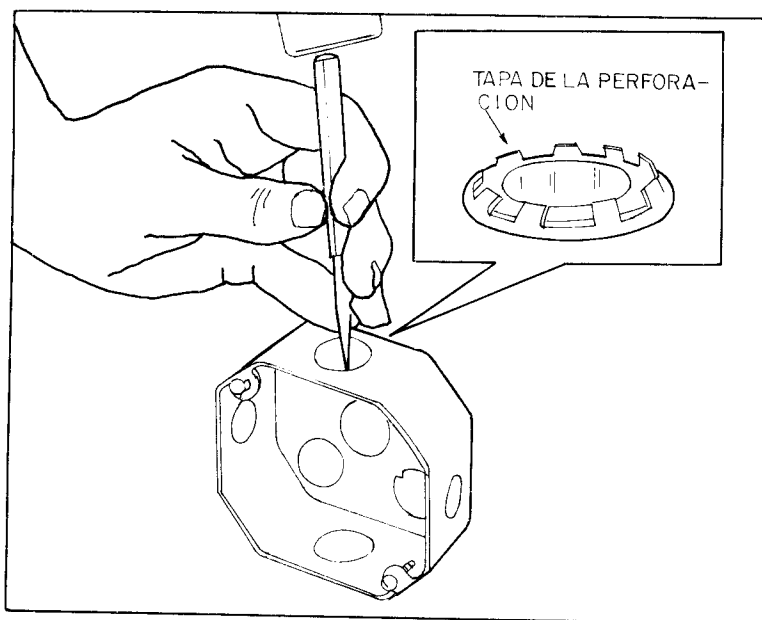
Cajas de salida en el piso.

Las cajas de salida para contactos en el piso deben estar especialmente diseñadas para este propósito.

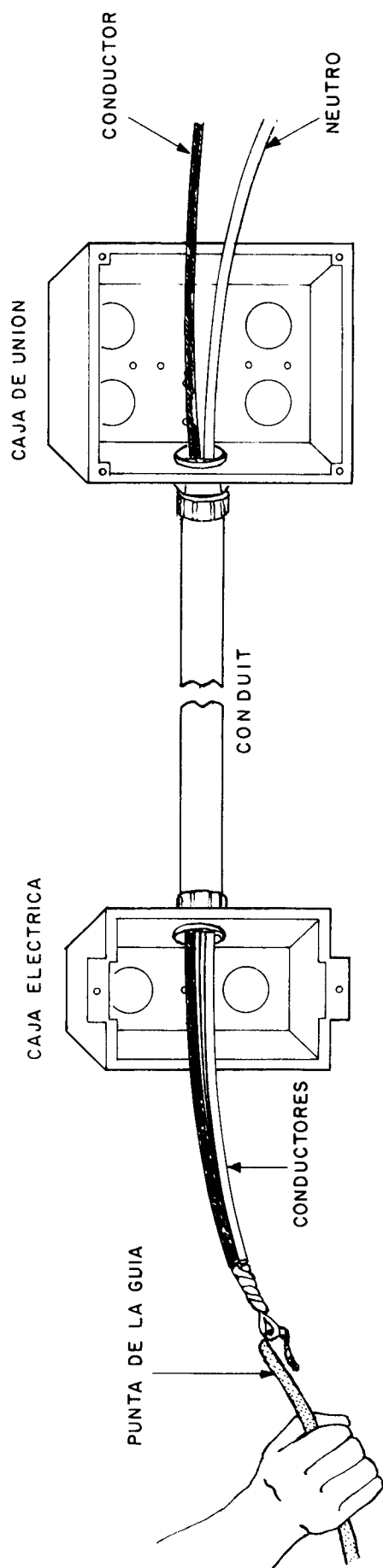
Tapas.

Las tapas metálicas deben ser de un espesor no menor que el de las paredes de las cajas o accesorios correspondientes del mismo material, pudiendo estar recubiertas de un material aislante sólidamente adherido de un espesor no menor de 0.8 milímetros.

Se pueden utilizar tapas de porcelana u otro material aislante siempre que sean de forma y espesor tales que ofrezcan la protección y solidez requeridas.

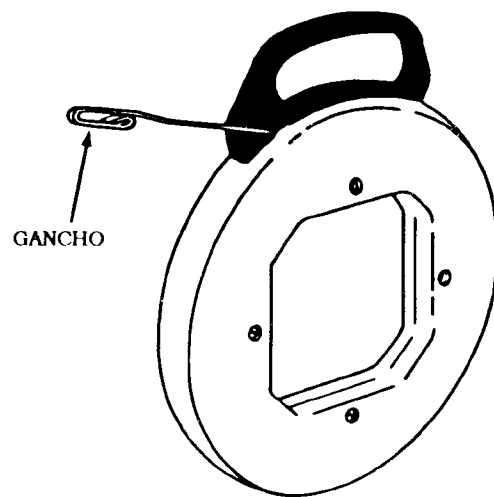


FORMA DE ABRIR LAS PERFORACIONES DE LAS
CAJAS QUE VAN A SER UTILIZADAS.



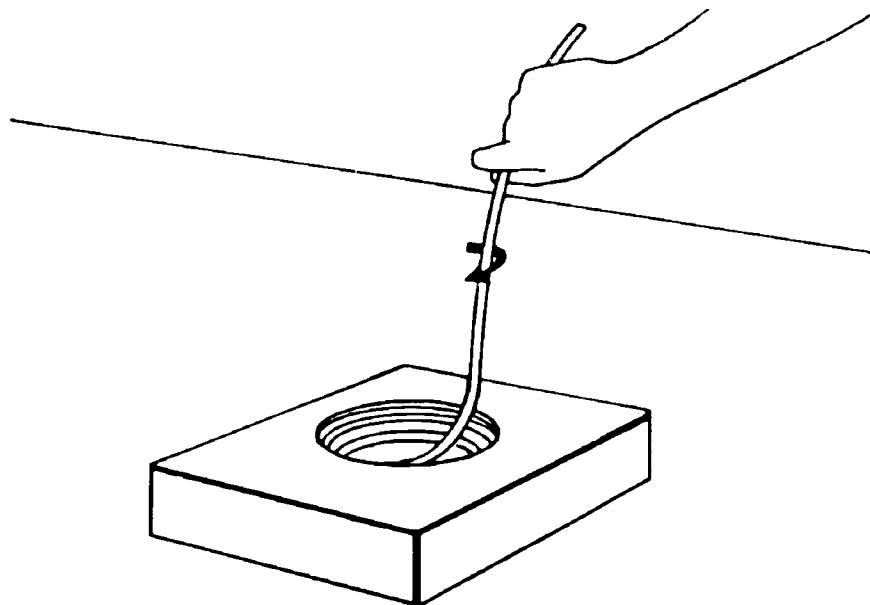
METODO DE ALAMBRADO

EL ALAMBRADO O INTRODUCCION DE LOS CONDUCTORES EN LOS TUBOS CONDUIT Y SU PASO POR LAS CAJAS DE CONEXION REQUIERE DE UNA TECNICA EN DONDE SE USAN GUIAS.

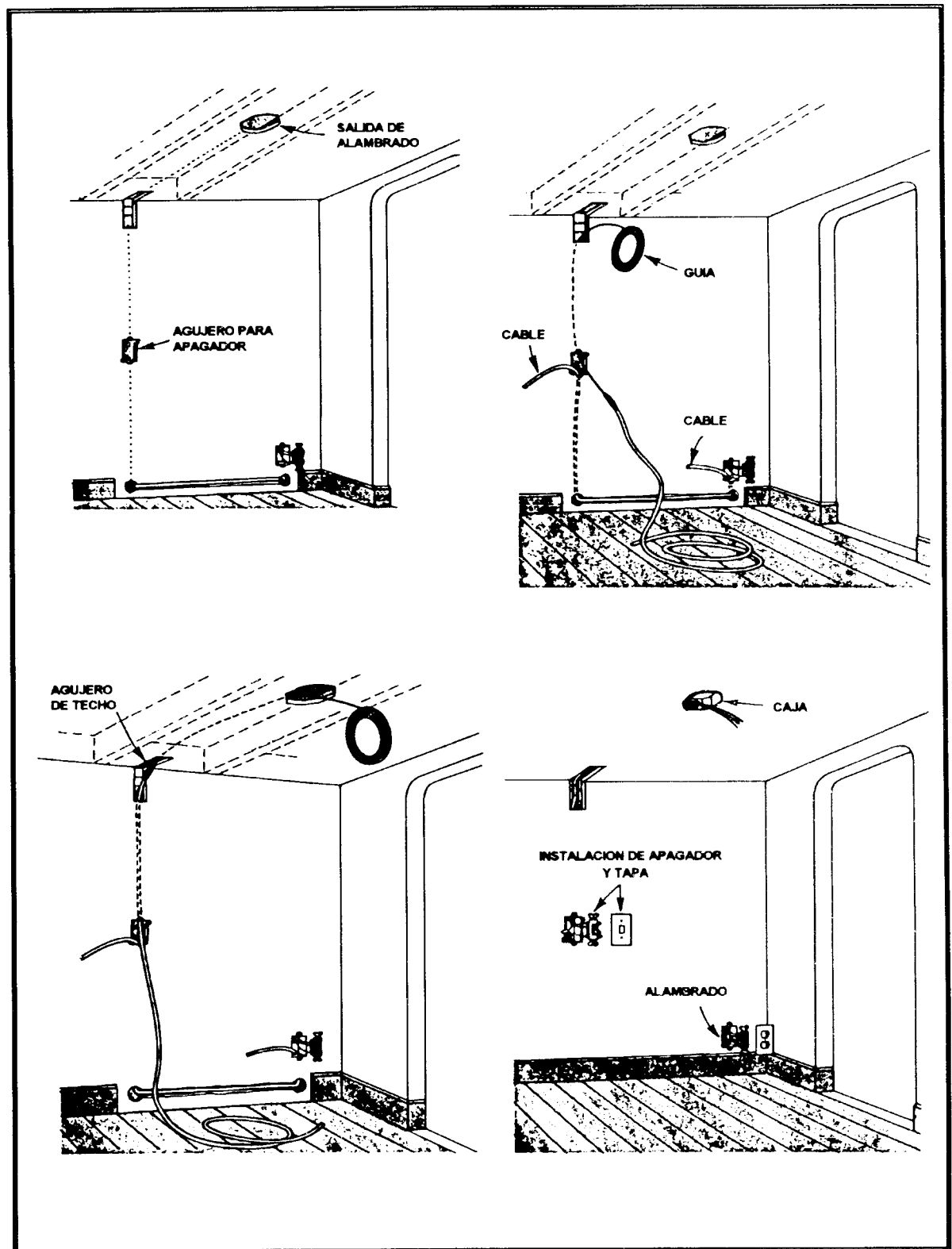


GANCHO

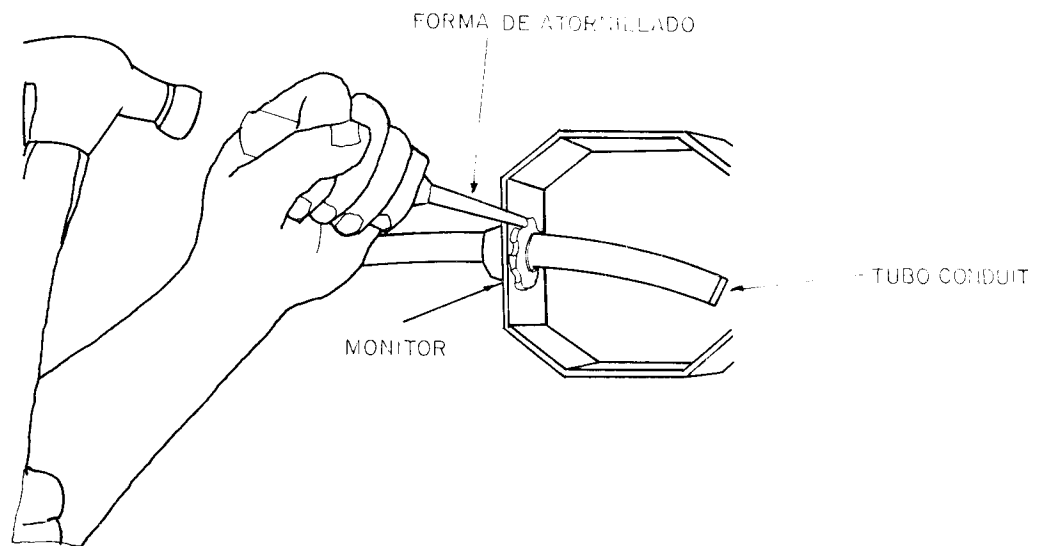
GUIA PARA ALAMBRADO



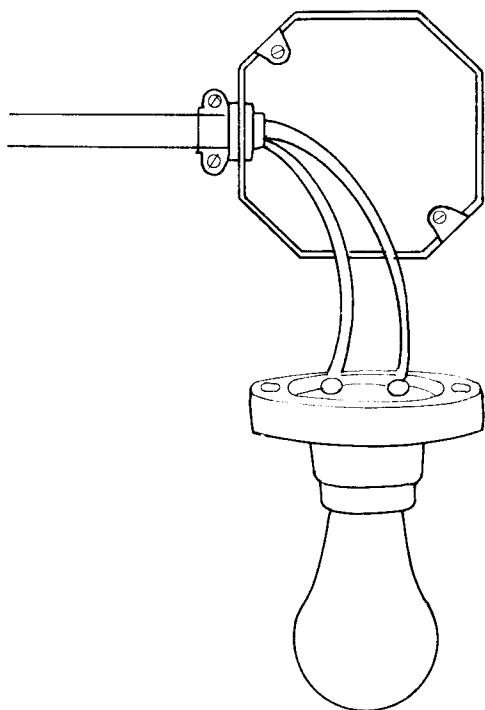
FORMA DE EXTRAER EL CABLE DE LA CAJA



**ALAMBRADO CON GUIA A SALIDAS DE CONTACTOS,
APAGADORES Y SALIDAS DE ALUMBRADO**

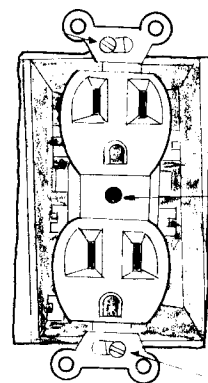


FIJACION DE TUBO CONDUIT A UNA CAJA.



CAJA DE SALIDA PARA LAMPARA.

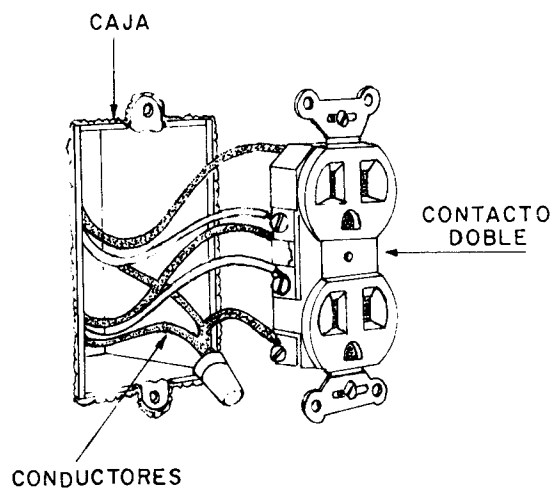
TORNILLO DE SUJECION



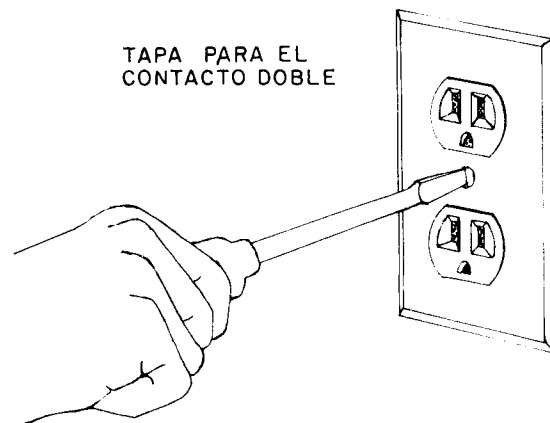
CONTACTO DOBLE

TORNILLO DE SUJECION

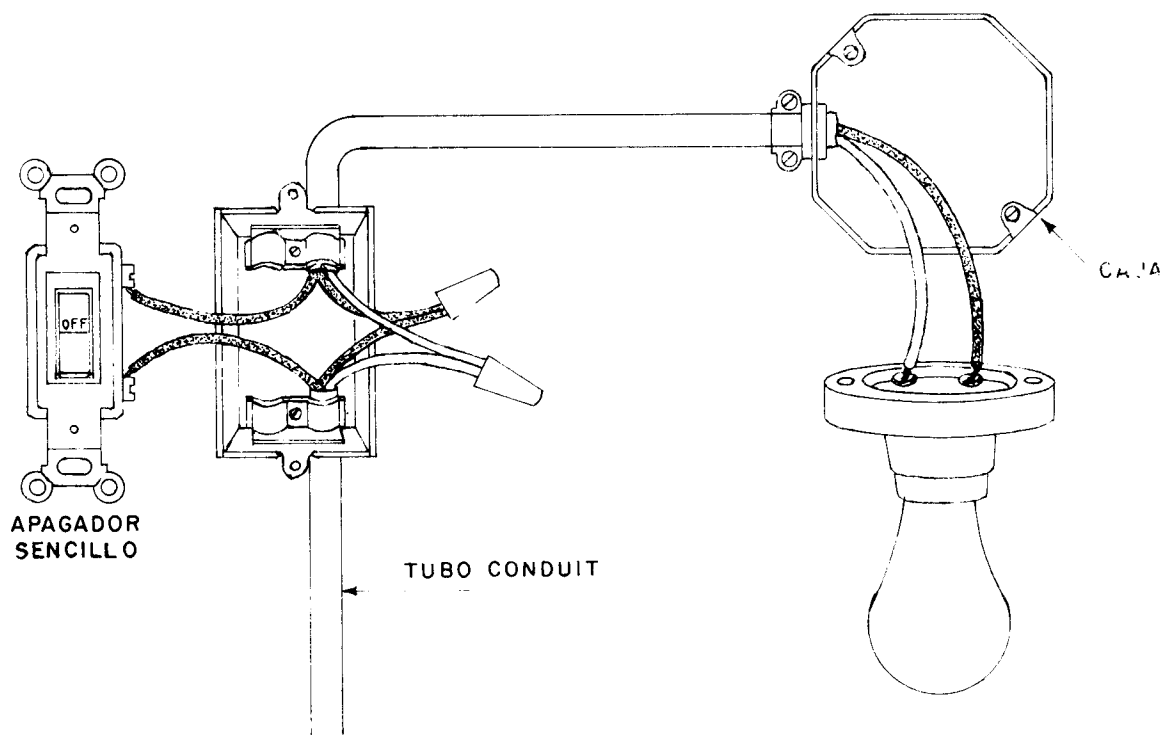
CAJA USADA PARA CONTACTO DOBLE.



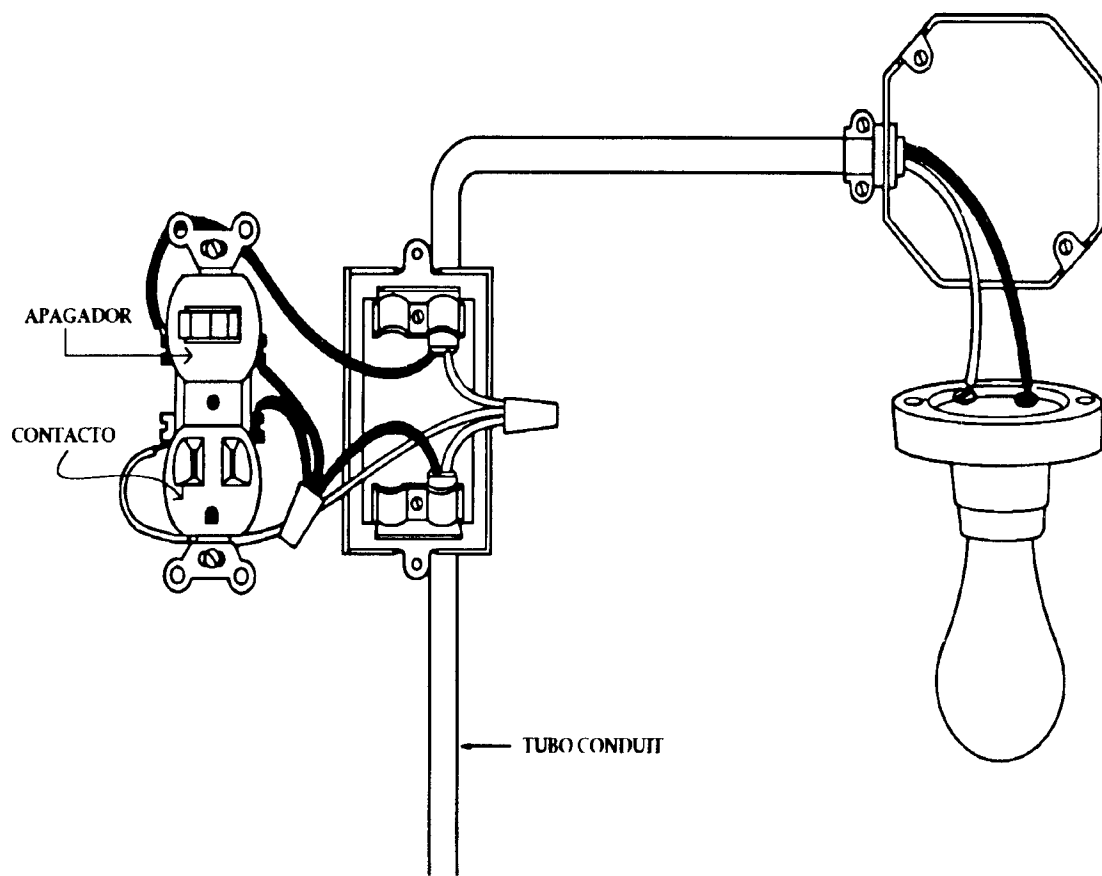
CONEXIONES DEL CONTACTO DOBLE



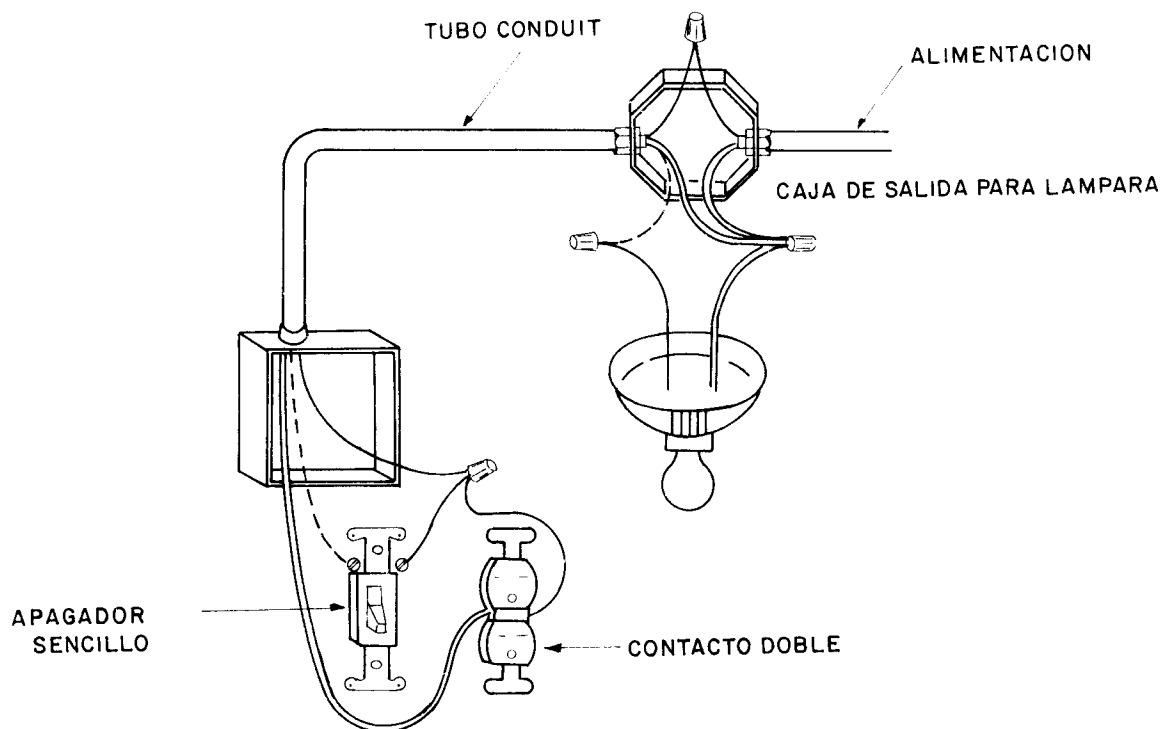
FIJACION DE LA TAPA A LA CAJA.



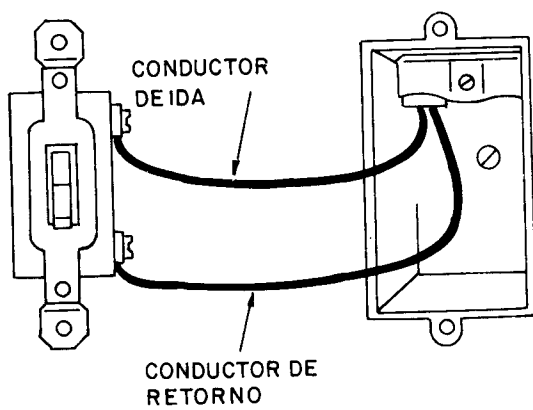
CAJAS USADAS PARA SALIDA DE LAMPARA Y APAGADOR SENCILLO.



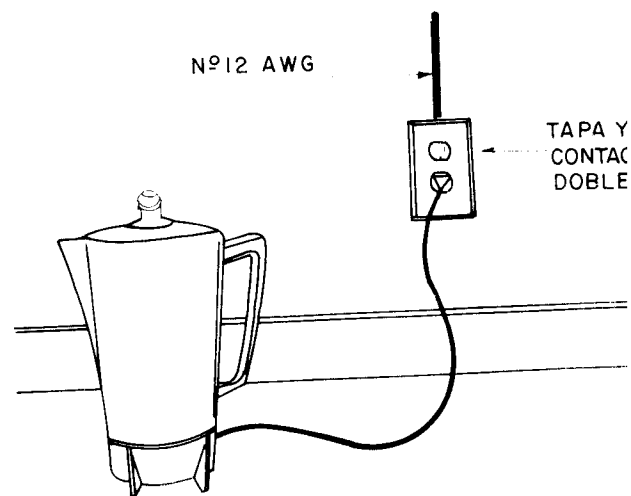
ALIMENTACION A UNA LAMPARA POR CAJA PARA
CONTACTO Y APAGADOR



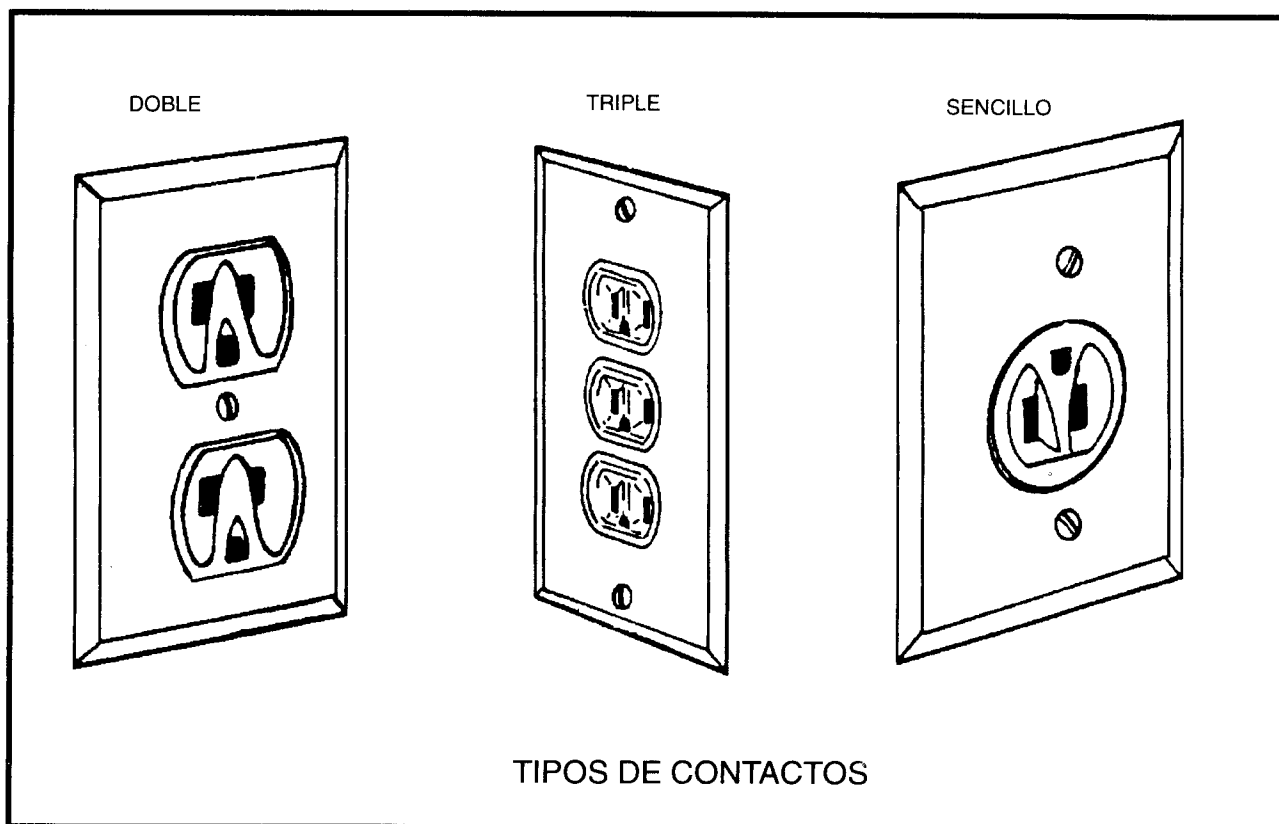
CIRCUITO AL QUE A LA SALIDA PARA LAMPARA SE LE AGREGA UN APAGADOR SENCILLO Y UN CONTACTO DOBLE.



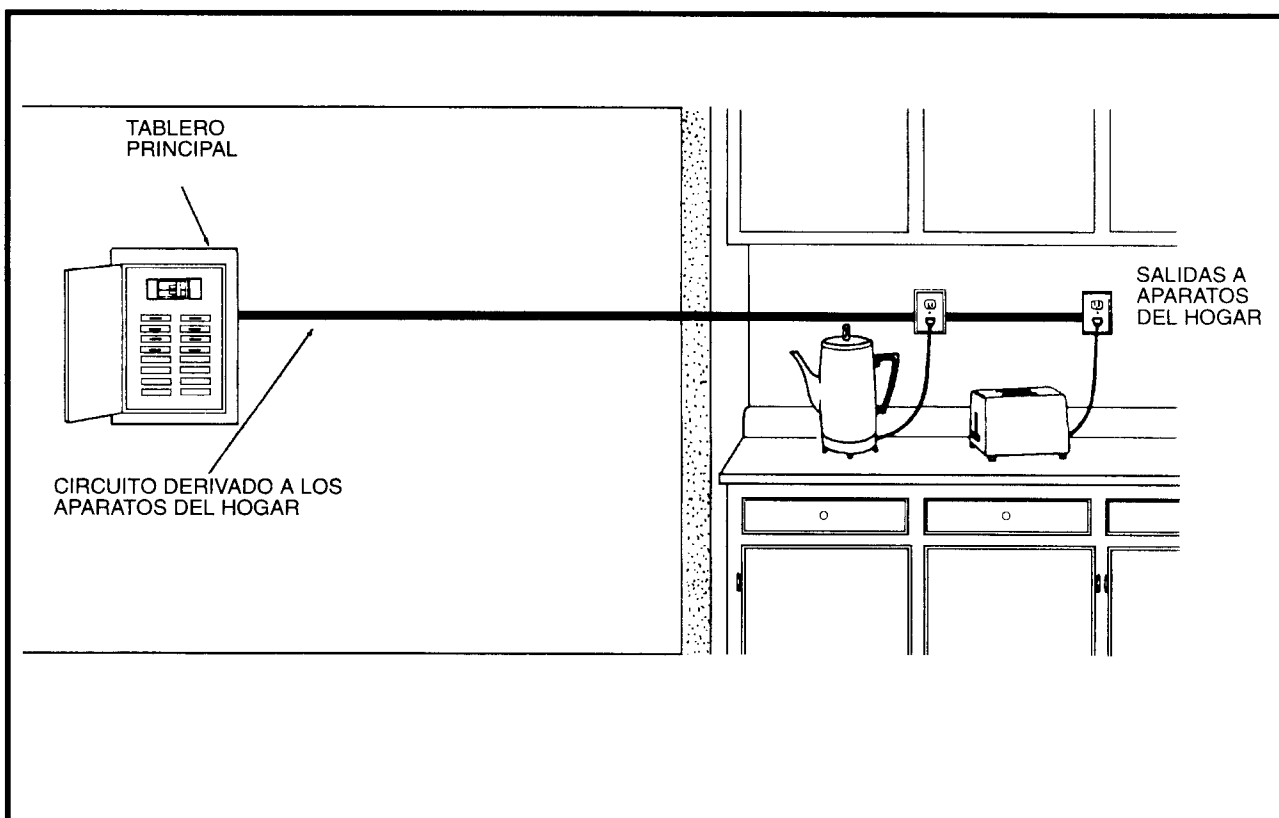
CAJA PARA APAGADOR SENCILLO.



ASPECTO DE LA SALIDA PARA CONTACTO DOBLE.



TAPA Y
CONTACTO
DOBLE



1.2.1.8 DUCTOS METALICOS CON TAPA.

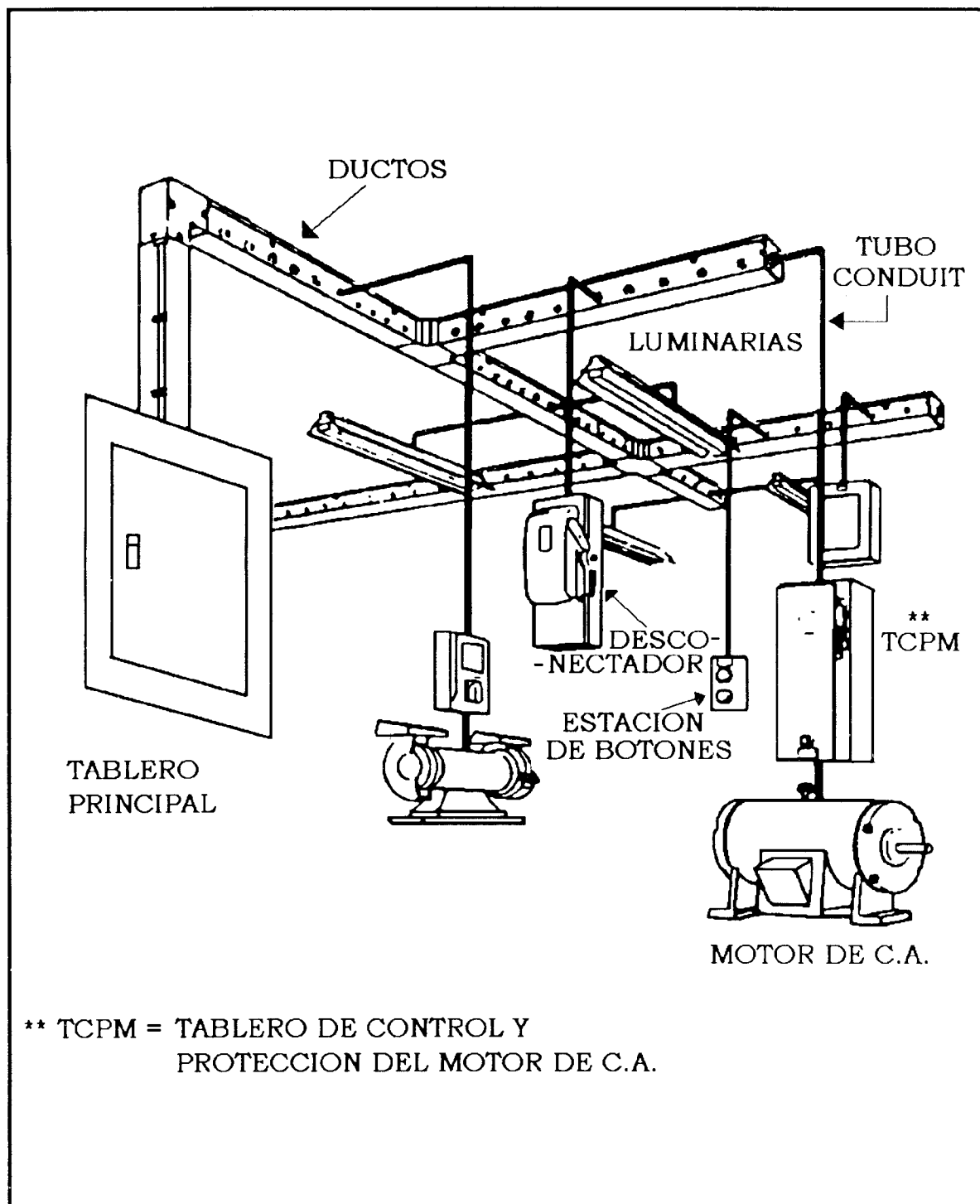
Este tipo de ductos pueden tener la tapa embisagrada o de tipo desmontable, sirve para contener y a la vez proteger a los conductores, que se colocan o alojan en el ducto cuando éste ha sido ya totalmente instalado.

Se usan como canalizaciones visibles en lugares secos, cuando se instalan a la intemperie, se deben especificar aprueba de agua. Estos ductos, NO se deben aplicar en los casos siguientes:

- *Cuando puedan estar sujetos a daño mecánico severo.*
- *Cuando estén expuestos a vapores o gases corrosivos.*
- *Cuando se instalen en lugares clasificados como peligrosos.*

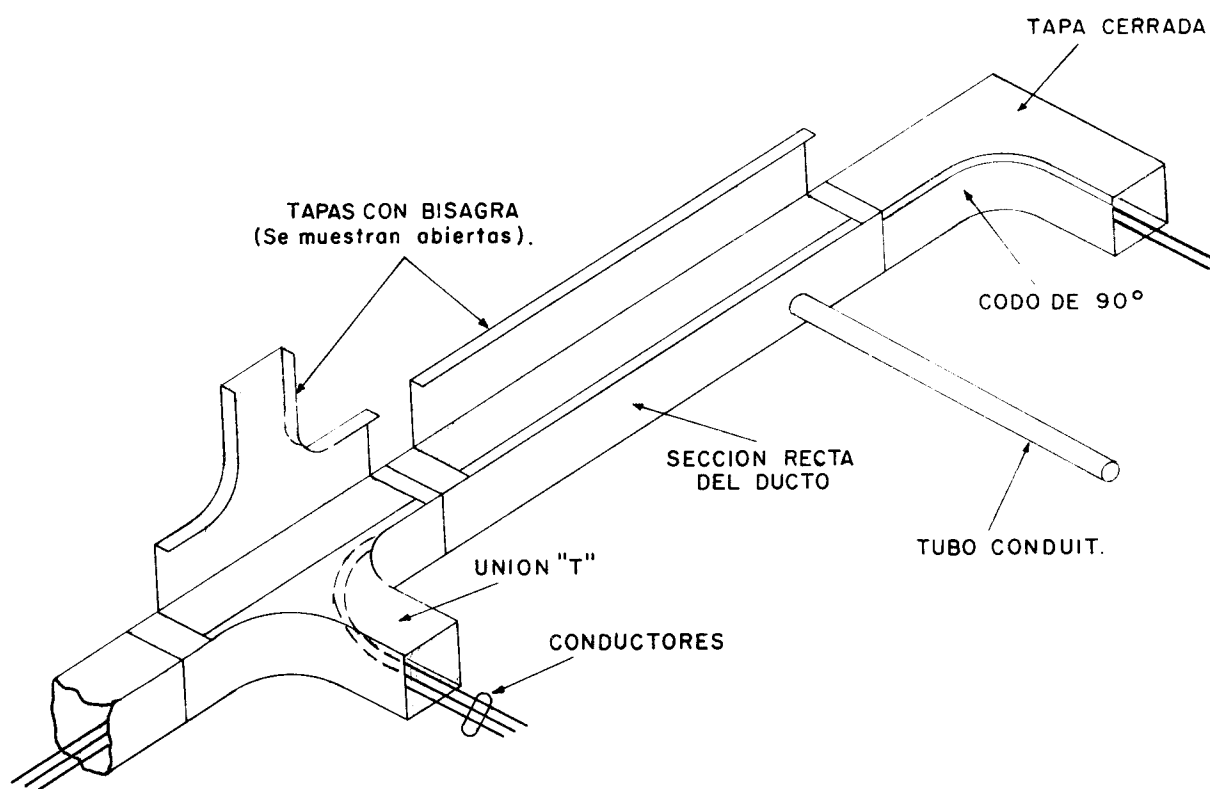
Para los fines de espacio de ventilación, todos los conductores alojados en un ducto, lleven o no corriente, no deben ocupar más del 40% de la sección transversal interior del ducto y no deben alojar más de 30 conductores que lleven corriente. Los conductores para circuitos de control y señalización, como los usados en: estaciones de botones, lámparas de señalización y los de puesta a tierra, no se consideran como portadores de corriente.

Debido a problemas mecánicos, los ductos metálicos, se diseñan de acuerdo al peso máximo de los conductores que puedan contener, por lo que no deben instalarse conductores de un calibre mayor al calibre para el cual se ha diseñado el ducto.



SISTEMA DE DISTRIBUCION A CARGAS DE TIPO INDUSTRIAL POR MEDIO DE DUCTOS Y PRINCIPALES ELEMENTOS QUE INTERVIENEN

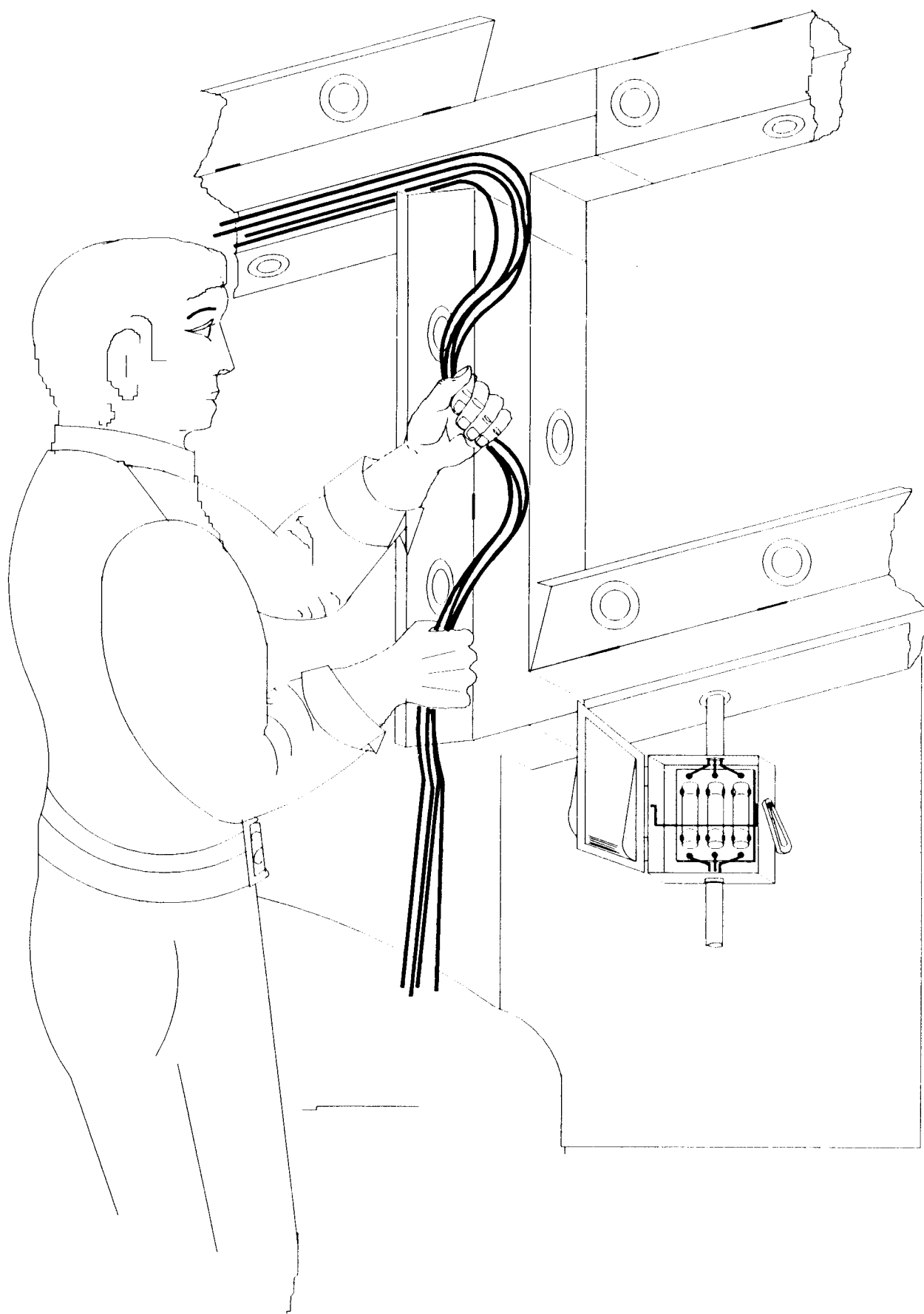
Los ductos metálicos tienen como accesorios de acoplamiento uniones rectas, ángulos y Tees y se deben soportar a intervalos que no excedan entre soporte 1.50 m. Los ductos, se fabrican en dimensiones estandar, de: 10 x 10 cm., 15 x 15 cm., 20 x 20 cm. y longitudes de 150 cm., 60 cm. y 30 cm.



ELEMENTOS DE DUCTOS METALICOS CON BISAGRAS

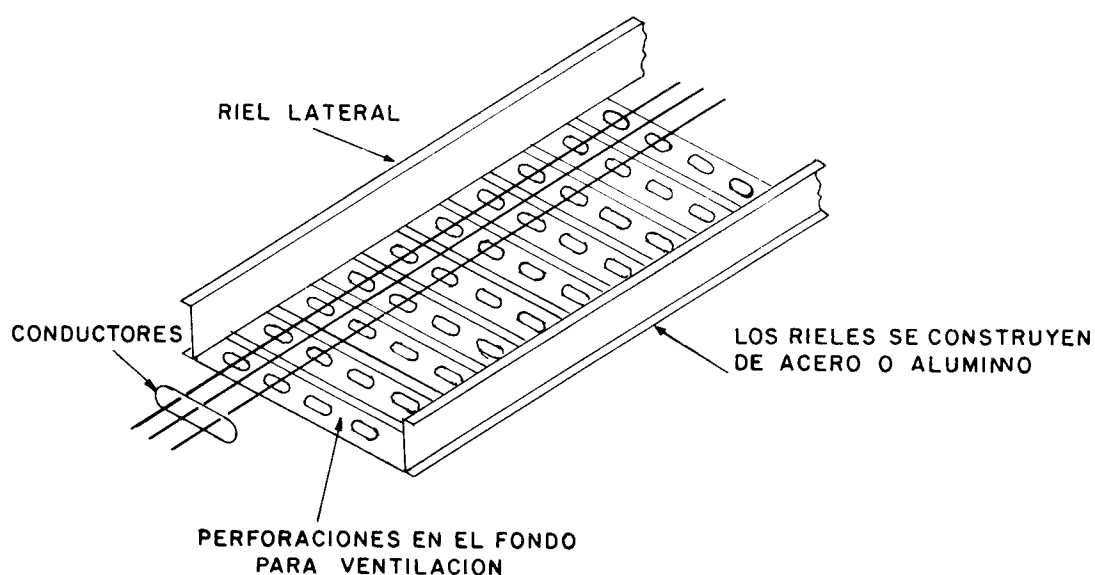
1.2.1.9 CHAROLAS PARA CABLES.

Las charolas o pasos de cable son conjuntos prefabricados en secciones rectas con herrajes que se pueden unir para formar sistemas de canalizaciones. En general, se tienen disponibles tres tipos de charolas para cables:



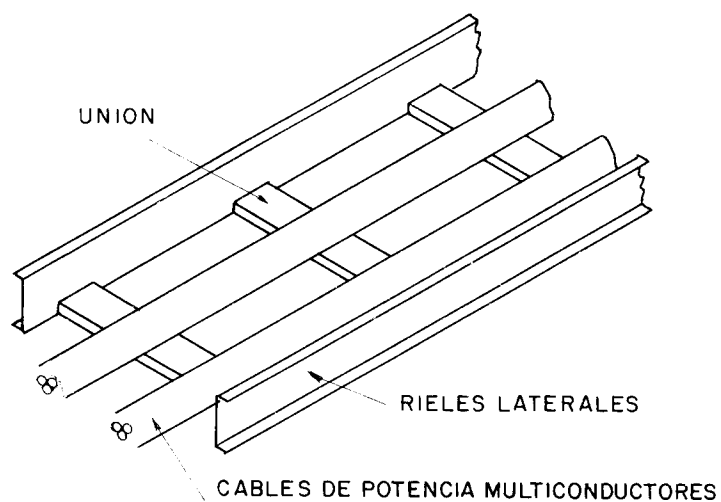
INSTALACION DE CONDUCTORES (CABLEADO) EN DUCTOS

Las charolas de paso. que tienen un fondo continuo, ya sea ventilado o no ventilado y con anchos estandar, de: 15 cm, 22 cm, 30 cm, y 60 cm este tipo, se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un soporte completo. En la figura siguiente se muestra este tipo.



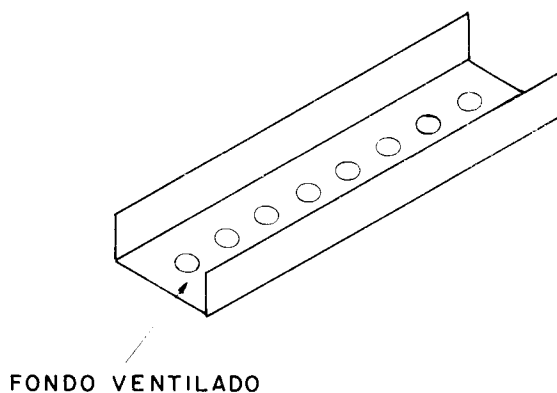
CHAROLA DE PASO TIPO VENTILACION

Charolas tipo escalera. Estas son de construcción muy sencilla, consisten de dos rieles laterales unidos o conectados por "barrotes" individuales. Por lo general, se usan como soporte de los cables de potencia. Se fabrican en anchos estandar, de: 15 cm., 22 cm., 30 cm., 45 cm., 60 cm. y 75 cm. Se fabrican ya sea de acero o de aluminio.



CHAROLA TIPO ESCALERA

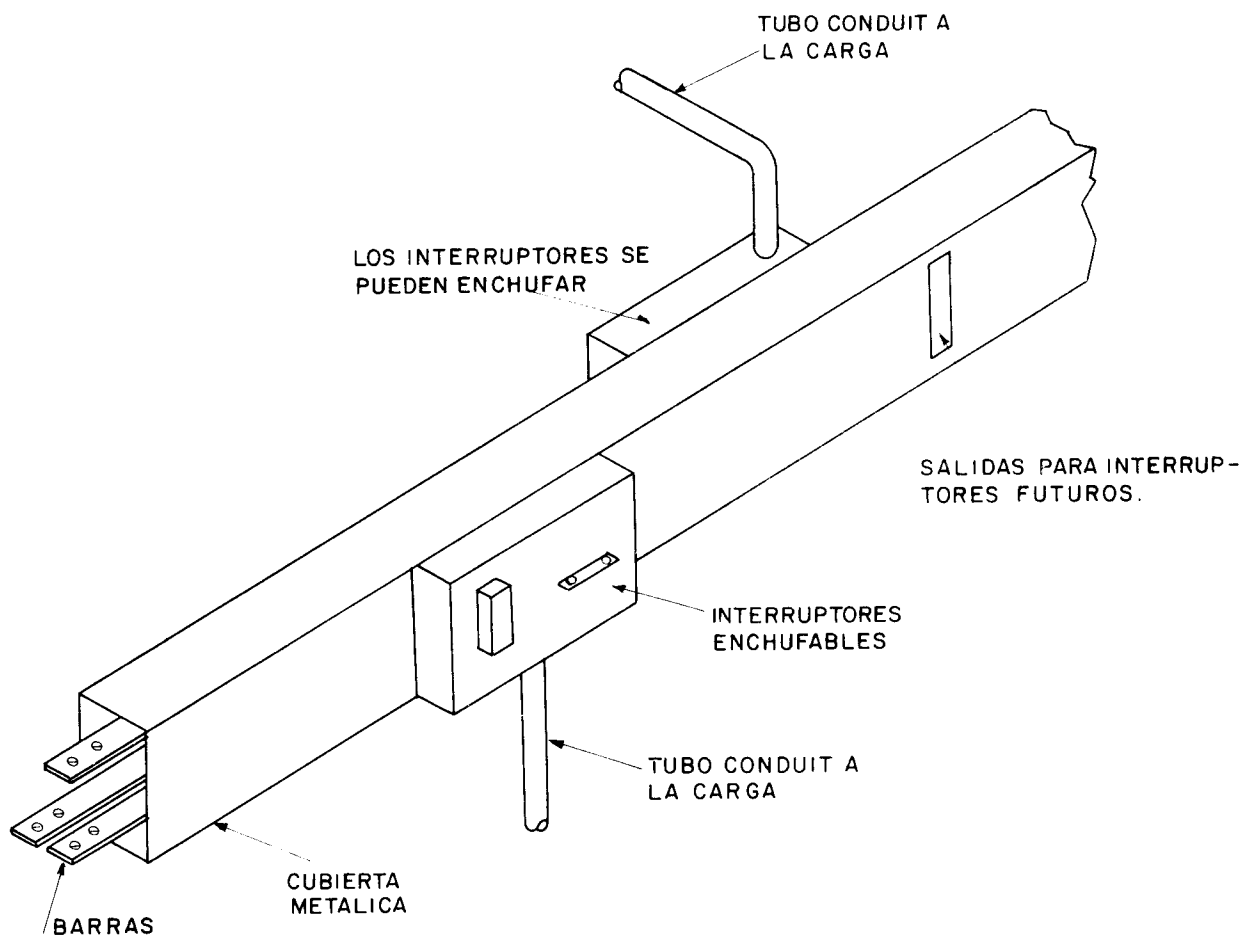
Charolas tipo canal. Están constituidas de una sección de canal ventilada. Se usan por lo general para soportar cables de potencia sencillos, múltiples o bien varios cables de control (multiconductores), se fabrican de acero o aluminio con anchos estandar, de: 7.5 cm. ó 10 cm.



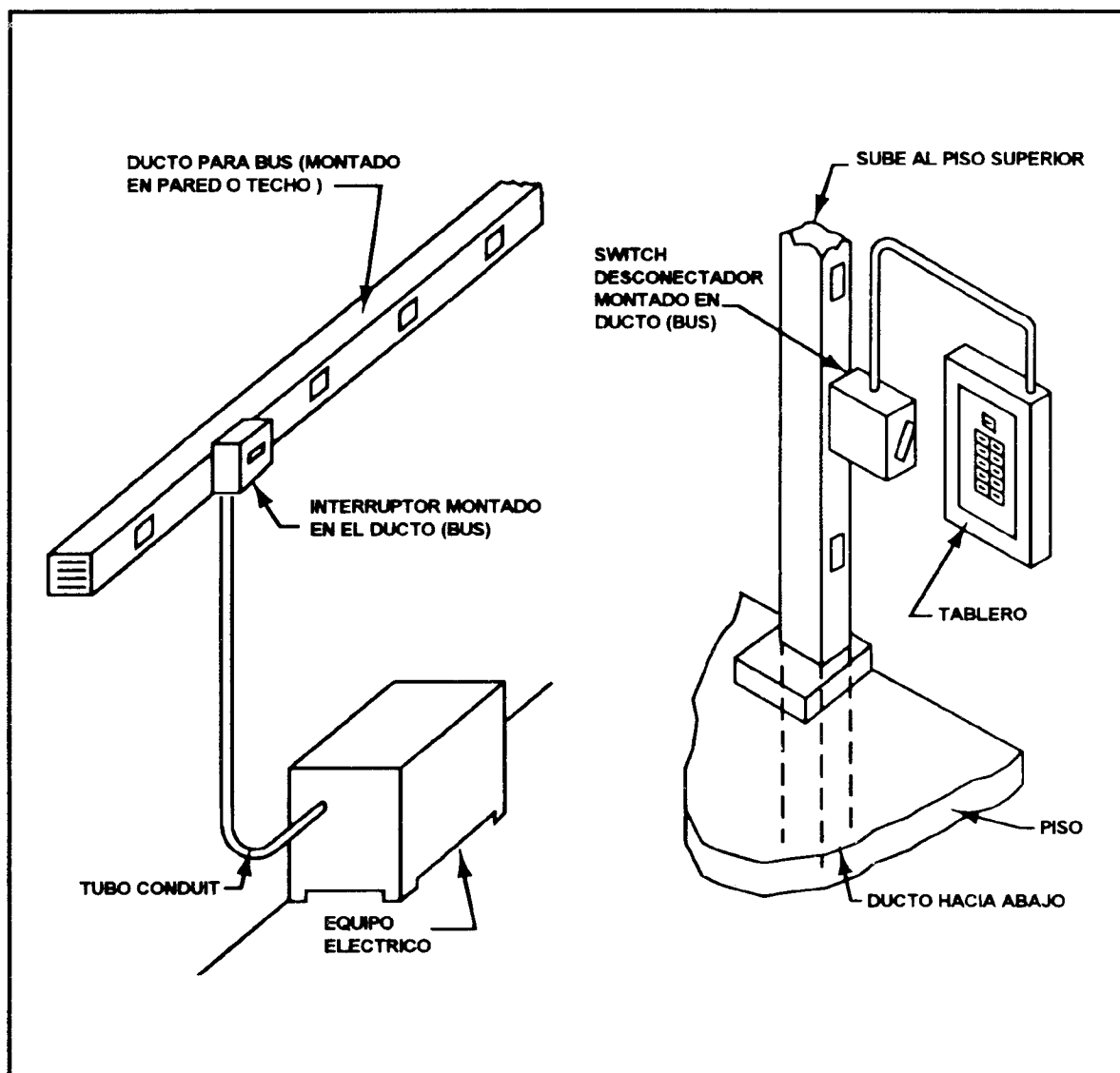
CHAROLA TIPO CANAL

1.2.1.10 BUS-DUCTO

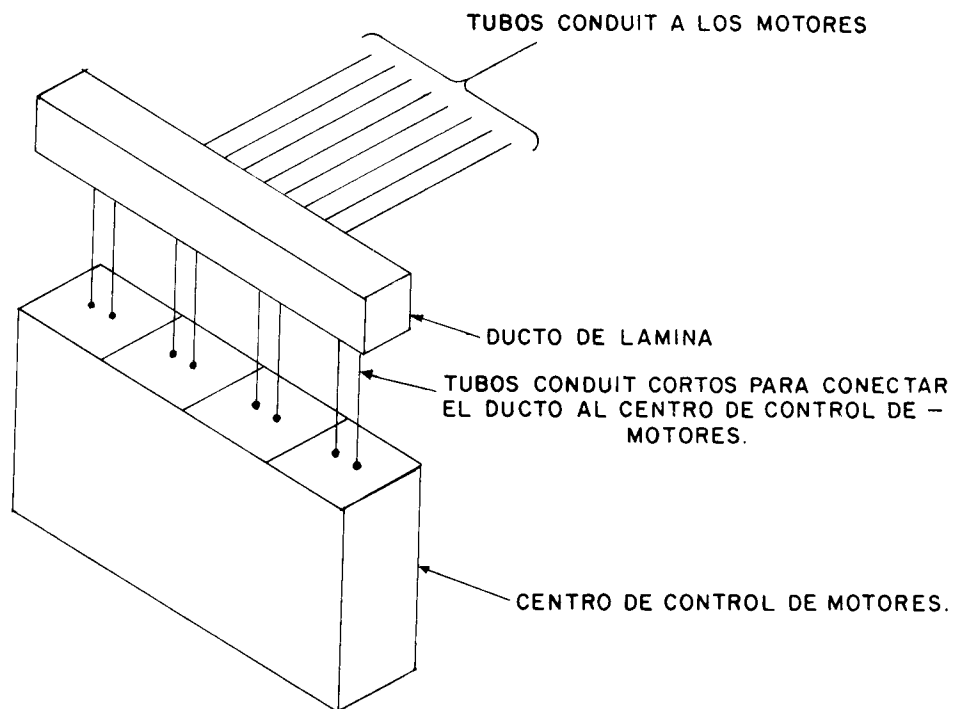
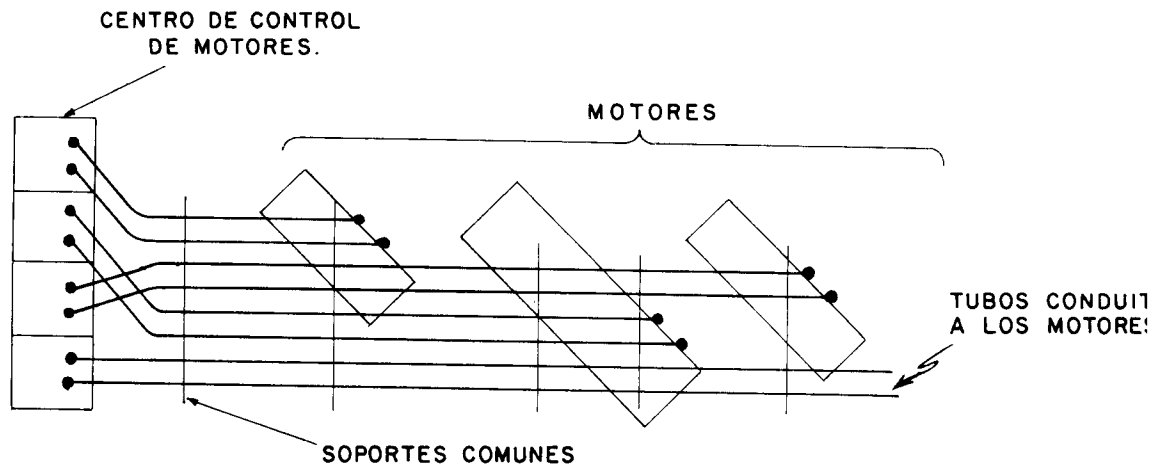
El bus-ducto, es un ensamble prefabricado de barras, aisladores y una canalización metálica que se usan en distintas formas para la distribución de potencia. Se tienen disponibles en distintas formas y capacidades y la longitud estandar es de: 3.05 m. También, se encuentran disponibles en el mercado distintos tipos de arreglos.



BUS DUCTO



APLICACION TIPICA DE DUCTOS (BUSES)

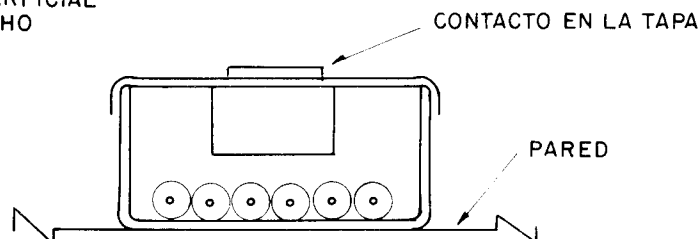
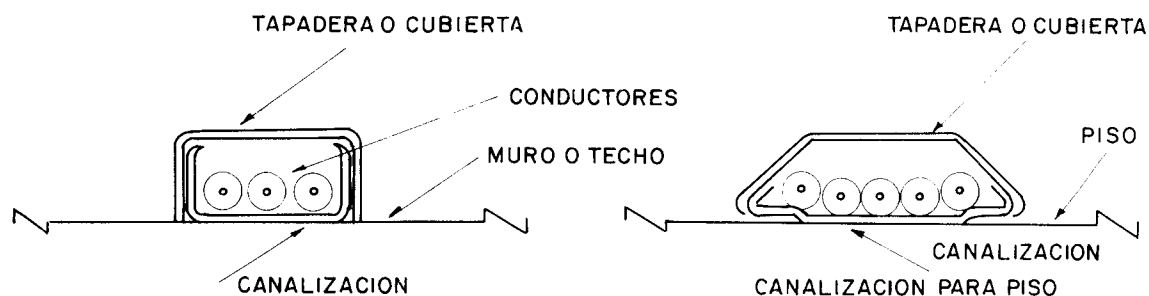


APLICACION DE ALGUNAS CANALIZACIONES A LA ALIMENTACION DE MOTORES DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.

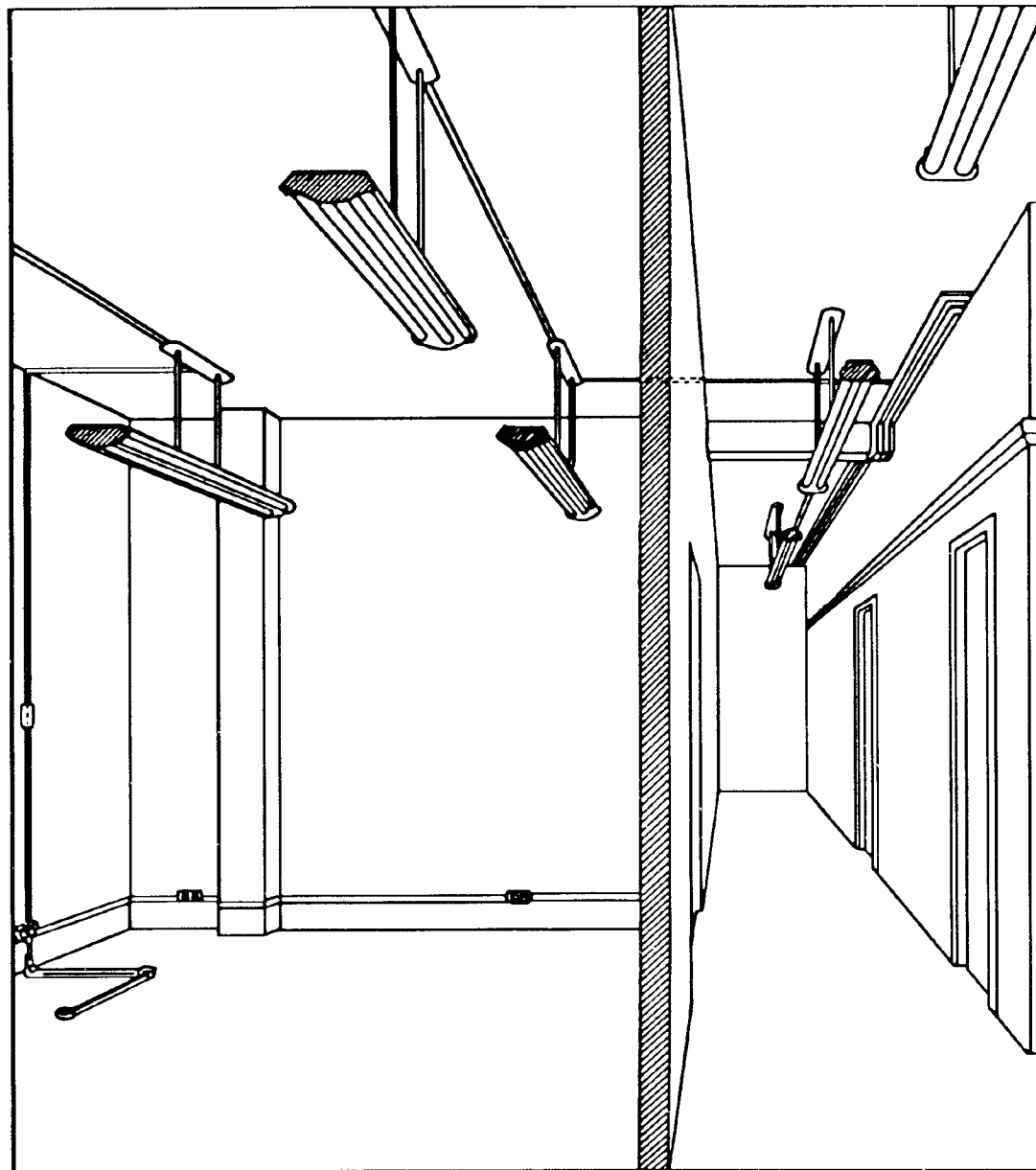
1.2.1.11 CANALIZACIONES SUPERFICIALES

Las canalizaciones superficiales, se fabrican en distintas formas en el tipo metálico y no metálico. Se usan generalmente en lugares secos, no expuestos a la humedad y tienen conectores y herrajes de distintos tipos para dar prácticamente todas las formas deseables en las instalaciones eléctricas.

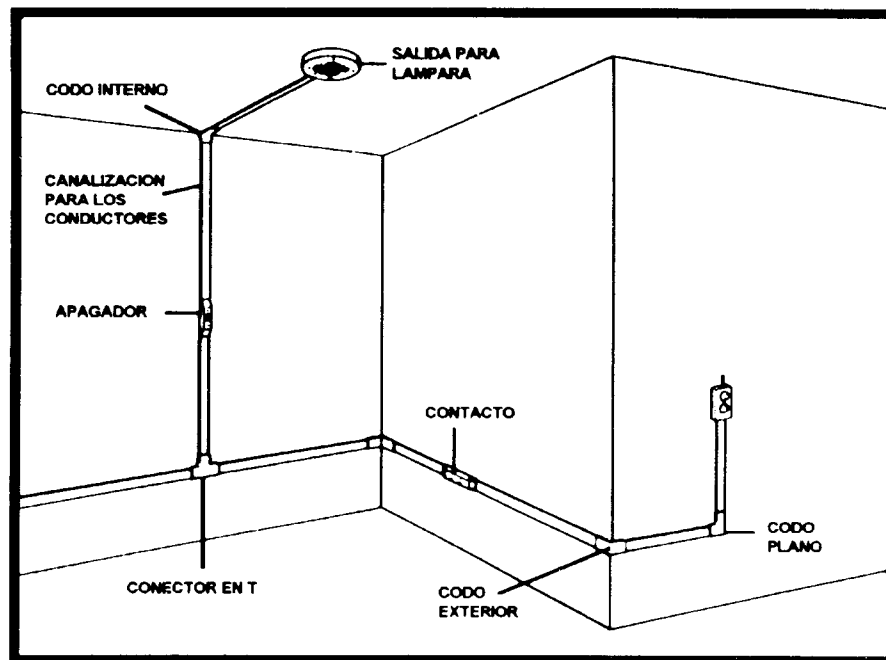
Su aplicación, se recomienda en aquellos casos en que los tubos conduit embebidos, no se justifiquen por costo o ser imprácticos. Se pueden montar en pared, techo o piso, según sea la necesidad.



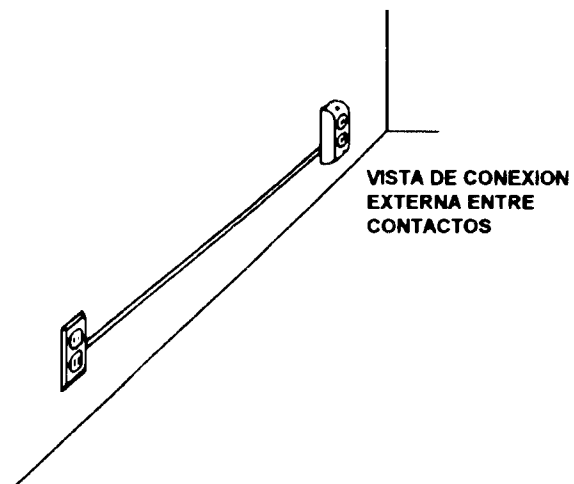
SE PUEDEN TENER CANALIZACIONES
SUPERFICIALES GRANDES PARA MON-
TAR CONTACTOS, APAGADORES Y
OTROS DISPOSITIVOS.



**CANALIZACIONES SUPERFICIALES USADAS EN LOCALES EN
DONDE NO SE JUSTIFICA O NO SE REQUIERE USAR DUCTOS
EMBEBIDOS EN MURO**



CANALIZACIONES EXTERNAS



ALGUNAS COMPONENTES DE LAS CANALIZACIONES EXTERNAS

TABLA 1.1.

**DIMENSIONES DE TUBO CONDUIT Y AREA
DISPONIBLE PARA LOS CONDUCTORES**

DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO INTERIOR (mm)	AREA INTE- RIOR TOTAL (mm ²)	AREA DISPONIBLE PARA CONDUCTORES (mm) ²	
mm	pulg.			40% (PARA 3 CONDUCTO RES O MAS)	30% (PARA 2 CONDUCTORES)
13	1/2	15.81*	196	78	59
19	3/4	21.30*	356	142	107
25	1	26.50*	552	221	166
32	1 1/4	35.31*	979	392	294
38	1 1/2	41.16*	1 331	532	399
51	2	52.76*	2 186	876	656
63	2 1/2	62.71**	3 088	1 235	926
76	3	77.93**	4 769	1 908	1 431
89	3 1/2	90.12**	6 378	2 551	1 913
102	4	102.26**	8 213	3 285	2 464

* CORRESPONDE AL TUBO METALICO TIPO LIGERO

** CORRESPONDE AL TUBO METALICO TIPO PESADO

NOTAS RELATIVAS A LA TABLA ANTERIOR:

- 1.- El factor de corrección por temperatura para la resistencia óhmica es de 0.34 por °C.
- 2.- Para conductores en ducto de acero, o con armaduras de acero, la resistencia aumenta en 25%, por lo tanto multiplíquense los valores por 1.25.
- 3.- Los valores de la reactancia mínima se aplican para conductores juntos dentro de un tubo conduit o ducto. Los valores de la reactancia máxima se aplican para conductores separados, en instalaciones aéreas, o en ménsulas en galerías de conductores.
- 4.- Para 50 ciclos, los valores de la reactancia deben multiplicarse por 5/6.

TABLA 1.2
NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES EN
CAJAS DE CONEXION

DIMENSIONES DE LAS CAJAS	VOLUMEN (pulg. ³)	MAXIMO NUMERO DE CONDUCTORES			
		No.14	No. 12	No. 10	No. 8
3 1/4 x 1 1/2 Octagonal	10.9	5	4	4	3
3 1/2 x 1 1/2 "	11.9	5	5	4	3
4 x 1 1/2 "	17.1	8	7	6	5
4 x 2 1/8 "	23.6	11	10	9	7
4 x 1 1/2 Cuadrada	22.6	11	10	9	7
4 x 2 1/8 "	31.9	15	14	12	10
4 1/16 x 1 1/2 Cuadrada.....	32.2	16	14	12	10
4 1/16 x 2 1/8 "	46.4	23	20	18	15
3 x 2 x 1 1/2 Dispositivo.....	7.9	3	3	3	2
3 x 2 x 2 "	10.7	5	4	4	3
3 x 2 x 2 1/4 "	11.3	5	5	4	3
3 x 2 x 2 1/2 "	13	6	5	5	4
3 x 2 x 2 3/4 "	14.6	7	6	5	4
3 x 2 x 3 1/2 "	18.3	9	8	7	6
4 x 2 1/8 x 1 1/2 "	11.1	5	4	4	3
4 x 2 1/8 x 1 7/8 "	13.9	6	6	5	4
4 x 2 1/8 x 2 1/8 "	15.6	7	6	6	5

TABLA 1.3

**CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES
EN TUBO CONDUIT Y DUCTOS**

NUMERO DE CONDUCTORES	CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMITIDA EN CONDUIT EN %	CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMITIDA EN DUCTOS EN %
1 - 3	100	100
4 - 6	80	100
7 - 24	70	100
25 - 30	60	100
31 - 32	60	100
43 ó Más	50	100

TABLA 1.4
CANTIDAD DE CONDUCTORES ADMISIBLES EN
DUCTOS DE LAMINA

CALIBRE AWG ó MCM	SECCION TRANSVERSAL DE CONDUCTOR (mm) ²		DUCTOS DE LAMINA				
	1 VINANEL NYLON	2 VINANEL 900, TW, THW, RHW	3 DIMENSIONES (CM)	4 SECCION TRANSVERSAL TOTAL mm ²	5 30% DE SECCION TRANSVERSAL		
14	5.90	8.30	6x6	3 600	1 080		
12	7.90	10.64	10x10 15x15	10 000 22 500	3 000		
10	12.30	13.99					
8	21.10	26.70					
6	34.20	49.26	<u>PARA USO DE ESTA TABLA.</u> I Determinar cantidad tipo y calibre de conductores a canalizar. II Sumar sus secciones transversales de acuerdo con columnas 1 y 2. III Escoger ducto adecuado en Col. 5. Nota: Se recomienda usar el 30% de la sección y 30 conductores máximo.				
4	55.15	65.61					
2	77.00	89.42					
1/0	123.50	143.99					
2/0	147.60	169.72					
3/0	176.70	201.06					
4/0	211.20	239.98					
250	261.30	298.65					
300	302.60	343.07					
400	384.30	430.05					
500	463.00	514.72					

NOTA: D el calibre 6 en adelante se trata de cable.

TABLA 1.5

**NUMERO DE CONDUCTORES QUE SE
PUEDEN INSTALAR EN UN AERO-DUCTO**

Tamaño del Conductor	Area en Cm2 Conductor con forro de goma tipos R,RW,RP y RH	NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES (DE UN SOLO TAMAÑO)		
		DUCTO DE 6.5 x 6.5 cms.	DUCTO DE 10 x 10 cms.	DUCTO DE 15 x 15 cms.
14	0.200	*80	*206	*460
12	0.245	*65	*170	*375
10	0.290	*55	*140	*318
8(sólido)	0.458	*35	*90	*201
6	0.839	19	*50	*110
4	1.032	15	*40	*89
2	1.355	11	30	*68
1	1.742	9	23	*52
0	1.999	8	20	*46
00	2.258	7	18	*40
000	2.645	6	15	*35
0000	3.096	5	13	*29
250 MCM	3.741	4	11	24
300 MCM	4.322	3	9	21
400 MCM	5.354	3	7	17
500 MCM	6.386	2	6	14

**°DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO DE OBRAS E
INSTALACIONES ELECTRICAS.**

El reglamento limita a 30 el número de conductores que se pueden instalar en un ducto, a no ser que los que sean en exceso de 30 se usen para circuitos de señales o de control, entre un motor y su arrancador en los periodos de arranque.

1.3 CONDUCTORES ELECTRICOS

En general la palabra "Conductor" se usa con un sentido distinto al de alambre, ya que por lo general un alambre es de sección circular, mientras que un conductor puede tener otras formas (por ejemplo

barras rectangulares o circulares), sin embargo, es común que a los alambres se les designe como conductores, por lo que en caso de mencionar algún conductor de forma o características distintas a los alambres, se designará específicamente con el nombre que se le conozca.

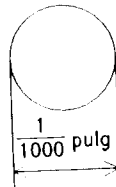
La mayor parte de los conductores usados en las instalaciones eléctricas son de cobre (Cu) o aluminio (Al) debido a su buena conductividad y que comercialmente no tienen un costo alto ya que hay otros que tienen un costo elevado que hacen antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas, aun cuando tienen mejor conductividad.

Comparativamente el aluminio es aproximadamente un 16% menos conductor que el cobre, pero al ser mucho más liviano que éste, resulta un poco más económico cuando se hacen estudios comparativos, ya que a igualdad de peso se tiene hasta cuatro veces más cantidad de conductor que el cobre.

Como se mencionó antes, para instalaciones eléctricas se fabrican de sección circular de material sólido o como cables dependiendo la cantidad de corriente por conducir (ampacidad) y su utilización, aunque en algunos casos se fabrican en secciones rectangulares o tubulares para altas corrientes. Desde el punto de vista de las normas, los conductores se han identificado por un número, que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente se sigue el sistema americano de designación AWG (American Wire Gage) siendo el más grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3-0, 2-0, 1-0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas. Para conductores con un área mayor del designado como 4/0, se hace una designación que está en función de su área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada el

Circular Mil, siendo así como un conductor de 250 corresponderá a aquel cuya sección sea de 250,000 CM. y así sucesivamente.

Se denomina **Circular Mil** a la sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0.001 plg.).



La relación entre el Circular Mil y el área en mm² para un conductor se obtiene como sigue:

$$1 \text{ PLG} = 25.4 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{1000} \text{ PLG} = 0.0254 \text{ mm}$$

Siendo el Circular Mil un área:

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm.} &= \frac{D^2}{4} = \frac{3.1416 \times (0.0254)^2}{4} \\ &= 5.064506 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

De donde:

$$1 \text{ mm}^2 = \frac{10^4}{5.064506} = 1974 \text{ cm}$$

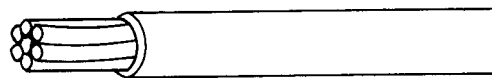
O en forma aproximada:

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ cm}$$

DESIGNACION DE CONDUCTORES SEGUN LA AMERICAN STANDARD WIRE GAUGE

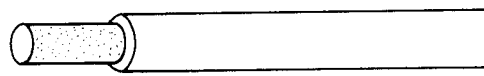


No. 6

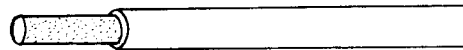


No. 8

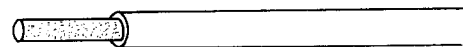
TAMAÑOS RELATIVOS
DE CONDUCTORES.
OBSERVESE QUE
ENTRE MENOR ES EL
NUMERO MAYOR
ES LA SECCION.



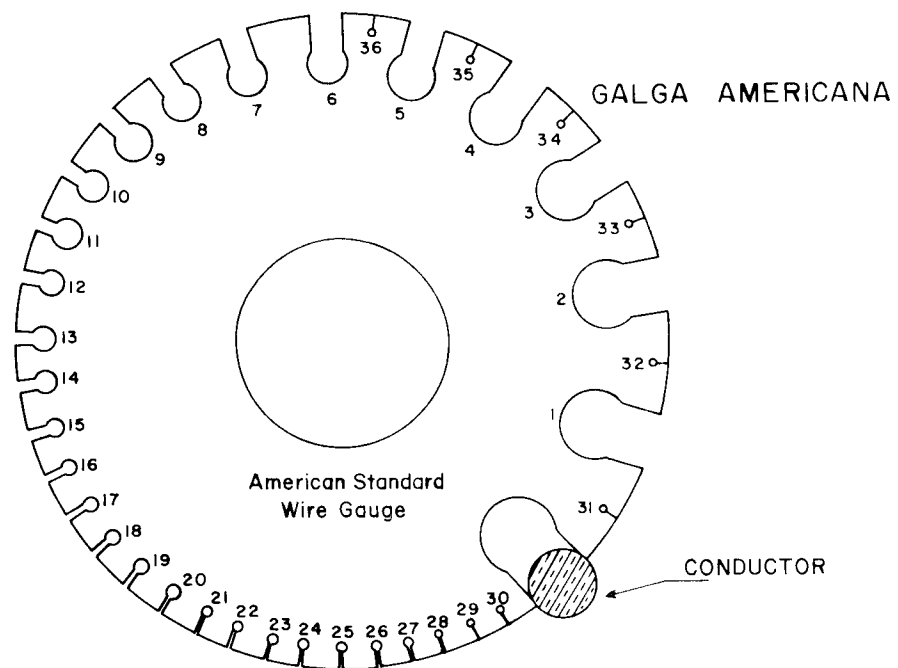
No. 10



No. 12



No. 14



EL CONDUCTOR SE CALIBRA EN LA PARTE EXTERNA
NO EN LA PARTE REDONDA.

1.3.1 AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

Existe una amplia variedad de aislamientos para conductores para satisfacer los requerimientos de las distintas aplicaciones. Estos tipos de aislamientos están diseñados sobre una forma estandar y todos los cables están marcados con información sobre su tamaño, ya sea expresado en AWG ó KCMIL, su voltaje y su tipo de aislamiento.

El aislamiento de los cables se designa, como:

- A = Aislamientos de asbesto
- MI = Aislamiento mineral.
- R = Aislamiento de hule.
- SA= Aislamientos de silicio-asbesto
- T = Aislamiento termoplástico
- V = Aislamiento de cambray barnizado
- X = Aislamiento de polímero sintético barnizado

Los cables también se designan por su medio de operación como:

- H - Resistente al calor hasta 75°C
- HH - Resistente al calor hasta 90°C

Si no hay designación, significa 60°C

- W - Resistente a la humedad
- UF - Para uso subterráneo

Muchos cables están diseñados y certificados para ser usados en varias condiciones ambientales, tales cables son de multiuso y están marcados. Por ejemplo, un cable marcado TW indicaría 60°C, con aislamiento termoplástico capaz de ser usado en ambientes húmedos.

El tipo THW indica 75°C, con aislamiento termoplástico para uso en ambientes húmedos.

El tipo XHHW representa un cable con aislamiento sintético de polímero trenzado para operar hasta 90°C.

1.3.2 AMPACIDAD ESTANDAR Y DEGRADACION POR TEMPERATURA.

La AMPACIDAD de un cable es su capacidad de conducción continua de corriente bajo condiciones específicas. Estos datos sobre ampacidad o capacidad de conducción de corriente se dan más adelante en las Tablas 1.6 y 1.7. Estos datos, se basan en una temperatura ambiente de 30°C, por lo que se dan factores de corrección para temperaturas diferentes a 30°C.

Para instalaciones eléctricas prácticas, el menor calibre de conductor recomendado es el No. 14 AWG y la máxima protección contra sobrecorriente para los calibres No. 14, No. 12 y No. 10 AWG, es: 15A, 20A y 30A respectivamente.

T A B L A 1.6

AMPACIDAD DE CONDUCTORES AISLADOS DE COBRE DE 1 A 3 CONDUCTORES
EN CONDUIT (BASADO EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C)

RANGO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR (VER TABLA C)

°C °F	60 °C	75 °C	90 °C	110 °C	125 °C	200 °C	250 °C
	140 °F	167 °F	194 °F	230 °F	257 °F	392 °F	482 °F
T I P O S							
CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG MCM	T TW	RH RHW THW THWN	TA TBS RHH RHHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
18			21				
16			22				
14	15	15	25	30	30	30	40
12	20	20	30	35	40	40	55
10	30	30	40	45	50	55	75
8	40	45	50	60	65	75	95
6	55	65	70	80	85	95	120
4	70	85	90	105	115	120	145
3	80	100	105	120	130	145	170
2	95	115	120	135	145	165	195
1	110	130	140	160	170	190	220
1/0	125	150	155	190	200	225	250
2/0	145	175	185	215	230	250	280
3/0	165	200	210	245	265	285	315
4/0	195	230	235	275	310	340	370
250	215	255	270	315	335		
300	240	285	300	345	380		
350	260	310	325	390	420		
400	280	335	360	420	450		
500	320	380	405	470	500		
600	355	420	455	525	545		
700	385	460	490	560	600		
750	400	475	500	580	620		
800	410	490	515	600	640		
900	435	520	555	---	---		
1000	455	545	585	680	730		
1250	495	590	645	---	---		
1500	520	625	700	785	---		
2000	560	665	775	840	---		

- 1.- PARA TEMPERATURAS MAYORES VER TABLA C DE FACTORES DE CORRECCION.
- 2.- AMPACIDAD PARA LOS TIPOS DE CONDUCTORES RHH, THHN CALIBRE 14, 12 Y 10 DEBE SER EL MISMO PARA CONDUCTORES DE 75 °C EN ESTA TABLA.

T A B L A C

FACTORES DE CORRECCION - TEMPERATURAS AMBIENTES ARRIBA DE 30 °C (86 °F)

°C	°F	60 °C	75 °C	90 °C	110 °C	125 °C	200 °C	250 °C
		140 °F	167 °F	194 °F	230 °F	257 °F	392 °F	482 °F
40	104	0.82	0.88	0.91	0.94	0.95		
45	113	0.71	0.82	0.87	0.90	0.92		
50	122	0.58	0.75	0.82	0.87	0.89		
55	131	0.41	0.67	0.76	0.83	0.86		
60	140	--	0.58	0.71	0.79	0.83	0.91	0.95
70	158	--	0.35	0.58	0.71	0.76	0.87	0.91
75	167	--	--	0.50	0.66	0.72	0.86	0.89
80	176	--	--	0.41	0.71	0.69	0.84	0.87
90	194	--	--	--	0.50	0.61	0.80	0.83
100	212	--	--	--	--	0.51	0.77	0.80
120	248	--	--	--	--	--	0.69	0.72
140	284	--	--	--	--	--	0.59	0.59
160	320	--	--	--	--	--	--	0.54
180	356	--	--	--	--	--	--	0.50
200	392	--	--	--	--	--	--	0.43
225	437	--	--	--	--	--	--	0.30

T A B L A 1.7

TABLA DE CAPACIDADES DE CONDUCCION DE CORRIENTE, PARA
CABLE DE COBRE VINICON* LS ALTA CAPACIDAD, DE TIPO THW/THHW

CALIBRE AWG o KCM	AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL NOMINAL	CABLES DE UN CONDUCTOR: AISLADOS (0-2000 V), INSTALADOS AL AIRE. TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C			NO MAS DE 3 CABLES DE UN CONDUCTOR AISLADOS (0-2000 V) EN TUBERIA, O CABLE DE 3 CONDUCTORES O DIRECTAMENTE ENTERRADOS. TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C		
		75 °C	90 °C	105 °C	75 °C	90 °C	105 °C
14	2.082	30	35	40	20	25	30
12	3.307	35	40	48	25	30	35
10	5.260	50	55	65	35	40	45
8	8.367	70	80	90	50	55	60
6	13.300	95	105	115	65	75	85
4	21.150	125	140	155	85	95	105
3	26.670	145	165	180	100	110	125
2	33.620	170	190	210	115	130	145
1	42.410	195	220	245	130	150	165
1/0	53.480	230	260	290	150	170	188
2/0	67.430	265	300	335	175	195	215
3/0	85.010	310	350	390	200	225	245
4/0	107.200	360	405	450	230	260	285
250	126.700	405	455	505	255	290	320
300	152.000	445	505	565	285	320	355
350	177.300	505	570	635	310	350	388
400	202.700	545	615	685	335	380	420
500	253.400	620	700	780	380	430	477
600	304.000	690	870	870	420	475	525
750	380.000	785	885	985	475	535	590
1000	506.700	953	1055	1175	545	615	680

1.3.2.1 SELECCION DEL CALIBRE DE CONDUCTORES PARA INSTALACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSION.

Los conductores usados en las instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requisitos para su aplicación, como son:

- Límite de tensión de aplicación, en el caso de las instalaciones residenciales, es: 1000 V.
- Capacidad de conducción de corriente (Ampacidad) que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado y que está afectada principalmente por los siguientes, factores:
 - a).- Temperatura
 - b).- Capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función del medio en que se encuentre el conductor, es decir, aire o en tubo conduit.
- Máxima caída de voltaje permisible de acuerdo con el calibre del conductor y la corriente que conducirá, se debe respetar la máxima caída de voltaje permisible recomendada por el reglamento de obras e instalaciones eléctricas y que es del 3% del punto de alimentación al punto más distante de la instalación.

1.3.2.2. NUMERO DE CONDUCTORES EN UN TUBO CONDUIT.

Normalmente los conductores en las instalaciones eléctricas, se encuentran alojados ya sea en tubos conduit o en otros tipos de canalizaciones. Como se ha mencionado, los conductores están limitados en su capacidad de conducción de corriente por el

calentamiento, debido a las limitaciones que se tienen en la disipación de calor y a que el aislamiento mismo presenta también limitaciones de tipo térmico.

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que, permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento de aire necesaria para disipar el calor, se debe establecer la relación adecuada entre la sección del tubo y la de los conductores, para esto, se puede proceder en la forma siguiente:

Si **A** es el área interior del tubo en mm² ó plg² y **Ac** el área total de los conductores, el factor de relleno es:

$$F = \frac{A_c}{A}$$

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para instalaciones en tubos conduit.

$$F = \begin{cases} 53\% & \text{Para un conductor} \\ 31\% & \text{Para dos conductores} \\ 43\% & \text{Para tres conductores} \\ 40\% & \text{Para cuatro o más conductores} \end{cases}$$

TABLA 1.8
NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES QUE PUEDEN
ALOJARSE EN TUBO CONDUIT

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
T, TW y THW	14*	9	16	25	45	61					
	14	8	14	22	39	54					
	12*	7	12	20	35	48	78				
	12	6	11	17	30	41	68				
	10*	5	10	15	27	37	61				
	10	4	8	13	23	32	52				
	8	2	4	7	13	17	28	40			
RHW y RHH (SIN CUBIERTA EXTERIOR)	14*	6	10	16	29	40	65				
	14	5	9	15	26	36	59				
	12*	4	8	13	24	33	54				
	12	4	7	12	21	29	47				
	10*	4	7	11	19	26	43	61			
	10	3	6	9	17	23	38	53			
	8	1	3	5	10	13	22	32	49		
T, TW y THW RHW y RHH (SIN CUBIERTA EXTERIOR)	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	
	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
	250	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10
	300	-	-	-	1	1	2	3	5	7	9
	350	-	-	-	1	1	1	3	4	6	8
	400	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7
	500	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6

* ALAMBRES

Tabla 1.8

(continuación)

NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES QUE PUEDEN ALOJARSE EN TUBO CONDUIT

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
RHW y RHH (con cubierta exterior)	14*	3	6	10	18	25	41	58			
	14	3	6	9	17	23	38	53			
	12*	3	5	9	16	21	35	50			
	12	3	5	8	14	19	32	45			
	10*	2	4	7	13	18	29	41			
	10	2	4	6	12	16	26	37			
	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	
	6	1	1	2	5	7	11	15	24	32	41
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
	2	-	1	1	3	4	7	9	14	19	24
	1/0	-	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	2/0	-	-	1	1	2	3	5	8	11	14
	3/0	-	-	1	1	1	3	4	7	9	12
	4/0	-	-	1	1	1	2	4	6	8	10
	250	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8
	300	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7
	350	-	-	-	1	1	1	2	4	5	6
	400	-	-	-	1	1	1	1	3	4	6
	500	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5

*ALAMBRES

TABLA 1.8

(continuación)

NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES QUE PUEDEN ALOJARSE EN TUBO CONDUIT

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
THWN y THHN	14*	13	24	37	66						
	14	11	20	32	57						
	12*	10	18	28	49	67					
	12	8	15	23	42	57					
	10*	6	11	18	32	43	71				
	10	5	9	15	26	36	59				
	8	3	5	9	15	21	35	49			
	6	2	4	6	11	15	25	36	56		
	4	1	2	4	7	9	16	22	34	46	
	2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	42
	1/0	-	1	1	3	4	7	10	15	20	26
	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	2	3	5	7	9
	400	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8
	500	-	-	-	1	1	1	2	4	5	7

* ALAMBRES

NOTAS:

- ESTA TABLA ESTA BASADA EN FACTORES DE RELLENO DE 40% PARA 3 CONDUCTORES O MAS, 30% PARA 2 CONDUCTORES Y 55% EN EL CASO DE UN SOLO CONDUCTOR.
- DEBE TENERSE EN CUENTA QUE PARA MAS DE 3 CONDUCTORES EN UN TUBO, LA CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMISIBLE EN LOS MISMOS SE VE REDUCIDA.

TABLA 1.9
CANTIDAD DE CONDUCTORES ADMISIBLES EN
TUBERIA CONDUIT DE PVC RIGIDO

TIPO LIGERO

CALIBRE AWG Ø KCM	VINANEL NYLON 'RH'RUH						VINANEL 900 TW'T'TWH					
	1"		1 1/4"		1 1/2"		1"		1 1/4"		1 1/2"	
	2	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm	52 mm	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	38 mm	52 mm
14	13	24	39				9	17	27			
12	10	18	29	49			7	13	21	36		
10	6	11	18	31	43		5	10	16	27	38	
8	3	6	10	18	25	41	2	5	8	14	19	32
6	1	4	6	11	15	25	1	2	4	7	10	17
4		1	4	7	9	15		1	3	5	8	13
2			1	2	5	6			1	4	5	9
1/0				1	3	4				1	2	3
2/0					1	3					1	3
3/0						1						1
4/0												
250												
300												
400												
500												

Nota: Del calibre 6 en adelante se trata de cable.

Ejemplo 1.1.- Qué tipo de tubo conduit, se requiere para alojar 3 conductores THW del No. 2 AWG.

Solución

De la tabla 1.8 entrando al grupo de conductores T, TW, THW con el No. 2 AWG, se encuentra que 4 (no hay tres) conductores caben en un tubo de 32 mm (1 1/4 plg).

Ejemplo 1.2.- Para los conductores R, T, dados en la Tabla 1.6

- a).- Cuál se puede recomendar para usar a 75°C en ambientes secos y húmedos.
- b).- Cuál se puede usar a 90°C en ambiente seco.

Solución

- a).- Para 75°C en ambiente seco y húmedo se pueden usar los conductores:

THWN, THW y RHW

- b).- Para 90°C en un ambiente seco se pueden usar conductores:

RHH, THHN

Ejemplo 1.3.- Calcular el tamaño de tubo conduit necesario para contener a los siguientes conductores tipo Vinanel 900, 2 No. 10, 4 No. 8 y 3 No. 6.

Solución

Cuando se trata de varios conductores, se debe hacer uso del concepto de factor de relleno, para lo cual, es necesario conocer el área de cada conductor, para calcular el área total de los mismos. Para esto se hace uso de la Tabla 1.7 y se procede, como sigue:

CANTIDAD DE CONDUCTORES	CALIBRE AWG	AREA POR CONDUCTOR (mm ²)	AREA TOTAL mm ²
2	10	5.2610	10.522
4	8	8.3670	33.468
3	6	13.3030	39.909
TOTAL DE CONDUCTORES= 7			83.899

Para 7 conductores el factor de relleno, es para más de 3 conductores = 40%.

El área del tubo conduit necesaria es:

$$A = \frac{A_c}{F} = \frac{83.899}{0.40} = 209.7475 \text{ mm}^2$$

El tamaño del tubo conduit requerido, consultando las Tablas de dimensiones de tubo conduit, es de: 19 mm de diámetro (3/4 plg).

Ejemplo 1.4.- Calcular el tamaño de tubo conduit requerido para alojar: 4 conductores del No. 6 AWG y 6 conductores del No. 10 AWG tipo THW.

Solución

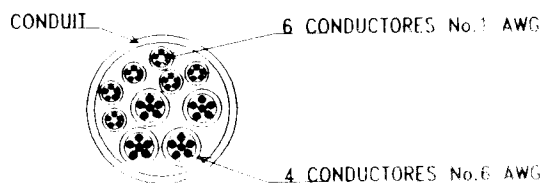
Con los datos de la Tabla 1.7 se puede elaborar la siguiente tabla de información.

CONDUCTOR CALIBRE AWG	NUMERO DE CONDUCTORES	AREA POR CONDUCTOR (mm ²)	AREA TOTAL (mm ²)
6	4	13.300	53.2
10	6	5.26	31.56
Total = 10 conductores		Area total:	84.76mm ²

El total son 10 conductores por lo que se usa el factor de relleno de 0.40 y el área total requerida, sería:

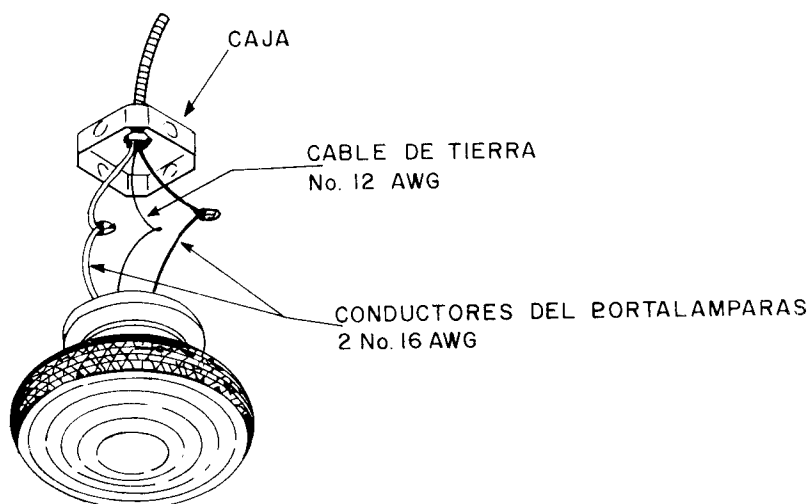
$$\frac{84.76}{0.40} = 211.9 \text{ mm}^2$$

De la tabla 1.1, en la columna de área disponible para conductores (40%), se encuentra 221 mm² que corresponde a tubo de 25 mm (1 plg) de diámetro.



Ejemplo 1.5.- Calcular el tamaño de caja, que se requiere en una caja que va soportar un portalámpara con 2 alambres del No. 16, la alimentación se hace por tubo conduit flexible que contiene 1 conductor No. 12 AWG con 1 conductor neutro No. 12 AWG y un conductor de tierra No. 12 AWG.

Solución

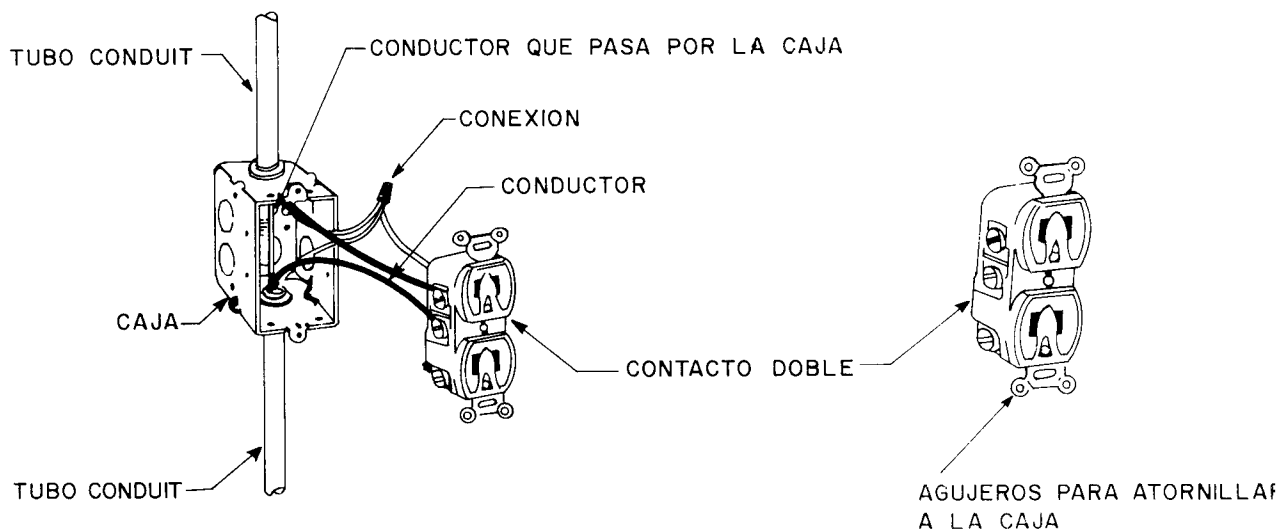


Los volúmenes de cada conductor son (se usan pulgada porque los datos de cajas están expresados en estas unidades)

1 Conductor No. 12.....	2.25 plg ³
1 Conductor Neutro No. 12.....	2.25 plg ³
1 Conductor de Tierra No. 12..	2.25 plg ³
2 Conductores No. 16 del portalámparas.....	<u>3.5</u> plg ³
Total.....	10.25 plg ³

De la tabla 1.2 para 5 conductores (3 No. 12 y 2 No. 16), se puede seleccionar una caja octagonal de 3 1/2 plg. x 1 1/2 plg.

Ejemplo 1.6.- Qué tamaño de caja tipo dispositivo se requiere para alojar cinco conductores No. 14 AWG. Uno de estos conductores pasa directamente a través de la caja; dos más se conectan a los contactos dobles y dos más rematan en la caja por medio de una conexión.



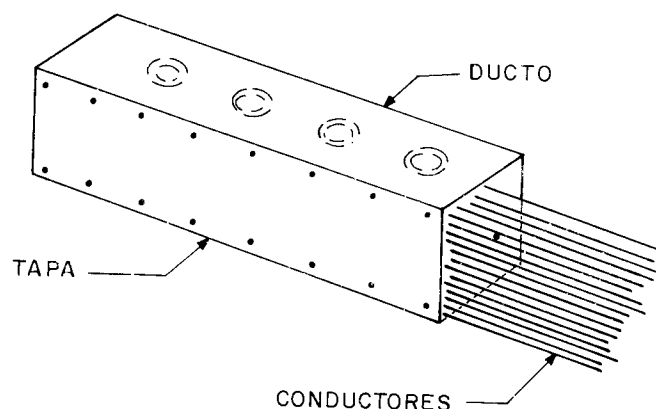
Solución

El total de conductores a alojar en la caja, se calcula en la forma siguiente:

2 Conductores No. 14 AWG	= 2
2 Conductores No. 14 AWG (Neutros) conectados	= 2
1 Conductor que pasa a través de la caja	= 1
(2) Dos conductores al contado doble	= 2
Total	<u>7</u>

De la Tabla 1.2 para 7 conductores en caja tipo dispositivo con alambre No. 14 AWG, se usa una caja de: 3 plg x 2 plg x 2 3/4 plg.

Ejemplo 1.7.- Que tamaño de ducto se requiere para alojar: seis conductores tipo THW del No. 2/0 AWG, ocho conductores THW del No. 6 AWG y veintidos conductores vinanel 900 del No. 12 AWG. Todos los conductores son, de cobre:



Solución

El área total que ocupan los conductores de acuerdo a los datos de la tabla 1.4, es:

TIPO DE AISLAMIENTO	NUMERO Y CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG	AREA POR CONDUCTOR (cm ²)	AREA TOTAL (cm ²)
THW	6 No. 2/0	1.69	10.140
THW	8 No. 6	0.49	3.92
Vinanel 900	22 No. 12	0.079	1.74
TOTAL			15.8 cm ²

El procedimiento que se puede aplicar, es el de obtener un multiplicador de 100 dividido por 20% de relleno que es igual a 5, es decir:

$$5 \times 15.8 = 79 \text{ cm}^2$$

Esto corresponde a una sección de ducto de 10,000 mm² (100 cm²), es decir un ducto cuadrado 10 x 10 cm.

Ejemplo 1.8.- Cuál es el máximo número de alambres No. 12 RHW que se pueden instalar en un ducto cuadrado de 6.35 cm (2.5 plg).

Solución

Para encontrar el área de un conductor No. 12 RHW se consulta la tabla de dimensiones de conductores con aislamientos de hules o termoplásticos y observando el triple asterisco en la nota al pie de la Tabla 1.5, las columnas 3 y 5 indican que para el No. 12 RHW, sin recubrimiento el área es la misma que para el No. 12 THW. De la columna 5 esta área, es: 0.251 plg². El área del ducto cuadrado de 2.5 plg por lado, es:

$$A = 2.5 \times 2.5 = 6.25 \text{ plg}^2$$

Al 20% permisible para ser utilizado el área disponible es:

$$AR = 0.20 \times 6.25 = 1.25 \text{ plg}^2$$

Por lo tanto con relación al área por conductor, el número total de conductores, es:

$$\text{No. Cond.} = \frac{AR}{AC} = \frac{1.25}{0.0251} = 49.8 \text{ Conductores}$$

No. Cond. = 50 del No.12 RHW

Como se permite un máximo de 30 conductores, este es el número que se instalará en el ducto.

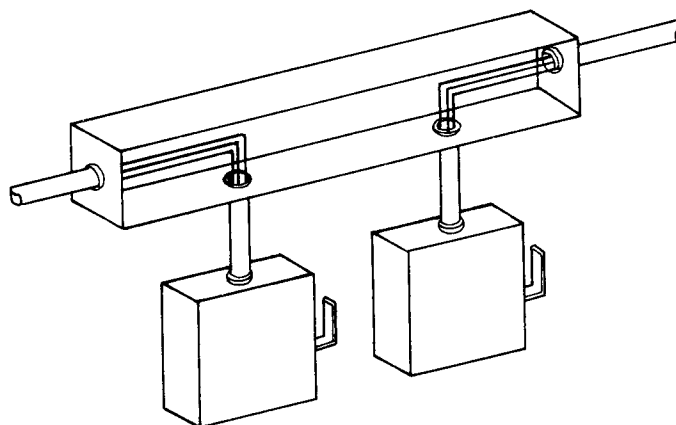
Suponiendo que se permitiera dejar el área completa con 50 conductores, la máxima corriente permisible, sería: 20A a 75°C, reduciendo su capacidad al 50%, debido a que cuando el número de conductores en el ducto o cable excede a 3, su capacidad se debe reducir de acuerdo con la tabla siguiente:

TABLA 1.10

**PORCENTAJE DE DEGRADACION POR
EXCESO DE CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT**

Número de Conductores	Por ciento de Reducción
4 A 6	80
7 A 24	70
25 A 42	60
Más de 43	50

Ejemplo 1.9.- Determinar el tamaño de ducto requerido para contener: seis conductores THW del No. 6 AWG, ocho conductores tipo RH del No. 1 AWG, siete conductores THW del No. 2 AWG y cuatro conductores THW del No. 4 AWG.



Solución

Los datos de las secciones transversales de los conductores están tomados de las tablas 1.4 y 1.5.

Tipo de Aislamiento	No. y calibre del conductor AWG	Area por conductor (cm ²)	Area total (cm ²)
THW	6 No. 6 AWG	0.4926	2.955
THW	8 No. 1 AWG	0.1742	1.393
THW	7 No. 2 AWG	0.770	5.391
THW	4 No. 4 AWG	0.6561	2.624
TOTAL			9.379 cm ²

El multiplicador por factor de llenado es:

$$\frac{100}{20} = 5$$

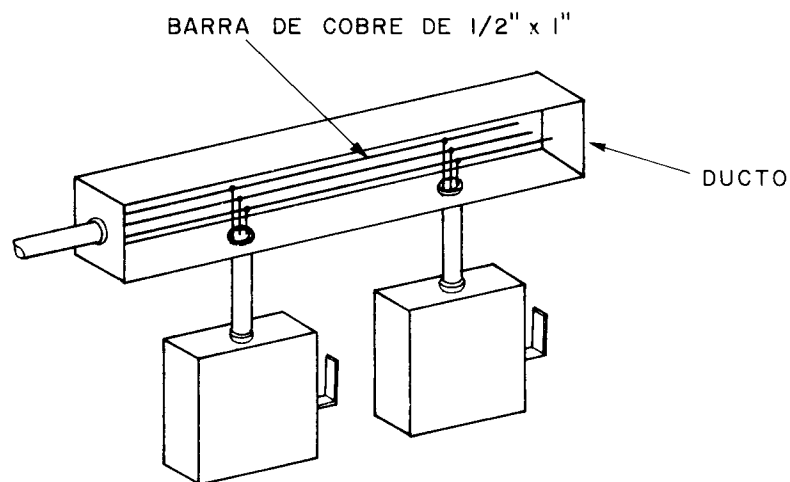
De manera que el área del ducto, considerando los efectos de temperatura es:

$$5 \times 9.379 = 46.89 \text{ cm}^2$$

De la tabla 1.4 corresponde a un área de 100 cm^2 (cuadrado de 10×10).

Ejemplo 1.10.- En un ducto se encuentran montados las tres fases en forma de barra de cobre con una densidad de corriente, de: 1000A/plg^2 , cada barra tiene dimensiones de $1/2 \text{ plg} \times 1 \text{ plg}$.

Calcular la corriente que pueda circular por las barras:



Solución

El área de cada barra, es:

$$1/2 \text{ plg} \times 1 \text{ plg} = 1/2 \text{ plg}^2$$

La corriente que circula por las barras, es:

$$I = D \times A, \text{ de densidad de corriente}$$

$$A = \text{Area en plg}^2$$

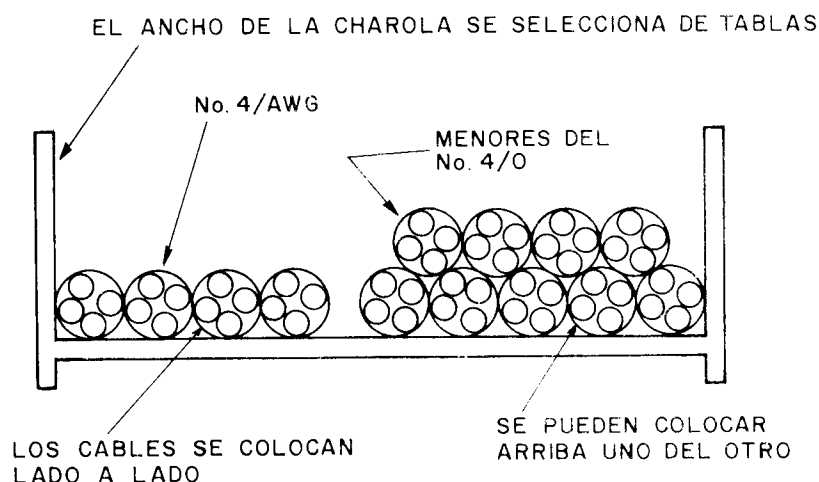
$$I = 1000 \times 1/2 = 500 \text{ amperes}$$

Ejemplo 1.11.- Calcular el tamaño de la charola para cables tipo multiconductor que llevará:

- 9 cables multiconductores menores de 4/0 AWG
- 4 cables multiconductores mayores del No. 4/0 AWG

El diámetro total (en pulgada) para el No. 4/0 longitudes de cables es 12.6" (plg). El área total para cables que indiquen un valor inferior al 4/0 AWG, es 22 plg².

Solución



El área total de los cables inferiores al No. 4/0, es = 22 plg².

El diámetro de los cables mayores del No. 4/0, es: 12.6"

El área total, es:

$$A = 22 \text{ plg}^2 \times (12.6" \times 1.2) = 37.12 \text{ plg}^2$$

Se puede usar una charola de 42 plg² de área, las recomendaciones que da la norma técnica para la instalación de los cables en charolas, son los que se indican a continuación:

Instalación de los cables.

- a) Pueden hacerse empalmes de los cables en las charolas.**
- b) En recorridos que no sean horizontales o donde los cables no puedan mantenerse por sí mismos sobre la charola. Estos deben sujetarse firmemente a los elementos transversales de la misma charola.**
- c) Cuando en un circuito se usen en paralelo cables de un solo conductor, éstos deben amarrarse en grupos que contengan, no más de un conductor por fase a neutro, para prevenir desbalances de corriente en los conductores en paralelo, debidas a reactancias inductivas.**

Al instalarse cables de un solo conductor, éstos deben amarrarse en grupos por circuito, para prevenir movimientos excesivos debidos a las fuerzas magnéticas por corrientes de falla.

Número de cables.

Los cables multiconductores que se instalen en charolas deben colocarse en una sola capa. Los cables de un solo conductor pueden colocarse en dos capas como máximo.

Ejemplo 1.12.- Qué tamaño de ducto se requiere para alimentar cuatro desconectadores con lo siguiente: 4 conductores No. 6 AWG tipo THW en tubo de 1 plg; cuatro conductores del No. 1 AWG tipo THW en tubo conduit de 1 1/2 plg, seis conductores No. 2 AWG tipo THW, y dos del número 4 AWG.

Todos son conductores de cobre y pasan en forma directa a través del desconectador sin conexiones.

Solución

De la Tabla 1.4, se tienen los datos siguientes:

$$\begin{array}{lcl} \text{Seis No. 10} & = 0.1399 \text{ cm}^2 \times 6 & = 0.8394 \text{ cm}^2 \\ \text{Cuatro No. 1} & = 0.1742 \text{ cm}^2 \times 4 & = 0.6968 \text{ cm}^2 \\ \text{Seis No. 2} & = 0.8942 \text{ cm}^2 \times 6 & = 5.3652 \text{ cm}^2 \\ \text{Dos No. 4} & = 0.6561 \text{ cm}^2 \times 2 & = 1.3122 \text{ cm}^2 \\ \text{TOTAL} & & 8.2136 \text{ cm}^2 \end{array}$$

De acuerdo a la tabla 1.4, se requiere ducto cuadrado de 10 cm x 10 cm.

Ejemplo 1.13.- Qué ampacidad tienen cuatro conductores de cobre THW del No. 12 AWG instalados en tubo conduit.

Solución

De la tabla 1.7 para no más de 3 cables de un conductor aislado (0-2000 V.), el THW tiene aislamiento para 75°C, el No. 12 tiene una ampacidad de 25 A.

Como son más de tres conductores (para 4 a 6 conductores), se degrada a un 80% su ampacidad (Tabla 1.10), es decir:

$$25A \times 0.8 = 20A.$$

Por lo tanto, la corriente en los conductores se limita a 20 A. y el circuito se debe proteger con un interruptor de 20 A.

Ejemplo 1.14.- Qué ampacidad tiene un conductor de cobre con aislamiento THHN del No. 1000 KCMIL.

Solución

De la Tabla 1.7, el aislamiento THHN opera hasta 90°C para no más de 3 cables la corriente, es: 615 A.

Ejemplo 1.15.-Cuál es la ampacidad de tres conductores de cobre con aislamiento THWN que alimentan a un motor en un área con una temperatura ambiente de 135°F.

Solución

Los conductores con aislamiento THWN de acuerdo a la tabla 1.6 operan hasta 167°F (75°C) a una temperatura ambiente de 30°C (86°F) la ampacidad para el No. 1/0 THWN, es: 150 A., si operan a una temperatura de 135°F, de acuerdo a la Tabla C (factores de corrección por temperatura) entrando con la temperatura ambiente de 140°F (60°C) y encontrando la temperatura del aislamiento 167°C (75°C), el factor de corrección en el cruce es: $FC = 0.58$, por lo que la ampacidad del conductor para las condiciones dadas, es:

$$150 \text{ A.} \times 0.58 = 87 \text{ A.}$$

Ejemplo 1.16.- Cuál es la ampacidad de cuatro conductores de cobre en paralelo por fase del No. 4/0 con aislamiento THW si se encuentran instalados en el mismo tubo conduit.

Solución

De la Tabla 1.6, 1 conductor 4/0 con aislamiento THW (75°C) tiene una ampacidad, de: 230 A.

Si son cuatro conductores por fase, la ampacidad total por fase, es:

$$4 \times 230 = 920 \text{ A.}$$

Como se tiene más de tres conductores en un mismo tubo conduit, el factor de degradación, es: 80% (Tabla 1.10) la ampacidad real de los 4 conductores por fase, es:

$$0.8 \times 920 = 736 \text{ A.}$$

Ejemplo 1.17.- Calcular el calibre de los conductores tipo TW y el tamaño del tubo conduit para una alimentación monofásica con dos conductores que llevan una corriente, de: 60 A. a 30°C.

Solución

De la Tabla 1.6, para dos conductores con 70 A., se entra en la columna correspondiente de 1 a 3 conductores y se busca en el cuerpo de la tabla el valor próximo a 60 A., que es el inmediato superior de 70A y en la columna de la izquierda se observa que el calibre del conductor es el No. 4 AWG.

Si se considera que los conductores se alojarán en tubo conduit, de la Tabla 1.8, se entra en la columna correspondiente al calibre del conductor, (No. 4) y se busca en el cuerpo de la misma el número de conductores considerado o el más próximo a éste, encontrando en este caso 3, que en la parte superior de la columna requerida de un tubo conduit de 25 mm (1 pulgada).

Ejemplo 1.18.- En un tubo conduit PVC rígido del tipo pesado, se llevan los siguientes conductores:

- Un alimentador trifásico de 3 conductores vinanel 900 que llevan una corriente de 125 amperes a 40°C.
- Un alimentador monofásico con 2 conductores TW que llevan una corriente de 30 amperes a la temperatura ambiente.

Solución

Para conductor Vinanel 900 (75°C) con 1 a 3 conductores un tubo conduit de la Tabla C a 40°C de temperatura ambiente el factor de corrección, es: $F = 0.88$.

Para 1 a 3 conductores TW (60°C) a 40°C de temperatura, el ambiente de factor de corrección, es: $F = 0.82$, las corrientes a esta temperatura para los dos alimentadores, es:

Para el alimentador trifásico:

$$I_{40^{\circ}\text{C}} = \frac{125}{0.88} = 142 \text{ A.}$$

Para el alimentador monofásico:

$$I_{40^{\circ}\text{C}} = \frac{30}{0.82} = 36.58 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 para 3 conductores con 142 amperes, se requiere conductor 1/0 AWG para el alimentador monofásico con 36.58 A. se requiere conductor No. 8 AWG.

1.3.3. CALCULO DE LOS CONDUCTORES POR CAIDA DE VOLTAJE.

El voltaje en las terminales de la carga es por lo general menor que el voltaje de alimentación, la diferencia de voltaje entre estos dos puntos se conoce como: "La caída de voltaje", las normas técnicas para instalaciones eléctricas recomiendan que la máxima caída de voltaje (desde la alimentación hasta la carga), no debe exceder al 5%, de los

cuales 3% se permite a los circuitos derivados (del tablero o interruptor a la salida para utilización) y el otro 2% se permite al alimentador (de la alimentación al tablero principal). Para las instalaciones industriales y residenciales el máximo permitido de caída de voltaje, es el: 2%.

Una caída de voltaje excesiva (mayor del 5%) conduce a resultados indeseables, debido a que el voltaje en la carga se reduce. En las lámparas incandescentes se reduce notablemente el nivel de iluminación, en las lámparas fluorescentes, se tienen problemas, como dificultad para arrancar, parpadeo, calentamiento de las balastras, etc. En el equipo de control, los relevadores pueden no operar; en los motores la reducción de voltaje se traduce en un incremento en la corriente, lo cual produce sobrecalentamiento y algunas veces causa problemas de arranque, por esta razón, no es suficiente calcular los conductores por corriente, es decir, seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circulará por él mismo.

Para estar seguros de que las caídas de voltaje no excedan esos valores, es necesario calcular las caídas de voltaje en los circuitos derivados y en los alimentadores e instalaciones eléctricas residenciales y en las industriales.

En las fórmulas que se desarrollarán a continuación, se empleará la siguiente nomenclatura:

W = Potencia en watts

I = Corriente en amperes por conductor

V_f = Voltaje entre fases

V_n = Voltaje de línea a neutro

$\cos \theta$ = Factor de potencia

R = Resistencia de un conductor en ohms

ρ = Resistividad del cobre $1/58 \text{ (m/mm}^2\text{)} \approx 1/50$

L = Longitud del conductor en metros

S = Sección del conductor en mm^2

E = Caída de voltaje de fase a neutro en volts

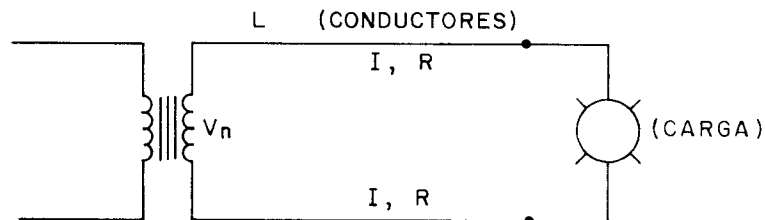
E_f = Caída de voltaje entre fases, en volts

$E\%$ = Caída de voltaje en porciento

$$E\% = \frac{E \times 100}{V_n} = \frac{E_f \times 100}{V_f}$$

1.3.4 SISTEMAS MONOFASICOS.

El Estudio de la caída de voltaje se puede efectuar para casos específicos similares a los que se tienen en las instalaciones eléctricas. El concepto general, es el mismo usado en circuitos eléctricos. Considérese el siguiente circuito simplificado.



CIRCUITO MONOFASICO SIMPLIFICADO

La potencia que consume la carga, es:

$$W = V_n I \cos \theta$$

$$I = \frac{W}{V_n \cos \theta}$$

La caída de voltaje por resistencia en el conductor: (considerando su longitud total de ida y retorno), es:

$$E = 2 RI$$

La resistencia del conductor es:

$$R = \frac{\rho}{S} = \frac{1}{50} \frac{L}{S}$$

Siendo la resistividad para el cobre:

$$\rho = \frac{1}{50} \frac{\Omega - \text{mm}^2}{\text{m}}$$

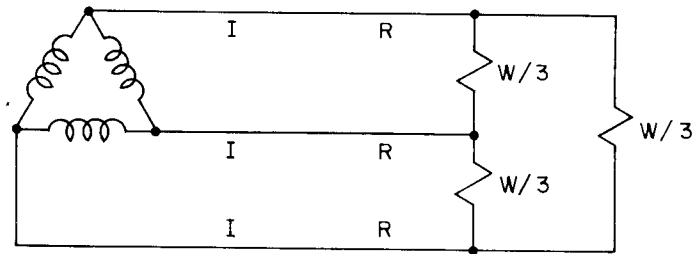
De donde:

$$E = \frac{1}{25} \frac{LI}{S}$$

$$E\% = \frac{LI}{25 S} \frac{100}{V_n} = 4 \frac{LI}{V_n S}$$

1.3.5 SISTEMA TRIFASICO A TRES HILOS (Alimentación en Delta)

El circuito simplificado se puede representar en la forma siguiente:



$W/3 = \text{CARGA POR FASE}$

La potencia que consume la carga trifásica es:

$$W = \sqrt{3} V_f I \cos \Phi \quad \text{siendo } \cos \Phi = \text{Factor de potencia}$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} V_f \cos \Phi}$$

La caída de voltaje entre fases, es:

$$E_f = \sqrt{3} RI$$

pero:

$$R = \frac{\rho L}{S} = \frac{1}{50} \frac{L}{S}$$

$$E_f = \frac{\sqrt{3}}{50} \frac{LI}{S}$$

El porciento de caída de voltaje es:

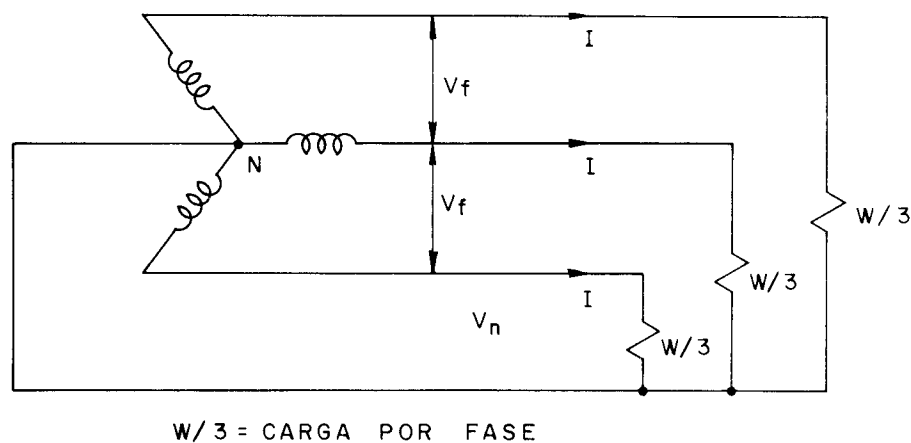
$$E\% = \frac{E_f}{V_f} \times 100$$

$$E\% = \frac{\sqrt{3} L}{50 S V_f} \times 100$$

$$E\% = \frac{2\sqrt{3} LI}{S V_f}$$

1.3.6 SISTEMA TRIFASICO A CUATRO HILOS. (Alimentación en Estrella)

Este es el caso típico de los sistemas conectados en estrella (3 hilos) con neutro (el cuarto hilo) y se representan como, sigue:



La potencia que consume la carga trifásica, es:

$$W = \sqrt{3} V_f I \cos \theta = 3 V_n I \cos \theta$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} V_f \cos \theta} = \frac{W}{V E_n \cos \theta}$$

La caída de voltaje entre fases es:

$$V_f = \sqrt{3} RI = \frac{\sqrt{3} LI}{50 S}$$

Expresando esta caída de voltaje en porciento:

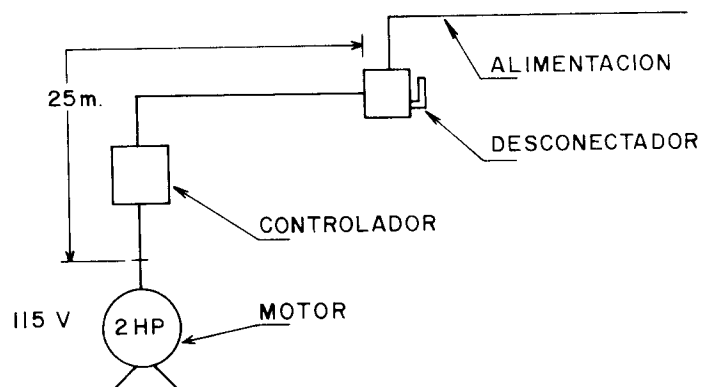
$$E = RI = \frac{LI}{50 S}$$

$$E\% = \frac{E}{V_n} \times 100 = \frac{LI}{50 S \times V_n} \times 100$$

$$E\% = \frac{2 LI}{S V_n}$$

Ejemplo 1.19.- Calcular la caída de voltaje en el circuito derivado de un motor de 2HP, monofásico a 115 volts, que tiene un longitud de conductor del punto de alimentación al punto de conexión del motor de 25m. El alambre, es de cobre con aislamiento TW (60°C).

Solución



Para un motor monofásico de 2HP a 115 volts, la corriente a plena carga es:

$$I_{PC} = 24A.$$

Considerando un 25% más de la corriente a plena carga

$$1.25 I_{PC} = 1.25 \times 24 = 30A.$$

De la Tabla 1.6 para conductor TW con una corriente de 10 A. el calibre del conductor (2 conductores en tubo conduit) es No. 10 AWG.

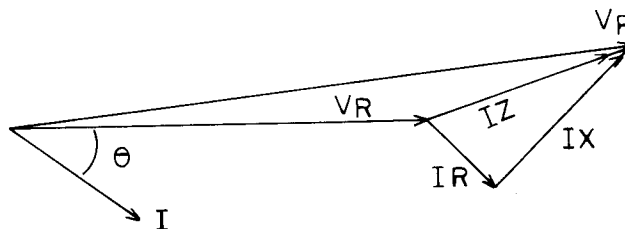
Para un alambre No. 10, la sección $S = 5.26 \text{ mm}^2$ y también de datos la longitud $L = 25M$, por lo que la caída de voltaje en porciento es:

$$E\% = \frac{4 \times 25 \times 24}{115 \times 5.26} = 4\%$$

1.3.7 ANALISIS DE LA CAIDA DE VOLTAJE EN CABLES:

En los párrafos anteriores se ha discutido el problema de la caída de voltaje en los conductores, haciendo referencia a los valores de norma, fijados por las normas técnicas para instalaciones eléctricas, y suponiendo que la caída de voltaje, es puramente resistiva. El máximo permisible de una caída de voltaje, es el 5%, ahora la pregunta, es: cómo localizar esta caída de voltaje entre los distintos sistemas de conductores que tiene una instalación y qué influencia tiene la reactancia inductiva de estos conductores.

El diagrama vectorial correspondiente que ilustra la caída de voltaje en un cable, se muestra a continuación:



V_R = Voltaje en la recepción (carga)

V_P = Voltaje al principio de la alimentación

I = Corriente que circula por el conductor

R = Resistencia por fase en ohms

X = Reactancia inductiva por fase en ohms

θ = Angulo correspondiente al factor de potencia
($\cos \theta$)

$$V_S = \sqrt{(V_R \cos \theta + I R)^2 + (V_R \sin \theta + I X)^2}$$

La caída de voltaje por fase esta dada, por:

$$V_n = I(R \cos \theta + X \sin \theta) \text{ volts}$$

La caída de voltaje de fase a fase se calcula como:

$$V_f = 1.732 \times V_n$$

La caída de voltaje de fase a neutro se puede expresar también como:

$$V_n = I Z_{eq}$$

Donde la impedancia equivalente Z_{eq} , es:

$$Z_{eq} = R \cos \theta + X \sin \theta$$

Los valores de R y X se obtienen de la Tabla 1.11. La caída de voltaje se expresa normalmente en porcentaje como:

$$V\% = \frac{V}{V_n} \times 100$$

Ejemplo 1.20.- El circuito derivado de una instalación alimenta una carga de 10 A. con factor de potencia 0.90 atrasado. Los conductores son del No. 12 AWG tipo THW y están contenidos en tubo conduit metálico.

El circuito tiene una longitud de 30.0 m.

Calcular la caída de voltaje.

Solución

De la Tabla 1.11 para el conductor No. 12 AWG.

$$R = 0.623 \Omega / 100 \text{ m.}$$

$$X = 0.0133 \Omega / 100 \text{ m.}$$

Para los 30 m de longitud

$$R = 0.623 \times \frac{30}{100} = 0.187\Omega$$

$$X = 0.0133 \times \frac{30}{100} = 0.004\Omega$$

La impedancia equivalente es:

$$Z_{eq} = R \cos \theta + X \sin \theta$$

$$\cos \theta = 0.9; \quad \theta = \arccos 0.9 = 25.84^\circ$$

$$\sin \theta = \sin 25.84^\circ = 0.436$$

$$Z_{eq} = 0.187 \times 0.9 + 0.004 \times 0.436 = 0.170\Omega$$

La caída de voltaje al neutro

$$V_n = Z_{eq} I = 0.170 \times 10 = 1.70 \text{ V.}$$

Entre fases:

$$V_f = 2V_n = 2 \times 1.70 = 3.40$$

$$V\% = \frac{3.40}{120} \times 100 = 2.83\% \text{ se excede al } 2\% \text{ permisible.}$$

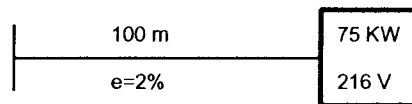
Ejemplo 1.21.- Un alimentador trifásico de tres conductores tipo TW, con 100 m. de longitud, debe transmitir una carga de 75 KW a 216 volts entre fases, con una frecuencia de 60 Hz y un factor de potencia de 0.8 atrasado. Los conductores deberán ir dentro de un tubo conduit de

acero. Calcular el calibre de los conductores y el tubo conduit, si se desea que la caída de voltaje no exceda el 2%.

- a).- Considerando únicamente la resistencia.
- b).- Tomando en cuenta la resistencia y la reactancia.

Solución

a).- Considerando sólo la resistencia.



La corriente que demanda la carga es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_f \times \cos\theta} = \frac{75\,000}{\sqrt{3} \times 216 \times 0.80} = 250\text{ A}$$

La caída de tensión máxima permisible se encuentra de la fórmula para un alimentador trifásico.

$$e = \frac{2\sqrt{3} LI}{V_f S} (\%)$$

La sección del conductor para una caída de tensión máxima de 2% se calcula despejando de la fórmula anterior.

$$S = \frac{2\sqrt{3} LI}{V_f (e\%)} \text{ mm}^2$$

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{2\sqrt{3} \ 100 \times 250}{216 \times 2} = 20 \text{ mm}^2$$

De la Tabla 1.7 de conductores, para $S = 200 \text{ mm}^2$, conductor No. 400 MCM.

La corriente permisible para tres conductores de 400 MCM en tubo conduit 280 A.

Tubo conduit: 76 mm (3 pulg).

b).- La caída de voltaje total considerando la reactancia es:

$$e = \sqrt{(RI)^2 + (XI)^2} \quad (\text{VOLTS})$$

En donde: RI = Caída de voltaje por resistencia.

La caída de tensión por fase es:

$$e\% = \frac{e}{V} \times 100$$

e = Caída de tensión en volts.

$$V = \frac{V_f}{\sqrt{3}} = \frac{216}{\sqrt{3}}$$

$$e = \frac{e\% V}{100} = \frac{2 \times 216}{100} = 2.5 \text{ volts}$$

Para una corriente, $I = 250$ A. conductor 400 MCM

De la Tabla 1.11, para 400 MCM, (3 conductores en tubo)

$$X_L = 0.0096 \Omega / 100 \text{ m.}$$

El factor de corrección es 1.25, por lo tanto:

$$X_L = 1.25 \times 0.0096 = 0.012 \text{ Ohms}$$

TABLA 1.11

RESISTENCIA Y REACTANCIA DE CONDUCTORES



CALIBRE AWG MCM	RESISTENCIA EN $\Omega/100 \text{ m}$ A 60° C	REACTANCIA EN $\Omega/100 \text{ m}$	
		MINIMA	MAXIMA
14	1.0	0.0153	0.015
12	0.623	0.0133	0.015
10	0.393		
8	0.246	0.0153	0.015
6	0.155	0.0133	0.015
4	0.097	0.0123	0.0166
3	0.076	0.0120	0.0163
2	0.616	0.0116	0.0160
1	0.0486	0.0116	0.0160
0	0.0386	0.0113	0.0160
00	0.0306	0.0106	0.0146
000	0.0243	0.0103	0.0146
0000	0.0193	0.0100	0.0150
250	0.0163	0.0100	0.0150
300	0.0136	0.0096	0.0150
350	0.1160	0.0096	0.0146
400	0.0102	0.0096	0.0143
450	0.0090	0.0093	0.0133
500	0.0080	0.0093	0.0123
550	0.0074	0.0093	0.0133
600	0.0068	0.0093	0.0133
750	0.0054	0.0093	0.0133
1000	0.0041	0.0093	0.0133

NOTAS.-

- 1.- El factor de corrección por temperatura para la resistencia óhmica es de 0.34 por °C.**
- 2.- Para conductores en ducto de acero, o con armaduras de acero, la resistencia aumenta en 25%, por lo tanto multiplíquense los valores por 1.25.**
- 3.- Los valores de la reactancia mínima se aplican para conductores juntos dentro de un tubo conduit o ducto. Los valores de la reactancia máxima se aplican para conductores separados, en instalaciones aéreas, o en ménsulas en galerías de conductores.**
- 4.- Para 50 ciclos, los valores de la reactancia deben multiplicarse por 5/6.**

1.4.- CONSIDERACIONES PARA LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO EN LOS CONDUCTORES.

Las corrientes de corto circuito pueden tener un efecto de deterioro sobre los cables aislados en la misma forma que puede haber sobre cualquier otra componente del sistema eléctrico. Aún cuando en esta parte, no se hace referencia al estudio del corto circuito, es conveniente mencionar los efectos de estas altas corrientes sobre los conductores.

En la operación normal del circuito, el flujo de corriente está limitado por la impedancia del sistema, así como por la impedancia de la propia carga. Como se sabe las pérdidas eléctricas son del tipo RI^2 que se transforman en calor. De diseño, es deseable reducir al mínimo estas pérdidas y también la caída de voltaje en los cables, por lo que la impedancia de éstos representa una parte muy pequeña del total de la impedancia.

Durante las condiciones de corto circuito la corriente puede alcanzar un valor de varias veces el valor de la corriente de carga. Esta corriente de corto circuito puede producir un efecto térmico muy severo sobre los aislamientos de los conductores.

Las instalaciones eléctricas, para la protección de sus componentes, incluyendo los cables (de potencia) emplean dispositivos de protección contra sobrecorrientes, como son: los interruptores o los fusibles. Estos dispositivos reducen el tiempo que las corrientes de corto circuito pueden circular a unos cuantos ciclos de la frecuencia del sistema (por ejemplo, si la frecuencia del sistema es 60 Hz y el dispositivo de sobre corriente opera en 6 ciclos, el tiempo de falla es $6/60 = 0.1$ seg).

Otro aspecto a considerar es que las corrientes de corto circuito, especialmente en áreas comerciales e industriales son asimétricas, especialmente durante los primeros ciclos. Este factor debe ser considerado también por medio del llamado "**factor de asimetría**" para la corriente de corto circuito.

Se han desarrollado algunas técnicas para determinar la capacidad de soporte al corto circuito de los cables aislados. Estas técnicas están basadas en las limitaciones térmicas del aislamiento, el tiempo de duración de la corriente y las características del material conductor (cobre o aluminio).

En las siguientes ecuaciones se dan las relaciones entre el valor máximo de la corriente asimétrica de corto circuito y la temperatura máxima de corto circuito de los conductores de cobre y aluminio.

Para los conductores de cobre:

$$\left[\frac{I}{A} \right]^2 \cdot t = 0.0297 \log. \left[\frac{234 + T_2}{234 + T_1} \right]$$

Para los conductores de aluminio:

$$\left[\frac{I}{A} \right]^2 \cdot t = 0.0125 \log. \left[\frac{228 + T2}{228 + T1} \right]$$

Donde:

I= Máxima corriente de corto circuito asimétrica permisible.

A= Sección transversal del conductor en Circular Mils (cm)

t= Tiempo (en segundos) de duración de la corriente de corto circuito.

T1= Máxima temperatura normal °C.

T2= Máxima temperatura permisible del conductor bajo corto circuito en °C.

A la frecuencia de 60 ciclos/seg., los tiempos típicos de interés para el efecto térmico de la corriente de corto circuito varían de 1 ciclo (1/60 de seg.) hasta 90 ciclos (1.5 seg.). Para sistemas que operan a menos de 1000 volts, se puede esperar disponer de interruptores que operen alrededor de 2 ciclos (1/30 seg.) y fusibles limitadores de corriente que operen en menos de 1 ciclo.

Por ejemplo, para cables con aislamiento **THW** T1= 75°C y T2=150°C, para cables con aislamiento **XHHW** T1= 90°C y T2= 250°C.

Con estos datos las ecuaciones anteriores, se pueden resolver y se puede obtener una familia de curvas que relacionan la sección transversal del conductor, el tipo de aislamiento, el material del

conductor y la duración de la falla para la máxima corriente de falla asimétrica. En las gráficas siguientes, se muestran las curvas para conductores THW y XHHW.

Cuando se ha establecido para un cable dado el valor máximo permisible de la corriente de corto circuito asimétrica, se convierte a un valor equivalente de corriente de corto circuito simétrica mediante el uso de un coeficiente o factor de asimetría K_o , que para sistemas menores de 1000 volts se pueden tomar los siguientes valores:

$$K_o = \begin{cases} 1.4 & \text{para fusibles limitadores de corriente.} \\ 1.3 & \text{para interruptores} \end{cases}$$

$$K_o = \frac{I_{cc} \text{ asimétrica}}{I_{cc} \text{ simétrica}}$$

Donde:

I_{cc} asimétrica= corriente de corto
circuito asimétrica

I_{cc} simétrica= corriente de corto
circuito simétrica

Ejemplo 1.22.- Para los siguientes ejemplos, todos los casos son menores de 1000 volts.

- a) Cuál es la capacidad de corriente de corto circuito simétrica de un cable de 250 KCMIL con aislamiento THW, de cobre, que esta protegido por un interruptor.

Solución

De las curvas correspondientes a conductores de cobre con aislamiento tipo THW, se observa que el valor máximo de corriente de corto circuito asimétrico es 72,500 A. Como se trata de un interruptor para protección del cable, se toma $K_o = 1.3$, de manera que:

$$I_{cc} \text{ simétrica} = \frac{I_{cc} \text{ asimétrica}}{K_o} = \frac{72,500}{1.3} = 55,800 \text{ A.}$$

- b) Calcular el valor de la corriente de corto circuito simétrica para un cable de cobre No. 1/0 AWG con aislamiento XHHW que está protegido por un interruptor.

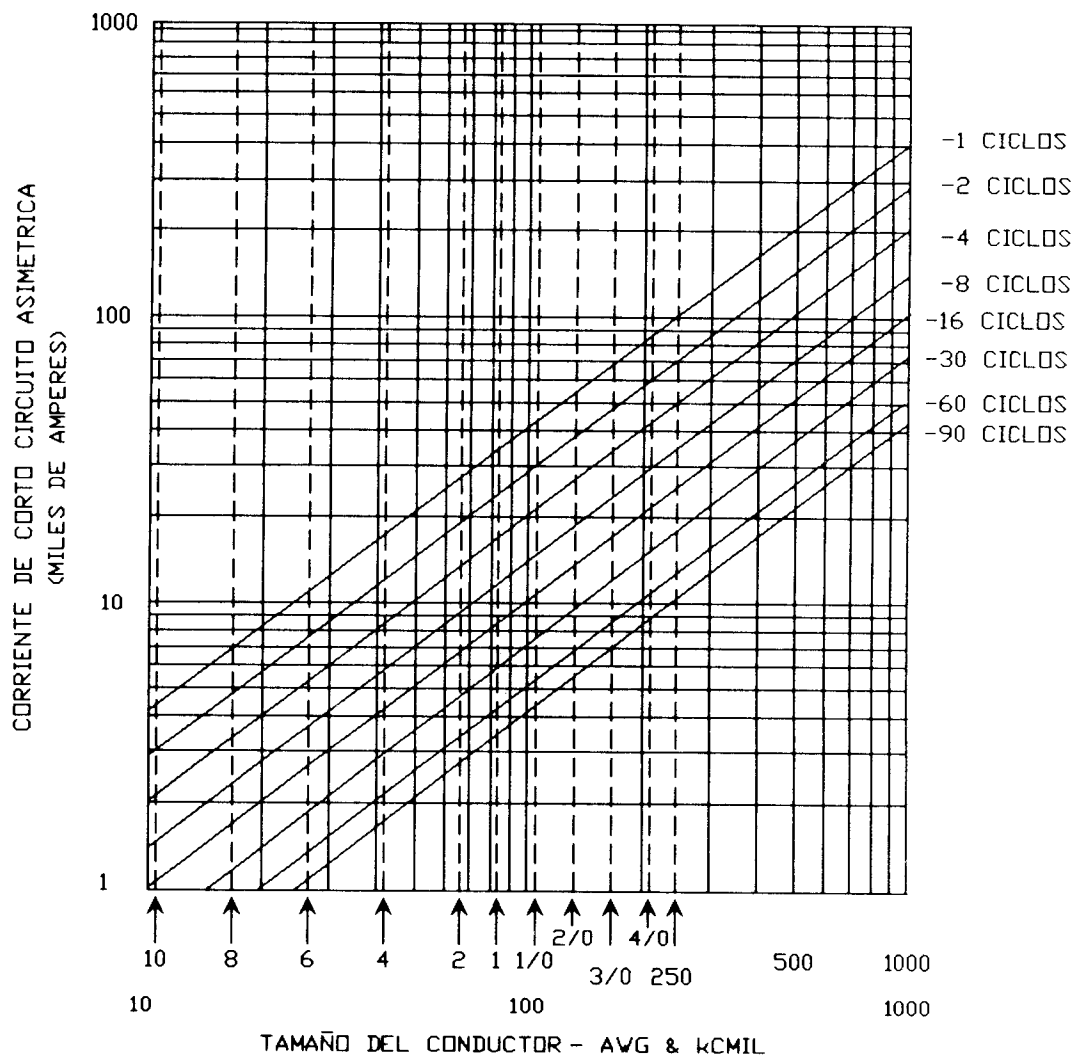
De las curvas correspondientes a conductor de cobre con aislamiento XHHW, el valor máximo de corriente de corto circuito asimétrico es:

$$I_{cc} \text{ asimétrico} = 41,600 \text{ A.}$$

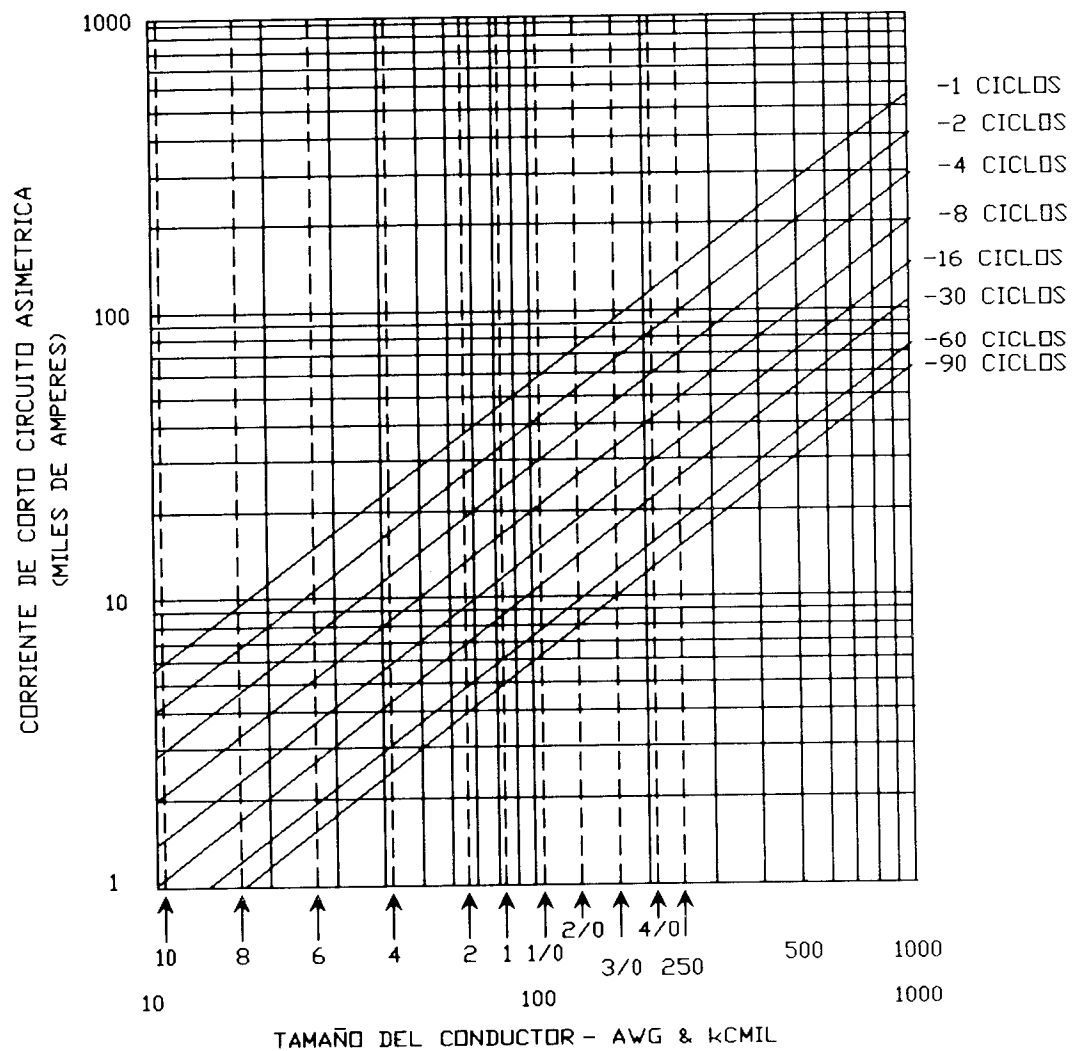
Cómo se protege con interruptor $K_o = 1.3$

De manera que:

$$I_{cc} \text{ simétrica} = \frac{41,600}{1.3} = 32,000 \text{ A.}$$



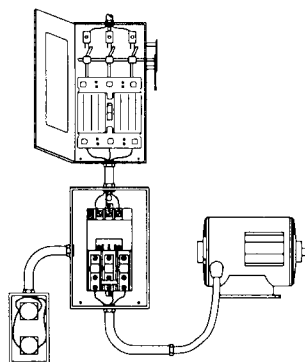
MAXIMA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PERMITIDA
PARA CONDUCTORES DE COBRE, TIPO THW



MAXIMA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PERMITIDA
PARA CONDUCTORES DE COBRE, TIPO XHHW

CAPITULO 2

LOS DISPOSITIVOS DE DESCONEXION, DE PROTECCION Y LA PROTECCION DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS



ESTE CAPITULO ESTA BASADO EN LAS SIGUIENTES SECCIONES DE LAS NORMAS TECNICAS
PARA INSTALACIONES ELECTRICAS (NOM-EM-001-SEMP-1993)

401, 403, 404, 405, 406, 502

CAPITULO 2

LOS DISPOSITIVOS DE DESCONEXION DE PROTECCION Y LA PROTECCION DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS

2.1 INTRODUCCION

Las componentes de una instalación eléctrica son cualquier parte del sistema de alambrado, hay dos tipos: Aquellas que están integradas al sistema y las que son agregados o accesorios del sistema. Por ejemplo, la caja de servicio, el alambrado incluyendo tubos conduit, ductos, etc. Los contactos, las cajas, los condulets, son parte integral de la instalación, es decir, forman parte del sistema y sin ellos éste, no estaría completo.

Cualquier agregado, como por ejemplo, una lámpara de noche, los cordones de las instalaciones, las extensiones, no forman parte de la instalación y por lo mismo, no son indispensables para su operación.

En algunos casos es difícil diferenciar entre una parte integral del sistema y un agregado. Los dispositivos operados eléctricamente pueden estar conectados o no, de manera que, en este sentido están separados del alambrado de la instalación, otros están permanentemente conectados, como es el caso de los fusibles y los interruptores sin los que estrictamente el sistema, no podría operar sin ellos.

2.2. LOS DESCONECTADORES O SWITCHES.

Existe un gran número de componentes eléctricos, como son: las tapas, los contactos, los conductores que se fabrican en variedad de tipos. Los desconectadores, no son la excepción, algunos tienen su pequeña palanca de accionamiento, otros son de contacto y están diseñados para cumplir funciones específicas, como por ejemplo: si van sobre muro o embebidos en las paredes, si son tipo sencillo o para funciones de dos o tres vías, etc.

Hay dos tipos de desconectadores básicamente unos para ser usados en corriente alterna exclusivamente y otros para ser usados en corriente alterna o en directa, debido a que la corriente directa, no es tan común, aproximadamente el 95% de la producción de los switches es en corriente alterna. El tamaño de los switches esta en función de su aplicación (accionan motores, lámparas, etc) o de su capacidad de corriente en amperes, aun cuando para los propósitos de especificación se requiere indicar la corriente y el voltaje, por ejemplo, para aplicaciones en instalaciones residenciales o comerciales en baja tensión, se pueden tener las características indicadas en la tabla siguiente:

TABLA 2.1

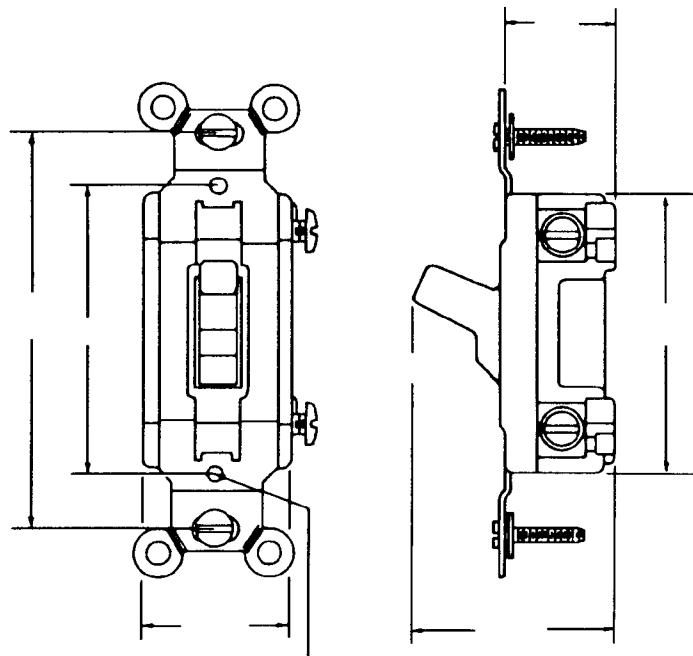
VOLTAJES Y CORRIENTES PARA DESCONECTADORES EN BAJA TENSION (SWITCHES)	
Amperes	Volts
15	127
15	127/220
15	220
20	127
20	127/220
20	220
30	127
30	127/220

En el caso de aplicación de los desconectadores para motores en baja tensión, se relaciona la potencia en HP con el voltaje de operación de acuerdo a la tabla siguiente.

TABLA 2.2

DESCONECTADORES (SWITCHES) PARA
MOTORES EN BAJA TENSION C.A.

	127 Volts	220 Volts
15 amperes	1/2 HP	2 HP
20 amperes	1 HP	2 HP
30 amperes	2 HP	3 HP

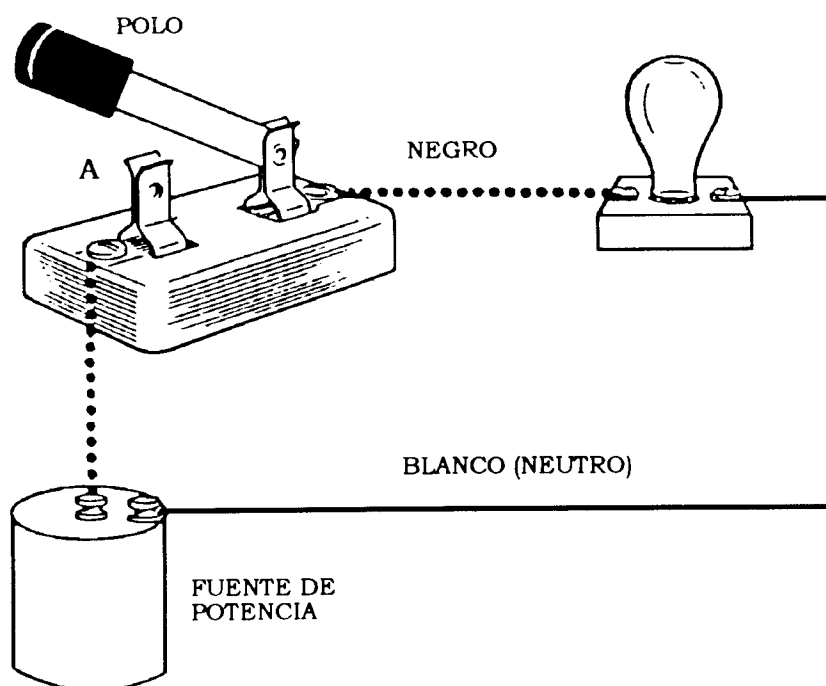


ASPECTOS DE UN DESCONECTADOR SENCILLO Y
PRINCIPALES DIMENSIONES A CONSIDERAR

2.2.1. EL PRINCIPIO DE OPERACION DE LOS DESCONECTADORES (SWITCHES).

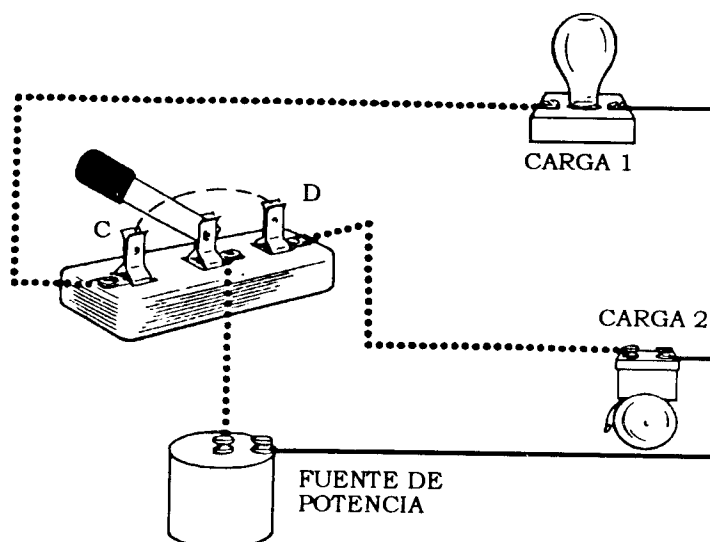
Un desconectador, no es una carga y por lo mismo, no requiere de corriente o potencia eléctrica. Siempre se conecta en serie con la línea de alimentación, y nunca en paralelo. Una **CARGA REQUIERE DE POTENCIA ELECTRICA** y siempre se conecta en **PARALELO** con la línea de alimentación, de aquí que con frecuencia las cargas y los desconectadores se consideren elementos opuestos. Los desconectadores son esencialmente **ELEMENTOS DE CONTROL QUE DETERMINAN EL TIEMPO DENTRO O FUERA DE UNA CARGA O DE UN ELEMENTO.**

El desconectador de un polo, tiro sencillo es el más simple y posiblemente el más usado de la familia de desconectadores, en la figura siguiente se muestra este tipo de desconectador, aun cuando para aplicaciones residenciales, comerciales o industriales es más compacto y totalmente cerrado.

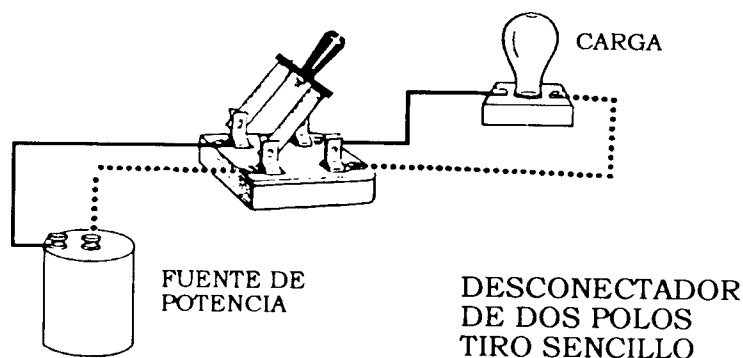


ACCION DE UN DESCONECTADOR
DE UN POLO TIRO SENCILLO

La parte móvil del desconectador se conoce como el POLO, de modo que cuando solo hay uno de estos se le denomina de "**polo sencillo**", si el polo se mueve en una sola dirección se denomina de "**tiro sencillo**" y si se mueve en dos de doble tiro.



DESCONECTOR DE DOBLE TIRO UN POLO SENCILLO



EL DESCONECTOR DE DOBLE POLO Y TIRO SENCILLO.

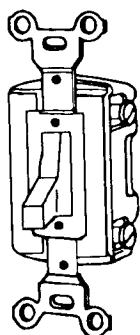
Este desconectador está equipado con un par de polos, sin embargo, sus hojas o navajas se mueven solo en una dirección, esto es lo que se dice, de un solo tiro, debido a esta característica se le denomina de **doble polo y tiro sencillo**.

EL DESCONECTOR DE UN POLO DOBLE TIRO.

Estos desconectores se usan algunas veces cuando se requiere controlar dos cargas diferentes en forma indistinta, como se muestra en la figura anterior, este tipo de situaciones, no es muy común, pero se

puede presentar. Otras variantes de formas distintas de controlar las cargas se pueden dar, para esto se han diseñado, especialmente para las aplicaciones residenciales y comerciales, distintos tipos de desconectadores, como son por ejemplo los de dos y tres vías.

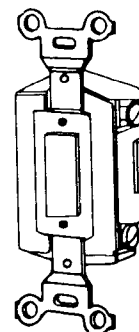
SWITCH DE PALANCA



SWITCH ESTILO DECORACION

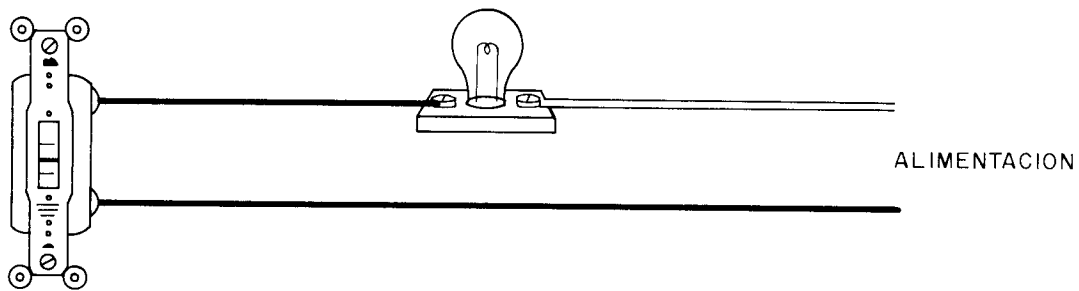


SWITCH DE BOTON

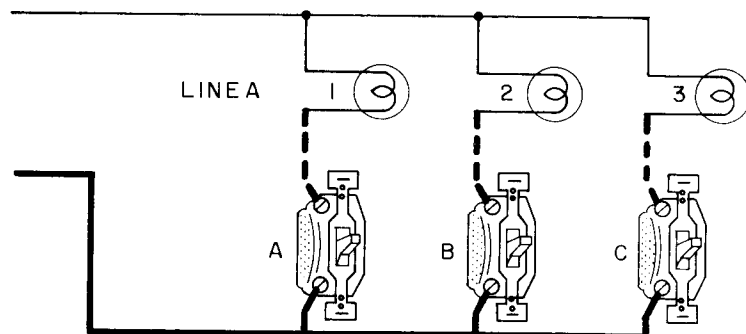
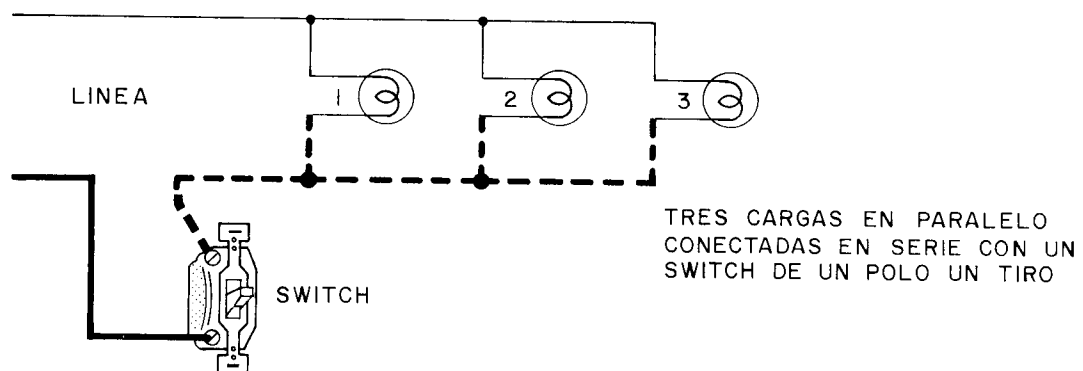


ALGUNOS TIPOS DE SWITCHES
USADOS EN CASA HABITACION

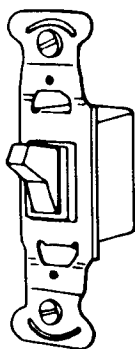
ALGUNAS APLICACIONES DE LOS DESCONECTADORES (SWITCHES) EN BAJA TENSION.



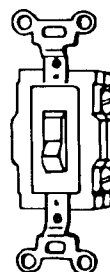
SWITCH DE UN POLO UN TIRO CONTROLANDO
A UNA CARGA DESDE UN PUNTO.



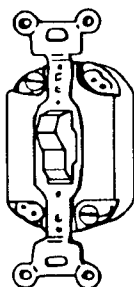
LAMPARAS (CARGAS) CONTROLADAS
EN FORMA INDIVIDUAL.



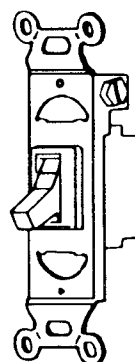
USO GENERAL EN C.A.



USO EN MOTORES DE C.A.

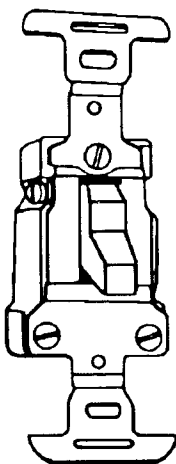


USO GENERAL EN C.A. Y C.D.

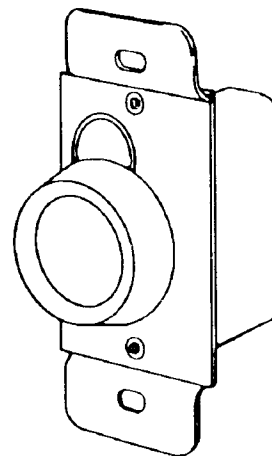


SWITCHES TIPO PALANCA

SWITCH CON RETARDO
DE TIEMPO

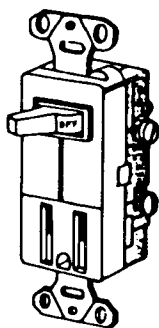


SWITCH DIMMER
(REGULADOR DE LUZ)

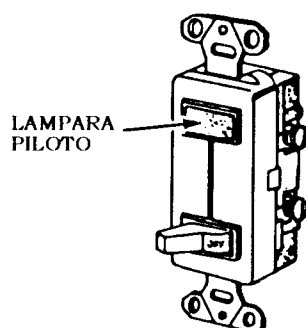


SWITCHES CON RETARDO Y DIMMER

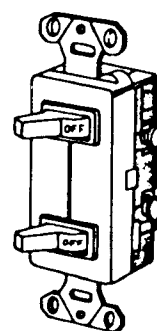
COMBINACION DE
SWITCH Y CONTACTO



SWITCH CON
LAMPARA PILOTO



DOS SWITCHES
EN UNA BASE

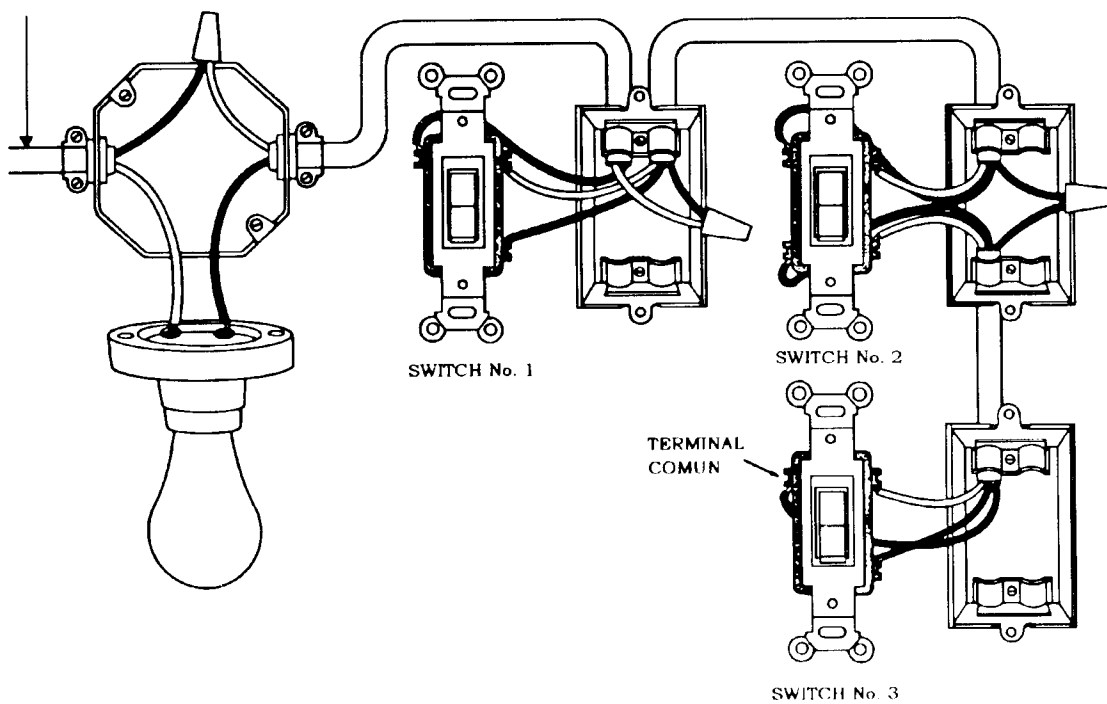


EJEMPLOS DE COMBINACIONES CON SWITCHES

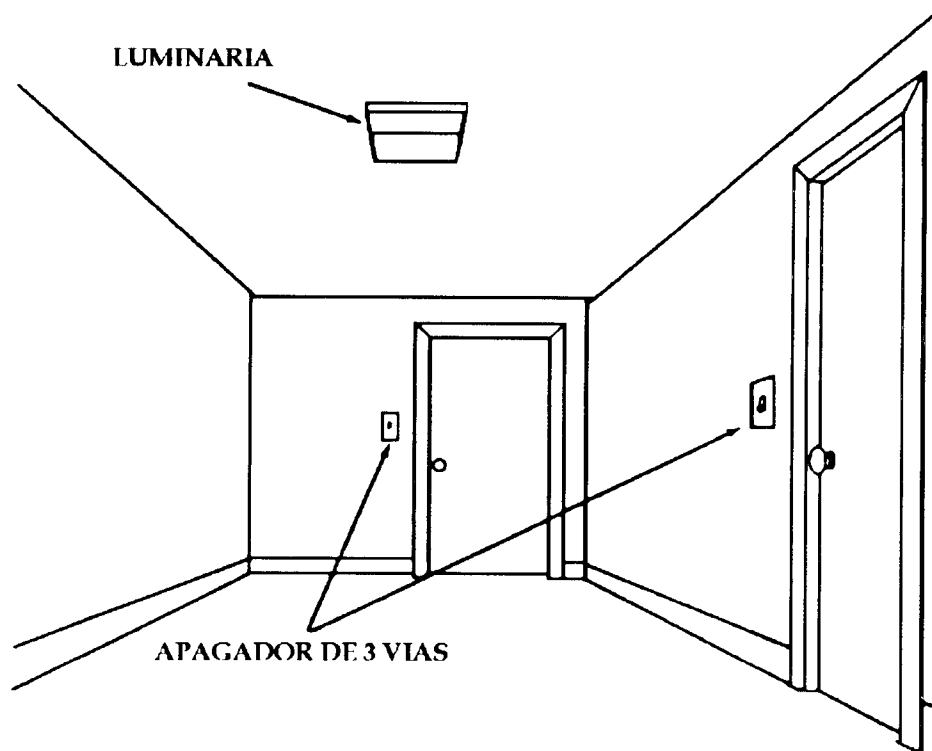
(ALIMENTACION)
TUBO CONDUIT

CABLE DE 2 CONDUCTORES

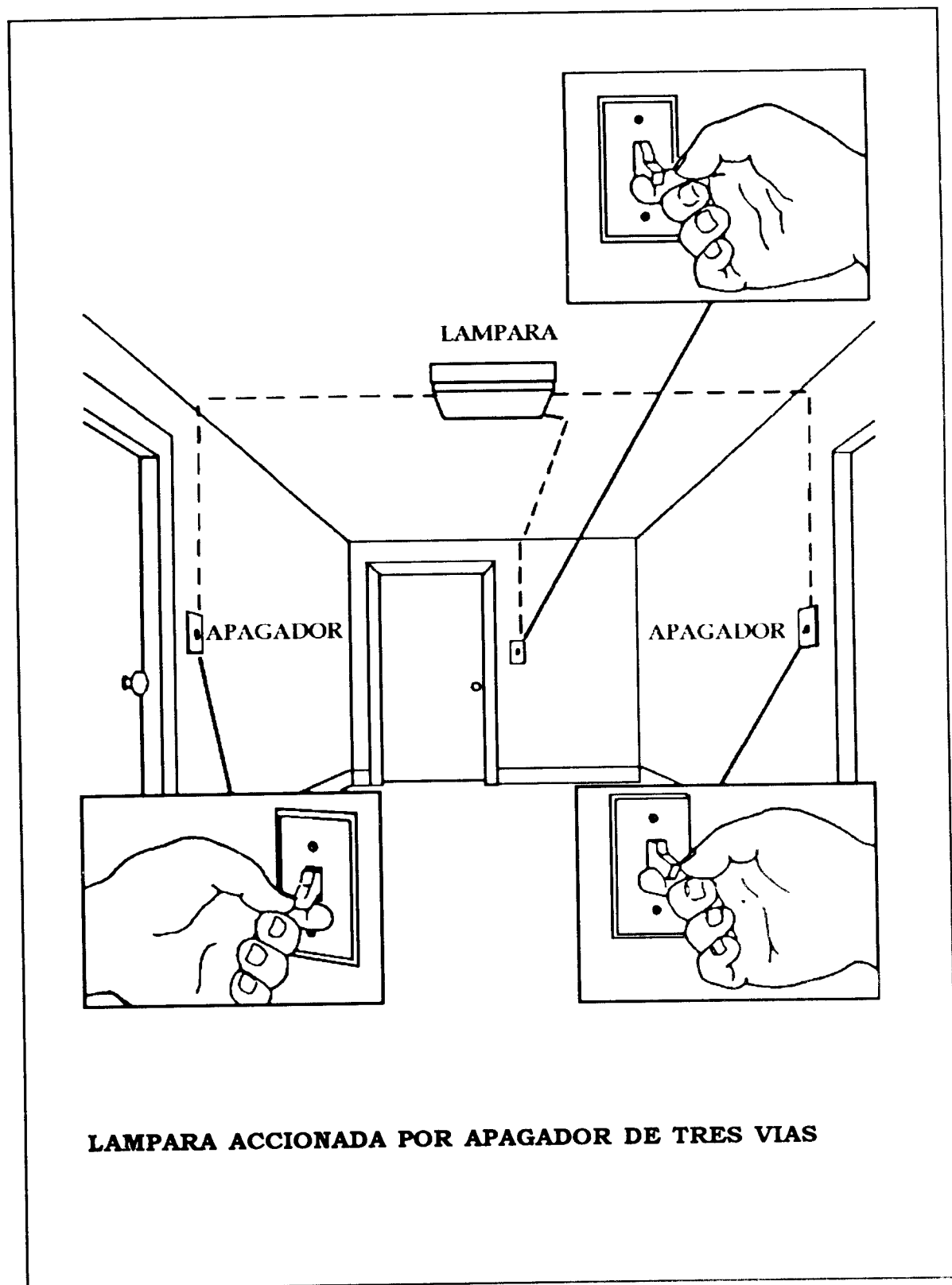
CABLE DE 3 CONDUCTORES



ALAMBRADO DE UN APAGADOR DE 4 VIAS Y DOS DE 3 VIAS



INSTALACION ELECTRICA OCULTA CON APAGADOR DE
TRES VIAS PARA PRENDER Y APAGAR LA LAMPARA DESDE 2
PUNTOS

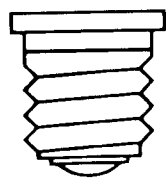


2.3. FUSIBLES

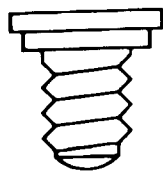
En las instalaciones eléctricas se pueden presentar corrientes que sean mayores que los valores nominales o máximos de operación de los cables o conductores, o bien de los equipos. Estas sobrecorrientes se pueden presentar básicamente por dos causas: sobrecargas y corto circuito. Para proteger a los equipos y las instalaciones contra estas sobrecorrientes, se usan dispositivos que las detectan y puedan operar en un cierto tiempo, tal es el caso de los fusibles o los interruptores termomagnéticos usados en instalaciones residenciales, industriales o comerciales.

Los fusibles son de hecho los más viejos dispositivos de protección contra sobrecorrientes y su desarrollo original se debe a Edison, por la misma época en que inventó otras componentes eléctricas; cuando se inició el desarrollo de la industria eléctrica hacia finales de los 1800s; todo esto como resultado del descubrimiento de la lámpara eléctrica que fue el principio formal de la utilización de la energía eléctrica y con esto de todo tipo de instalaciones eléctricas.

El principio de operación de los fusibles se podría decir que es el mismo con algunas pequeñas variantes, también existen diferencias desde el punto de vista constructivo. Estas diferencias se presentan principalmente, dependiendo, de si se trata de fusibles en baja tensión (menores de 1000 volts) o en alta tensión, para aplicaciones residenciales o industriales, para ser coordinados con otros elementos de protección que no son fusibles, o con fusibles. Algunos tipos constructivos se indican a continuación, donde se muestran los dos tipos básicos de fusibles, el cartucho, el de navaja y el tipo rosca.



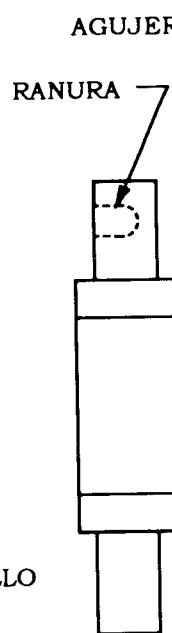
BASE TIPO EDISON



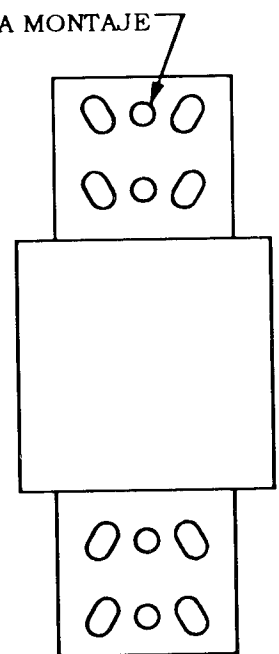
BASE TIPO S



TIPO CASQUILLO

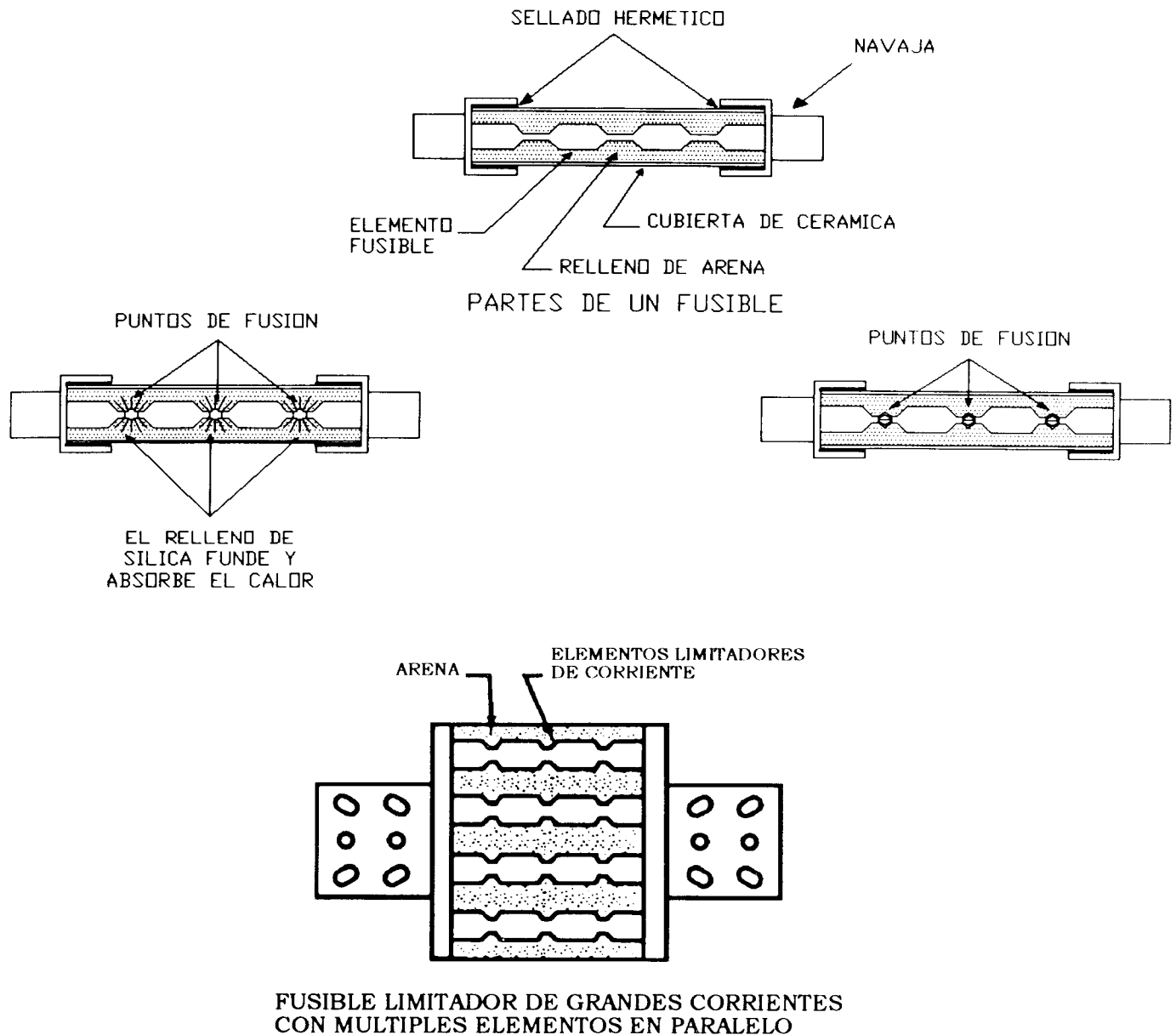


TIPO NAVAJA

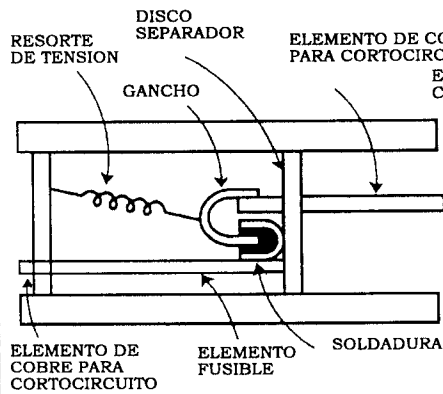
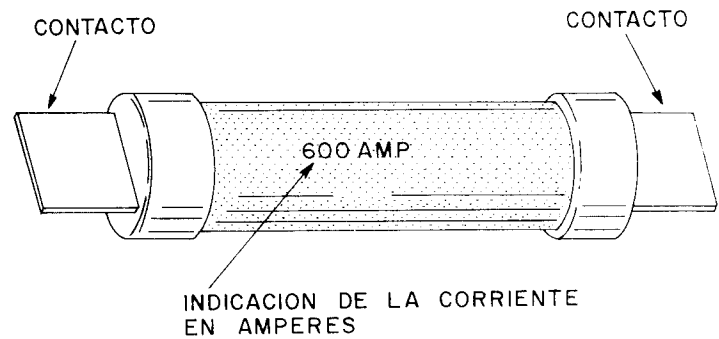
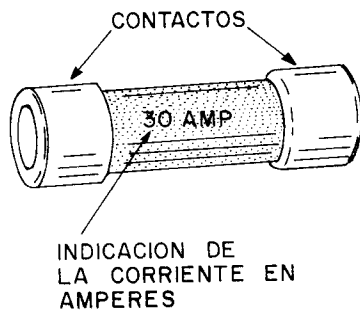


TIPO ATORNILLABLE
(601-6000 A)

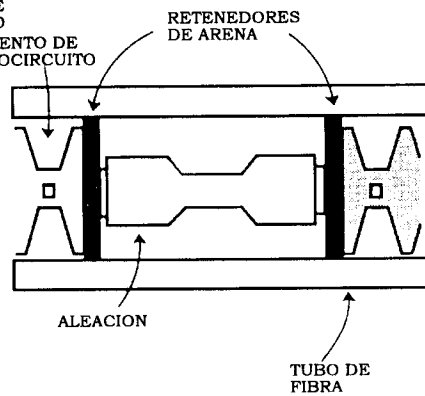
FUSIBLES TIPO CARTUCHO



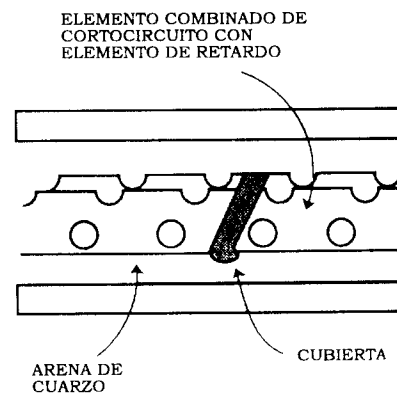
Aun cuando, como se ha mencionado, los fusibles representan uno de los elementos más antiguos en su uso dentro de los sistemas eléctricos, se han tenido avances muy importantes en la comprensión de su funcionamiento, sus materiales y su construcción.



A



B



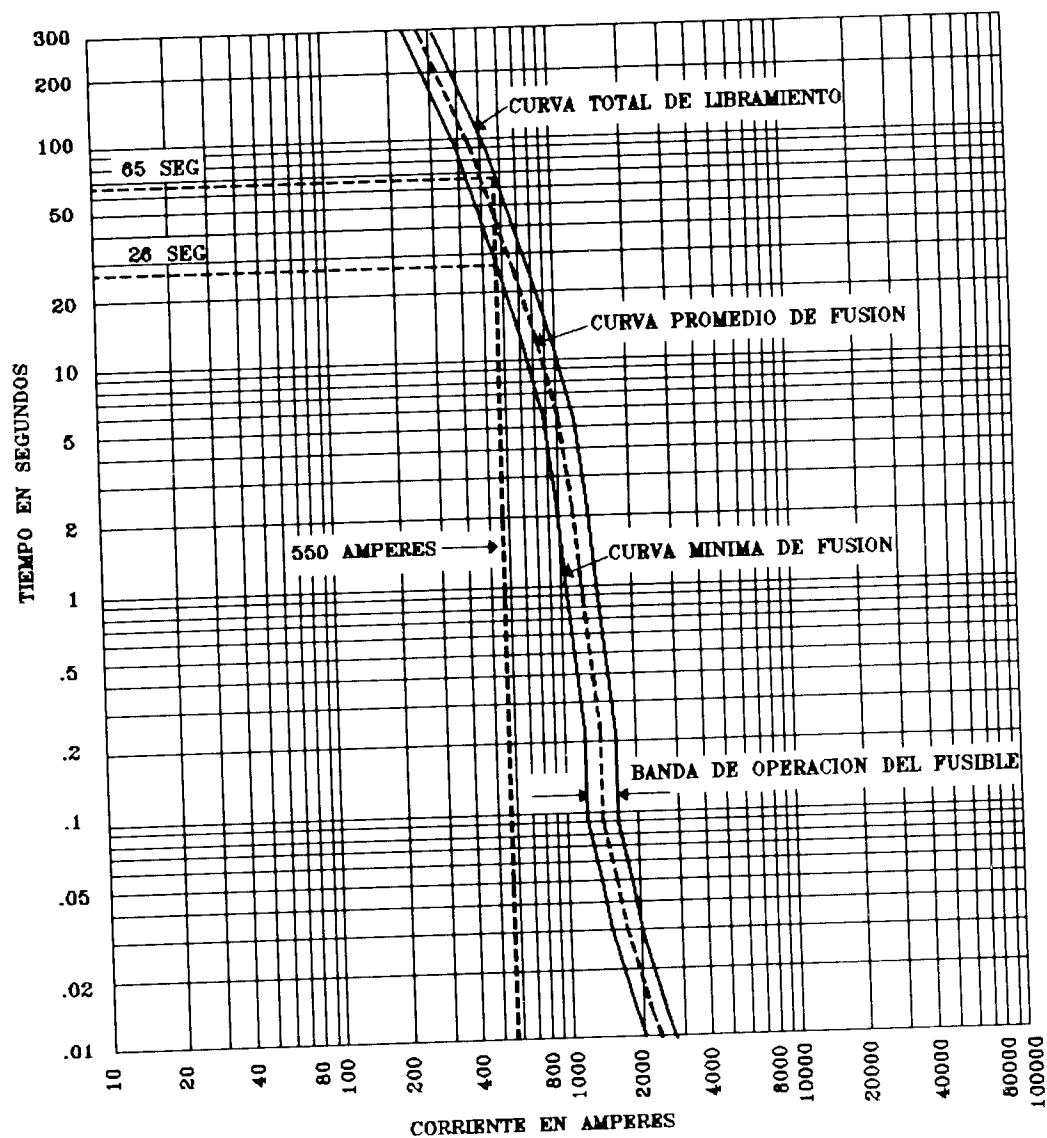
C

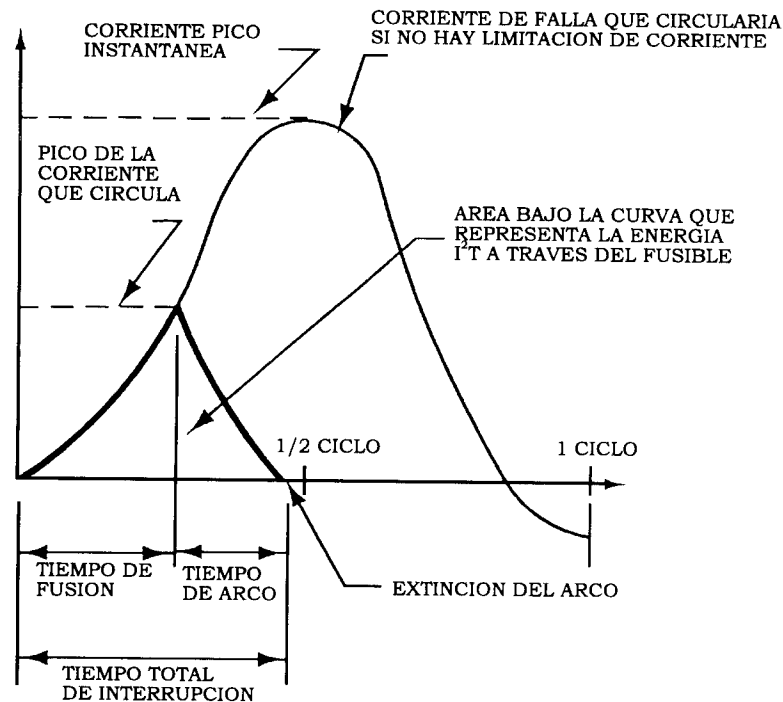
Actualmente los fusibles se siguen usando para proporcionar protección a lámparas y circuitos de alumbrado, pero también para proteger motores con altas corrientes, o bien dispositivos electrónicos de estado sólido que manejan valores de corrientes muy bajas.

Como se ha mencionado antes, los fusibles se pueden encontrar en una gran variedad, como por ejemplo, los tipo rosca enchufables, de uso en casas habitación, los tipo cartucho con base de casquillo para aplicaciones diversas hasta 60 A., los tipo casquillo con terminales de navaja para corrientes de 70 A. a 600 A. o los tipo cartucho con bases atornillables para corrientes hasta 6000 A. Los fusibles, como los interruptores operan con una curva inversa de tiempo corriente diseñada para interrumpir rápidamente los corto circuitos, permitiendo por tiempos más largos las sobrecargas temporales o bien las corrientes de arranques de motores.

La curva característica de un fusibles, como la de un interruptor, se traza en papel log-log y tiene una banda de operación en lugar de una curva sencilla, la curva inferior de esta banda indica el tiempo mínimo de fusión; en tanto que, la curva superior indica el tiempo máximo de libramiento o interrupción.

El tiempo total de interrupción, es la suma del tiempo requerido por el elemento fusibles para fundirse más el subsecuente tiempo de arco.





FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE DE FALLA MOSTRANDO
LA OPERACION DEL FUSIBLE PARA LIMITAR LA CORRIENTE

El elemento fusible ideal para la limitación máxima de corriente debe poseer baja conductividad, poca masa para reducir el tiempo de calentamiento y un punto muy alto y definido de fusión.

Existen condiciones en las que un fusible debe tener un punto de fusión elevado, pero a la vez permitir el paso de sobrecorrientes por períodos de tiempo definidos, este el caso de los fusibles usados para la protección de motores, que deben permitir sobrecargas y las corrientes de arranque. Estos fusibles se conocen, como de: "**retardo de tiempo**" y tienen dos elementos en serie.

Ejemplo 2.1.- Cuál es el tiempo mínimo de fusión y el tiempo total de interrupción para el fusible cuya curva se muestra en la figura anterior, si está sujeto a un nivel de corriente de 550 A.

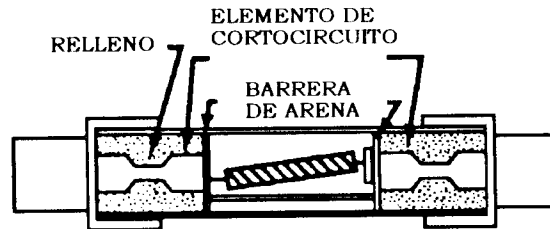
Solución.

De la curva anterior, para una corriente de 550 A. el tiempo mínimo de fusión, es alrededor de 26 segundos, el tiempo total de apertura, es aproximadamente 65 seg.

LA FUNCION DE LA LIMITACION DE CORRIENTE.

Una de las grandes ventajas de los fusibles, es que ciertos tipos tienen la capacidad de limitar el flujo de la corriente de falla a un nivel bastante abajo del valor pico teórico. Esto reduce sensiblemente los esfuerzos térmicos y dinámicos asociados con los grandes valores de falla.

En la siguiente figura, se muestra la forma de onda durante la falla. La corriente de falla rápidamente asciende hasta el valor pico instantáneo del potencial, pero previo a alcanzar este valor, el elemento fusible se funde y se presenta inicio del arco. La corriente se forza a cero antes de alcanzar el primer medio ciclo. La corriente nunca alcanza su valor pico instantáneo, pero sí, un valor menor llamado **"Pico a través de la corriente"**. El tiempo total de interrupción del fusible, es la suma del tiempo de fusión más el tiempo de arqueo o del arco eléctrico.



FUSIBLES CON
RETARDO DE TIEMPO

2.3.1. CLASIFICACION DE FUSIBLES.

Existen distintos tipos de clasificación de los fusibles, la mayoría está en función de su aplicación y se han basado generalmente en aspectos normativos, de aquí, que una clasificación muy conocida sea la que se hace por parte de la UL (Under Writers Laboratories) en los Estados Unidos. Esta clasificación agrupa a los fusibles en dos categorías básicas:

a).- Fusibles no limitadores de corriente.

Que son aquellos tipo tapón (con rosca) o de tipo cartucho, denominados clase H y que tienen capacidad para interrumpir corrientes de falla en forma segura hasta unos 10,000 A., pero no son limitadores de corriente. Generalmente, su aplicación se encuentra entre los 250 V. y 600 V. con corrientes hasta 600 A.

b) - Fusibles limitadores de corriente

Los fusibles limitadores de corriente se clasifican de acuerdo a una letra de identificación, como: Clase J, K, L, R y T.

CLASE: J. Los fusibles clase J. son limitadores de corriente y están diseñados para operar a 600 V. o menores. Tienen capacidad para interrumpir corrientes de falla hasta de 20,000 Amperes. Su valor de corriente nominal puede llegar a ser hasta 600 A.

CLASE: K. Estos son fusibles limitadores de corriente con tres designaciones; K-1, K-5 y K-9, cada clasificación tiene límites específicos de corrientes pico que circulan por ellos y de valores I^2t . Las capacidades interruptivas, para los: K-1, K-5 y K-9, son 50,000 A., 100,000 A. y 200,000 A., respectivamente.

Estos fusibles se designan, como con "***retardo de tiempo***", sí son capaces de conducir hasta cinco veces sus corrientes nominales por al menos 10 segundos.

CLASE: L. Este tipo de fusibles son ampliamente usados y se encuentran disponibles en capacidades de 601 Amperes hasta 6,000 Amperes con voltajes de 600 volts o menores. Tienen capacidad de interrupción de corrientes de falla de hasta 200,000 Amperes y generalmente son del tipo atornillable.

CLASE: R. Estos fusibles se encuentran disponibles en los rangos de voltaje de 250 V. y 600 V. y hay dos subclasificaciones basadas en el nivel de las corrientes de pico y el valor térmico (I^2t). Estas dos subclasificaciones son: RK-I y RK-J. Sus capacidades nominales son hasta 600 Amperes, son del tipo acción retardada y pueden conducir hasta el 500% del valor nominal de su corriente durante al menos 10 segundos.

CLASE: T. Estos son relativamente nuevos dentro de la familia de los fusibles, y están diseñados para ser usados en instalaciones compactas. Su capacidad interruptiva llega hasta los 200,000 Amperes, con corrientes nominales hasta 600 Amperes, en los rangos de voltaje de: 250 y 600 volts.

TABLA 2.3

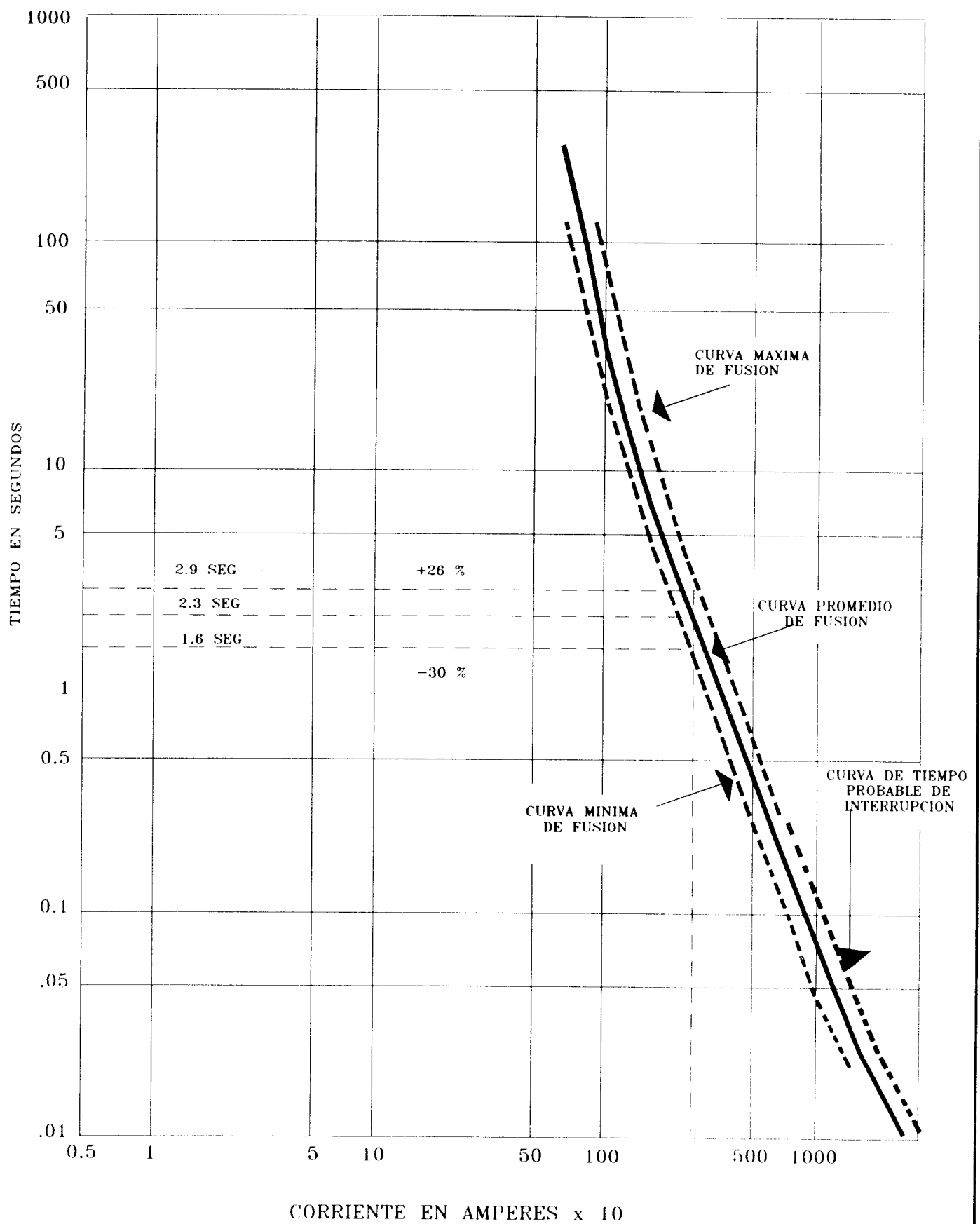
**VALORES ESTANDAR DE CORRIENTE EN AMPERES
PARA FUSIBLES DE BAJA TENSION**

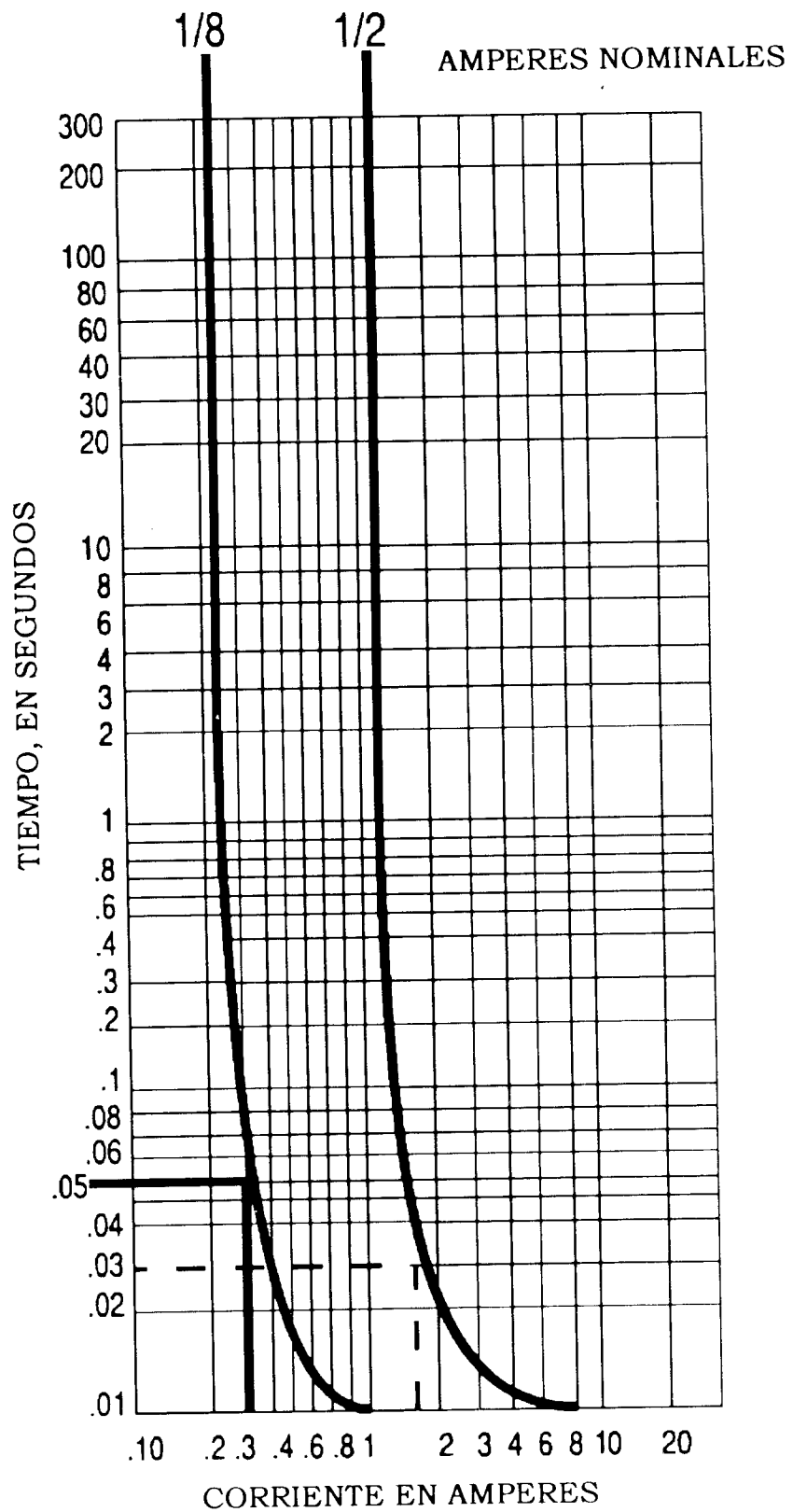
0-600 Amperes		
15	70	225
20	80	250
25	90	300
30	100	350
35	110	400
40	125	450
45	150	500
50	175	600
60	200	
601-6000 Amperes		
601	1350	3000
650	1500	3500
700	1600	4000
800	1800	4500
1000	2000	5000
1200	2500	6000

La protección contra fallas de los fusibles tiene la misma función que la de los interruptores y es necesarios en aquellas aplicaciones de los fusibles que se coordinen sus características con las de los dispositivos de control empleados, para proteger adecuadamente los circuitos y componentes. Los fabricantes proporcionan tres tipos de datos básicos para los fusibles, que son:

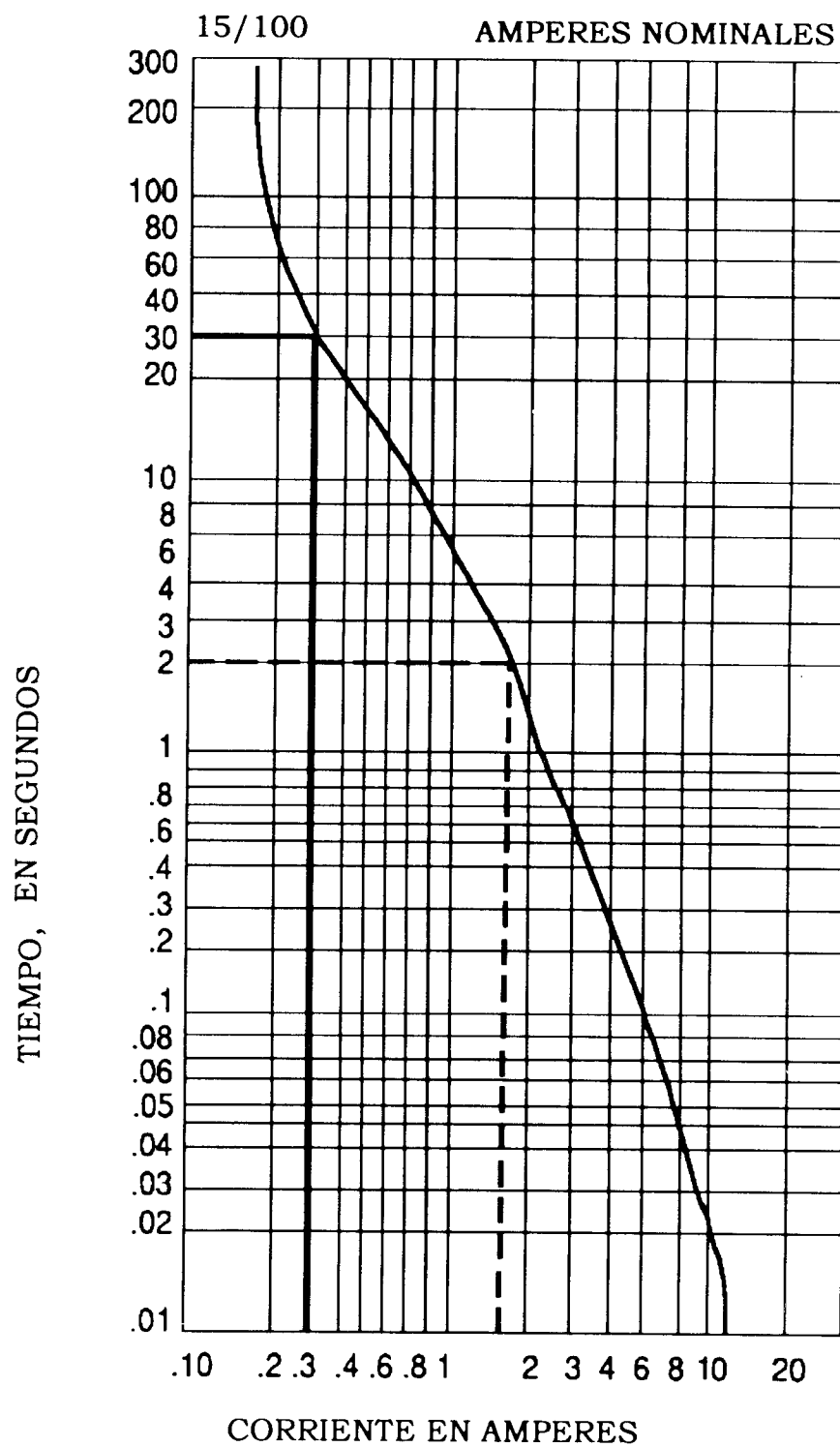
- **Las curvas tiempo-corriente. Estas curvas muestran los tiempos de fusión a distintos valores de corriente.**
- **Las curvas corriente-limitación que muestran los picos de corriente para distintos valores de corrientes simétricas.**
- **Las curvas o tablas que muestran el valor de I^2t y los niveles de daño para diferentes fusibles a valores específicos de corrientes de falla.**

Dentro de las aplicaciones típicas de los fusibles se tiene la protección de circuitos derivados para motores, para alumbrado o bien para otro tipo de cargas.

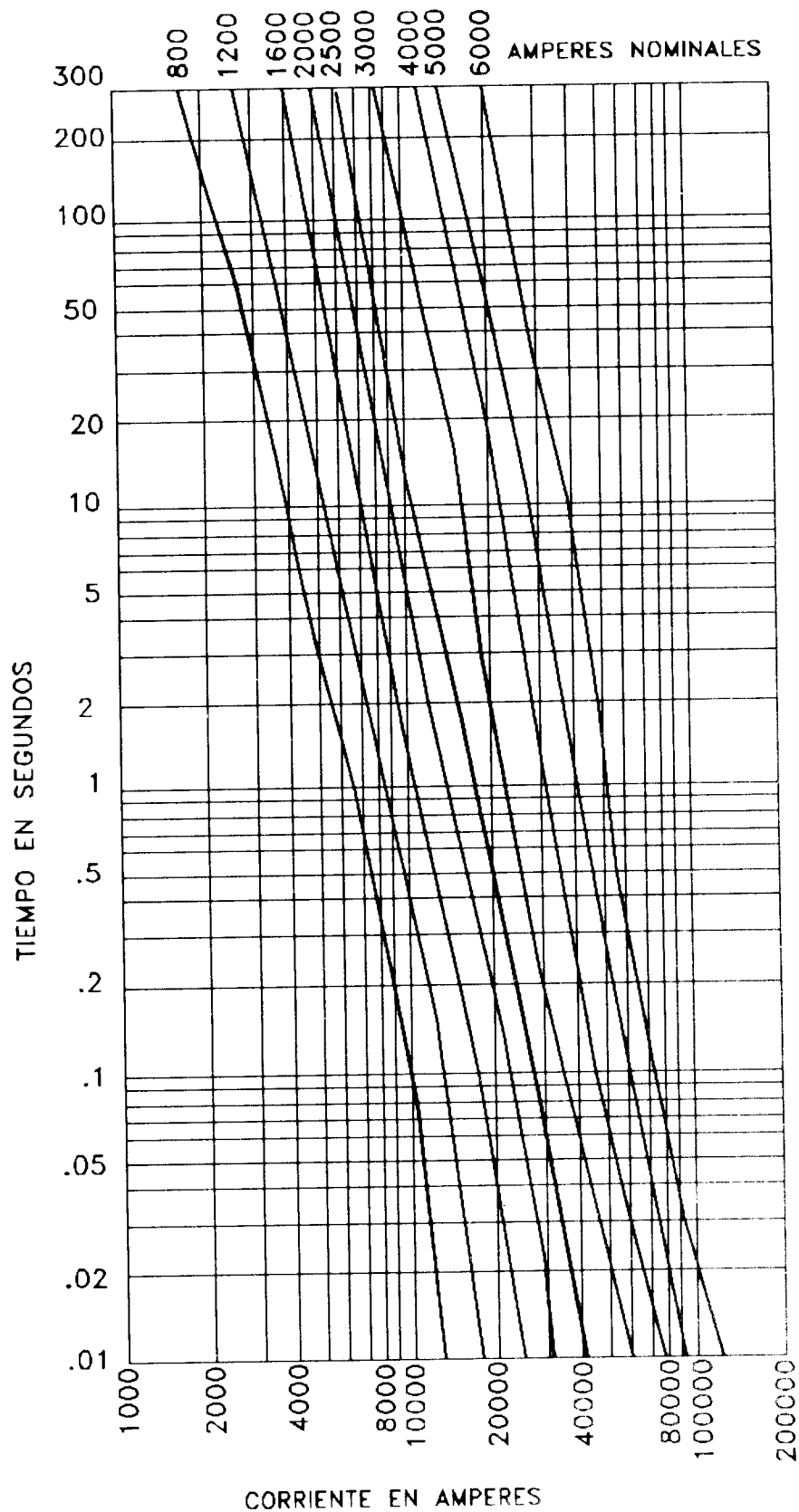




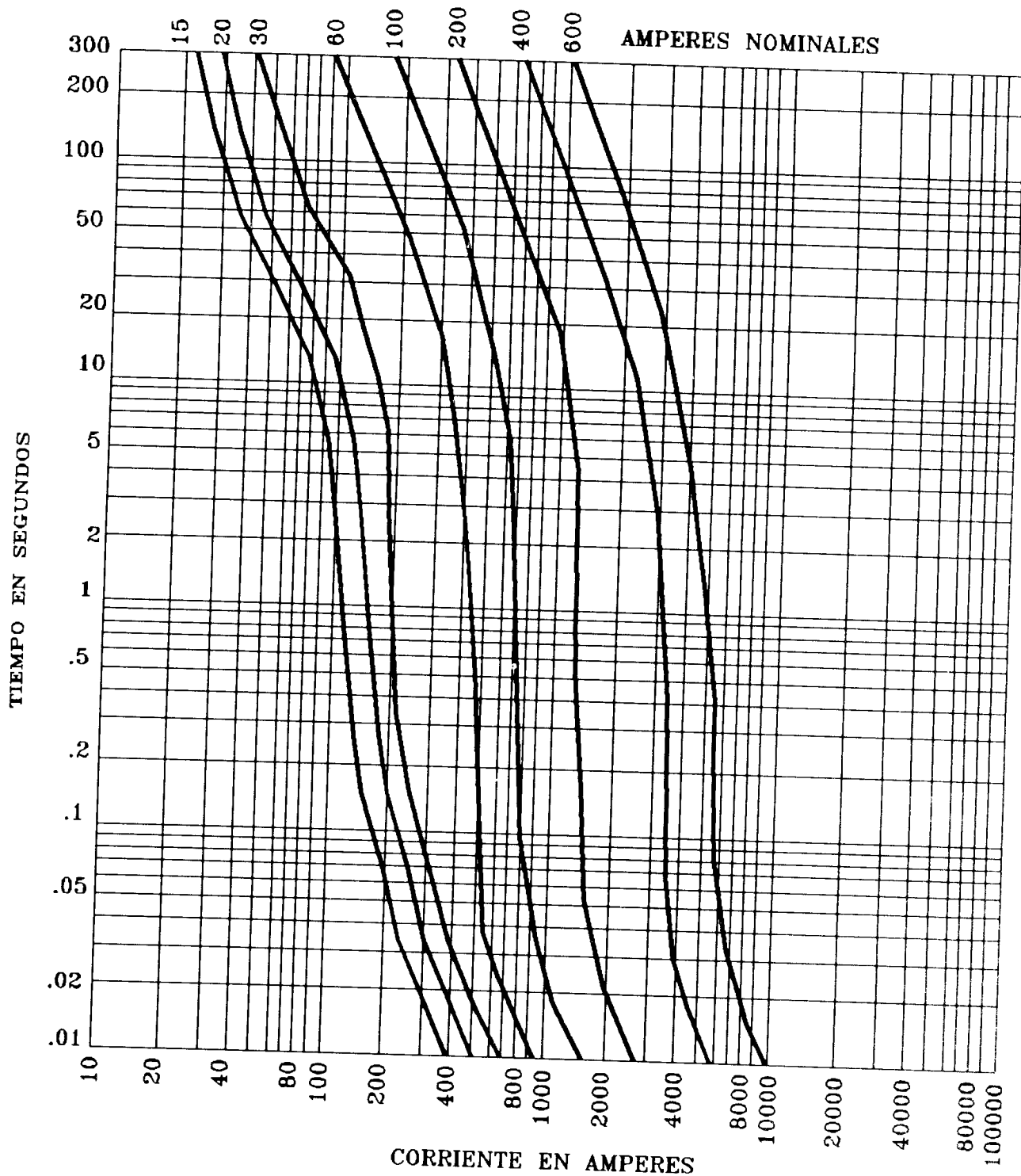
CURVA TIPICA TIEMPO-CORRIENTE DE UN FUSIBLE DE ACCION RAPIDA



CURVA TIPICA DE UN FUSIBLE DE TIEMPO RETARDADO

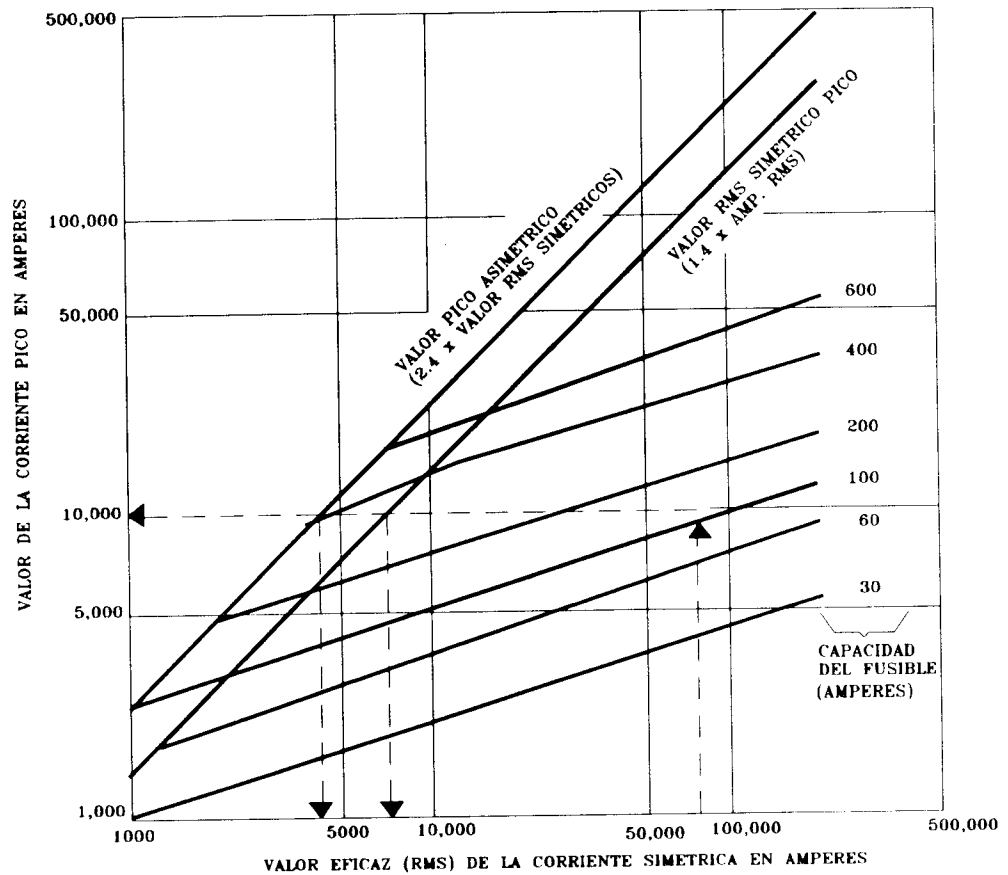


CURVA TIPICA PARA FUSIBLES LIMITADORES
DE CORRIENTE TIPO L DE 800 AMPS A 6000 AMPS

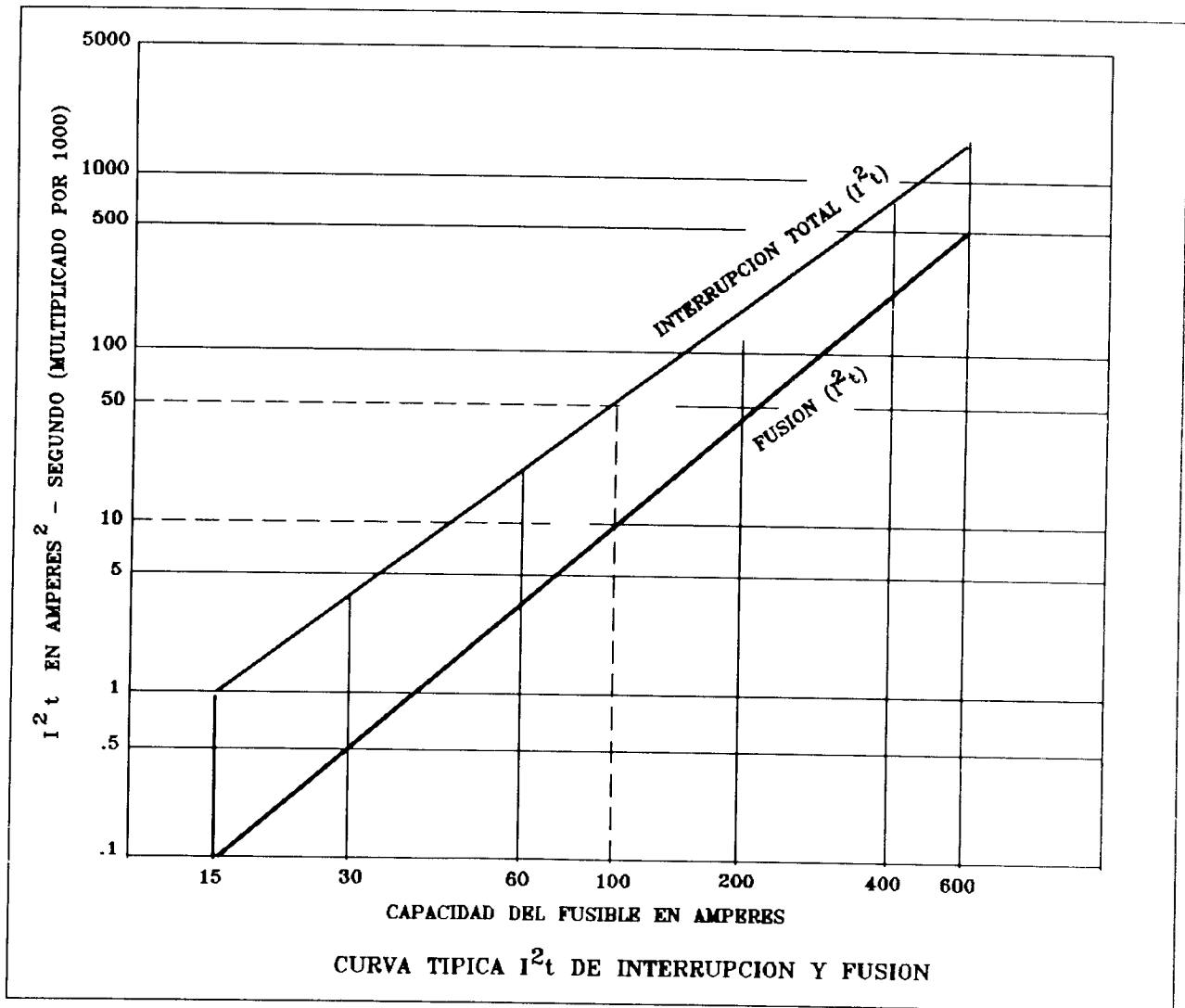


CURVAS CARACTERISTICAS TIPICAS PARA FUSIBLES
LIMITADORES DE CORRIENTE DE 15 AMPS A 600 AMPS
TIPO RK - 1

Curva típica de un fusible. El ancho de la banda de fusión (líneas punteadas) describe la tolerancia sobre cada lado de la curva promedio de fusión. Por ejemplo, el tiempo promedio de fusión puede ser: 2.3 seg. para un valor de corriente, pero este tiempo, puede estar entre: 1.6 seg. (mínimo) ó 2.9 seg. (máximo).



CURVA TIPICA DE LA CORRIENTE PICO A TRAVES DE UN FUSIBLE



Las normas técnicas para instalaciones eléctricas en sus fracciones 205.22, 205.23, 205.28, 205.29 y 205.30, establecen lo siguiente con relación a los fusibles.

Medios de desconexión para fusibles.

Deben proveerse medios de desconexión en el lado de abastecimiento de los fusibles en circuitos de más de 150 volts a tierra (en caso de fusibles de cartucho, en circuitos de cualquier tensión), si son accesibles a personas no idóneas; de manera

que cada circuito individual que contenga fusibles pueda desconectarse, en forma independiente de éstos, de la fuente de abastecimiento. Se exceptúan los casos indicados como excepción en el artículo 403.78, en que se permite usar un solo medio de desconexión para controlar un grupo de circuitos de motores, en las condiciones que ahí se indican.

Partes en que se formen arcos.

Los fusibles e interruptores automáticos deben localizarse o resguardarse, en forma tal que, su operación no ocasione quemaduras u otros daños a personas, debido a los arcos que se formen en algunas de sus partes.

Partes con movimiento repentino.

Las palancas de interruptores automáticos y partes semejantes que puedan moverse repentinamente, deben colocarse o resguardarse de manera que no puedan dañar a las personas en su proximidad.

Fusibles de tapón con rosca.

- a) *Tensión máxima.* Los fusibles de tapón con rosca no deben usarse en circuitos con una tensión mayor de 127 volts entre conductores.
- b) *Partes vivas.* Los fusibles de tapón con rosca deben construirse en tal forma que puedan colocarse y quitarse del portafusibles sin que se toquen partes vivas de éste.

- c) **Identificación.** Cada fusible debe llevar marcado el valor de su corriente nominal en amperes. Los valores nominales de corriente usuales, son: 15, 20 y 30 amperes. Los portafusibles deben ser todos de una capacidad única de 30 amperes.

Fusibles de cartucho y portafusibles.

- a) **Clasificación.** Los fusibles de cartucho y sus portafusibles, hasta de 600 volts nominales, se clasifican de acuerdo con la Tabla 205.29 a).
- b) **Prevención de uso inadecuado.** Los fusibles de cartucho y sus portafusibles, deben construirse de tal modo que sea prácticamente imposible colocar un fusible de una cierta clasificación en un portafusibles de clasificación distinta, tanto por lo que respecta a corriente como a tensión.
- c) **Identificación.** Cada fusible de cartucho debe tener marcadas las características, siguientes: corriente nominal, tensión nominal, capacidad interruptiva cuando ésta sea mayor de 10,000 amperes y la marca o nombre del fabricante.

2.4. INTERRUPTORES.

La protección contra sobrecorriente esta orientada para prevenir el daño a conductores y aislamientos por las corrientes excesivas que pueden circular debido a corto circuito de fase a tierra o entre fases.

La discusión de cuál es la mejor forma de protección, si interruptores o fusibles, se ha mantenido durante largo tiempo, pero hay algunas aplicaciones en que solo los interruptores las pueden satisfacer y otras que solo los fusibles; muchas otras en que cualquiera de los dos se pueden aplicar en forma satisfactoria.

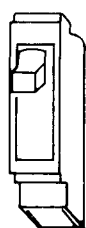
Existen ciertos casos en que la combinación fusible/interruptor puede proporcionar la protección que ninguno por separado puede dar.

En las instalaciones de baja tensión (menores de 1000 V.) los interruptores en "**caja moldeada**" son el principal tipo usado, se pueden dividir en dos categorías: El tipo magnético y el electromagnético.

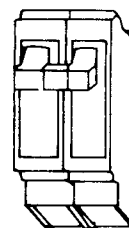
a) Interruptores magnéticos (con disparo instantáneo).

Estos interruptores pueden ser del tipo magnético sin elemento térmico, responde a valores instantáneos de corriente, producto del arranque de motores o de corrientes de corto circuito a tierra. No están equipados con protección térmica. Disparan a un valor de aproximadamente tres (3) veces su capacidad en su valor de ajuste bajo y hasta diez (10) veces en su ajuste alto. Algunos interruptores de disparo instantáneo tienen valores ajustables de disparo.

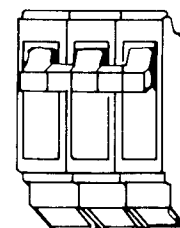
1 POLO



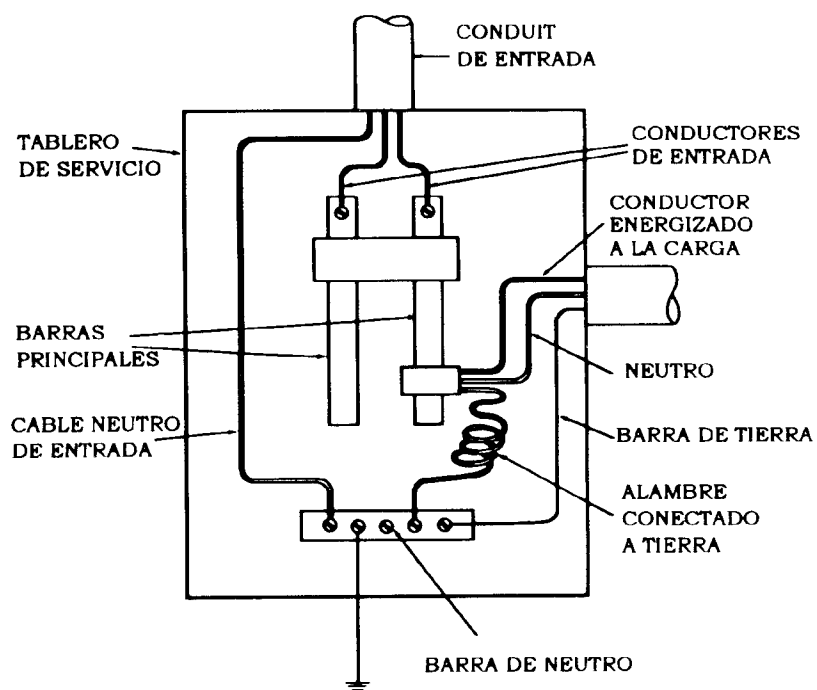
2 POLOS



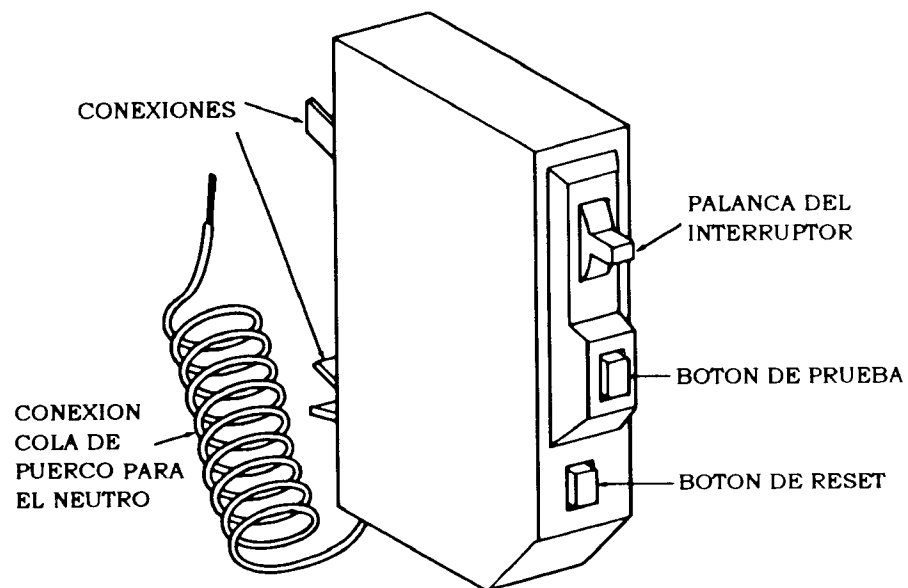
3 POLOS



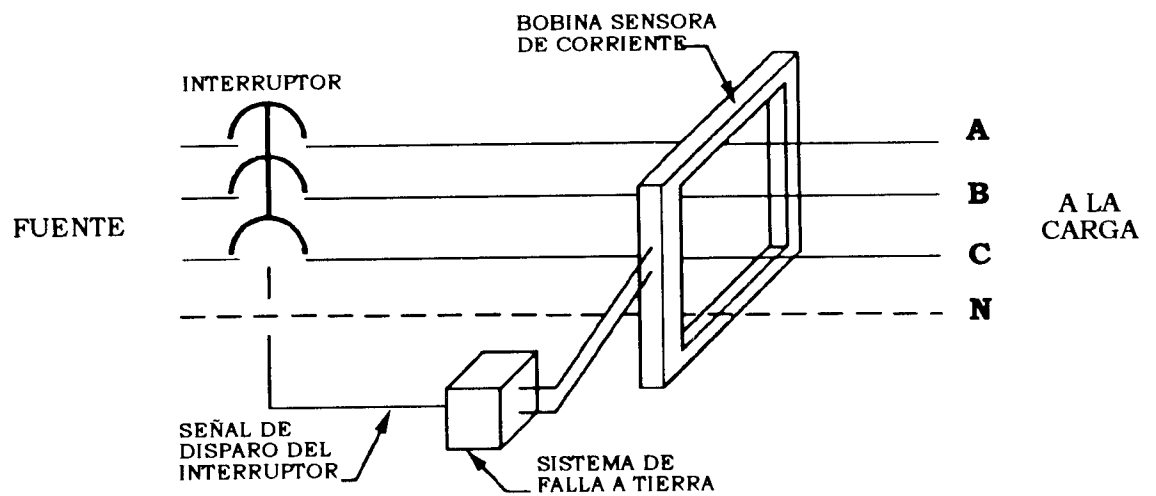
INTERRUPTOR DE DISPARO INSTANTANEO



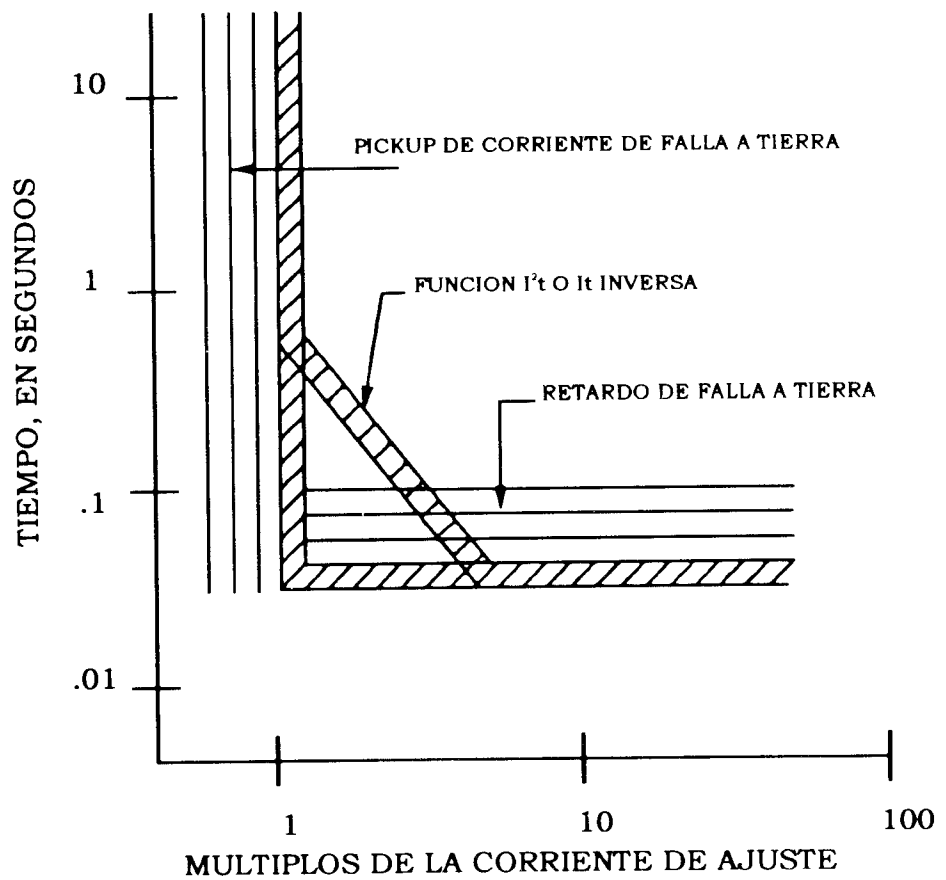
TABLERO PRINCIPAL



CONSTRUCCION TIPICA DE UN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO



OPERACION DEL SENSOR DE FALLA A TIERRA



PUNTOS DE AJUSTE PARA FALLA A TIERRA DE UN INTERRUPTOR DE ESTADO SOLIDO

Los ajustes del circuito de disparo instantáneo son modificados para permitir la corriente de arranque de motores, se usan por lo general, cuando los fusibles con retardo de tiempo ajustados a cinco (5) veces la corriente nominal, o el valor bajo del ajuste del interruptor a 3 veces, no soportan la corriente de arranque del motor.

Cuando se usan interruptores con disparo instantáneo, se debe proveer al motor con protección de sobrecarga para que se cubra el requisito de protección por sobrecarga del mismo.

En los interruptores con circuito de disparo instantáneo, solo se abre en forma instantánea para corto circuito entre fases o de fase a tierra. Nunca operan con elevaciones de temperatura lentas debidas a calentamientos en los devanados. En estos casos se debe proveer una protección contra sobrecarga.

a) Interruptores termomagnéticos (de tiempo inverso).

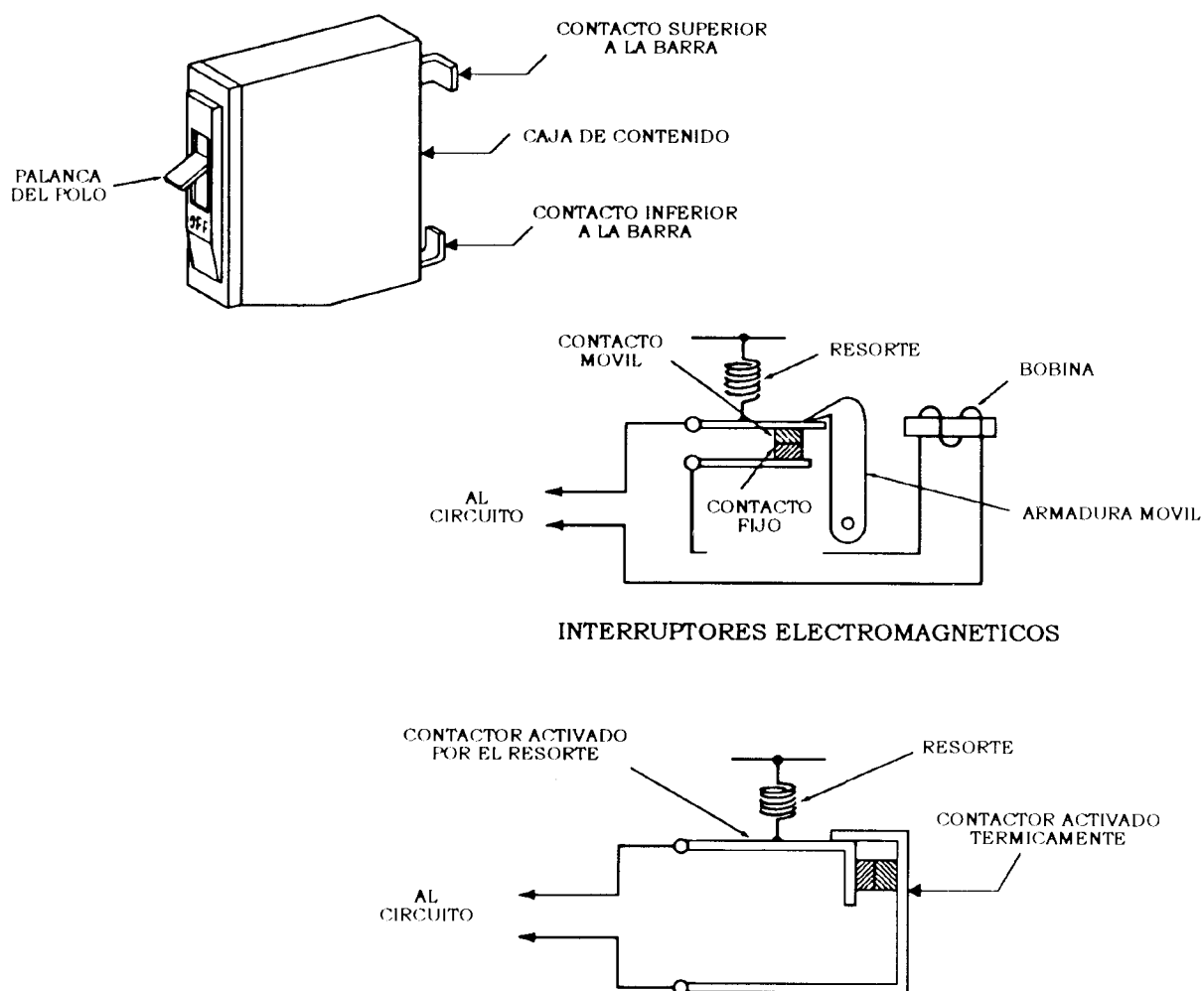
Los interruptores de tiempo inverso tienen disparo instantáneo y térmico. La acción térmica de estos interruptores responde al calor, por ejemplo, si el sistema de ventilación no opera en forma adecuada y el motor se calienta, entonces opera la protección térmica. Cuando ocurre un corto circuito, entonces la acción magnética del interruptor detectará el valor instantáneo de corriente y dispara al interruptor. Este es el tipo de interruptor que se usa en forma más común para aplicaciones comerciales e industriales.

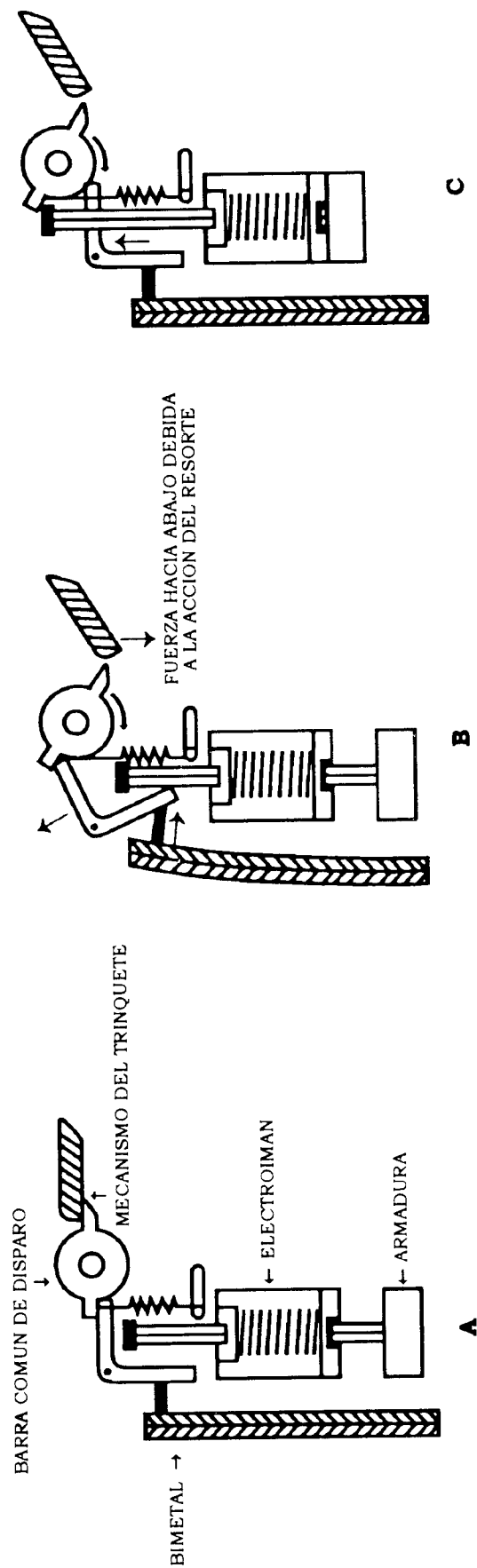
Un interruptor de 100 A. o menos, soporta un 300% de sobrecarga por 4 segundos a 220 volts. Un interruptor puede permitir una sobrecarga del 300% durante 9 segundos en: 440 ó 480 volts.

TABLA 2.4

**AJUSTES DE DISPARO DE INTERRUPTORES
TERMOMAGNETICOS
(de tiempo inverso)**

Tamaño (Amperes)	Volts	Porciento de Carga Soportada	Tiempo en Segundos
100	220	300%	4
100	480	300%	9
110-225	220/480	300%	35
400-500	220/480	300%	50
600	220/480	300%	40





A.- CONDICION NORMAL

B.- EL INTERRUPTOR SE DISPARA POR LA ACCION DEL ELEMENTO TERMICO

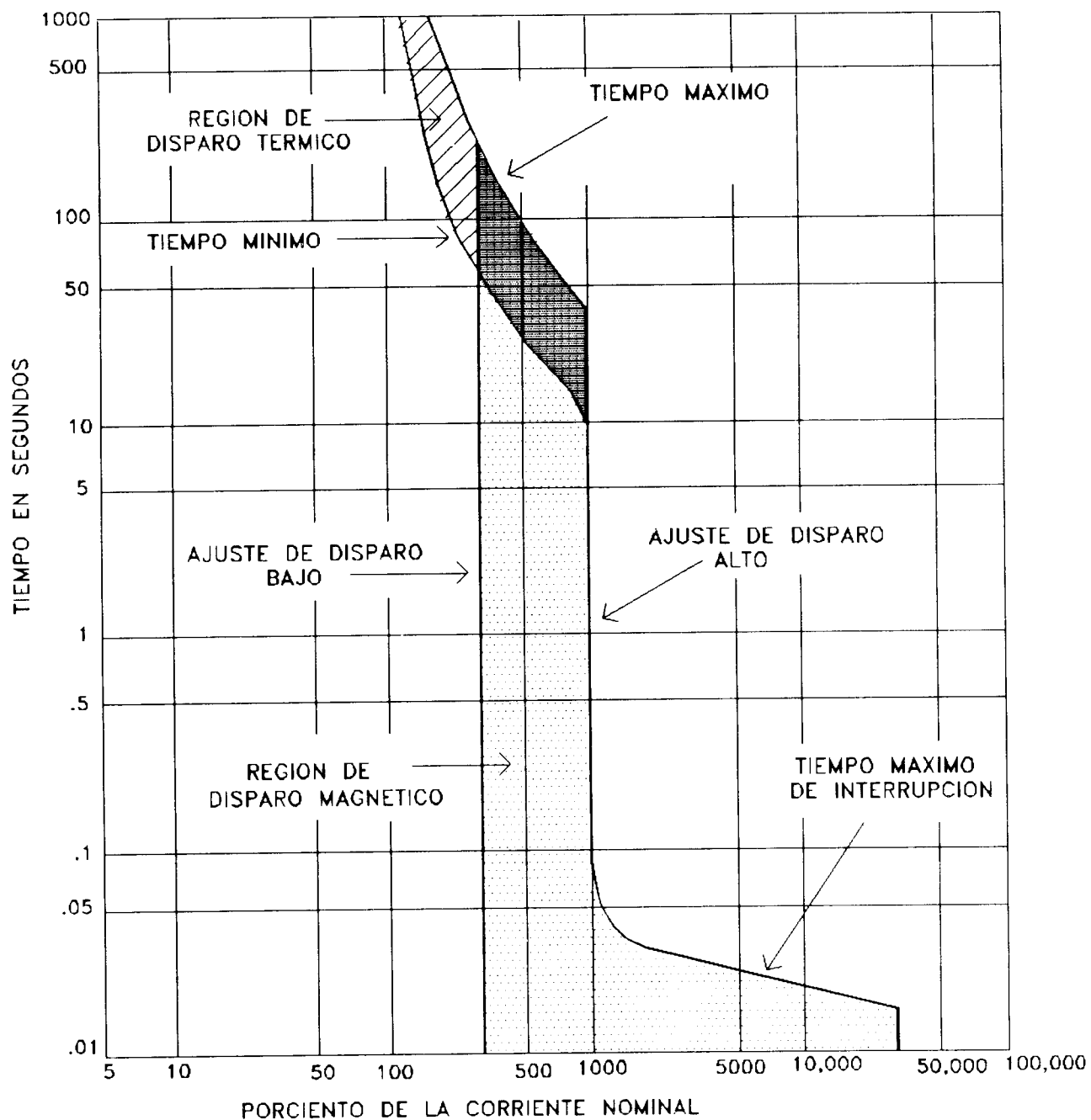
C.- LA ACCION DE DISPARO POR LA ACCION DEL ELEMENTO TERMICO

ACCION DE DISPARO DE UN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

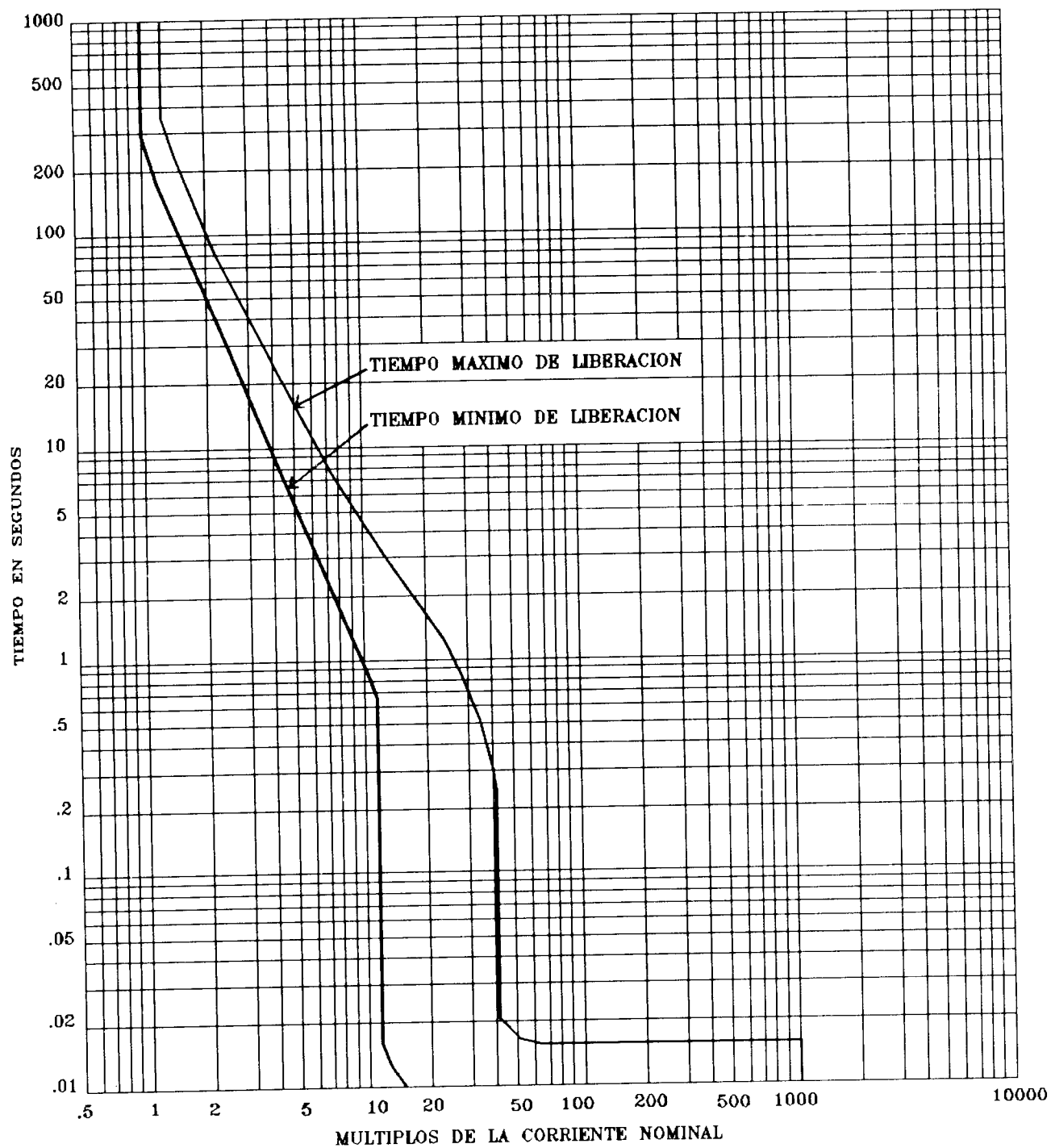
La fracción 205.30 de las NTI establecen, lo siguiente:

Interruptores automáticos.

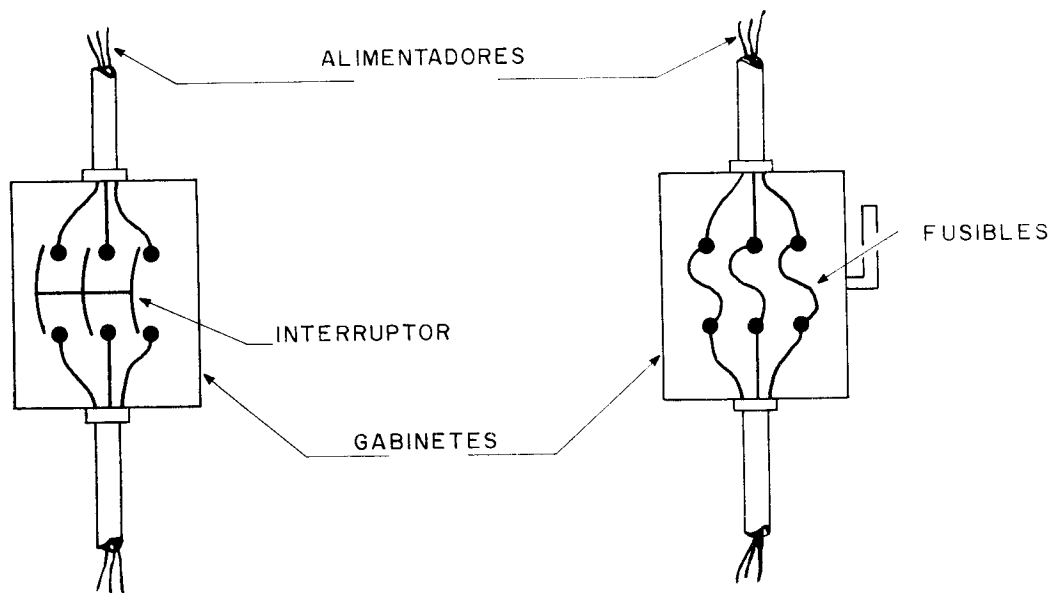
- a) *Método de operación.* En general, los interruptores automáticos deben construirse de manera que puedan cerrarse y abrirse manualmente, aunque su accionamiento normal se efectúe por otros medios, ya sean eléctricos, neumáticos, etc.
- b) *Daño al operador.* Los interruptores automáticos deben montarse de modo que se evite, en todo lo posible, que su operación pueda dañar al operador.
- c) *Indicación de posición.* Los interruptores automáticos deben indicar si están en posición de abierto o cerrado.
- d) *Dificultad para alterar sus ajustes.* Los interruptores automáticos deben ser de construcción tal que resulte difícil alterar sus ajustes de corriente y de tiempo de disparo.
- e) *Identificación.* Cada interruptor automático debe tener marcadas las características siguientes: corriente nominal, tensión nominal, capacidad interruptiva cuando ésta sea mayor de 5,000 amperes y la marca o nombre del fabricante. La indicación de corriente nominal en amperes en un interruptor automático debe quedar visible aun después de su instalación.



CURVA TIPICA DE DISPARO DE UN INTERRUPTOR
TERMOMAGNETICO EN CAJA MOLDEADA

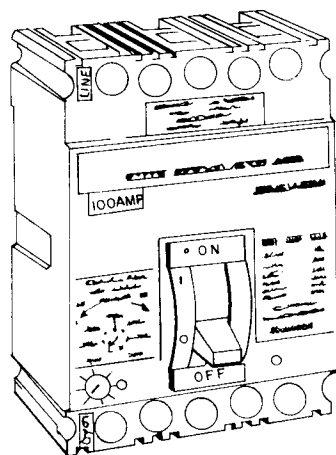


CURVA TIPICA DE DISPARO DE UN INTERRUPTOR
TERMOMAGNETICO EN CAJA MOLDEADA



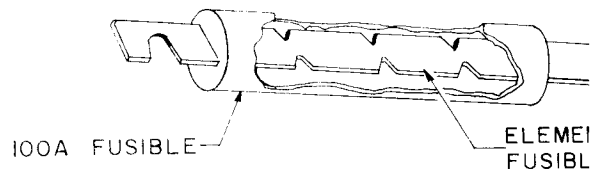
PROTECCION DE ALIMENTADORES POR INTERRUPTOR O FUSIBLE.

INTERRUPTOR

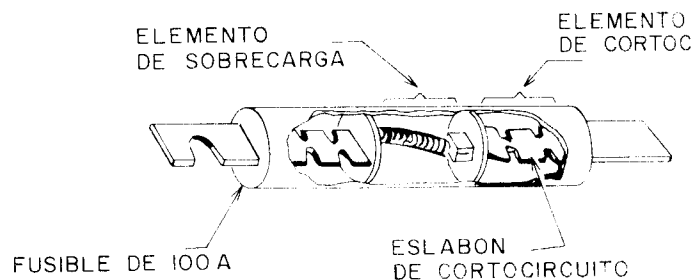


UN INTERRUPTOR DE DISPARO INSTANTANEO PUEDE PERMITIR TRES VECES SU CORRIENTE NOMINAL EN EL AJUSTE BAJO Y 10 VECES SU VALOR NOMINAL EN EL AJUSTE ALTO O BIEN O BIEN PUEDE AJUSTARSE EN EL RANGO DE 0 - 1300 %.

$$100A \times 5 = 500A$$



UN FUSIBLE SIN RETARDO DE TIEMPO PUEDE PERMITIR HASTA 5 VECES SU CORRIENTE NOMINAL DURANTE 1/4 DE SEGUNDO.



UN FUSIBLE CON RETARDO DE TIEMPO PUEDE PERMITIR 5 VECES SU CORRIENTE NOMINAL DURANTE 10 SEGUNDOS.

2.5 CIRCUITOS DERIVADOS.

En esta parte se estudiarán los aspectos del diseño de los circuitos derivados usados para aplicaciones residenciales y comerciales, y que dependen básicamente del tipo de carga alimentada. Este tipo de circuitos se encuentran propiamente dicho dentro de lo que es la instalación eléctrica de que se trate; ya que el sistema eléctrico que proporciona la empresa suministradora va de la subestación eléctrica de distribución más cercana a la entrada o punto de conexión del servicio, y tiene algunas variantes dependiendo de si se trata de una instalación residencial unifamiliar o multifamiliar, de una industria, en comercio o bien a granjas.

Las normas técnicas y el reglamento de obras e instalaciones eléctricas proporcionan ciertas reglas para cada tipo de carga, tales como: las unidades de alumbrado, los contactos, los motores, los aparatos domésticos, el aire acondicionado y la calefacción.

A excepción de las cargas de alumbrado, contactos y para aparatos domésticos. El diseño de los circuitos derivados es independiente del tipo de servicio requerido (casas, comercios, etc.).

2.5.1. CAMPO DE APLICACION DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

Las disposiciones de este artículo en las normas técnicas deberán aplicarse a circuitos derivados de los conductores alimentadores, que abastezcan cargas de alumbrado o de aparatos domésticos o comerciales, o bien a combinaciones de dichas cargas. Cuando se conecten motores, aparatos accionados por motores, u otras cargas especiales, deberán aplicarse las disposiciones que se establecen en los artículos referentes a las cargas de que se trata y las de este artículo que les sean aplicables.

CLASIFICACION.

Los circuitos derivados para cargas diversas indefinidas se clasifican, de acuerdo con su protección contra sobrecorriente, como de: 15, 20, 30 y 50 amperes. Cuando la carga por conectarse sea conocida, podrán usarse circuitos de capacidad que corresponda a esa carga. Las cargas individuales mayores de 50 amperes, deberán alimentarse por circuitos derivados individuales.

CIRCUITOS DERIVADOS MULTIFILARES.

Los circuitos derivados considerados en este artículo pueden instalarse como circuitos multifilares. Se entiende por circuito multifilar el compuesto de dos o más conductores a diferente potencial entre si y de un conductor que tenga la misma diferencia de potencial con respecto a cada uno de los otros conductores; como por ejemplo, un circuito de 3 fases y cuatro hilos.

COLORES NORMALES DE IDENTIFICACION.

Se sugiere que al instalar los conductores de circuitos derivados multifilares, queden marcados con los colores siguientes:

- Circuitos trifilares: uno negro, un blanco y un rojo.
- Circuitos tetrafilares: uno negro, un blanco, un rojo y un azul.
- Circuitos pentafilares: uno negro, un blanco, un rojo, un azul y un amarillo.

Todos los conductores del mismo color deberán conectarse al mismo conducto alimentador a todo lo largo de la instalación.

VOLTAJE.

Los circuitos derivados que abastezcan portalámparas, aparatos o contactos de capacidad normal de 15 amperes o menos, no deberán exceder de 150 volts a tierra, con las excepciones siguientes.

- (1) En establecimientos industriales el voltaje puede ser hasta de 300 volts a tierra, para circuitos derivados que abastezcan únicamente unidades de alumbrado que estén colocadas a más de 2.40 metros de altura sobre el piso y que no tengan interruptores como parte integrante de las unidades.

CIRCUITOS DERIVADOS PARA DISTINTAS CLASES DE CARGAS.

Se recomienda que se instalen circuitos derivados separados para las cargas siguientes:

- a) Alumbrado y aparatos pequeños, como relojes, radios, etc.
- b) Aparatos de más de 3 amperes, como planchas, parrillas, refrigeradores, etc. Cargas individuales mayores de 50 amperes, deben alimentarse por circuitos derivados individuales, de acuerdo con la sección para clasificación.

Con relación al cálculo de las cargas para los circuitos derivados, las normas técnicas establecen, lo siguiente:

2.5.2. CALCULO DE LA CARGA EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

a) Carga de alumbrado.

- a.1) En el caso general, la carga de alumbrado en circuitos derivados debe considerarse igual al 100 por ciento de la carga conectada al circuito.

En casas habitación y cuartos de hoteles, para efectos de cálculo, debe asignarse una carga mínima de 125 watts por cada salida de alumbrado. En estos mismos locales, debe asignarse una carga mínima de 180 watts a cada uno de los contactos de uso general, que puedan estar conectados conjuntamente con salidas de alumbrado en un mismo circuito derivado.

- a.2) Como alternativa, para el cálculo de la carga de alumbrado en circuitos derivados pueden considerarse los valores mínimos, en watts por metro cuadrado, que se indican en la Tabla 2.5, en los que también está incluida la carga correspondiente a contactos de uso general en casas habitación y hoteles.

Al determinar la carga en base a estos valores, el área debe calcularse tomando en cuenta la superficie cubierta del edificio, departamento o local de que se trate, y el número de plantas, sin incluir pórticos, garajes anexos a casas habitación, ni otros espacios donde sólo se requiere alumbrado momentáneamente, a no ser que puedan tener un uso diferente en el futuro.

b) Cargas diversas.

Para aparatos fijos y otras cargas definidas, no incluidas en la carga de alumbrado a que se refiere el inciso a) anterior, pueden considerarse, como mínimo, las cargas por salida que se indican, a continuación.

b.1) Salidas para aparatos fijos u otras cargas definidas, que no sean, motores: 100 por ciento de la potencia nominal del aparato o de la carga de que se trate.

TABLA 2.5
CARGAS MINIMAS DE ALUMBRADO
Y APARATOS PEQUEÑOS

L U G A R	CARGA RECOMENDADA EN WATTS POR METRO CUADRADO
Anfiteatros o Auditorios	10
Bancos	30
Bodegas o Almacenes	25
Casas para habitación	20
Clubes o Casinos	20
Edificios industriales	20
Edificios de oficinas	30
Escuelas	30
Estacionamientos comerciales	5
Hospitales	20
Hoteles, incluyendo casa de apartamentos sin aparatos eléctricos para cocinar	20
Iglesias	10
Peluquerías y salones de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30
Aparadores de tiendas o comercios	60

- b.2) Otras salidas, para contactos no considerados en la carga de alumbrado: 180 watts, como mínimo.**
- b.3) Alumbrado de aparadores comerciales. Puede considerarse una carga de 600 watts por metro lineal de aparador, medidos horizontalmente a lo largo de su base.**
- b.4) Motores. La carga debe calcularse de acuerdo con lo que se indique más adelante.**
- b.5) Aparatos de más de 3 amperes. Por cada contacto destinado a conectar aparatos de más de 3 amperes, se considerará una carga no menor de 5 amperes. Cuando en un mismo cuarto se instalen varios contactos que no se usen simultáneamente, se podrá calcular una carga no menor de 5 amperes por cada tres contactos.**
- b.6) Hilo neutro. Cuando haya hilo neutro en el circuito derivado, la carga que se considere para el neutro no deberá ser menor que el desequilibrio máximo de la carga en el circuito.**

2.5.3. CONDUCTOR DE CIRCUITOS DERIVADOS.

Los conductores de circuitos derivados se sujetarán a lo siguiente:

- a) Capacidad de conducción. Serán de calibre suficiente para conducir la corriente del circuito derivado y deberán cumplir con las disposiciones de caída de voltaje y capacidad térmica.**

- b) **Sección mínima.** La sección de los conductores no deberá ser menor que la correspondiente al calibre número 14, para circuitos de alumbrado y aparatos pequeños, ni menor que la del número 12 para circuitos que alimenten aparatos de más de 3 amperes.

Los alambres y cordones pertenecientes a unidades de alumbrado o aparatos y que se usen para conectarlos a las salidas de los circuitos derivados pueden ser de menor sección, siempre que su corriente permitida según sea suficiente para la carga de las unidades o aparatos y que no sean de calibre más delgado que el:

- número 18 cuando se conecten a circuitos derivados de 15 amperes,
- número 16 cuando se conecten a circuitos derivados de 20 amperes,
- número 14 cuando se conecten a circuitos de 30 amperes y
- número 12 cuando se conecten a circuitos de 50 amperes.

Protección contra sobrecorriente.

Cada conductor, no conectado a tierra de un circuito derivado deberá protegerse contra corrientes excesivas por medio de dispositivos de protección contra sobrecorriente. La capacidad de estos dispositivos cuando no sean ajustables, o su ajuste cuando si lo sean, deberá ser, como sigue:

- a) No deberá ser mayor que la corriente permitida para los conductores del circuito.

- b) Si el circuito abastece únicamente a un solo aparato con capacidad de: 10 amperes o más, la capacidad o ajuste del dispositivo contra sobrecorriente, no deberá exceder del 150 por ciento de la capacidad del aparato.
- c) Los alambres y cordones para circuitos derivados pueden considerarse protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

Dispositivos de salida.

Los dispositivos de salida de los circuitos derivados deberán cumplir, con lo siguiente:

- a) Portalámparas. Los portalámparas deberán tener una capacidad, no menor que la carga por servir y se recomienda que cuando estén conectados a circuitos derivados con capacidad de 20 amperes o más, sean del tipo para servicio pesado.
- b) Contactos. Los contactos deberán tener una capacidad no menor que la carga por servir y se recomienda que cuando estén conectados en circuitos derivados con dos o más salidas, tengan las siguientes capacidades.

CAPACIDAD DEL CIRCUITO	CAPACIDAD DE LOS CONTACTOS
15 Amps.	No mayor de 15 Amps.
20	20
30	20 ó 30
50	50

Los contactos conectados a circuitos de más de 150 volts entre conductores deberán ser de una construcción tal, que las clavijas usadas en circuitos de otros voltajes, en los mismos lugares, no puedan insertarse en ellos.

Con relación a los circuitos derivados para la instalación de aparatos eléctricos, los artículos: 402.12, 402.13, 402.14 al 402.17, establecen lo siguiente.

2.5.4. INSTALACION DE APARATOS ELECTRICOS.

Cordones flexibles.

Los cordones flexibles usados para conectar aparatos eléctricos deben cumplir, con lo siguiente:

- a) General. Los cordones flexibles pueden usarse para los fines siguientes:**
 - a.1) Conexión de aparatos portátiles, 2) conexión de aparatos fijos para facilitar su cambio frecuente o impedir la transmisión de ruidos o vibraciones, ó 3) facilitar el movimiento o desconexión de aparatos fijos para mantenimiento o reparación.**
- b) Los cordones flexibles utilizados para conectar planchas, calentadores y demás aparatos eléctricos portátiles para producir calor, deben ser del tipo de cordones adecuados para usarse con resistencias eléctricas, tales como los tipos HDP, HS o HPN.**

Calentadores de inmersión portátiles.

Los calentadores de inmersión portátiles deben estar contruidos e instalados de tal forma que sus partes conductoras de corriente estén aisladas eléctricamente de la substancia en la cual se sumerjan.

Protección de materiales combustibles.

Todo aparato calentado eléctricamente que por su tamaño, peso y servicio esté destinado a quedar en una posición fija, debe ubicarse en tal forma que exista una amplia protección entre el aparato y materiales combustibles adyacentes al mismo.

Aparatos de calefacción a base de lámparas infrarrojas.

- a) Con lámparas infrarrojas de 300 watts o menos pueden usarse portalámparas de porcelana de base media, sin apagador incorporado, o bien otro tipo de portalámparas aprobado para este uso.
- b) No deben usarse portalámparas de casquillo roscado con lámparas infrarrojas de más de 300 watts, a menos que sean de un tipo aprobado especialmente para este uso.
- c) Los portalámparas pueden conectarse a cualquiera de los circuitos derivados que cumplan con los requisitos de la Sección 202 de las NTI; en locales industriales, pueden conectarse en serie en circuitos de más de 150 volts con respecto a tierra, siempre que la tensión nominal de los portalámparas, no sea menor que la tensión del circuito.

Unidades de aire acondicionado de habitación.

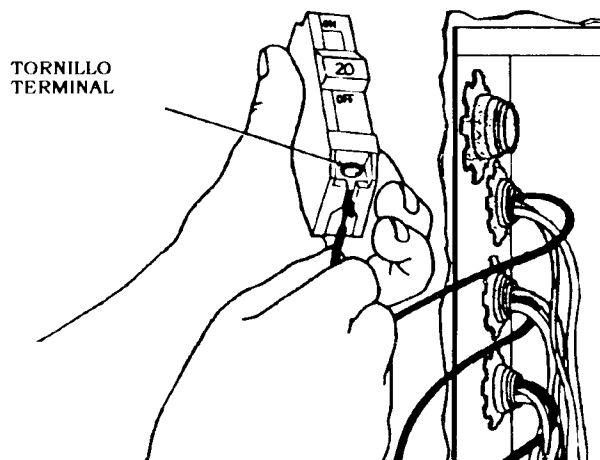
Estos aparatos pueden conectarse mediante cordón y clavija solamente en el caso que sean monofásicos y su tensión de operación, no exceda de 250 volts. Si operan a una tensión mayor o son trifásicos, deben conectarse directamente a un circuito derivado (sin clavija). Los aparatos a que se refiere este artículo son enfriadores de aire de tipo hermético, de corriente alterna, para instalarse en ventanas, consolas o empotrados en paredes de habitación. Este artículo también se aplica a aparatos de aire acondicionado que tengan provisión para calefacción.

Puesta a tierra.

Las partes metálicas expuestas, no portadoras de corriente de aparatos eléctricos deben conectarse a tierra en los casos indicados en los artículos 206.26 y 206.29 de las NTI, que se refieren a la puesta a tierra de equipo fijo y portátil, respectivamente.

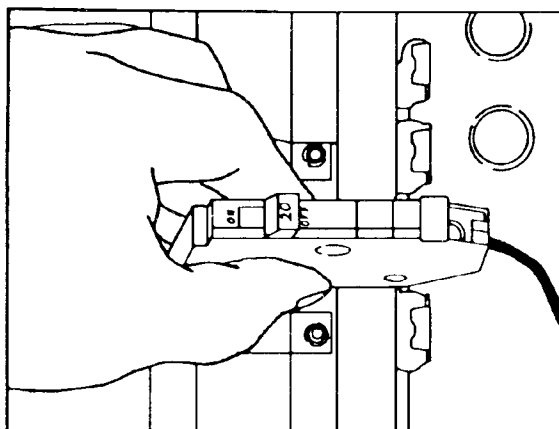
2.5.5. CIRCUITOS DERIVADOS PARA ALUMBRADO.

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas permiten solo el uso de circuitos derivados de 15 ó 20 amperes para alimentar unidades de alumbrado con portalámparas estandar. Los circuitos derivados mayores de 20 amperes se permiten solo para alimentar unidades de alumbrado fijas con portalámparas de uso rudo. en otras palabras los circuitos derivados de más de 20 amperes, no se permiten para alimentar habitaciones unifamiliares o en edificios de departamentos.

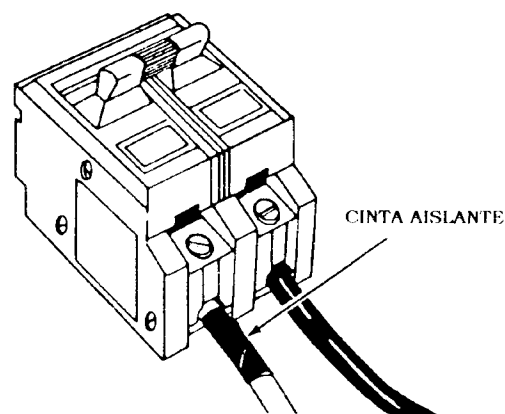


TORNILLO
TERMINAL

CONEXION DE UN INTERRUPTOR

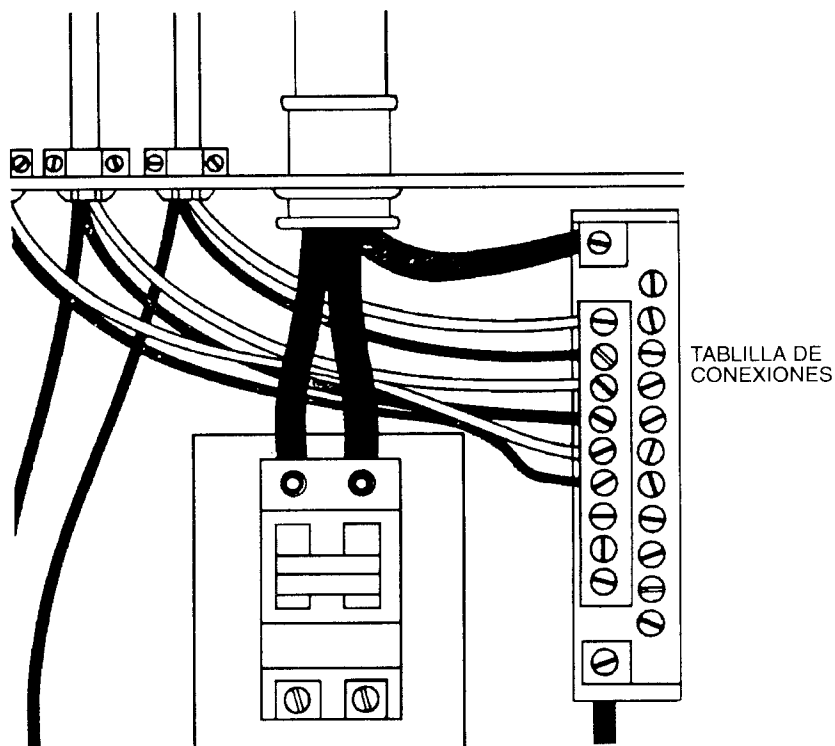


COLOCACION DEL INTERRUPTOR
EN EL TABLERO



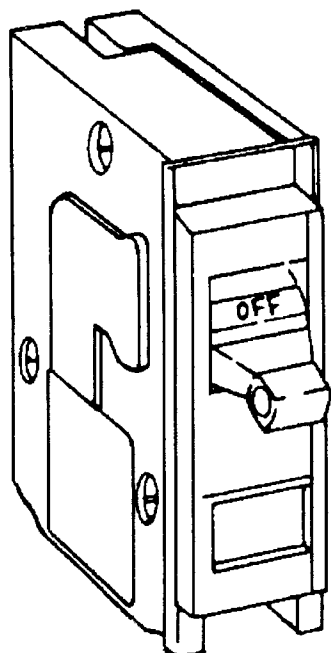
INTERRUPTOR DE DOBLE POLO

INTERRUPTORES USADOS EN CIRCUITOS DERIVADOS

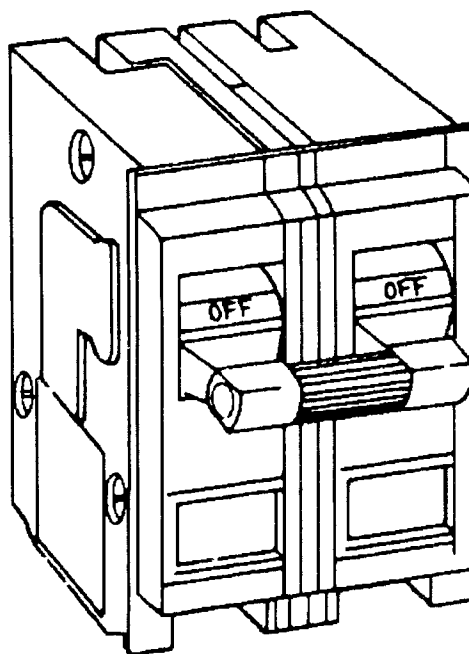


CONEXIONES DE UN INTERRUPTOR
EN EL TABLERO

INTERRUPTOR DE UN POLO



INTERRUPTOR DE DOBLE POLO



INTERRUPTORES DE POLO SENCILLO Y
DOBLE POLO Y SU CONEXION

En la solución de cierto tipo de problemas en las instalaciones eléctricas, es necesario calcular el número de circuitos derivados que se requieren para alimentar una carga dada. El número de circuitos derivados, está determinado por la carga y se calcula como:

$$\text{No. de circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}}$$

Un circuito de 15 amperes a 127 volts, tiene una capacidad de $15 \times 127 = 1905$ watts, si el circuito es para 20 amperes a 127 volts su capacidad es $20 \times 127 = 2540$ watts.

Ejemplo 2.2.- Calcular el número de circuitos derivados de 20 amperes a 127 volts para alimentar una carga total de alumbrado de 60,000 watts., si las lámparas son de 150 watts. Calcular el número de lámparas por circuito.

Solución

Para circuitos derivados de 20 amperes a 127 volts la capacidad en watts, es de: 2540.

El número de circuitos derivados es:

$$\text{No. de circuitos derivados} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad / circuito en watts}} = \frac{60,000}{2540}$$

No. de circuitos derivados = 23.62 ó 24 circuitos.

El número de lámparas por circuito es:

$$\begin{aligned}\text{No. lámparas por circuito} &= \frac{\text{Capacidad de cada circuito en watts}}{\text{Watts por lámpara}} \\ &= \frac{2540}{150} = 16.93 \text{ ó } 17 \text{ lámpara}\end{aligned}$$

Como verificación, se puede hacer:

$$\text{La corriente por lámpara} \frac{150}{127} = 1.181 \text{ amperes}$$

$$\begin{aligned}\text{No. de lámparas / circuito} &= \frac{\text{Corriente por circuito}}{\text{Corriente / lámpara}} \\ &= \frac{20}{1.181} = 16.93 \text{ ó } 17 \text{ lámparas}\end{aligned}$$

- b) Para cargas específicas, como salidas para lavadoras o aire acondicionado 1.5 amperes por cada 50 centímetros se usan circuitos de 15 amperes ó 20 amperes.

Ejemplo 2.3.- Calcular la corriente que demanda una carga monofásica de 1800 VA que se alimenta a 127 V.

Solución

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{1800 \text{ VA}}{127 \text{ V}} = 14.17 \text{ A.}$$

Ejemplo 2.4.- Calcular la corriente en una carga trifásica de 8640 VA que se alimenta a 220 V. por medio de un circuito derivado.

Solución

$$I = \frac{VA.}{\sqrt{3} \times V} = \frac{8640 VA.}{220 \times 1.732}$$

$$I = 22.68 A.$$

Ejemplo 2.5.- Calcular el número de salidas o contactos permitidos en un circuito derivado de 20 A., que no opera con ciclo continuo y se alimenta a 127 V.; monofásico.

Solución

Los circuitos derivados de alumbrado que operan en forma, no continua alimentando contactos, lámparas incandescentes o fluorescentes, se calculan al 100% de su capacidad total en VA. (párrafo 2.5.2). De acuerdo con las NTI, se considera una carga de 180 watts (suponiendo que los contactos puedan estar conectados conjuntamente con salidas de alumbrado en el mismo circuito derivado).

$$I = \frac{VA. \times 100\%}{V} = \frac{180 \times 1.0}{127} = 1.42 A. \text{ por salida}$$

$$\text{No. salidas} = \frac{\text{Capacidad del circuito}}{\text{Corriente por salida}} = \frac{20}{1.42} = 14$$

Ejemplo 2.6.- Cuántas salidas se permiten en un circuito derivado de 20 A. usado para operar en forma continua a 127 volts, monofásico.

Solución

La carga por salida considerando que el circuito puede alimentar alumbrado y contactos se toma, como: 180 watts y la protección para el circuito derivado cuando opera en forma continua se debe tomar como 125% de manera, que:

$$I = \frac{VA. \times 125\%}{V}$$

$$I = \frac{180 \times 1.25}{127} = 1.77 \text{ A. por salida}$$

El número de salidas, es entonces:

$$\text{No. salidas} = \frac{\text{Capacidad del circuito}}{\text{Corriente por salida}}$$

$$\text{No. salidas} = \frac{20}{1.77} = 11.3$$

Se toman 11 salidas.

Ejemplo 2.7.- Calcular la máxima carga resistiva, que operando en ciclo continuo, se puede conectar en un circuito derivado monofásico de 20 A.

Solución

Una carga resistiva es considerada, así cuando NO TIENE cargas inductivas, es decir la carga resistiva puede ser alumbrado incandescente o calefactores eléctricos, por ejemplo: se consideran con respecto a sus VA. ó watts:

**Al: 100% para ciclo no continuo
125% para ciclo continuo**

Entonces, para cargas resistivas usadas en ciclo continuo, un circuito de 20 A., no se deberá cargar en más del 80% de su capacidad y su dispositivo de protección contra sobrecorriente se dimensionará al 125% de la capacidad del circuito, es decir:

La carga es:

$$20 \text{ A.} \times 80\% = 20 \times 0.8 = 16 \text{ A.}$$

El dispositivo de protección para el circuito de 16 A. es:

$$16 \text{ A.} \times 25\% = 16 \times 1.25 = 20 \text{ A.}$$

Ejemplo 2.8.- Calcular la carga de alumbrado para un circuito derivado que alimenta 10 balastras de lámparas fluorescentes que operan en ciclo continuo.

Solución

La protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados que alimentan las balastras de cargas eléctricas de alumbrado con lámparas de tipo fluorescente, de vapor de sodio de alta presión, vapor de sodio de baja presión, vapor de mercurio o similares, se dimensionará al 125% de la capacidad en VA de cada balastro.

En estos casos **NO SE USAN** los watts de cada lámpara. Para este, ejemplo:

$$I = \text{Amperes / balastro} \times \text{No. de balastras}$$

$$I = 1.5 \times 10 = 15 \text{ A.}$$

La carga:

$$\text{Carga} = I \times 125\% = 15 \times 1.25 = 19 \text{ A.}$$

Ejemplo 2.9- Calcular el número de circuitos derivados de dos conductores requeridos para alimentar treinta balastras de 1.5 A., considerando que se usan interruptores de 20 A.

Solución

$$\text{Carga} = \text{Corriente / balastro} \times \text{No. de balastras}$$

$$\text{Carga} = 1.5 \times 30 = 45 \text{ A.}$$

$$\text{No. de interruptores} = \frac{\text{Carga}}{\text{Capacidad del interruptor}}$$

$$\text{No. de interruptores} = \frac{45 \text{ A.}}{20 \text{ A.}} = 2.25 \text{ A.}$$

De aquí:

$$\text{No. de circuitos} = 3 \text{ de } 20 \text{ A.}$$

Ejemplo 2.10.- Cuál es el tamaño de un circuito derivado de 127 V., monofásico que usa conductores de cobre THWN, si se alimentan 12 salidas de alumbrado de 200 watts cada una en ciclo de operación **NO CONTINUO**.

Solución

La carga en VA.

$$\text{VA} = \text{No. de salidas} \times \text{VA} / \text{salida} \times 100\%$$

$$\text{VA} = 12 \times 200 \times 1.0 = 2400$$

La corriente:

$$I = \frac{\text{VA}}{V} = \frac{2400}{120} = 20 \text{ A.}$$

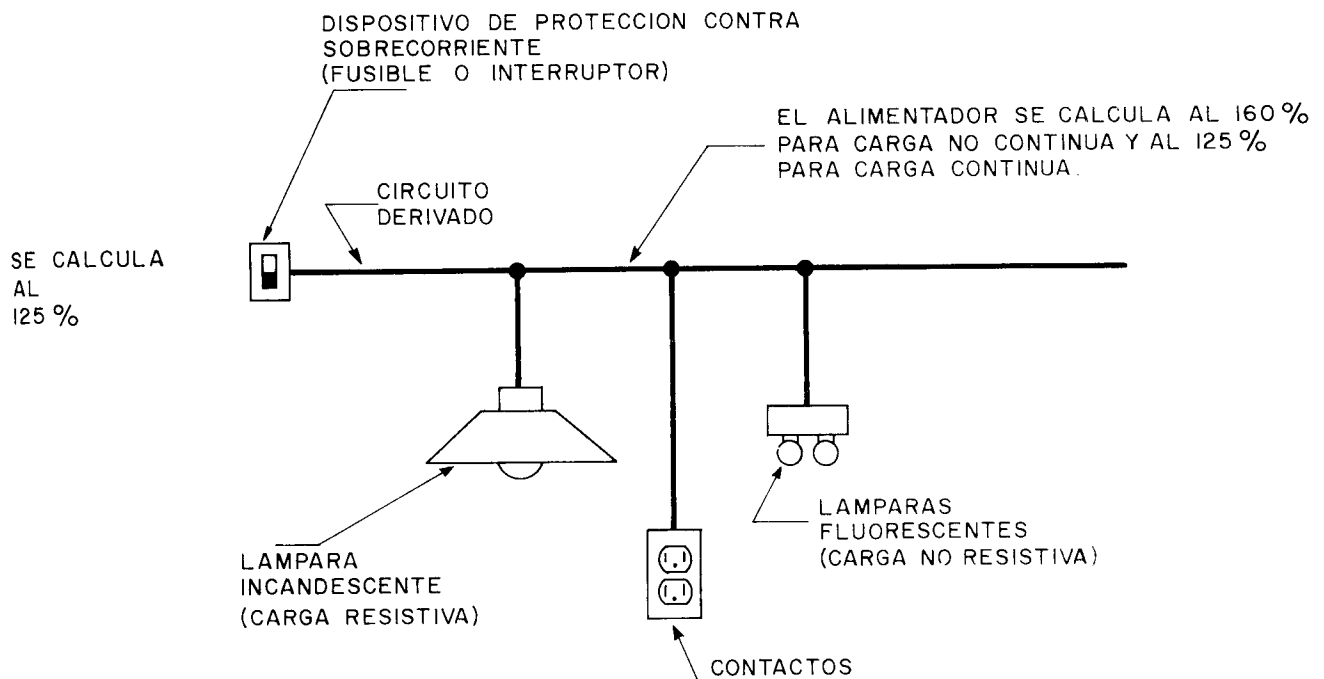
El circuito derivado debe ser de 20 A.

Ejemplo 2.11.- Calcular el tamaño de los conductores del circuito derivado, si se usan conductores de cobre THHN. Calcular también el dispositivo de protección contra sobrecorriente, si se alimentarán 12 salidas para alumbrado con ciclo no continuo.

Solución

Cuando se desconocen los VA. de las balastras o los watts de las lámparas incandescentes, los circuitos derivados se calculan a 180 watts por salida, o bien 600 watts (VA.) para salidas que alimentan portalámparas de servicio pesado.

Los portalámparas que se conectan a circuitos derivados de 20 A., deberán tener una potencia (en watts) menor de 660 watts para el tamaño intermedio y 750 watts para otros tipos. Las salidas sobre los circuitos derivados se calculan al 100% para ciclo de operación, **NO CONTINUO**, para ciclo de operación continuo, se toma el 125% y el dispositivo de protección contra sobrecorriente se toma también al 125%.



LOS CIRCUITOS DERIVADOS QUE ALIMENTAN CARGAS DE ALUMBRADO SE CALCULAN AL 100% PARA CARGAS NO CONTINUAS Y 125 % PARA CONTINUAS.

$$\text{Carga} = \text{No. de salidas} \times \text{VA.} \times 100\%$$

$$\text{Carga} = 12 \times 180 \times 1.0 = 2160 \text{ VA}$$

La corriente, es entonces:

$$I = \frac{\text{VA}}{V} = \frac{2160}{127} = 17 \text{ A.}$$

De la tabla de características de conductores para 17 A., se requiere conductor No. 12 AWG de cobre.

El dispositivo de protección contra sobrecorriente se selecciona para 20 A.

Ejemplo 2.12.- Calcular el número de salidas que se pueden instalar en un circuito derivado de 20 A., que alimenta cargas de alumbrado a 127 volts en el aparador de un comercio.

Solución

Los circuitos derivados que alimentan cargas de alumbrado para aparadores se calculan para un mínimo de 180 VA. por salida. Debido a que el alumbrado de los aparadores puede operar por tres horas o más, el valor total de los VA. se multiplica por 125% para cada circuito derivado.

$$\text{No. salidas} = \frac{\text{carga / dispositivo (A)} \times V.}{\text{VA.} \times 125\%}$$

$$\text{No. salidas} = \frac{20 \text{ A.} \times 127 \text{ V.}}{180 \text{ VA.} \times 1.25} = 11.29$$

$$\text{No. salidas} = 11$$

Ejemplo 2.13.- Calcular los VA. requeridos para alimentar el alumbrado de un pasillo de 8.0 m. de longitud a 127 V.

Solución

Los circuitos derivados para alumbrado de pasillos, se calculan a 180 VA. por cada 60 cm. de pasillo. Cuando se trata de distintas longitudes del alumbrado la carga se divide entre el número de circuitos.

La capacidad en VA., es entonces:

$$VA. = \frac{\text{Longitud del pasillo (cm)}}{60} \times VA.$$

$$VA. = \frac{800}{60} \times 180 = 2400$$

El número de salidas es:

$$\text{No. salidas} = \frac{VA}{180} = \frac{2400}{180} = 13.33$$

$$\text{No. salidas} = 13$$

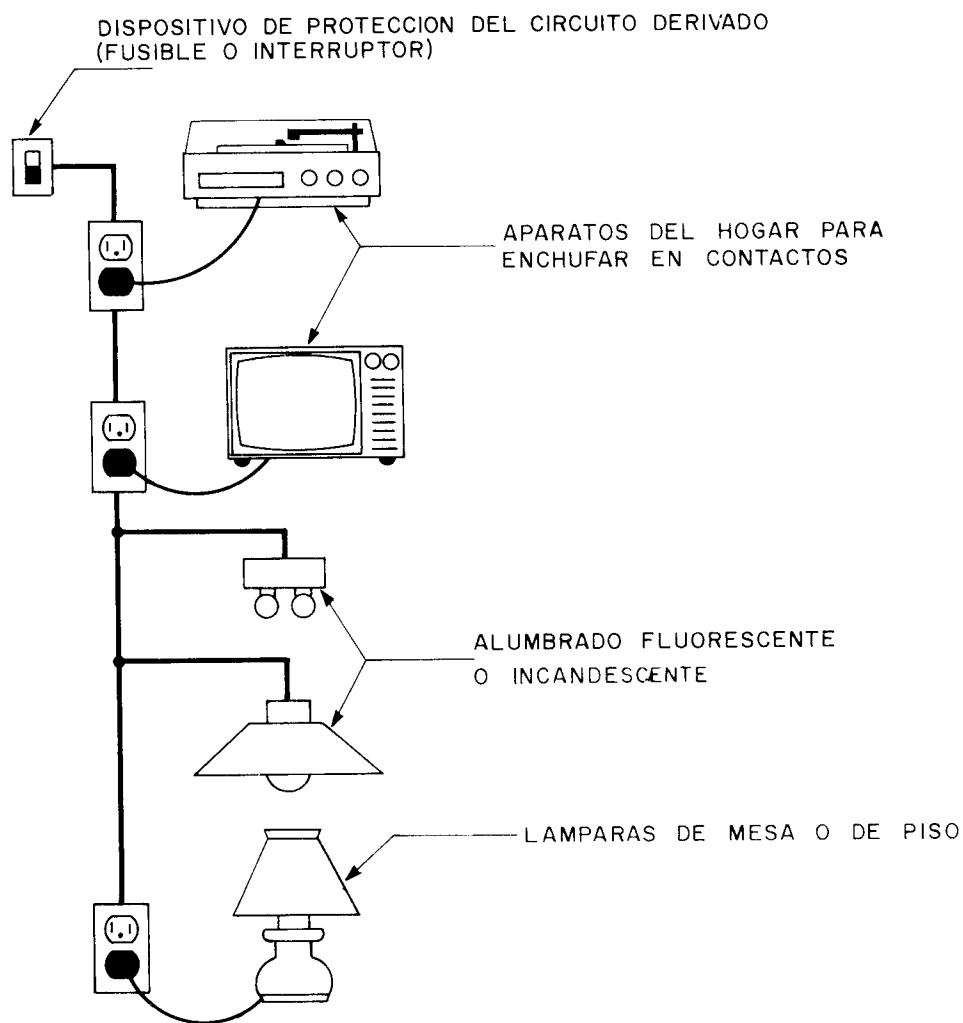
2.5.6.CIRCUITOS DERIVADOS DE PROPOSITOS GENERALES.

Un circuito derivado de propósitos generales alimenta más de una salida en donde se conectan aparatos de enchufar (con clavija). Las salidas para un circuito derivado de propósitos generales, se calculan a 180 VA. cada una.

Cuando la carga es de operación, no continua la carga del circuito derivado se calcula multiplicando 180 VA. por el número de salidas y tomando el 100%.

Para los circuitos derivados con cargas continuas, se toma el: 125%.

Los dispositivos de protección se calculan al 125%.



CIRCUITO DERIVADO DE PROPOSITOS GENERALES.

Ejemplo 2.14.- Cuál es la carga que demandan 6 contactos a los cuales se van a conectar para operar en forma, no continua aparatos del hogar para enchufar.

Solución

$$\text{Carga} = \text{No. de salidas} \times \text{VA.} \times 100\%$$

$$\text{Carga} = 6 \times 180 \times 1.0 = 1080 \text{ VA.}$$

Ejemplo 2.15.- Calcular la carga que demandan 10 contactos a los que se conectará equipo de oficina del tipo clavija (para enchufar), en forma continua.

Solución

$$\text{Carga} = \text{No. de salidas} \times \text{VA.} \times 125\%$$

$$\text{Carga} = 10 \times 180 \times 1.25 = 2250 \text{ VA.}$$

2.5.7. NUMERO DE SALIDAS PERMITIDAS EN UN CIRCUITO DERIVADO.

El número de salidas permitidas en un circuito derivado se obtiene dividiendo la capacidad del interruptor o fusible de protección del circuito derivado, entre: 1.5 A. ($180 \text{ VA}/127 \text{ V.} = 1.41 \text{ A.}$). Este método se usa en instalaciones industriales y comerciales, tales como: oficinas y almacenes.

Si las cargas son **NO CONTINUAS**, el valor por salida de 180 VA. ó 1.5 A. se toma al 100% (se multiplica por 1.0). Cuando las cargas operan en forma continua se toman al 125% (se multiplica por 1.25).

Ejemplo 2.16.- Cuántas salidas de ciclo de operación, no continuo se permite conectar a un dispositivo de protección (fusible o interruptor) de 15 A. en un circuito derivado a 127 V.

Solución

$$\text{No. salidas} = \frac{\text{Capacidad del dispositivo de protección}}{1.5 \text{ A.} \times 100\%}$$

$$\text{No. salidas} = \frac{15 \text{ A.}}{1.5 \text{ A.} \times 1.0} = 10$$

Ejemplo 2.17.- Cuántas salidas se permite conectar a un circuito derivado de 127 V. al que se conectan cargas de operación continua, si está protegido por un interruptor de 20 A.

Solución

$$\text{No. de salidas} = \frac{20 \text{ A.}}{1.5 \text{ A.} \times 1.25} = 10.7$$

Se toman 10 salidas.

2.5.8. NUMERO DE SALIDAS PERMITIDO EN CASAS HABITACION O DEPARTAMENTOS.

En las casas habitación o departamentos de unidades habitacionales, el número de salidas permitido se calcula sobre la base, de: watts/m² ó VA/m².

La capacidad del circuito derivado (en amperes) se multiplica por el voltaje del mismo y se divide entre los VA/m², de acuerdo a los valores de la Tabla 2.5.

Todas las salidas generales con valor de 20 A. o menores y localizadas en casa unifamiliares, departamentos de multifamiliares, o bien en áreas para invitados de hoteles, moteles, etc. Se calculan para 180 VA. (180 watts) por salida.

Ejemplo 2.18.- Calcular cuántas salidas para contactos de uso general se permiten conectar en un dispositivo de protección de 15 A. a 127 volts en una casa habitación.

Solución

$$\text{Circuitos / m}^2 = \frac{V \times \text{Corriente del dispositivo de protección}}{\text{VA / m}^2}$$

$$\text{Circuitos / m}^2 = \frac{127 \text{ V.} \times 15 \text{ A.}}{20 \text{ VA./m}^2} = 95$$

Ejemplo 2.19.- Un pequeño edificio de departamentos tiene las siguientes cargas conectadas:

- a) Una carga de 10 kW para alumbrado incandescente.
- b) Una carga de 8 kW de alumbrado fluorescente que debe ser alimentada por circuitos de 30 amperes.
- c) Una accesorio que tiene un aparador de 3.0 m.
- d) 100 contactos dobles (dúplex) continuos.

Si las cargas se consideran continuas, calcular el número de circuitos derivados necesarios, suponiendo que se usan circuitos de 20 amperes, excepto para la carga de alumbrado fluorescente.

El voltaje de alimentación es de 127 volts.

Solución

Para el alumbrado.

Considerando un 25% por carga continua o futura a 20 A.

$$\text{No. de circuitos} = \frac{1.25 \times 10,000}{20 \times 127} = 4.92 \text{ ó } 5 \text{ circuitos}$$

Para el alumbrado de aparadores (accesoria).

$$\text{No. de circuitos} = \frac{\text{Watts} / \text{m} \times \text{Longitud (m)}}{20 \times 127} = \frac{650 \times 3}{20 \times 127} = 0.77 \text{ ó } 1 \text{ circuito}$$

Contactos.

$$\text{No. de circuitos} = \frac{1.25 \times 180 \text{ Watts / salida} \times 100}{20 \text{ A.} \times 127 \text{ V}} = 8.85 \text{ ó } 9 \text{ circuitos}$$

Lámparas fluorescentes alimentadas a 30 A.

$$\text{No. de circuitos} = \frac{1.25 \times 8000}{30 \times 127} = 2.62 \text{ ó } 3 \text{ circuitos}$$

2.6 CIRCUITOS DERIVADOS INDIVIDUALES.

Existen algunas instalaciones eléctricas residenciales y desde luego en mayor número comerciales e industriales, en donde por la capacidad de la carga a alimentar se requiere que existan circuitos derivados individuales. Algunos de estos casos se mencionan a continuación.

2.6.1. CIRCUITOS DERIVADOS DE EQUIPOS DE COCINA COMERCIALES.

Algunos comercios usan cocinas eléctricas en lugar de cocinas a base de gas, y entonces se deben considerar como circuitos derivados individuales que se pueden calcular para operación continua o no continua. Por ejemplo, en una cocina comercial de 10 kW, se calcula como de operación **NO CONTINUA** y se considera al 100%, en tanto que una de 12 kW se considera como continua y se calcula al 125% ($12 \times 1.25 = 15 \text{ kW}$).

El dispositivo de protección. Los conductores (en la mayoría de los casos) y el tamaño de los tubos conduit o canalizaciones, se calculan para la capacidad de 15 kW.

Ejemplo 2.20.- Cuál es la carga que demanda un equipo eléctrico de cocina de 12 kW para ciclos continuo y no continuo. Se alimenta a 220 V. entre fases.

Solución

a) para ciclo continuo

$$\text{Carga} = \text{Consumo de la cocina} \times 125\%$$

$$\text{Carga} = 12 \times 1.25 = 15 \text{ kW}$$

b) para ciclo de carga no continuo

$$\text{Carga} = \text{Consumo de la cocina} \times 100\%$$

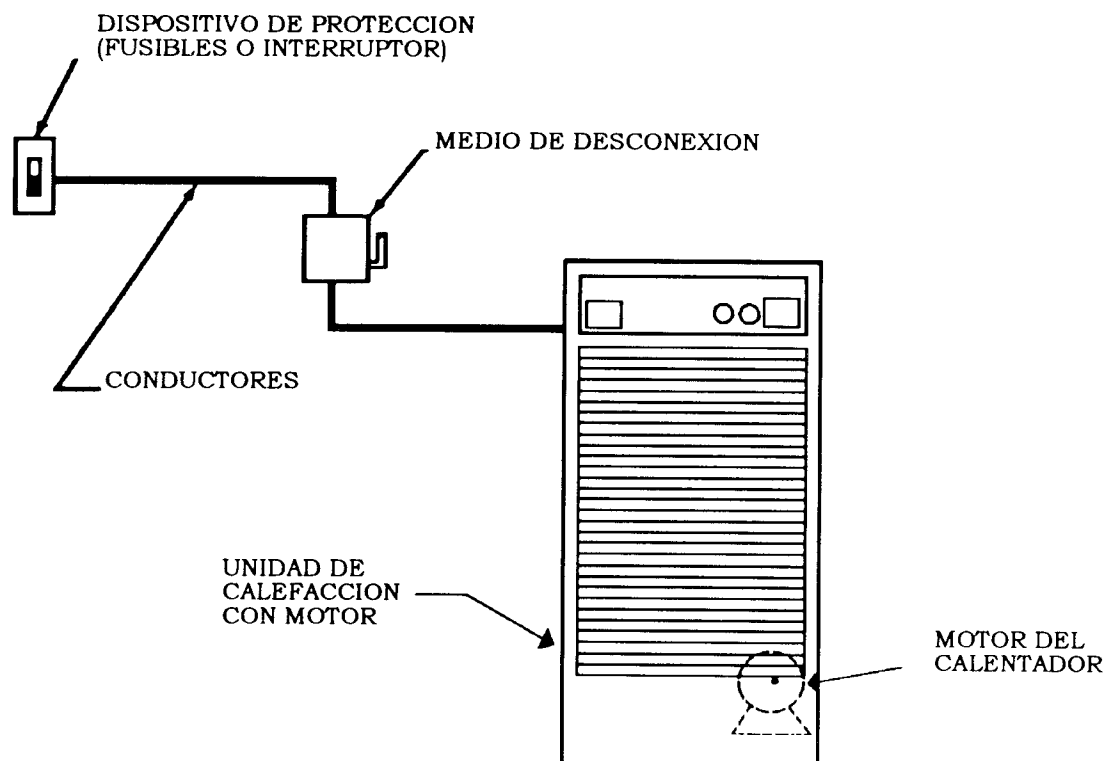
$$\text{Carga} = 12 \times 1.0 = 12 \text{ kW.}$$

2.6.2. CIRCUITOS DERIVADOS PARA EQUIPOS DE CALEFACCION.

El equipo de calefacción a que se hace referencia, es del tipo fijo usado para proporcionar calor a espacios cerrados y que por su capacidad requieren de circuitos derivados de: 15 A., 20 A. ó 30 A.

Los circuitos derivados se dimensionan al 125% de la carga total, la carga se puede tratar de las resistencias calefactoras y de los motores para distribuir el aire calentado. El dispositivo de protección contra sobrecorriente, se calcula al 175%.

Ejemplo 2.21.- Determinar el tamaño de los conductores del circuito derivado para alimentar a 220 V., una fase, un equipo de calefacción de 25 kW que tiene un ventilador con motor que demanda 4 A. Se usará conductor de cobre THWN.



Solución

La corriente que demanda el equipo de calefacción es:

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{25 \times 1000}{220} = 113.63 \text{ A.}$$

Se considera el 125% de la corriente total.

$$125\% \times I = (113.63 + 4) \times 1.25 = 147.04 \text{ A.}$$

Se requiere conductor No. 1/0 AWG (60°C) de cobre. Capítulo 1.
(Tabla 1.6).

El dispositivo de protección contra sobrecorriente se selecciona para el 125% de la corriente nominal, es decir:

$$(113.63 + 4) \times 1.25 = 147.04 \text{ A.}$$

El tamaño inmediato superior es 150 A.

Ejemplo 2.22.- Qué ampacidad se requiere para seleccionar el circuito derivado de los conductores que alimentan a un calefactor de 35 kW, 220 V., monofásico, que tiene un motor de 1 HP con factor de potencia de 0.90.

Solución

La potencia que demanda el motor, es de:

$$VA. = \frac{HP \times 746}{\cos \theta} = \frac{1 \times 746}{0.90} = 828$$

Para calcular la corriente se toma el 125% de la carga del calentador, es decir:

$$(35000 + 828) \times 1.25 = 44785 \text{ VA.}$$

La corriente, es entonces:

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{44785}{220} = 203.57 \text{ A.}$$

La corriente para calcular el circuito derivado debe ser de 203.57 A.

Ejemplo 2.23.- Cuál es el tamaño (calibre) de los conductores de cobre tipo THWN y del dispositivo de protección contra sobrecorriente requerido para alimentar una unidad de calefacción de: 30 kW, 220 V., monofásica; con un motor del ventilador que demanda 4 A.

Solución

La corriente que demanda el elemento de calefacción es:

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{30000}{220} = 136.36 \text{ A.}$$

De la corriente total de la unidad de calefacción, se toma el 125%.

$$(I \text{ calentador} + I \text{ motor}) \times 125\%$$

$$(136.36 + 4) \times 1.25 = 175.45 \text{ A.}$$

De las tablas de conductores del Capítulo 1 (Tabla 1.6), el conductor es calibre No. 2/0 de cobre.

El dispositivo de protección contra sobrecorriente se puede tomar como de 175 A., ya que es el valor estándar más próximo.

2.6.3.- CIRCUITOS DERIVADOS PARA EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Los equipos de aire acondicionado existen de distintos tipos y tamaños, de manera que pueden usar un circuito derivado dedicado, o bien formar parte del circuito derivado de otras cargas (según sea su tamaño).

El equipo de aire acondicionado se designa por su capacidad expresada en BTU (British Thermal Units) o en TON (toneladas).

Por ejemplo, tratándose de unidades de aire acondicionado centralizadas, un compresor de 3 toneladas equivale a:

$$3 \times 12,000 = 36,000 \text{ BTU}$$

El valor se calcula en base al área en metros cuadrados que se desea servir con aire acondicionado.

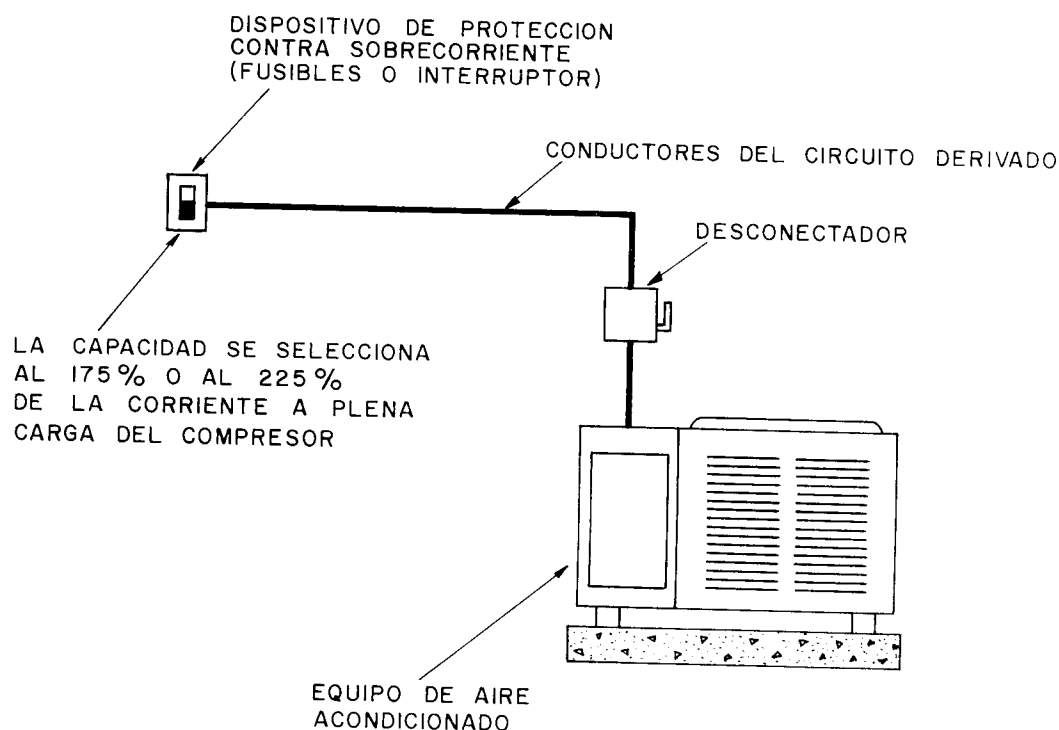
Los conductores para alimentar al equipo de aire acondicionado se seleccionan para un valor que **NO SEA INFERIOR** al 125% de la corriente a plena carga del compresor.

Si la corriente de selección del circuito derivado es la mayor de las corrientes de plena carga, se debe tomar ésta para el cálculo, en general la corriente de selección del circuito derivado esta determinada por el fabricante.

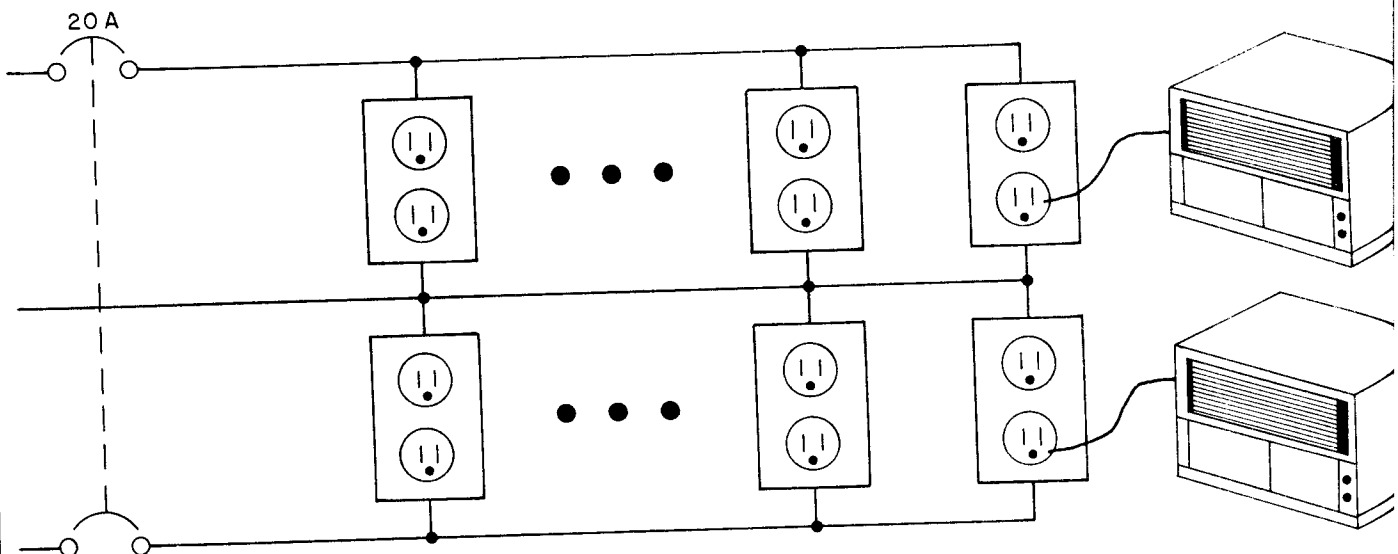
En los equipos de aire acondicionado centralizados, los conductores del circuito derivado se seleccionan lo suficientemente grandes, como para evitar daños por sobrecarga y por lo mismo se usan relevadores de sobrecarga que deben disparar cuando las sobrecargas exceden al 140% de la corriente a plena carga del compresor.

El dispositivo de protección contra sobrecorriente se selecciona de manera que permita arrancar y operar al compresor, por lo que se selecciona al 175% de la corriente de plena carga del compresor.

Cuando por alguna razón, el motor del compresor, no arranque con la selección al 175%, entonces el dispositivo de protección se puede seleccionar para un valor máximo del 225% de la corriente nominal del compresor.

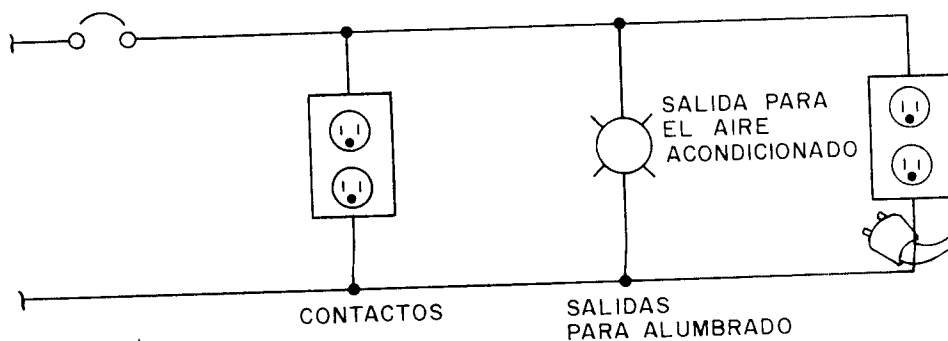


Los equipos de aire acondicionado tipo ventana o también denominados de **CUARTO**, por su capacidad forman por lo general, parte del circuito derivado de otras cargas, y en estos casos se aplican para su cálculo conceptos distintos a los equipos de aire acondicionado centralizados. A continuación, se muestran las reglas generales aplicables en estos casos.



CIRCUITOS DERIVADOS PARA EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CUARTO Y OTRAS CARGAS

LA CAPACIDAD DEL DISPOSITIVO SE DEBE CALCULAR AL MENOS PARA EL 200% DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO.



LA CAPACIDAD MAXIMA EQUIPO SE TOMA COMO MAXIMO EL 50% DE LA CAPACIDAD DEL CIRCUITO DERIVADO.

EJEMPLO:

UN CIRCUITO DERIVADO DE PROPOSITO GENERAL DE 15A. PUEDE ALIMENTAR UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO CON UNA CAPACIDAD MAXIMA DE: $15 \times 0.5 = 7.5 \text{ A}$

AIRE ACONDICIONADO TIPO VENTANA FIJO CONECTADO A UN CIRCUITO DERIVADO DE PROPOSITOS GENERALES

Ejemplo 2.24.- Calcular el calibre de los conductores y el tamaño de los dispositivos de protección requeridos para alimentar a 220 V., una fase, un equipo de aire acondicionado cuya potencia nominal es de 5520 VA.

Solución

La corriente que demanda el equipo de aire acondicionado es:

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{5520}{220} = 25.1 \text{ A.}$$

Para el cálculo del calibre de los conductores se toma el 125% es decir:

$$1.225 = 1.25 \times 25.1 \text{ A.} = 31.375 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 (Capítulo 1) el calibre de conductor requerido es el No. 10 AWG (60°C). Para determinar la capacidad del dispositivo de protección se toma el 175% de la corriente nominal, es decir:

$$1.75 \times 25.1 = 43.925 \text{ A.}$$

Se puede usar un dispositivo de protección contra sobrecorriente de 40 A.

Ejemplo 2.25.- Calcular el tamaño mínimo para un interruptor termomagnético del circuito derivado de un equipo de aire acondicionado que demanda 42 A., de manera que permita su arranque y operación.

Solución

Para seleccionar el dispositivo de protección del equipo de aire acondicionado, se toma el 175% de su corriente nominal, es decir:

$$1.75 \times 42 \text{ A.} = 73.5 \text{ A.}$$

El tamaño estándar inferior es el de 70 A.

Ejemplo 2.26.- Calcular el calibre de los conductores de cobre tipo THWN y el tamaño del dispositivo de protección contra sobrecorriente para el circuito derivado de un equipo de aire acondicionado centralizado que demanda 52 A.

Solución

Para calcular los conductores del circuito derivado se toma el 125% de la corriente que demanda el equipo de aire acondicionado, es decir:

$$1.25 \times 52 \text{ A.} = 65 \text{ A.}$$

Del Tabla 1.6 (Capítulo 1), para conductor THWN, se selecciona el calibre No. 6 AWG.

Para seleccionar el dispositivo de protección se considera el 175% de la corriente nominal, es decir:

$$1.75 \times 52 = 91 \text{ A.}$$

El tamaño estándar inferior correspondiente es el de 90 A.

2.6.4. CIRCUITOS DERIVADOS PARA CALENTADORES ELECTRICOS DE AGUA.

En México, como en muchos países, la mayoría de los calentadores de agua para casa habitación son a base de gas o algún otro combustible derivado del petróleo, sin embargo, existen casos en que por razones diversas se pueden usar calentadores de agua de tipo eléctrico. Estos generalmente, están equipados con elementos calentadores conectados por pasos.

Un grupo de elementos se conecta para calentar agua en pequeñas cantidades, en tanto, que si se requiere calentar mayores volúmenes de agua se conectan más pasos. Los conductores del circuito derivado y el dispositivo de protección contra sobrecorriente se seleccionan de tal manera que permitan al calentador operar en condiciones de mínima y máxima carga de agua durante su ciclo de trabajo.

Los conductores se calculan al 125% de la corriente nominal y los dispositivos de protección contra sobrecorriente se calculan para un valor, no menor al 125% de la corriente nominal.

DISPOSITIVO DE PROTECCION
CONTRA SOBRECORRIENTE
(FUSIBLE O INTERRUPTOR)
SE CALCULA AL 125 %
DE LA CORRIENTE NOMINAL
DEL CALENTADOR.

CIRCUITO DERIVADO
(SE CALCULA AL 125 %
DE LA CORRIENTE NOMINAL

DESCONECTADOR

CALENTADOR DE
AGUA

EL CIRCUITO DERIVADO DE UN CALENTADOR DE AGUA ,
ASI COMO EL DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA
SOBRE CORRIENTE SE SELECCIONAN A PARTIR DE LA
CAPACIDAD EN KW DEL CALENTADOR.

Ejemplo 2.27.- Calcular el tamaño de los conductores y el dispositivo de protección contra sobrecorriente para el circuito derivado de un calentador de agua que se alimenta a 220 V. en forma monofásica y demanda 6336 watts.

Solución

La corriente que demanda el calentador es:

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{6336}{220} = 28.8 \text{ A.}$$

El conductor se selecciona para el 125% de esta corriente:

$$1.25 \times 28.8 = 36 \text{ A.}$$

Del Tabla 1.6 (Capítulo 1) el conductor requerido (60°C), es el No. 8 AWG.

El dispositivo de protección contra sobrecorriente se calcula para el 125%, es decir:

$$1.25 \times 28.8 = 36 \text{ A.}$$

El tamaño estándar más próximo, es de: 40 A.

CAPITULO 3

CIRCUITOS DERIVADOS, CIRCUITOS ALIMENTADORES Y LA PROTECCION DE LOS MOTORES ELECTRICOS

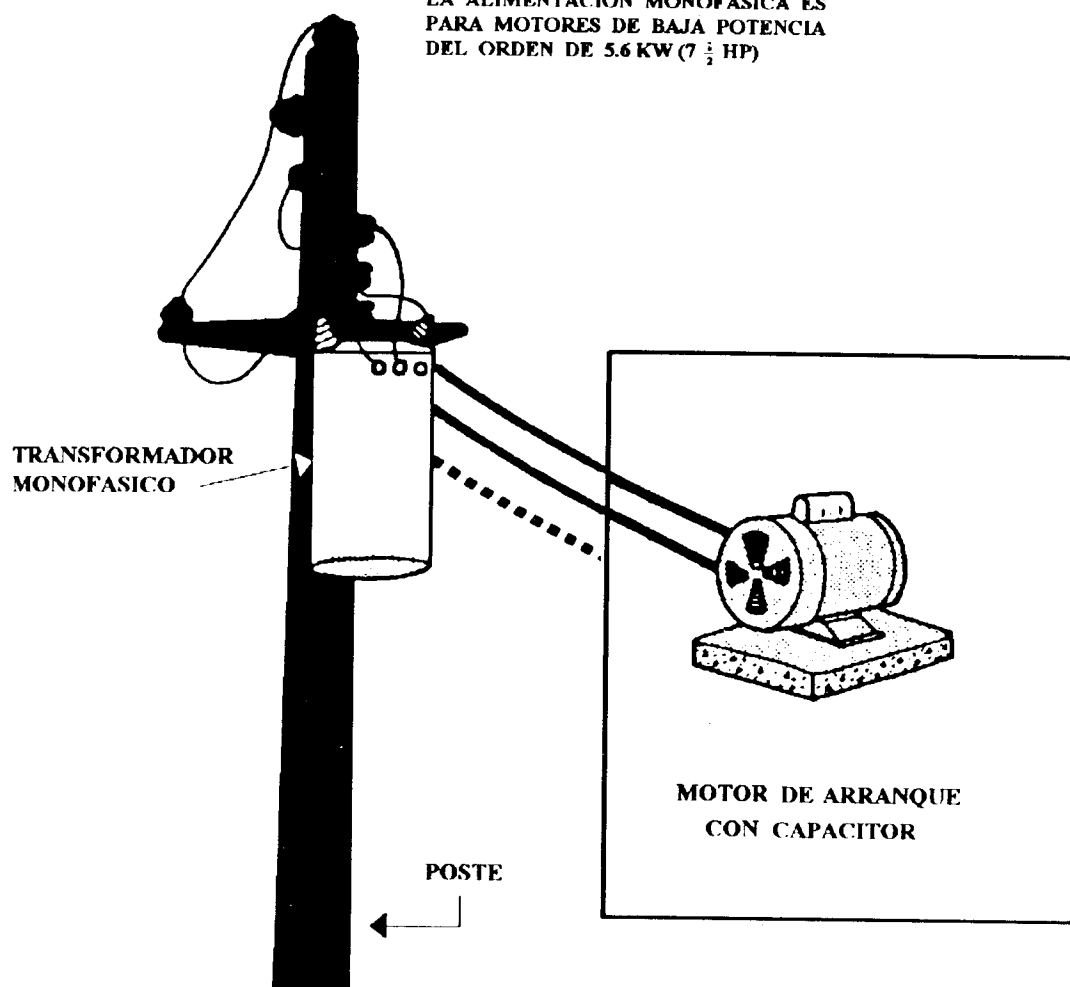
3.1 INTRODUCCION

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas y el código Nacional Eléctrico de los Estados Unidos (NEC), dedican un artículo completo a las normas para la instalación de los motores eléctricos, en donde los circuitos derivados que alimentan a los motores, se tratan en forma extensiva. Los requerimientos de diseño para los circuitos derivados de los motores son independientes del tipo de instalación, lo cual simplifica el diseño de los circuitos derivados para éstos.

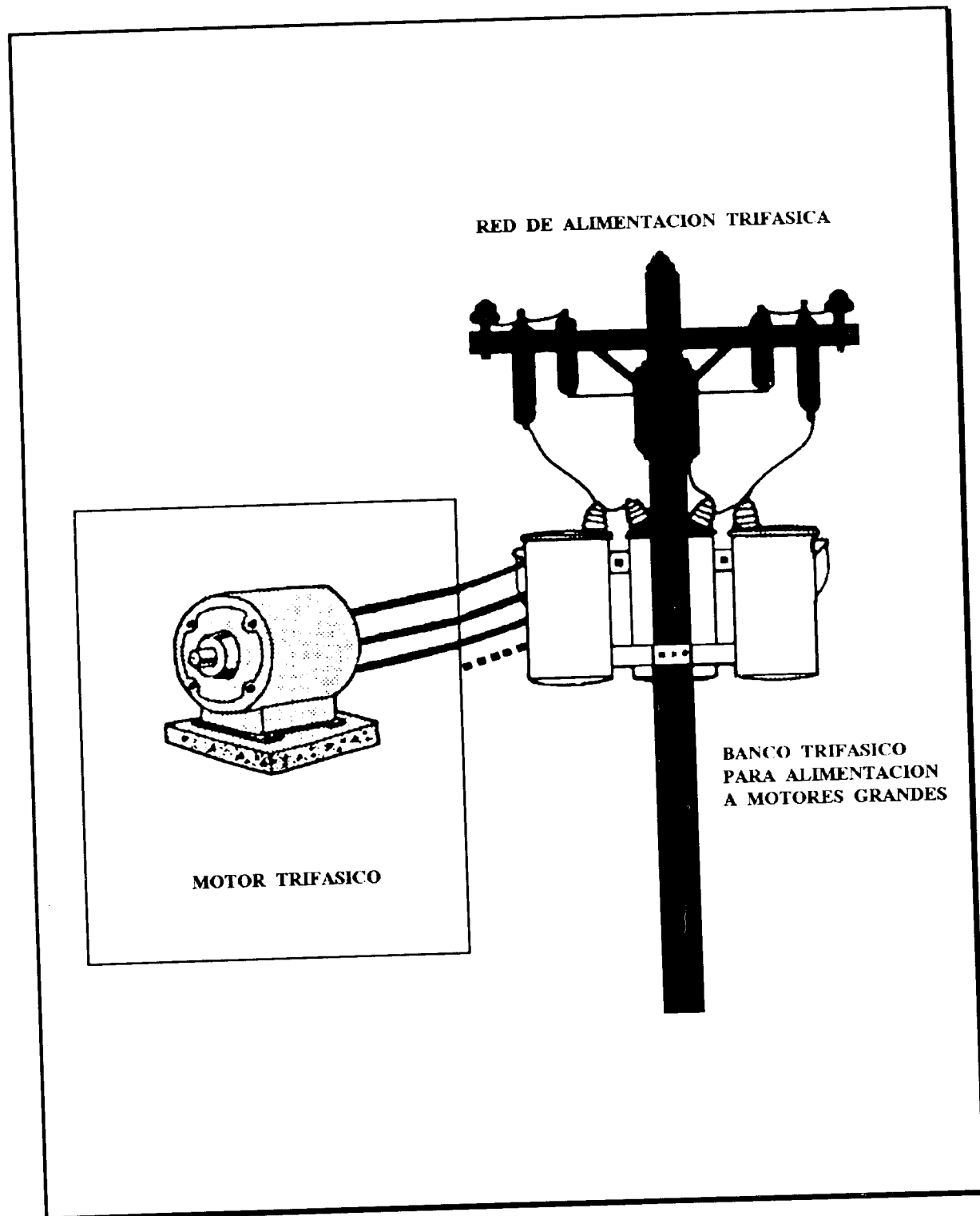
Los motores se designan por su potencia, expresada en caballos de fuerza (HP) o kW. La cantidad de trabajo que un motor puede desarrollar depende de su potencia. Un motor con una potencia nominal alta puede desarrollar más trabajo que otro con una potencia nominal baja. Estos conceptos elementales son importantes debido a que el número de motores usados en instalaciones residenciales, comerciales e industriales se incrementa cada año.

Dichos motores se encuentran en un rango, desde fracciones de HP hasta aquellos de potencias suficientemente elevadas, como para satisfacer las necesidades de la industria.

LA ALIMENTACION MONOFASICA ES
PARA MOTORES DE BAJA POTENCIA
DEL ORDEN DE 5.6 KW ($7 \frac{1}{2}$ HP)



SISTEMA DE DISTRIBUCION MONOFASICA A CARGAS
INDUSTRIALES PEQUEÑAS



SISTEMA DE ALIMENTACION TRIFASICA A
CARGAS INDUSTRIALES GRANDES

Los distintos tipos de motores y tamaños en corriente alterna y directa, son protegidos con diseños apropiados para su instalación. Se incluyen: los conductores del circuito derivado, controles, arrancadores, dispositivos de protección y los medios de desconexión.

DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA
SOBRE CORRIENTE (FUSIBLE O INTERRUPTOR)

CONDUCTORES DEL CIRCUITO DERIVADO,
SELECCIONAN PARA EL 125 % DE LA
CORRIENTE NOMINAL DEL MOTOR PARA
ABSORBER EL EFECTO DE LAS SOBRECARGAS

SE CALCULA DE ACUERDO A LO
INDICADO EN LA TABLA 3.3

DESCONECTADOR

MOTOR

CONDUCTORES DEL CIRCUITO DERIVADO Y COMPONENTES
DIMENSIONADOS A PARTIR DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA

3.2. LOS ELEMENTOS DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

3.2.1. CONDUCTORES.

Los conductores de los circuitos derivados para motores, generalmente son de cobre o de aluminio y deben estar suficientemente bien dimensionados, para soportar los arranques y paros; así como la operación continua en el accionamiento de sus cargas. Los conductores del circuito derivado deben ser capaces de permitir sobrecargas que los motores puedan producir debido a problemas con las chumaceras o de frenado del elemento accionado.

Una sobrecarga generada por el equipo, requiere de más potencia para el accionamiento del mismo. Para evitar que los aislamientos de los equipos fallen como resultado del exceso de calor producido en las sobrecargas. Los conductores de los circuitos derivados, se dimensionan para el 125% de la corriente a plena carga del motor.

Los valores de las corrientes a plena carga para los motores monofásicos, se dan en la Tabla 3.1 y para trifásicos en la Tabla 3.2.

3.2.2. PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE.

La llamada "**corriente de arranque**" o de inserción de un motor, se presenta cuando se le aplica la potencia y el motor arranca.

La corriente de "**operación**", es aquella que toma el motor cuando acciona la carga.

El dispositivo de protección contra sobrecorriente, se debe dimensionar lo suficientemente grande, como para permitir la corriente de arranque del motor y a la vez conducir a la aceleración del motor para accionar la carga. La corriente de arranque de la mayoría de los motores es de 4 a 6 veces la corriente nominal ó de operación del motor, basada en la letra de código de acuerdo a la Tabla 3.3.

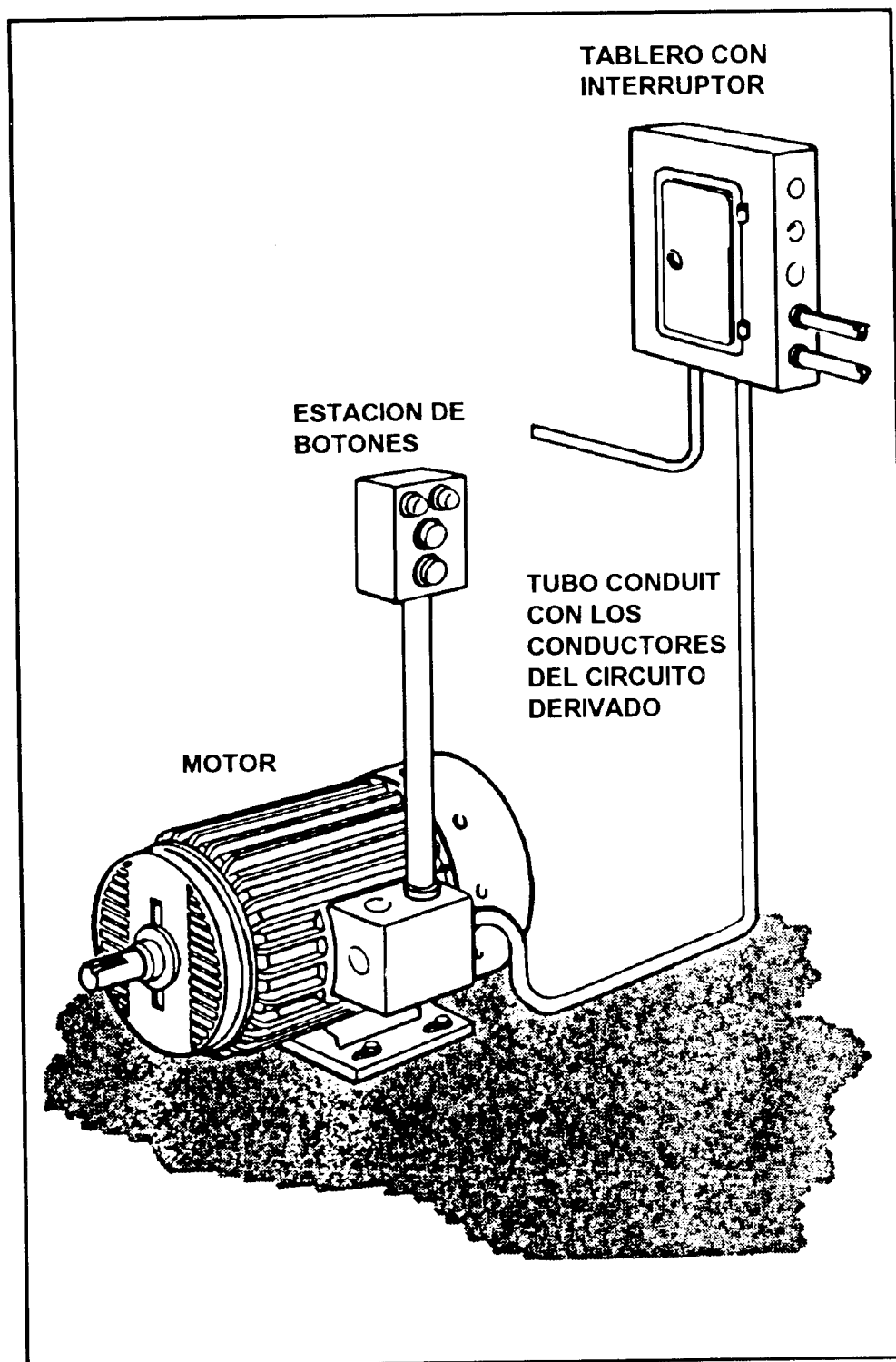
La protección contra sobrecorriente, no debe exceder los porcentajes indicados en la Tabla 3.4, basada en la aplicación de los dispositivos típicos de protección (fusibles e interruptores), si el cálculo con los valores de la Tabla 3.4 da resultados de características de los dispositivos de protección, no estándares, entonces se puede tomar el valor inmediato superior que corresponda a un valor estándar. En el caso de que con el valor seleccionado de dispositivo, descrito antes, el motor, no pueda arrancar y acelerar su carga accionada, entonces, se aplican por excepción los siguientes porcentajes.

Para fusibles sin retardo de tiempo. No, se debe exceder el 400% de la corriente a plena carga del motor para fusibles con valores nominales de 600 A. o menores.

Para fusibles con retardo de tiempo. No, se debe exceder al 225% de la corriente a plena carga del motor.

Interruptores. No, debe exceder el 400% de la corriente a plena carga del motor para capacidades de 100 A. o menores. Para capacidades mayores de 100 A., se toma el 300%.

Interruptores de disparo instantáneo. No, se debe exceder el 300% de la corriente a plena carga del motor.

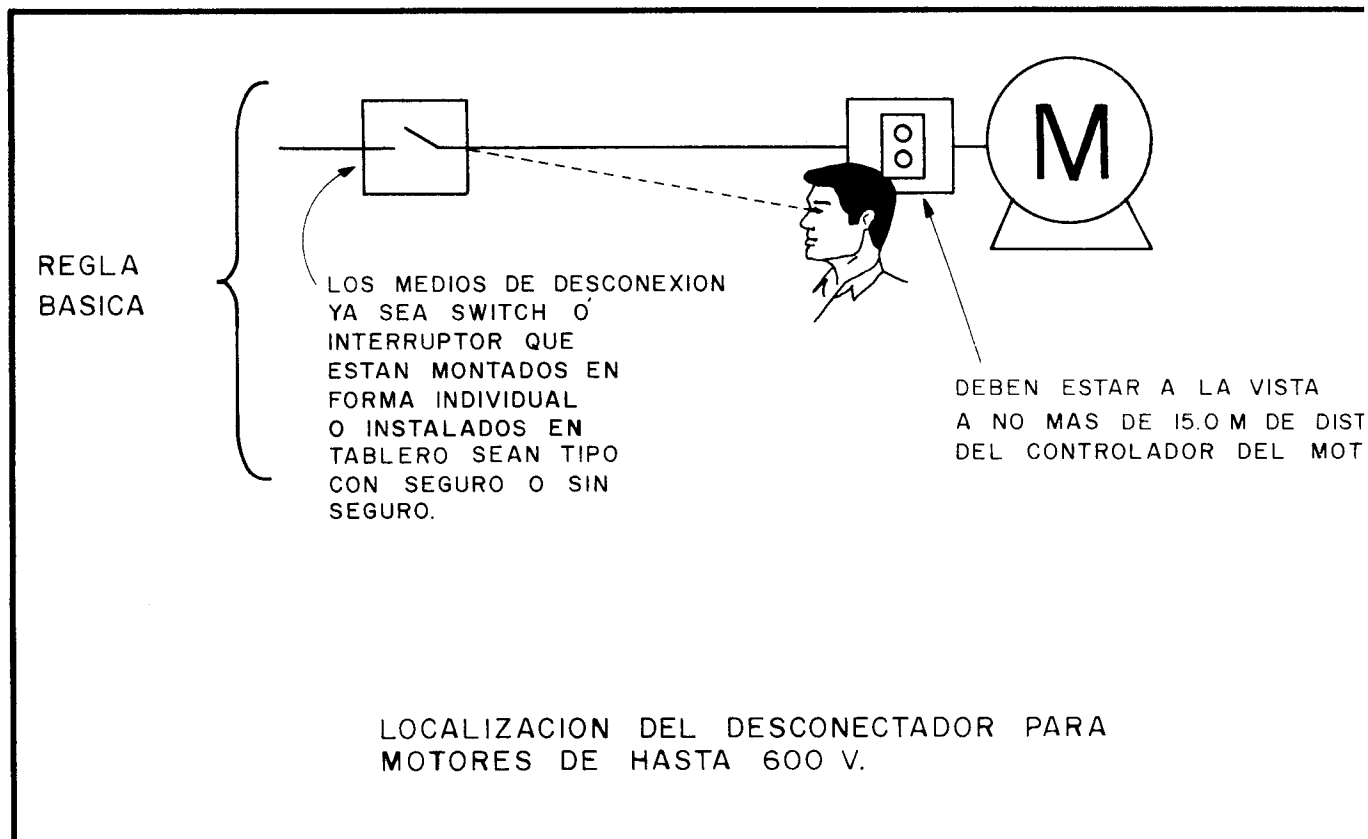


**EL CONCEPTO DE CIRCUITO DERIVADO EN LAS
INSTALACIONES INDUSTRIALES**

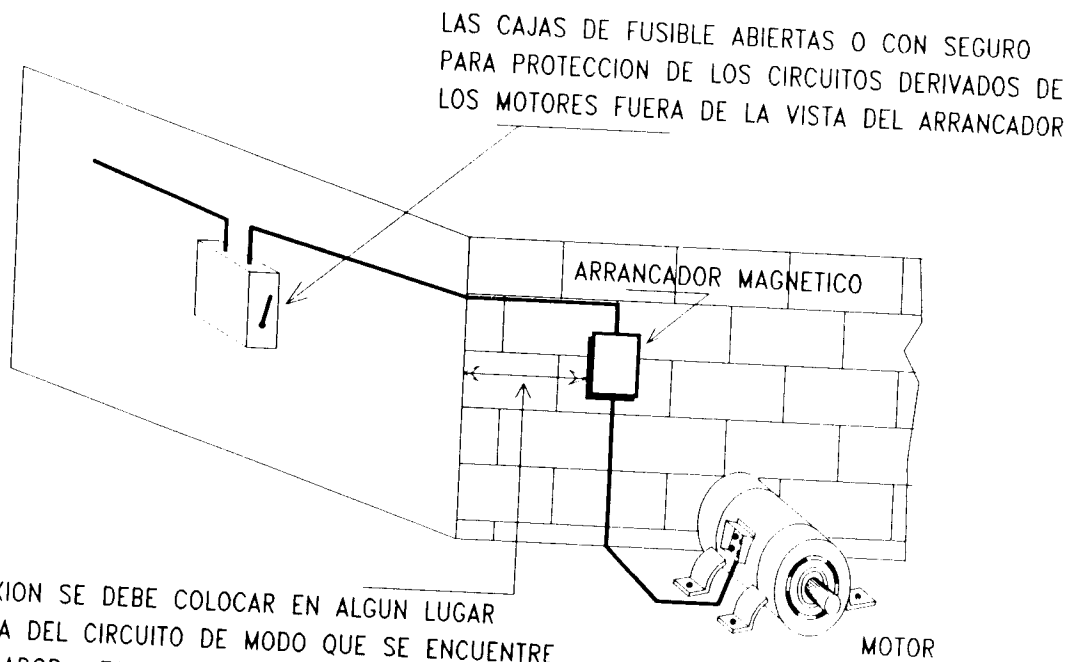
3.2.3. EL MEDIO DESCONECTOR.

Se debe incluir en el circuito derivado del motor un dispositivo desconectador, que facilite la desconexión del motor de la fuente de alimentación para permitir que el personal pueda tener acceso a éste para fines de servicio (mantenimiento), sin riesgo de que el circuito derivado pueda ser energizado accidentalmente. El dispositivo desconectador puede bloquear al motor del circuito, lo cual, se puede proporcionar por cualquiera de los métodos siguientes:

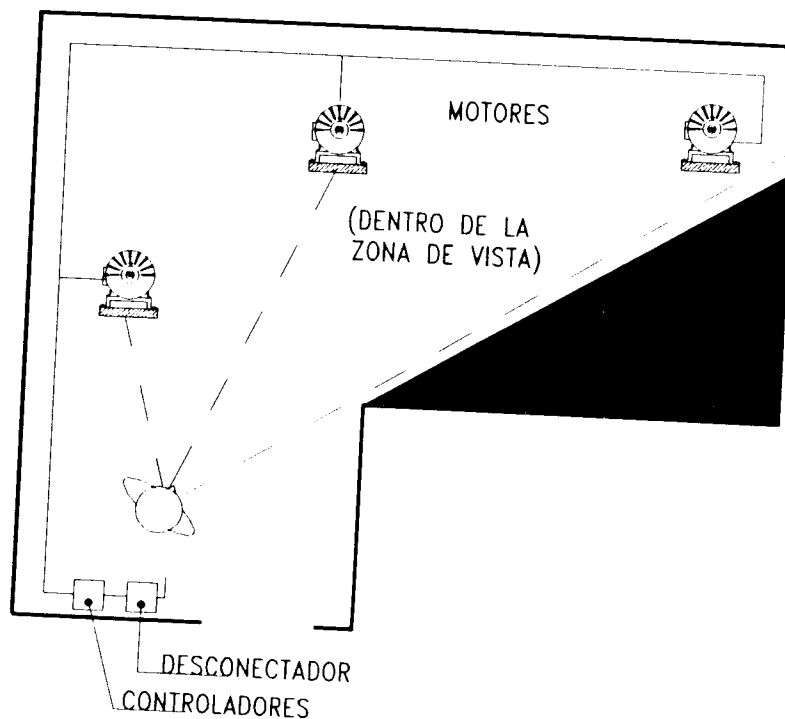
- 1.- Se instala un dispositivo desconectador en forma adyacente al controlador del motor localizado en una zona de "**vista**" dentro de 15.0 m.
- 2.- El dispositivo desconectador puede ser bloqueado en la posición de "**abierto**" y estar junto al controlador. El motor, no tiene que localizarse dentro de la zona de "**vista**".
- 3.- El medio de desconexión esta localizado por el controlador y no puede ser bloqueado en la posición de "**abierto**", además el motor está "**fuera de la zona de vista**", para este caso, se debe proporcionar un desconectador adicional dentro de esta zona en una área dentro de 15.0 m. con respecto al motor.



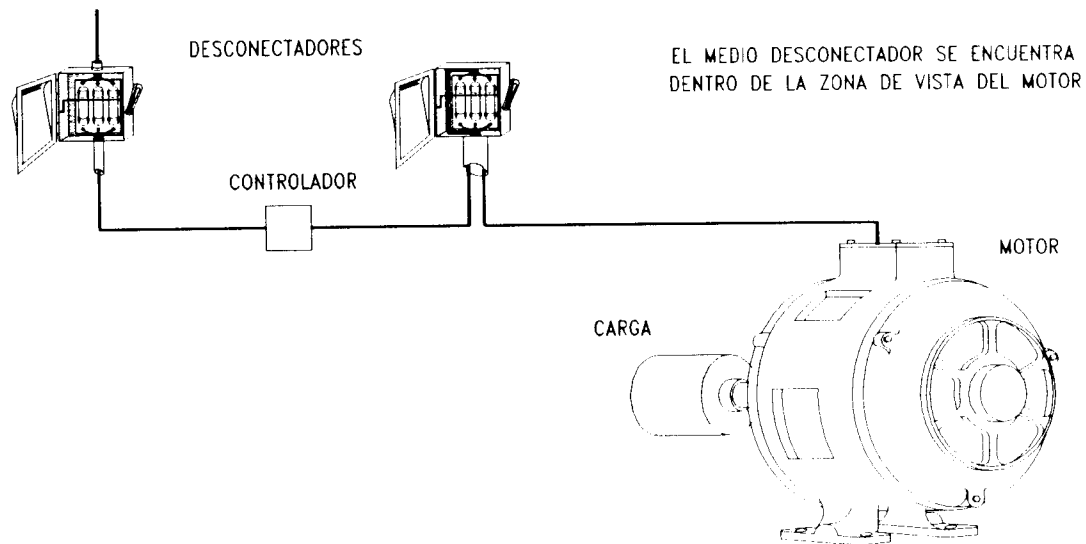
EJEMPLO:



UN MEDIO DE DESCONEXION SE DEBE COLOCAR EN ALGUN LUGAR DE ESTA PARTE INDICADA DEL CIRCUITO DE MODO QUE SE ENCUENTRE A LA VISTA DEL ARRANCADOR. TAMBIEN SE PUEDE USAR UNA -- COMBINACION DE INTERRUPTOR Y ARRANCADOR EN LA LOCALIZACION DEL ARRANCADOR



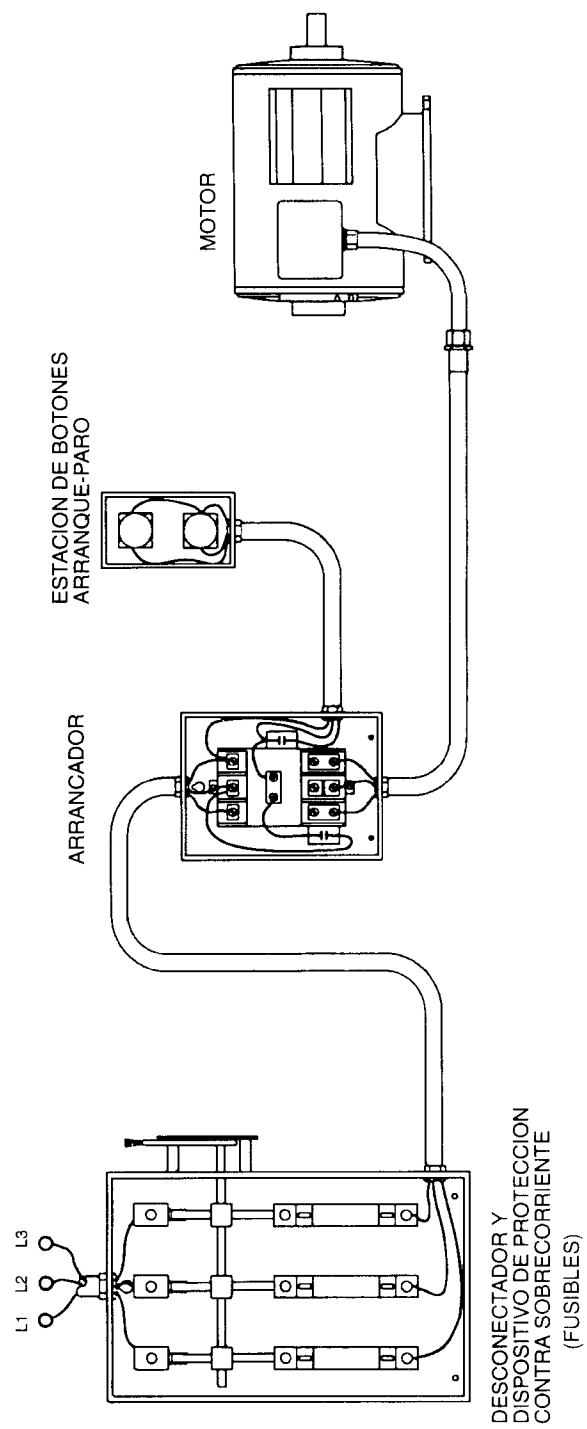
LOS MOTORES DEBEN ESTAR DENTRO DE LA ZONA DE VISTA DE SUS CONTROLADORES



REGLA BASICA PARA LA INSTALACION DE CONTROLADORES DENTRO DE LA ZONA DE VISTA DEL MOTOR



EXCEPCION A LA REGLA BASICA (CONTROLADOR FUERA DE LA ZONA DE VISTA)



COMPONENTES DEL CIRCUITO DERIVADO DE UN MOTOR

Ejemplo 3.1.- Calcular el calibre del conductor de cobre tipo THWN requerido para alimentar un motor trifásico de inducción de 60 HP a 220 volts.

Solución

De la Tabla 3.2. para un motor de 60 HP a 220 V. la corriente es de 161 A.

El conductor del circuito derivado se calcula para el 125% de esta corriente, es decir:

$$1.25 \times 161 = 201.25 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 (Capítulo 1) el calibre requerido de conductor de cobre THWN (75°C), es el No. 4/0 AWG.

Ejemplo 3.2.- Calcular el calibre de los conductores tipo THWN de cobre y la capacidad del interruptor requeridos para permitir que un motor trifásico de inducción de 200 HP, 440 volts pueda arrancar y operar.

Solución

De la Tabla 3.2 para un motor de 200 HP a 440 volts su corriente nominal es:

$$I = 251 \text{ A.}$$

Los conductores del circuito derivado se calculan para el 125% de esta corriente, es decir:

$$1.25 \times 251 = 313.75 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 (Capítulo 1) para conductor de cobre THWN (75°C), se requiere calibre No. 400 KCM, podría ser también 350 KCM (310 A.).

De la Tabla 3.4 para motores de C.A. monofásicos o polifásicos, tipo Jaula de Ardilla, con arranque a pleno voltaje, sin letra de código, usando interruptor de tiempo inverso, el porcentaje de corriente a aplicar es: 250%.

Por lo que la corriente del interruptor es:

$$250\% \times I = 2.5 \times 251 = 627.5 \text{ A.}$$

El tamaño comercial inmediato inferior del interruptor es 600 A. y el inmediato superior es 800 A.

Ejemplo 3.3.- Para un motor trifásico de inducción de 25 HP a 220 volts, se desea calcular el tamaño de los dispositivos de protección.

- a) Si se trata de fusible sin retardo de tiempo.
- b) Para fusible con retardo de tiempo.
- c) Para interruptor de tiempo inverso.
- d) Para interruptor con disparo instantáneo.

Solución

- a) Para un motor trifásico de 25 HP a 220 V. su corriente nominal, de acuerdo a la Tabla 3.2 es:

$$I = 71 \text{ A.}$$

De la Tabla 3.4, para motores trifásicos y fusibles sin retardo de tiempo, se toma el 300% de la corriente nominal del motor, es decir:

$$300\% \times I = 3 \times 71 = 213 \text{ A.}$$

El tamaño estándar inferior de fusible, es:

$$200 \text{ A.}$$

El tamaño estándar superior de fusible, es:

$$225 \text{ A.}$$

- b) Usando fusible con retardo de tiempo, de la Tabla 3.4, para motores trifásicos sin letra de código, se toma el 175% de la corriente nominal del motor, es decir:

$$175\% \times I = 1.75 \times 71 = 124.25 \text{ A.}$$

El valor normalizado inmediato inferior es 110 A. y el valor normalizado inmediato superior es 125 A.

- c) Si se usa interruptor de tiempo inverso, de la Tabla 3.4, para motores trifásicos sin letra de código, se toma el 250% de la corriente nominal del motor.

$$250\% \times I = 2.25 \times 71 = 177.5 \text{ A.}$$

El valor normalizado inferior es 170 A. y el superior es 200 A.

- d) Para interruptor con disparo instantáneo, de la misma Tabla 3.4, para motores trifásicos sin letra de código, se toma el 700% de la corriente nominal del motor.

$$700\% \times I = 7 \times 71 = 497 \text{ A.}$$

El ajuste máximo del interruptor debe ser entonces 497 A.

Ejemplo 3.4.- Calcular el calibre de los conductores y el tamaño de los dispositivos de protección requeridos para permitir que arranque y opere un motor trifásico de inducción de: 30 HP a 220 V. Se usarán conductores de cobre tipo THWN y el dispositivo de protección, son fusible con retardo de tiempo.

Solución

Para un motor trifásico de inducción de: 30 HP a 220 V. de la Tabla 3.2 la corriente nominal es de 84 A.

Para calcular el calibre del conductor, se toma el 125% de la corriente nominal del motor.

$$125\% \times I = 1.25 \times 84 = 105 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 (Capítulo 1), para 105 A. y conductor THWN (75°C), se requiere calibre No. 2 AWG.

Si se usa fusible con retardo de tiempo, de la Tabla 3.4, para motores trifásicos con arranque a voltaje pleno y sin letra de código, se toma el 175% de la corriente nominal, es decir:

$$175\% \times I = 1.75 \times 84 = 147 \text{ A.}$$

El valor inmediato superior para el fusible, es: 150 A.

3.3. LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES.

Los circuitos alimentadores en realidad reciben este nombre porque alimentan grupos de cargas. Para el cálculo de los conductores y los dispositivos de protección contra sobrecorriente, se aplican las disposiciones de las **NTI** en su última revisión; agrupándose las cargas y aplicando los porcentajes correspondientes a los factores de utilización de acuerdo con sus condiciones de uso.

Ejemplo 3.5.- Calcular la ampacidad de un alimentador monofásico a 220 V. que alimenta una carga de 15 600 VA.

Solución

La ampacidad o corriente se calcula como:

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{15\ 600}{220} = 71 \text{ A.}$$

Ejemplo 3.6.- Calcular la ampacidad de un alimentador trifásico al que se conecta a 220 V. una carga de 28 800 VA.

Solución

La ampacidad para un alimentador trifásico se calcula, como:

$$I = \frac{VA}{\sqrt{3} \times V} = \frac{28\ 800}{\sqrt{3} \times 220} = 75.58\ A.$$

3.3.1. CARGAS DE OPERACION NO CONTINUA.

Las cargas con ciclo de operación no continuo, son aquellas que operan por un período de tiempo menor de tres horas. La capacidad en VA de estas cargas, se calcula al 100% ó bien aplicando factores de demanda, a ciertas cargas, basándose en sus condiciones de uso. Por ejemplo, una carga conectada de 30 000 VA con ciclo de operación no continuo, se calcula al 100% y el tamaño del circuito se dimensiona a este valor.

Algunos ejemplos de cargas de tipo de operación no continua, pueden ser aquellas de tipo portátil enchufables o bien conectadas en forma permanente, pero de operación por tiempos, no mayores de 3 horas.

3.3.2. CARGAS DE OPERACION CONTINUA.

Las cargas con ciclo de operación continuo, son aquellas que operan por tres (3) horas o más. Estas cargas, no operan con ciclos variables o intermitentes. Por ejemplo, en la industria papelera existen máquinas que cortan y forman cajas de cartón en forma continua por períodos de 8 horas diarias. Este es un ejemplo típico de una carga con ciclo de operación continuo.

Los VA de las cargas de ciclo de operación continuo se toman al 125% para obtener los VA de cálculo para el alimentador. Por ejemplo, para una máquina procesadora que trabaja en forma continua 6 horas diarias con 25 000 VA, el alimentador se calcula para:

$$1.25 \times 25\ 000 = 31\ 250\ \text{VA}.$$

La capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente, se calcula para el 125% de la corriente nominal.

3.3.3. CALCULO DE LA DEMANDA MAXIMA.

La demanda máxima en un circuito alimentador puede determinarse sumando las cargas de los circuitos derivados que estarán abastecidos por él, afectadas por los factores de demanda que se indican en el párrafo, siguiente, y que sean aplicables al caso de que se trate. El circuito alimentador debe tener una capacidad, por lo menos, igual al valor de la demanda máxima en el mismo.

3.3.4. FACTORES DE DEMANDA.

- a) *Alumbrado general.* Los factores de demanda que se indican en la Tabla 3.5 pueden aplicarse a la parte de la carga de los circuitos derivados que corresponden al alumbrado general, sólo para efectos de cálculo de la capacidad del alimentador, pero, no para determinar el número de circuitos derivados requeridos.
- b) *Contactos no considerados en la carga de alumbrado.* La carga de estos contactos, de uso general en cualquier tipo de local, con un mínimo de 180 watts por salida.

Este mismo criterio puede aplicarse a los circuitos derivados de 20 amperes para alimentar aparatos medianos, a que se refiere el párrafo anterior; en cuyo caso, para fines de cálculo del circuito alimentador, puede considerarse una carga de 1500 watts por cada circuito derivado.

- c) *Alumbrado de aparadores.* Para alumbrado de aparadores comerciales, debe considerarse el 100 por ciento de la carga de 600 watts por metro lineal.
- d) *Motores.* En el caso de motores, la carga debe calcularse de acuerdo con lo que se indique más adelante.
- e) *Equipos fijos de calefacción de ambiente.* Debe considerarse el 100 por ciento de la carga conectada.

Excepción.

Cuando las unidades de calefacción sean del tipo de servicio intermitente, o no operen simultáneamente, no es necesario considerar el 100 por ciento de la carga conectada, pero debe aplicarse un factor de demanda adecuado a estas condiciones.

- f) *Aparatos fijos, en casas habitación.* Cuando dos o más aparatos fijos, que no sean equipos de aire acondicionado o calefacción, se conecten a un mismo alimentador en una casa habitación, puede aplicarse un factor de demanda de 0.75 a la carga de estos aparatos.

- g) **Cargas no coincidentes.** Cuando es improbable que dos cargas diferentes operen simultáneamente (como las de aire acondicionado y calefacción), puede omitirse la menor de ellas al determinarse la carga del alimentador.

3.3.5. CARGA DEL CONDUCTOR NEUTRO.

La corriente que se considere para el conductor neutro en un circuito alimentador, no debe ser menor que el desequilibrio máximo de la carga en el circuito. Para efectos de cálculo, este desequilibrio máximo debe considerarse igual a la carga máxima conectada entre el neutro y cualquiera de los conductores activos (con lo cual se preve el caso más desfavorable de desequilibrio, cuando uno de los conductores activos queda desconectado).

Ejemplo 3.7.- Un circuito alimentador tiene conectado 265 A. de carga de lámparas fluorescentes y 285 A. de carga de lámparas incandescentes. Calcular la corriente en el neutro.

Solución

La carga por lámparas fluorescentes, se toma al 100%, es decir:

$$265 \times 100\% = 265 \times 1.0 = 265 \text{ A.}$$

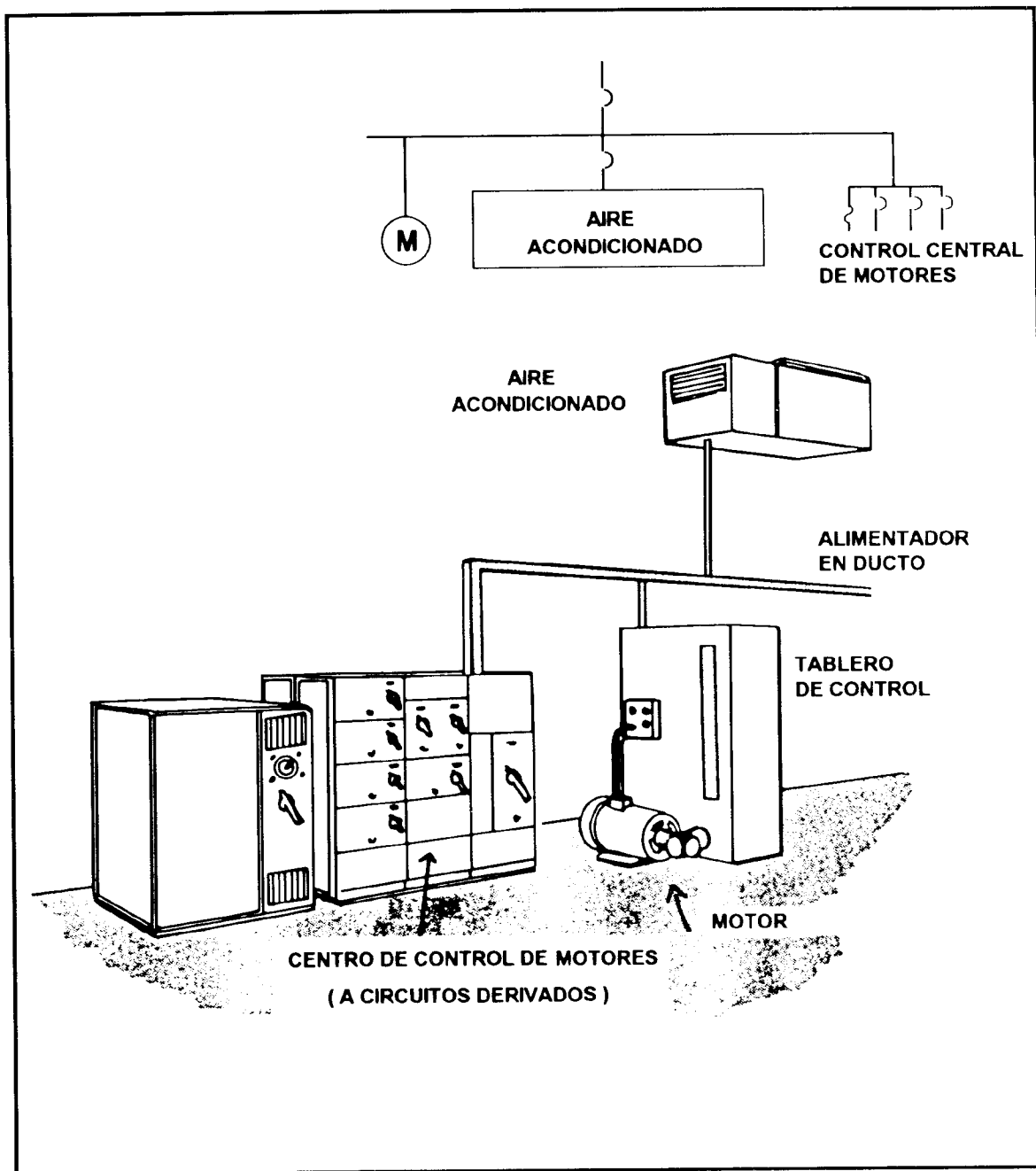
Para lámparas de alumbrado incandescente, se toman los primeros 200 A. al 100% y el resto al 70% o sea:

$$200 \times 100\% = 200 \times 1.0 = 200 \text{ A.}$$

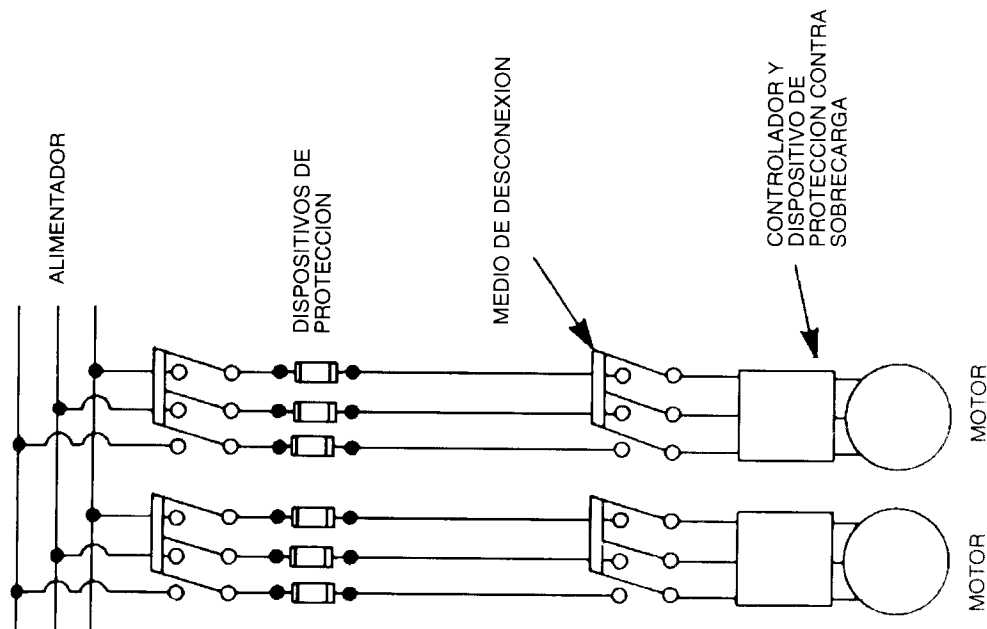
$$85 \times 70\% = 85 \times 0.70 = 59.5 \text{ A.}$$

La corriente total (carga) en el neutro, es:

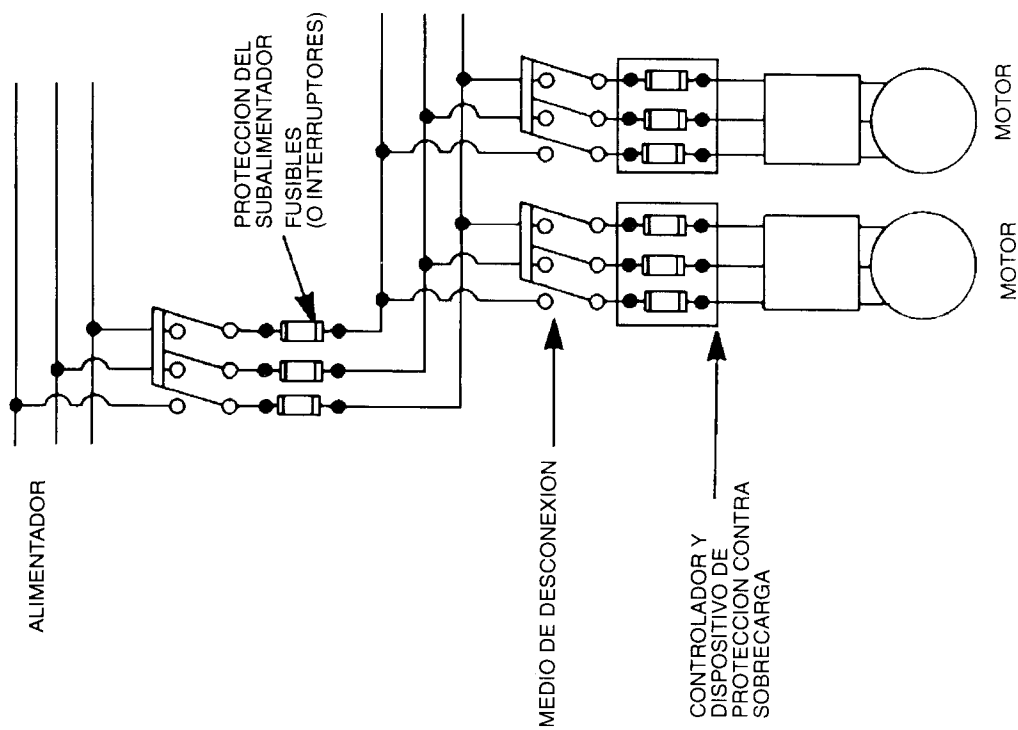
$$265 + 200 + 59.5 = 524.5 \text{ A.}$$



EL CONCEPTO DE ALIMENTADOR EN UNA INSTALACION ELECTRICA INDUSTRIAL



CADA MOTOR SE ALIMENTA POR UN CIRCUITO DERIVADO INDIVIDUAL



UN ALIMENTADOR CONECTANDO CIRCUITOS DERIVADOS INDIVIDUALES DE MOTORES A TRAVES DE UN SUBALIMENTADOR

VARIANTES DE ALIMENTACION A MOTORES

TABLA 3.5

**FACTORES DE DEMANDA PARA EL CALCULO DE LA CARGA
DE ALUMBRADO GENERAL EN ALIMENTADORES**

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado general a que se le aplica el factor de demanda.	Factor de demanda en el alimentador.*
Casas habitación	Primeros 3 000 watts o menos	100%
	Exceso sobre 3 000 watts.	35%
**Hoteles	Primeros 20 000 watts o menos	50%
	Exceso sobre 20 000 watts	40%
**Hospitales	Primeros 50 000 watts o menos	40%
	Exceso sobre 50 000 watts	20%
Edificios de oficinas Escuelas	Primeros 20 000 watts o menos	100%
	Exceso sobre 20 000 watts	70%
Otros locales	Carga total de alumbrado general.	100%

* El factor de demanda es la relación entre la demanda máxima del circuito y la carga conectada al mismo.

Ejemplo 3.8.- Calcular la ampacidad de un alimentador monofásico de 127 V. que alimenta una carga de 2 800 watts a factor de potencia 0.9 atrasado.

Solución

La corriente que demanda la carga, es:

$$I = \frac{VA}{V} = \frac{Watts}{V \times \cos\theta} = \frac{2800}{127 \times 0.9} = 24.49 \text{ A.}$$

$\cos\theta$ = factor de potencia

Ejemplo 3.9.- Calcular la ampacidad de un alimentador trifásico de 220 V. que alimenta una carga de 115 200 watts a factor de potencia 0.9 atrasado.

Solución

La corriente al alimentador trifásico, es:

$$I = \frac{VA}{\sqrt{3} \times V} = \frac{Watts}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta}$$

$\cos\theta$ = factor de potencia

$$I = \frac{115200}{1.732 \times 220 \times 0.9} = 335.92 \text{ A.}$$

Ejemplo 3.10.- Calcular la capacidad en VA para un circuito alimentador que alimenta dos cargas no continuas con 12 000 VA para alumbrado y 8 000 VA para aparatos del hogar a un voltaje de 127 V.

Solución

$$12\ 000\ \text{VA} \times 100\% = 12\ 000 \times 1.0 = 12\ 000$$

$$8\ 000\ \text{VA} \times 100\% = \underline{8\ 000 \times 1.0 = 8\ 000}$$

$$\text{Capacidad en VA} = 20\ 000$$

Ejemplo 3.11.- Calcular la capacidad en VA de un alimentador trifásico que alimenta a 220 V. una carga que demanda 81 A.

Solución

$$\text{VA} = \sqrt{3} \times V \times I = 1.732 \times 220 \times 81$$

$$\text{VA} = 30,864$$

El alimentador, se calcula para el 125% de la carga, es decir:

$$1.25 \times 30,864 = 38,580\ \text{VA}$$

Ejemplo 3.12.- Calcular el factor de demanda para 205 contactos de propósitos generales, que alimentan cargas no continuas en un edificio de oficinas.

Solución

Las salidas para contactos, se calculan de acuerdo a lo estudiado en el Capítulo 2 para 180 VA, de manera que las 205 salidas son en total:

$$205 \times 180 = 36,900 \text{ VA}$$

De acuerdo con la Tabla 3.5 se aplican los factores de demanda como:

$$\text{Primeros } 20,000 \text{ VA al } 100\% = 20,000 \times 1.0 = 20,000 \text{ VA}$$

$$\text{Excedente sobre } 20,000 \text{ VA al } 70\%$$

$$(36,900 - 20,000) \times 0.7 = \underline{11,830 \text{ VA}}$$

$$\text{Total} = \underline{31,830 \text{ VA}}$$

$$\text{Factor de demanda} = 31,830 \text{ VA}$$

El **NEC-93** de Estados Unidos toma los factores de demanda, como sigue:

$$\text{Primeros } 10,000 \text{ VA al } 100\% = 10,000 \text{ VA}$$

$$\text{Excedente sobre } 10,000 \text{ VA al } 50\%$$

$$(36,900 - 10,000) \times 0.5 = \underline{13,450 \text{ VA}}$$

$$\text{Total} = \underline{23,450 \text{ VA}}$$

$$\text{Factor de demanda} = 23,450 \text{ VA}$$

Ejemplo 3.13.- Cuál es la corriente de carga en el neutro de un circuito alimentador de un edificio de departamentos que tiene una carga conectada al neutro de 350 A.

Solución

Los primeros 200 A. se toman al 100%.

$$200 \times 1.0 = 200 \text{ A.}$$

El excedente, se toma al 70%.

$$(350 - 200) \times 0.7 = 105 \text{ A.}$$

La corriente de carga, es entonces:

$$200 + 105 = 305 \text{ A.}$$

Ejemplo 3.14.- Cuál es la carga al neutro para un aparato que tiene una demanda de 10.4 kW.

Solución

Para aparatos del hogar conectados al neutro, se toma un factor de demanda del 70%, por lo que:

$$10.4 \text{ KW} \times 1000 \times 0.70 = 7,280 \text{ VA.}$$

3.4. CIRCUITOS ALIMENTADORES PARA MOTORES ELECTRICOS.

Los conductores que alimentan a los motores deben tener su capacidad nominal en amperes para alimentar la corriente a plena carga del motor. Estos conductores de acuerdo a su aislamiento, se pueden seleccionar para: 60°C, 75°C ó 90°C (ver Tabla 1.6 para datos).

Considerando, que además del impacto del medio ambiente en que están instalados los motores. Los conductores que los alimentan, están sometidos a las altas corrientes de arranque (4 a 6 veces la nominal) y también a las corrientes de los ciclos continuos de operación.

Cuando se alimenta a un solo motor los conductores se dimensionan tomando el 125% de la corriente nominal, y como se estudio antes, la corriente nominal se obtiene de las Tablas 3.1 y 3.2, según sean de una o tres fases.

3.4.1. CALCULO DEL CONDUCTOR PARA EL CIRCUITO ALIMENTADOR.

Cuando se trata de alimentar más de un motor, las NTI establecen que el calibre del conductor alimentador para dos o más motores, se calculen para el siguiente valor de corriente:

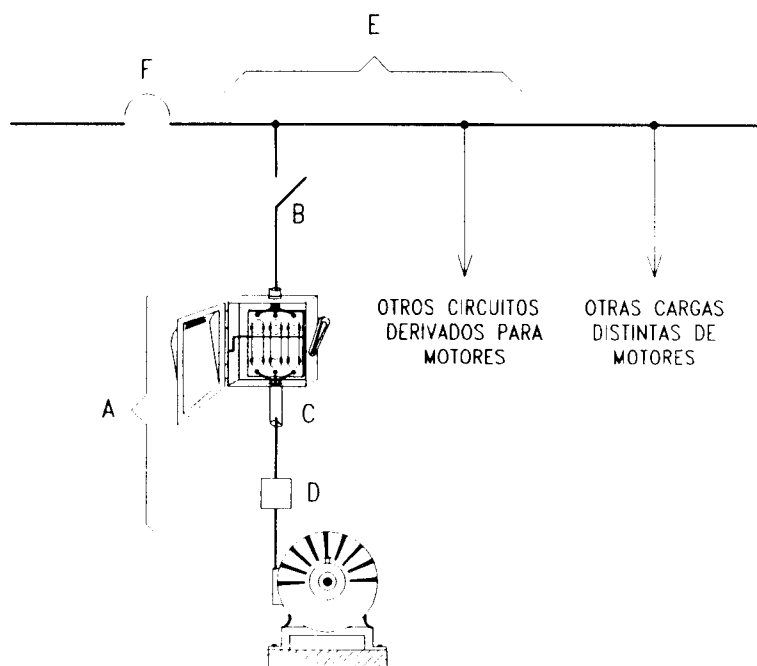
$$I = 1.25 \times I (\text{Motor Mayor}) + \text{Suma } (I \text{ de otros motores})$$

Donde:

I= Corriente a plena carga de cada motor.

3.4.2. CALCULO DE CIRCUITOS ALIMENTADORES PARA MOTORES Y OTRAS CARGAS DISTINTAS DE ESTOS.

En el diagrama correspondiente para el cálculo de los circuitos derivados. El circuito alimentador que energiza al circuito derivado del motor, se protege por separado, de manera que para incluir al alimentador, se debe usar el diagrama que se indica a continuación, en el cual se muestran en forma adicional otras cargas distintas que se pueden obtener del mismo alimentador.



A = CONDUCTORES DEL CIRCUITO DERIVADO DEL MOTOR

B = MEDIO DE DESCONEXION DEL MOTOR

C = PROTECCION DEL CIRCUITO DERIVADO

D = CONTROL DEL MOTOR Y PROTECCION DE OPE

E = CONDUCTORES DEL ALIMENTADOR

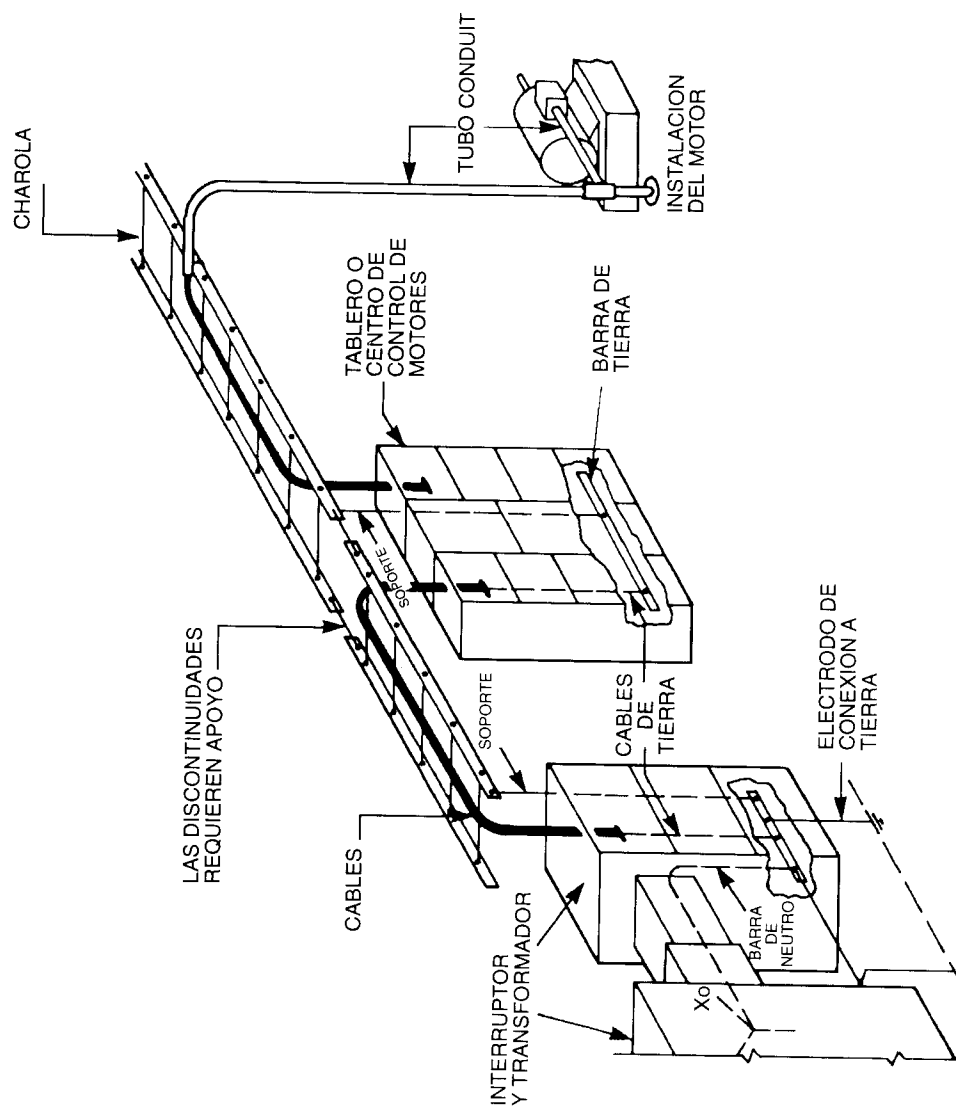
F = ELEMENTOS DE PROTECCION DEL ALIMENTADO

Cálculo de las componentes del alimentador

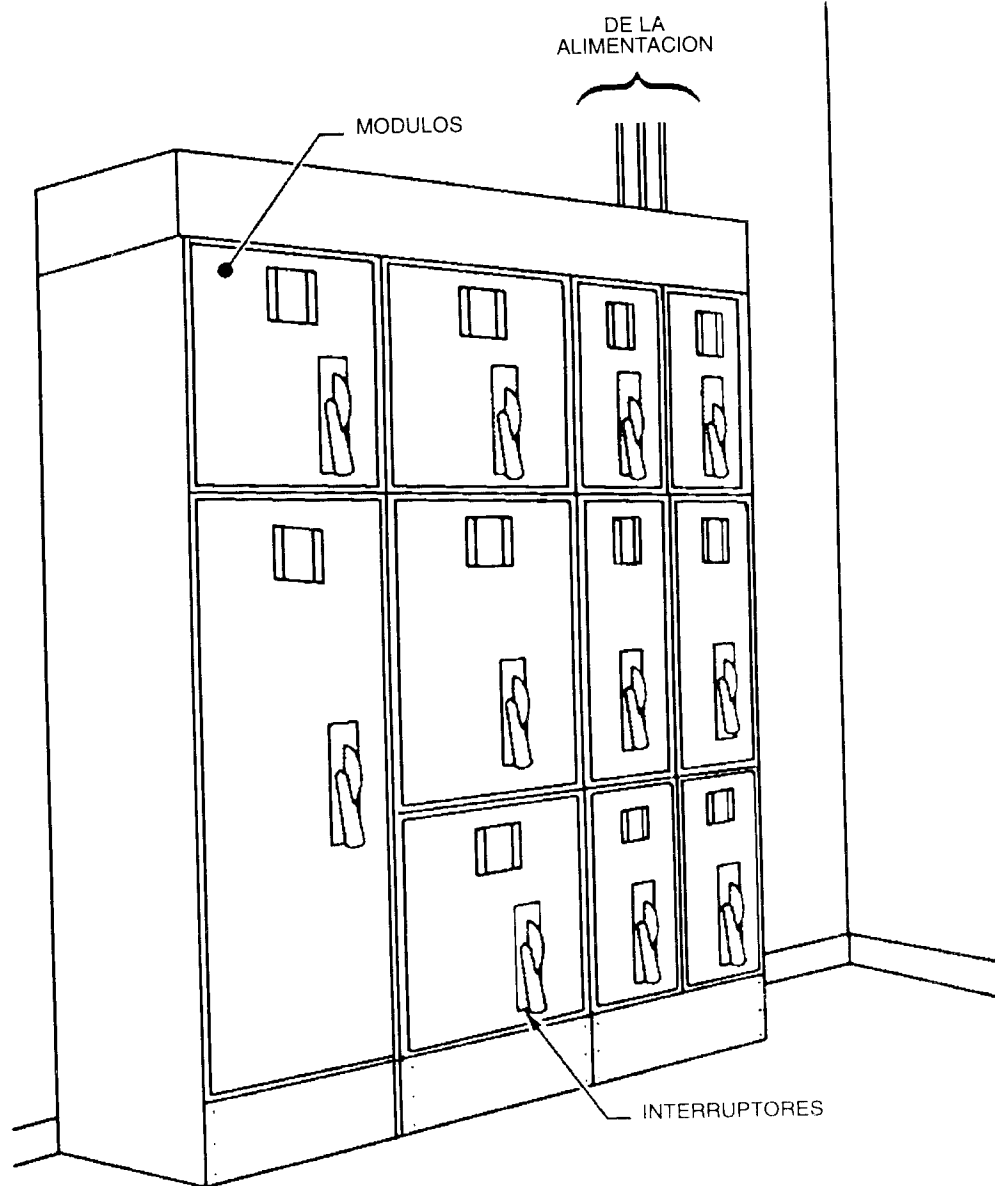
El método de cálculo de las componentes del alimentador, es de hecho el mismo que el usado para calcular las componentes del circuito derivado de un motor, ya que se considera el 125% de la corriente que demanda el motor mayor y a este valor se suman las corrientes de los otros motores, es decir que:

La capacidad de conducción de corriente (ampacidad) de los conductores del alimentador, se calcula con 1.25 veces la corriente a plena carga del motor de mayor capacidad más la suma de las corrientes a plena carga de los motores restantes. Cargas adicionales o bien otros motores se agregan a esta suma en forma directa.

$$I_A = 1.25 I_{M.Mayor} + \Sigma I_{Otros\ motores} + I_{Otras\ cargas}$$



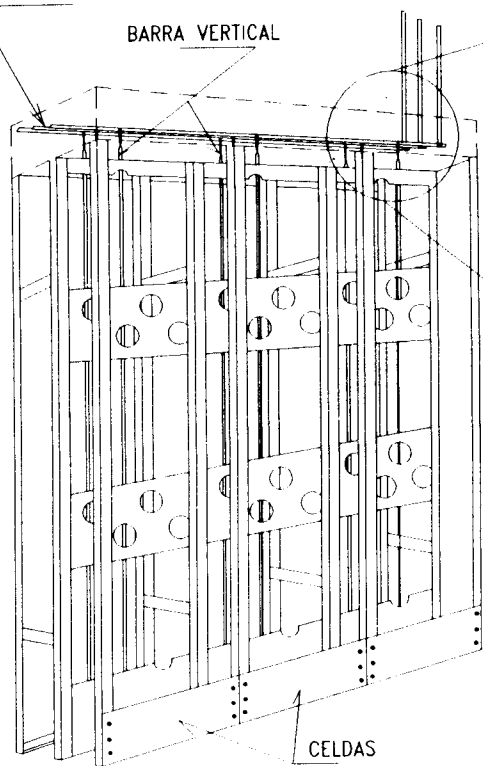
USO DE CHAROLAS EN INSTALACIONES ELECTRICAS



VISTA DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

BARRA HORIZONTAL

BARRA VERTICAL



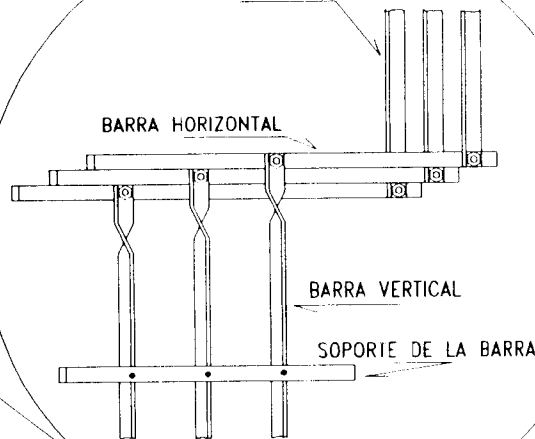
CELDAS

BARRA DE ENERGIA

BARRA HORIZONTAL

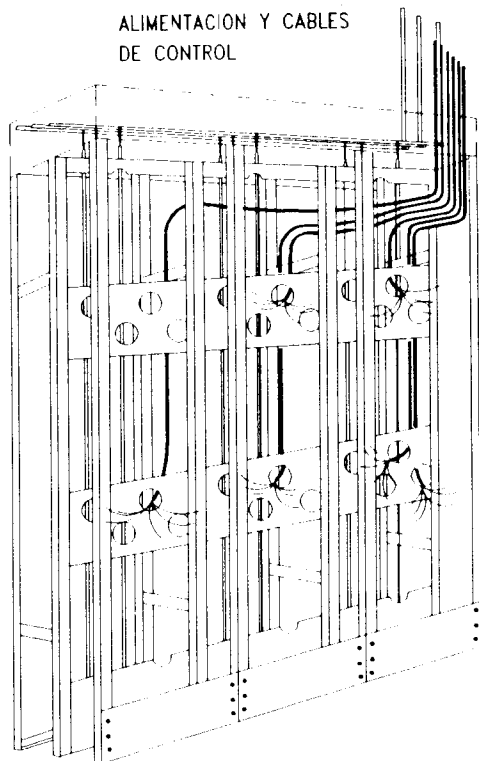
BARRA VERTICAL

SOPORTE DE LA BARRA



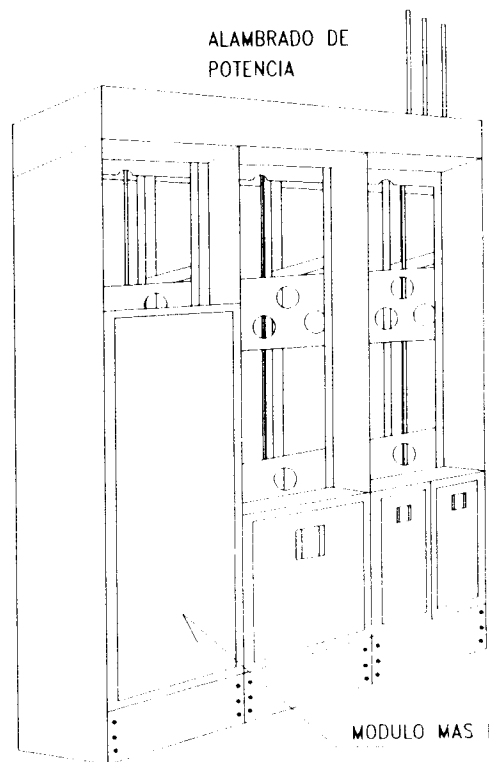
INSTALACION DE BARRAS

ALIMENTACION Y CABLES
DE CONTROL



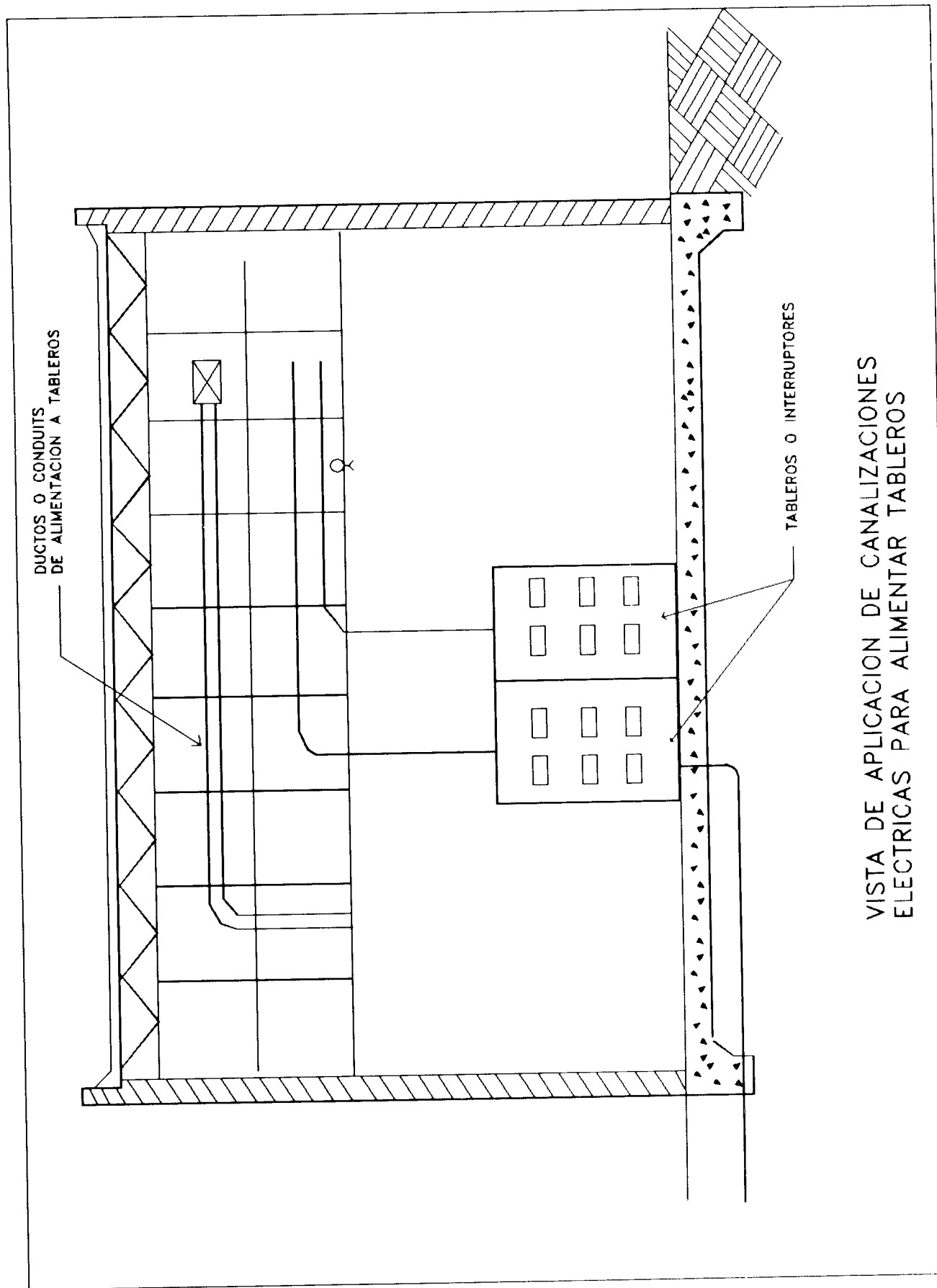
CABLEADO

ALAMBRADO DE
POTENCIA

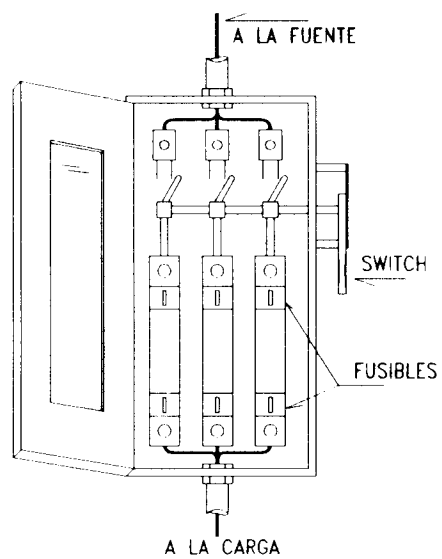
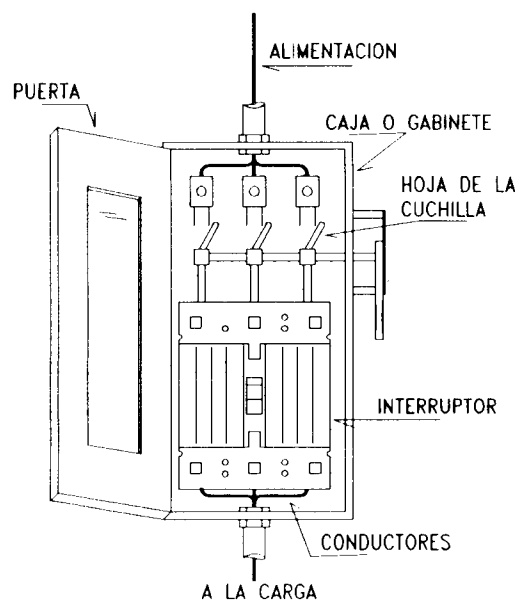


MODULO MAS LARGO

MODULO DE ARRANQUE EN LA INSTALACION

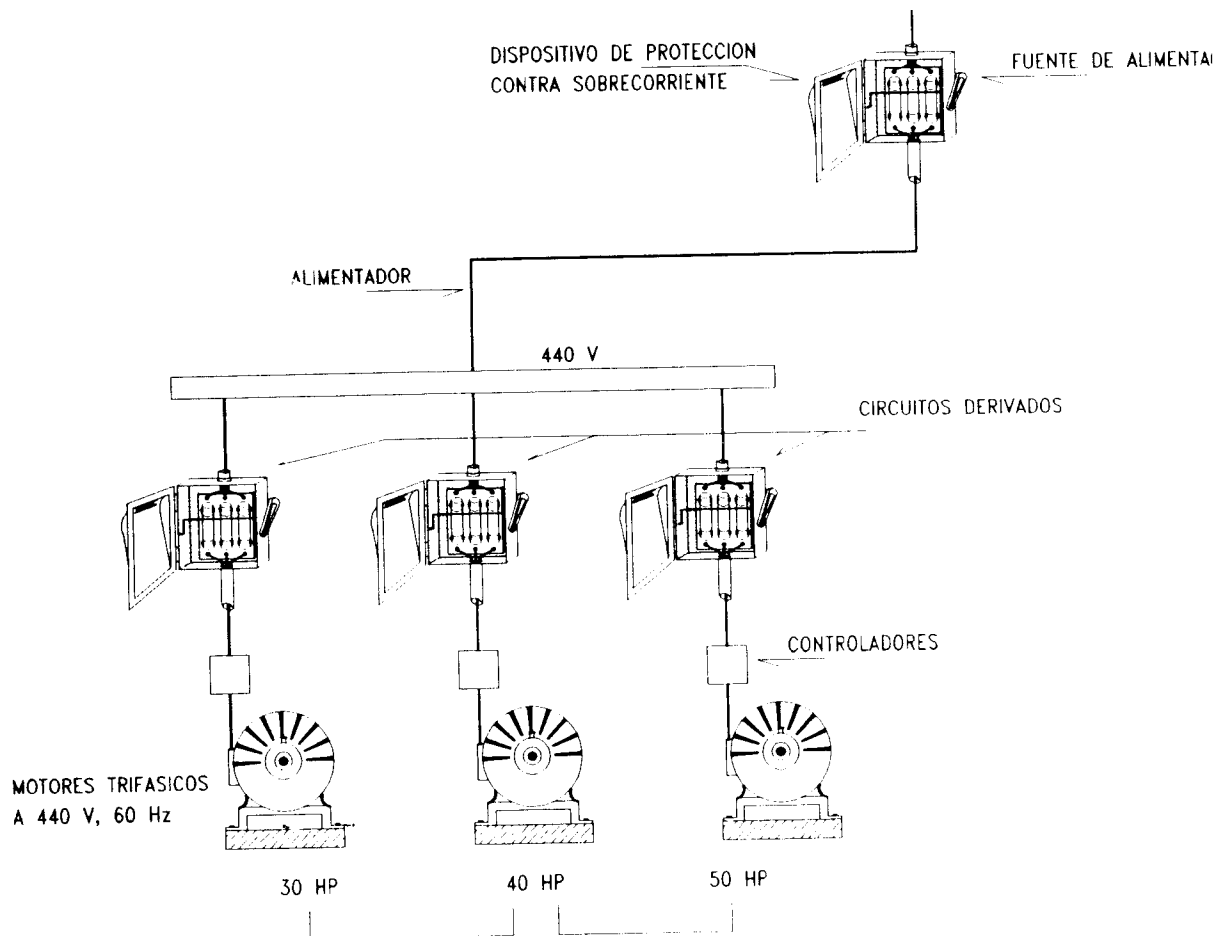


VISTA DE APLICACION DE CANALIZACIONES
ELECTRICAS PARA ALIMENTAR TABLEROS



LOS ARRANCADORES COMBINADOS USAN CUCHILLAS O INTERRUPTORES

Ejemplo 3.15.- Calcular el calibre del conductor THWN del alimentador para los siguientes motores trifásicos que operan a 440 V.



Solución

De la Tabla 3.2 la corriente a plena carga para los motores trifásicos de inducción a 440 V. es:

Potencia del Motor (HP)	Corriente a Plena Carga (A)
30	42
40	54
50	68

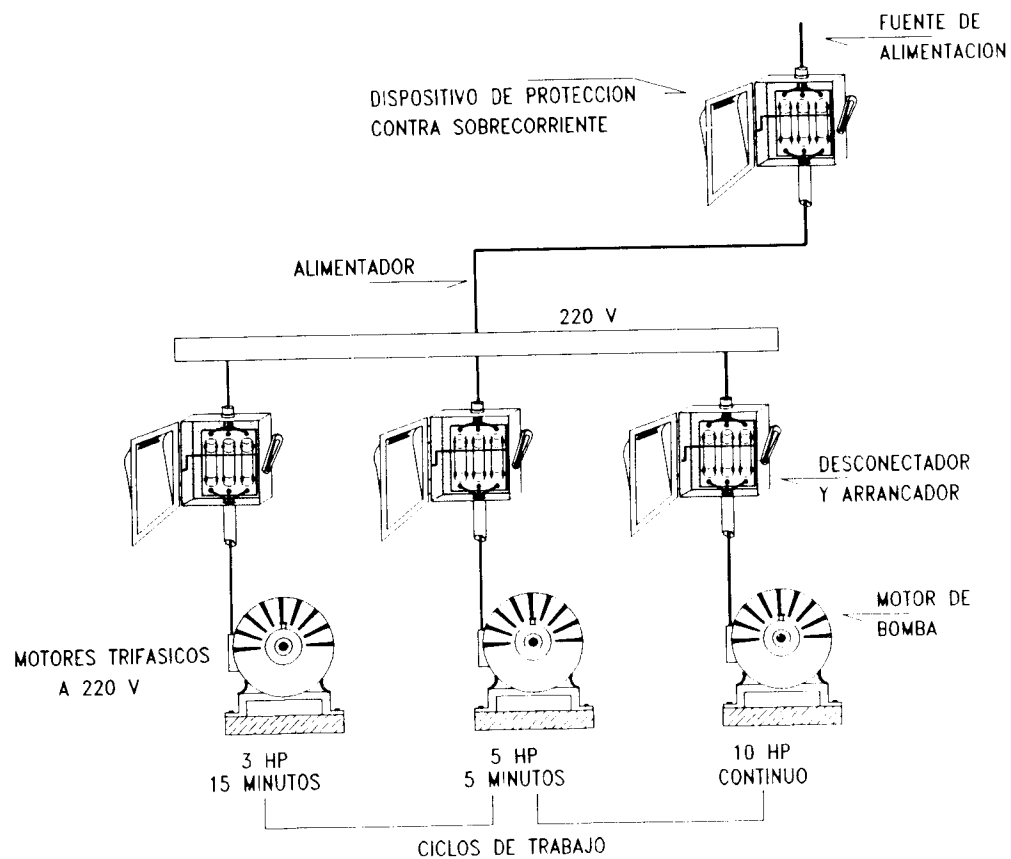
De acuerdo al procedimiento, el calibre del conductor del alimentador se calcula para una corriente.

$$I = 1.25 I_{(\text{Motor mayor})} + \text{Suma } I_{(\text{de los otros motores})}$$

$$\begin{array}{rcl} 1.25 \times 68 & = & 85 \text{ A.} \\ & & 54 \text{ A.} \\ & & \underline{42 \text{ A.}} \\ & & 181 \text{ A.} \end{array}$$

De acuerdo a la Tabla 1.6 para conductor THWN de cobre, el calibre adecuado es: 3/0 AWG.

Ejemplo 3.16.- Calcular el calibre del alimentador de cobre THWN para alimentar a los siguientes motores, cuyo ciclo de trabajo se indica.



Solución

Las corrientes a plena carga para los motores a 220 V. son:

Potencia del Motor (HP)	Corriente a Plena Carga (A)
3	10.0
5	15.9
10	29.0

Se toma el 125% de la corriente a plena carga del motor mayor y se le suma la corriente a plena carga de cada uno de los motores restantes, basados en su ciclo de trabajo de acuerdo a los factores de la Tabla 3.6.

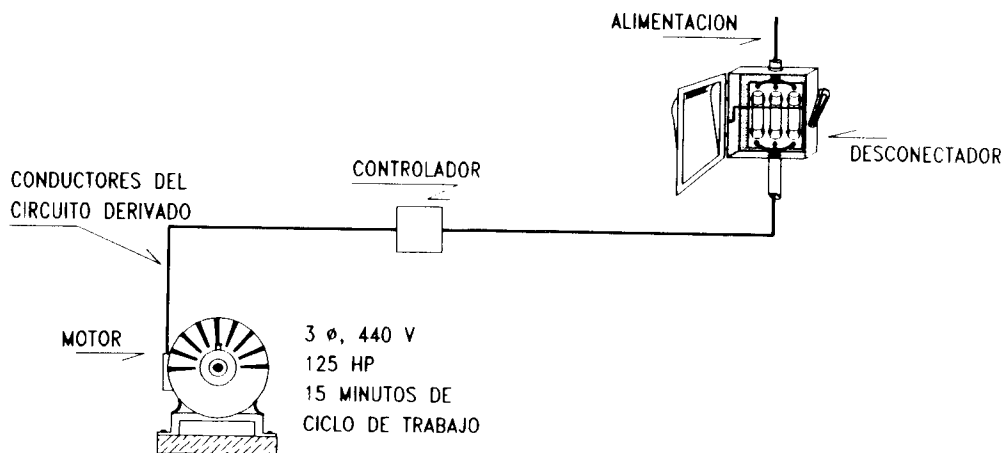
$$1.25 \times 29 = 36.25 \text{ A.}$$

$$0.85 \times 15.9 = 13.515 \text{ A. (ciclo periódico)}$$

$$0.85 \times 10.0 = \underline{8.50 \text{ A.}} \text{ (ciclo intermitente)}$$
$$\mathbf{58.265 \text{ A.}}$$

De la Tabla 1.6, columna 3 el calibre del conductor es el No. 6 AWG.

Ejemplo 3.17.- Calcular el calibre de conductor para el motor mostrado en la figura, si se va a alimentar con conductor THWN. El ciclo de trabajo del motor es intermitente con capacidad de trabajo de 15 minutos. Es decir el motor debe reposar por 45 minutos por cada ciclo continuo de 15 minutos.



Solución

De la Tabla 3.2 para un motor trifásico de 125 HP a 440 volts la corriente a plena carga es:

$$I_{pc} = 163 \text{ A.}$$

Para un motor con ciclo de trabajo de carga de 15 minutos por 45 minutos de reposo con ciclo intermitente de la Tabla 3.6, el porcentaje de la corriente total de carga a considerar es 85%, es decir:

$$163 \times 0.85 = 138.55 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6, en la columna correspondiente a THWN el valor más próximo (superior) es: 138.55 A. es 150 A. al que corresponde un conductor No. 1/0 AWG.

Ejemplo 3.18.- Calcular el tamaño de los conductores de cobre tipo THWN para el circuito alimentador de los siguientes motores, cuyos datos de placa se dan a continuación:

Motor 1.- 3 HP, 220V, tres fases, factor de servicio 1.15, elevación de temperatura 40°C, letra de código C.

Motor 2.- 5 HP, 220V, tres fases, factor de servicio 1.15, elevación de temperatura 40°C.

Motor 3.- 10 HP, 220V, tres fases, factor de servicio 1.15, letra de código C.

Motor 4.- 25 HP, 220V, tres fases, factor de servicio 1.15, letra de código E.

Solución

Las corrientes nominales de los motores se obtienen de la Tabla 3.2.

Motores a 220 V.	Corriente Nominal
3 HP	10 A.
5 HP	15.9 A.
10 HP	29 A.
25 HP	71 A.

Para calcular el alimentador se toma el 125% de la corriente del motor mayor y se suman las corrientes de los otros motores, es decir:

$$1.25 \times 71 = 88.75 \text{ A.}$$

Por lo tanto:

$$I = 88.75 + (15.9 + 29 + 10) = 143.65 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 el conductor THWN, es del calibre No. 1/0 AWG.

Ejemplo 3.19.- Calcular el calibre de los conductores de cobre tipo THWN que se requiere en el circuito alimentador para 4 motores, con los datos indicados, y que además alimenta a otras cargas de 50 A. (con ciclo no continuo) y de 35 A. (con ciclo continuo).

DATOS DE LOS MOTORES

Motor 1.- 5 HP, 220 V., 3 fases, factor de servicio 1.15, elevación de temperatura 40°C, letra de código C.

Motor 2.- 7.5 HP, 220 V., 3 fases, factor de servicio 1.15, elevación de temperatura 40°C, letra de código C.

Motor 3.- 10 HP, 220 V., 3 fases, factor de servicio 1.15, elevación de temperatura 40°C, letra de código C.

Motor 4.- 15 HP, 220 V., 3 fases, factor de servicio 1.15, elevación de temperatura 40°C, letra de código C.

Solución

Las corrientes nominales de los motores obtenidas de la Tabla 3.2 son:

Motores a 220 volts	Corriente Nominal
5 HP	15.9 A.
7.5 HP	23 A.
10 HP	29 A.
15 HP	44 A.

Se toma el 125% de la corriente del motor mayor y se le suman las otras corrientes.

$$I = 1.25 \times 44 + (29 + 23 + 15.9)$$

$$I = 122.9 \text{ A.}$$

Para las otras cargas, los 50 A. son de ciclo no continuo y se toman al 100% y los 35 A. son de ciclo continuo, se toman al 125%, es decir:

$$50 \text{ A.} \times 1.0 = 50 \text{ A.}$$

$$35 \text{ A.} \times 1.25 = 43.75 \text{ A.}$$

Para calcular la corriente del alimentador a la corriente de los motores se le suman las de las otras cargas.

$$I_A = 122.9 + 50 + 43.75 = 216.65 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 para la columna que corresponde a conductores THWN, se tiene que el calibre requerido es: No. 4/0 AWG.

Ejemplo 3.20.- Calcular el tamaño de los conductores de cobre tipo THWN para alimentar un motor con los siguientes datos de placa y el cual va a operar con ciclos de corta duración de 15 minutos.

HP	—	100
Volts	—	440, tres fases

Factor de servicio 1.15

Elevación de temperatura 40°C, letra de código G.

Solución

De la Tabla 3.2 la corriente nominal para el motor de 100 HP a 440 volts es:

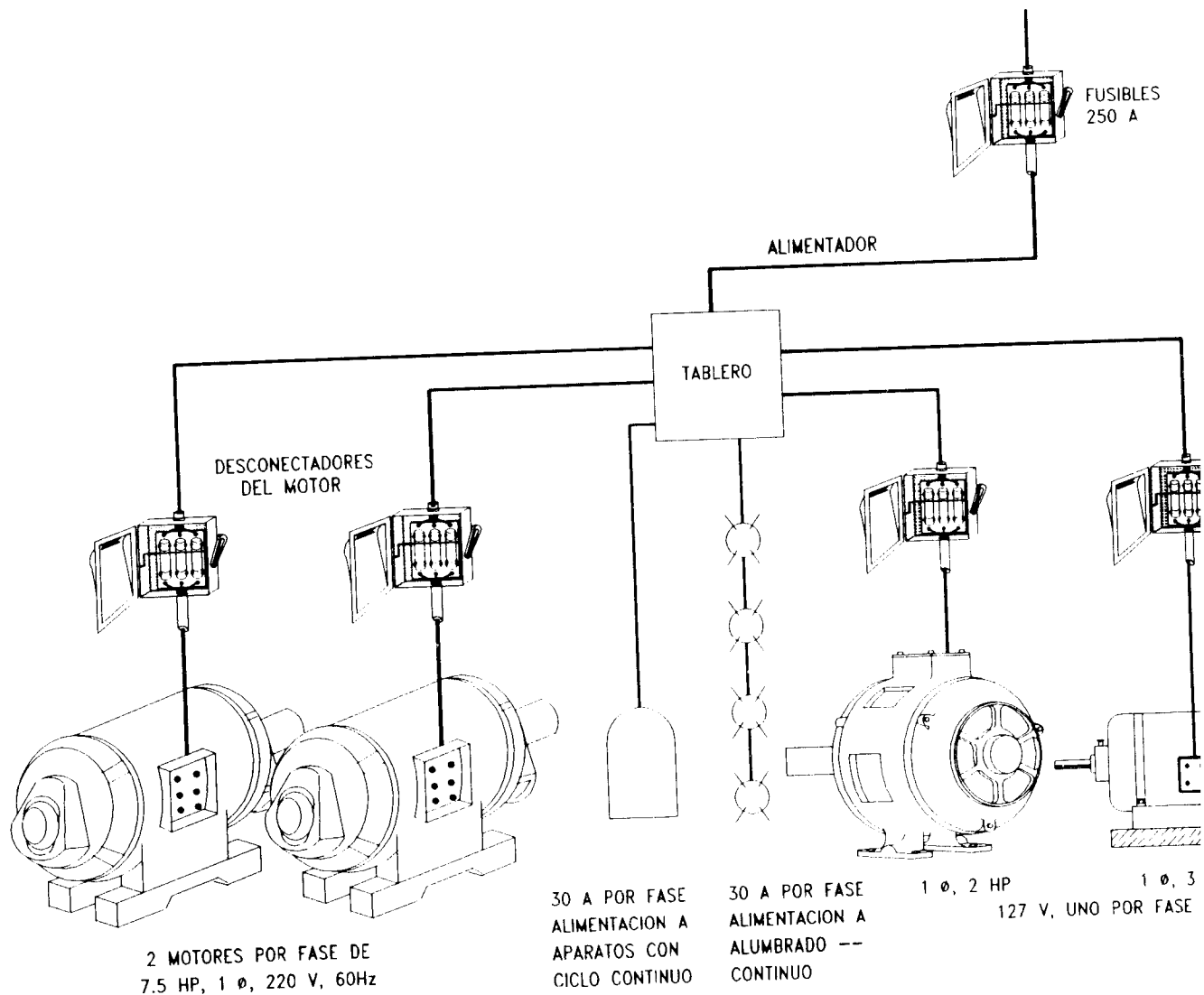
$$I = 130 \text{ A.}$$

Como el motor es de operación no continua con ciclos de corta duración (15 minutos) de la Tabla 3.6, el porcentaje que se debe tomar de la corriente nominal es 120%

$$120\% \times I = 1.2 \times 130 = 156 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 el calibre del conductor THWN es: No. 2/0 AWG.

Ejemplo 3.21.- Calcular el tamaño del conductor THWN del alimentador requerido para alimentar una combinación de cargas de motores, aparatos y alumbrado de acuerdo a los datos mostrados en la siguiente figura.



Solución

La corriente que toman los motores monofásicos de 7 1/2 HP a 220 V. de la Tabla 3.1 es 42 A.

Para los motores monofásicos a 127 V. de la misma Tabla 3.1 se tiene:

Motor de 3 HP a 127 V. , $I = 31$ A.

Motor de 2 HP a 127 V. , $I = 22$ A.

La carga de los aparatos que demandan 30 A. es:

$$30 \text{ A.} \times 125\% = 37.5 \text{ A.}$$

Para las cargas de alumbrado se toma también el 125% de la corriente

$$30 \text{ A.} \times 125\% = 37.5 \text{ A.}$$

La corriente total en el alimentador, se calcula como:

$$I = 1.25 I_{(\text{Motor mayor})} + \text{Suma } I_{(\text{Otros Motores})} + \text{Suma } I_{(\text{Otras cargas})}$$

$$I = 1.25 \times 42 \text{ A.} = 52.5 \text{ A.}$$

$$\text{Otros motores} \quad 40.0 \text{ A.}$$

$$31.0 \text{ A.}$$

$$22.0 \text{ A.}$$

$$\text{Carga de aparatos} \quad 37.5 \text{ A.}$$

$$\text{Carga de alumbrado} \quad \underline{37.5 \text{ A.}}$$

$$\text{Total} \quad \underline{220.5 \text{ A.}}$$

De la Tabla 1.6 el calibre de conductor requerido es No. 4/0 THWN.

Ejemplo 3.22.- Calcular la corriente a rotor bloqueado para un motor con los datos siguientes:

HP — 50
Voltaje — 440 volts, 3 fases

Factor de servicio 1.15

Elevación de temperatura 40°C, letra de código K.

Solución

De la Tabla 3.3 para un motor con letra de código K, los KVA/HP a rotor bloqueado, son de 8.0 a 8.99, en este caso se toma el valor mayor por seguridad, de manera que la corriente a rotor bloqueado se pueda calcular como:

$$I_{RB} = \frac{KVA / HP \times 1000 \times HP}{\sqrt{3} \times V.}$$

$$I_{RB} = \frac{8.99 \times 1000 \times 50}{\sqrt{3} \times 440} = 589.83 \text{ A.}$$

3.5. LA PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente se selecciona con una capacidad suficientemente grande como para soportar y permitir las corrientes de arranque de un motor, y que éste arranque acelere hasta su velocidad nominal.

Como la corriente de arranque puede ser de 4 y hasta 10 veces la corriente nominal, los dispositivos de protección se dimensionan lo suficientemente grandes, como para evitar disparos durante el proceso de arranque, por lo que cada motor eléctrico de corriente alterna en una instalación, se debe proveer de un medio de desconexión y de un controlador.

También se debe proporcionar una protección contra sobrecarga para proteger los devanados del motor de las condiciones de sobre carga que se presenten. Debido a que existen distintos tipos de dispositivos para cumplir con esta función, se deben proporcionar los criterios y elementos de cálculo para su selección.

La elevación de temperatura de un motor, es la elevación de temperatura que se presenta después de que el motor ha estado operando como resultado de que la corriente circula a través de sus devanados.

La "**temperatura ambiente**", es la temperatura en el aire exterior circundante al motor, después de que éste ha sido instalado y esta en operación.

La diferencia entre la elevación de temperatura en los devanados del motor y la temperatura ambiente, se conoce como: "**La diferencia de temperatura**".

Un motor que opera con una elevación de temperatura de 25°C y está instalado en un local con 30°C de temperatura ambiente, tiene una diferencia de temperatura de: $30^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$.

Los motores que no tienen un diseño especial, se construyen para operar a 40°C de temperatura ambiente. Un motor con 40°C se puede calentar arriba de los 30°C , sin sufrir daño por exceso de calor.

Una temperatura mayor debida a un incremento de la corriente en los devanados del motor o bien una temperatura mayor circundando al motor, puede producir una falla de aislamiento.

El calor de los devanados del motor, se puede disipar solo cuando la elevación del calor del motor se encuentra arriba de la temperatura ambiente.

3.5.1. ELEVACION DE TEMPERATURA.

La altura sobre el nivel del mar afecta la elevación de temperatura en un motor. En instalaciones altas sobre el nivel del mar, la densidad del aire permite una **MENOR** disipación del calor, producido en los devanados a través de los ductos de ventilación.

Una densidad relativa del aire baja, es suficiente para transportar el calor en forma efectiva, esta condición se obtiene de una altura desde el nivel del mar hasta unos 1000 MSNM. Con alturas superiores se presenta una degradación en la potencia del motor. Una regla de "**Dedo**" establece que por cada 100 MSNM de exceso sobre 1000 MSNM el motor se degrada 1%.

Por ejemplo, un motor de 25 HP que demanda 68 A. y está instalado a una altura de 1200 MSNM se debe degradar a una corriente de $68 \times 0.02 = 1.36$ A. y entonces debe operar con: $68 - 1.36 = 66.64$ A.

Por cada 300 metros sobre los 1000 MSNM el motor se debe degradar 10%; por ejemplo, si el motor de 25 HP que tiene una corriente nominal de 68 A. opera a una altura de 3400 MSNM; se debe degradar en:

1) 3400 MSNM tiene: $3400 - 1000 = 2400$ MSNM.

2) 2400 MSNM en exceso sobre los 1000 MSNM.

Si se toma 10% de degradación por cada 300 metros sobre 1000 MSNM, entonces: $2400/300=8$

$8 \times 10\% = 80\%$, la corriente es:

$68 \times 0.8 = 54.4$ A.

Un motor marcado con una elevación de temperatura, no mayor de 40°C se le considera una corriente del 125% del valor de la corriente de plena carga. Cuando el motor tiene indicada una elevación de temperatura superior a 40°C se toma el 115% del valor de la corriente a plena carga. Los motores que no tienen ninguna indicación se calculan al 115% de su corriente a plena carga. Estos criterios de protección se pueden agrupar en la forma siguiente:

3.5.2. MOTORES MAYORES DE 1 HP.

Para un motor que tiene una potencia mayor de 1 HP, que se usa para un ciclo de trabajo continuo, el dispositivo de protección contra sobrecarga puede ser externo, actuado u operado por la corriente de operación del mismo y se ajusta para abrir a no más del 125% de la corriente a plena carga, para motores marcados con un factor de servicio no menor de 1.15 y para motores con una elevación de temperatura no superior a 40°C .

Los motores herméticos usados en refrigeración tipo compresores, se deben proteger contra sobrecarga y falla al arranque de acuerdo a las siguientes reglas:

- **Un relevador de sobrecarga ajustado hasta el 140% de la corriente a plena carga del motor.**
- **Un protector térmico integrado.**
- **El circuito derivado con fusible o interruptor ajustado a no más del 125% de la corriente de carga.**

Para el dispositivo de sobrecarga, debe ser calculado o ajustado su disparo a no más del 115% de la corriente a plena carga del motor.

Así como para todos los otros motores, tales como motores con un factor de servicio de 1.10 ó elevación de temperatura de 55°C.

TABLA 3.7

**SELECCION DE LA PROTECCION CONTRA SOBRECARGA
PARA MOTORES CON POTENCIAS SUPERIORES A 1 HP**

	Por ciento de la corriente nominal
Motores con factor de servicio no menor de 1.15	125%
Motores con elevación de temperatura no mayor de 40°C.	125%
Motores para compresores (Tipo hermético)	
Si usan relevador de sobre carga.	140%
Si usan otros dispositivos.	125%
Todos los otros motores	115%
Cada devanado de un motor de varias velocidad se considera por separado	

Ejemplo 3.23.- Determinar el tamaño de la protección contra sobrecarga para proteger un motor con los siguientes datos de placa.

HP — 25 Elevación de temperatura 40°C
 Voltaje — 220 V. Tres fases, letra de código C
 Corriente: I=52 A.

Factor de servicio 1.15

Solución

La protección contra sobrecarga se calcula para el 125% de la corriente nominal, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 3.7 para motores con: F.S. = 1.15

$$1.25 \times 52 = 65 \text{ A.}$$

La protección contra sobrecarga debe ser de 65 A.

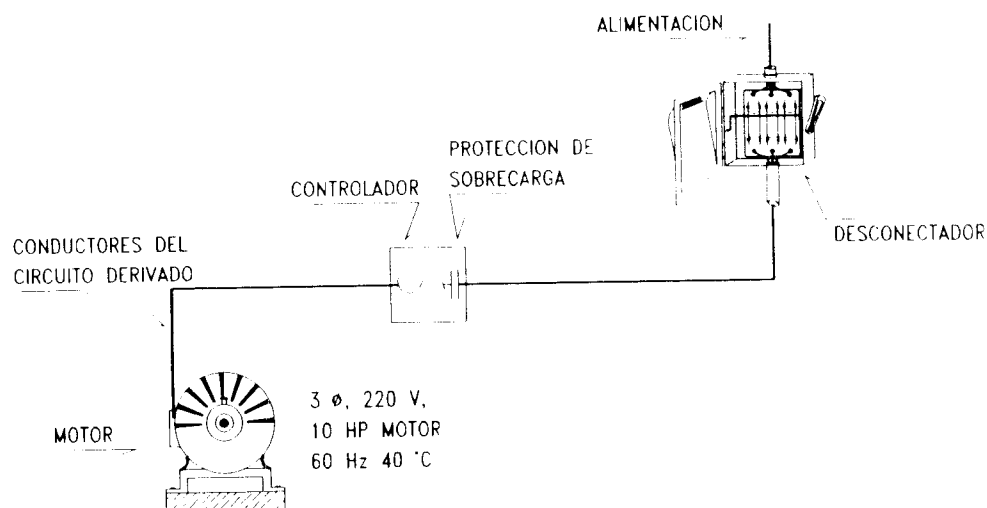
Ejemplo 3.24.- Determinar el tamaño de la protección contra sobrecarga requerida para proteger un motor de 30 HP, 440 volts, tres fases, con una corriente nominal de 32 A. y letra de código F.

Solución

En este caso, no se indica el factor de servicio (FS) para este motor; de la Tabla 3.7, se toma el renglón correspondiente a todos los otros motores y esto corresponde al 115% de la corriente nominal, por lo que la protección de sobrecarga es:

$$1.15 \times 32 = 36.8 \text{ A.}$$

Ejemplo 3.25.- Determinar el tamaño mínimo de protección contra sobrecarga para un motor de 10 HP, 3 fases, 220 volts, 60 Hz con una elevación de temperatura de 40°C.



Solución

La corriente nominal para este motor de 10 HP a 220 volts de acuerdo a la tabla 2.2. es:

$$I_{pc} = 29 \text{ A.}$$

Como se trata de un motor de más de 1 HP y elevación de temperatura hasta 40°C, se considera un máximo permisible de 1.25% de acuerdo a la Tabla 3.7, es decir:

$$29 \times 1.25 = 36.25 \text{ A.}$$

El dispositivo de sobrecarga se puede seleccionar para 36.25 A.

Si la elevación de temperatura del motor fuera 50°C, entonces el valor máximo permisible de acuerdo a la Tabla 3.7 sería 115%, es decir:

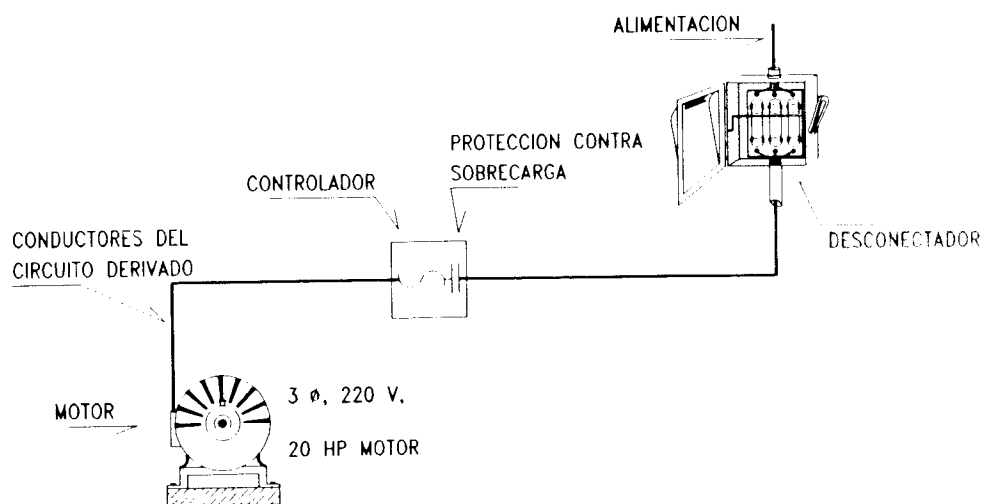
$$29 \times 1.15 = 33.35 \text{ A.}$$

La protección se ajusta a 33.35 A.

Ejemplo 3.26.- Calcular para un motor trifásico de inducción de 20 HP, 220 volts, 60 Hz.

Factor de servicio 1.15

- a) El tamaño mínimo de la protección contra sobrecarga.
- b) El tamaño máximo de la protección contra sobrecarga.



Solución

- a) De acuerdo a la Tabla 3.2 la corriente a plena carga para el motor de 20 HP, 220 volts es:

$$I_{pc} = 56 \text{ A.}$$

Para esta potencia, con 40°C de elevación de temperatura y factor de servicio 1.15 la sobrecarga permitida es 125% de acuerdo a la Tabla 3.7, por lo que:

$$56 \times 1.25 = 70 \text{ A.}$$

La protección contra sobrecarga se selecciona de 70 A.

- b) Para los mismos datos del motor, con el factor de servicio de 1.15 el tamaño máximo de protección de la sobrecarga es 140%.

$$56 \times 1.4 = 78.4 \text{ A.}$$

La protección de sobre carga se toma de 78.4 A.

3.5.3. MOTORES DE 1 HP O MENORES

Cuando en una instalación eléctrica se tienen motores de 1 HP o menores, no están permanentemente instalados y usan métodos de arranque manual, se considera que están protegidos contra sobrecarga por la protección del circuito derivado si el motor esta dentro de la zona de vista del arrancador. En tales casos, no se requiere de dispositivos de sobrecarga. Una distancia de más de 15.0 m. se considera fuera de "vista".

Es conveniente, hacer notar que cualquier motor de 1 HP o menor que no sea portátil y de arranque manual y/o, no está dentro de la zona de vista con relación a la instalación del arrancador, debe tener una protección contra sobrecarga específica. Los motores con arranque automático de 1 HP o menores, en forma semejante que con los motores de más de 1 HP, se debe usar un dispositivo de sobrecarga separado o integrado al arrancador.

EXCEPCIONES.

Existen algunas excepciones a las reglas básicas para proporcionar dispositivos de protección específicos contra sobrecargas.

- a) Donde los valores para una protección específica contra sobrecarga, no le permiten al motor arrancar o llevar la carga.

El siguiente valor o tamaño de relevador de sobrecarga se puede usar, pero no mayor que los siguientes porcentajes de las corrientes a plena carga de los motores.

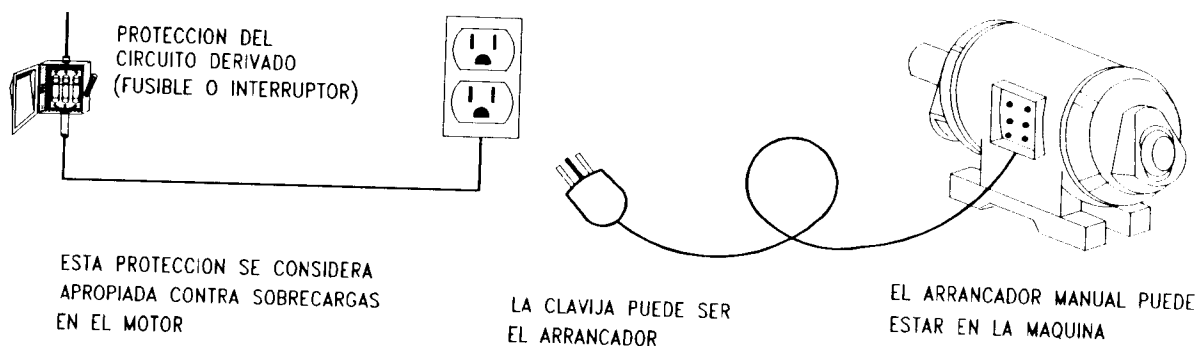
- Motores con factores de servicio marcado,
no menores de 1.15..... 140%
- Motores con elevación de temperatura marcada,
no superior a 40°C..... 140%
- Motores sellados (tipo hermético)
para compresores..... 140%
- Otros motores..... 130%

Se pueden usar fusibles o interruptores para protección contra sobrecarga, pero quizás, no se encuentren valores o se ajusten a los indicados antes.

- b) Bajo ciertas condiciones, no se requiere protección específica contra sobrecarga.

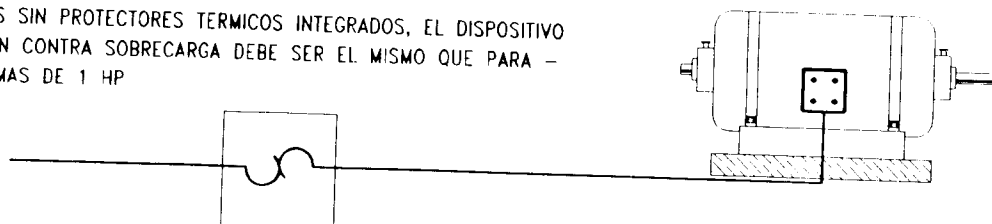
Algunos ejemplos son los siguientes:

- El motor se considera apropiadamente protegido, si es parte de un conjunto aprobado, en el cual no se presentan normalmente sobrecargas al motor y que además tienen controles para proteger contra rotor frenado.
 - Si la impedancia de los devanados del motor es suficiente para prevenir sobrecalentamiento debido a las fallas al arranque, se considera que la protección del circuito derivado es adecuada.
- c) Un motor usado para una condición de servicio que es en forma inherente de corto tiempo e intermitente, periódica o de ciclo variable, se considera protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección del circuito derivado.



MOTORES CON ARRANQUE AUTOMATICO O FUERA DE LA VISTA DEL ARRANCADOR O NO INSTALADOS EN FORMA PERMANENTE

PARA MOTORES SIN PROTECTORES TERMICOS INTEGRADOS, EL DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRECARGA DEBE SER EL MISMO QUE PARA - MOTORES DE MAS DE 1 HP



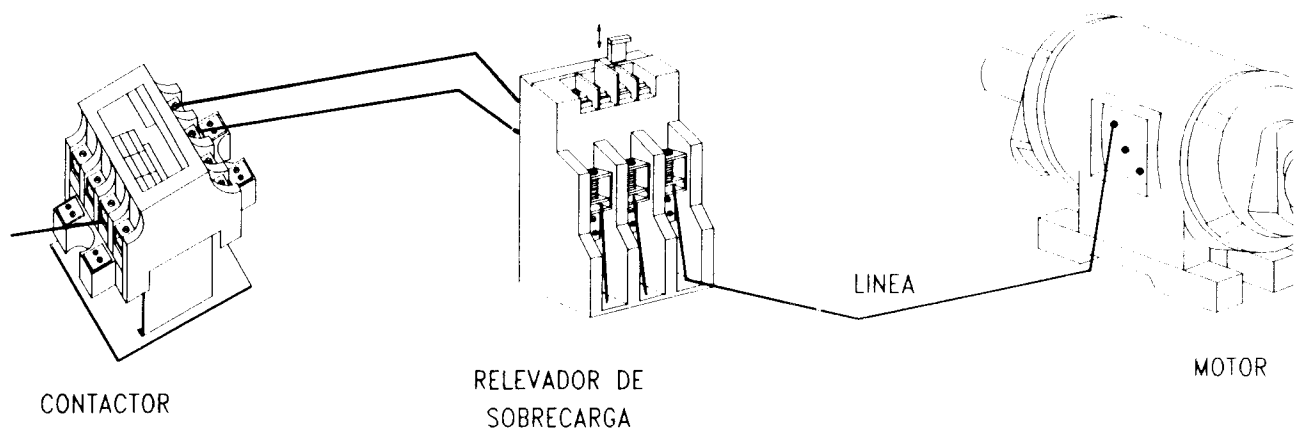
SELECCION DE PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS PARA MOTORES DE 1 HP ó MENORES

Los problemas comunes de sobrecalentamiento en los motores, incluyen algunos aspectos como: sobrecarga excesiva, fricción o falta de lubricante en chumaceras, errores de alineación.

Existen también otros factores menos severos que contribuyen a la falla de los motores, como son por ejemplo: las sobrecargas ligeras pero sostenidas, la ventilación restringida, los ciclos de trabajo excesivos, etc.

3.6. CRITERIOS DE PROTECCION DEL MOTOR.

Como se ha estudiado antes, la protección de los motores incluye: una protección al circuito derivado, y la protección del motor mismo, esto se ilustra en la siguiente figura.



SISTEMA CONVENCIONAL USADO PARA LA PROTECCION DE MOTORES

Aun cuando se han usado durante muchos años, distintos sistemas de protección contra sobrecorrientes, su naturaleza analógica, no es capaz de reproducir con precisión las condiciones de temperatura de cada día. En la mayoría de los casos un cambio adverso en la temperatura de un motor es causado por un incremento en la corriente. Si se usa algún dispositivo, este cambio, se interpreta como un incremento en la temperatura y el motor se desconecta.

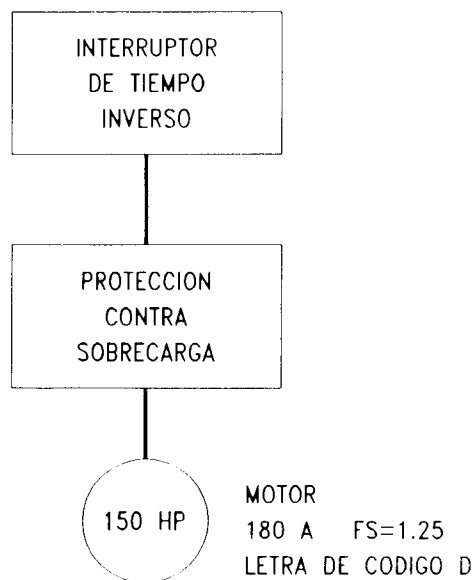
Sin embargo, no todos los factores que afectan la excesiva temperatura en un motor, se reflejan como un incremento en la corriente. En forma notable, se observan restricciones para detectar problemas de ventilación en el motor, efectos de reducción del calor por problemas de altitud sobre el nivel del mar, etc. La incapacidad para detectar estas condiciones, especialmente la ventilación bloqueada, compromete seriamente la protección requerida para reducir la incidencia de motores fuera de servicio o con salidas frecuentes.

Ejemplo 3.27.- Se tiene un motor trifásico de inducción tipo Jaula de Ardilla de 150 HP, conectado a 440 volts, el cual tiene los siguientes datos de placa: corriente a plena carga = 180 A., factor de servicio = 1.25, letra de código D.

Los conductores de alimentación son de cobre con aislamiento THW, el dispositivo de protección contra corto circuito es un interruptor de tiempo inverso. Determinar el tamaño del conductor, del dispositivo de sobrecarga y la protección contra cortocircuito.

Solución

El procedimiento de este ejemplo, resume los empleados en los ejercicios anteriores de este Capítulo.



Para tres conductores con corriente de 180 A. la corriente es:

$$180 \times 1.25 = 225 \text{ A.}$$

El tamaño de conductor THW, debe ser No. 4/0 AWG de acuerdo a la Tabla 1.6.

El tamaño del dispositivo de sobrecorriente se selecciona para:

$$180 \times 1.25 = 225 \text{ A.}$$

Para determinar el tamaño del interruptor de tiempo inverso, con la letra de código D, se toma un factor de 200%, por lo que:

$$2.0 \times 180 = 360 \text{ A.}$$

El interruptor más cercano es de 400 A.

Ejemplo 3.28.- Calcular las características principales de los circuitos derivados y el alimentador, para un centro de control que alimentará los siguientes motores:

1 motor trifásico de inducción 25 HP a 220 volts, tipo jaula de ardilla con letra de código G.

1 motor trifásico de inducción de 20 HP a 220 volts, tipo jaula de ardilla con letra de código C.

Se considera que se usarán interruptores termomagnéticos, elementos térmicos y conductores THW, se supone también que se trata de motores estándar con una elevación de temperatura no mayor de 40°C.

Determinar:

1. La protección del alimentador.
2. El conductor del alimentador.
3. La protección del circuito derivado de cada motor.
4. El conductor del circuito derivado de cada motor.
5. Las capacidades de los medios de desconexión de cada motor.

Solución

1. Para un motor de 25 HP a 220 volts la corriente nominal es de 71 amperes, para motores de inducción con letra de código G y corriente de plena carga mayor de 30 A., se puede usar un factor de 2.5 veces la corriente nominal a plena carga, por lo que la protección del alimentador, se calcula como:

$$\text{Protección del alimentador} = 2.5 \times I_{(\text{Motor mayor})} + \text{Suma } I_{(\text{Otros motores})}$$

Para el motor de 20 HP a 220 volts la corriente a plena carga es:

$$I = 56 \text{ A.}$$

Por lo tanto, la protección del alimentador se calcula como:

$$\text{Protección del alimentador} = 2.5 \times 71 + 56 = 233.5 \text{ A. máximos}$$

Se puede usar un interruptor termomagnético de 225 A.

2. Calibre del conductor del alimentador.

La capacidad de conducción de corriente del alimentador (ampacidad), es:

$$I = 1.25 I_{(\text{Motor mayor})} + \text{Suma } I_{(\text{Otros motores})}$$

$$I = 1.25 \times 71 + 56 = 144.75 \text{ A.}$$

Para conductor THW de la Tabla 1.6 para 1 a 3 conductores en tubo conduit, se requieren 3 conductores No. 1/0 AWG:

3. Protección del circuito derivado de cada motor.

- a) Para el motor de 25 HP a 220 volts con $I = 71$ amp. y letra de código G, se puede usar un factor de $2.5 \times I$, es decir:

$$I = 2.5 \times I = 1.25 \times 71 = 177.5 \text{ A.}$$

Por lo que se puede emplear interruptor termomagnético de 175 A.

- b) Para el motor de 20 HP a 220 volts con $I = 56$ amp. y letra de código C, se puede usar un factor de $2 \times I$, por lo que:

$$I = 2 \times I = 2 \times 56 = 112 \text{ A.}$$

Se puede emplear un interruptor termomagnético de 110 amp.

4. Conductores de los circuitos derivados.

a) Para el motor de 25 HP

$$I = 1.25 \times I = 1.25 \times 71 = 88.75 \text{ A.}$$

Con conductor THW (1 a 3 conductores en tubo conduit) se requieren 3 conductores No. 3 AWG.

b) Para el motor de 20 HP

$$I = 1.25 \times I = 1.25 \times 56 = 70 \text{ A.}$$

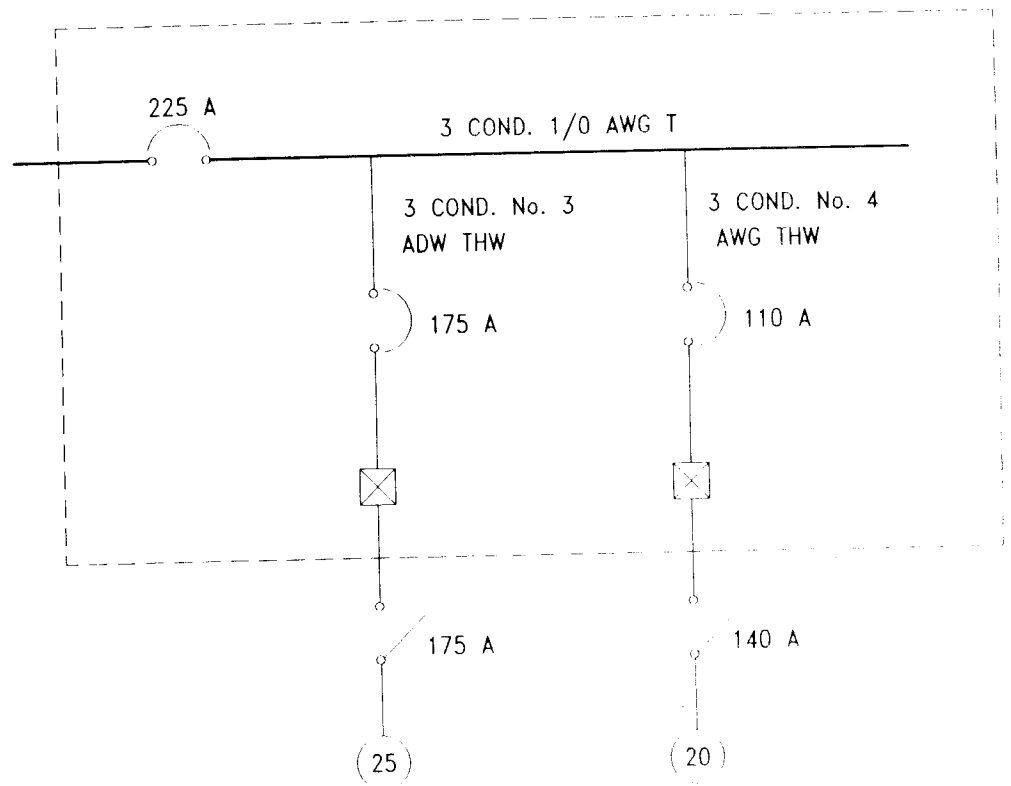
Con conductor THW (1 a 3 conductores en tubo conduit) se requieren 3 conductores No. 4 AWG.

5.- Dado que los motores, no estarán a un lado del CCM, es necesario proporcionar un desconectador por separado, por lo que se deben usar desconectadores de 20 HP y 25 HP, o bien interruptores termomagnéticos de $2.5 \times I$ para el motor de 25 HP, es decir:

$$2.5 \times 71 = 177.5 \text{ A. (175 A.)}$$

Y de $2.5 \times I$ para el motor de 20 HP o sea:

$$2.5 \times 56 = 140 \text{ A.}$$



T A B L A 3.1

CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES, DE MOTORES MONOFASICOS DE CORRIENTE ALTERNA. LOS SIGUIENTES VALORES DE CORRIENTE A PLENA CARGA SON PARA MOTORES QUE FUNCIONEN A VELOCIDADES NORMALES Y CON CARACTERISTICAS DE PAR TAMBIEN NORMALES. LOS MOTORES DE VELOCIDAD ESPECIALMENTE BAJA O DE ALTO PAR MOTOR PUEDEN TENER CORRIENTES A -- PLENA CARGA MOYORES, Y LOS DE VELOCIDADES MULTIPLES, TENDRAN UNA CORRIENTE A PLENA CARGA QUE VARIA CON LA VELOCIDAD; EN ESTOS CASOS DEBE USARSE LA CORRIENTE A PLENA CARGA INDICADA EN LA PLACA DE DATOS.

C. P.	127 V.	220 V.
1/6	4.0	2.3
1/4	5.3	3.0
1/3	6.5	3.8
1/2	8.9	5.1
3/4	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1 1/2	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7 1/2	72.0	42.0
10	91.0	52.0

T A B L A 3.2

CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFASICOS DE CORRIENTE ALTERNA

ESTOS VALORES DE CORRIENTE A PLENA CARGA SON PARA MOTORES QUE FUNCIONEN A VELOCIDADES NORMALES PARA TRANSMISION POR BANDA Y CON CARACTERISTICAS DE -- PAR TAMBIEN NORMALES. LOS MOTORES DE VELOCIDAD ESPECIALMENTE BAJA O DE -- ALTO PAR MOTOR PUEDEN TENER CORRIENTES A PLENA CARGA MAYORES , Y LOS DE -- VELOCIDADES MULTIPLES TENDRAN UNA CORRIENTE A PLENA CARGA QUE VARIA CON LA VELOCIDAD; EN ESTOS CASOS DEBE USARSE LA CORRIENTE A PLENA CARGA INDICADA -- EN LA PLACA DE DATOS.

C. P.	MOTOR DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO (AMPERES)			MOTOR SINCRONO, CON FACTOR DE POTENCIA UNITARIO (AMPERES)		
	220 V.	440 V.	2 400 V.	220 V.	440 V.	2 400 V.
1/2	2.1	1.0				
3/4	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1 1/2	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7 1/2	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	106	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35	---	158	29
200	502.0	251.0	47	---	210	38

TABLA 3.3

LETRAS DE CLAVE PARA INDICAR LOS KVA POR C.P.
DE LOS MOTORES CON ROTOR BLOQUEADOS

LETRA DE CLAVE	KVA POR CP CON ROTOR BLOQUEADO			LETRA DE CLAVE	KVA POR CP CON ROTOR BLOQUEADO		
A	0	—	3.14	L	9.0	—	9.99
B	3.15	—	3.54	M	10.0	—	11.19
C	3.55	—	3.99	N	11.2	—	12.49
D	4.0	—	4.49	P	12.5	—	13.99
E	4.5	—	4.99	R	14.0	—	15.99
F	5.0	—	5.59	S	16.0	—	17.99
G	5.6	—	6.29	T	18.0	—	19.99
H	6.3	—	7.09	U	20.0	—	22.39
J	7.1	—	7.99	V	22.4	—	Y MAS
K	8.0	—	8.99				

NOTA 1 LOS MOTORES DE VELOCIDADES MULTIPLES DEBEN MARCARSE CON LA LETRA DE CLAVE QUE INDIQUE LOS KVA POR CABALLO DE POTENCIA CON ROTOR BLOQUEADO PARA LA VELOCIDAD MAS ALTA, EXCEPTO LOS MOTORES DE POTENCIA CONSTANTE, LOS CUALES DEBEN MARCARSE CON LA LETRA DE CLAVE QUE DE EL MAYOR NUMERO DE KVA POR CABALLO DE POTENCIA CON ROTOR BLOQUEADO.

NOTA 2 LOS MOTORES DE UNA SOLA VELOCIDAD QUE ARRANQUEN ESTRELLA Y TRABAJEN EN MARCHA NORMAL EN DELTA, DEBEN IDENTIFICARSE CON LA LETRA DE CLAVE CORRESPONDIENTE A LOS KVA POR CABALLO DE POTENCIA CON ROTOR BLOQUEADO EN LA CONEXION ESTRELLA.

NOTA 3 LOS MOTORES DE DOS TENSIONES QUE TENGAN DISTINTOS KVA POR CABALLO DE POTENCIA CON ROTOR BLOQUEADO EN LAS DOS TENSIONES, DEBEN IDENTIFICARSE CON LA LETRA DE CLAVE PARA LA TENSION QUE DE EL MAYOR NUMERO DE KVA POR CABALLO DE POTENCIA CON ROTOR BLOQUEADO.

NOTA 4 LOS MOTORES CON ALIMENTACION PARA 50 Y 60 HERTZ DEBEN IDENTIFICARSE CON LA LETRA DE CLAVE QUE DESIGNE LOS KVA POR CABALLO DE POTENCIA CON ROTOR BLOQUEADO A 60 HERTZ.

NOTA 5 LOS MOTORES QUE ARRANQUEN CON UNA PARTE DEL DEVANADO, DEBEN MARCARSE CON LA LETRA DE CLAVE QUE DESIGNE LOS KVA POR CABALLO DE POTENCIA CON ROTOR BLOQUEADO CORRESPONDIENTES A TODO EL DEVANADO DEL MOTOR.

T A B L A 3.4

CAPACIDADES MAXIMAS O AJUSTES PARA DISPOSITIVOS
DE PROTECCION DE CIRCUITOS DERIVADOS DE MOTORES

TIPO DE MOTOR	PORCENTAJE DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA			
	FUSIBLE SIN RETARDO DE TIEMPO	FUSIBLE CON RETARDO DE TIEMPO	INTERRUPTOR DE DISPARO INSTANTANEO	INTERRUPTOR DE TIEMPO INVERSO
MONOFASICOS DE TODOS LOS TIPOS SIN LETRA DE CODIGO	300	175	700	250
TODOS LOS MOTORES DE C.A. MONOFASICOS, POLIFASICOS TIPO JAULA DE ARDILLA Y MOTORES SINCRONOS CON ARRANQUE A PLENO VOLTAJE, CON RESISTOR O REACTOR:				
SIN LETRA DE CODIGO.	300	175	700	250
LETRA DE CODIGO DE F a V.	300	175	700	250
LETRA DE CODIGO DE B a E.	250	175	700	250
LETRA DE CODIGO A.	150	150	700	150
TODOS LOS MOTORES DE C.A. JAULA DE ARDILLA Y SINCRONOS DE ARRANQUE CON AUTO TRANSFORMADOR NO MAYOR - DE 30 A.				
SIN LETRA DE CODIGO MAYOR DE 30 A.	250	175	700	200
SIN LETRA DE CODIGO.	200	175	700	200
LETRA DE CODIGO DE F a V.	250	175	700	200
LETRA DE CODIGO DE B a E.	25	175	700	200
LETRA DE CODIGO A.	150	150	700	150

CONTINUACION T A B L A 3.4

TIPO DE MOTOR	PORCENTAJE DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA			
	FUSIBLE SIN RETARDO DE TIEMPO	FUSIBLE CON RETARDO DE TIEMPO	INTERRUPTOR DE DISPARO INSTANTANEO	INTERRUPTOR DE TIEMPO INVERSO
JAULA DE ARDILLA DE ALTA REACTANCIA NO MAYOR DE 30 A:				
SIN LETRA DE CODIGO.	250	175	700	250
MAYOR DE 30 A:				
SIN LETRA DE CODIGO.	200	175	700	200
ROTOR DEVANDO SIN LETRA DE CODIGO	150	150	700	150
CORRIENTE DIRECTA (VOLTAJE CONSTANTE)				
NO MAYOR DE 50 HP.				
SIN LETRA DE CODIGO.	150	180	250	150
MAYOR DE 50 HP.				
SIN LETRA DE CODIGO	150	150	175	150

T A B L A 3.6

LOS CONDUCTORES QUE ALIMENTAN MOTORES USADOS POR CORTO TIEMPO, EN FORMA INTERMITENTE, PERIODICA O CON CICLOS DE TRABAJO VARIABLES, DEBERAN TENER UNA AMPACIDAD NO MENOR QUE EL PORCENTAJE INDICADO A CONTINUACION, CON RESPECTO AL VALOR NOMINAL DE CORRIENTE DE PLACA.

CASIFICACION DEL SERVICIO	PROCENTAJE DE LA CORRIENTE NOMINAL DE PLACA			
	5 MINUTOS A LA CAPACIDAD DEL MOTOR	15 MINUTOS A LA CAPACIDAD DEL MOTOR	30 A 60 Min. A LA CAPACIDAD DEL MOTOR	CAPACIDAD CONTINUA DEL MOTOR
- CICLO DE TIEMPO CORTO. - OPERACION DE VALVULAS. - LEVANTAR O BAJAR ELEMENTOS DE ENROLLAR O RODILLOS. - Etc.	110	120	150	---
- CICLO DE TRABAJO INTERMITENTE. - ELEVADORES, ASCENSORES. - MAQUINAS. - HERRAMIENTAS. - PUENTES LEVADIZOS. - BOMBAS.	85	85	90	140
- CICLO PERIODICO. - RODILLOS. - TRANSPORTADORES. - Etc.	85	90	95	140
- CICLO VARIABLE.	110	120	150	200

T A B L A 3.8

DATOS PARA COMBINACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO Y ARRANCADOR*

TAMAÑO NEMA	POTENCIA MAXIMA EN HP (TRIFASICO)		ALTURA DE LA UNIDAD CCM	
	220 V	440 V	ARRANCADOR REVERSIBLE	ARRANCADOR NO REVERSIBLE
1	7 ½	10	30	48
2	15	25	30	61
3	20	40	15	76
	30	50	30	107
4	50	100	30	122
5	100	200	45 +	199 +

* TODAS LAS UNIDADES SE PUEDEN ALOJAR EN UN ANCHO DE 50 Cm.

+ SE REFIERE AL TIPO NO ENCHUFABLE

T A B L A 3.9

DATOS PARA COMBINACION DE INTERRUPTOR DE FUSIBLES Y ARRANCADOR*

TAMAÑO NEMA	POTENCIA MAXIMA TRIFASICA EN HP		PORTAFUSIBLE AMPERES	ALTURA DE LA UNIDAD (cm)	
	220 V	440 V		NO REVERSIBLE	REVERSIBLE
1	3	7 $\frac{1}{2}$	30	31	45
	7 $\frac{1}{2}$	--	60	31	45
	--	10	60	38	45
2	10	15	60	61	83
	15	25	100	61	83
3	--	30	100	83	122
	--	50	200	91	130
	30	--	200	83	122
	30	--	400	105	145
4	--	60	200	99	145
	--	100	400	130	175
	50	--	400	122	160

* TODAS LAS UNIDADES SE PUEDEN ALOJAR EN UN ANCHO DE 50 Cm.

T A B L A 3.10

DATOS PARA INTERRUPTOR DE NAVAJAS CON FUSIBLES DE 3 POLOS
(INTERRUPTOR GENERAL o DERIVADO) *

CAPACIDAD EN AMPERES	PORTAFUSIBLES PARA AMPERES	ALTURA DE LA UNIDAD (Cm)	
		220 V	600 V
30	30	30	30
	60	30	--
60	60	38	38
	100	38	38
100	100	54	54
	200	61	61
200	200	61	61
	400	99	105

* TODAS LAS UNIDADES SE ALOJAN EN 50 Cm. DE ANCHO

T A B L A 3.11

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS GENERALES O DERIVADOS DE 3 POLOS *

AMPERES CONTINUOS MAXIMOS	MARCO	CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN AMPERES (VALOR EFICAZ)		ALTURA DE LA UNIDAD (Cm)
		240 V	480 V	
100	FA	18000	14000	31
225	KA	25000	22000	45
400	LA	42000	30000	45
800	MA	42000	30000	53

* TODAS LAS UNIDADES SE PUEDEN ALOJAR EN 50 Cm. DE ANCHO

T A B L A 3.12

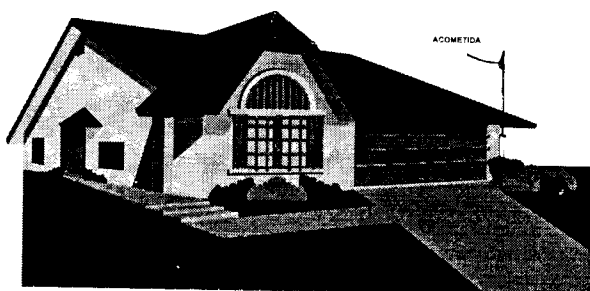
DATOS PARA TABLEROS DE ALUMBRADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO *

NUMERO DE CIRCUITOS DERIVADOS	ALTURA DE LA UNIDAD (Cm)
8 - 12	46
14 - 20	53
22 - 30	61
32 - 42	76

* TODAS LAS UNIDADES SE ALOJAN EN 50 Cm. DE ANCHO.

CAPITULO 4

CALCULOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES

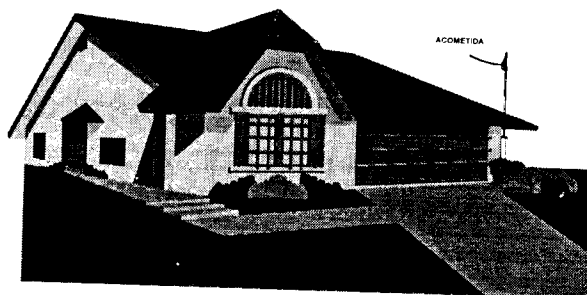


ESTE CAPITULO ESTA BASADO EN LAS SIGUIENTES SECCIONES DE LAS NORMAS TECNICAS
PARA INSTALACIONES ELECTRICAS (NOM-EM-001-SEMP-1993)

201, 202, 203, 204, 205, 301, 401, 402

CAPITULO 4

CALCULOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES



ESTE CAPITULO ESTA BASADO EN LAS SIGUIENTES SECCIONES DE LAS NORMAS TECNICAS
PARA INSTALACIONES ELECTRICAS (NOM-EM-001-SEMP-1993)

201, 202, 203, 204, 205, 301, 401, 402

CAPITULO 4

CALCULOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES

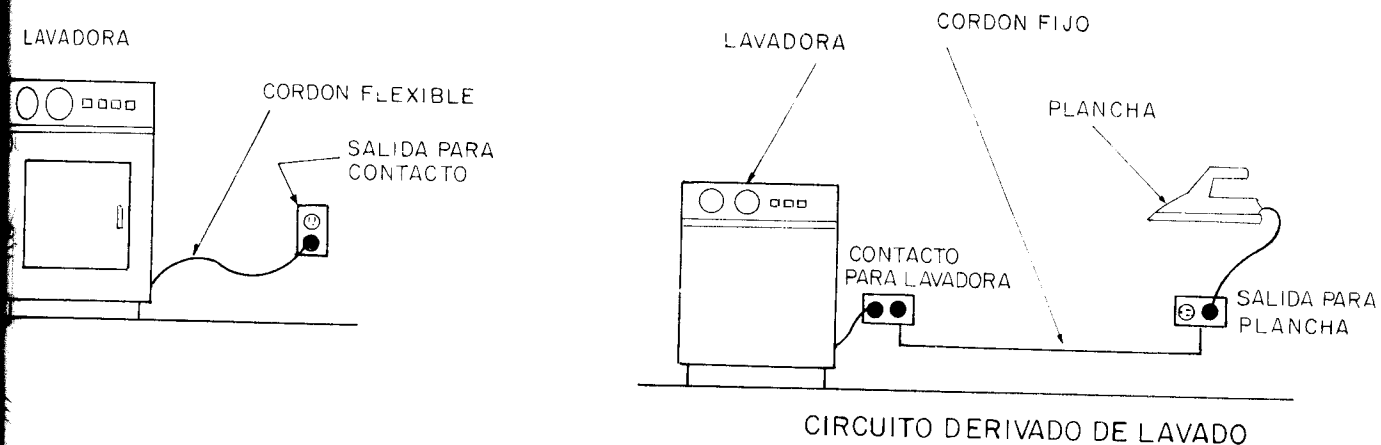
4.1 INTRODUCCION

Los procedimientos y métodos de cálculo presentados en los capítulos anteriores tienen concentradas las técnicas básicas de diseño para el cálculo de los circuitos derivados y alimentadores en distintos tipos de aplicaciones. En este capítulo, se estudiará solo la parte correspondiente a las instalaciones residenciales. Para los propósitos de cálculo, las NTI y el NEC (National Electrical Code), clasifican las residencias como: unifamiliares, para dos familias y multifamiliares. Una vivienda unifamiliar, cualquiera que sea su tipo, para los propósitos de cálculo se considera como una residencia.

Existen básicamente dos métodos para calcular la alimentación a las instalaciones residenciales. El primero de ellos se conoce, como: **"El método estándar"** que es aplicable a cualquier tipo de residencia y el segundo **"El método de cálculo opcional"**, el cual se aplica cuando el servicio es mayor de 100 A. o requiere de una alimentación trifásica.

El método de cálculo estándar es aplicable a cualquier tipo de habitación (incluyendo hoteles y moteles). Este especifica que se deben aplicar factores de demanda a ciertos circuitos derivados, así como para cargas relativamente grandes, como: lavadoras, secadoras, equipos de aire acondicionado, etc. *El método opcional* se puede usar bajo ciertas condiciones para instalaciones multifamiliares y para aplicaciones, en: hoteles o moteles; en donde se tienen algunos servicios especiales, como es el uso de equipo de lavado,

secado de ropa, etc. que generalmente corresponden a circuitos especiales para aplicaciones específicas.

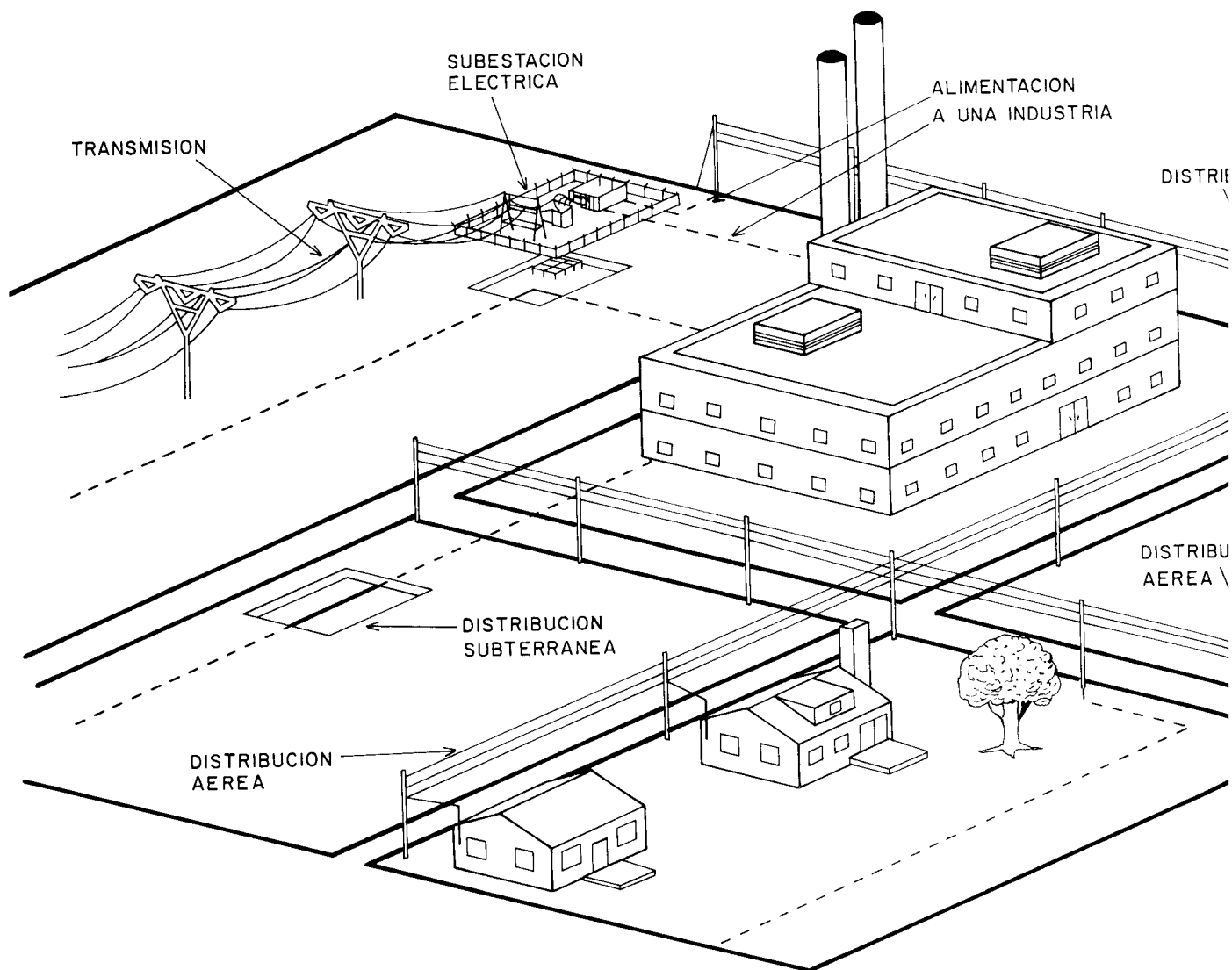


CONCEPTO DE CIRCUITO DERIVADO PARA APLICACIONES ESPECIFICAS.

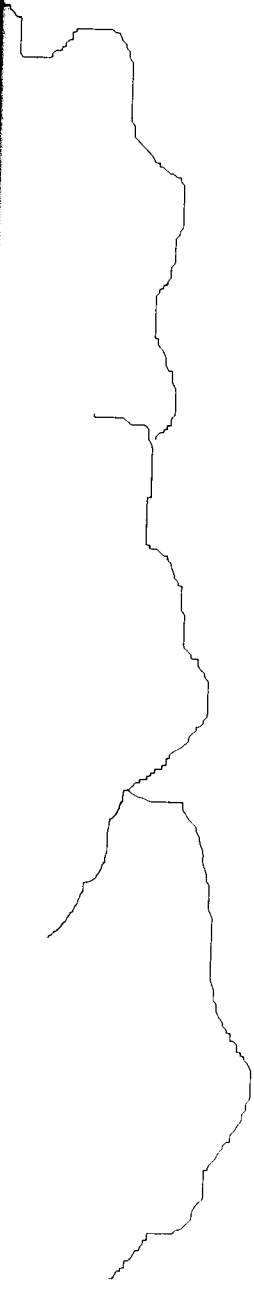
Para las instalaciones eléctricas, una **"unidad residencial"** se define como *uno o más cuartos con provisión para comedor, dormitorio, cocina, sala de estar y sanitario*. La provisión de sanitario y cocina debe ser permanente. Si todas estas facilidades mencionadas, no se encuentran dentro del área, entonces, no se considera como una unidad residencial.

Las áreas de descanso o de invitados en hoteles y moteles, o bien los dormitorios, no se consideran como unidades residenciales debido a que no tienen facilidades permanentes para cocina.

Un departamento individual en un edificio de departamentos o condominio, una casa dúplex o una casa unifamiliar, se consideran como unidades residenciales.

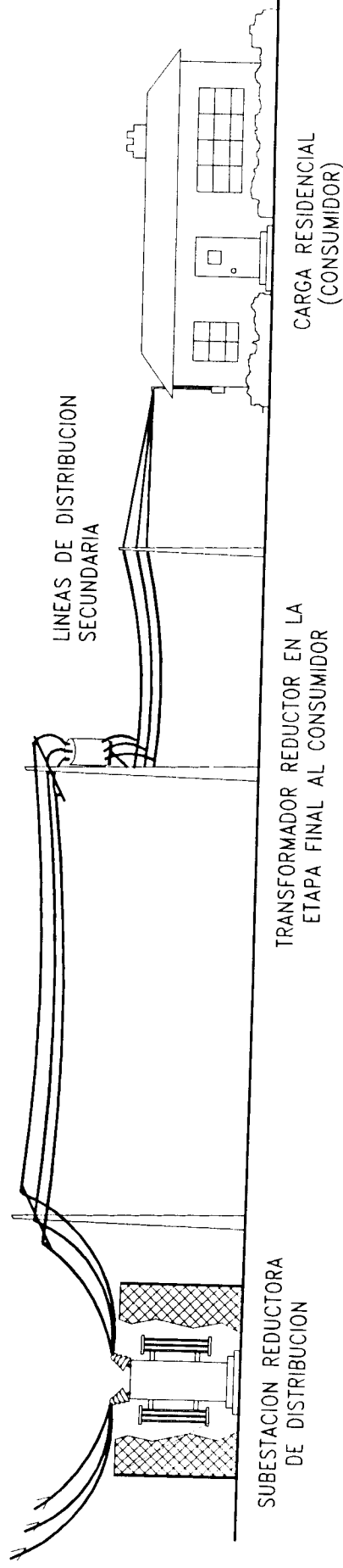


LA UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA
EN LAS AREAS RESIDENCIALES E INDUSTRIALES
REQUIERE DE REDES DE DISTRIBUCION AEREAS
O SUBTERRANEAS.



DE LAS LINEAS
DE TRANSMISION

LINEAS DE DISTRIBUCION
PRIMARIA



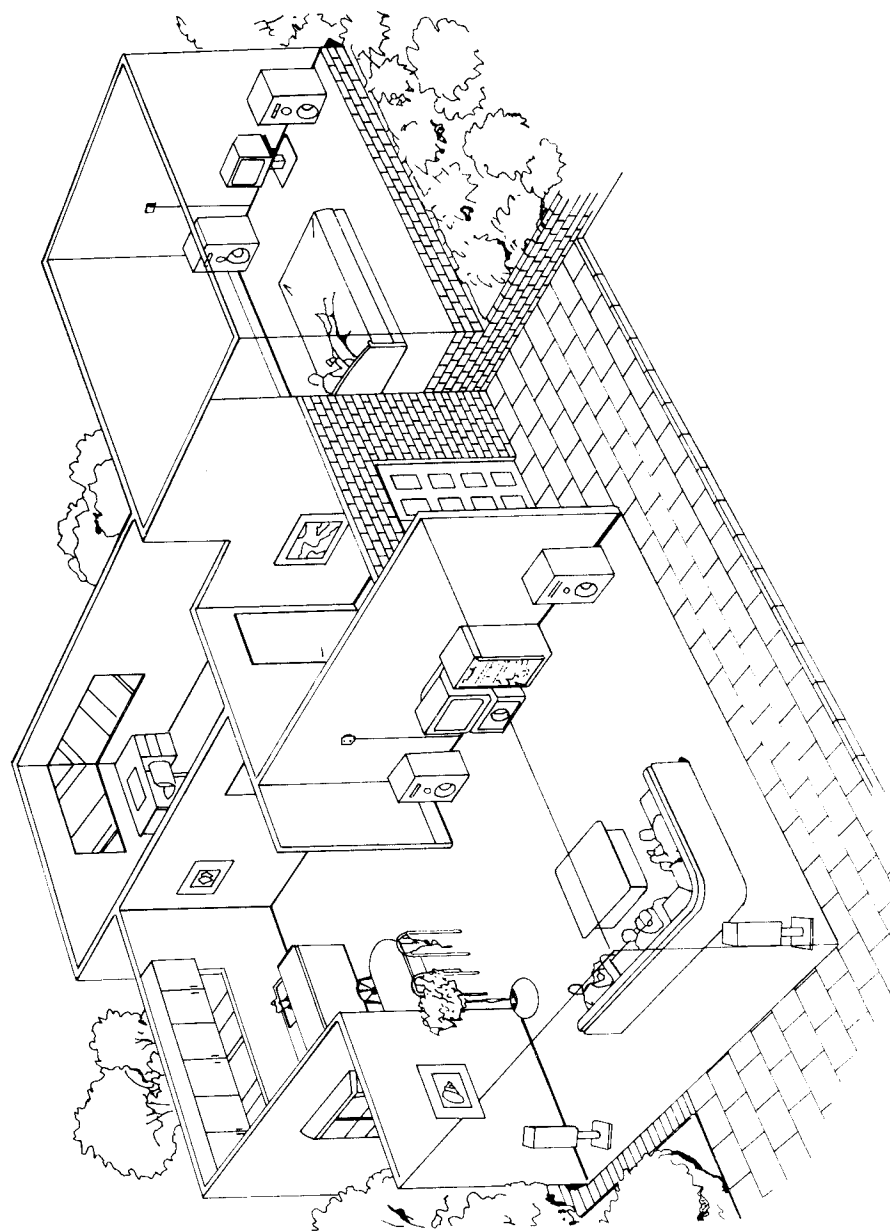
SUBESTACION REDUCTORA
DE DISTRIBUCION

TRANSFORMADOR REDUCTOR EN LA
ETAPA FINAL AL CONSUMIDOR

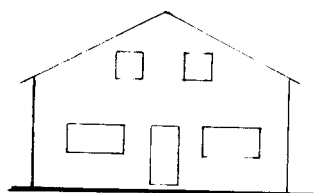
CARGA RESIDENCIAL
(CONSUMIDOR)

LINEAS DE DISTRIBUCION
SECUNDARIA

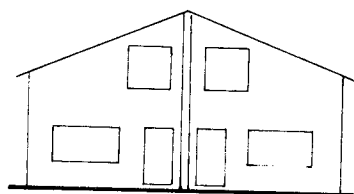
DIAGRAMA DE PRINCIPIO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION CON LINEAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS



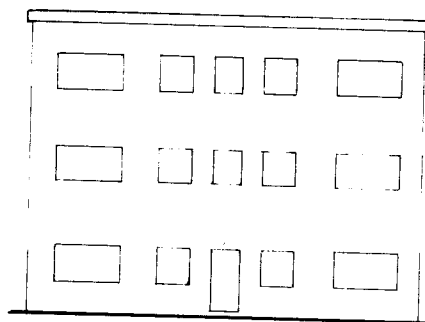
AREAS DE UNA CASA HABITACION QUE DEBEN SER CONSIDERADAS
EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS PARA ALUMBRADO, CONTACTOS
PARA APARATOS DEL HOGAR Y CONTACTOS PARA APLICACIONES
ESPECIFICAS



CASA UNIFAMILIAR



CASA DUPLEX



EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

EJEMPLOS DE UNIDADES RESIDENCIALES

4.2. LAS UNIDADES RESIDENCIALES UNIFAMILIARES Y LAS INDIVIDUALES.

El problema completo del diseño de una unidad residencial para una familia o bien un departamento individual de un condominio consiste en determinar la carga por ser alimentada; determinando el número y capacidad requerida de los circuitos derivados; el cálculo de los alimentadores o servicios a la carga y finalmente la selección de los conductores del servicio y el equipo.

El diseño de los circuitos derivados es independiente de la unidad residencial, esto es, el circuito derivado para unidad residencial individual en un condominio o edificio de departamentos se hace usando las mismas reglas que para una unidad residencial unifamiliar.

Los circuitos derivados para alumbrado general y contactos para pequeños aparatos del hogar o bien para aparatos fijos; así como para motores, se diseñan siguiendo las reglas apropiadas en cada caso y descritas en el Capítulo 2.

SIMBOLOS USADOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS

	SALIDA DE CENTRO INCANDESCENTE		CONTACTO SENCILLO INTEMPERIE
	ARBOTANTE INCANDESCENTE INTERIOR		SALIDA ESPECIAL
	ARBOTANTE INCANDESCENTE INTEMPERIE		APAGADOR SENCILLO
	ARBOTANTE FLUORESCENTE INTERIOR		P APAGADOR SENCILLO DE PUERTA
	LAMPARA FLUORESCENTE		C APAGADOR SENCILLO DE CADENA
	CONTACTO SENCILLO EN MURO		APAGADOR DE TRES VIAS O DE ESCALERA
	CONTACTO SENCILLO EN PISO		APAGADOR DE CUATRO VIAS, DE ESCALERA O PASO
	CONTACTO SENCILLO CONTROLADO POR APAGADOR		TABLERO GENERAL
	CONTACTO MULTIPLE EN MURO		TABLERO DE FUERZA

SIMBOLOS USADOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS

CONTINUACION...

	CAMPANA		TRANSFORMADOR DE TIMBRE		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	ZUMBADOR		TABLERO DE PORTERO ELECTRICO		FUSIBLE
	BOTON DE TIMBRE		TELEFONO DE PORTERO ELECTRICO		INTERRUPTOR (de navajas) 1 POLO
	VENTILADOR		LINEA POR MURO Y LOSA		INTERRUPTOR (de navajas) 0 CUCHILLA DE 2 POLOS
	SALIDA PARA TELEVISOR		LINEA POR PISO		INTERRUPTOR (de navajas) 0 CUCHILLA DE 3 POLOS
	REGISTRO EN MURO O LOSA		TUBERIA PARA TELEFONO		INTERRUPTOR DE PRESION PARA FLOTADOR EN POSICION ABIERTA (CON TANQUE ELEVADO LLENO)
	TELEFONO DIRECTO		CUADRO INDICADOR		INTERRUPTOR DE PRESION PARA FLOTADOR EN POSICION ABIERTA (CON TANQUE BAJO O CISTERNA SIN AGUA)
	EXTENSION TELEFONICA		MEDIDOR DE LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA DE ENERGIA		

SIMBOLOS USADOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS

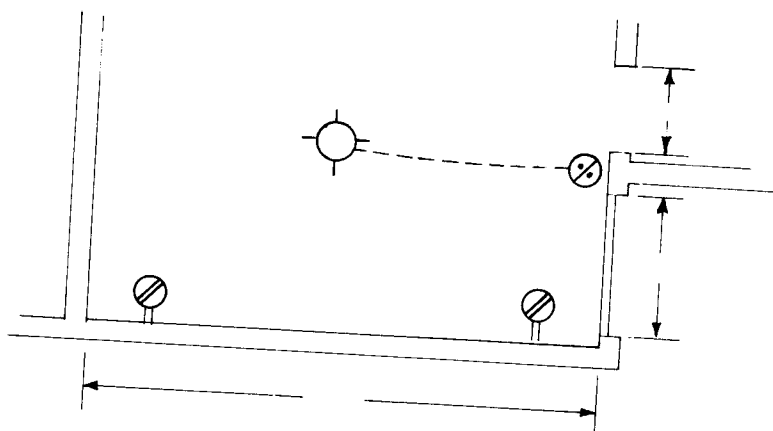
CONTINUACION...

CAMPANA		TRANSFORMADOR DE TIMBRE		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
ZUMBADOR		TABLERO DE PORTERO ELECTRICO		FUSIBLE
BOTON DE TIMBRE		TELEFONO DE PORTERO ELECTRICO		INTERRUPTOR (de navajas) 1 POLO
VENTILADOR		LINEA POR MURO Y LOSA		INTERRUPTOR (de navajas) 0 CUCHILLA DE 2 POLOS
SALIDA PARA TELEVISOR		LINEA POR PISO		INTERRUPTOR (de navajas) 0 CUCHILLA DE 3 POLOS
REGISTRO EN MURO O LOSA		TUBERIA PARA TELEFONO		INTERRUPTOR DE PRESION PARA FLOTADOR EN POSICION ABIERTA (CON TANQUE ELEVADO LLENO)
TELEFONO DIRECTO		CUADRO INDICADOR		INTERRUPTOR DE PRESION PARA FLOTADOR EN POSICION ABIERTA (CON TANQUE BAJO O CISTERNA SIN AGUA)
EXTENSION TELEFONICA		MEDIDOR DE LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA DE ENERGIA		

El primer paso en el diseño de un sistema residencial, es localizar en un dibujo de planta el número mínimo de salidas eléctricas y controles de acuerdo a las NTI, entonces, se puede agregar cualquier equipo eléctrico adicional a los requeridos por el código.

Quando se han determinado todos los puntos a usar y los requerimientos de potencia en éstos se han definido; entonces, el sistema se puede dividir en circuitos derivados. Esto se hace también de conformidad con las normas de las NTI o del NEC (en su caso).

Después de que se ha hecho la composición de los circuitos derivados, se pueden elaborar los planos con trayectorias de conductores para mostrar en detalle exactamente el número de conductores para cada aplicación.

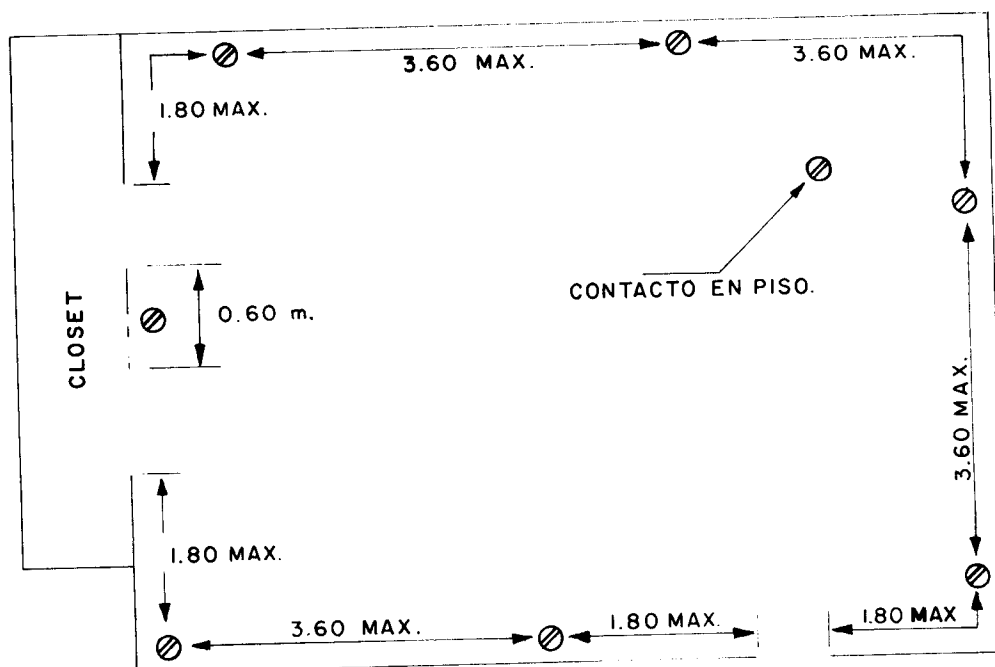


VISTA PARCIAL DE UNA DISTRIBUCION
DE PLANTA.

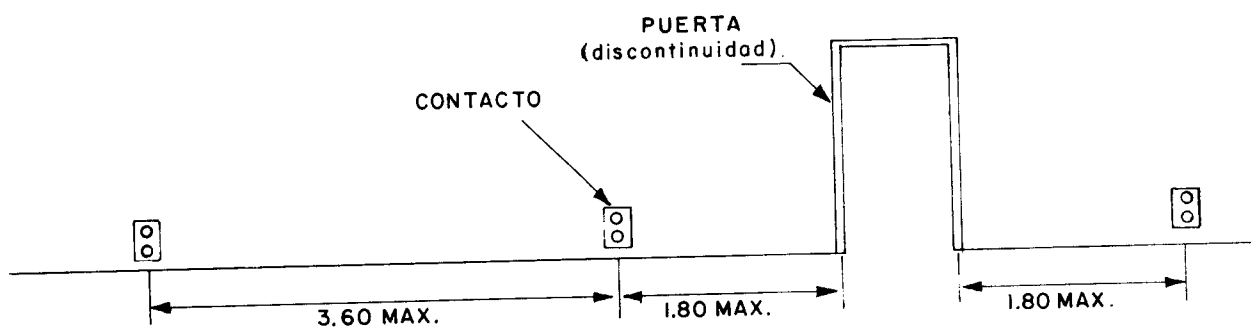
4.2.1. INSTALACIONES DE CONTACTOS EN MURO O PARED.

Se deben preparar salidas para la instalación de contactos en muro en cada cuarto de una habitación a excepción del baño. La separación mínima entre partes, no interrumpidas de un muro debe ser de 1.80 m. La distancia entre contactos, no debe ser interrumpida por puertas o ventanas, que es lo que se considera, como

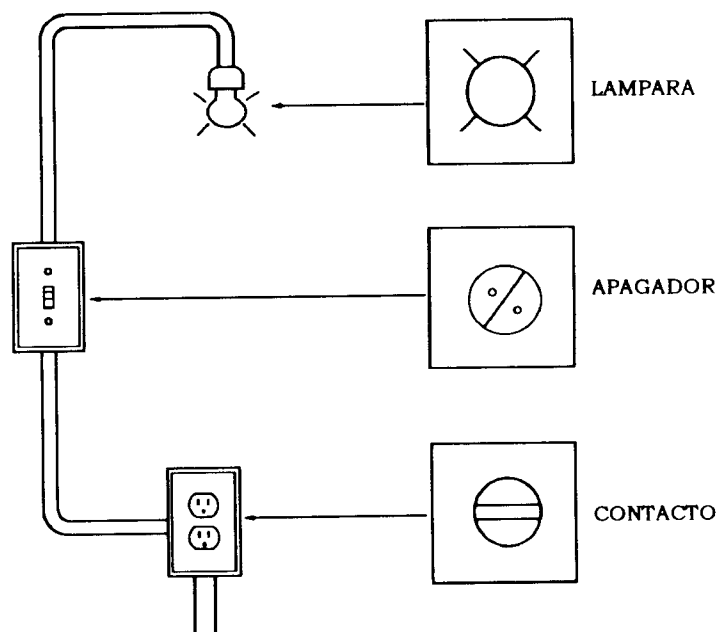
interrupciones a la continuidad de un muro, también en lugares en donde existen muebles fijos como libreros o vitrinas. Los contactos que formen parte integral de las salidas de alumbrado, de aparatos del hogar o gabinetes, no se deben cuantificar dentro de los contactos.



VISTA EN PLANTA DE LAS SEPARACIONES RECOMENDADAS
ENTRE CONTACTOS (acotaciones en metros)



LOCALIZACION DE CONTACTOS EN HABITACIONES.



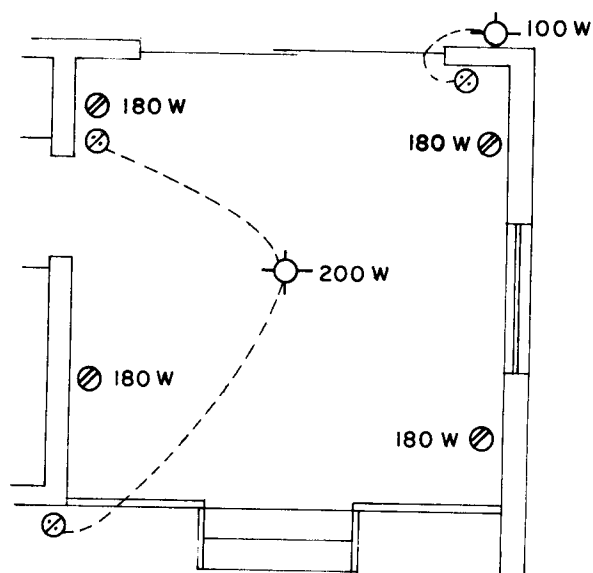
LOS SIMBOLOS COMUNES DE ELEMENTOS USADOS
EN INSTALACIONES RESIDENCIALES

Por lo que a las cocinas concierne, se deben instalar al menos dos contactos de 20 amperes ó 1500 VA. para conectar a los aparatos del hogar pequeños (licuadora, extractor, batidora, etc.).

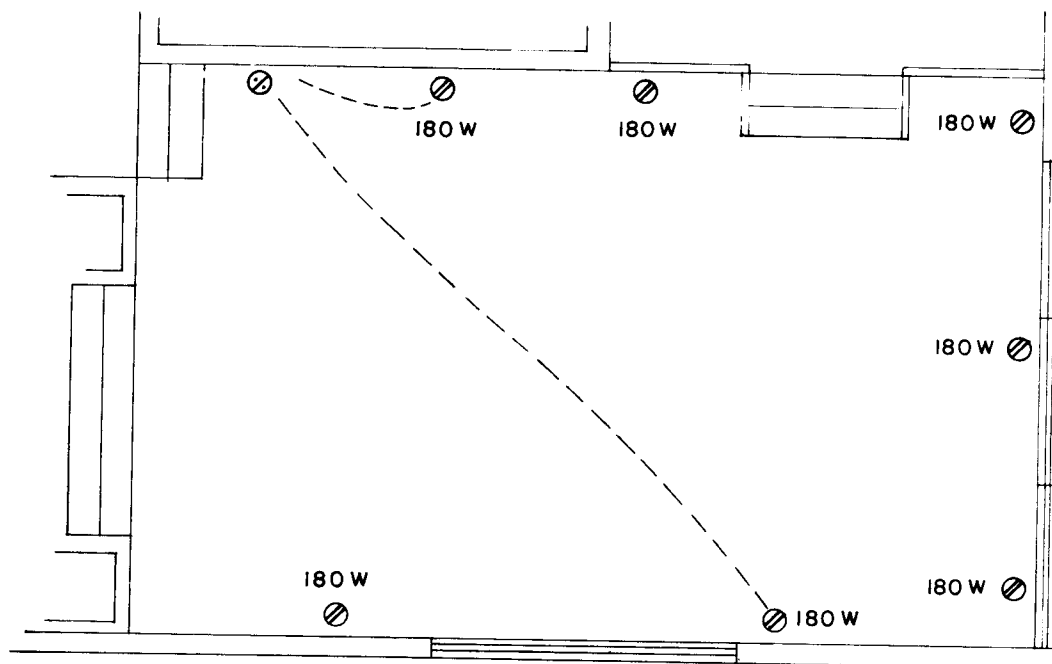
No hay límite para el número de aparatos del hogar a conectar siempre que se instale el número apropiado de circuitos derivados.

Este mismo criterio se puede aplicar para aquellas casas habitación que tengan desayunador.

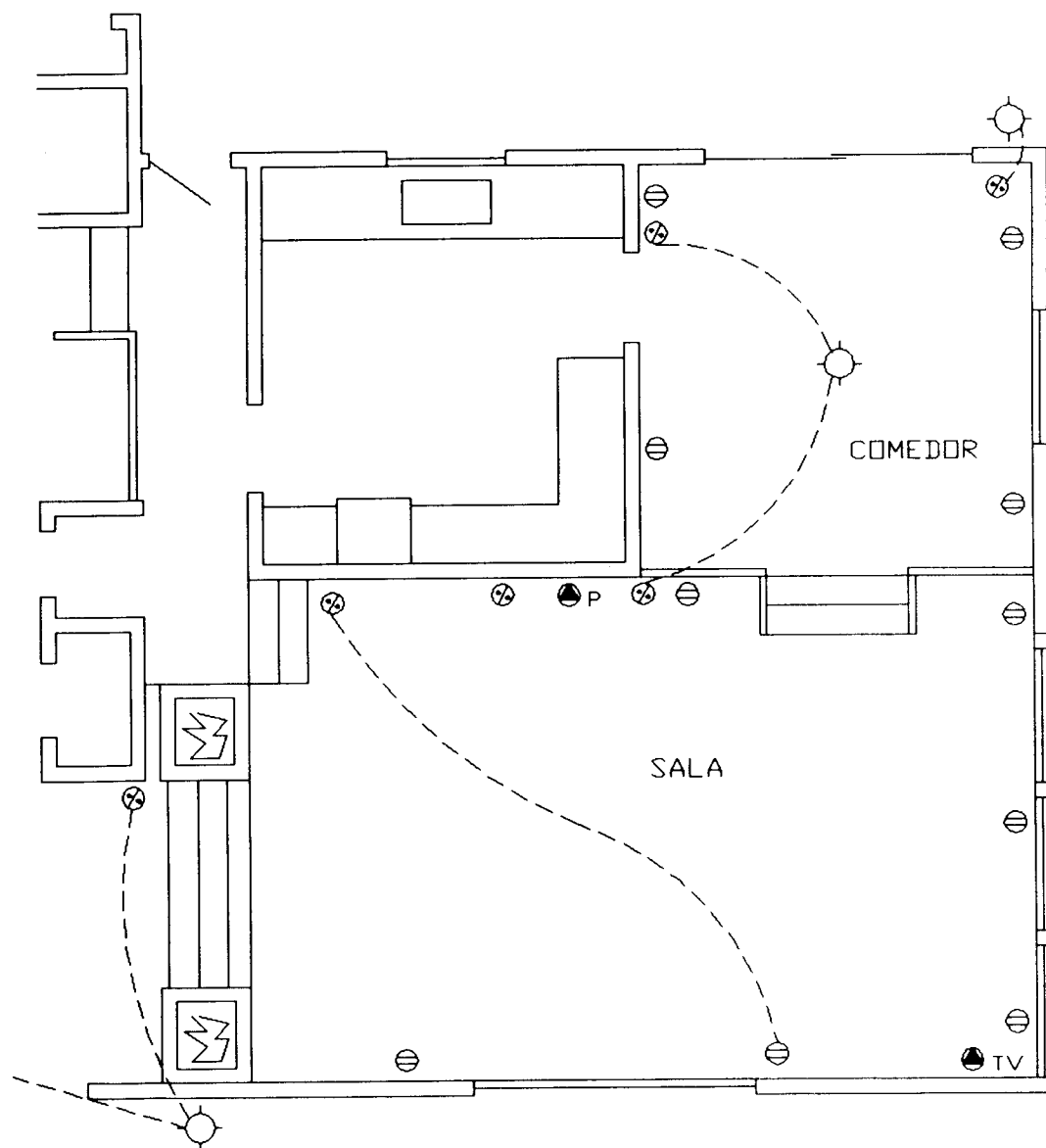
En las siguientes figuras se muestran las plantas típicas de una sala y comedor para casa habitación, en donde se indican las salidas comunes para contactos y alumbrado que forman parte de los circuitos derivados a considerar en una instalación eléctrica tipo habitacional.



SALIDAS TÍPICAS DE UN COMEDOR



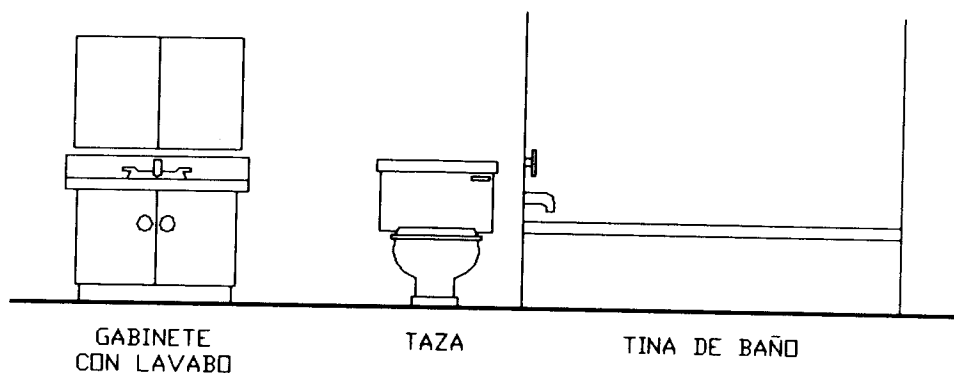
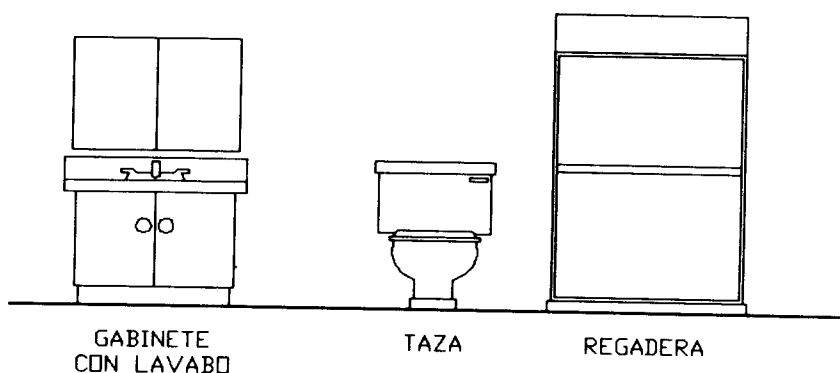
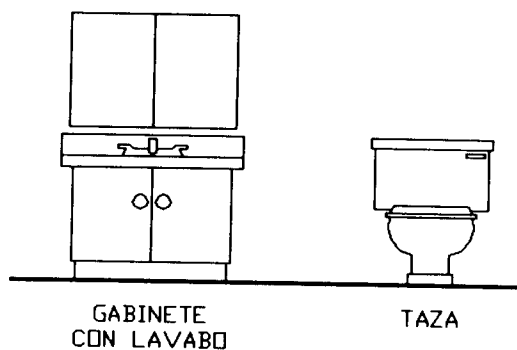
SALIDAS TÍPICAS PARA CONTACTOS EN UNA SALA

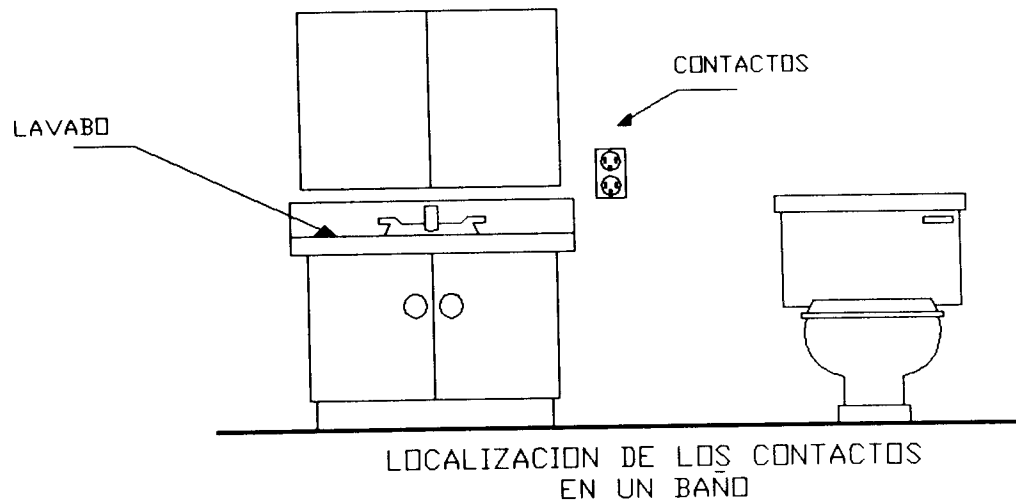


CONJUNTO DE SALIDAS DE CONTACTOS EN
SALA Y COMEDOR

4.2.2. SALIDAS PARA CONTACTOS EN MURO PARA BAÑOS DE CASAS HABITACION.

En los baños se deben instalar contactos cercanos al lavabo, ya que requieren para ser usados por secadoras eléctricas de pelo, rasuradoras eléctricas y algunos otros aparatos que tienen una demanda baja de potencia (poco consumo). En los contactos para: oficinas, hoteles, moteles y centros comerciales se debe incorporar una protección contra falla a tierra.

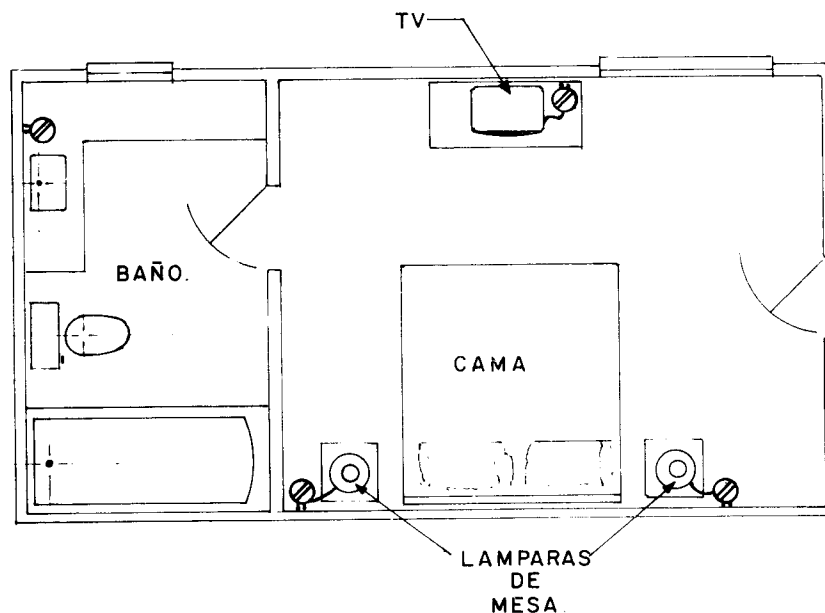


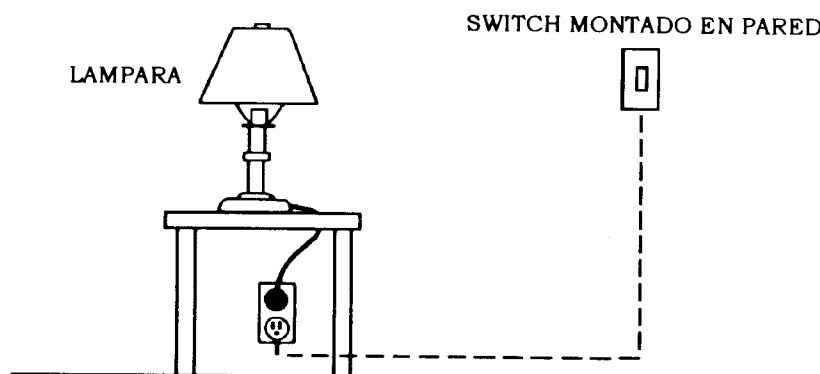


4.2.3. SALIDAS PARA CONTACTOS EN HOTELES Y MOTELES.

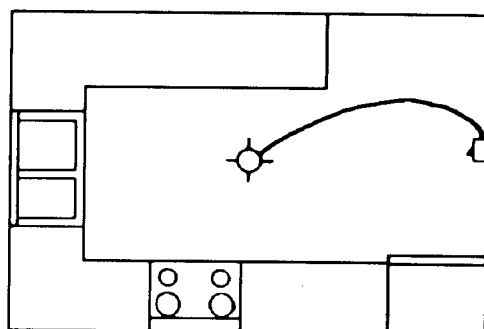
Los contactos se pueden instalar en hoteles, moteles y áreas similares en donde existan requerimientos para alimentar cargas de decoración y usos específicos; no ocurre así, con las áreas de descanso o de invitados en los hoteles, ya que estas, no se clasifican como unidades de habitación al no tener facilidades de cocina.

Los requerimientos de contactos en los hoteles y moteles son similares a los que se tienen para las casas habitación.

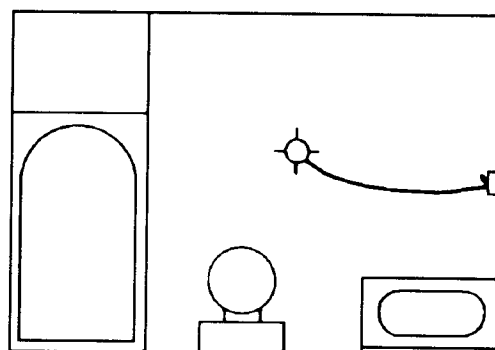




LOS SWITCHES EN PARED PUEDEN CONTROLAR
LAS LAMPARAS EXCEPTO EN COCINAS



LOS SWITCHES EN PARED CONTROLAN
LAS LAMPARAS EN TECHO EN LAS COCINAS



EN UN BAÑO SE HACEN CONSIDERACIONES
DISTINTAS A LAS DE UN CUARTO

APLICACIONES DE SWITCHES

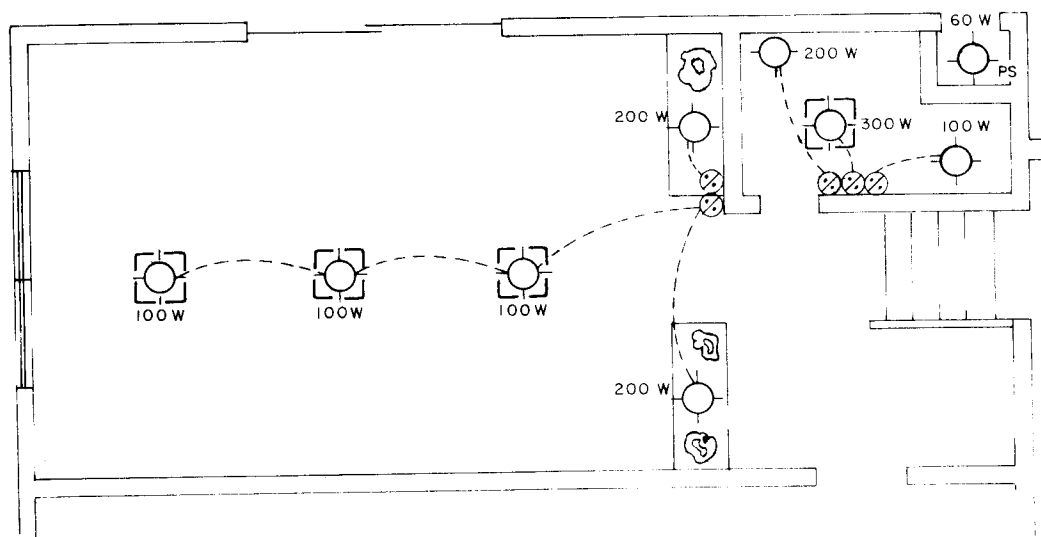
4.2.4. SALIDAS PARA ALUMBRADO EN HABITACIONES.

Las salidas para alumbrado deben estar localizadas en puntos específicos para asegurar el alumbrado apropiado de la habitación de que se trate. Las lámparas como sabe deben estar controladas por apagadores cuando son fijas y estar localizadas en techo y muros, o bien, cuando se trata de lámparas decorativas, de mesa o de piso, deben tener salidas para contactos, ya que son del tipo con cordón y clavija enchufable. Cuando se usen lámparas con cadena de jalar, no se deben utilizar apagadores (switches). Este tipo de lámparas, se usan en ciertos lugares y con ciertas condiciones, su uso no es común.

Se requiere al menos un apagador de pared en cada cuarto habitable, como: salas de estar, escaleras, garajes, baños; áreas exteriores y entradas en casas habitación.

En los cuartos de invitados o áreas de descanso se requiere al menos un apagador o switch para controlar al contacto que alimenta las lámparas de mesa.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo elemental de las salidas de alumbrado en un cuarto y sus áreas habitables adyacentes.



Algunas disposiciones de las Normas técnicas para instalaciones eléctricas y que son de tipo general relacionadas con las salidas para alumbrado y contactos desde el punto de vista constructivo, principalmente, se dan en los párrafos siguientes tomados de los artículos 401.13 al 401.30 y 401.65 al 401.68.

Cajas de Salidas para luminarios y cubiertas ornamentales

Conductores en las cajas de salida.

- a) Las cajas de salida y las tapas ornamentales, en conjunto, deben proporcionar espacio suficiente para que los conductores de los luminarios y sus accesorios de conexión puedan instalarse adecuadamente.
- b) Los luminarios deben estar contruidos o instalarse de tal modo que los conductores dentro de las cajas de salida no lleguen a estar sometidos a temperaturas superiores a las aprobadas para dichos conductores.
- c) Los conductores de circuitos derivados, no deben pasar a través de una caja de conexiones que sea parte integral de un luminario incandescente, a menos que dicho luminario esté aprobado para este propósito.

Cubiertas ornamentales.

Cuando se use una cubierta ornamental, como tapa de la caja de salida para el luminario, debe cumplirse lo indicado en el artículo 307.16 de las NTI.

Soportes para luminarios

General.

Los luminarios, portalámparas y contactos deben estar sujetos firmemente a sus medios de soporte. Un luminario que pese más de 2 kilogramos o que tenga cualquier dimensión mayor de 40 centímetros, no debe estar soportado directamente por el casquillo roscado de un portalámparas.

Medios de soporte.

Un luminario puede soportarse directamente de una caja de salida cuando ésta se encuentre fijada firmemente de no ser así, el luminaria debe soportarse independientemente por medio de un herraje adecuado. Los luminarias que pesen más de 20 kilogramos deben estar soportados independientemente de la caja de salida.

General.

El alambrado de los luminarias, dentro o fuera de ellos, debe estar ordenadamente dispuesto y protegido contra daño mecánico. Los conductores deben disponerse de manera que, no estén sometidos a temperaturas mayores que las aprobadas para su operación.

Calibre de los conductores.

Los conductores para luminarias deben ser adecuados a la corriente de operación de los mismos, pero en ningún caso deben ser menores del calibre No. 18 AWG (0.82 mm.²)

Aislamiento de los conductores.

Los conductores de luminarios deben tener un aislamiento adecuado para la corriente, tensión y temperatura a las que estén sometidos.

Cuando los luminarios se instalen en lugares húmedos o mojados o de ambiente corrosivo, los conductores deben ser de un tipo aprobado para tales lugares.

Conductores en partes móviles.

Deben usarse cables flexibles y no alambres, para el alambrado sobre las cadenas de luminarias u otras partes móviles o flexibles. Dichos cables deben disponerse en tal forma que el peso de los luminarios o de sus partes móviles, no ejerzan tensión mecánica sobre ellos.

Protección de los conductores.

Los conductores deben sujetarse de manera que el aislamiento, no sufra deterioro. Los conductores deben protegerse cuando pasen a través de orificios o estén en contacto con partes metálicas que pudieran dañar su aislamiento.

Protección de los conductores en portalámparas.

Cuando un portalámparas metálico se conecte por medio de un cordón flexible, la entrada debe proveerse de una boquilla aislante. Los bordes de la boquilla deben redondearse eliminando toda aspereza interior.

Empalmes y derivaciones.

No deben hacerse empalmes ni derivaciones dentro de los brazos o soportes de luminarios.

Uso de los luminarios como canalización.

Los luminarios, no deben usarse como canalización de los conductores de circuitos derivados, excepto en los casos siguientes:

- 1) Cuando la propia construcción de los luminarios incluya una canalización.***
- 2) Cuando los luminarios sean adecuados para ensamblarse formando una canalización continua o puedan unirse por medio de un tubo u otra canalización cerrada, en cuyo caso se permite que pasen a través de ellos los conductores del circuito derivado que los alimenta.***

Polaridad en los luminarios.

Los luminarios deben alambrarse en tal forma que los casquillos roscados de los portalámparas queden conectados al conductor neutro del circuito derivado.

Conductores para la conexión de luminarios a salidas.

La capacidad de corriente de los conductores que se usen para conectar los luminarios a las salidas de los circuitos derivados, debe estar de acuerdo con lo indicado en el artículo 205.4, excepción 1 de las NTI.

Cuando la conexión de los luminarios a las salidas se haga por medio de cordón y clavija, el contacto y la clavija que se usen deben tener una capacidad de corriente no menor que el 125 por ciento de la corriente nominal de los luminarios.

Contactos y clavijas.

Capacidad nominal mínima.

Los contactos para la conexión de aparatos portátiles deben ser de una capacidad nominal, no menor de 15 amperes para 125 volts y no menor de 10 amperes para 250 volts. Los contactos deben ser de un tipo que no permita usarlos como portalámparas.

Contactos en pisos.

Los contactos que se instalen en pisos deben encerrarse en cajas especialmente construidas para este fin, excepto donde tales contactos estén colocados en pisos elevados de aparadores o en otros sitios similares donde no estén expuestos a daño mecánico, humedad o polvo, en cuyos casos puede usarse el tipo normal con caja para instalación oculta.

Dispositivos no intercambiables.

Los contactos adaptadores y clavijas deben construirse en tal forma que un contacto no pueda aceptar clavijas o adaptadores para tensiones y corrientes diferentes de aquéllas para las cuales el contacto está diseñado. Los contactos, que no sean del tipo de puesta a tierra, no deben aceptar clavijas o adaptadores del tipo de puesta a tierra.

Contactos en lugares húmedos o mojados.

- a) **Lugares húmedos.** Los contactos que se instalen en lugares húmedos deben ser de un tipo adecuado, dependiendo de las condiciones particulares de cada caso.
- b) **Lugares mojados.** Los contactos que se instalen en lugares mojados deben ser a prueba de intemperie.

Instalación de aparatos eléctricos.

Cordones flexibles.

Los cordones flexibles usados para conectar aparatos eléctricos deben cumplir con lo siguiente:

- a) **General.** Los cordones flexibles pueden usarse para los fines siguientes: 1) conexión de aparatos portátiles, 2) conexión de aparatos fijos para facilitar su cambio frecuente o impedir la transmisión de ruidos o vibraciones, o 3) facilitar el movimiento o desconexión de aparatos fijos para mantenimiento o reparación.
- b) Los cordones flexibles utilizados para conectar planchas, calentadores y demás aparatos eléctricos portátiles para producir calor, deben ser del tipo de cordones adecuados para usarse con resistencias eléctricas.

Unidades de aire acondicionado de habitación.

Estos aparatos pueden conectarse mediante cordón y clavija solamente en el caso en que sean monofásicos y su tensión de operación, no exceda de 250 volts. Si operan a una tensión

mayor o son trifásicos, deben conectarse directamente a un circuito derivado (sin clavija). Los aparatos a que se refiere este artículo son enfriadores de aire de tipo hermético, de corriente alterna, para instalarse en ventanas, consolas o empotrados en paredes de habitación. Este artículo también se aplica a aparatos de aire acondicionado que tengan provisión para calefacción.

4.3. DISEÑO Y CALCULO DE LOS SERVICIOS A LA CARGA PARA HABITACIONES.

Para determinar el tamaño de los conductores del servicio de entrada a una habitación y el número requerido de circuitos derivados a las cargas, se debe calcular en primera instancia la carga total de la casa habitación, como se ha mencionado en la parte introductoria de este Capítulo, hay básicamente dos métodos para calcular la carga total:

- El método estándar.
- El método opcional.

La casa habitación para los fines de los procedimientos de cálculo puede ser unifamiliar, dúplex o una unidad de un complejo habitacional.

4.3.1. CONDUCTORES DEL SERVICIO DE ALIMENTACION.

Los conductores del servicio de alimentación se dimensionarán para la carga en la casa habitación o departamento. Una porción de las cargas puede tener un **FACTOR DE DEMANDA** aplicado, ya que todos los circuitos que alimentan a las cargas no se usan en forma continua

y simultáneamente. Por lo tanto, los requerimientos de carga eléctrica pueden variar ampliamente.

El equipo del servicio de alimentación, consiste de un dispositivo de protección contra sobrecorriente para proteger los conductores de entrada y se debe disponer de una terminal a tierra, para conectar a tierra todas las partes metálicas del equipo de alimentación.

4.3.2. CONDUCTORES DEL CIRCUITO ALIMENTADOR.

Los alimentadores se usan para llevar la potencia a una casa habitación, o bien, a cada departamento de un edificio de departamentos. Generalmente, los alimentadores alimentan a tableros individuales en cada casa o departamento desde el desconectador de servicio, que usualmente esta fuera de la casa o departamento; es decir, que los circuitos alimentadores parten del punto de servicio y están protegidos por fusibles o bien por interruptores termomagnéticos. El tablero de llegada del alimentador, por lo general, tiene interruptores para proteger a los circuitos derivados de la casa habitación.

La carga resultante después de aplicar los factores de demanda, es la que permite determinar los calibres de conductores, el tamaño del tubo conduit y la capacidad de los dispositivos de protección.

4.3.3. CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

Los circuitos derivados son una porción del sistema de alambrado que va desde el último dispositivo de protección contra sobrecorriente que protege a los conductores del circuito derivado, hasta las salidas que alimentan a los equipos o aparatos que se conectan al circuito derivado.

Como se ha estudiado en el Capítulo anterior, los dispositivos de protección pueden ser interruptores o fusibles que pueden estar en un gabinete o en un tablero. En las casas habitación, los circuitos derivados a alimentan cargas tales, como: alumbrado, contactos y aparatos del hogar; así como refrigeradores, lavadoras y aire acondicionado. Para los fines de cálculo todas las cargas en una casa habitación se pueden agrupar en cualquiera de las tres categorías.

- **Alumbrado**
- **Contactos**
- **Aparatos del hogar especiales**

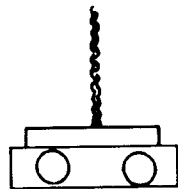
– **Carga de alumbrado general.**

Para determinar la carga de alumbrado general, se multiplica la densidad de carga (watts/m^2) obtenida de acuerdo a las NTI de la Tabla 4.1 por el área total en metros cuadrados del departamento o casa habitación de que se trate. El área total se calcula multiplicando la longitud externa por el ancho (externo también) y por el número de pisos. Se debe restar el área total de garaje, porches o espacio, no terminados.

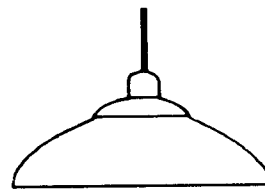
– **Carga de aparatos del hogar pequeños**

Para alimentar la cocina se deben procurar uno o dos circuitos derivados (esto dependerá de su tamaño y el nivel social, ya que el tipo de carga en general tiene relación con estos aspectos.

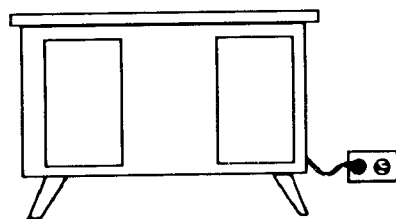
Algunas de las cargas pequeñas son por ejemplo: cafeteras, abrelatas eléctricos, tostadores de pan, freidoras, licuadoras, etc., para las cuales los circuitos derivados deben ser de 20 A. o considerar 1 500 watts para cada circuito de dos conductores.



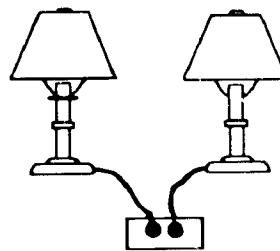
LAMPARAS FLUORESCENTES



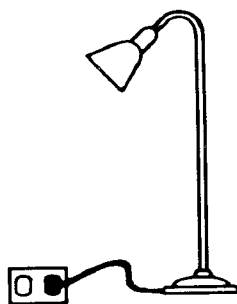
LAMPARAS INCANDESCENTES



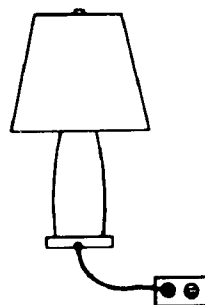
ESTEREO



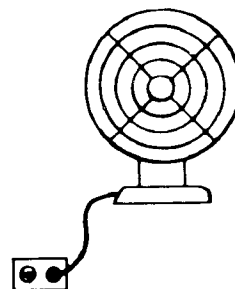
LAMPARAS DE ORNATO



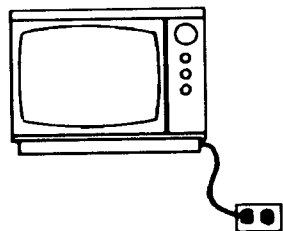
LAMPARAS
DE PISO



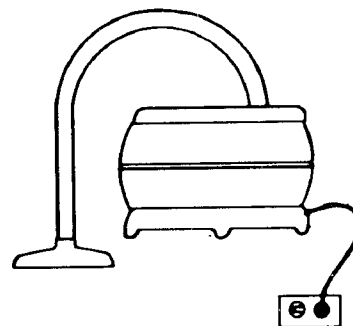
LAMPARA
DE MESA



VENTILADOR
DE MESA

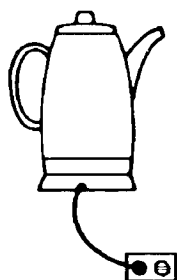


TELEVISION

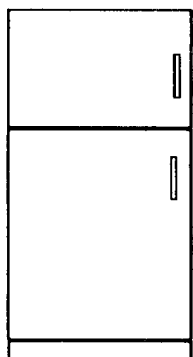


ASPIRADORA

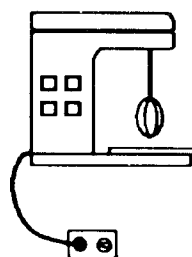
CARGAS TÍPICAS DE ALUMBRADO
Y APARATOS DEL HOGAR EN CASA HABITACION



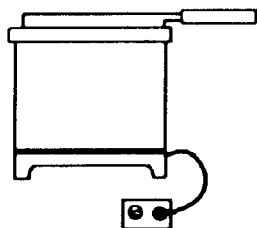
CAFETERA



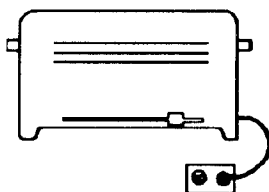
REFRIGERADOR



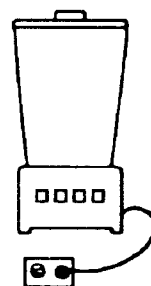
MEZCLADORA



FREIDORA

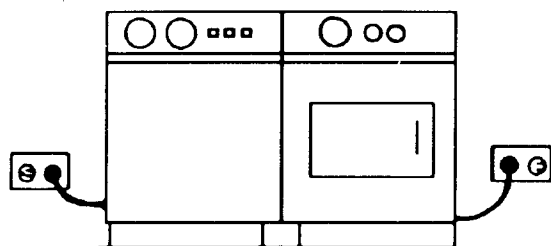


TOSTADOR



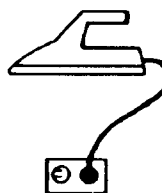
LICUADORA

CARGAS TIPICAS EN COCINAS DE CASAS - HABITACION



LAVADORA

SECADORA



PLANCHA

CARGAS TIPICAS EN CUARTOS DE SERVICIO O LAVADO

TABLA 4.1

CARGAS DE ALUMBRADO GENERAL EN LOCALES

Tipo de local	Cargas en watts por metro cuadrado
Auditorios.	10
Bancos	30
Bodegas o almacenes	2.5
* Casas habitación	20
Clubes o casinos.	20
Edificios industriales	20
Edificios de oficinas	30
Escuelas	20
Estacionamientos comerciales . . .	5
Hospitales	20
*Hoteles, moteles y departamentos amueblados	20
Iglesias.	10
Peluquerías y salones de belleza. .	30
Restaurantes	20
Tiendas	30

* Todos los contactos para aparatos menores de 3 amperes en casas habitación y cuartos de hoteles, moteles o departamentos (sin disposiciones para el uso de aparatos eléctricos para cocinar) pueden considerarse como salidas para alumbrado general y no es necesario incluir carga adicional alguna para ellos.

La carga de alumbrado general y contactos se obtiene multiplicando el área (en metros cuadrados) de la casa habitación por la carga correspondiente de la Tabla 4.1 (20 watts/m^2). Para los circuitos derivados de los pequeños aparatos del hogar se considera que con dos circuitos de 1500 watts cada uno, puede ser cubierto el requerimiento mínimo. De acuerdo a la magnitud de la carga, se pueden aplicar factores de demanda para las cargas de alumbrado y contactos.

En el caso particular de las casas habitación se toman los siguientes factores:

Watts ó volt-amperes	Factor de demanda
0 - 3000 watts	100%
3001 - 120 000	35%
Más de 120 000	25%

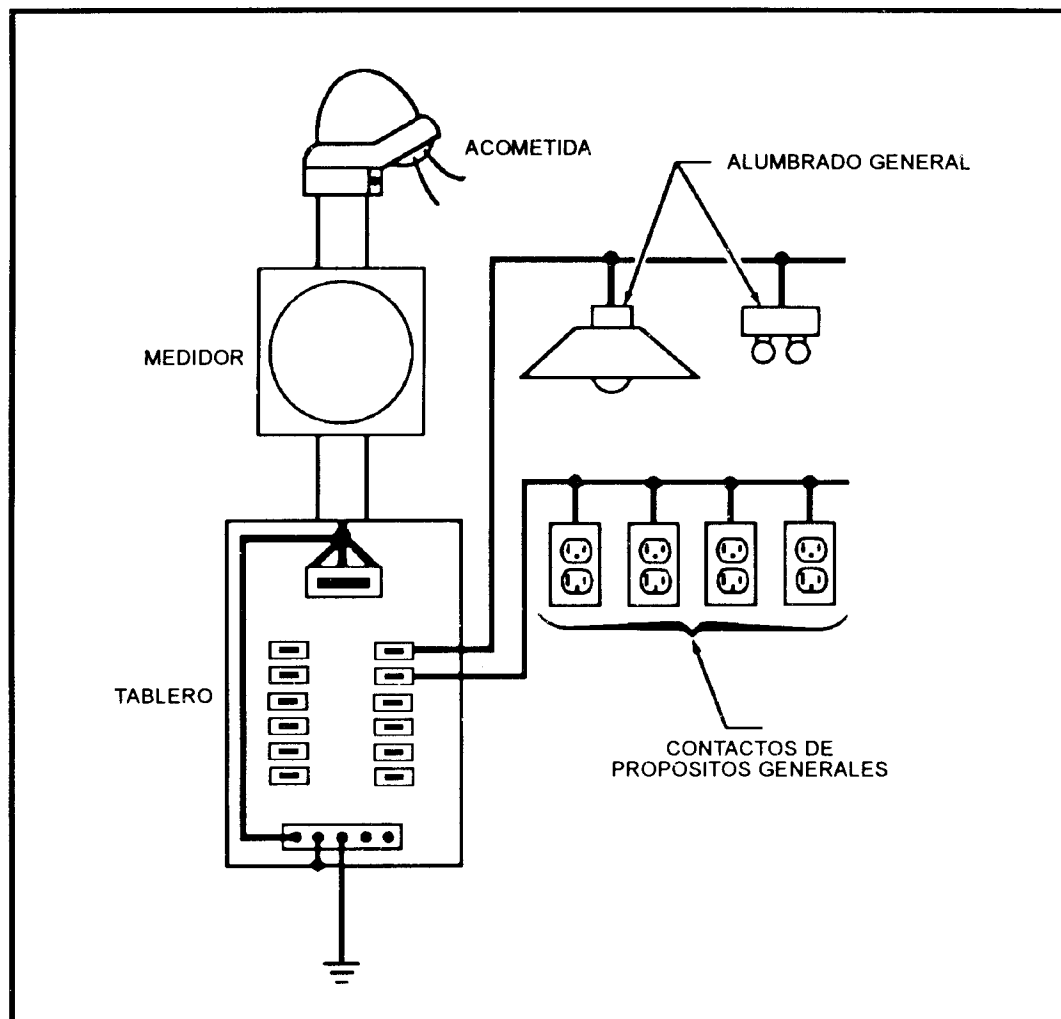
En la tabla siguiente se dan otros factores de demanda.

TABLA 4.2

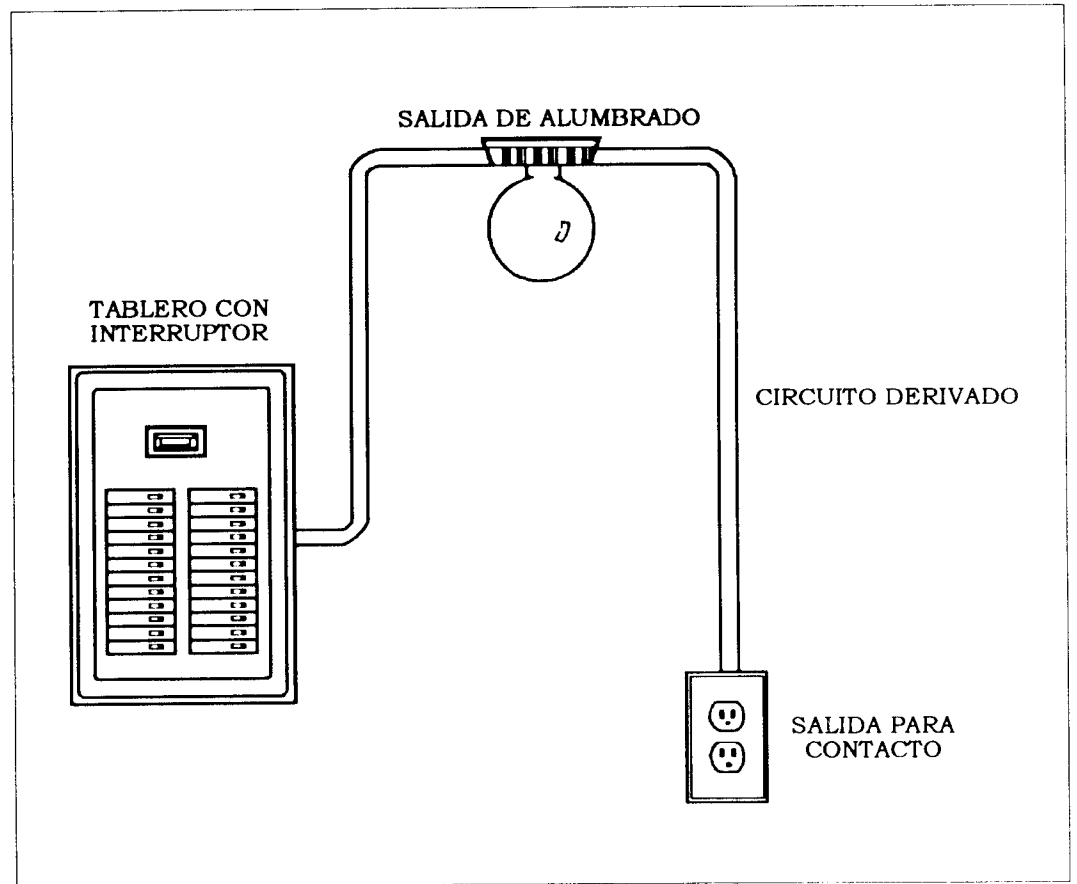
**FACTORES DE DEMANDA PARA EL CALCULO DE LA CARGA
DE ALUMBRADO GENERAL EN ALIMENTADORES**

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado general a que se le aplica el factor de demanda	Factor de demanda en el alimentador. *
Casas habitación	Primeros 3 000 watts o menos Exceso sobre 3 000 watts	100% 35%
** Hoteles	Primeros 20 000 watts o menos Exceso sobre 20 000 watts	50% 40%
** Hospitales	Primeros 50 000 watts o menos Exceso sobre 50 000 watts	40% 20%
Edificios de Oficinas Escuelas	Primeros 20 000 watts o menos Exceso sobre 20 000 watts	100% 70%
Otros locales	Carga total de alumbrado general	100%

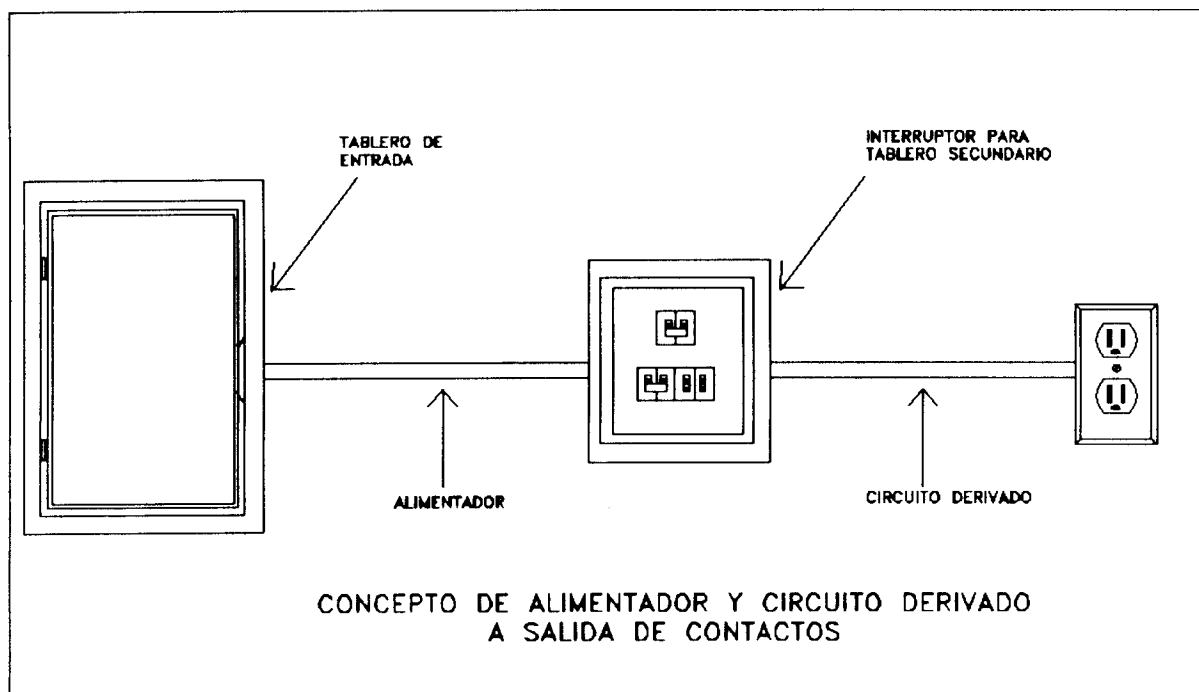
* Factor de demanda: relación entre la demanda máxima del circuito y la carga conectada al mismo.

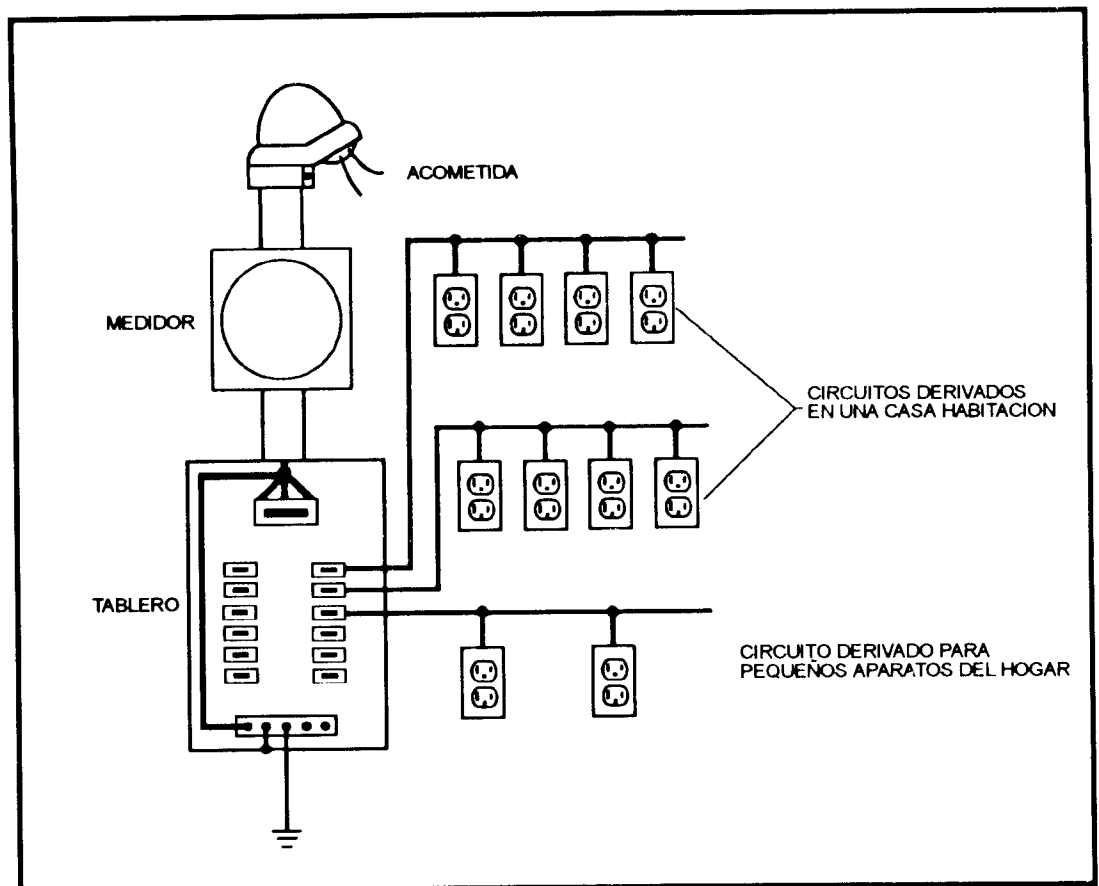


CIRCUITOS DERIVADOS DE ALUMBRADO GENERAL
Y CONTACTOS EN UNA CASA HABITACION



ALIMENTACION A CIRCUITOS DERIVADOS
PARA ALUMBRADO Y CONTACTOS





CIRCUITOS DERIVADOS DE CONTACTOS EN CASAS HABITACION

4.3.4. CIRCUITOS DERIVADOS PARA OTRAS CARGAS.

Existen otras cargas consistentes principalmente en aparatos del hogar fijos o portátiles que requieren de salidas para contactos para su alimentación. Cuando hay cuatro o más aparatos fijos en un circuito alimentador se permite el 75% del valor de la potencia de placa. Es decir, se suman las potencias de los aparatos y al total se le multiplica por el 75%.

Otras cargas de este tipo, son las secadoras de ropa, cuando se tienen seis o más, cuyas potencias estén en el rango de 5 kW a 6.5 kW, se aplica un factor de demanda del 70%.

Ejemplo 4.1.- Calcular la carga que demandan el alumbrado y los contactos de una casa habitación que tiene una superficie de 224 m².

Solución

De la Tabla 4.1 se pueden considerar 20 watts/m², por lo que:

$$224 \times 20 = 4\,480 \text{ watts}$$

Si se consideran dos circuitos para contactos con una carga de 1500 VA cada uno, se tiene:

$$2 \times 1500 = 3\,000 \text{ VA}$$

Si se considera adicionalmente un circuito de 1500 VA para cargas especiales de aparatos del hogar, se tiene que la carga total es:

$$\begin{array}{r} 4\,480 \\ +\,3\,000 \\ \hline 1\,500 \\ \text{Total: } 8\,980 \text{ VA.} \end{array}$$

Aplicando los factores de demanda:

$$\begin{array}{rcl} \text{Primeros: } 3\,000 \text{ VA al } 100\% & = & 3\,000 \\ \text{El resto al } 35\% (8\,980 - 3\,000) \times 35\% & = & \underline{2\,093} \\ \text{Demanda en la carga} & = & \mathbf{5\,093 \text{ W.}} \end{array}$$

Ejemplo 4.2.- Calcular la carga de alumbrado general para una casa habitación de 18 m. x 15 m.

Solución

El área de la casa habitación, es:

$$18 \times 15 = 270 \text{ m}^2$$

Tomando 20 watts/m² para alumbrado y cargas pequeñas:

$$\text{Total} = 20 \times 270 = 540 \text{ watts}$$

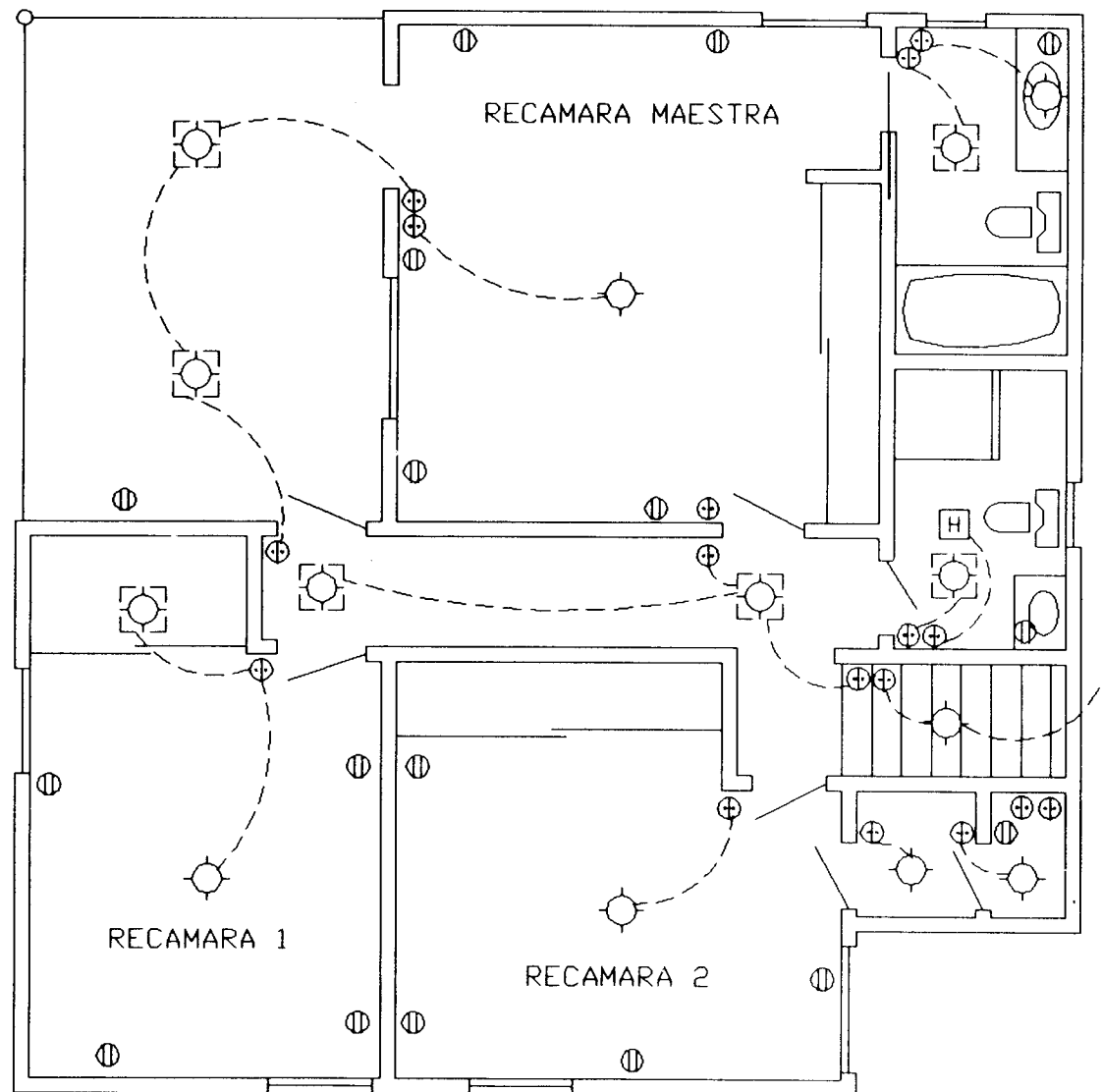
Ejemplo 4.3.- Calcular la carga por circuitos derivados que alimentarán pequeñas cargas de aparatos del hogar en una casa habitación.

Solución

Las pequeñas cargas por aparatos del hogar, se consideran aquéllas usadas en cocinas, desayunadores, comedores en una casa habitación, para las que se tiene al menos tres circuitos de 1500 VA. cada uno, de manera que la carga total por este concepto, es:

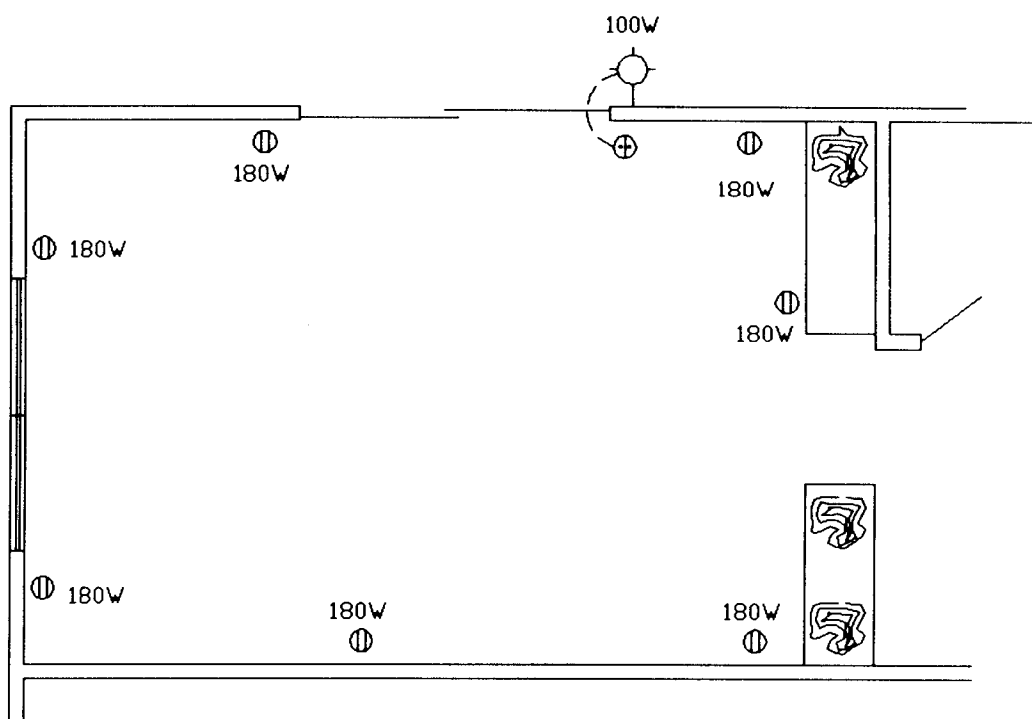
$$\begin{array}{rcl} 2 \times 1\,500 & = & 3\,000 \text{ VA} \\ 1 \times 1\,500 & = & \underline{1\,500 \text{ VA}} \\ \text{Total} & & 4\,500 \text{ VA} \end{array}$$

Ejemplo 4.4.- Mostrar sobre el plano de planta de una parte de una instalación eléctrica para una casa habitación, la forma de evaluar la carga, suponiendo salidas de 15 A. y una carga de 180 W. por contacto.

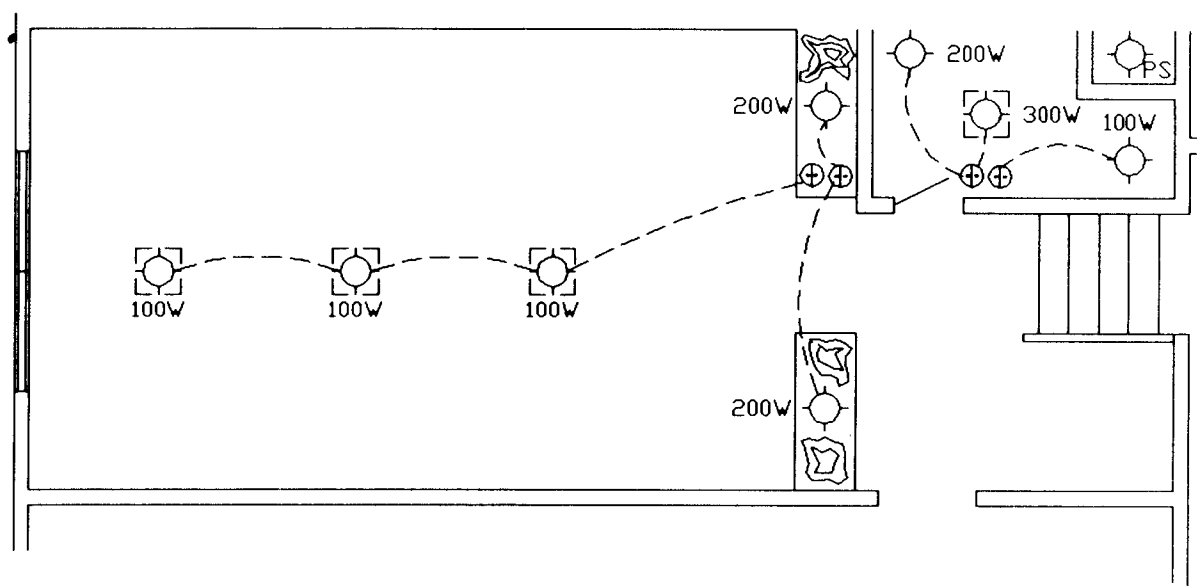


PLANTA DEL SEGUNDO PISO DE LA CASA HABITACION
FIG. 1

Parte de la planta baja (sala de la casa), se muestra también en la siguiente figura, indicando los contactos y el alumbrado exterior.



CONTACTOS EN LA SALA DE LA CASA HABITACION
FIG. 2



CIRCUITO DE ALUMBRADO PARA LA
SALA, BAÑO Y CUARTO DE SERVICIO
FIG. 3

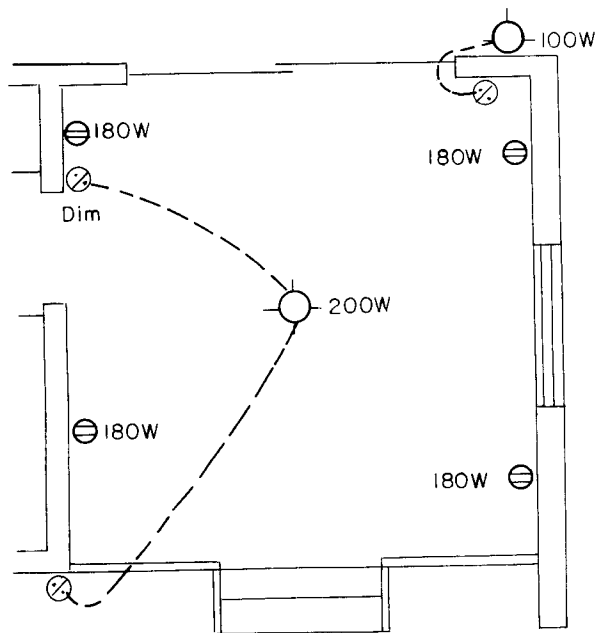


FIG. 4 CIRCUITO PARA ALUMBRADO Y CONTACTOS DEL COMEDOR .

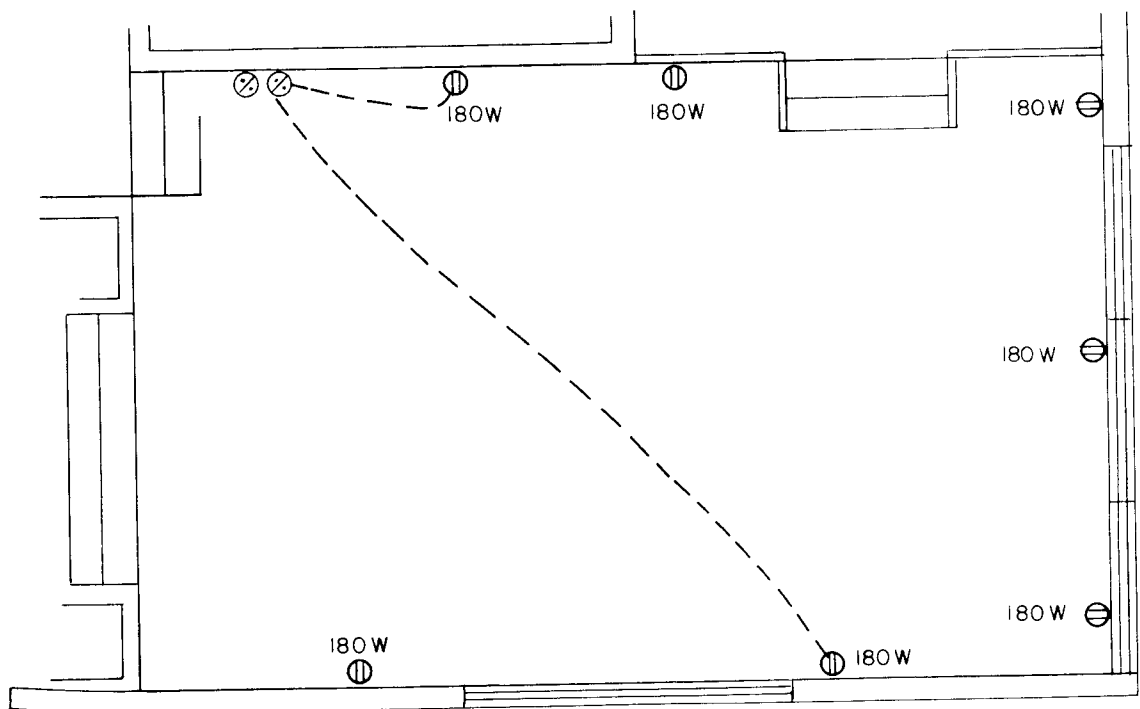


FIG. 5 CIRCUITO DE CONTACTOS DE LA ESTANCIA .

Solución

Efectuando la evaluación de la carga en la planta del segundo piso, las cargas son:

7 salidas (180 W. cada una)	1 260 W.
3 salidas de techo para alumbrado (100 W. cada una)	300 W.
2 salidas de alumbrado superficiales en techo (200 W. cada uno)	400 W.
1 salida de alumbrado de pared (100 W.)	<u>100 W.</u>
Watts Totales	2 060 W.

Las salidas especiales indicadas para TV y antena de TV, así como la de teléfono P, no representan cargas para el sistema eléctrico, por lo tanto, no se conectan a los circuitos derivados.

La carga total obtenida de 2 060 watts, no se puede asignar a un solo circuito derivado de 15 A., debido a que la máxima carga por circuito se puede tomar como 1 500 W. Quiere decir, que la alimentación a esta área se debe separar en dos circuitos.

Un circuito puede estar constituido por las siete salidas y el alumbrado exterior, que darán una carga total de:

$$7 \times 180 + 100 = 1\,360 \text{ watts}$$

Que es menor de 1 500 watts.

Como se muestra en la figura 2 los restantes 700 watts de carga de alumbrado, es posible combinarlos con otras cargas y observando que

el total se encuentre debajo del máximo permitido por circuito. Cercana a esta área se localiza el baño que tiene las cargas siguientes:

1 - Salida para ventilador.....	300 W.
1 - Lámpara para gabinete (tocador de baño)	200 W.
1 - Salida para alumbrado en la regadera.....	<u>100 W.</u>
Total :	600 W.

Ahora el circuito derivado es de:

$$700 + 600 = 1\,300 \text{ watts}$$

Cercano al baño se tiene el closet con una lámpara de 60 W. del tipo cadena, agregando esta carga al mismo circuito derivado la carga total es, de:

$$1300 + 60 = 1\,360 \text{ watts}$$

Moviéndose del baño hacia las escaleras cortas a través del hall y la cocina, se tiene:

2 Tubos fluorescentes (100 W. cada uno)	200 W.
1 Salida para lámpara	100 W.
1 Salida para lámpara superficial	200 W.
1 Salida para lámpara de tipo cadena....	<u>200 W.</u>
Total:	700 W.

El resto de salidas y contactos en la cocina son para aparatos del hogar y por lo tanto, NO deben ser incluidos en los circuitos derivados de alumbrado y para cargas de comodidad o conveniencia.

Estos 700 W. de alumbrado en la cocina pueden ser combinados con otras cosas. Las tres lámparas en la escalera y el hall exterior a la cocina, dan un total de 300 watts y las dos salidas de alumbrado exteriores dan 200 watts más, sumando esto dan un circuito con un total de:

$$700 + 300 + 200 = 1\ 200 \text{ watts}$$

La lámpara de techo en el cubo de la escalera se puede tomar como de 200 watts en el mismo circuito, dando así, un total de: $1200 + 200 = 1400 \text{ W.}$

Quedando los circuitos, como se muestra en la figura 6.

El comedor es relativamente sencillo, como se muestra:

4 Salidas de 180 watts cada una.....	720 W.
1 Salida para arbotante (por techo) (200 W.).....	200 W.
1 Lámpara de muro exterior	<u>100 W.</u>
Total	1 020 W.

La sala, no tiene salidas para lámparas de ornamento, pero se iluminará por lámparas de piso conectadas a contactos. Las salidas para TV y teléfono, no son parte de los circuitos, ya que no consumen energía eléctrica.

7 Contactos de 180 W. cada uno	1 260 W.
Total de la sala:	1 260 W.

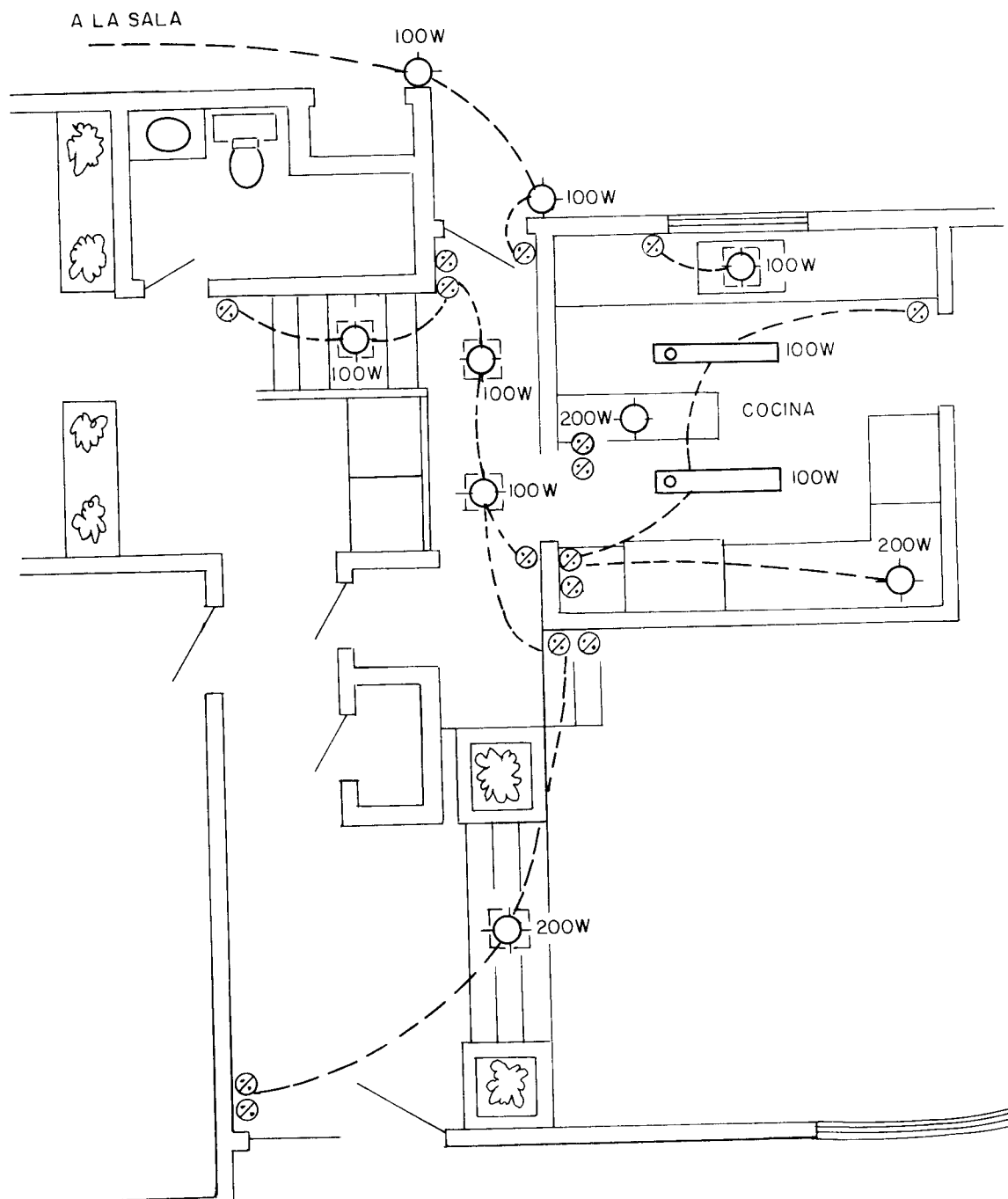


Fig. 6

Para completar el estudio de los circuitos de la planta baja se tienen el garaje y el hall.

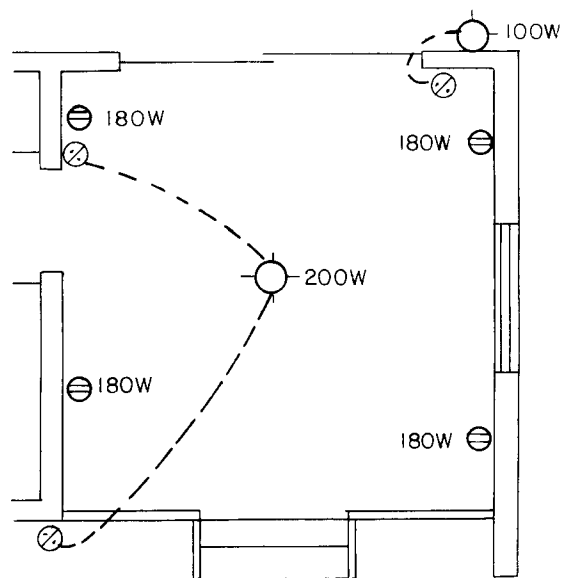


FIG.7 CIRCUITO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS DEL COMEDOR

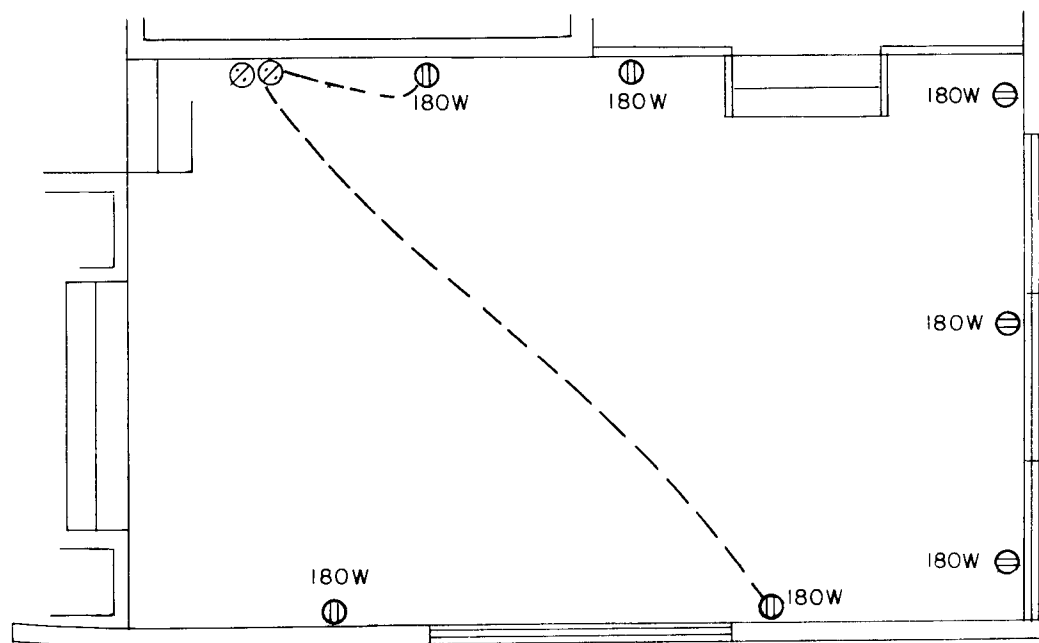


FIG. 8 CIRCUITO DE CONTACTOS DE LA SALA

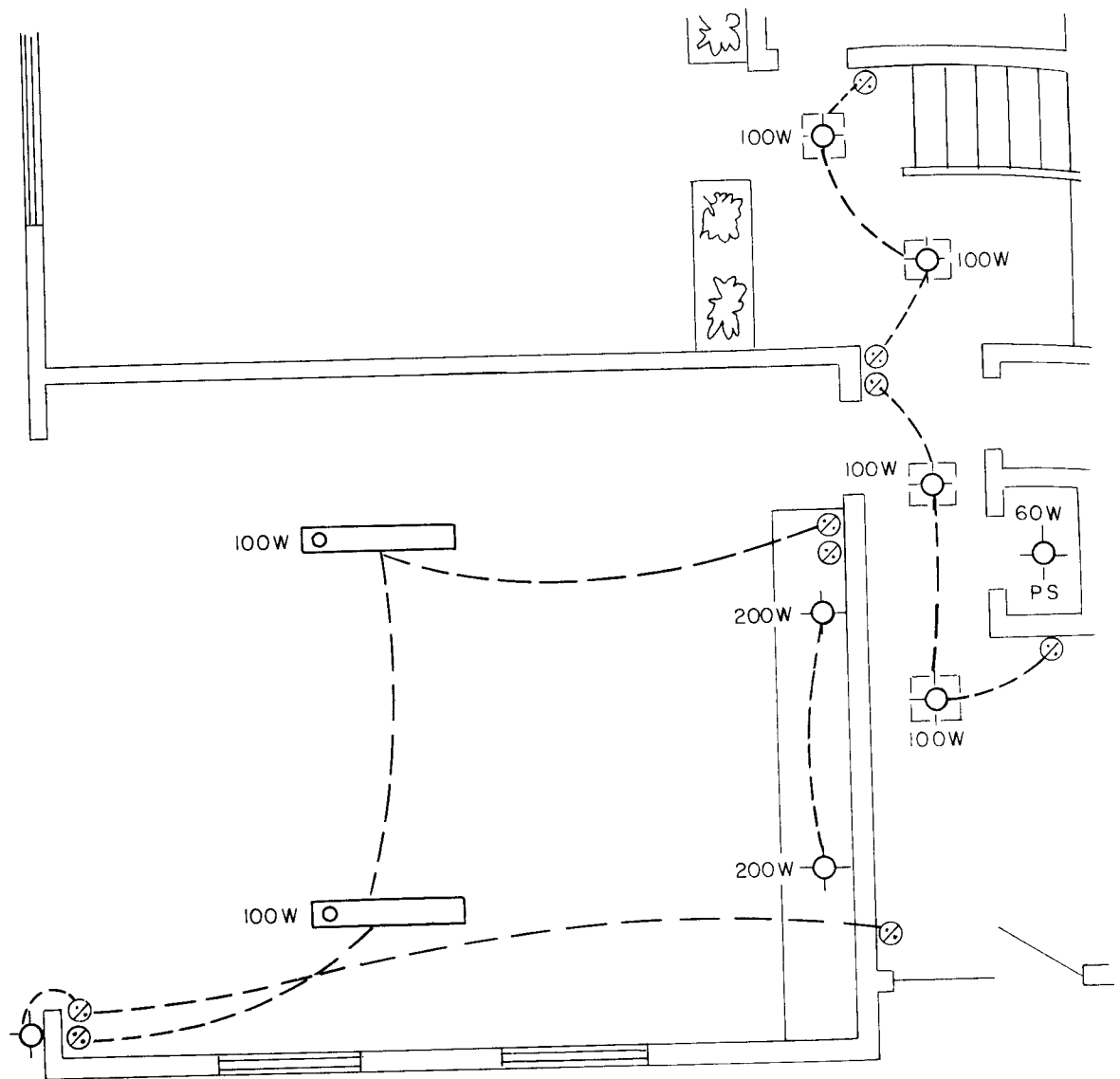


FIG. 9 CIRCUITOS DEL GARAGE Y HALL

Las cargas para estas áreas, son:

2 Tubos fluorescentes de 100 watts c/u ...	200 W.
2 Lámparas montadas en muro de 200 W. cada una.....	400 W.
1 Salida para lámpara de 100 W. (exterior)	100 W.
4 Salidas para lámparas empotradas de 100 watts cada uno.....	400 W.
1 Lámpara de 100 W. exterior.....	100 W.
1 Lámpara de cadena en el closet de trabajo (60 W.).....	<u>60 W.</u>
Total :	1 260 W.

Por un procedimiento superior se pasa a los cuartos de la planta alta. Para la recámara principal se tiene:

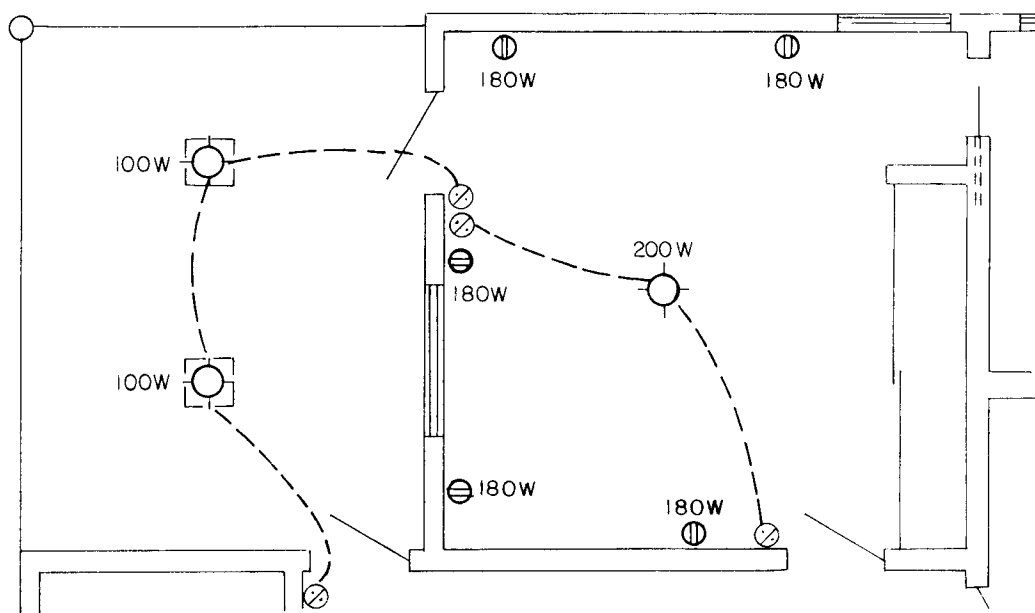


FIG. 10. RECÁMARA PRINCIPAL MOSTRANDO SUS CIRCUITOS

La carga, es:

5 Contactos de 180 W cada uno.....	900 W.
1 Salida para lámpara de techo de 200 W.....	200 W.
2 Salidas para lámparas de 100 W c/u en el cuarto de vestir.....	<u>200 W.</u>
Total:	1 300 W.

Esta carga puede constituir, por si misma, un circuito derivado de la instalación.

Para los baños se tiene el circuito que se muestra en la fig. 11.

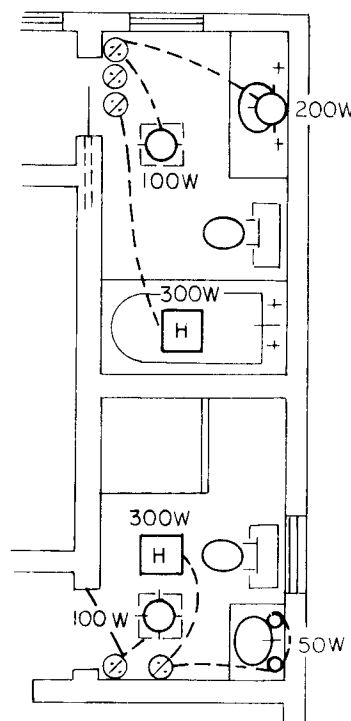


FIG.II CIRCUITO PARA LOS BAÑOS

La carga considerada, es:

2 Salidas empotradas para lámparas.....	200 W.
2 Salidas para lámparas calefactoras de techo de 300 W. c/u.....	600 W.
1 Salida para lámpara de confort de 200 watts	200 W.
2 Salidas para lámparas fluorescentes de 25 W. cada uno.....	<u>50 W.</u>
Total de 2 baños:	1 050 W.

El circuito de la recámara 2 se combina con las necesidades del cubo de la escalera y el closet.

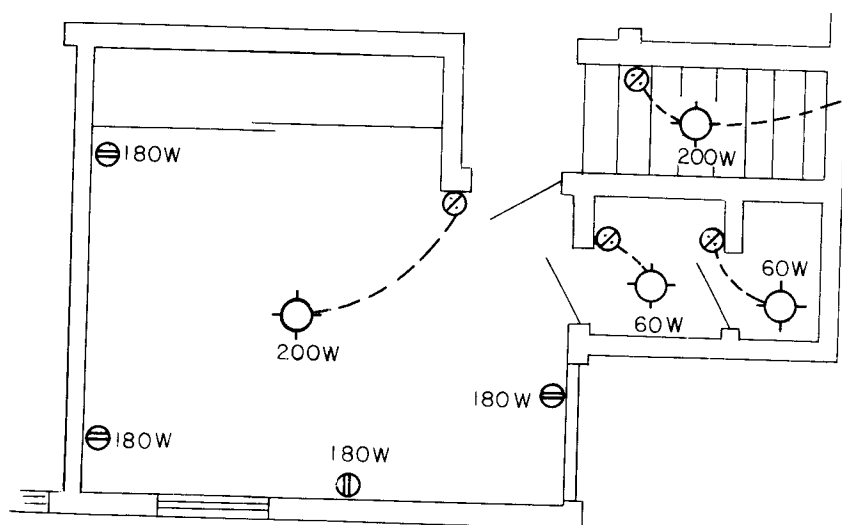


FIG. 12. CIRCUITO DE LA RECÁMARA 2 Y EL CUBO
DE LA ESCALERA

La carga a considerar, es:

4 Salidas para contactos de 180 W c/u.....	720 W.
2 Salidas para lámparas de techo de 200 W. c/u.....	400 W.
2 Salidas para lámparas de closet de 60 W. c/u.....	<u>120 W.</u>
Total:	1 240 W.

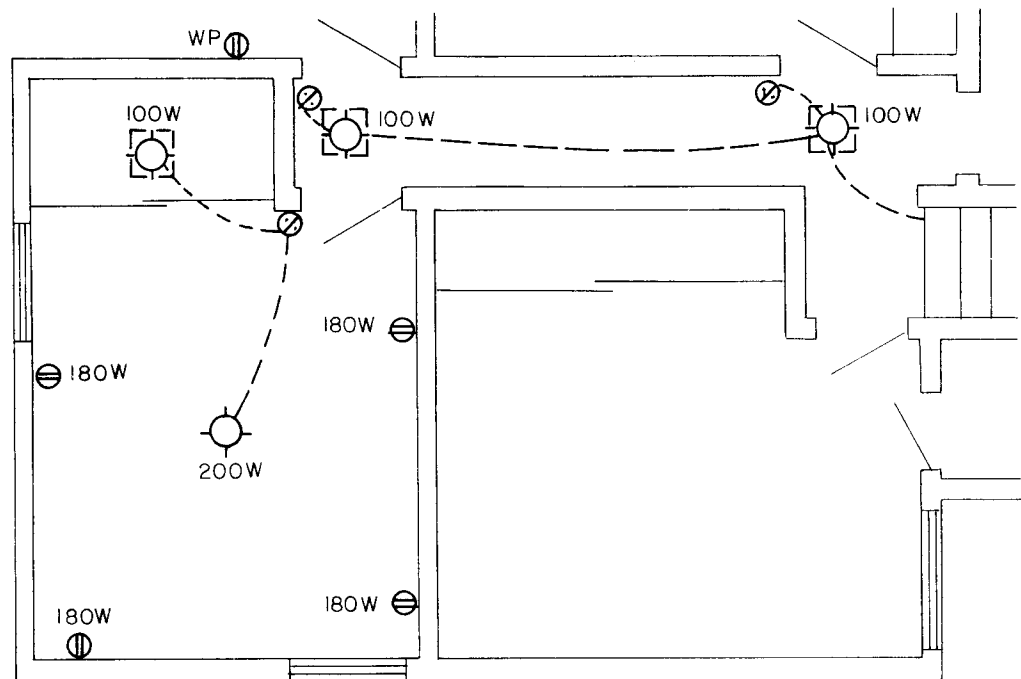


FIG. 13. CIRCUITO

Si se tomaran en cuenta la escala o las acotaciones de cada una de las áreas que constituyen la casa habitación, se tendría que las áreas totales por planta son:

Area neta de la planta baja.....	138 m ²
Area neta de la planta alta.....	<u>75 m²</u>
Total	213 m²

Considerando 20 watts/m² la carga total sería:

$$20 \text{ watts/m}^2 \times 213 \text{ m}^2 = 4\,260 \text{ watts.}$$

Ejemplo 4.5.- Calcular el número de circuitos derivados de 20 A. requeridos en una casa habitación, cuya área externa es de 232 m².

Solución

Considerando 20 watts/m² la carga total para esta casa habitación es de:

$$232 \text{ m}^2 \times 20 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2} = 4\,640 \text{ watts}$$

Si se alimentara esta carga con circuitos de 20 amperes a 127 volts, la capacidad por circuito, es:

$$I \times V = 20 \times 127 = 2\,540 \text{ watts}$$

Si la alimentación fuera a 127 V., pero con circuitos de 15 A., la capacidad por circuito sería, de:

$$I \times V = 15 \times 127 = 1\,905 \text{ watts}$$

De manera que el número de circuitos de 20 A. requeridos sería:

$$\frac{\text{Carga total requerida en VA}}{\text{Capacidad de cada circuito de 20 A.}} = \frac{4\,640}{2\,540} = 1.827$$

Total: 2 Circuitos

Si se consideran circuitos de 15 A. el número de circuitos sería entonces:

$$\frac{\text{Carga total requerida en VA}}{\text{Capacidad de cada circuito de 15 A.}} = \frac{4\,646}{1\,905} = 2.436$$

Total: 3 Circuitos

Ejemplo 4.6.- Diseñar los circuitos derivados para un departamento que tiene un área de 148 m^2 y un equipo eléctrico instalado que demanda 12 kW. Se usarán conductores THW de cobre y circuitos de 20 A. en donde sea posible.

Solución

Considerando circuitos de 20 A. para alumbrado el número de circuitos derivados requeridos.

Suponiendo 20 watts/ m^2 , es:

$$\text{No. circuitos} = \frac{20 \text{ watts / m}^2 \times 148 \text{ m}^2}{20 \text{ A.} \times 127 \text{ V.}} = 1.165$$

Total: 2 Circuitos

Se pueden usar para alumbrado 2 circuitos de 20 A. de conductor THW del No. 12 AWG.

Para los aparatos del hogar pequeños, se usan 2 circuitos de 1 500 VA c/u, conductor de cobre THW de No. 12 AWG.

La carga de 12 kW aplicando un factor de demanda de 66% se toma una carga de $12 \times 0.66 = 8 \text{ kW}$ alimentada a 220 V, de manera que la corriente que requiere es de:

$$I = \frac{8\,000}{220} = 36.36 \text{ A.}$$

Se puede usar un circuito de 40 A. con conductor THW del No. 8 AWG.

Ejemplo 4.7.- Cuál es el número mínimo de circuitos derivados y la capacidad mínima requerida para el servicio de una casa habitación con 93 m² de superficie. Se considera que no hay aparatos del hogar grandes que estén permanentemente instalados.

Solución

- a) El número de circuitos derivados requeridos considerando que son de 15 A. y una carga de 20 watts/m² para alumbrado, es:

$$\text{No. circuitos} = \frac{20 \text{ watts/m}^2 \times 93 \text{ m}^2}{15 \text{ A.} \times 127 \text{ V.}} = 0.976$$

Total: 1 Circuito

- b) Se requieren adicionalmente 2 circuitos derivados de 15 A. para aparatos del hogar.

Se puede considerar adicionalmente un circuito derivado de 15 A. para la lavadora o área de lavado, por lo que se requerirá en total de 4 circuitos derivados de 15 A.

- c) El servicio a la carga se calcula, como sigue:

Alumbrado	$20 \text{ watts/m}^2 \times 93 \text{ m}^2$	$= 1\,860 \text{ watts}$
2 Circuitos derivados de 15 A. para cargas de aparatos del hogar	$2 \times 15 \text{ A.} \times 127 \text{ V.}$	$= 3\,810 \text{ watts}$
1 Circuito derivado de 15 A. para el área de lavado	$1 \times 15 \text{ A.} \times 127 \text{ V.}$	$= 1\,905 \text{ watts}$
	TOTAL:	7 575 watts

Aplicando factores de demanda:

3 000 watts al 100%.....	3 000
(7 575 - 3 000= al 35%	<u>1 601</u>
Demanda de la carga	4 601 watts

La corriente:

$$I = \frac{4\,601}{1.27} = 36.2 \text{ A.}$$

Ejemplo 4.8.- Calcular la demanda en la carga para el alumbrado general de una casa habitación que tiene un área de 190 m².

Solución

Considerando 20 watts/m² se tiene que:

- 20 watts/m² x 190 m² = 3 800 watts
- 2 Circuitos para aparatos del hogar pequeños

$$2 \times 1\,500 = \underline{3\,000 \text{ watts}}$$

$$\text{Total} = \underline{\underline{6\,800 \text{ watts}}}$$

Aplicando factores de demanda:

Primeros 3 000 watts al 100%.....	3 000
El resto (6 800 - 3 000) al 35%	
3 800 x 0.35.....	<u>1 330</u>
Total	4 330 watts

Ejemplo 4.9.- Calcular el tamaño requerido de servicio para una casa habitación que sólo alimentará alumbrado general y cargas para aparatos del hogar portátiles.

El área de la casa habitación es de 130 m² alimentada a 127 V. monofásicos.

Solución

Considerando para alumbrado general 20 watts/m² se tiene:

- 20 watts/m ² x 130 m ²	=	2 600 watts
- 2 circuitos de 1 500 watts para pequeños aparatos del hogar: 2 x 1 500	=	3 000 watts
- 1 circuito para el área del lavado 1 x 1 500	=	<u>1 500 watts</u>
Total		7 100 watts

Aplicando factores de demanda:

- Primeros 3 000 watts al 100%	3 000 watts
- El resto (7 100 - 3 000)=4 100 al 35% = 4 100 x 0.35	<u>1 435 watts</u>
Total	4 435 watts

Si se consideran circuitos de 15 amperes, para el alumbrado general, se requieren:

$$\text{No. circuitos} = \frac{2\,600 \text{ watts}}{127 \text{ V.} \times 15 \text{ A.}} = 1.365$$

Total: 2 Circuitos

El número total de circuitos es entonces:

- alumbrado general	2
- para alimentar aparatos del hogar portátiles	2
- para área de lavado	1
Total:	5

El servicio debe ser para $5 \times 15 \text{ A/circuito} = 75 \text{ A.}$, como para alumbrado general no se requieren exactamente 2 circuitos, entonces, se puede tomar un servicio de 60 A.

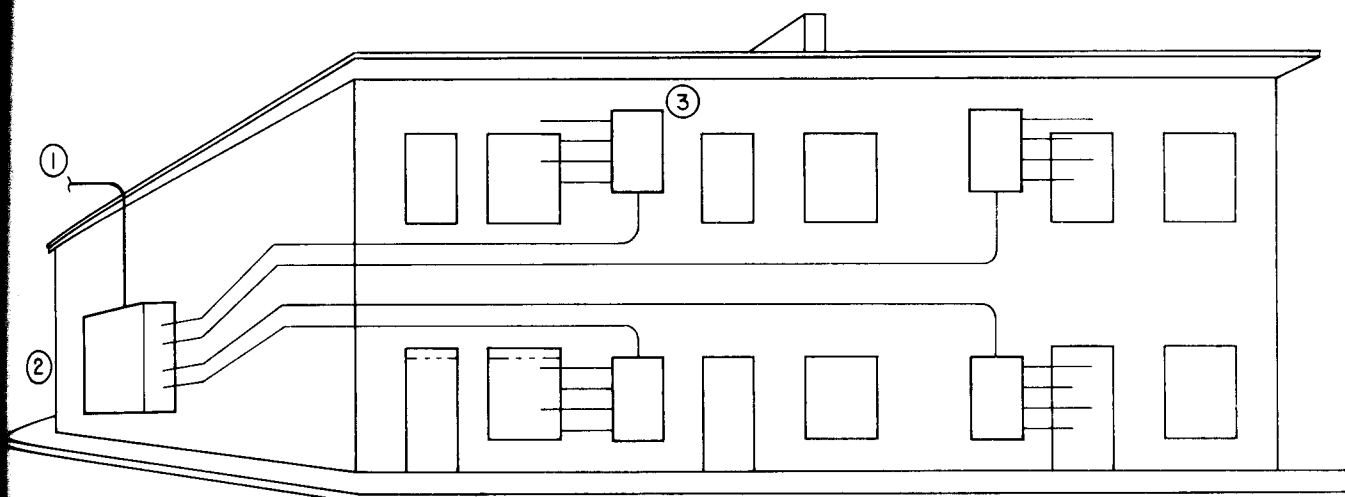
4.4. CALCULOS PARA EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS.

La alimentación de la carga en habitaciones de multifamiliares, no se calcula simplemente como la suma de las cargas individuales de cada departamento; esto debido a los factores de demanda que pueden ser requeridos, cuando se aplican ya sea el *método estándar* o el *opcional* para calcular la carga por alimentar o el valor del servicio a la carga.

Cuando se usa el método estándar para calcular el valor de la carga por servir, el valor total de la carga de alumbrado de los pequeños aparatos del hogar y la alimentación a lavadoras o cuartos de lavado; así como, la carga total de los equipos eléctricos fijos, secadoras de ropa, etc., están sujetas a la aplicación de factores de demanda.

Cuando se usa el método opcional de cálculo, entonces a **LA CARGA TOTAL CONECTADA**, se aplican factores de demanda que varían de acuerdo con el número de departamentos individuales de cada edificio de departamentos.

- ① SERVICIO DE ALIMENTACION. CADA DEPARTAMENTO DEBE TENER UN ALIMENTADOR PRINCIPAL Y CUANDO LAS CARGAS LO REQUIERAN: LAVADORAS, CALEFACCION ETC. SE ADICIONAN ALIMENTADORES.
- ② TABLERO PRINCIPAL DE SERVICIO: CONTIENE LOS MEDIDORES DE ENERGIA ELECTRICA Y LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION.
- ③ TABLEROS INDIVIDUALES PARA CADA DEPARTAMENTO CONTIENEN LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.



ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA INSTALACION ELECTRICA
EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES.

4.4.1 EL METODO ESTANDAR PARA EL CALCULO DE ALIMENTADORES

El método estándar de cálculo para alimentadores o servicio a las cargas, se puede usar para cualquier casa habitación, ya sea unifamiliar, dúplex o un edificio multifamiliar. Cuando se usa el método estándar para casas dúplex o para edificios multifamiliares, se calcula primero la carga conectada para el total de departamentos, entonces, se aplica cualquier factor de demanda. Este depende de:

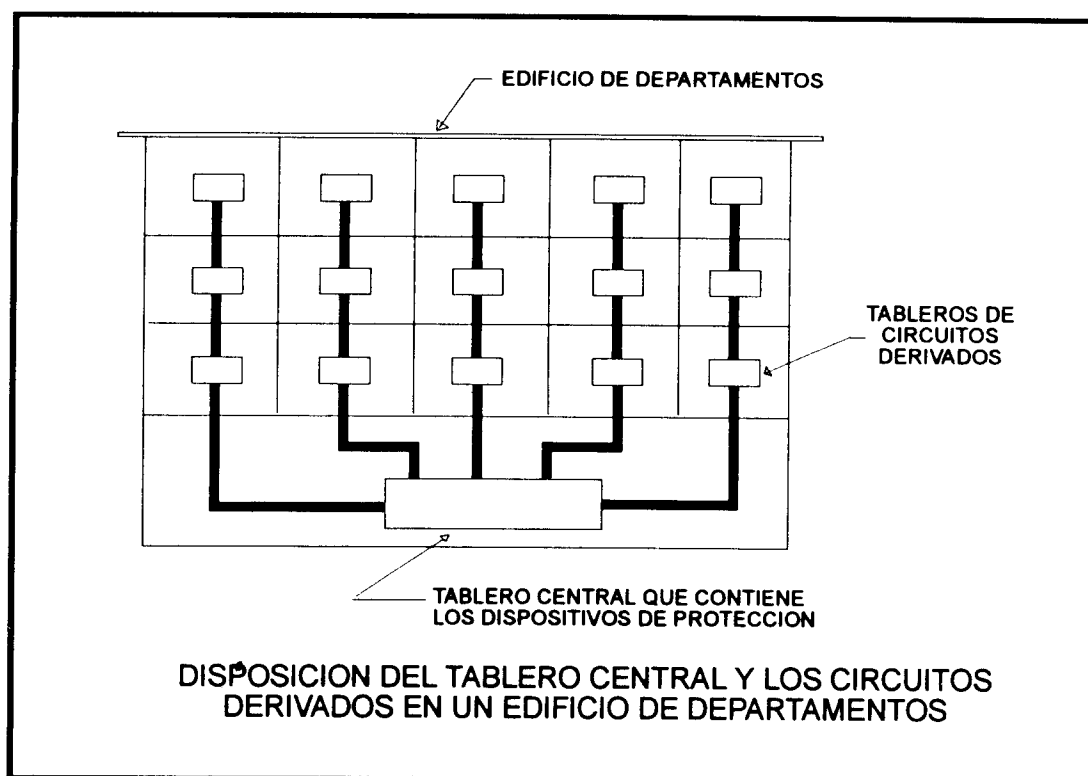
- El tamaño de la carga.
- El número de aparatos del hogar.

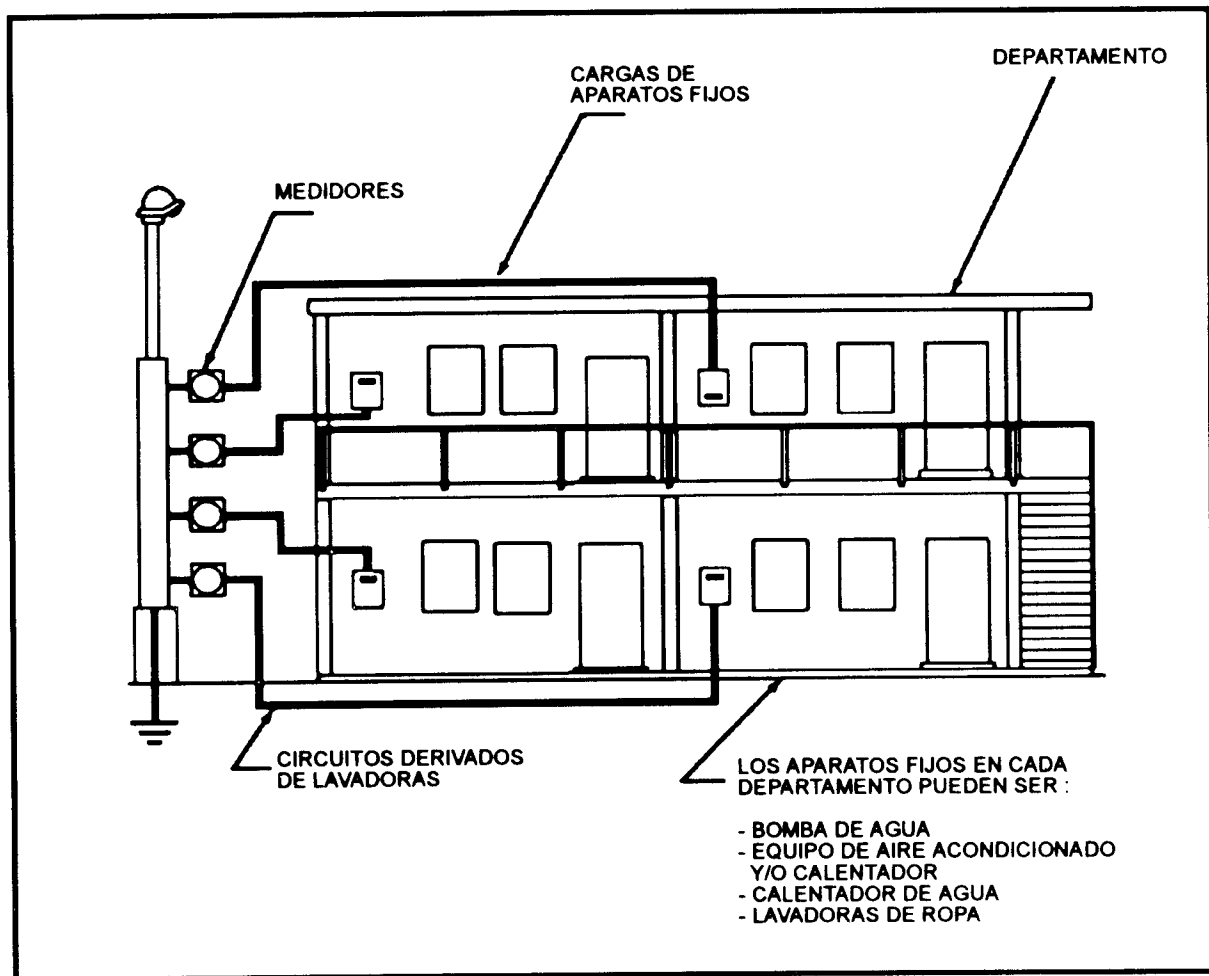
Pero, **NO DEPENDE** del número de departamentos.

La carga **TOTAL** para un departamento unitario que se encuentra localizado en un **CONDOMINIO O EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS**, se obtiene multiplicando el área total de los departamentos, expresada en metros cuadrados, por el valor de 20 watts/m². Los watts o VA de cada departamento se multiplican por el número total de departamentos.

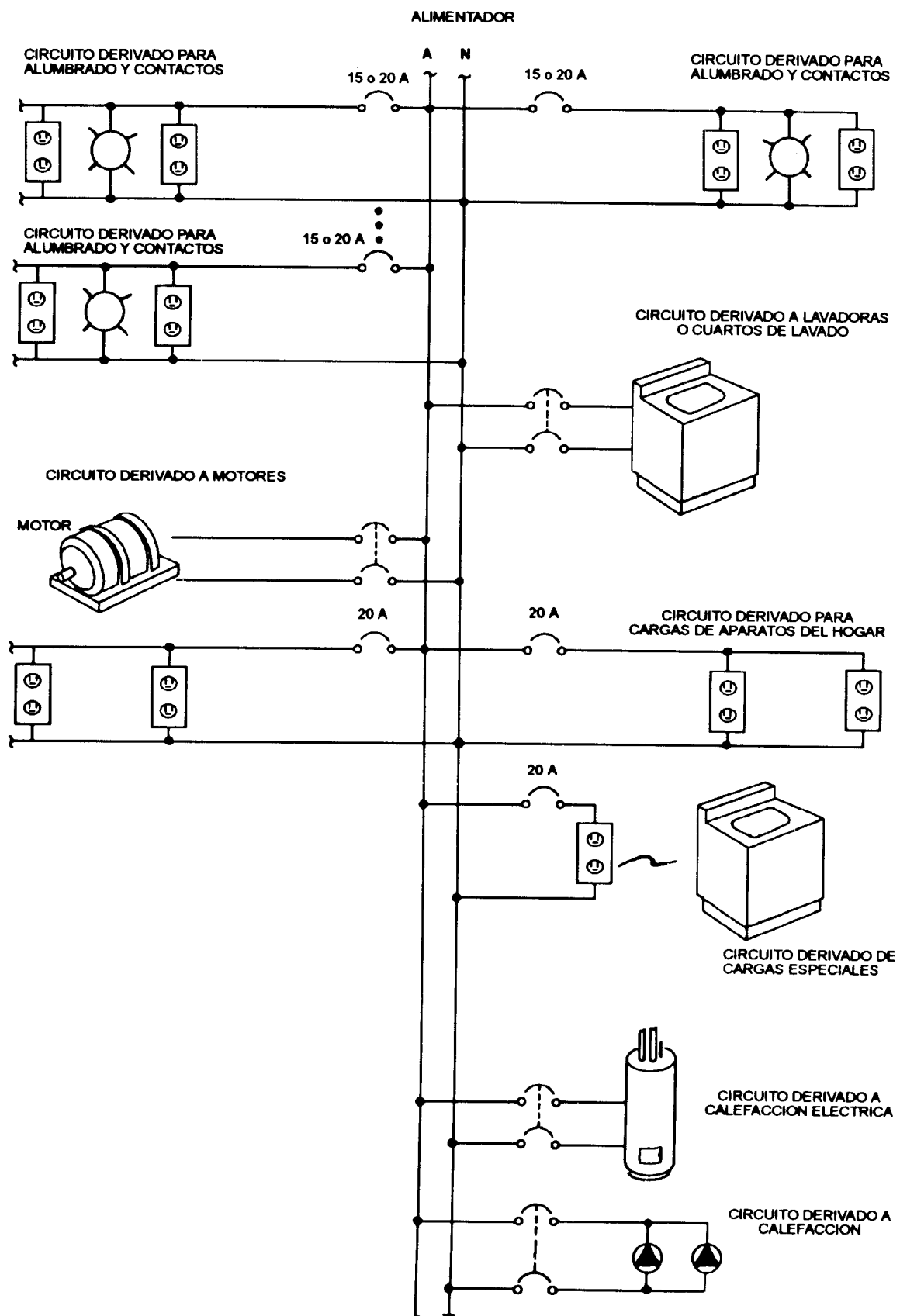
Los circuitos para pequeños aparatos del hogar se calculan a 1 500 watts ó VA y se multiplican por el número de departamentos. Recuérdese que por cada departamento se consideran dos circuitos derivados de (1 500 watts c/u), para conectar aparatos del hogar pequeños, y otro para el cuarto de lavado (Si lo hay) o para alimentar lavadora y planchado.

Para aparatos fijos, se toma su valor nominal (de placa) de potencia y se aplican los factores de demanda cuando esto es permitido. Estos valores se multiplican por el número total de departamentos.





CIRCUITOS DERIVADOS DE CARGAS FIJAS A DEPARTAMENTOS



CIRCUITOS DERIVADOS EN UNA CASA HABITACION

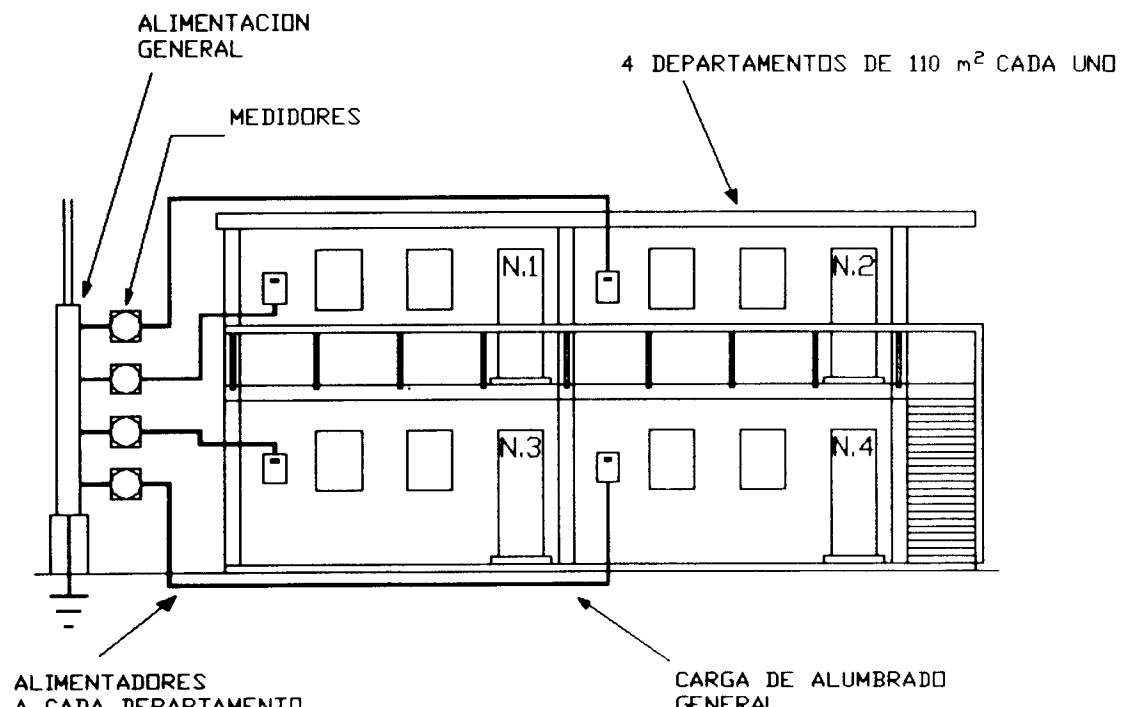
Las cargas para cada departamento individual se pueden dividir en tres grupos:

- 1- Cargas de alumbrado general.
- 2- Cargas de pequeños aparatos del hogar.
- 3- Cargas de aparatos del hogar especiales.

Se pueden considerar dos cargas adicionales:

- La mayor de la calefacción o del aire acondicionado (cuando hay).
- La carga del motor mayor (cuando hay, por ejemplo, para bombear agua a los tinacos en la parte superior de los edificios)

Ejemplo 4.10.- En la siguiente figura se muestra un pequeño edificio con 4 departamentos. Calcular la carga para el alumbrado general y contactos, si cada departamento tiene un área de 110 m^2



Solución

$$110 \text{ m}^2 \times 20 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2} \times 4 \text{ departamentos} = 8\,800 \text{ watts}$$

Cada departamento tendrá:

$$110 \text{ m}^2 \times 20 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2} = 2\,200 \text{ watts}$$

Si se consideran circuitos de 15 A. a 127 V., el número de circuitos por departamento es:

$$\text{No. circuitos / depto.} = \frac{\text{Carga / Depto.}}{15 \text{ A.} \times 127 \text{ V.}} = \frac{2\,200}{15 \times 127} = 1.154$$

Se consideran 2 circuitos de conductor THW del No. 12 AWG alojados en tubo conduit de 1/2 plg. (13 mm.).

Ejemplo 4.11.- En un edificio de departamentos se tienen: 5 departamentos de 80 m² cada uno, 5 departamentos de 90 m² cada uno y 5 departamentos de 110 m² cada uno. Calcular la carga total en watts para el edificio.

Solución

Considerando una carga de 20 watts/m² por departamento se tiene:

20 watts/m ² x 80 m ² x 5	=	8 000
20 watts/m ² x 90 m ² x 5	=	9 000
20 watts/m ² x 110 m ² x 5	=	<u>11 000</u>
Total:		28 000 watts

Ejemplo 4.12.- Calcular la carga demandada por el alumbrado general, los circuitos que alimentan a las cargas pequeñas de aparatos del hogar y los circuitos de lavado para cada departamento del ejemplo 4.10, aplicando los factores de demanda.

Solución

Suponiendo una carga de 20 watts/m² a cada departamento de 110 m² se tiene que la carga para el alumbrado general es:

20 watts/m ² x 110 m ² x 4	=	8 800 watts
2 circuitos para cargas pequeñas de aparatos del hogar		
2 x 1 500 x 4	=	12 000 watts
1 circuito de lavado		
1 x 1 500 x 4	=	<u>6 000 watts</u>
Total	=	26 800 watts

Aplicando factores de demanda

- Los primeros 3 000 watts al 100%	3 000 watts
- Los restantes al 35%	
(26 800 - 3 000) x 0.35	<u>8 330 watts</u>
Carga:	11 330 watts

Ejemplo 4.13.-Cuál es la demanda en la carga para 20 departamentos con 100 m² de superficie; cada departamento tiene 3 circuitos para alimentar a pequeños aparatos del hogar.

Solución

La carga general de alumbrado.

$$100 \text{ m}^2 \times 20 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2} \times 20 \text{ Departamentos} = 40\,000 \text{ VA.}$$

La carga de los circuitos que alimentan a los pequeños aparatos del hogar (1500 VA. por circuito).

$$1\,500 \text{ VA / circuito} \times 3 \text{ circuitos} \times 20 \text{ Departamentos} = 90\,000 \text{ VA}$$

Carga total: Alumbrado general	=	40 000 VA
Carga de aparatos del hogar	=	<u>90 000 VA</u>
Total	=	130 000 VA

Aplicando factores de demanda:

Primeros 3 000 VA al 100%	=	3 000 VA
El resto al 35% (130 000- 3 000)	=	<u>44 450 VA</u>
Total	=	47 450 VA

Ejemplo 4.14.- Usando el método opcional de cálculo, diseñar el servicio para un edificio de 50 departamentos que se alimenta a 220/127 volts. Cada departamento contiene lo siguiente:

- (a) 100 m² de área construida
- (b) 10 kW de aparatos fijos
- (c) 9.6 kW de equipo de calefacción a 220 V.
- (d) 5 kW de equipo de secado de ropa a 220 V.

- (e) 6 A. de un equipo de manejo de desecho
- (f) 12 A. de equipo de lavado de trastos
alimentando a 127 volts
200 watts adicionales de alumbrado externo.

Solución

Las cargas a considerar son las siguientes:

Alumbrado general.

$$20 \text{ watts} / \text{m}^2 \times 100 \text{ m}^2 \times 50 \text{ Departamentos} = 100\,000 \text{ watts.}$$

Circuitos de alimentación a cargas de pequeños aparatos
residenciales (2)

$$2 \text{ circuitos} \times 1\,500 \text{ VA} / \text{circuito} \times 50 \text{ Departamentos} = 150\,000 \text{ watts}$$

1 Circuito para lavado por cada departamento.

$$1 \text{ Circuito} \times 1\,500 \text{ VA/circuito} \times 50 \text{ departamentos} = 75\,000 \text{ VA}$$

$$\text{- Aparatos del hogar fijos} = 10 \text{ kW} \times 50 \text{ departamentos} = 500\,000 \text{ VA}$$

$$\text{- Secadoras de ropa} = 5 \text{ kW} \times 50 \text{ departamentos} = 250\,000 \text{ VA}$$

$$\begin{aligned} \text{- Equipo de manejo de} \\ \text{desechos} &= 6 \text{ A.} \times 127 \text{ V} \times 50 &= 38\,100 \text{ VA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Equipo de lavado de} \\ \text{platos (trastos)} &= 12 \text{ A.} \times 127 \text{ V} \times 50 &= 76\,200 \text{ VA} \end{aligned}$$

$$\text{- Equipo de calefacción} = 9.6 \times 50 = 480\,000 \text{ VA}$$

$$\begin{aligned}\text{CARGA TOTAL CONECTADA} &= 100\,000 + 150\,000 + 75\,000 + 500\,000 \\ &\quad + 250\,000 + 38\,100 + 76\,200 + 480\,000 \\ &= 1\,669\,300 \text{ VA}\end{aligned}$$

Aplicando el factor de demanda (al 26%)

$$1\,669\,300 \times 0.26 = 434\,018 \text{ VA}$$

El servicio general al edificio:

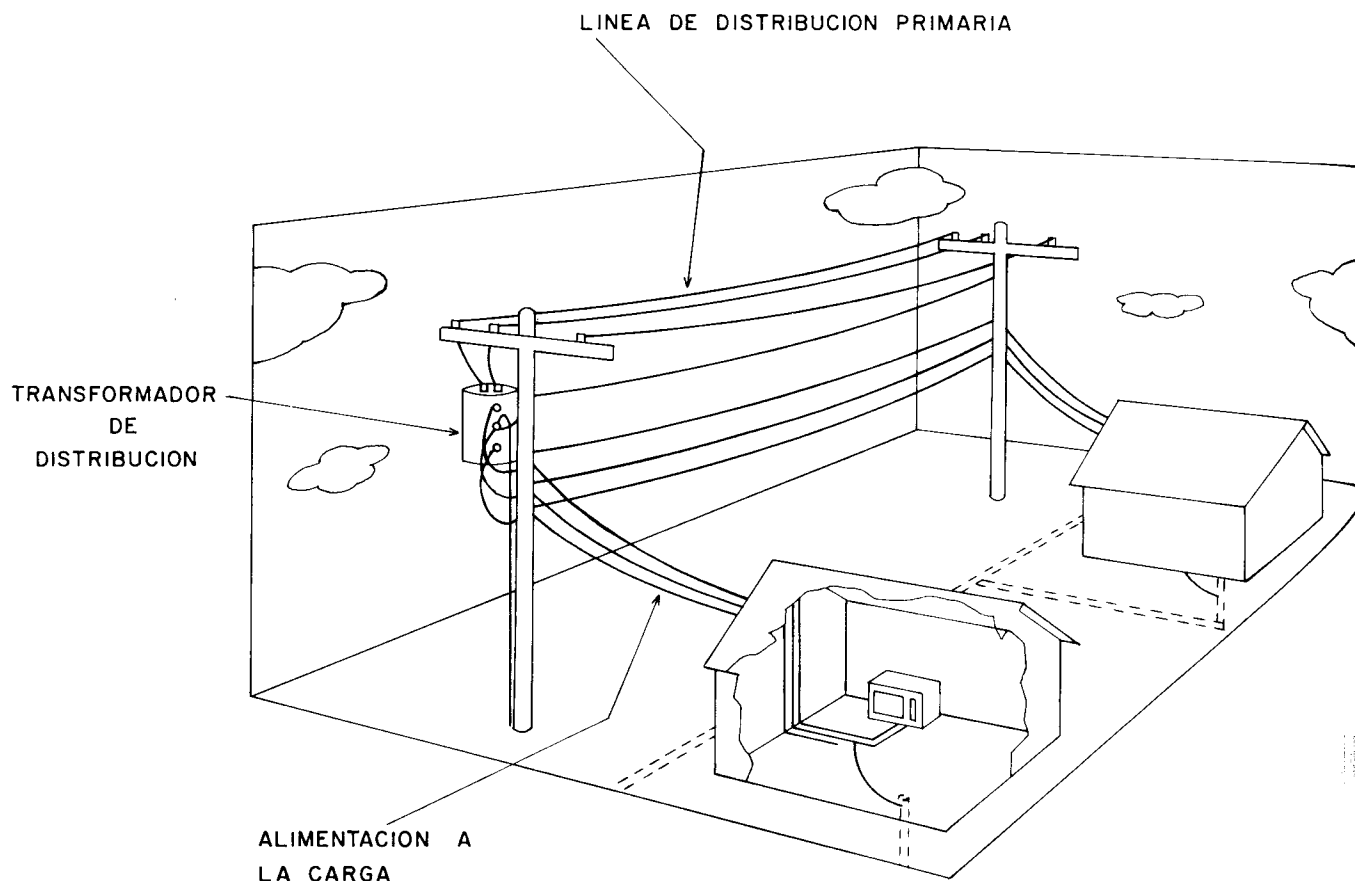
$$1.25 \times 10 \times 200 \text{ W.} = \underline{\underline{2\,500}}$$

$$\text{Servicio a la carga} = 436\,518 \text{ VA}$$

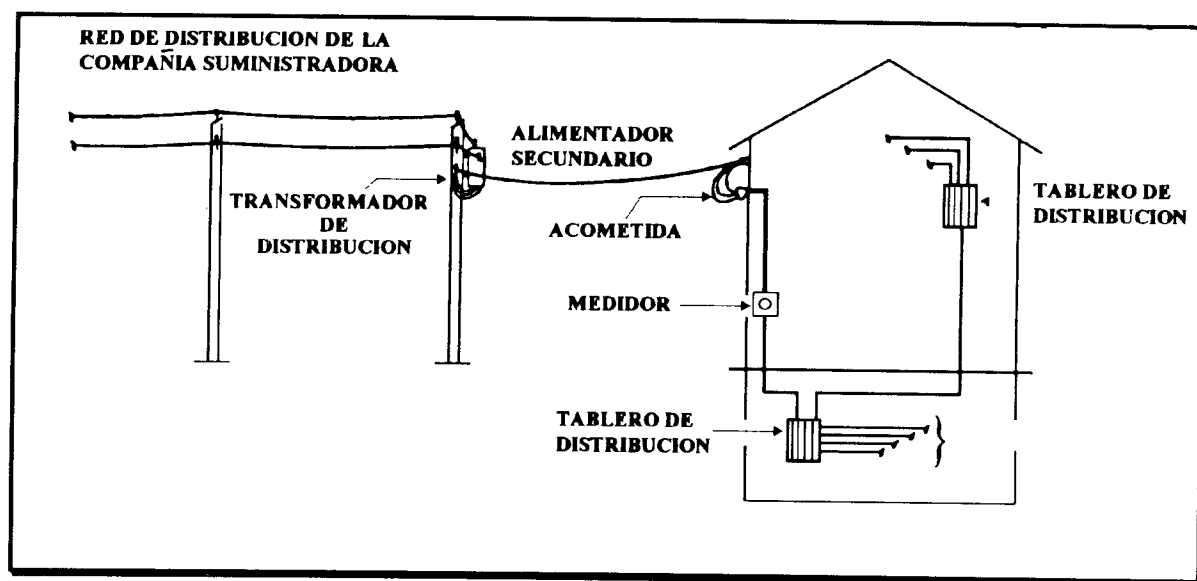
4.5 EL SERVICIO DE ENTRADA O ALIMENTACION.

El servicio, es el corazón del sistema eléctrico, ya que suministra potencia a todos los alimentadores y circuitos derivados. Por razones de seguridad de las personas, el equipo de servicio debe cumplir con un mínimo de distancias de seguridad. Los conductores sobre el suelo a techos deben tener alturas mínimas o bien cuando la alimentación es subterránea, se debe cumplir con una profundidad mínima para la protección de los propios conductores del servicio de alimentación. La protección y los desconectores del servicio de alimentación se deben tener, por norma, localizados en lugares convenientes.

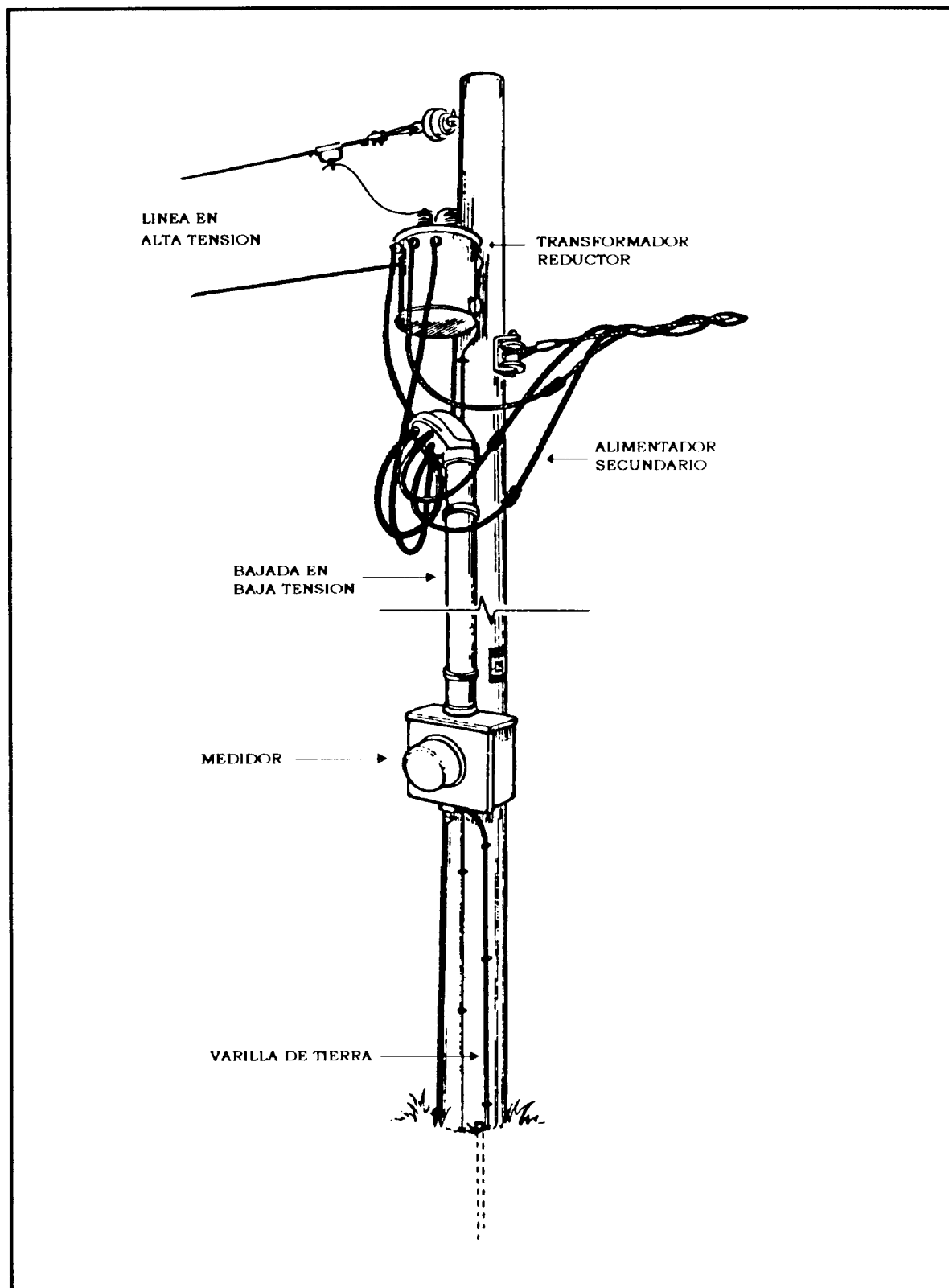
El principio de consideración para el cálculo de los servicios eléctricos de **ENTRADA O DE ALIMENTACION** se basa en el hecho de que cualquier construcción que contiene equipo o aparatos que utilizan electricidad, requiere de un **SERVICIO ELECTRICO**.



LA ETAPA DE DISTRIBUCION Y ALIMENTACION
A LAS CARGAS RESIDENCIALES



ALIMENTACION EN BAJA TENSION A UNA CASA HABITACION



DETALLE DE ALIMENTACION SECUNDARIA
A CARGAS RESIDENCIALES

El servicio eléctrico de entrada hace de hecho posible que pase la energía eléctrica de las líneas de alimentación de la compañía suministradora a los puntos de uso dentro de la construcción. La parte correspondiente a la red de distribución de la compañía suministradora tiene dos partes: una en alta tensión, que llega por lo general a un poste (en el caso de las redes aéreas) y de aquí mediante un transformador pasa a baja tensión, que es la forma, en como se alimenta a las casas habitación unifamiliares o los edificios multifamiliares.

En estos últimos, dependiendo de su tamaño (medido como carga) pueden ser alimentados en alta tensión (más de 1 000 V.) y usar su propio transformador para obtener los voltajes de uso requeridos.

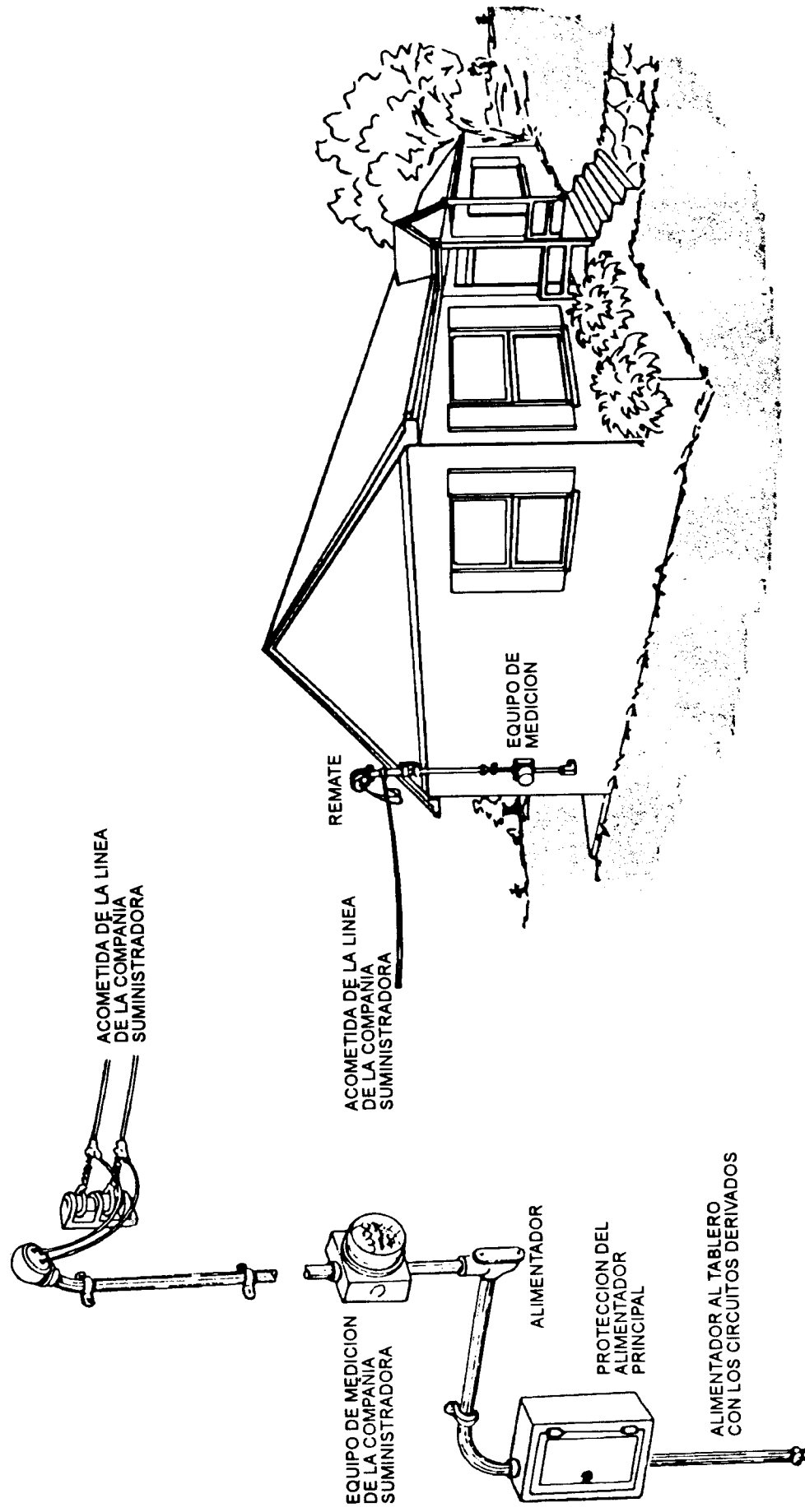
Las secciones básicas que constituyen un servicio de alimentación eléctrica son:

- **La acometida del servicio**

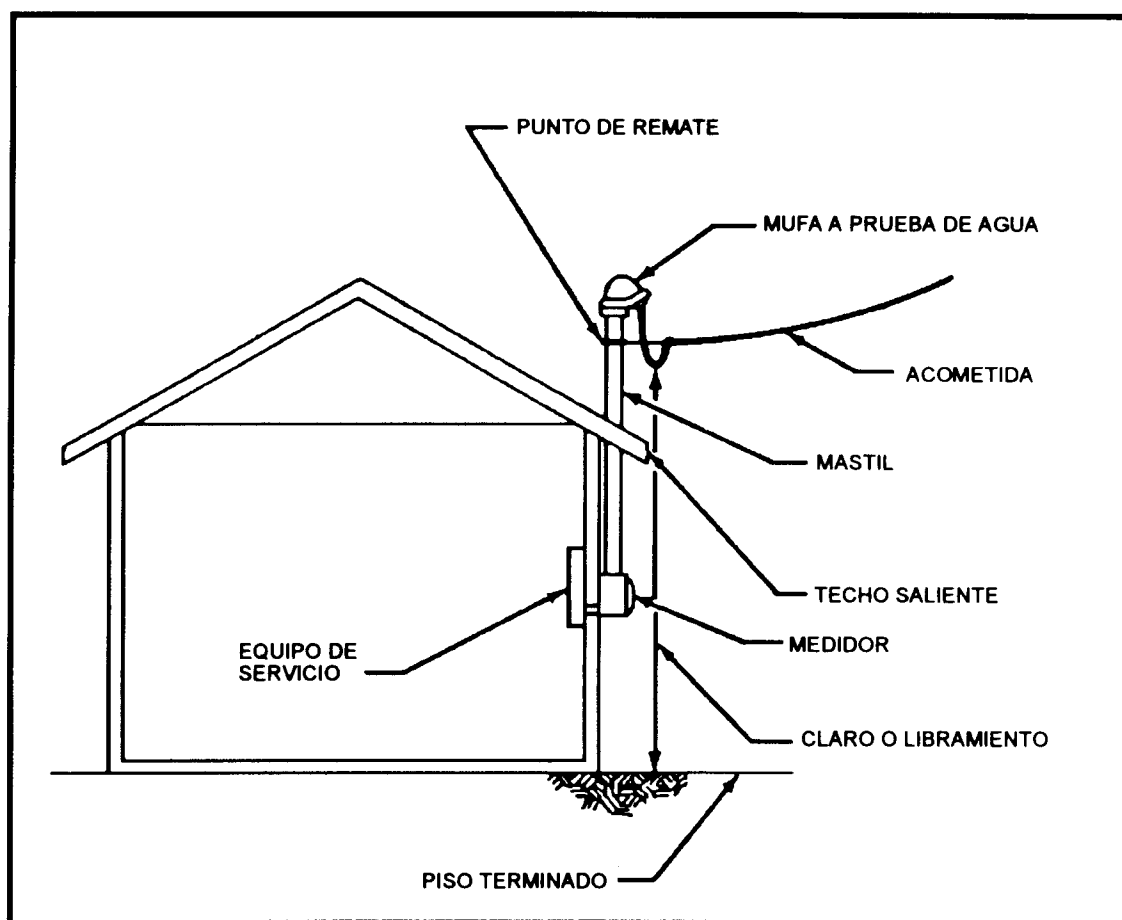
Los conductores eléctricos a través de los cuales el servicio se proporciona y que va desde el último poste de la compañía suministradora y el punto de conexión localizado en la casa habitación o edificio. El conductor de la acometida, no debe ser menor del No. 8 AWG ó 12 AWG para cargas limitadas.

- **El servicio de entrada**

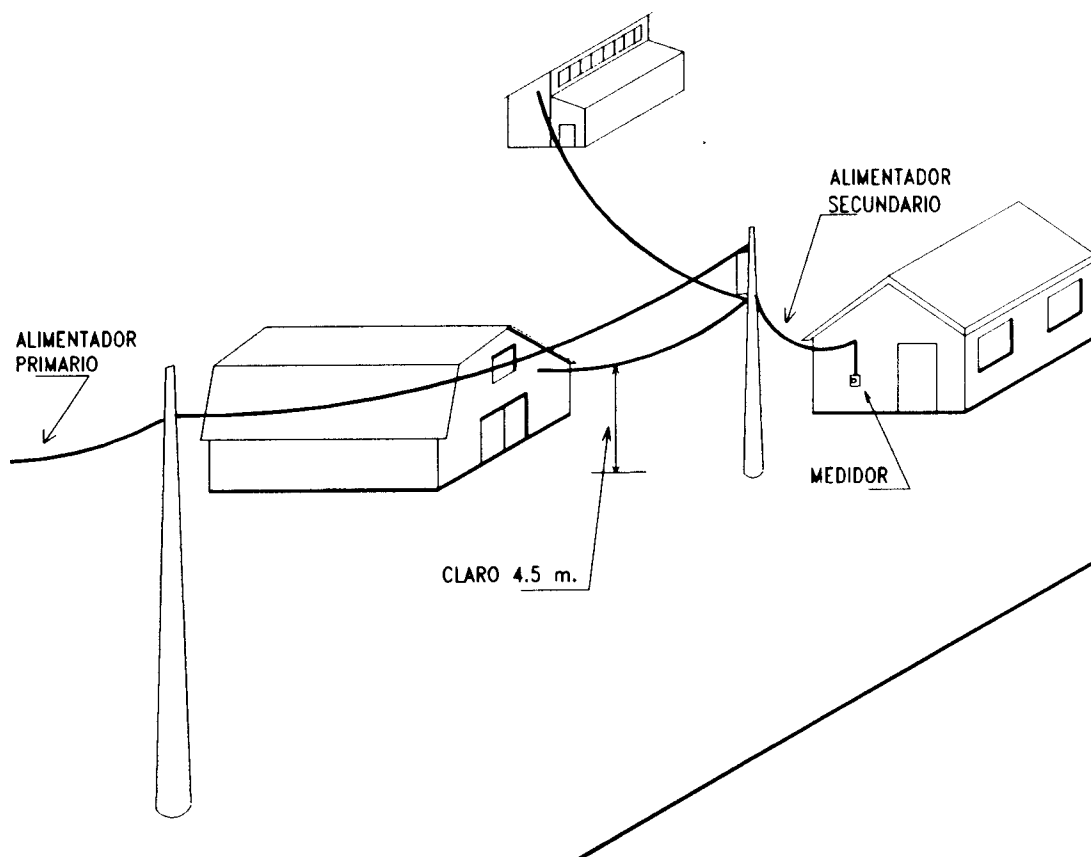
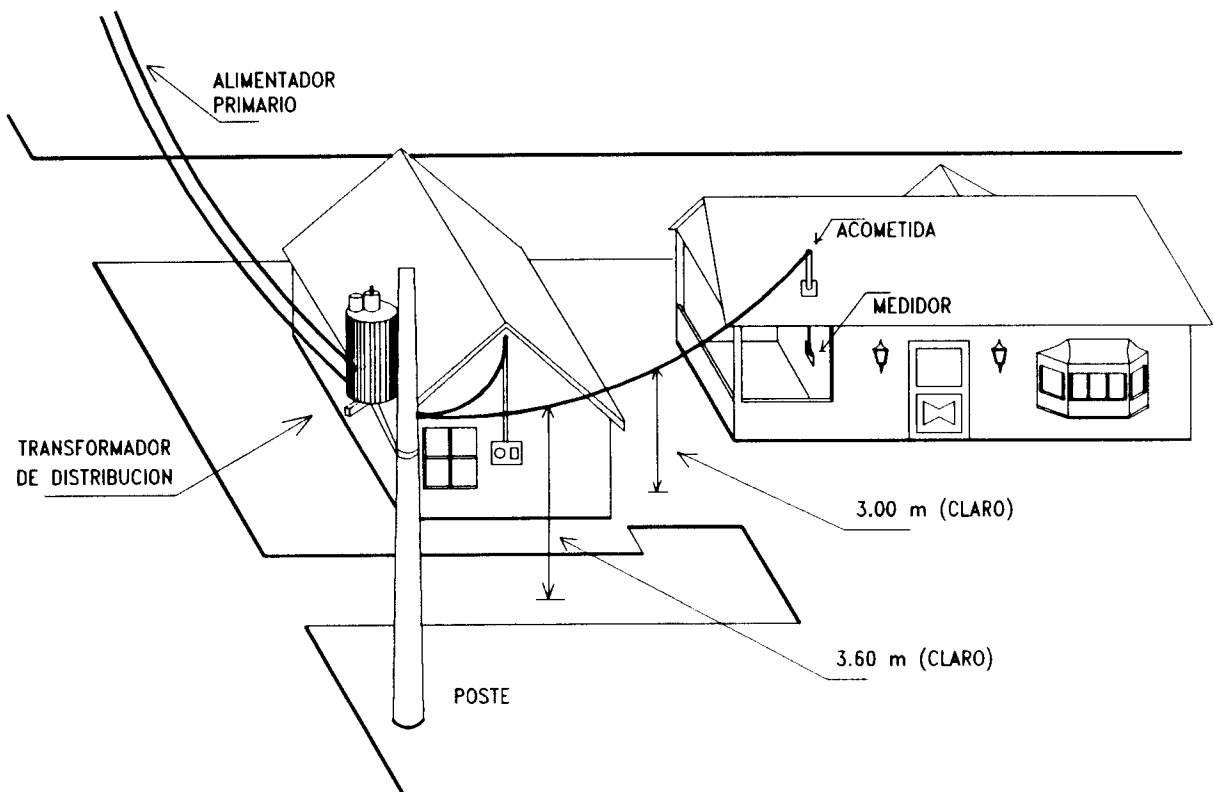
Son todas las componentes entre el punto de terminación de la acometida aérea o subterránea incluyendo el medidor de la compañía suministradora.



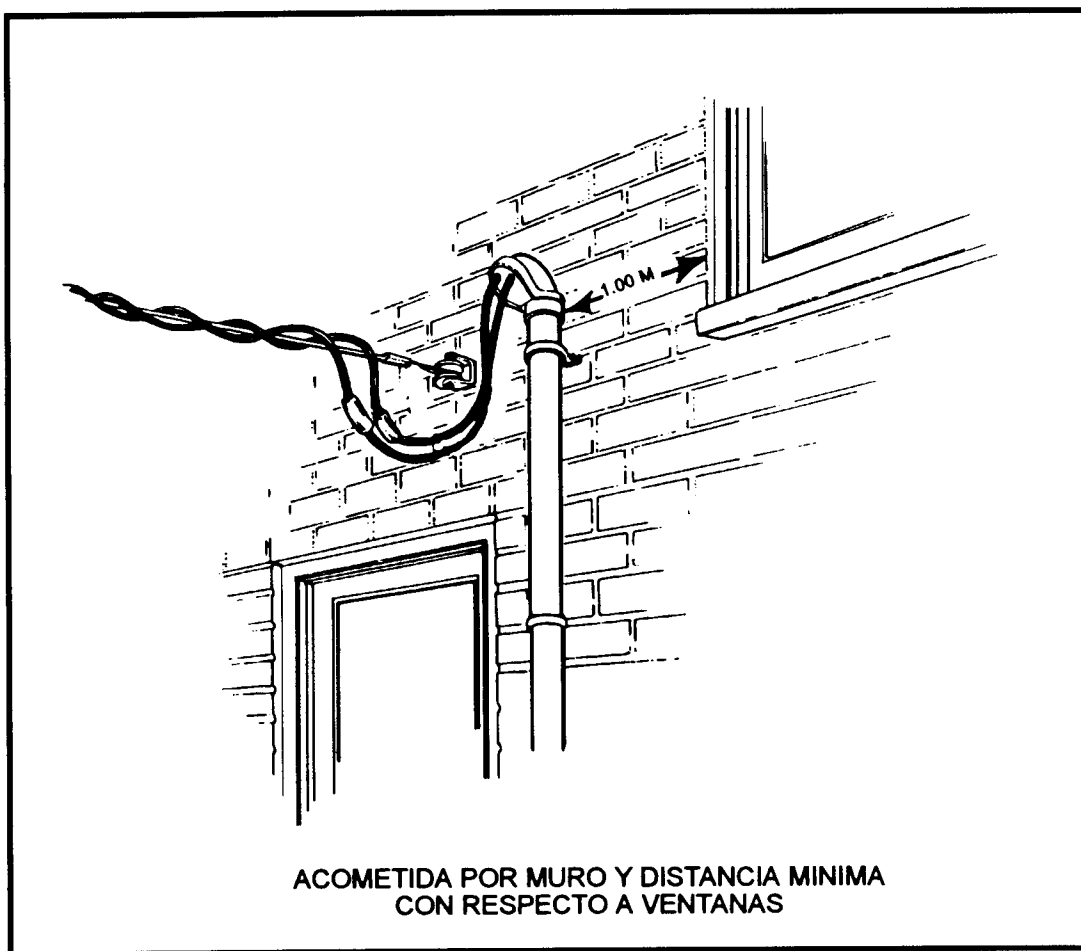
ELEMENTOS DEL SERVICIO DE ALIMENTACION
A UNA RESIDENCIA UNIFAMILIAR

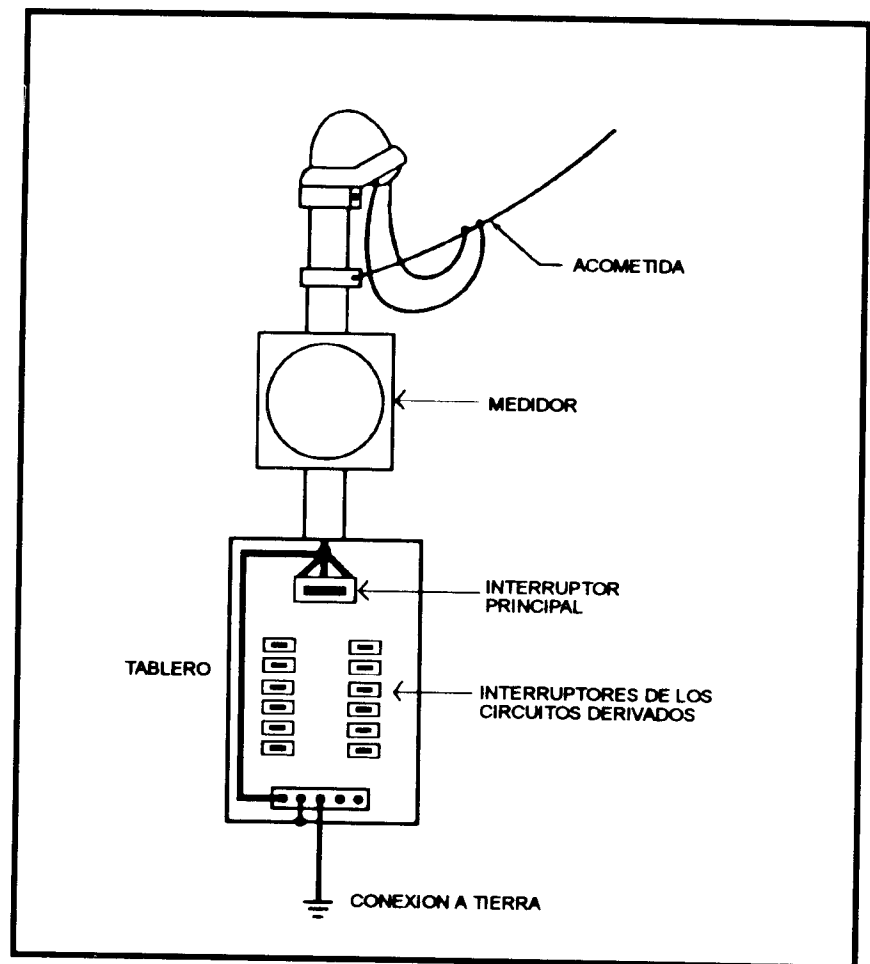


ELEMENTOS DEL SERVICIO DE ALIMENTACION A
CASAS HABITACION UNIFAMILIARES

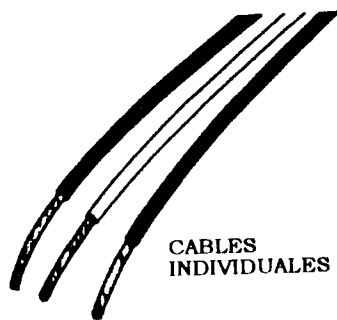


SISTEMA DE DISTRIBUCION AEREA Y CLAROS O LIBRAMIENTOS MINIMOS RECOMENDADOS



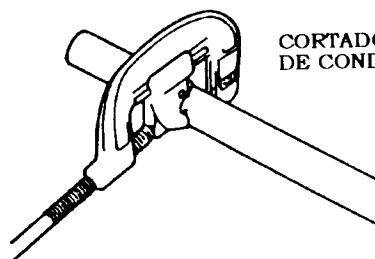
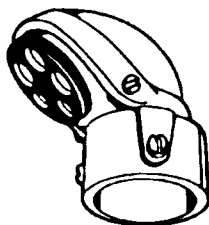


LA ALIMENTACION A LOS ELEMENTOS DE
TABLERO PRINCIPAL DE UNA CASA HABITACION

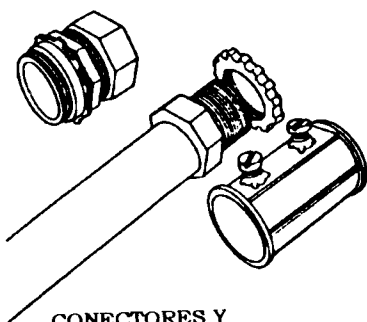


CABLES
INDIVIDUALES

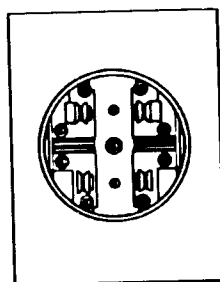
CABEZA DE ENTRADA
O ACOMETIDA



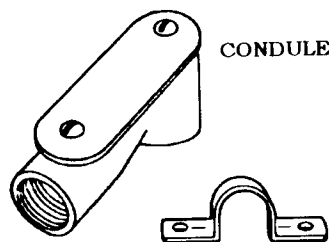
CORTADOR
DE CONDUIT



CONECTORES Y
COPLES DE CONDUITS



BASE DE MEDIDOR



CONDULET

MATERIALES REQUERIDOS PARA ENTRADA DE SERVICIOS

- **Punto de remate**

Por norma debe haber un punto de remate en la instalación, para la acometida de la compañía suministradora. Este punto de remate en el caso de las casas habitación no debe estar a una altura inferior a 3.00 m. sobre el nivel del suelo acabado.

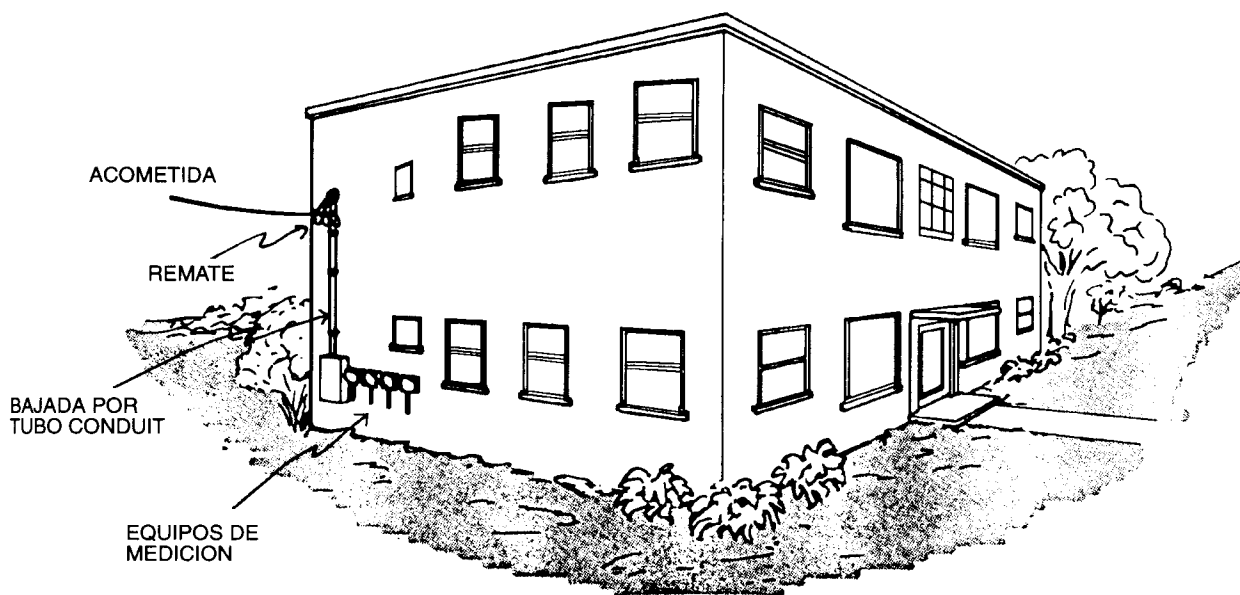
El remate se debe hacer en principio en un mástil o soporte expreso para ello y que puede estar soportado del muro o del techo de la instalación.

- **Protección contra sobrecorriente**

Para proteger a los conductores de entrada a la instalación contra sobrecargas o cortocircuito, se debe proporcionar una protección contra sobrecorriente que puede ser a base de fusibles o bien con interruptor termomagnético.

4.5.1. EL SERVICIO DE ENTRADA A EDIFICIOS MULTIFAMILIARES.

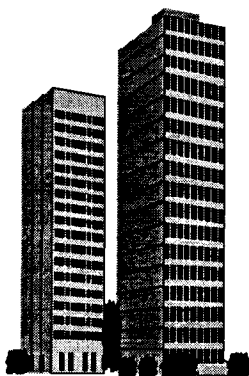
Estos edificios al tener más de un departamento, tienen permitido más de un servicio, de manera que exista al menos uno por departamento y adicionalmente, tantos como sean necesarios para los servicios generales, como: el alumbrado general, la alimentación a bombas de agua, elevadores, etc. En este caso se requiere que exista un lugar en el que se encuentren concentrados los servicios y al que llegue la acometida aérea o subterránea, procurando acceso seguro a los dispositivos de protección contra sobrecorriente y cableado a los circuitos alimentadores.



VISTA DE LA ACOMETIDA Y REMATE PARA LOS SERVICIOS
A UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

CAPITULO 5

CALCULOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES



ESTE CAPITULO ESTA BASADO EN LAS SIGUIENTES SECCIONES DE LAS NORMAS TECNICAS
PARA INSTALACIONES ELECTRICAS (NOM-EM-001-SEMP-1993)

201, 202, 203, 204, 205, 206, 403, 404, 405

CAPITULO 5

CALCULOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES

5.1 INTRODUCCION

En este capítulo se ilustra la metodología básica para el diseño de instalaciones eléctricas industriales y comerciales, considerando además los factores más importantes en la planeación del proceso e incluyendo los aspectos de coordinación con los sistemas mecánicos de plomería y arquitectónicos.

El estudio se inicia con el diseño del sistema de potencia a partir de los datos de carga de los circuitos derivados y alimentadores, así como, los centros de carga.

El producto final del proceso de diseño es un conjunto de planos y especificaciones, junto con las memorias de cálculo que cubren toda la información necesaria para el contratista.

5.1.1. PLANEACION DEL SISTEMA.

Durante el proceso de diseño se deben tomar en consideración numerosos factores que pueden tener impacto sobre el sistema eléctrico.

En primer lugar, se debe recordar que cada proyecto es distinto y posee características únicas, sin embargo existen muchas otras, que son de tipo universal. Algunos de los factores que se deben tomar en consideración, son los siguientes:

5.1.1.1. CONSIDERACIONES ARQUITECTONICAS.

Durante la fase inicial de un proyecto, el diseño arquitectónico de un edificio industrial, comercial o residencial, contempla planos preliminares de las plantas de cada piso; así como, de secciones transversales del edificio. Es durante esta fase inicial en donde el encargado del proyecto eléctrico se debe coordinar con los del diseño arquitectónico, a fin de establecer los requerimientos de espacios necesarios para el equipo eléctrico. Por ejemplo, el no considerar espacios suficientes para tableros, interruptores, centros de carga, centros de control en motores, trayectorias de ductos, charolas, tubos conduit, etc., puede conducir a cambios costosos en el proyecto o la localización indebida del equipo.

El tipo de iluminación requerido y la orientación de las salidas para las luminarias, constituyen un aspecto relevante para el diseño arquitectónico.

5.1.1.2. COORDINACION MECANICA Y DE PLOMERIA.

En las instalaciones industriales y en las comerciales, con frecuencia existen equipos mecánicos que tienen consumos importantes de energía eléctrica y que deben ser considerados desde el inicio de la fase de un proyecto para hacer una estimación de la carga, así como, la disposición del equipo (Lay out) y los sistemas de distribución; adicionalmente, se prepara el diseño preliminar de iluminación indicando las salidas para las luminarias.

Lo relativo a la plomería se refiere principalmente a las trayectorias de la tubería y los requerimientos de potencia para alimentar bombas de agua, etc.

5.1.1.3. REQUERIMIENTOS DEL PROPIETARIO.

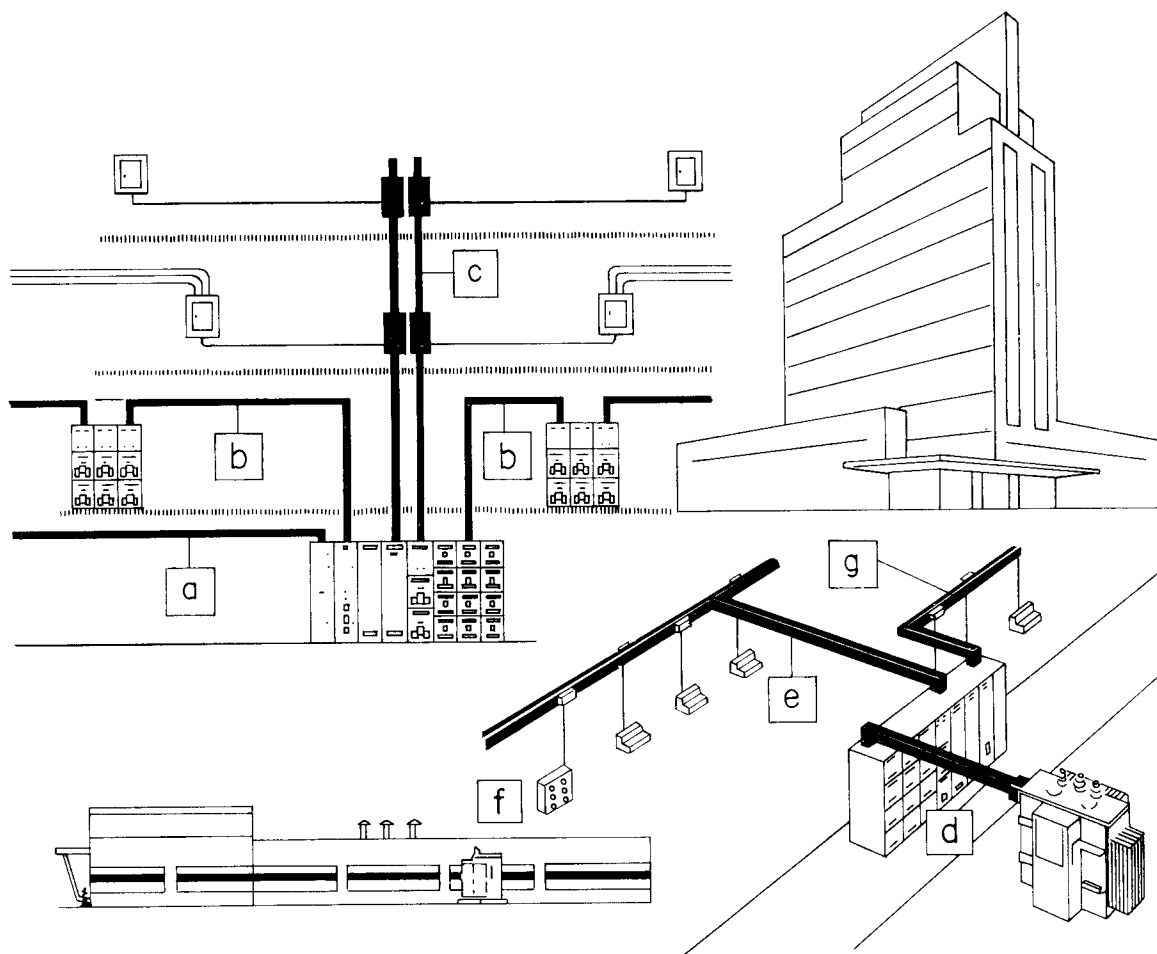
En la mayoría de los diseños de instalaciones eléctricas el proyectista o diseñador tiene la libertad de ubicar y distribuir el equipo eléctrico, de acuerdo con la conveniencia del proyecto mismo y las disposiciones de las normas o reglamentos. Sin embargo, existen casos en que el propietario solicita algunos cambios o incluir cargas que deben ser analizadas para ser consideradas en los planos, por ejemplo, cargas para computadoras personales, copiadoras, etc.

5.1.1.4. COORDINACION CON LA EMPRESA ELECTRICA SUMINISTRADORA Y LA COMPAÑIA DE TELEFONOS.

Con frecuencia se olvida, la coordinación con la empresa suministradora de energía eléctrica y con la compañía de teléfonos. Recuerde que las instalaciones industriales requieren, por lo general, una alimentación en alta tensión por parte de la compañía suministradora, y también de importantes servicios telefónicos.

Esto hace necesario, una estrecha coordinación con estas compañías; para lo cual, se debe establecer contacto desde la fase inicial del proyecto.

La compañía suministradora, de acuerdo a la información que se le proporcione, puede requerir modificaciones, tales como: incrementar el tamaño de la subestación que alimenta a la industria, hacer extensiones de las líneas aéreas o subterráneas que alimentarán al servicio y en algunas ocasiones, ordenar transformadores especiales para la subestación. La compañía suministradora requiere conocer con suficiente anticipación un estimado del valor de la carga a la que dará servicio, a fin de hacer los preparativos necesarios.



a- DUCTOS DE TABLEROS DE CARGA (PRIMARIOS)

b- DUCTOS A TABLEROS SECUNDARIOS

c- DUCTOS ELEVADORES

d- TABLERO DE FUERZA

e- SALIDA A ALIMENTADORES

f- TABLERO DE CONTROL

g- DUCTOS PARA CIRCUITOS DERIVADOS

ELEMENTOS DE UNA INSTALACION EN EDIFICIOS COMERCIALES.

La compañía telefónica puede requerir hacer provisiones para líneas adicionales al área y estimar el tiempo que consumirá el proyecto.

5.2. LOS CONCEPTOS DE DISEÑO DEL SISTEMA.

En esta parte, se introducirán los conceptos básicos relacionados con la planeación y el diseño de los sistemas eléctricos industriales y comerciales. Se inicia con la discusión de algunos factores que deben ser considerados en la planeación de la distribución de los sistemas, incluyendo: la localización de tableros y centros de carga. A continuación, se hará una revisión de los conceptos básicos del proyecto que han sido estudiados previamente. En este Capítulo se dará un enfoque metodológico, mediante el cual, se diseñan los circuitos para varios servicios de la construcción eléctrica, tales como, salidas de alumbrado, alimentación a contactos y a equipo mecánico.

Adicionalmente se incorporan los criterios para la selección de los dispositivos de protección, de los tableros, etc.

5.2.1. LA PLANEACION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION.

El diseño del sistema eléctrico para un edificio comercial o industrial, se inicia con la recopilación de la información de los datos de las cargas. El estudio de cargas, incluye el conocimiento de todos los conceptos del equipo eléctrico, tales como el alumbrado, los contactos, la alimentación a equipos especiales, como: aire acondicionado, calefacción, etc. En muchos casos las cargas mecánicas o un estimado de ellas están disponibles al inicio del proyecto.

En su caso el cliente podrá dar una idea global de las cargas importantes, ya que, en lo que se refiere al alumbrado y contactos se maneja en forma directa por el diseñador en base a los valores normalizados de densidad de carga. Los datos de las cargas conjuntados se pueden emplear para preparar un diagrama preliminar del sistema eléctrico, identificando las cargas más importantes; así como, la localización potencial de tableros y centros de carga.

La información de las cargas preliminares estimadas, se pueden también utilizar por la empresa que se encarga de suministrar la energía para iniciar la planeación.

El proceso de planeación se inicia con una revisión de los planos arquitectónicos, con los cuales, se asocian los datos de las cargas.

Uno de los puntos a considerar, es recordar que los tableros, interruptores y centros de carga deben estar tan cerca de la carga, como sea posible.

Esta proximidad permite reducir la longitud de los circuitos derivados y de los alimentadores, con lo que se reduce también su costo. La localización de los tableros cerca de las cargas, permite adicionalmente, desconectar éstas con mayor facilidad en caso de emergencia.

Se debe identificar el espacio potencial para el equipo eléctrico, es necesario evaluar también por anticipado el tamaño de los paneles o tableros de distribución, centros de carga, centros de control de motores, y en general, equipo que ocupe espacio; para lo cual, se debe hacer un dibujo preliminar a escala basado en las dimensiones reales del equipo, respetando las distancias de seguridad indicadas en la NTI (o en el NEC en su caso) en forma cuidadosa.

Algunos otros factores a considerar, se relacionan con la práctica usada con tuberías y equipos para otras aplicaciones. Hace algunos años era común localizar equipo mecánico, de plomería y telefónico dentro del mismo espacio. Esta práctica producía algunos problemas, ya que una ruptura en las tuberías de agua, frecuentemente inundaba al equipo eléctrico causando daños y en algunas ocasiones cortos circuitos y hasta incendios. En la actualidad esto ya no es común, sin embargo, debe quedar muy claro que el equipo eléctrico debe estar localizado en zonas fuera de riesgo, para seguridad del equipo y del personal que tiene acceso al mismo.

5.2.2. LA METODOLOGIA DE DISEÑO.

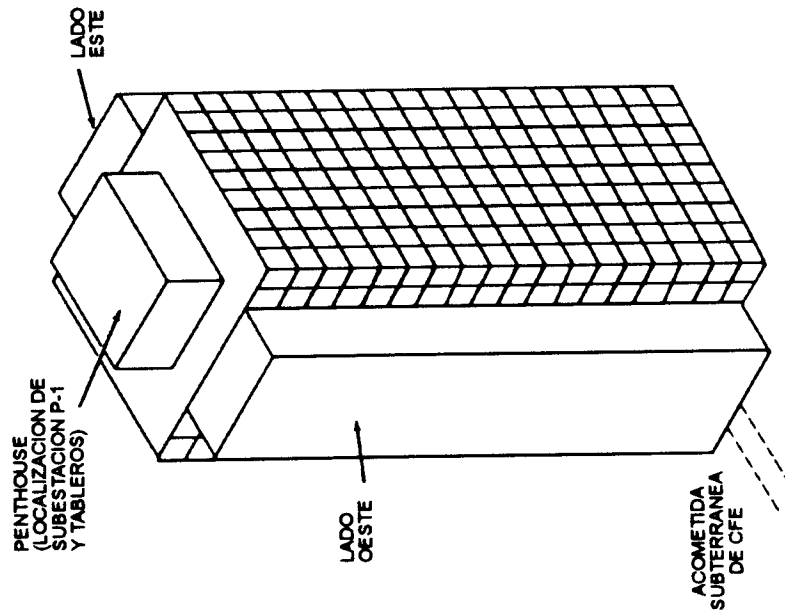
En los Capítulos 2 y 3, se han estudiado las técnicas específicas para el cálculo de circuitos derivados y alimentadores en distintos tipos de instalaciones eléctricas. Antes de estudiar aplicaciones específicas, se hará un resumen del procedimiento general.

El diseño de los sistemas comienza con la localización e identificación de todos los equipos que se conectarán al sistema eléctrico de potencia. Se localizan los tableros y se diseñan los circuitos para alimentar varias cargas. El agregado de todas las cargas conectadas a un tablero o centro de cargas, determina el tamaño apropiado en amperes del tablero o panel. Las cargas de los distintos tableros a su vez, se consideran para elegir el tamaño del tablero principal de distribución. Estos tableros o paneles principales asociados con las cargas fundamentales, determinan la capacidad apropiada.

Se debe considerar también, que algunos tipos de carga, no operan en forma simultánea, lo que significa que no todos los circuitos o contactos serán operados a plena carga simultáneamente. Aun cuando

se pueden diseñar sistemas, suponiendo que sus cargas operarán a la vez; esto no es realista desde un punto de vista de los costos.

El propósito del proceso de diseño del sistema, es proporcionar la capacidad necesaria para satisfacer las necesidades bajo las condiciones de demanda máxima de la carga. La forma general en cómo los circuitos de una instalación eléctrica se diseñan para alimentar a las cargas individuales y cómo se deben combinar para seleccionar los dispositivos de sobrecorriente en forma correcta; así como las capacidades de tableros y centros de carga.



INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS

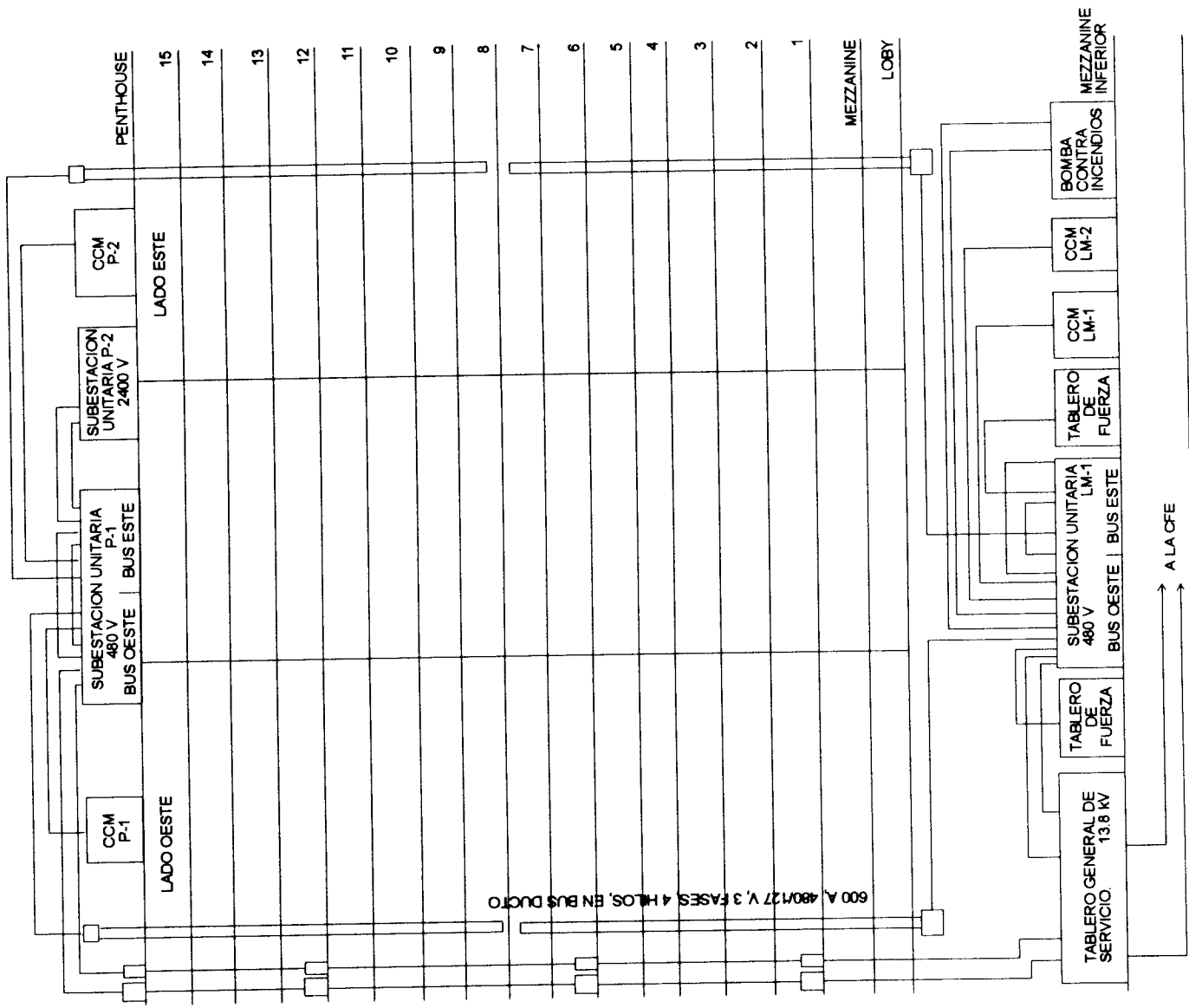
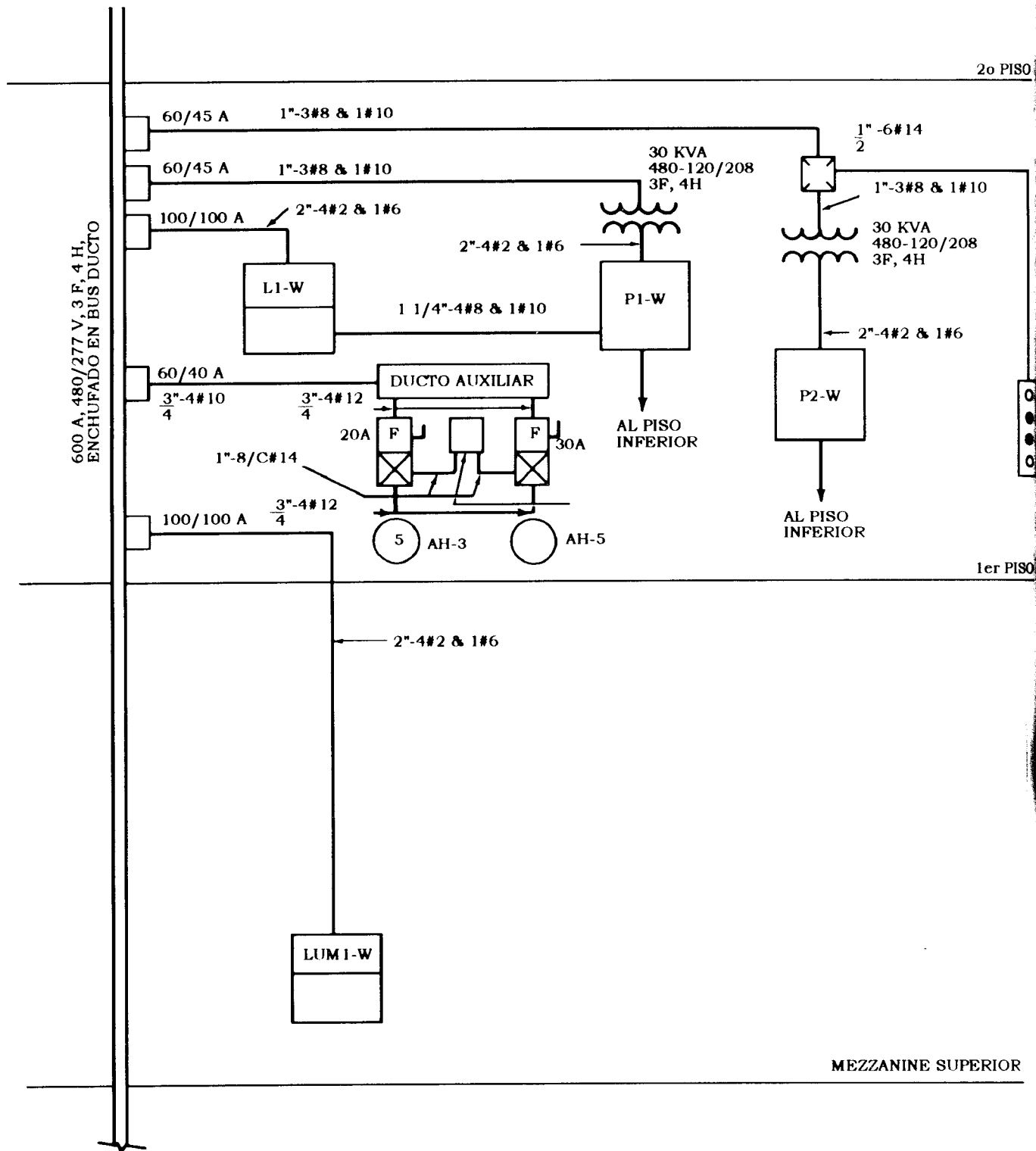
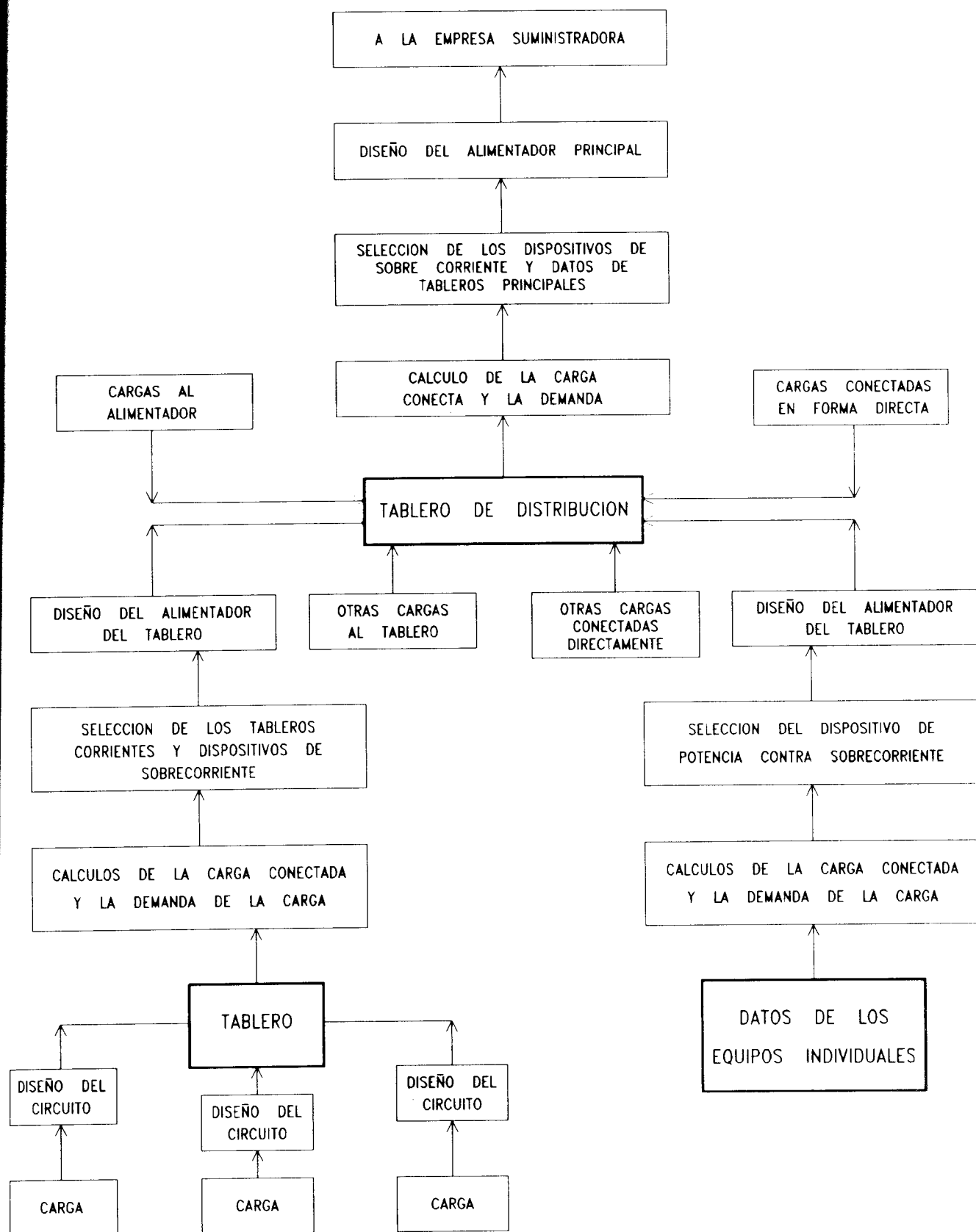


DIAGRAMA TIPICO DE ELEVACION DE LA INSTALACION ELECTRICA DE UN EDIFICIO



EJEMPLO DE DIAGRAMA DE ELEVACION PARA UN EDIFICIO DE OFICINAS



PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE CIRCUITOS DERIVADOS, ALIMENTADORES Y SERVICIO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES Y COMERCIALES

Los circuitos derivados pueden ser monofásicos o trifásicos, dependiendo del tamaño y naturaleza de la carga. El resumen de los cálculos en los Capítulos 2 y 3, se muestra a continuación.

5.2.2.1. CIRCUITOS DERIVADOS QUE NO ALIMENTAN MOTORES.

En los circuitos derivados que sirven a cargas, que no son motores, primero se debe determinar los requerimientos de corriente de la carga y entonces se selecciona el interruptor o fusible apropiado.

Recuérdese que los interruptores en caja moldeada, no pueden llevar el 100% de su capacidad en forma continua, así que se limita la corriente al 80% de la capacidad del interruptor. El dispositivo de sobrecorriente se selecciona entonces, como:

$$I_{SC} = 1.25 \times I_N$$

(se selecciona el valor estándar inmediato superior)

Donde:

I_{SC} = corriente del dispositivo de sobrecorriente

I_N = corriente nominal

El calibre del conductor se selecciona entonces, de acuerdo al procedimiento descrito en los capítulos anteriores.

Ejemplo 5.1.- Un circuito a 127 volts alimenta a una carga de 1 580 VA. Calcular el tamaño del dispositivo de protección y el calibre de los conductores.

Solución

La corriente nominal que demanda, es:

$$I_N = \frac{VA}{V} = \frac{1\ 580}{127} = 12.44\text{ A.}$$

El dispositivo de protección contra sobrecorriente, es:

$$I_{SC} = 1.25 \times I_N = 1.25 \times 12.44 = 15.55\text{ A.}$$

Se usa un dispositivo de tamaño estándar de 20 A.

El calibre del conductor tipo THW para 20 A. es el No. 12 AWG en tubo conduit de 1/2 plg. (Ver Tabla 1.6).

Ejemplo 5.2.- Una carga alimentada a 220 V. demanda 37 amperes. Calcular la capacidad del interruptor y el tamaño de los conductores.

Solución

La capacidad del interruptor:

$$I_{SC} = 1.25 \times I_N = 1.25 \times 37 = 46.25\text{ A.}$$

Se selecciona la capacidad normalizada del interruptor en 50 A.

El calibre del conductor tipo THW de la Tabla 1.6 es: 3 conductores No. 8 AWG en tubo conduit de 3/4 plg.

T A B L A 5.1

INTERRUPTORES DE SEGURIDAD
TIPO NAVAJA CON Y SIN PORTAFUSIBLES

TABLA PARA SELECCION DE INTERRUPTORES TIPO FUSIBLES
EN APLICACION DE PROTECCION A MOTORES INDIVIDUALES

POTENCIA DEL MOTOR	CORRIENTE A PLENA	CALIBRE MINIMO DE CONDUCTOR TIPO		FUSIBLE E INTERRUPTOR RECOMENDADO PARA APLICACION EN MOTORES		POTENCIA DEL MOTOR	CORRIENTE A PLENA	CALIBRE MINIMO DE CONDUCTOR TIPO		FUSIBLE E INTERRUPTOR RECOMENDADO PARA APLICACION EN MOTORES
		60' AWG ó MCM	75' AWG ó MCM	FUSIBLE DOBLE ELEM. A	INT. TIPO PESADO A			60' AWG ó MCM	75' AWG ó MCM	
CP	CARGA A					CP	CARGA A			FUSIBLE DOBLE ELEM. A
MOTORES MONOFASICOS 127 VCA 60 Hz.						MOTORES TRIFASICOS 220 VCA 60 Hz.				
1/6	4.0	14	14	6.25	30	10	29.0	8	8	40
1/4	5.3	14	14	8	30	15	44.0	6	6	60
1/3	6.5	14	14	10	30	20	56.0	4	4	80
1/2	8.9	14	14	15	30	25	71.0	2	3	100
3/4	11.5	14	14	17.5	30	30	84.0	1	2	125
1	14.0	12	12	25	30	40	109.0	00	0	150
1 1/2	18.0	10	10	30	30	50	136.0	0000	00	200
2	22.0	10	10	30	30	60	161.0	250M	0000	225
3	31.0	8	8	50	60	75	201.0	350M	250M	300
5	51.0	4	6	80	100	100	259.0	600M	400M	350
7 1/2	72.0	2	3	110	200	125	326.0	2-250M	2-4/0	450
10	91.0	2	3	150	200	150	376.0	2-300M	2-250M	500
						200	502.0	2-500M	2-400M	600
MOTORES MONOFASICOS 220 VCA 60 Hz.						MOTORES TRIFASICOS 440 VCA 60 Hz.				
1/6	2.3	14	14	3.5	30	1/2	1.0	14	14	1.6
1/4	3.0	14	14	4.5	30	3/4	1.5	14	14	2.25
1/3	3.8	14	14	6.25	30	1	1.9	14	14	2.8
1/2	5.1	14	14	8	30	1 1/2	2.7	14	14	4.0
3/4	7.2	14	14	12	30	2	3.6	14	14	6.0
1	8.4	14	14	15	30	3	5.0	14	14	8.0
1 1/2	10.0	14	14	15	30	5	7.9	14	14	12.0
2	13.0	12	12	20	30	7 1/2	11.0	14	14	17.5
3	18.0	10	10	30	30	10	15.0	12	12	20.0
5	29.0	8	8	45	60	15	22.0	10	10	30.0
7 1/2	42.0	6	6	60	60	20	28.0	8	8	40.0
10	52.0	4	6	80	100	25	36.0	6	8	50.0
MOTORES TRIFASICOS 220 VCA 60 Hz.										
1/2	2.1	14	14	3.2	30	30	42.0	6	6	60.0
3/4	2.9	14	14	4.5	30	40	54.0	4	4	80.0
1	3.8	14	14	5.6	30	50	68.0	2	4	100.0
1 1/2	5.4	14	14	8	30	60	80.0	1	3	100.0
2	7.1	14	14	10	30	75	100.0	0	1	150.0
3	10.0	14	14	15	30	100	130.0	000	00	175.0
5	15.9	12	12	25	30	125	163.0	250M	0000	225.0
7 1/2	23.0	10	10	35	60	150	188.0	300M	250M	250.0
						200	251.0	500M	400M	350.0

5.2.2.2. CIRCUITOS PARA MOTORES.

Para los circuitos de los motores, se deben tomar en consideración la corriente de arranque o de inserción durante el proceso de arranque y conocer perfectamente las diferencias entre fusibles e interruptores en caja moldeada; los fusibles con retardo de tiempo se aplican con frecuencia para el arranque de motores ya que soportan la corriente de arranque de los motores y son de alguna manera mejores que los interruptores en caja moldeada. Como resultado de esto, se puede seleccionar el dispositivo de sobrecorriente en forma distinta, dependiendo, de si el dispositivo es un interruptor o un fusible.

También, como se ha estudiado antes algunos circuitos alimentan a más de un motor y entonces se requieren de consideraciones especiales.

Para motores monofásicos o trifásicos, los circuitos consideran los arrancadores, cosa que los controladores reales para los motores ya tienen considerado.

Primero, se revisa el caso de un motor individual alimentado por un interruptor o fusible. En este caso, la corriente nominal del motor (I_N) se refiere a la corriente de plena carga.

Para interruptores de caja moldeada

$$I_{SC} = 1.75 \times I_N \quad (\text{se selecciona el valor estándar inmediato superior})$$

Corriente para el calibre del conductor:

$$I = 1.25 \times I_N$$

Para fusibles con retardo de tiempo

$$I_{SC} = 1.25 \times I_N$$

(se selecciona el valor
estándar inmediato superior)

Para el calibre del conductor

$$I = 1.25 \times I_N$$

Los datos para las corrientes nominales de los motores, se obtienen de las Tablas 3.1 y 3.2.

Ejemplo 5.3.- Diseñar el circuito alimentador para alimentar a un motor de 10 HP., 220 V., tres fases. El dispositivo de protección contra sobrecorriente es un interruptor en caja moldeada.

Solución

De la Tabla 5.1, la corriente a plena carga para el motor trifásico de 10 HP a 220 V. es:

$$I_N = 29 \text{ A.}$$

El dispositivo de protección contra sobrecorriente es:

$$I_{SC} = 1.75 \times I_N = 1.75 \times 29 = 50.75 \text{ A.}$$

Se puede seleccionar un interruptor de 60 A.

Para el conductor tipo THW.

$$I = 1.25 \times I_N = 1.25 \times 29 = 36.25 \text{ A.}$$

De la misma Tabla 5.1, se puede seleccionar 3 conductores No. 8 AWG en tubo conduit de 3/4 plg.

Si el dispositivo de protección fuera un fusible, entonces la corriente, sería de:

$$I_{SC} = 1.25 \times I_N = 1.25 \times 29 = 36.25 \text{ A.}$$

Se pueden seleccionar fusibles de 40 A. El calibre del conductor es No. 8 AWG, tipo THW.

5.2.2.3. CIRCUITOS QUE ALIMENTAN VARIOS MOTORES.

Si varios motores están conectados al mismo circuito, por ejemplo, el motor de un compresor y sus ventiladores asociados en una unidad de aire acondicionado montada en techo, entonces se selecciona el dispositivo de protección contra sobrecorriente y el calibre del conductor, como sigue:

Para un interruptor en caja moldeada

$$I_{SC} = 1.75 \times I_N (\text{Del motor mayor}) + \text{Suma de las } I_N \text{ de los otros motores.}$$

(se selecciona el valor estándar del interruptor inmediato superior)

Para el conductor

$$I = 1.25 \times I_N (\text{Motor mayor}) + \text{Suma de } I_N \text{ de los otros motores.}$$

Para fusibles con retardo de tiempo

$$I_{SC} = 1.25 \times I_N(\text{Motor mayor}) + \text{Suma de las } I_N \text{ de los otros motores.}$$

Para el conductor:

$$I = 1.25 \times I_N(\text{Motor mayor}) + \text{Suma } I_N \text{ de los otros motores.}$$

Ejemplo 5.4.- Un equipo de aire acondicionado tipo techo tiene dos motores, uno de 7 1/2 HP del compresor y otro de 1 HP para el ventilador.

Ambos motores son trifásicos a 220 V.

Solución

De la Tabla 5.1 las corrientes a plena carga para los motores trifásicos a 220 V., son:

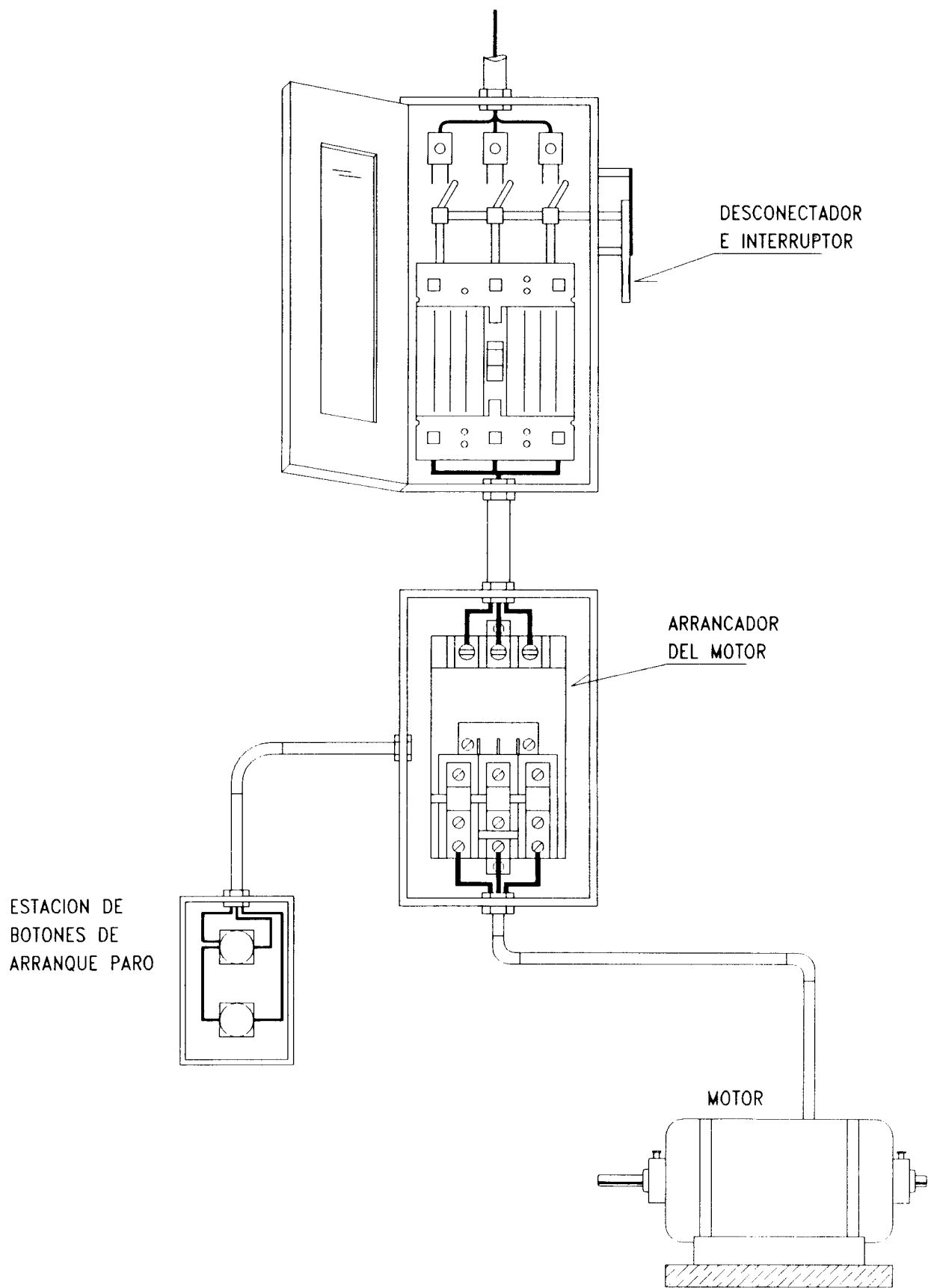
7 1/2	—	$I_N = 23 \text{ A.}$
1 HP	—	$I_N = 3.8 \text{ A.}$

La protección contra sobrecorriente del alimentador, es:

$$I_{SC} = 1.75 I_N(\text{Motor mayor}) + \text{Suma } I_N \text{ otros motores.}$$

$$I_{SC} = 1.75 \times 23 + 3.8 = 44.05 \text{ A.}$$

Se selecciona un interruptor de 50 A.



COMPONENTES DEL CIRCUITO DERIVADO DEL MOTOR

El conductor del alimentador se selecciona de acuerdo a:

$$I = 1.25 \times I_N(\text{Motor mayor}) + \text{Suma } I_N \text{ otros motores.}$$

$$I = 1.25 \times 23 + 3.8 = 32.25 \text{ A.}$$

Corresponde a 3 conductores tipo THW del No. 8 AWG.

5.2.2.4. TABLEROS Y CENTROS DE CARGA.

Los tableros y los centros de carga representan el cerebro de los centros de distribución, contienen además los dispositivos de protección contra sobrecorriente que protegen a las componentes de sobrecarga o cortocircuito. Antes se debe comprender los conceptos de carga conectada y demanda en la carga.

Una lista de las cargas conectadas, representa la suma de todas las conectadas al tablero o al centro de carga y no toma en consideración si las cargas solo operan en forma temporal o permanente a su plena capacidad.

LA DEMANDA EN LA CARGA por otro lado considera la naturaleza temporal de ésta; así como, la demanda máxima para cada concepto, como son: contactos y equipo de cocina (en su caso). La demanda en la carga se usa en la selección de tableros y centros de carga, debido a que representan los valores máximos transportados por los equipos.

LAS CARGAS CONECTADAS se agrupan frecuentemente en varias clases generales, como son:

CLASES DE CARGAS CONECTADAS

1. Alumbrado
2. Contactos
3. Motores de aire acondicionado
(Temporales)
4. Motores
5. Cocinas
6. Calefactores eléctricos (Temporales)
7. Calentadores eléctricos de agua
8. Otras cargas

Estas clases representan las cargas totales para cada categoría, incluyendo, cargas alimentadas directamente del tablero o centro de carga; así como, sub-alimentadores a cargas alimentadas directamente del tablero, sin descuidar las cargas a futuro.

Tomando como referencia las cargas conectadas, la demanda en la carga se puede definir a partir de la siguiente información.

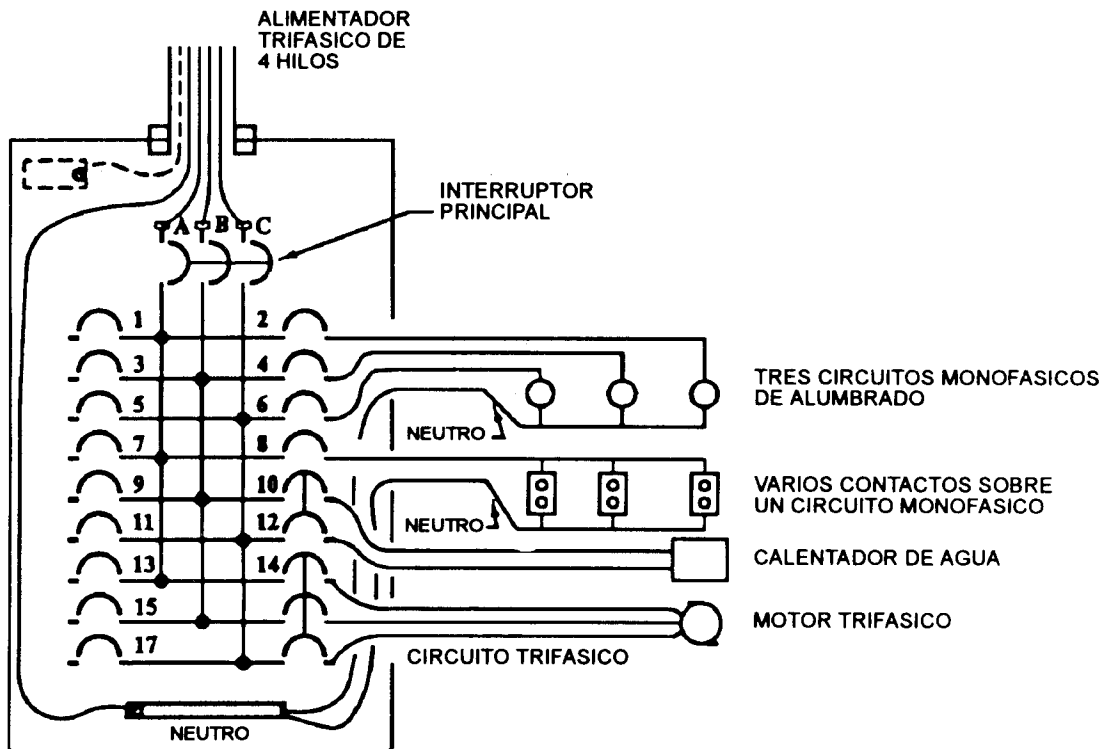
TABLA 5.2

FACTORES DE DEMANDA EN GRANDES INSTALACIONES

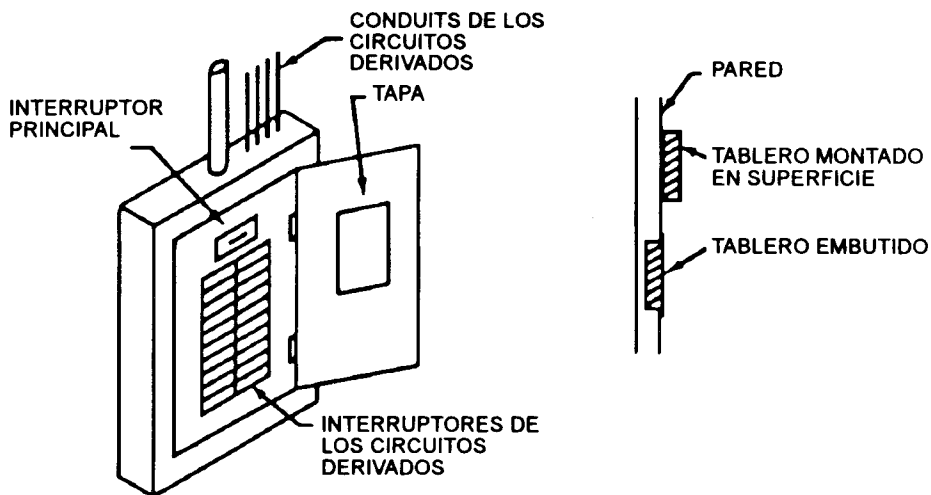
Carga Calculada	Factor de Demanda
1. Alumbrado (continuo)	1.25
2. Contactos:	
Los primeros 10 kVA al	
100% el resto al 50%.	1.00
3. Motores de aire acondicionado	1.00 ó 0.00 (1)*
4. Motores	1.00 ó 1.25 si son de operación continua
5. Cocinas	0.65 a 1.00 (2)*
6. Calefactores eléctricos	1.00 ó 0.00 (3)*
7. Calentadores eléctricos de agua	1.00
8. Otras cargas	1.00

Notas: (*)

- (1) En la mayoría de los edificios la calefacción y el aire acondicionado, no operan simultáneamente; de manera que, el tablero de carga o centro de carga debe tener la capacidad para alimentar a la más grande de las dos. En este caso el factor de demanda, será de 1.0 a la carga mayor y 0 a la menor.
- (2) Las cargas para cocinas eléctricas tienen un factor de demanda que varía entre 0 y 1 dependiendo de los conceptos o aparatos individuales que se manejan en ésta.
- (3) Calefactores eléctricos. Cabe la misma mención aplicada al aire acondicionado.

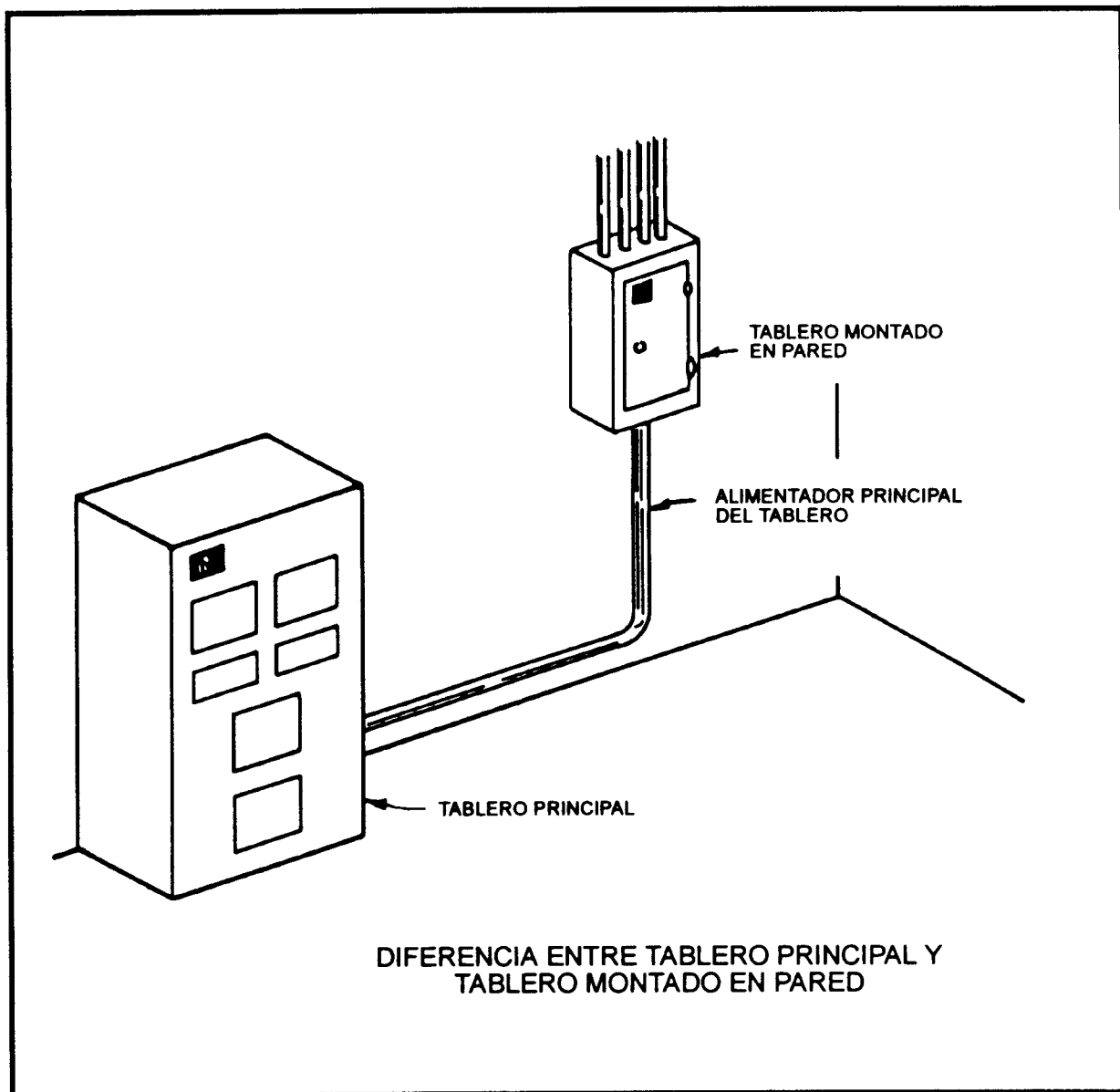


ALAMBRADO TÍPICO DE UN TABLERO TRIFÁSICO



ELEVACION Y DETALLE DE UN TABLERO

DETALLES TÍPICOS DE TABLEROS



Ejemplo 5.5.- Un tablero de 220/127 volts alimenta a las siguientes cargas. Se desea calcular la carga total conectada y la demanda en la carga.

1. Alumbrado	15 KVA,	FP = 0.95
2. Contactos	22 KVA,	FP = 0.90
3. Aire acondicionado	12 KVA,	FP = 0.88
4. Motores	6 KVA,	FP = 0.88

El motor más grande tiene una capacidad de 5 HP, es trifásico y opera a 220 V. con factor de potencia: FP = 0.88.

Solución

La carga total conectada separando las potencias activa (P) y reactiva (Q) de acuerdo a los KVA y el correspondiente factor de potencia, es la siguiente:

1. Alumbrado	14.25 + j 4.68
2. Contactos	19.80 + j 9.59
3. Aire acondicionado	10.56 + j 5.70
4. Motores	<u>5.28 + j 2.85</u>
	49.89 + j22.82

$$KVA = \sqrt{(49.89)^2 + (22.82)^2} = 54.861$$

La demanda calculada en la carga, es:

1. Alumbrado	$(14.25+j4.68) \times 1.25 = 17.81 + j 5.85$
2. Contactos	$(9.00+j4.36) \times 1.0 = 9.0 + j 4.36$
	$(10.80+j5.23) \times 0.50 = 5.40 + j 2.62$
3. Aire acondicionado	$(10.56+j5.70) \times 1.0 = 10.56 + j 5.70$
4. Motores	$(5.28+j2.85) \times 1.0 = \underline{5.28 + j 2.85}$
	48.050+j21.380

Los KVA de la carga son:

$$KVA = \sqrt{(48.05)^2 + (21.38)^2} = 52.59$$

De la demanda real en la carga se calcula la corriente, como sigue:

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{52.59}{\sqrt{3} \times 0.220} = 138.017 \text{ A.}$$

El valor comercial estándar más próximo para el interruptor es: 150 A., es decir, que el circuito que alimenta al tablero estará protegido por un interruptor tripolar de 150 A.

Los conductores del alimentador principal se calculan para la corriente de 138.017 A. (3 conductores en tubo conduit), conductor tipo THW se requieren del No. 1/0 AWG (150 A.) en tubo conduit de 1 1/2 plg.

5.3. TRANSFORMADORES.

Para determinar la capacidad del transformador que alimentará la carga total de una industria o comercio en proyecto. Se toma como base la demanda de carga, como se calcula en el ejemplo anterior.

Una vez que se ha calculado la capacidad, se indican los datos básicos complementarios para el transformador, como son:

- **Número de fases.**
- **Voltaje en el primario.**
- **Voltaje en el secundario.**
- **Frecuencia.**
- **Conexión de cada devanado
(en caso de ser trifásico).**
- **Impedancia.**
- **Tipo de enfriamiento.**
- **Posición de las boquillas y
características para montaje.**
- **Altura de operación sobre el nivel
del mar.**

Una vez que se han determinado las características generales del transformador, se inicia el proceso de diseño del circuito.

Ejemplo 5.6.- Un edificio tiene una carga total conectada de 15 000 VA. monofásica y 25 000 VA. trifásicos, el voltaje de salida, es 220/127 V. Calcular la carga en amperes.

Solución

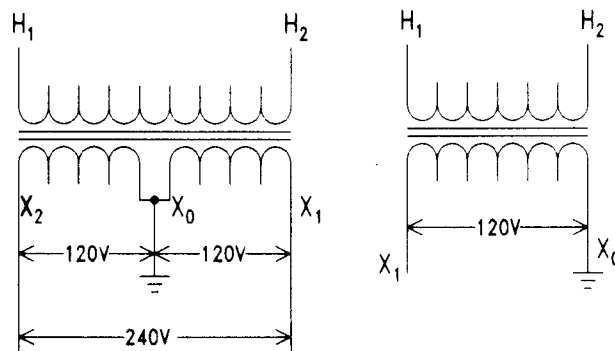
La carga total se determina sumando las cargas monofásicas y trifásicas.

$$15\ 000 + 25\ 000 = 40\ 000\ \text{VA.}$$

La corriente que demanda la carga, es:

$$I = \frac{40\ 000}{\sqrt{3} \times 220} = 105\ \text{A.}$$

Ejemplo 5.7.- Calcular el tamaño del transformador para alimentar a un edificio con una carga total conectada de 7 KVA a 120 volts (monofásica) y de 17 KVA a 240 V. (monofásica).



Solución

El tamaño de los transformadores requeridos para alimentar un sistema monofásico en el secundario se puede obtener sumando todas las cargas a 120 V. y 240 V.

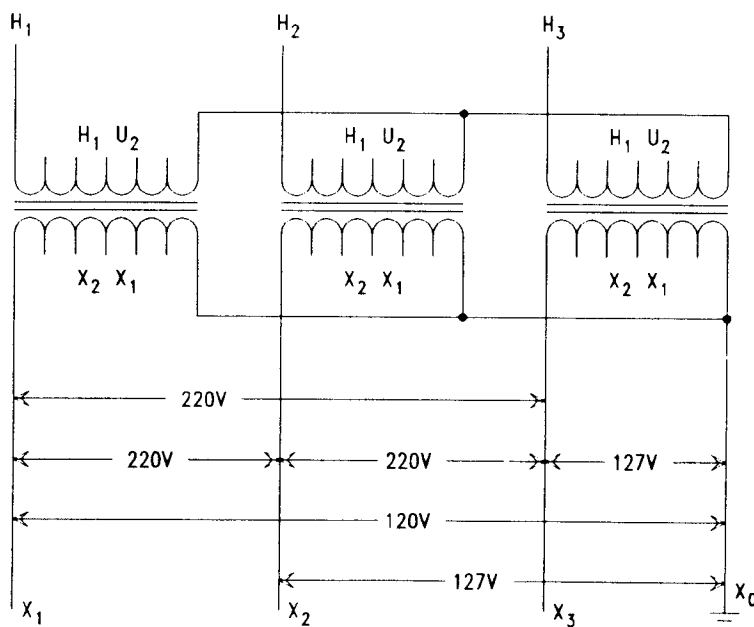
$$\text{Carga total a 120 V.} = 7\ \text{KVA}$$

$$\text{Carga total a 240 V.} = \underline{17\ \text{KVA}}$$

$$\mathbf{24\ KVA}$$

Ejemplo 5.8.- Calcular el tamaño del transformador requerido para alimentar una carga monofásica de 60 KVA y una trifásica de 70 KVA.

Esta alimentación para dos tipos de cargas con un mismo secundario en el transformador de potencia, requiere de una conexión en estrella con neutro a tierra.



397

1. Sumando las cargas monofásicas y trifásicas.

2. Multiplicando el total por 1/3 (0.33).

También se pueden multiplicar la carga monofásica por 1/3 y la trifásica por 1/3 y luego sumar.

Para este ejemplo:

La carga total monofásica.

$$60 \times 0.33 = 19.8 \text{ KVA}$$

La carga total trifásica.

$$70 \times 0.33 = \frac{23.1 \text{ KVA}}{42.9 \text{ KVA}}$$

Los transformadores para potencia y alumbrado deben ser del mismo tamaño, es decir tres transformadores monofásicos de 50 KVA ó uno trifásico de 150 KVA.

5.3.1. CALCULO DE LAS CORRIENTES PRIMARIA Y SECUNDARIA EN EL TRANSFORMADOR.

Los devanados primario y secundario de un transformador se usan para elevar o reducir el voltaje. Cuando se eleva el voltaje, la corriente se reduce, cuando el voltaje es reducido la corriente aumenta. Las corrientes bajas en altos voltajes requieren de conductores de menor sección y en consecuencia tubos conduit de menor tamaño.

Para los **SISTEMAS MONOFASICOS** la corriente de un transformador para el primario o el secundario se obtiene con las fórmulas:

$$\text{KVA} = \frac{\text{volts x amperes}}{1\ 000}$$

$$\text{amperes} = \frac{\text{KVA x } 1\ 000}{\text{volts}}$$

La relación de transformación del transformador, se obtiene dividiendo el voltaje primario entre el secundario.

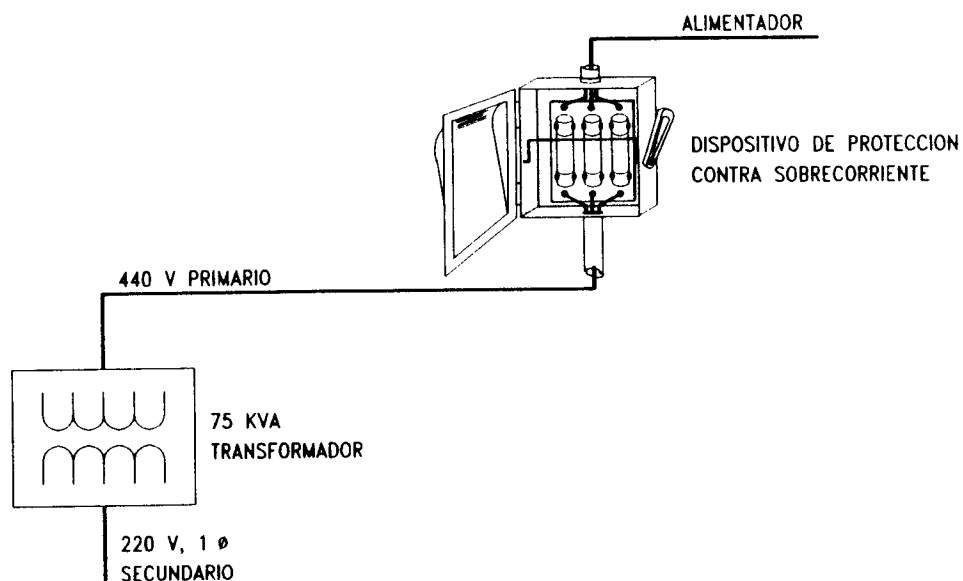
$$a = \frac{V_p}{V_s}$$

Para los **SISTEMAS TRIFASICOS** la corriente se puede calcular para el primario o el secundario, usando las mismas fórmulas que para los monofásicos, pero incorporando el 1.732 ($\sqrt{3}$).

$$\text{KVA} = \frac{\text{volts x } 1.732 \text{ x amperes}}{1\ 000}$$

$$\text{amperes} = \frac{\text{KVA x } 1\ 000}{\text{volts x } 1.732}$$

Ejemplos 5.9.- Cuáles son las corrientes primaria y secundaria de salida para un transformador monofásico de 75 KVA, 440/220 volts.



Solución

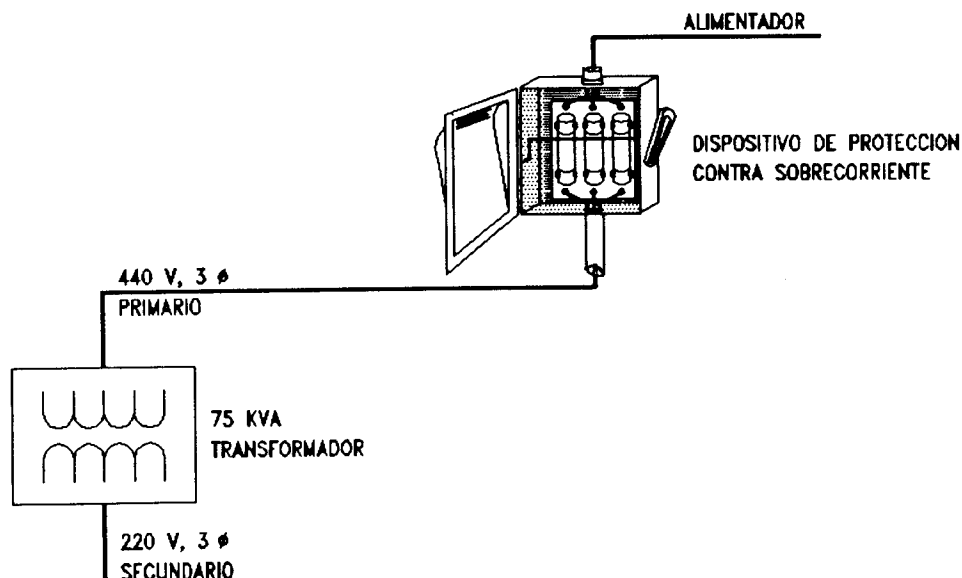
La corriente primaria.

$$I_P = \frac{KVA \times 1000}{V_P} = \frac{75 \times 1000}{440} = 170.45 \text{ A.}$$

La corriente secundaria.

$$I_S = \frac{KVA \times 1000}{V_S} = \frac{75 \times 1000}{220} = 340.90 \text{ A.}$$

Ejemplo 5.10.- Calcular las corrientes primaria y secundaria de salida para un transformador trifásico de 112.5 KVA, 440/220 volts.



Solución

La corriente primaria.

$$I_P = \frac{KVA \times 1000}{V_P \times \sqrt{3}} = \frac{112.5 \times 1000}{440 \times 1.732} = 147.62 \text{ A.}$$

La corriente secundaria.

$$I_S = \frac{KVA \times 1000}{V_S \times \sqrt{3}} = \frac{112.5 \times 1000}{220 \times 1.732} = 295.24 \text{ A.}$$

5.3.2. DIMENSIONADO (CALCULO) DE LOS CONDUCTORES EN LOS CIRCUITOS CON TRANSFORMADORES.

Los conductores que alimentan el lado primario de los transformadores y las derivaciones del lado secundario, se calculan para ciclos de trabajo continuos y no continuos.

Para las cargas de ciclo continuo se calculan al 125% de la capacidad total en VA ó KVA, o a su corriente nominal. Las cargas con ciclo de operación NO CONTINUO se calculan al 100%.

5.3.2.1. LADO PRIMARIO.

Los conductores que suministran potencia entre el equipo de servicio y el lado primario de los transformadores, se calculan sobre la base de los KVA nominales del transformador o de la carga alimentada.

Ejemplo 5.11.- Calcular el calibre de los conductores de cobre tipo THWN que se requieren para alimentar el lado primario de un transformador trifásico de 150 KVA, que alimenta una carga que opera en forma continua a 440 V.

Solución

La corriente en el devanado primario del transformador, es:

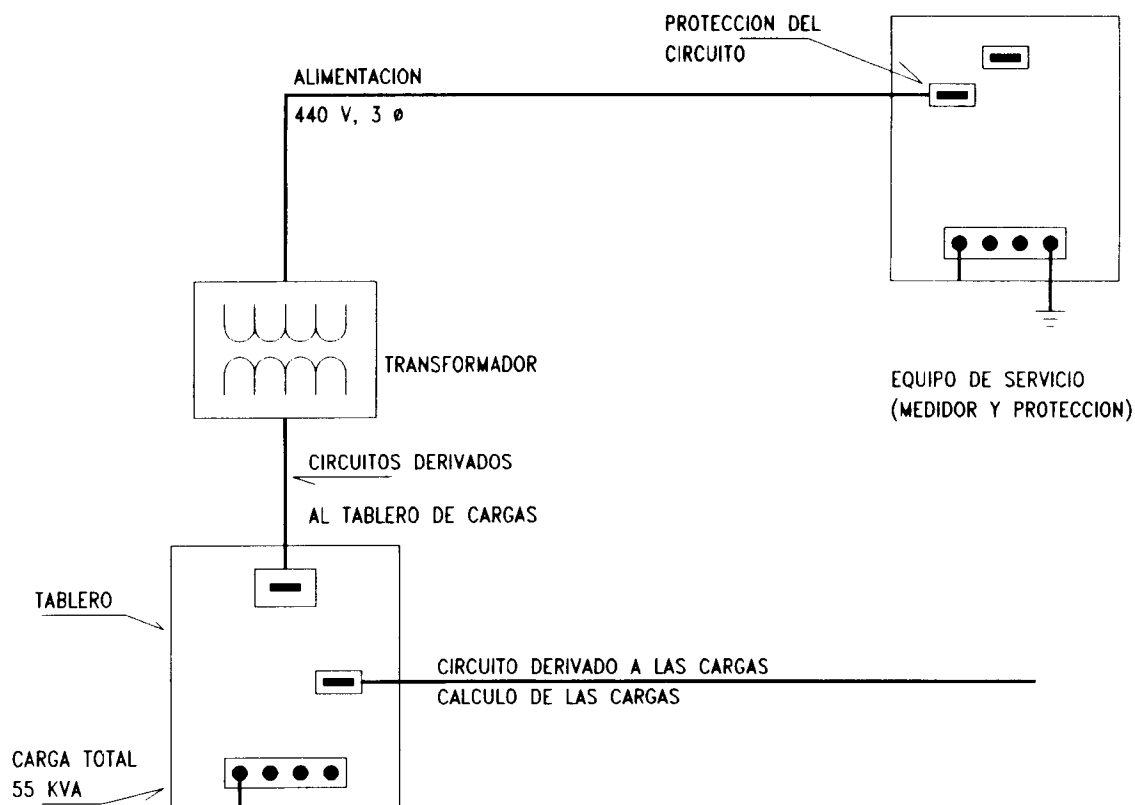
$$I = \frac{KVA \times 1000}{V \times \sqrt{3}} = \frac{150 \times 1000}{440 \times 1.732} = 196.8 \text{ A.}$$

Como la carga opera en forma continua se toma el 125% de la corriente nominal del lado primario.

$$I = 1.25 \times 196.8 = 246 \text{ A.}$$

De acuerdo a la Tabla 1.6 (Capítulo 1) se pueden seleccionar conductores calibre 250 KCM (ampacidad para 225 A.).

Ejemplo 5.12.- Calcular el calibre del conductor tipo THWN de cobre que se requiere para alimentar al devanado primario de un transformador trifásico a 440 V., en cuyo secundario se conecta el tablero de carga que alimenta a una carga total de 55 KVA.



Solución

La corriente que demanda la carga es:

$$I = \frac{KVA \times 1000}{V \times \sqrt{3}} = \frac{55 \times 1\,000}{440 \times 1.732} = 72.17 \text{ A.}$$

Como se trata de carga continua se toma el 125% de la corriente:

$$1.25 \times 72.17 = 90.21 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 (Capítulo 1) para una corriente de 90.21 A. y conductor THWN, se requiere el calibre No. 3 AWG.

5.3.2.2. LADO SECUNDARIO.

Los conductores derivados del lado secundario del transformador están usualmente dimensionados al valor de la carga que alimentan. Sin embargo, pueden ser calculados a la potencia de salida del secundario. El valor de la corriente para calcular el calibre del conductor, se toma al 125% de la corriente al valor de la carga.

Ejemplo 5.13.- Calcular el calibre de los conductores de cobre tipo THWN de los circuitos derivados de un transformador que alimentan a una carga de operación continua de 60 KVA trifásica a 220 volts.

$$I = \frac{KVA \times 1\,000}{V \times \sqrt{3}} = \frac{60 \times 1000}{220 \times 1.732} = 157.46 \text{ A.}$$

Se calcula la corriente al 125%

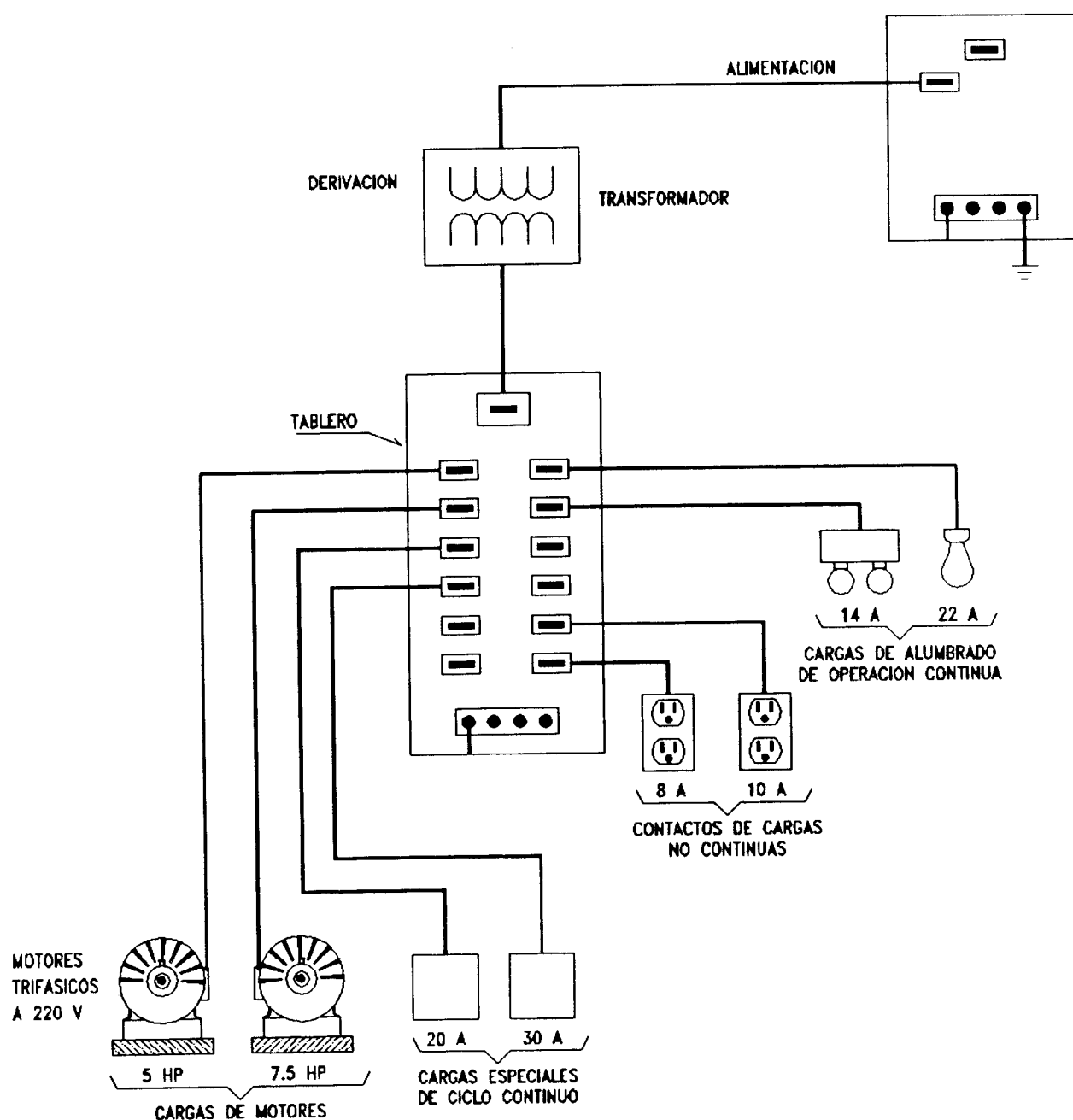
$$1.25 \times 157.46 = 196.82 \text{ A.}$$

De la Tabla 1.6 (Capítulo 1) para conductor tipo THWN No. 3/0 AWG:

5.3.2.3. CIRCUITOS DERIVADOS.

Los circuitos derivados de un centro de carga o tablero general, o bien, de un tablero para aplicaciones en el suministro a aparatos del hogar, si operan en forma NO CONTINUA, se calculan al 100% y para operación continua al 125%.

Ejemplo 5.14.- Calcular el calibre del circuito derivado de cobre, tipo THWN requerido para la derivación entre el transformador y el tablero de la instalación mostrada en la figura.



Solución

De acuerdo a los ciclos de operación se evalúa la demanda en la carga.

1.- Cargas de alumbrado (al 125%)

$$\begin{array}{rcl} 14 \text{ A.} \times 1.25 & = & 17.5 \text{ A.} \\ 22 \text{ A.} \times 1.25 & = & \underline{27.5 \text{ A.}} \\ \text{Total} & = & \underline{45.0 \text{ A.}} \end{array}$$

2.- Cargas de contactos (al 100%)

$$\begin{array}{rcl} 8 \text{ A.} \times 1.00 & = & 8 \text{ A.} \\ 10 \text{ A.} \times 1.00 & = & \underline{10 \text{ A.}} \\ \text{Total} & = & \underline{18 \text{ A.}} \end{array}$$

3.- Cargas especiales de ciclo continuo (se toman al 125%)

$$\begin{array}{rcl} 20 \text{ A.} \times 1.25 & = & 25 \text{ A.} \\ 30 \text{ A.} \times 1.25 & = & \underline{37.5 \text{ A.}} \\ \text{Total} & = & \underline{62.5 \text{ A.}} \end{array}$$

4.- Cargas de motores a 220 V. (se toman al 100%)

Motor de 5 HP

Motor de 5 HP

$$15.9 \text{ A.} \times 1.0 = 15.9 \text{ A.}$$

Motor de 7 1/2 HP

$$23 \text{ A.} \times 1.0 = \underline{23.0 \text{ A.}}$$

$$\text{Total} = \underline{38.9 \text{ A.}}$$

Se toma ahora el 25% de la carga del motor mayor (23 A.)

$$0.25 \times 23 = 5.75 \text{ A.}$$

5.- Cargas totales.

•	cargas de alumbrado	=	45 A.
•	cargas de contactos	=	18 A.
•	cargas especiales	=	62.5 A.
•	cargas de motores	=	38.9 A.
•	carga adicional del motor más grande	=	<u>5.75 A.</u>
Total		=	170.15 A.

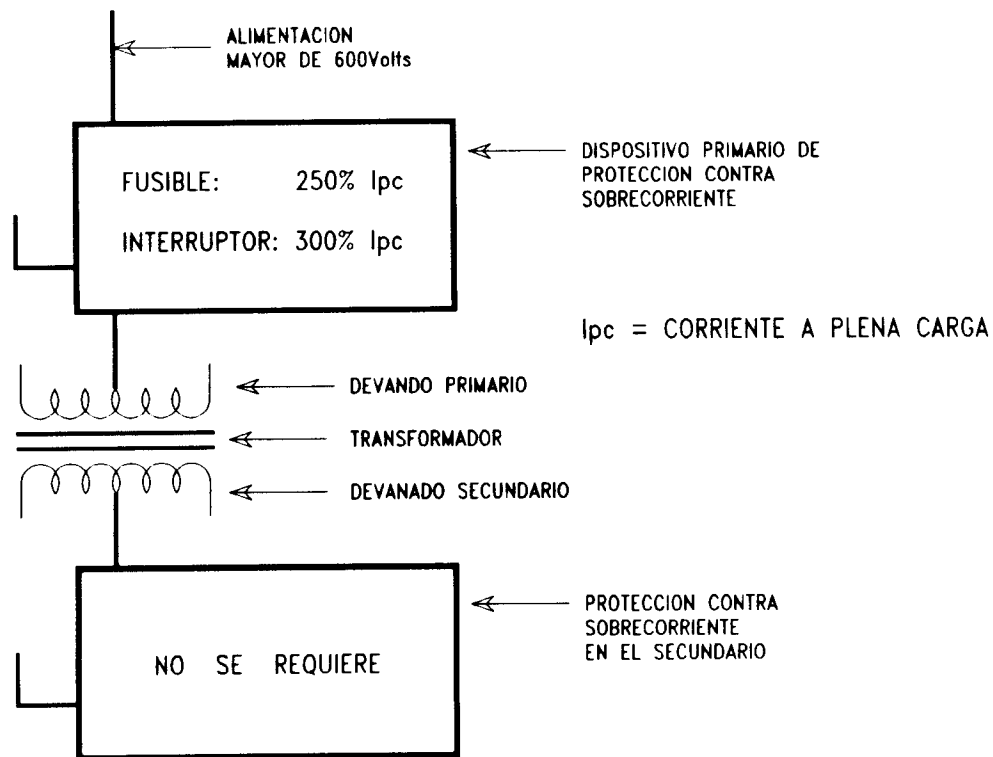
De la Tabla 1.6 (Ver Capítulo 1) se requiere conductor THWN del No. 4/0 AWG.

5.3.3. PROTECCION DE LOS TRANSFORMADORES CONTRA SOBRECORRIENTE.

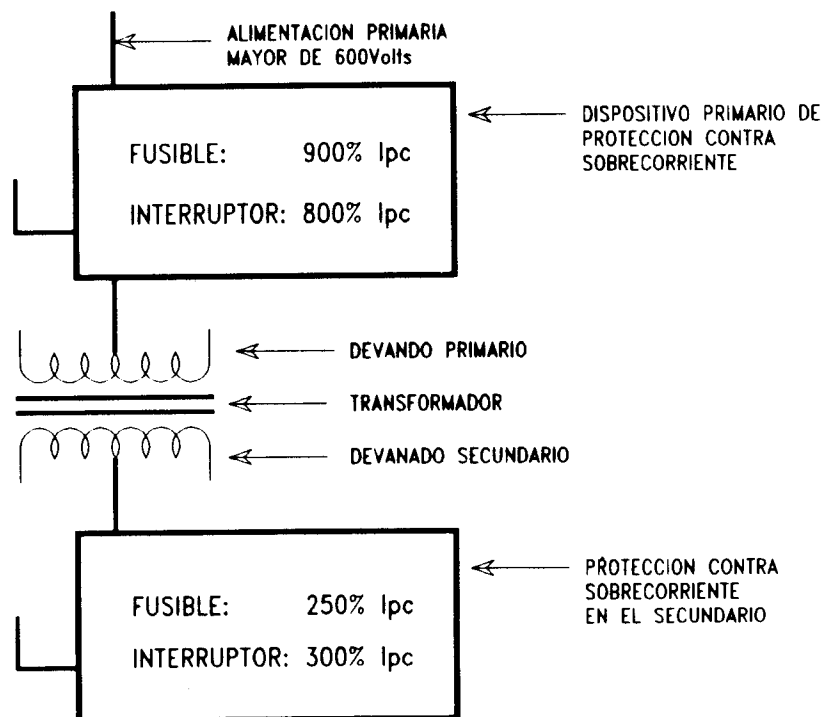
Los dispositivos de protección contra sobrecorriente se deben instalar en los lados primario y secundario de un transformador. Los dispositivos de sobrecorriente que se instalan en el lado primario protegen contra cortocircuito y fallas a tierra.

Los que se instalan en el secundario del transformador protegen a los devanados contra sobrecargas. En general, los dispositivos de protección contra sobrecorriente instalados en el primario del transformador, pueden proteger el lado secundario en sistemas de dos conductores a dos conductores bajo ciertas condiciones.

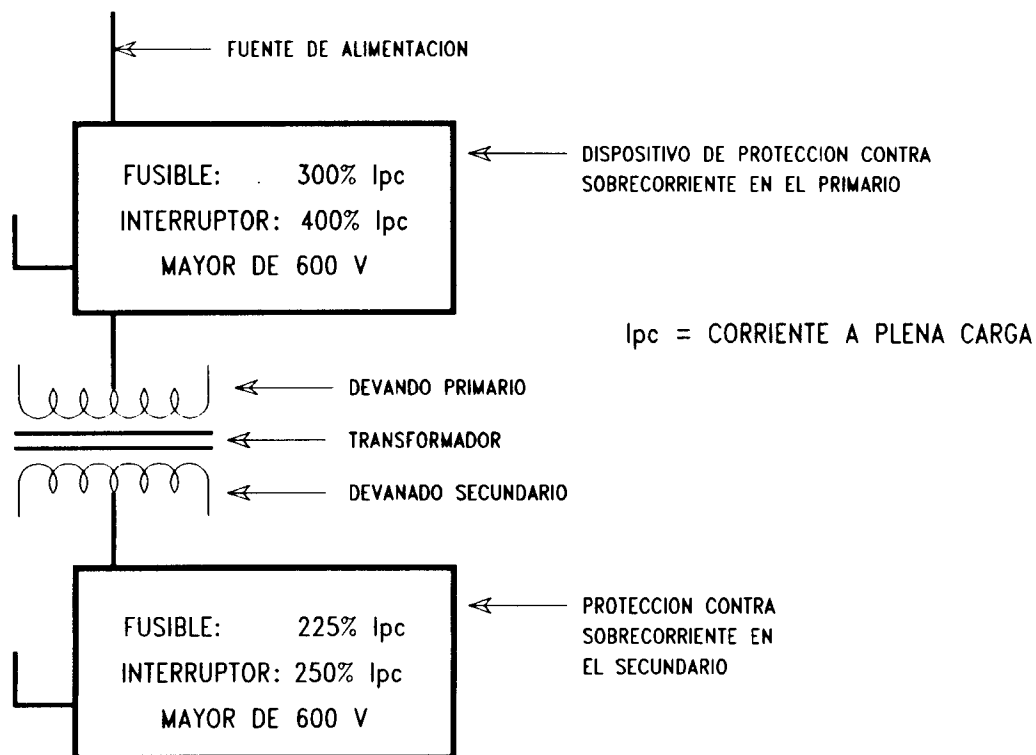
Los dispositivos de protección contra sobrecorrientes se dimensionan y seleccionan sus capacidades y ajustes de manera que puedan proteger los conductores y devanados de los transformadores contra cortocircuito, fallas a tierra y sobrecargas.



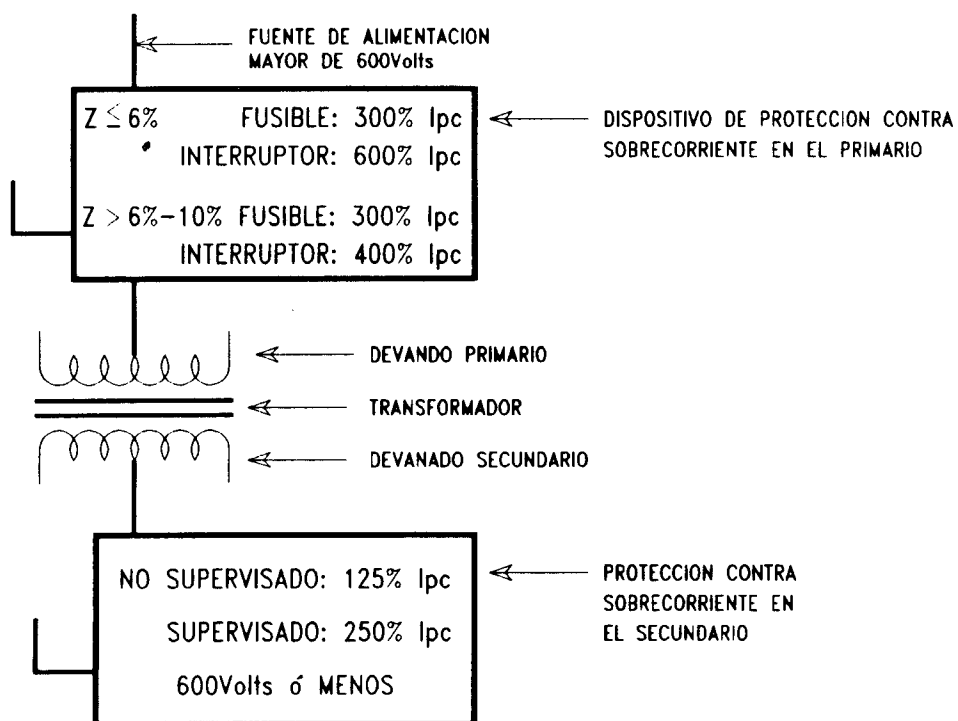
PROTECCION PRIMARIA SOLO PARA CIRCUITOS MAYORES DE 600Volts.



PROTECCION DE SOBRECORRIENTE PARA TRANSFORMADORES MAYORES DE 600Volts QUE TIENEN UNA IMPEDANCIA MENOR O IGUAL AL 6%



PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE PARA TRANSFORMADORES MENORES DE 600Volts CON UNA IMPEDANCIA ENTRE 6% Y 10%



PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE PARA TRANSFORMADORES CON VOLTAJE PRIMARIO MAYOR DE 600Volts Y VOLTAJE SECUNDARIO DE 600Volts ó MENOS

Se puede decir, que no existe un criterio estándar para la protección de transformadores ya que depende de varios factores, entre otros, uno muy importante, es su capacidad y nivel de tensión en que son aplicados.

5.3.3.1. PROTECCION DE TRANSFORMADORES DE MAS DE 600 V. EN INSTALACIONES INDUSTRIALES.

En general, este tipo de transformadores requiere por norma, al menos, la llamada protección **Contra Sobrecorriente**. En este caso, cuando se aplica la palabra transformador, se quiere decir un transformador o un banco de dos o tres transformadores monofásicos operando como una unidad trifásica.

PROTECCION PRIMARIA.

Cuando se usan fusibles, su capacidad se debe designar a no más del 250% de la corriente nominal o de plena carga en el primario del transformador. Las normas técnicas para instalaciones permiten el uso del siguiente tamaño o valor normalizado, si el valor calculado con el 250% no corresponde con el valor estándar del fusible.

Si se usa interruptor, su valor no debe ser mayor del 300% de la corriente nominal primaria. Cuando el valor calculado con el 300% no corresponda con una cantidad normalizada, entonces se usa el valor normalizado inferior. Existen algunas excepciones a esta regla, que deben ser consultadas para su aplicación.

PROTECCION PRIMARIA Y SECUNDARIA.

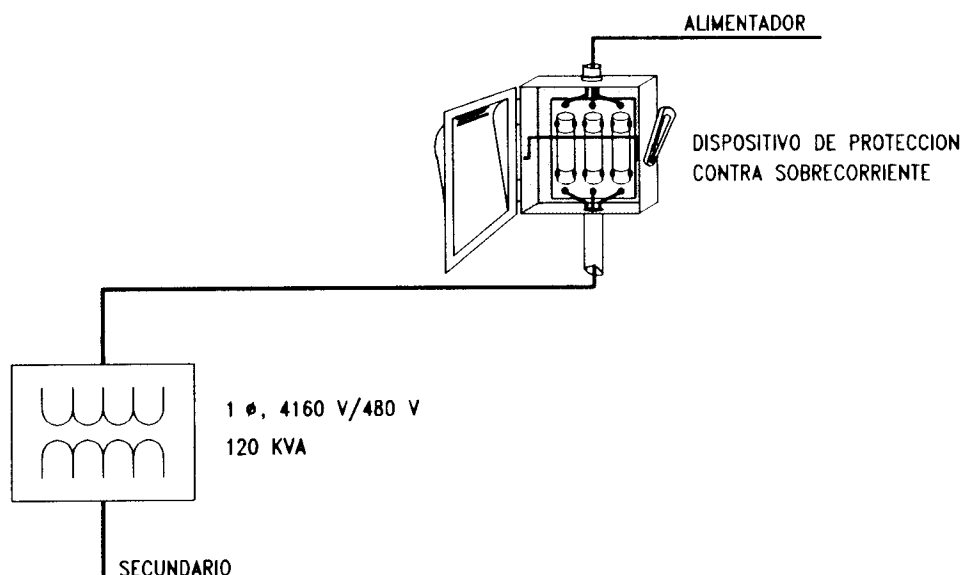
Para comprender los artículos de las normas técnicas para instalaciones eléctricas relacionados con la protección de transformadores, son necesarias algunas aplicaciones sobre terminología y frases.

El dispositivo de sobrecorriente del alimentador primario es el dispositivo que está localizado en la fuente de alimentación del transformador. Por ejemplo, los fusibles o los interruptores conectados al bus.

Los dispositivos de sobrecorriente individuales en las conexiones primarias, son por lo general, aquellos dispositivos localizados cerca del mismo transformador.

Ejemplo 5.15.- En la figura siguiente se muestra la instalación para un transformador monofásico con una localización supervisada y cuyos datos se muestran en el diagrama.

- a) Si se usa fusible para proteger al primario, calcular el tamaño del mismo.
- b) Si en lugar del fusible se usa interruptor para proteger el primario, calcular el tamaño del mismo.



Solución

a)
$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{V} = \frac{120 \times 1\,000}{4\,160} = 29 \text{ A.}$$

Si se protege con fusible, se puede usar el 250%, de modo que:

$29 \times 2.5 = 72 \text{ A.}$ Se puede seleccionar fusible de 90 A.

b) Si se usa interruptor para proteger al transformador:

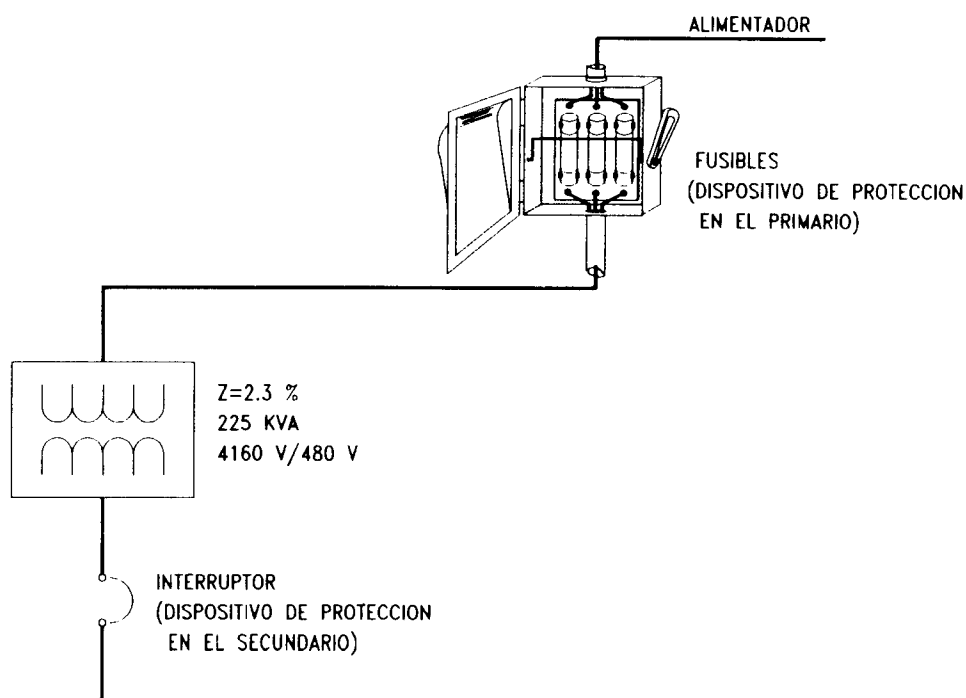
$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{V} = \frac{120\,000}{4\,160} = 29 \text{ A.}$$

En este caso se puede tomar el 300% de la corriente, o sea:

$29 \times 3.0 = 87 \text{ A.}$ Se puede usar interruptor de 90 A.

Ejemplo 5.16.- Para el transformador mostrado en la figura, trifásico de 225 KVA, 4 160/480 V. $Z = 2.3\%$

- Determinar el tamaño del fusible para proteger el primario.
- Si se usa interruptor termomagnético para proteger el secundario ¿qué tamaño debe tener?



- Si se usa fusible para proteger el lado primario del transformador:

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{\sqrt{3} \times V} = \frac{225\,000}{\sqrt{3} \times 4\,160} = 31\text{ A.}$$

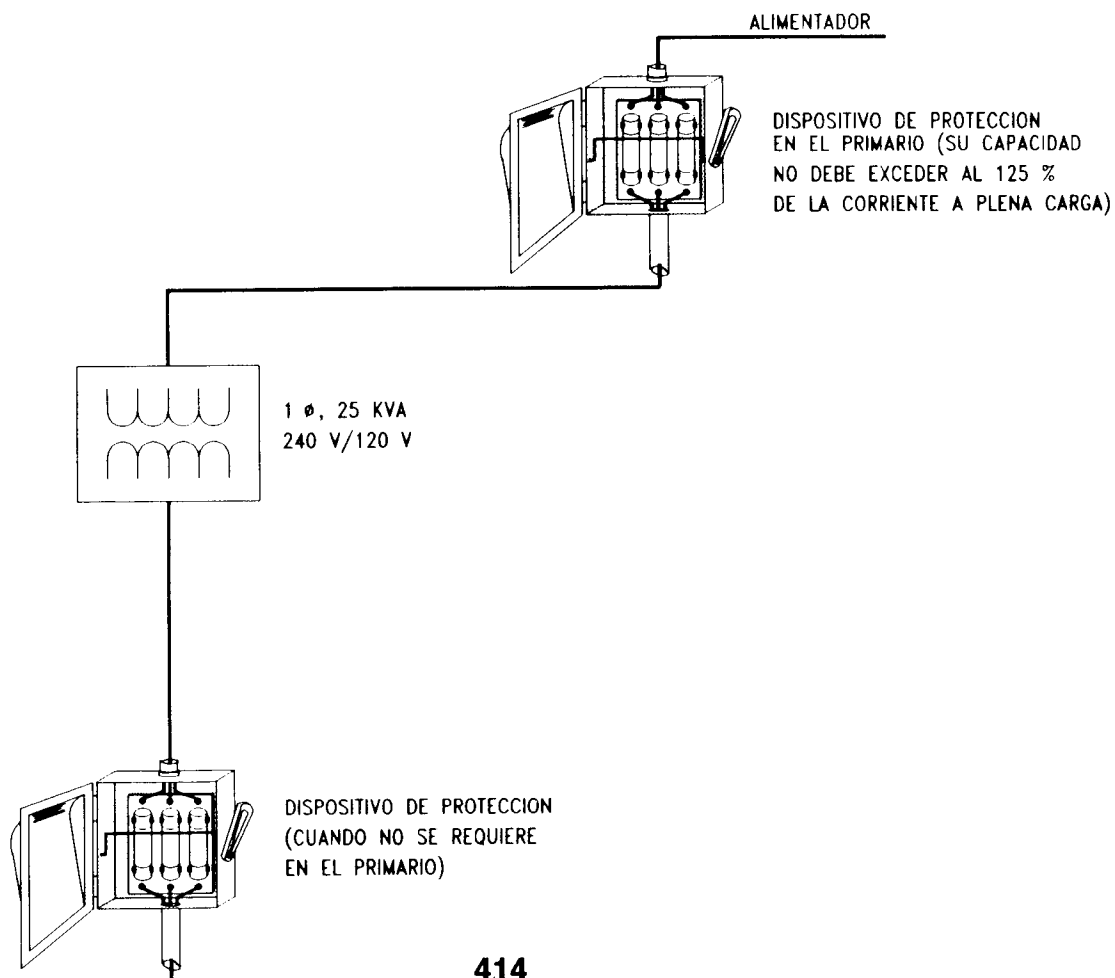
Usando fusibles se toma el 300% de la corriente nominal del primario, o sea: $31 \times 3.0 = 93\text{ A.}$ En este caso se pueden seleccionar fusibles de 90 A.

- b) Para la protección del secundario por medio de interruptor termomagnético:

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{\sqrt{3} \times V} = \frac{225\,000}{\sqrt{3} \times 480} = 271\text{ A.}$$

En este caso se considera el 250% del valor de la corriente nominal en el secundario, es decir: $2.5 \times 271 = 677\text{ A}$. Se puede seleccionar un interruptor de capacidad comercial 600 A.

Ejemplo 5.17.- En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar simplificado de un transformador monofásico de 25 KVA, 240 V./120 V. y se trata de determinar qué tamaño de la protección se debe usar para proteger el primario.



Solución

La corriente nominal (a plena carga), es:

$$I = \frac{\text{KVA}}{V} = \frac{25\ 000}{240} = 104\ \text{A.}$$

Se toma el 125% de la corriente nominal: $104 \times 1.25 = 130\ \text{A.}$

Se puede usar un interruptor de 150 A.

5.4. EL USO DE LA IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR.

La impedancia de un transformador determina la característica que limita la corriente en sus terminales. Siempre se expresa en porciento y se usa para determinar la capacidad interruptiva de los fusibles e interruptores que se utilizan para proteger el primario del transformador.

La capacidad interruptiva representa la cantidad de corriente de falla que un transformador puede entregar en sus terminales cuando ocurre un cortocircuito en el sistema.

Ejemplo 5.18.- ¿Cuál es la capacidad interruptiva de un transformador monofásico de 20 KVA, 120/240 V., $Z = 1.5\%$?

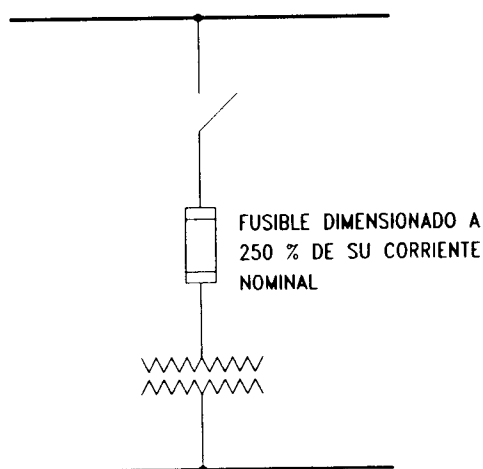
Solución

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\ 000}{V} = \frac{20 \times 1\ 000}{240} = 83\ \text{A.}$$

$$\text{Capacidad interruptiva} = \frac{I}{Z \text{ en por unidad}} = \frac{83}{0.015} = 5\ 533\ \text{A.}$$

Ejemplo 5.19.- Seleccionar los fusibles para el primario de un transformador trifásico que tiene una potencia nominal de 1 500 KVA, 13.8 KV/4.16 KV., 60 Hz, con una impedancia de 5.5%.

Solución



La corriente primaria:

$$I_P = \frac{1\,500 \times 1\,000}{13\,800 \times 1.73} = 63 \text{ A.}$$

El tamaño del fusible primario, no debe ser mayor del 250%, es decir:

$$2.5 \times 63 = 157.500 \text{ A.} \quad \text{Se usa un valor normalizado de 150 A.}$$

Las reglas establecidas por las normas técnicas para instalaciones eléctricas, para la protección del primario y secundario de los transformadores, se indican en la tabla siguiente.

TABLA 5.3

**PROTECCION DE SOBRECORRIENTE EN EL PRIMARIO
Y SECUNDARIO DE TRANSFORMADORES DE 600 V.**

MAXIMO DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE					
IMPEDANCIA NOMINAL DEL TRANSFORMADOR	Primario				Secundario
	MAS DE 600 V.		MAS DE 600 V.		600 V. ó MENOS
	Ajuste del Interruptor	Capacidad del Fusible	Ajuste del Interruptor	Capacidad del Fusible	Ajuste del Interruptor Capacidad del Fusible
NO MAYOR DEL 6%	600%	300%	300%	250%	250%
MAYOR DEL 6% Y NO MAYOR DEL 10%	400%	200%	250%	225%	250%

Ejemplo 5.20.- Para el transformador del ejemplo anterior, si en lugar de usar fusible en el primario se usa interruptor, calcular la capacidad del mismo.

Solución

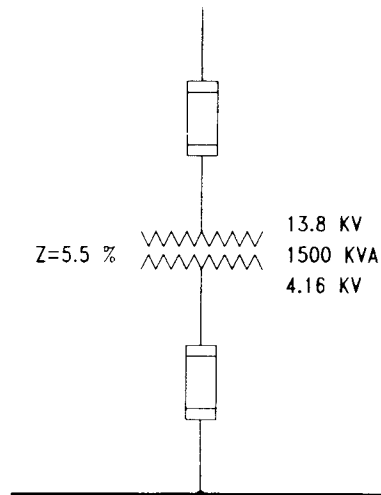
Se calculó la corriente en el primario, como :

$$I_p = 63 \text{ A.}$$

El tamaño del interruptor primario no debe ser mayor del 300%, es decir:

$$3.0 \times 63 = 189 \text{ A.} \quad \text{El valor comercial más próximo es 175 A.}$$

Ejemplo 5.21.- Se tiene un transformador trifásico de 1 500 KVA, 13.8/4.16 kV, 60 Hz, impedancia del 5.5%, que tiene protección por medio de fusibles en los lados primario y secundario, de los que se desea calcular sus características.



Solución

a) La corriente en el primario es:

$$I = \frac{1\,500 \times 1\,000}{13\,800 \times 1.73} = 63 \text{ A.}$$

De acuerdo con la tabla anterior, la capacidad del fusible, no debe exceder el 300% para un transformador cuya impedancia no rebase al 6%, por lo tanto:

$3.0 \times 63 = 189 \text{ A.}$ Aquí se recomienda usar un fusible de 200 A.

b) La corriente de plena carga en el secundario, es:

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{V_S \times 1.73} = \frac{1\,500 \times 1\,000}{4\,160 \times 1.73} = 208 \text{ A.}$$

De acuerdo con la Tabla 5.3, el fusible secundario, no debe exceder el 250% de la corriente de plena carga, en este caso: $2.5 \times 208 = 520 \text{ A}$.

Se puede seleccionar como valor comercial el de: 500 A.

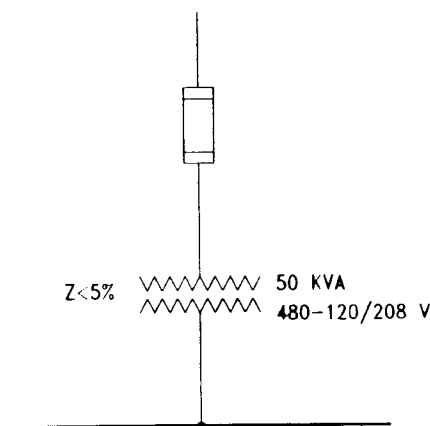
5.5. PROTECCION DE TRANSFORMADORES EN INSTALACIONES INDUSTRIALES DE 600 V. O MENORES.

Los dispositivos de sobrecorriente en el devanado primario deben ser calculados o ajustados a no más de 125% de la corriente nominal de plena carga en el devanado primario. Esta regla básica, se modifica en las normas técnicas para instalaciones eléctricas por una excepción que es la siguiente:

- 1. Si la corriente primaria es 9 A. ó mayor, el dispositivo de sobrecorriente, no se puede designar o ajustar a más del 125% del valor de la corriente nominal primaria, en el caso de que no corresponda al valor normalizado, entonces se usa el valor que sigue de éstos.**
- 2. Si la corriente primaria es menor de 9 A., el transformador se puede proteger por dispositivos de sobrecorriente designados o ajustados a no más del 167% de la corriente nominal primaria.**

3. Si la corriente primaria es menor de 2 A., el dispositivo de sobrecorriente se puede seleccionar o ajustar a no más del 300% de la corriente primaria.

Ejemplo 5.22.- Se tiene un transformador trifásico de 50 KVA, 480-120/208 V., 4 hilos, 60 Hz, con una impedancia menor del 5%. Calcular el dispositivo de protección en el primario.



Solución

La corriente en el primario:

$$I_P = \frac{50 \times 1\,000}{480 \times 1.73} = 60 \text{ A.}$$

El dispositivo de protección en el primario, no debe ser mayor del 125% de la corriente primaria plena carga, es decir:

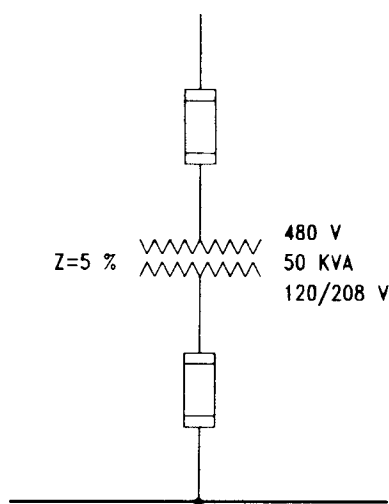
$$1.25 \times 60 = 75 \text{ A.}$$

El valor del fusible se debe seleccionar dentro de los normalizados, es decir: puede ser 70 A., o bien 80 A. Se debe tomar preferentemente el más bajo.

5.6. PROTECCION PRIMARIA Y SECUNDARIA.

Los transformadores que tienen un dispositivo de sobrecorriente en el lado secundario seleccionado o ajustado a no más del 125% del valor a plena carga de la corriente secundaria, no se requiere que tengan dispositivos de sobrecorriente individuales en el lado primario; si el dispositivo de sobrecorriente se calculó o ajustó a un valor de corriente no mayor del 250% del valor de la corriente primaria de plena carga.

Ejemplo 5.23.- Para un transformador trifásico de 50 KVA, 480-120/208 V., 60 Hz, con una impedancia menor del 5%, se desean calcular sus protecciones en el primario y en el secundario.



- a) La protección del primario se debe ajustar a un máximo del 250% de la corriente de plena carga.

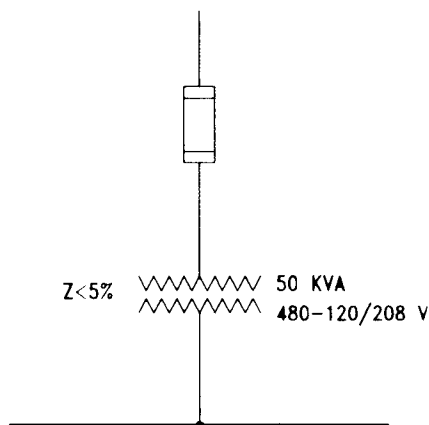
$$I_P = \frac{50 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 480} = 60 \text{ A.} \quad 2.5 \times 60 = 150 \text{ A.}$$

- b) La corriente a plena carga en el devanado secundario:

$$I_S = \frac{50 \times 1\,000}{\sqrt{3} \times 208} = 139 \text{ A.}$$

La capacidad de la protección en el secundario se selecciona para un valor no mayor del 125% de la corriente a plena carga.

Ejemplo 5.24.- Calcular el tamaño del dispositivo de protección contra sobrecorriente requerido para alimentar un circuito con un transformador trifásico de 80 KVA a 480 volts.



Solución

La corriente nominal del transformador, es:

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{1.732 \times V.} = \frac{80 \times 1\,000}{480 \times 1.732} = 96.3 \text{ A.}$$

Por el nivel de tensión inferior a 600 V., se toma el 125% de la corriente nominal.

$$1.25 \times 96.3 = 120.4 \text{ A.}$$

El tamaño estándar inmediato superior es 125 A.

Ejemplo 5.25.- Cuál es el tamaño del dispositivo de protección requerido para proteger el circuito de alimentación a un transformador monofásico de 0.768 KVA, 480 V.

Solución

La corriente nominal del transformador es:

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{V} = \frac{0.768 \times 1\,000}{480} = 1.6 \text{ A.}$$

En este caso se toma (transformador monofásico y voltaje inferior a 600 V.) el 300% de la corriente nominal para seleccionar el dispositivo de protección, es decir:

$$1.6 \times 3.0 = 4.8 \text{ A.}$$

Y se selecciona el valor estándar inmediato inferior que es: 3 A.

Ejemplo 5.26.- Calcular el tamaño de los dispositivos de protección contra sobrecorriente requeridos en el primario (usando interruptor) y en el secundario (usando fusibles) de un transformador trifásico con una impedancia nominal de 1.15%. El primario opera a 13 500 V. y el secundario es 460 V. El transformador se encuentra instalado en un local **NO SUPERVISADO**:

Solución

Para el lado primario

La corriente nominal es:

$$I_P = \frac{KVA \times 1\,000}{V \times 1.732} = \frac{850 \times 1\,000}{13\,500 \times 1.732} = 36\text{ A.}$$

Para una impedancia del 1.15% estando el transformador en un área no supervisada, se toma el 600% de su corriente nominal para calcular la capacidad interruptiva.

$$I = 6 \times 36 = 216\text{ A.}$$

Se selecciona un dispositivo de 225 A.

Para el secundario

La corriente nominal es:

$$I_S = \frac{KVA \times 1\,000}{V \times 1.732} = \frac{850 \times 1\,000}{460 \times 1.732} = 1\,066.5\text{ A.}$$

Como este lado secundario se protege por fusibles, se toma el 125% de la corriente nominal.

$$I = 1.25 \times 1\,066.5 = 1\,333\text{ A.}$$

Se puede seleccionar un dispositivo de 1 600 A.

Ejemplo 5.27.- Calcular el tamaño de los dispositivos de protección contra sobrecorriente requeridos para el primario (usando fusibles) y el secundario (usando interruptor) de un transformador trifásico de 750 KVA con una impedancia nominal del 4%.

El primario es 7 200 V. y el secundario 480 V.

El transformador esta localizado en un área supervisada.

Solución

Primario

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{V \times 1.732} = \frac{750 \times 1\,000}{7\,200 \times 1.732} = 60.1 \text{ A.}$$

Como se usan fusibles en el primario, se toma el 300% de la corriente nominal.

$$I_{\text{Fusible}} = 3.0 \times 60.1 = 180.3 \text{ A.}$$

Se selecciona un fusible de 175 A.

Secundario

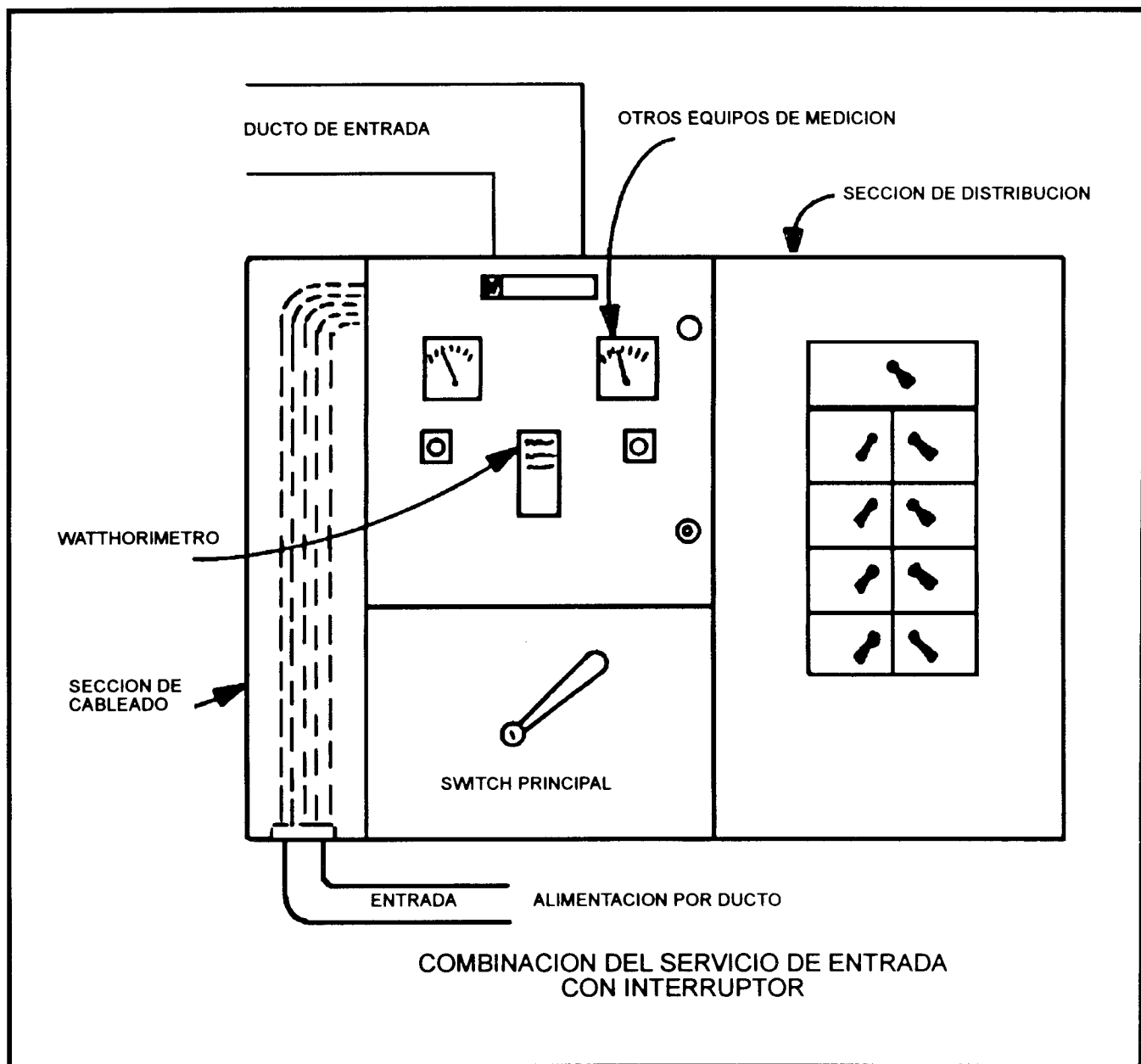
La corriente nominal en el secundario es:

$$I = \frac{\text{KVA} \times 1\,000}{V \times 1.732} = \frac{750 \times 1\,000}{480 \times 1.732} = 902.5 \text{ A.}$$

Como en el secundario se usa interruptor termomagnético, se toma el 250% de la corriente, es decir:

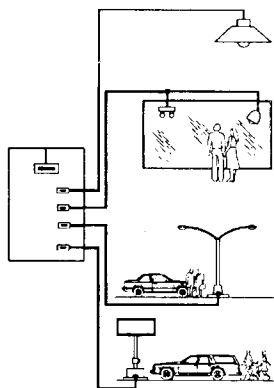
$$2.5 \times 902.5 = 2\,256.25 \text{ A.}$$

Se selecciona el interruptor para 2 000 A.



CAPITULO 6

PROBLEMAS DE CALCULOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES



ESTE CAPITULO ESTA BASADO EN LAS SIGUIENTES SECCIONES DE LAS NORMAS TECNICAS
PARA INSTALACIONES ELECTRICAS (NOM-EM-001-SEMP-1993)

301, 405, 513, 514, 517

C A P I T U L O 6

PROBLEMAS DE CALCULOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES

6.1. INTRODUCCION

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas (NTI) en México, así como el Código Nacional Eléctrico (National Electrical Code) en Estados Unidos, reconocen todo tipo de instalaciones eléctricas basadas en el uso o en las áreas ocupadas.

Los negocios encargados de la manufactura, comercialización y distribución de bienes, se clasifican, como locales comerciales o industriales.

Las cargas se calculan considerando el tipo de locales y sus requerimientos eléctricos.

El servicio eléctrico y los elementos de éste para los locales industriales, está basado en las demandas de los equipos instalados, empleados en la manufactura o reparación de bienes. Estos locales generalmente requieren de valores elevados de ampacidad para seleccionar su servicio y los elementos del equipo. Los locales comerciales, tales como: oficinas, restaurantes, tiendas y almacenes, tienen diferentes requerimientos eléctricos que dependen principalmente del tamaño y tipo de equipo. En estos casos se usa, por lo general el Método Estándar de Cálculo.

6.2. EL METODO ESTANDAR DE CALCULO.

El método estándar de cálculo, se puede emplear para calcular la demanda en VA, para seleccionar los elementos del equipo de servicio. Al aplicar el método de cálculo estándar, la selección de las cargas se hace en forma distinta; ya sea, que se trate de cargas comerciales o industriales, a diferencia de como se hace para las casas habitación unifamiliares o multifamiliares. Existen básicamente seis (6) tipos de cargas a calcular, cuando se aplica el método estándar para obtener el valor de la carga para la que se debe **CONTRATAR EL SERVICIO**. Donde ha permitido, se apliquen los factores de demanda a ciertas cargas seleccionadas de estos seis tipos.

Los seis tipos de cargas, son los siguientes:

- **Cargas de alumbrado.**
- **Cargas de contactos.**
- **Cargas de aparatos especiales.**
- **Cargas de calefacción y/o aire acondicionado.**
- **Cargas de motores.**
- **Cargas de los motores más grandes.**

6.2.1. CARGAS DE ALUMBRADO.

Las cargas de alumbrado son del primer grupo que se deben determinar. Al respecto, se consideran cinco tipos de cargas de alumbrado para calcular la carga total industrial y comercial. Estas cinco cargas son:

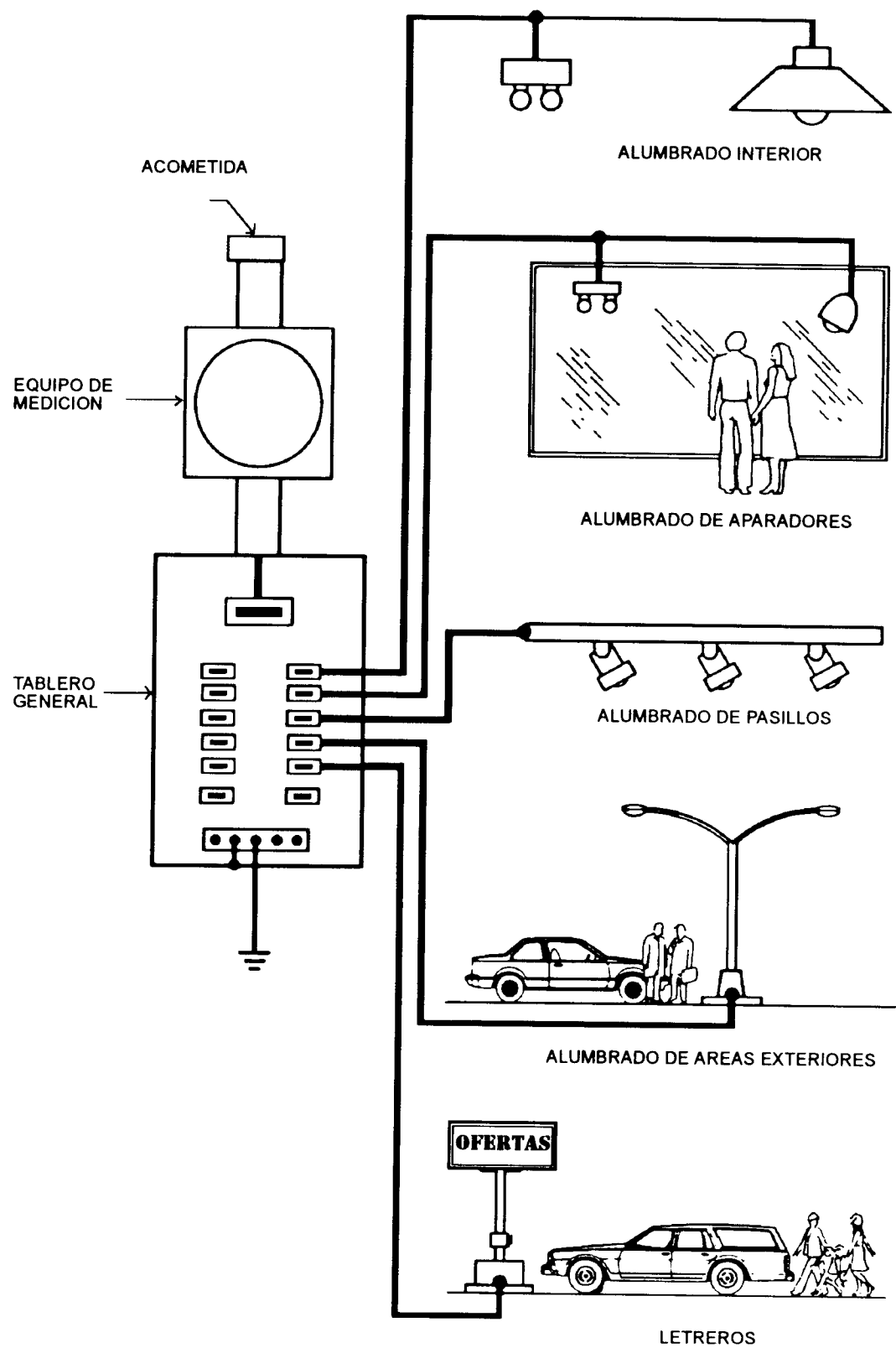
- **Cargas de alumbrado general.**
- **Cargas de aparadores.**
- **Cargas de pasillos.**
- **Cargas de alumbrado exterior.**
- **Cargas de letreros.**

Cada carga, se calcula por su localización y uso. Las cargas se calculan para ciclos de trabajo continuo y no continuo; en tanto que, algunas cargas de alumbrado se les pueden aplicar factores de demanda. Así mismo, se deben calcular las cargas por cada uno de los tipos, antes de calcular cualquier otro tipo de carga.

6.2.1.1. CARGAS DE ALUMBRADO GENERAL.

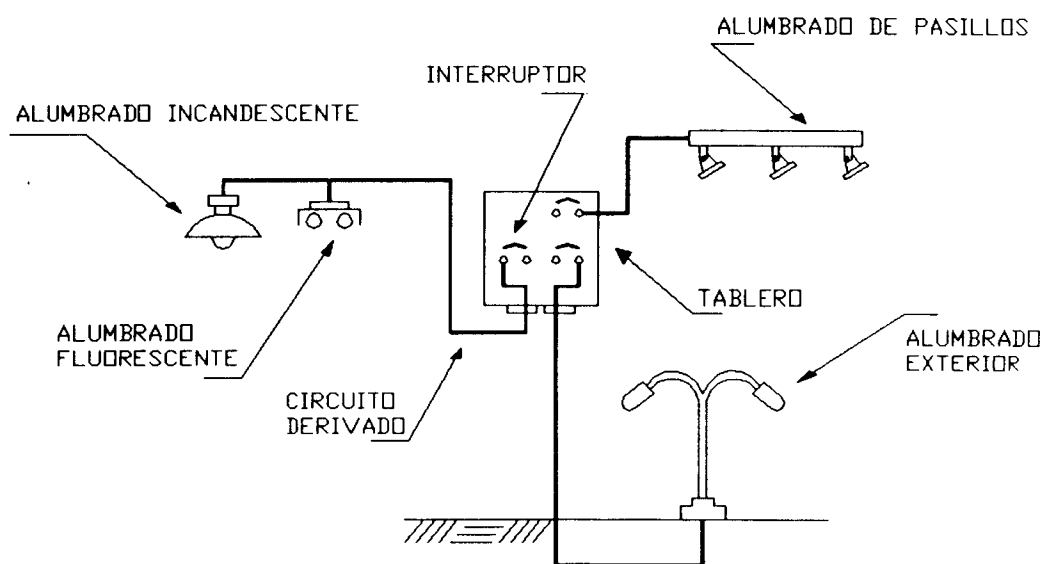
Todas las cargas industriales y comerciales se calculan para ciclos de trabajo continuo o no continuo, de acuerdo a su uso. La carga general de alumbrado, se calcula siempre de acuerdo al método de los watts/m² y no de acuerdo con el número de salidas. Cuando se usa alumbrado fluorescente se selecciona la mayor calculada del método de los watts/m² ó la carga determinada por las balastras.

La carga de alumbrado se puede calcular al 100% para ciclo de trabajo NO CONTINUO. Sin embargo, si la carga de alumbrado está dimensionada para uso continuo, se pueden calcular al 125% de la carga total conectada. En el alumbrado de PASILLOS, se puede considerar una carga de 180 watts por cada 60 cm.



TIPOS DE ALUMBRADOS A CONSIDERAR EN LAS INSTALACIONES
ELECTRICAS COMERCIALES E INDUSTRIALES

Ejemplo 6.1.- Calcular la carga de alumbrado general para un edificio de almacenes que tiene un área total de: 190 m²/18 m. de pasillos y para el alumbrado exterior una carga constituida de 60 luminarias de 180 watts.



Solución

Estimando una carga de 20 watts/ m², se tiene que:

$$190 \text{ m}^2 \times 20 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2} = 3\,800 \text{ watts}$$

Se considera el 125% de esta carga:

$$1.25 \times 3\,800 = 4\,750 \text{ watts}$$

La carga de alumbrado general es de 4 750 watts. La carga de alumbrado exterior, se calcula en la forma siguiente:

No. de luminarias x watts por luminaria 125%

$$60 \times 180 \times 1.25 = 13\ 500 \text{ watts}$$

Es decir, el alumbrado exterior demanda:

$$13\ 500 \text{ watts}$$

6.2.1.2. CARGAS DE CONTACTOS DE PROPOSITOS GENERALES.

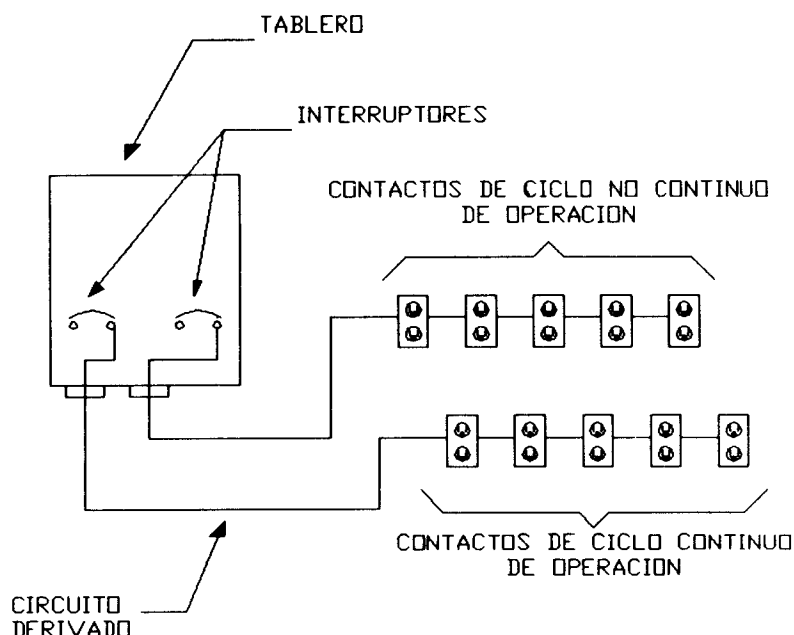
Las cargas para contactos de propósitos generales se calculan considerando 180 watts por salida. Estas salidas pueden tener un contacto doble o tres contactos sencillos montados en una misma base.

Si los contactos están dimensionados para un ciclo de trabajo no continuo, los primeros 10 KVA se calculan al 100%.

Los contactos que alimenten cargas con ciclo de operación continua, se consideran también de 180 watts por salida y se calculan al 125%.

Para obtener la carga total: las salidas para contactos se deben sumar a las cargas de alumbrado y se aplican los factores de demanda correspondientes al tipo de instalación.

Ejemplo 6.2.- Calcular el valor de la carga para 40 contactos dobles, usados con un ciclo de trabajo no continuo y 50 contactos para operar con carga de ciclo continuo en un edificio comercial.



Solución

Para los contactos de operación no continua.

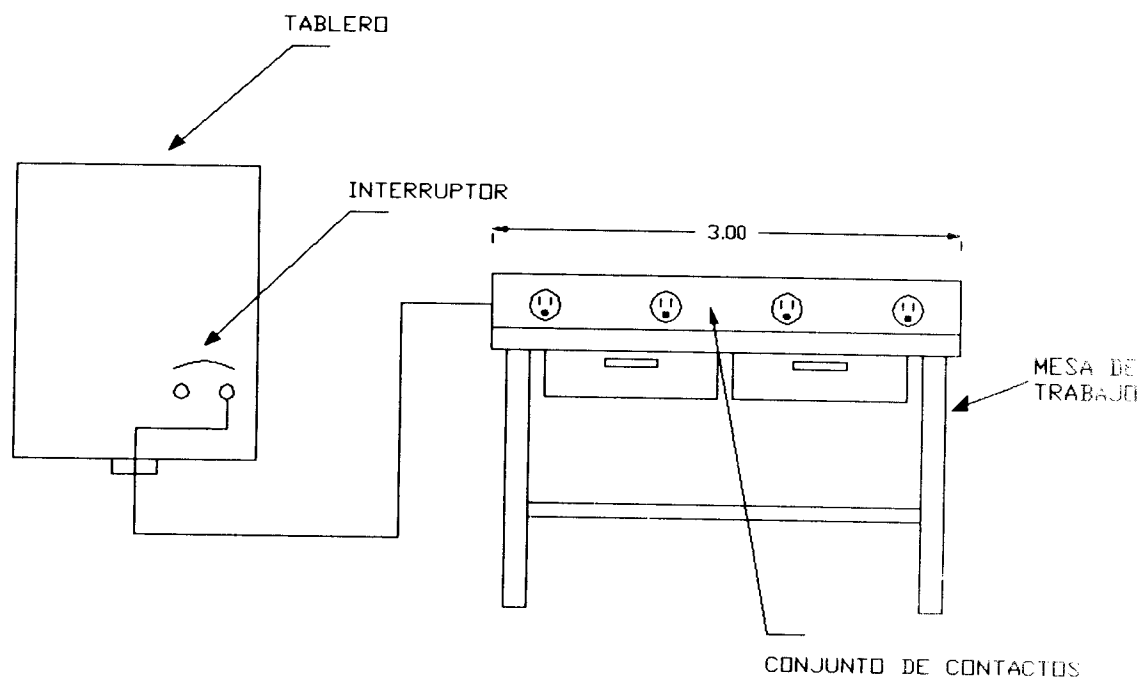
$$180 \text{ watts / salida} \times 40 = 7\,200 \text{ watts}$$

La carga para los contactos de operación continua se toma al 125%.

$$180 \frac{\text{watts}}{\text{salida}} \times 50 \times 1.25 = 11\,250 \text{ watts}$$

Ejemplo 6.3.- Calcular la carga que demanda una mesa de trabajo de un taller electromecánico. La mesa es de 3.0 m. de largo y los contactos que tiene pueden:

- a) Alimentar cargas de alumbrado.
- b) Cargas pesadas (herramientas de trabajo eléctricas, cautines, etc.)



Solución

- a) Cuando se trata de cargas ligeras para los conjuntos de multicontactos, se toman 180 watts por cada 1.5 m. del conjunto; de manera que, si la mesa de trabajo tiene 3.0 m. de largo se requieren:

$$\frac{3.00}{1.50} = 2.0$$

La carga total es:

$$2 \times 180 \text{ watts} = 360 \text{ watts}$$

- b) Cuando el conjunto de multicontactos alimenta cargas pesadas, entonces se toman 180 watts por cada 30 cm., es decir, en este ejemplo la longitud es de 3.00 m.

$$\frac{300 \text{ cm.}}{30 \text{ cm.}} = 10$$

La carga es:

$$10 \times 180 = 1\,800 \text{ watts}$$

6.2.1.3. CARGAS DE MOTORES.

La carga para los motores eléctricos tomados en forma individual se deben calcular al 125% del valor de la corriente de plena carga o nominal. Los valores de estas corrientes se obtienen de las Tablas 3.1 y 3.2 (Capítulo 3); también, como se estudio en el Capítulo 3, cuando se trata de dos o más motores, la corriente de carga se calcula para el 125% de la corriente del motor mayor más la suma de las corrientes de los otros motores.

La carga de motores más las otras cargas, tales como alumbrado, aparatos del hogar, etc., se debe calcular por un método específico.

El motor mayor se debe calcular al 125% de su corriente, se suman las corrientes de los otros motores, así como las corrientes de las cargas continuas y no continuas.

6.3. CIRCUITOS DERIVADOS QUE ALIMENTAN CARGAS GENERALES DE ALUMBRADO.

Para determinar el número y capacidad de los circuitos derivados requeridos en una instalación, las NTI y el NEC, especifican una carga mínima de alumbrado general, basándose en, si el ciclo de operación de esta carga es continuo o no continuo. En los locales comerciales o industriales las cargas de alumbrado general alimentan sólo luminarias o lámparas usadas para alumbrado preliminar. Las cargas para contactos de propósitos generales se calcula por separado. De acuerdo a las NTI los valores de cargas de alumbrado general en locales se dan en la tabla siguiente:

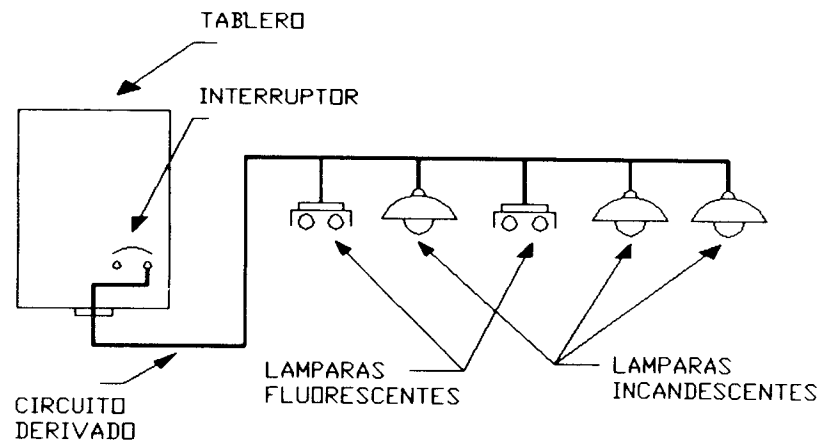
TABLA 6.1

CARGAS DE ALUMBRADO GENERAL EN LOCALES

Tipo de local	Cargas en watts por metro cuadrado
Auditorios.....	10
Bancos.....	30
Bodegas o almacenes.....	2.5
*Casas habitación.....	20
Clubes o casinos.....	20
Edificios industriales.....	20
Edificios de oficinas.....	30
Escuelas.....	20
Estacionamientos comerciales.....	5
Hospitales.....	20
*Hoteles, moteles y departamentos amueblados.....	20
Iglesias.....	10
Peluquerías y salones de belleza.....	30
Restaurantes.....	20
Tiendas.....	30

*Todos los contactos para aparatos menores de 3 amperes en casas habitación y cuartos de hoteles, moteles o departamentos (sin disposiciones para el uso de aparatos eléctricos para cocinar) pueden considerarse como salidas para alumbrado general y no es necesario incluir carga adicional alguna para ellos.

Ejemplo 6.4.- Calcular el número de circuitos derivados de 20 A. requeridos para alimentar una carga de alumbrado general de 6 500 watts a 127 volts.



CARGA DE ALUMBRADO DE 6500 WATTS.

Solución

El número de circuitos derivados de 20 A., se calcula como:

$$\text{No. circuitos} = \frac{\text{Carga total}}{\text{Amperes / circuito x volts}}$$

$$\text{No. circuitos} = \frac{5\ 000}{20 \times 127} = 1.96$$

Se toman 2 circuitos derivados de 20 A. a 127 volts con dos conductores.

Ejemplo 6.5.- Un edificio de almacenes tiene en una de sus áreas de compra una superficie de 20 m. x 15 m. Calcular la carga total de alumbrado general.

Solución

De la Tabla 6.1 se puede tomar una densidad de carga de 30 watts/m² (para tiendas), de manera que para la superficie total del área de compra de 20 x 15 = 300 m² la carga es:

$$30 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2} \times 300 \text{ m}^2 = 9\,000 \text{ watts}$$

Tomando el 125% de la carga.

$$1.25 \times 9\,000 = 11\,250 \text{ watts}$$

Ejemplo 6.6.- Un hospital tiene una carga total de alumbrado de 120 000 watts. Calcular la carga que se tendría después de aplicar los factores de demanda.

Solución

De acuerdo a la Tabla 5.2 (024.8 A.) de las NTI ó 220-11 del NEC, para hospitales se toman los primeros 50,000 watts al 40% y el remanente al 20%, de manera que:

$$\text{Primeros 50,000 al 40\%} \qquad 50,000 \times 0.4 = 20,000 \text{ W.}$$

$$\text{El exceso (120,000-50,000) al 20\%} = 70,000 \times 0.2 = \underline{14,000 \text{ W.}}$$

$$\text{Total:} \qquad \qquad \qquad \underline{34,000 \text{ W.}}$$

TABLA 6.2

**FACTORES DE DEMANDA PARA EL CALCULO DE LA
CARGA DE ALUMBRADO GENERAL EN ALIMENTADORES**

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado general a que se le aplica el factor de demanda	Factor de demanda en el alimentador.*
Casas habitación	Primeros 3 000 watts o menos Exceso sobre 3 000 watts	100% 35%
**Hoteles	Primeros 20 000 watts o menos Exceso sobre 20 000 watts	50% 40%
**Hospitales	Primeros 50 000 watts o menos Exceso sobre 50 000 watts	40% 20%
Edificios de Oficinas. Escuelas	Primeros 20 000 watts o menos Exceso sobre 20 000 watts	100% 70%
Otros locales	Carga total de alumbrado general	100%

* Factor de demanda: relación entre la demanda máxima del circuito y la carga conectada al mismo.

Ejemplo 6.7.- Calcular la carga para alumbrado general en un hotel que tiene 120 habitaciones de 25 m² cada una.

Solución

De acuerdo a la Tabla 6.1 se puede tomar para los hoteles una densidad de carga de 20 watts/m² de modo que:

$$25 \text{ m}^2 \times 120 \text{ habitaciones} \times 20 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2} = 60\,000 \text{ watts}$$

Aplicando los factores de demanda de la Tabla 6.2, para hoteles, los primeros 20 000 W. al 50% y el exceso sobre 20 000 W. al 40%.

$$20,000 \text{ al } 50\% \quad = 20,000 \times 0.5 = 10,000 \text{ W.}$$

El exceso 40%

$$(60,000 - 20,000) = 40,000 \times 0.4 = \underline{16,000 \text{ W.}}$$

$$\text{Total:} \quad \quad \quad 26,000 \text{ W.}$$

6.4. CARGAS DE CONTACTOS MAYORES DE 10 KVA.

Si la carga total en watts o VA de los contactos localizados en los locales industriales o comerciales, excede los 10 KVA; entonces, los primeros 10 KVA se calculan al 100% y el resto de los watts o VA al 50%. Esta reducción en la carga está basada en el concepto de que todos los contactos en un edificio o local, no se usan simultáneamente.

Ejemplo 6.8.- ¿Cuál es la carga por 200 contactos dobles en un edificio comercial?

Solución

Tomando 180 watts por contacto, la carga total de los 200 contactos es:

$$200 \text{ contactos} \times 180 \text{ watts / contacto} = 36\,000 \text{ W.}$$

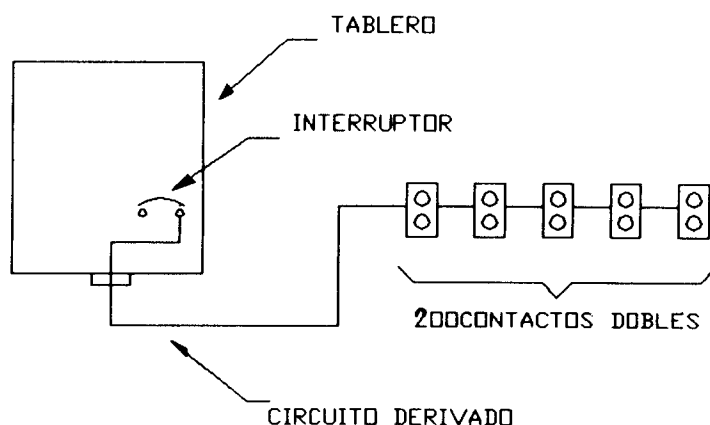
Se toman los primeros 10,000 watts al 100%.

Primeros $10,000 = 10,000 \times 1.0 = 10,000 \text{ W.}$

El resto al 50%

$(36,000 - 10,000) \times 0.5 = 26,000 \times 0.5 = 13,000 \text{ W.}$

Carga total: 23,000 W.



CARGA TOTAL = 23000 W.

Ejemplo 6.9.- Calcular la carga de alumbrado general para una tienda dentro de un centro comercial, cuya área de compra es de: 24 m. x 24 m. La alimentación es monofásica a 220/127 V.

Solución

De acuerdo a la Tabla 5.1 se considera una carga de 30 watts/m², por lo que, para el área de compras considerada se tiene:

$$30 \text{ watts/m}^2 \times 24 \times 24 = 17\,280 \text{ watts}$$

Ejemplo 6.10.- Calcular la carga de alumbrado para los casos siguientes:

- a) Un aparador con 14 m. lineales de exhibición.

- b) Un aparador con 60 salidas para alumbrado.
- c) Para el área de estacionamiento, la cual tiene 20 salidas para lámparas de 600 watts cada una.

Solución

- a) La carga de alumbrado para el aparador que tiene 14 m. lineales de exhibición, se calcula considerando una carga de 200 watts por cada 30 cm. de longitud, se tiene:

$$\frac{14 \text{ m.}}{0.30} \times 200 = 9\ 333 \text{ watts}$$

- b) La carga para el aparador con 60 salidas de alumbrado, se calcula considerando 180 watts/salida, es decir:

$$180 \times 60 = 10\ 800 \text{ watts}$$

Considerando que la carga es de ciclo continuo, se toma el 125% o sea:

$$1.25 \times 10\ 800 = 13\ 500 \text{ watts}$$

- c) La carga para el área exterior de estacionamiento con 20 salidas de 600 watts para luminarias, se obtiene como:

$$20 \times 600 = 12\ 000 \text{ watts}$$

Suponiendo un ciclo de operación continuo se toma el 125%, es decir:

$$1.25 \times 12\ 000 = 15\ 000 \text{ watts}$$

Ejemplo 6.11.- Calcular la carga por contactos para los casos siguientes:

- a) 42 contactos de ciclo de trabajo no continuo en un edificio de oficinas.
- b) 135 contactos de ciclo de trabajo no continuo en un edificio de oficinas.

Solución

- a) Para los 42 contactos con ciclo de trabajo continuo y considerando 180 watts por salida, se tiene.

$$42 \times 180 = 7\,560 \text{ watts}$$

- b) Para los 135 contactos con ciclo de trabajo no continua y tomando 180 watts por salida.

$$135 \times 180 = 24\,300 \text{ watts}$$

Como este valor excede de los 10,000 watts se aplican factores de demanda.

Los primeros 10,000 watts al 100% = $10,000 \times 1.0 = 10,000 \text{ W.}$

El resto $(24,300 - 10,000)$ al 50% = $14,300 \times 0.5 = \underline{7,150 \text{ W.}}$

Total: 17,150 W

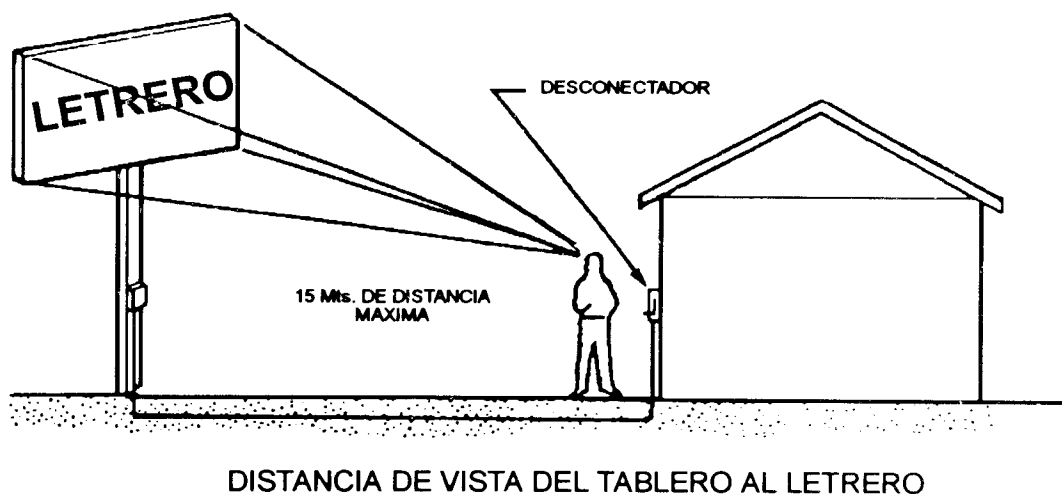
6.5. INSTALACIONES PARA LETREROS O ANUNCIOS.

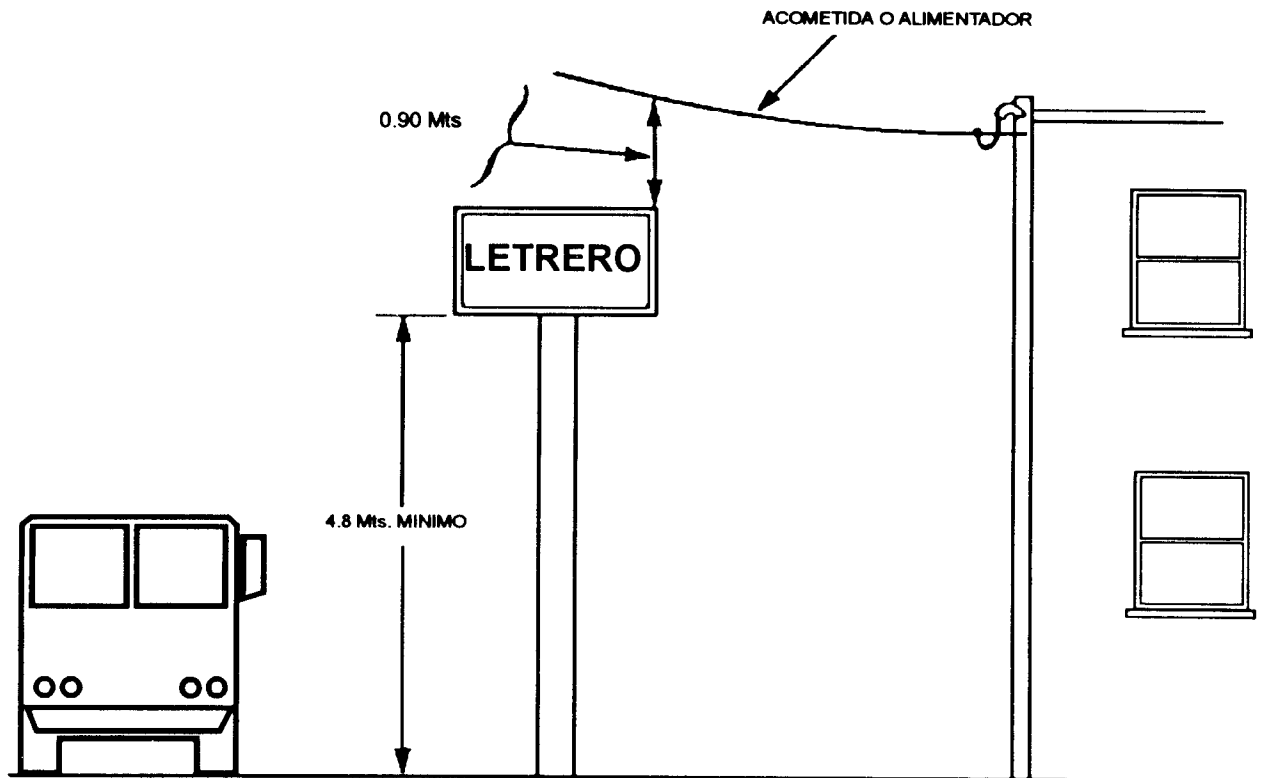
Un letrero o anuncio luminoso es un equipo cuya utilización es auto contenida, que se usa para anunciar o llamar la atención con propósitos definidos. Hay distintos tipos de letreros o anuncios luminosos, por ejemplo: los montados en poste, los letreros en edificios, los letreros con letras desplazables (de apariencia) y los tipo ventana.

Pueden usar, según sea la aplicación lámparas incandescentes, tubos de gas o lámparas fluorescentes.

Todos los letreros o excepción de los tipo portátiles, deben tener un medio de desconexión, el cual puede ser un desconectador o un interruptor y deben estar dentro de la zona de vista del letrero o anuncio.

Cuando se tiene letreros alimentados por transformadores, el switch desconecta también al transformador y dicho switch, debe tener una capacidad equivalente a la corriente que demanda la carga alimentada.





DISTANCIA DE SEGURIDAD EN ANUNCIOS LUMINOSOS

6.5.1. CIRCUITOS DERIVADOS PARA LETREROS O ANUNCIOS.

Los circuitos derivados se usan para alimentar balastras, transformadores o lámparas incandescentes para iluminar letreros.

Estos circuitos se dimensionan para 15, 20, 25 ó 30 amperes, se usan para alimentar a solo una parte o a un conjunto de salidas para alumbrado.

6.5.2. CARGA CALCULADA.

El cálculo de la carga para el servicio de acometida o el alimentador, se debe calcular para un mínimo de 1200 VA. Esta capacidad puede ser mayor dependiendo de la carga del letrero o anuncio luminoso .

Las cargas para los anuncios luminosos, se consideran como de ciclo de operación continuo, debido a que permanecen encendidas por períodos de tres horas o más, por lo que la carga de un anuncio luminoso debe incrementar en un 25%. Por ejemplo, si un anuncio luminoso demanda 16 A., el tamaño total de la carga es:

$$16 \text{ A.} \times 1.25 = 20 \text{ A.}$$

Ejemplo 6.12.- Calcular el calibre de los conductores de cobre tipo THWN requeridos para alimentar un anuncio luminoso que tiene 12 lámparas incandescentes de 150 watts cada una y que operan a 127 volts.

Solución

La carga total es:

$$\text{Watts} \times \text{Número de lámparas} \times 125\% = \text{Carga}$$

$$150 \times 12 \times 1.25 = 2\,250 \text{ watts}$$

La corriente que demandan estas lámparas, es:

$$I = \frac{\text{Watts}}{V} = \frac{2\,250}{127} 17.71 \text{ A.}$$

De las Tablas de conductores (Capítulo 2), se requiere conductor No. 12 AWG.

Ejemplo 6.13.- Calcular el calibre de los conductores de cobre tipo THHN que se requiere para alimentar un letrero luminoso con 4 balastras a 127 volts que demandan 3.9 A. cada una.

Solución

A. x No. de balastras x 125% = Carga

$$3.9 \times 4 \times 1.25 = 19.5 \text{ A.}$$

Se requiere un conductor No. 12 AWG.

Ejemplo 6.14.- Calcular el tamaño del dispositivo de protección requerido para proteger el circuito que alimenta un anuncio luminoso que tiene 62 lámparas de 60 watts cada una. El anuncio se alimenta a 127 volts, por medio de un circuito derivado.

Solución

Watts x No. de lámparas x 125% = Carga

$$60 \times 62 \times 1.25 = 4\,650 \text{ watts}$$

La corriente es:

$$I = \frac{4\,650}{127} = 36.61 \text{ A.}$$

Se puede usar un dispositivo de protección de 40 A.

6.6. CALCULO DEL TAMAÑO DEL AIRE ACONDICIONADO.

Para determinar el tamaño (en toneladas) del servicio de aire acondicionado para servir a un local, se puede aplicar un método simplificado que consiste en lo siguiente:

1. Calcular el área del local por servir, expresándola en metros cuadrados (m^2).
2. Dividir el área calculada entre $37 m^2$ /tonelada, esto permite obtener el tamaño de la unidad de aire acondicionado en toneladas.
3. Se considera una demanda de 6 amperes por tonelada, de manera que, el número de toneladas calculado se multiplica por 6 amperes. Este cálculo permite obtener la corriente que demanda la unidad de aire acondicionado alimentada en forma **MONOFASICA**.
4. Las unidades de aire acondicionado de alta eficiencia pueden demandar de 4 A. a 5 A. por tonelada.

NOTA:

Para unidades de aire acondicionado que se alimentan en forma trifásica, este método no es aplicable.

Ejemplo 6.15.- Calcular el tamaño de la unidad de aire acondicionado requerida para alimentar una casa de $110 m^2$ y la corriente que demanda, si la alimentación es 127 volts, a una fase.

Solución

El tamaño de la unidad de aire acondicionado, es:

$$\text{Ton. de la Unidad} = \frac{\text{Area de la casa o local}}{37} = \frac{110}{37} = 2.97$$

Se requiere una unidad de aire acondicionado de 3 toneladas. La corriente que demanda es:

$$\text{No. de toneladas} \times 6 \text{ A.} = 3 \times 6 = 18 \text{ A.}$$

6.7. CALCULO DEL TAMAÑO DE LA CALEFACCION ELECTRICA.

Para determinar el tamaño de un equipo de calefacción (expresado en Watts o VA) para servir a un área o espacio determinado, se debe calcular la carga de enfriamiento en BTU (British Thermal Unit). Hay 12 000 BTU por toneladas de enfriamiento.

El valor obtenido con la equivalencia anterior se toma al doble y se multiplica por 75% para obtener la carga total de calefacción en BTU.

Para calcular los KW se divide la carga de calefacción en BTU entre 3 500 W. Esto da la capacidad en KW de la unidad de calefacción.

Si se requieren expresar las unidades de calefacción en el sistema métrico, se tienen las siguientes equivalencias:

$$\text{BTU} = 0.252 \times \text{calorías}$$

$$\text{Calorías} = \text{BTU} \times 3.97$$

$$\text{Toneladas de refrigeración} = \frac{1}{1\,200} \times \text{BTU}$$

Ejemplo 6.16.- Calcular la capacidad (tamaño) de una unidad de calefacción eléctrica requerida para calentar una casa de 110 m².

Solución

El tamaño de la unidad en toneladas, se calcula de acuerdo al procedimiento empleado en el ejemplo 6.15, es decir:

$$\text{Capacidad de la Unidad} = \frac{\text{Area de la casa o local}}{37} = \frac{110}{37}$$

$$\text{Capacidad de la Unidad} = 3 \text{ Ton.}$$

Para calcular su ampacidad se procede, de acuerdo a lo indicado en este párrafo o sea:

$$\begin{array}{l} \text{BTU de carga de} \\ \text{calefacción} \end{array} = 075 \times \text{BTU/ ton} \times \text{ton} \times 2$$

$$\begin{array}{l} \text{BTU de carga de} \\ \text{calefacción} \end{array} = 0.75 \times 12\ 000 \times 3 \times 2 = 54\ 000 \text{ BTU}$$

También:

$$\text{KW} = \frac{\text{BTU}}{3\ 500} = \frac{54\ 000}{3\ 500} = 15$$

Es decir, se requiere de una unidad de calefacción de 15 KW.

6.8. DIMENSIONADO DE UNA PLANTA DE EMERGENCIA.

El tamaño de un grupo generador o planta de emergencia para una instalación industrial, comercial, de hospitales, hoteles, etc., se determina basándose en los **"KW de operación"** o los **"KW de rotor bloqueado"**.

Los KW de operación, representa la cantidad de potencia que un generador puede suministrar a la carga. Los KW de rotor bloqueado, es la cantidad de potencia que el generador puede suministrar a los equipos o cargas que tienen una alta corriente de inserción cuando arrancan. Para calcular los KW de rotor bloqueado, se suma la corriente total de inserción de todas las cargas cuando se conectan las potencias.

El grupo generador puede ser dimensionado también incrementando las cargas un porcentaje. Si la carga más grande de un motor se arranca antes que otras cargas, la capacidad en KW de este motor mayor se multiplica por el 125%. Los KW del segundo motor más grande se multiplica por el 125% y se suma a los KW del primer motor. Los motores adicionales se calculan usando el mismo procedimiento.

Las cargas de alumbrado o las cargas de tipo resistivo se calculan al 100% del valor en KW de cada carga y se suman a las otras cargas.

Por ejemplo, se tiene un motor de 200 KW, un motor de 75 KW y una carga de alumbrado de 10 KW que van a ser conectadas al generador de emergencia. La primer carga a ser conectada y arrancada, es la del motor de 200 KW, por lo que se toma el 125% de ésta.

$$200 \times 1.25 = 250 \text{ kW}$$

La segunda carga del motor se multiplica también por 125%.

$$75 \times 1.25 = 94 \text{ kW}$$

La última carga a conectar al generador es la del alumbrado de 10 KW, ésta se multiplica por 100%.

$$10 \times 1.0 = 10 \text{ KW}$$

La secuencia, es la siguiente:

La primera carga de 250 KW se arranca y acelera para operar a 200 kW, la segunda carga se arranca 94 KW y se suma a los 200 KW de operación ($200 \text{ KW} + 94 \text{ KW} = 294 \text{ KW}$).

La carga de 94 KW se acelera a la de operación de 75 KW, la tercera carga se arranca aproximadamente 10 KW y se suma a los KW de operación de las otras cargas.

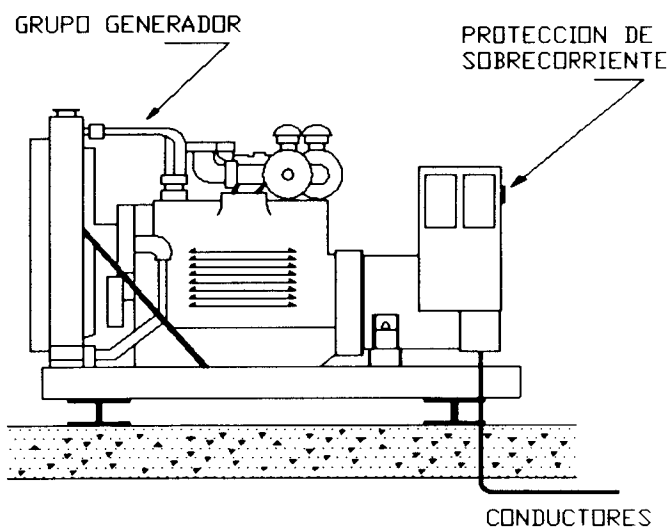
$$(200 \text{ KW} + 75 \text{ KW} + 10 \text{ KW} = 285 \text{ KW})$$

Entonces el generador requiere: 354 KW a rotor bloqueado ($250 \text{ KW} + 94 \text{ KW} + 10 \text{ KW} = 354 \text{ KW}$) y 285 KW de operación ($200 \text{ KW} + 75 \text{ KW} + 10 \text{ KW} = 285 \text{ KW}$).

En el caso de que las cargas más pequeñas se conecten inicialmente al grupo generador primero, se usa el 140% en lugar del 125% y se aplica el mismo procedimiento que representa de hecho una "regla de dedo".

Ejemplo 6.17.- Dimensionar el grupo generador de una planta de emergencia que alimenta las cargas siguientes:

Cargas	KW a rotor bloqueado	KW de operación
Motor 1	600 KW	150 KW
Motor 2	250 KW	75 KW
Carga de alumbrado	11 KW	10 KW



Solución

a) Usando los KW de rotor bloqueado.

Motor 1	—	600 KW
Motor 2	—	250 KW
Alumbrado	—	<u>11 KW</u>
Total:		861 KW

b) Usando los KW de operación

Motor 1	150 KW x 1.25=	187.50 KW
Motor 2	75 KW x 1.25=	93.75 KW
Alumbrado	10 KW x 1.00=	<u>10.00 KW</u>
Total:		291.25 KW

La secuencia de las cargas, es la siguiente:

- 1a. carga dentro: 187.50 KW
- 2a. carga dentro: 93.75 KW
- 3a. carga dentro: 10.00 KW

La carga total (KW) de operación:

Motor 1	—	150 KW
Motor 2	—	75 KW
Alumbrado	—	<u>10 KW</u>
Total:		235 KW

De manera que se requieren:

KW de arranque:	291.25
KW de operación:	235

6.9. EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA.

Los sistemas de emergencia tienen la función de proporcionar suministro de potencia cuando el sistema normal de alimentación se pierde. Se debe proporcionar potencia para alumbrado, alumbrado de señalización y cualquier otra carga designada para la seguridad.

En los edificios grandes, los sistemas de emergencia deben proporcionar potencia para los elevadores y bombas de contraincendio.

En una instalación comercial o industrial, se debe disponer de los sistemas de emergencia, esto, para cumplir con un aspecto de ley (**sección 513 de las NTI y 700-12 del NEC**). Al respecto las NTI establecen, lo siguiente para las instalaciones de emergencia de alumbrado y fuerza:

INSTALACIONES DE EMERGENCIA PARA ALUMBRADO Y FUERZA.

Generalidades.

Aplicaciones.

Esta sección contiene requisitos que deben cumplir los circuitos y el equipo relacionado con los mismos, que, en determinados locales, se emplean para el suministro de energía eléctrica a los servicios que son esenciales y cuya falta, en caso de interrupción del abastecimiento normal, puede poner en peligro la vida de personas y a sus propiedades. No es el propósito de esta sección establecer cuáles son los locales en que se requieren instalaciones de emergencia, ya que este punto es materia del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y de otros ordenamientos expedidos por las autoridades competentes.

Generalmente se requieren circuitos de emergencia: en locales para espectáculos y de gran concurrencia de público, tales como teatros, cines, auditorios, estaciones de ferrocarriles y autobuses, etc., para proporcionar iluminación que permita la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior; en hospitales, para fuerza e iluminación de quirófanos, salas de partos, salas de incubadoras, etc.; en sistemas de alarma y bombas contra incendio y otros casos similares.

Salvo lo modificado por la presente sección, las instalaciones de emergencia deben cumplir con los requisitos de otras secciones de estas Normas técnicas, que sean aplicables.

Pruebas y mantenimiento.

Los sistemas de emergencia, a que se refiere esta sección, deben probarse periódicamente para asegurar su buen funcionamiento en el momento en que se requieran. Cuando se usen acumuladores, éstos deben ser cargados continuamente.

El tiempo de transferencia de la condición normal a emergencia, no debe exceder a 10 segundos.

Existen básicamente cinco métodos para proporcionar sistemas de emergencia, que son:

- **A base de baterías.**
- **Con grupos primo motor-generator (planta de emergencia).**
- **• Servicios separados.**
- **Conexión anticipada a la del servicio principal.**
- **Equipo unitario.**

6.9.1. SISTEMA DE BATERIAS.

Las baterías de almacenamiento o acumuladores, se pueden instalar para alimentar a los equipos prioritarios y debe tener suficiente capacidad para abastecer y mantener a no menos del 90% del voltaje nominal del sistema a los circuitos de emergencia por un tiempo, no menor del 90% del voltaje nominal del sistema los circuitos de

A LA ALIMENTACION EN C.A.

SISTEMA NORMAL

CARGADOR DE BATERIAS

SWITCH DE TRANSFERENCIA AUTOMATICO

TABLERO DE EMERGENCIA

SISTEMA DE BATERIAS

SISTEMA DE EMERGENCIA

LAS BATERIAS DEBEN MANTENER EL 90% DEL VOLTAJE NOMINAL DURANTE 1/2 HORA

CIRCUITOS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

SISTEMA DE EMERGENCIA CON BATERIAS

6.9.2. GRUPO PRIMO MOTOR-GENERADOR. (Planta de Emergencia).

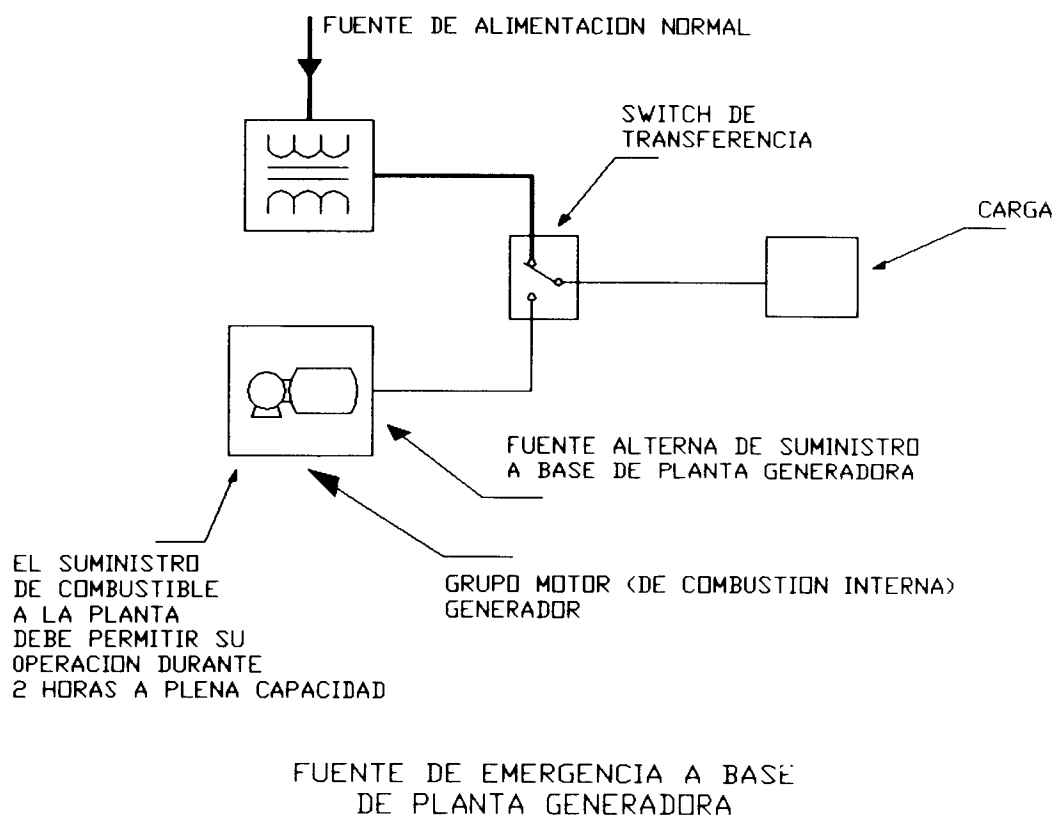
Quando el tamaño o importancia de una instalación lo justifique, se debe instalar como servicio de emergencia. Una planta generadora debe contar con capacidad suficiente para abastecer a los circuitos de emergencia. Esta planta, debe contar con los medios adecuados para su arranque automático en caso de falla del servicio normal y el instante en que el generador empieza a operar, no debe ser mayor de 10 segundos.

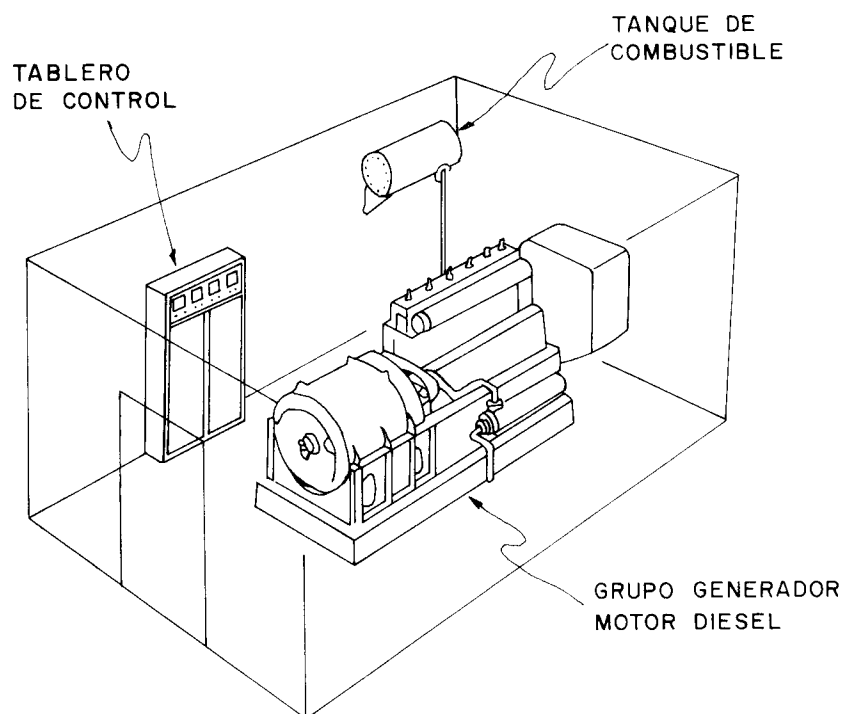
Otros circuitos alimentados por la planta.

Es permitido, que la planta generadora alimente otros circuitos que no sean los de emergencia a que se refiere este párrafo.

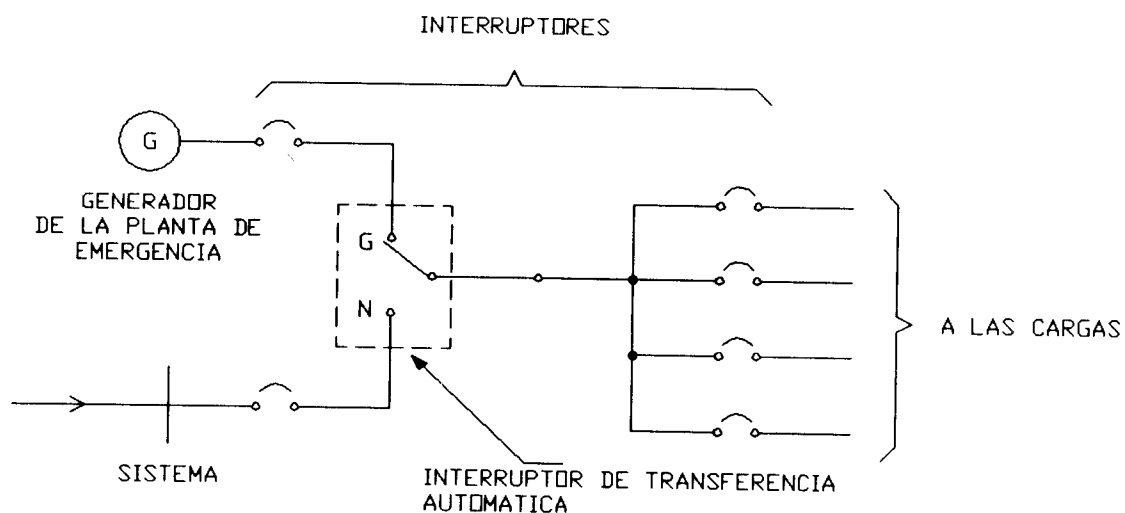
Se debe cumplir el requerimiento de que los primo motores (a base de motores de combustión interna) deben ser capaces de suministrar potencia durante al menos 2 horas de operación a plena capacidad.

Los generadores que requieran de más de 10 segundos para poder entregar su potencia, deben tener una fuente de potencia auxiliar para compensar potencia, en tanto que, éste pueda entregar su capacidad plena.





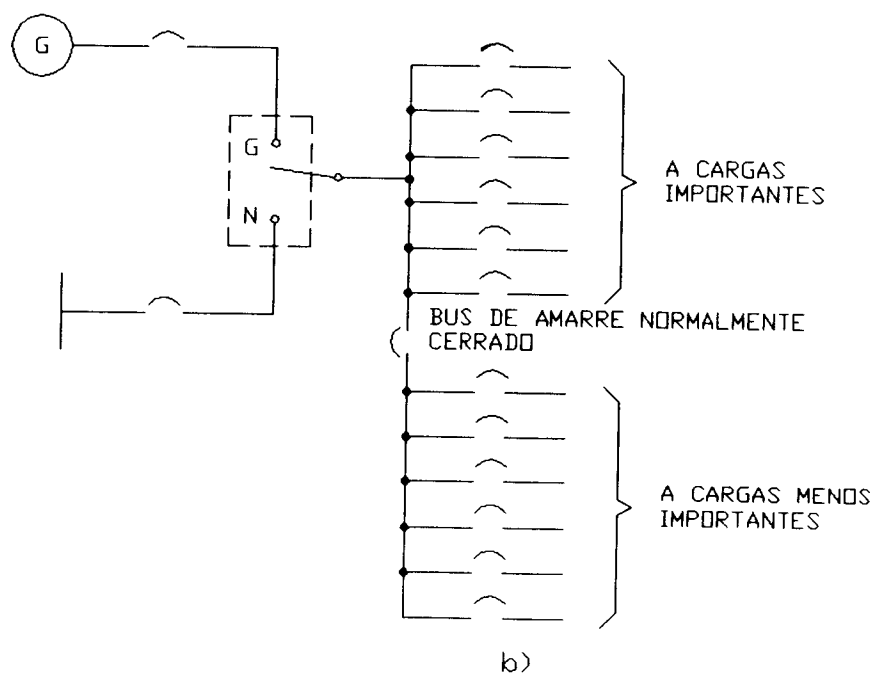
VISTA DE LOS ELEMENTOS DE UNA PLANTA
DE EMERGENCIA DIESEL.



INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA

G - TERMINALES DEL GENERADOR

N - TERMINALES DEL SERVICIO DE LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA.



ARREGLO BASICO DE GENERADOR DE EMERGENCIA
Y SWITCH DE TRANSFERENCIA

TABLA 6.3

**ALGUNOS TAMAÑOS COMERCIALES DE MOTORES DE
COMBUSTION, PARA GENERADORES EN PLANTAS
DE EMERGENCIA (DIESEL)**

Potencia Generador (kW)	Potencia del Motor (HP)	Velocidad (RPM)	Presión Media Efectiva	Cilindrada (Litros) (kg/cm ²)	Número de Cilindros
75 *	112	1 800	7	8.1	4
100 *	115	1 800	6.4	12.17	6
125	202	1 800	8	12.17	6
150	235	1 800	10	12.17	8
200	315	1 800	10	16.2	8
250	505	1 800	17	14.6	6
350	660	1 800	17	19.5	8
400	790	1 800	18	32.2	8
600	1 190	1 800	18	48.3	12
900	1 570	1 800	18	64.5	16

* Con aspiración natural, las que no se indica son con turbocargado.

Las NTI en la sección 514 establece con respecto a la aplicación, autorización e instalación lo siguiente:

Aplicación.

Esta sección contiene requisitos que deben cumplir las plantas generadoras instaladas por usuarios con objeto de abastecer, en caso de interrupción en el sistema de suministro público, algunas cargas que, por razones especiales, requieren la mayor continuidad posible de servicio. Tal es el caso, por

ejemplo, de las cargas alimentadas por los circuitos de emergencia, o bien, el de los servicios esenciales en sistemas de comunicación y en ciertos procesos industriales, cuya interrupción originaría serios perjuicios al propio usuario.

Salvo lo modificado por la presente sección, el equipo que se instale en las plantas generadoras de usuarios y los circuitos alimentados por ellas deben cumplir con los requisitos de otras secciones de estas Normas Técnicas, que sean aplicables.

Autorización.

La instalación de las plantas de usuarios requiere autorización previa de la Secretar

La para lo cual debe seguirse el procedimiento que ésta fije en los instructivos correspondientes.

Local.

Las plantas generadoras de usuarios deben instalarse en un local destinado especialmente para ellas y de amplitud suficiente para permitir que la operación y mantenimiento de las mismas puedan efectuarse sin dificultad y dentro de la mayor seguridad posible. dicho local debe contar con una ventilación adecuada.

Equipo de transferencia.

Debe contarse con el equipo de transferencia, manual o automático, necesario para hacer el cambio de la alimentación normal a la alimentación con la planta propia, de los circuitos que lo requieran. Dicho equipo debe ser de características

adecuadas para el uso a que se va a destinar y estar construido e instalado de manera que no haya posibilidad de interconectar inadvertidamente la red de abastecimiento público con la planta propia del usuario.

Conexión a tierra.

La carcasa del generador y la cubierta del equipo de protección y control del mismo deben estar conectados a tierra. Igualmente, el conductor neutro del sistema que se origina en el generador, debe estar conectado a tierra.

Otros requisitos cuando la planta es obligatoria legalmente.

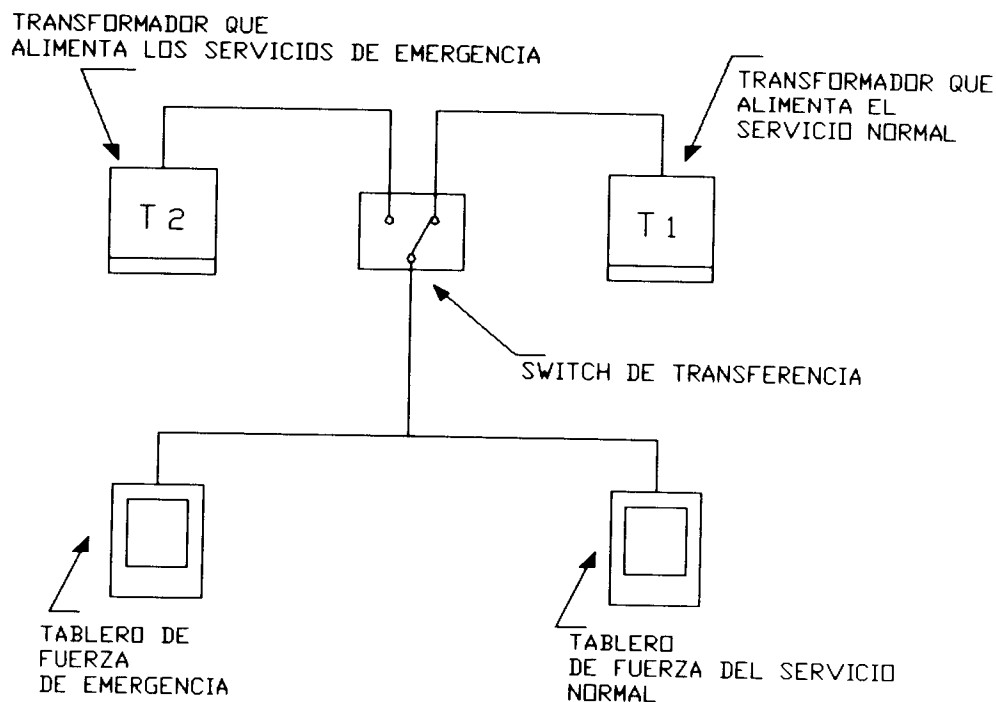
Cuando algún ordenamiento de las autoridades competentes requiere la instalación de una planta por parte del usuario, además de los requisitos anteriores deben cumplirse los siguientes:

- a) La planta debe estar provista de medios adecuados para su arranque automático, al fallar el suministro normal y para la transferencia y abastecimiento a plena carga de los circuitos que debe alimentar, en el tiempo mínimo que establezca el ordenamiento respectivo.**
- b) La planta debe contar con abastecimiento de combustible suficiente para su operación a plena carga durante dos horas, como mínimo.**
- c) El sistema completo, propio de la planta, debe ser probado al terminarse su instalación y, posteriormente, en forma periódica, según el programa y procedimientos que fije la Secretaría, para asegurarse de que el sistema se mantiene en condiciones adecuadas de operación.**

6.9.3. SERVICIOS SEPARADOS.

La empresa suministradora de energía eléctrica puede separar los servicios a un usuario, cuando así se requiera y justifique en los servicios de emergencia. La mayoría de estas soluciones a los servicios de emergencia requieren de un transformador por separado, de manera que si una falla se presenta en el servicio normal dejando fuera al transformador de alimentación, el sistema de emergencia pueda ser alimentado desde un segundo transformador.

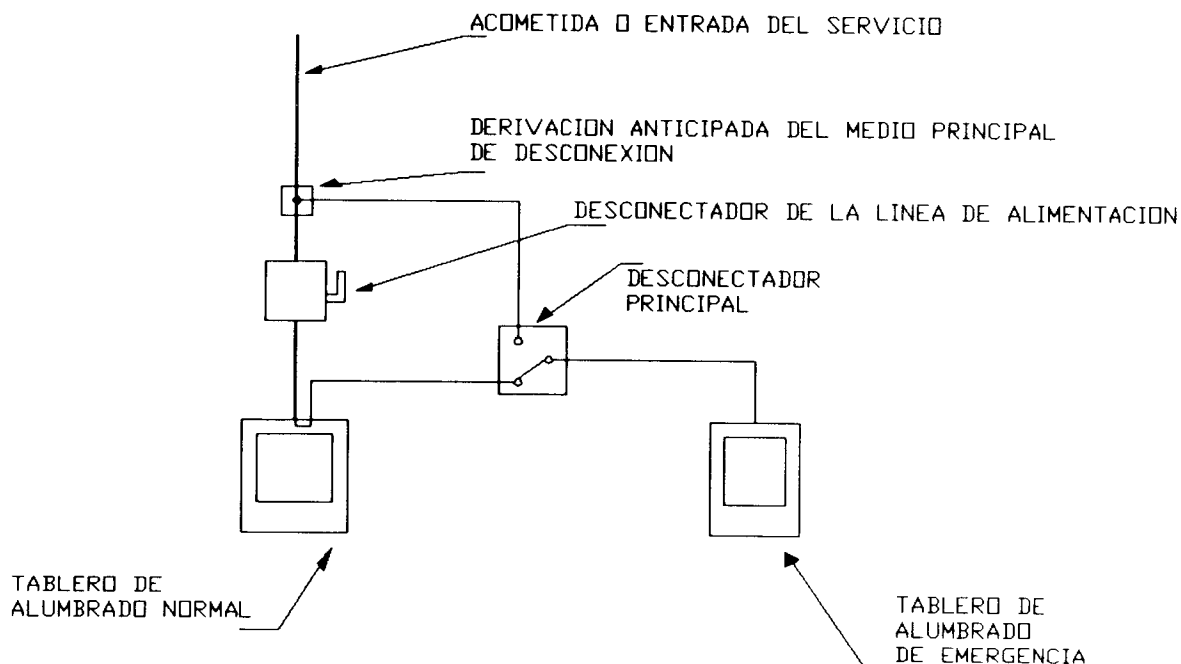
El servicio separado debe estar localizado retirado del equipo del servicio normal; incluyendo la acometida, ya que si ésta sufre daño, se puede alterar la operación al servicio de emergencia. Algunas veces, se considera la opción de usar alimentación aérea para el servicio normal, y subterránea para el de emergencia.



SERVICIOS DE EMERGENCIA SEPARADOS

6.9.4. CONEXION ANTICIPADA A LA DEL SERVICIO PRINCIPAL.

En algunos casos, el suministro a los servicios de emergencia se puede derivar en forma anticipada del servicio principal, es decir, antes de alimentar a éste y en particular del medio de desconexión. Este tipo de solución para alimentar los servicios de emergencia, no se debe usar cuando existen grupos importantes de personas que se deben desplazar distancias grandes hacia las salidas de seguridad. Este método se debe usar sólo cuando el riesgo de pánico es bajo y ser aprobado previamente por la autoridad competente.



SISTEMA DE ALIMENTACION A LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA USANDO UNA DERIVACION ANTICIPADA

6.9.5. EQUIPO UNITARIO.

Equipo de iluminación unitario.

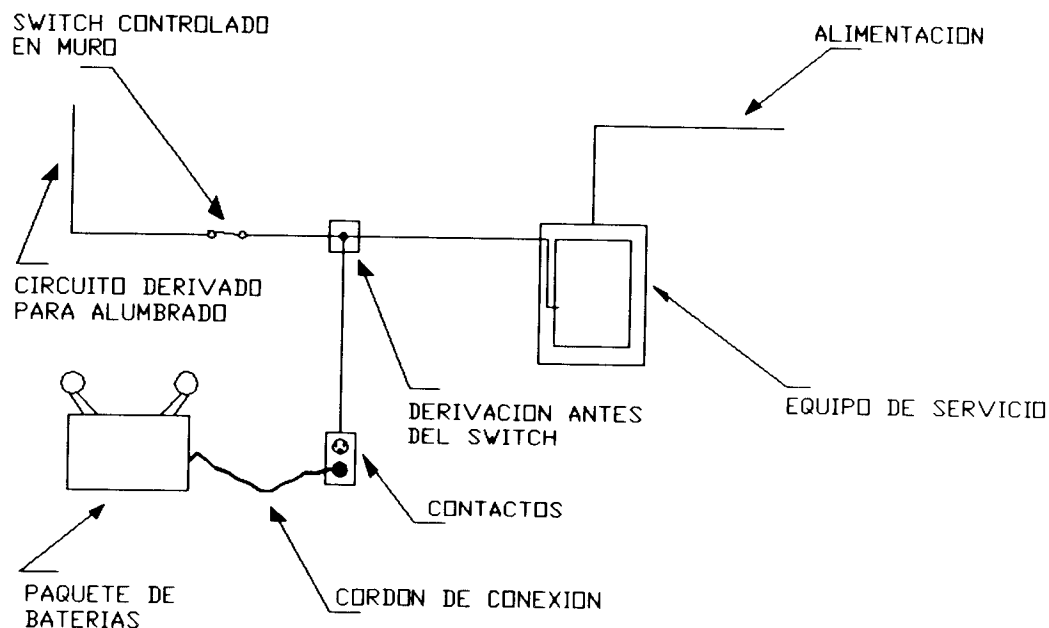
En algunos casos puede ser suficiente un equipo unitario, para proporcionar iluminación de emergencia. Este equipo debe estar permanentemente en su lugar.

Un equipo de iluminación unitario consistirá de lo siguiente: 1) una batería de acumuladores, 2) un cargador de baterías, 3) una o más lámparas montadas sobre el equipo, permitiéndose también que tenga terminales para lámparas remotas, y 4) un relevador que conecte automáticamente las lámparas en caso de interrupción del abastecimiento del alumbrado normal.

Circuitos

Cargas.

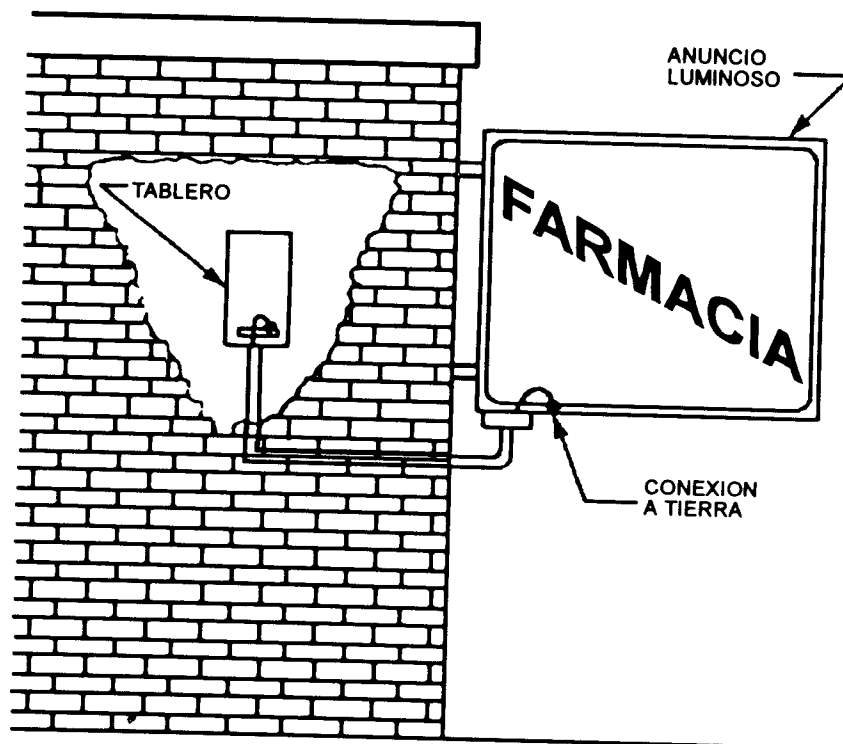
Las cargas de emergencia a que se refiere esta sección deben ser alimentadas por circuitos derivados exclusivos para las mismas.



Dispositivos de señalización.

Se recomienda instalar dispositivos de señalización, audibles o visibles, para los siguientes fines:

- a) Dar aviso de avería en la fuente de emergencia.**
- b) Indicar que el acumulador o generador está suministrando carga.**
- c) Indicar (con señal visible) que el cargador de baterías está funcionando adecuadamente.**

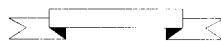


TABLERO DE ALIMENTACION AL ANUNCIO LUMINOSO Y SU CONEXION A TIERRA

BIBLIOGRAFIA

1. **Residential Electrical Design.**
 John E. Traister.
 Ed. Craftman Book Co.
2. **Estimating Electrical Construction.**
 Edward J. Tyler.
 Ed. Craftman Book Co.
3. **Introduction to the Design and Analysis of
 Building Electrical Systems.**
 John H. Matthews.
 Ed. Van Nostrand and Reinhold.
4. **Masters Electrician's Workbook.**
 James G. Stallcup.
 Ed. American Technical Publishers.
5. **Designing Electrical Systems.**
 Based on the NEC 1993.
 James G. Stallcup.
 Ed. American Technical Publishers.
6. **Electrical Wiring and Repair.**
 Martin Clifford.
 Ed. Prentice Hall.
7. **Electrical Blueprint Reading.**
 Taylor F. Winslow.
 Ed. Craftman Book Co.
8. **Residential Electrician's Handbook.**
 John Traister.
 Ed. Craftman Book Co.

9. **Home Wiring: improvement, extension, repairs.**
Graft, G. J. Whalen.
Ed. Craftman Book Co.
10. **Residential Wiring to the 1993 NEC.**
Jeff Markell.
Ed. Craftman Book Co.
11. **Electrical Wiring.**
Arthur C. Seale Jr.
Ed. Howard W. Sams & Company.
12. **Guide to the National Electrical Code 1993 Edition.**
Thomas L. Harman, Charles E. Allen.
Ed. Prentice Hall.
13. **Home Electrical Wiring and Maintenance. Made Easy.**
American Association for Vocational Instructional Materials.
Ed. Tab Books.
14. **EC&M. Illustrated Changes in the 1993.**
National Electrical Code.
Frederic P. Hartwell.
Ed. Intertec Publishing.
15. **National Electrical Code 1993.**
Ed. NEPA.
16. **Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.**
Parte 1. Instalaciones para el uso de energía eléctrica.
SFJ.
17. **Jour neyman Electrician's Workbook.**
Based on the 1993 NEC.
James G. Stallcup.
Ed. American Technical Publishers.
18. **Illustrated Guide to the National Electrical Code 1993.**
John E. Traister.
Ed. Craftman.



Otras obras del mismo autor:

EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

Muestra los elementos necesarios para realizar proyectos de instalaciones eléctricas industriales. Mediante conceptos básicos de electricidad, ayuda a la comprensión de los conductores eléctricos y los canalizadores.

Asimismo, analiza el cálculo de circuitos derivados y alimentadores para alumbrado y la protección contra sobrecorrientes y corto circuito.

Se recomienda especialmente la siguiente obra por ser complemento de la presente publicación:

GUÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES, INDUSTRIALES Y COMERCIALES.

Capítulo 1

Requisitos técnicos de carácter general y conceptos básicos para instalaciones eléctricas

Capítulo 2

Los componentes de las instalaciones eléctricas

Capítulo 3

Dispositivos de protección contra sobrecorriente

Capítulo 4

Cálculos generales para el diseño de circuitos derivados

Capítulo 5

Cálculos generales para el diseño de circuitos alimentadores en instalaciones comerciales e industriales

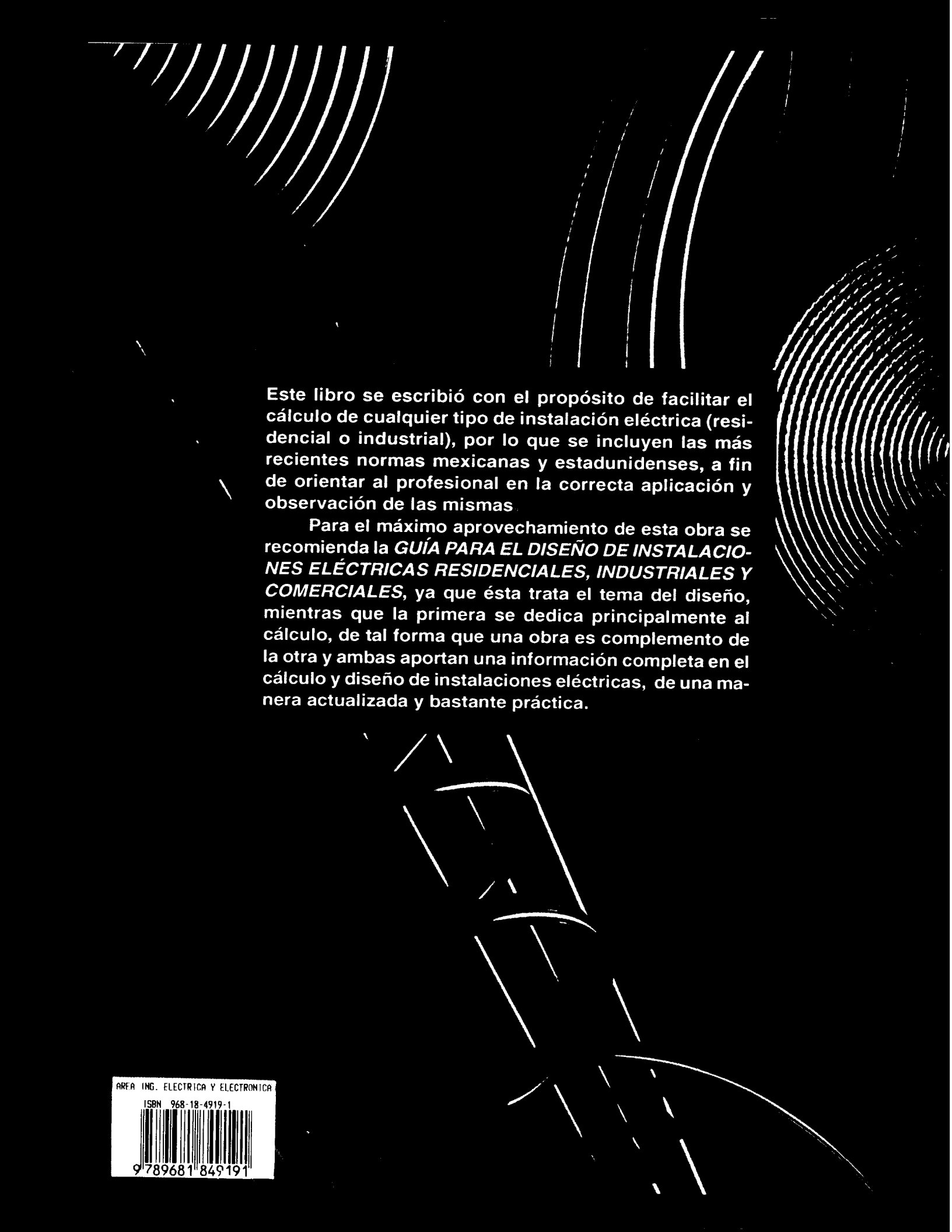
Capítulo 6

Cálculo de cargas eléctricas y servicios residenciales

MANUAL DE ELECTRICIDAD I

Hoy en día, las aplicaciones de la electricidad a la industria resultan cada vez más importantes y variadas, por tal motivo es necesario tener conocimiento sobre algunos aspectos formativos que tienen relación con problemas específicos, ya sea de equipos, instalaciones, mediciones o aspectos básicos de la electricidad.

Este volumen cubre algunos de los temas más relevantes de la electricidad a nivel básico y formativo, tales como: elementos de electricidad, circuitos de corriente alterna, mediciones eléctricas y principios, pruebas, instalación y mantenimiento de los transformadores, entre otros, pero con un enfoque conceptual y analítico, procurando hacer énfasis en los aspectos que orientan, de alguna forma, hacia fines prácticos.



Este libro se escribió con el propósito de facilitar el cálculo de cualquier tipo de instalación eléctrica (residencial o industrial), por lo que se incluyen las más recientes normas mexicanas y estadounidenses, a fin de orientar al profesional en la correcta aplicación y observación de las mismas.

Para el máximo aprovechamiento de esta obra se recomienda la *GUÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES, INDUSTRIALES Y COMERCIALES*, ya que ésta trata el tema del diseño, mientras que la primera se dedica principalmente al cálculo, de tal forma que una obra es complemento de la otra y ambas aportan una información completa en el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas, de una manera actualizada y bastante práctica.

AREA ING. ELECTRICA Y ELECTRONICA

ISBN 968-18-4919-1



9 789681 849191