



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
*DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA*



INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Miguel Ángel Rodríguez Pozueta

© 2009, Miguel Angel Rodríguez Pozueta

Universidad de Cantabria (España)

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> or send a letter to Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.



Está permitida la reproducción total o parcial de este documento bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported que incluye, entre otras, la condición inexcusable de citar su autoría (Miguel Angel Rodríguez Pozueta - Universidad de Cantabria) y su carácter gratuito.

Este documento puede descargarse gratuitamente desde esta Web:
<http://personales.unican.es/rodrigma/primer/publicaciones.htm>

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

ABREVIATURAS UTILIZADAS

AT	Alta tensión
BT	Baja tensión
CC	Centralización de contadores
CPG	Caja general de protección
CPM	Caja de protección y medida
CT	Centro de transformación
DGMP	Dispositivos generales de mando y protección
DI	Derivación individual
EPR	Etileno-propileno (material aislante de cables eléctricos)
GUIA-BT	Guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión
ICP	Interruptor de control de potencia
ID	Interruptor diferencial
IK	Es un código de identificación para indicar el grado de protección que proporciona una envolvente frente a los impactos mecánicos nocivos
IGA	Interruptor general de protección
IP	Es un código de identificación para indicar el grado de protección que da una envolvente contra la entrada de cuerpos sólidos y de agua
ITC (ITC-BT)	Instrucción técnica complementaria del REBT
LGA	Línea general de alimentación
MBTS	Muy baja tensión de seguridad
NTE	Norma tecnológica de la edificación
PIA	Pequeño interruptor automático
PVC	Policloruro de vinilo (material aislante de cables eléctricos)
RAE	Reglamento de aparatos elevadores y manutención
REBT	Reglamento electrotécnico de baja tensión
XLPE	Polietileno reticulado (material aislante de cables eléctricos)

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Miguel Angel Rodríguez Pozueta

1. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE B.T.

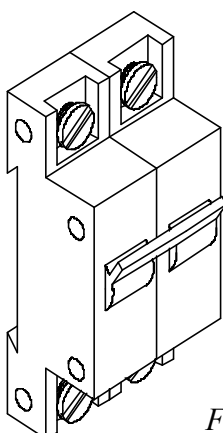
Recordemos algunos tipos de protección que se utilizan en las instalaciones de baja tensión.

1.1. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS MAGNETOTÉRMICOS

Sirven para proteger los circuitos contra las sobreintensidades, es decir contra corrientes superiores a su valor asignado. Las sobreintensidades pueden ser sobrecargas o cortocircuitos.

Si el aumento de la corriente es algo mayor que la asignada -por ejemplo, porque se obligue a un motor a proporcionar un par superior al asignado- se tiene una sobrecarga. Un circuito puede soportar una sobrecarga durante cierto tiempo sin sufrir daños y si ésta cesa antes de que pase este tiempo, no es preciso que actúe ninguna protección.

Si el aumento de la corriente es debido al contacto entre dos partes a distinta tensión o entre partes activas y masa o tierra se tiene un cortocircuito. Normalmente un cortocircuito produce una intensidad muy elevada que hay que interrumpir lo más rápidamente posible.



Una protección magnetotérmica incluye una protección contra sobrecargas, que no actúa instantáneamente sino con cierto retraso, tanto menor cuanto mayor sea la sobrecarga, y una protección contra cortocircuitos instantánea (no tiene ningún retraso en su actuación introducido adrede por el fabricante). Cuando la protección magnetotérmica actúa manda abrir el interruptor que gobierna el circuito que protege. Muchas veces, en instalaciones de baja tensión, la protección y el interruptor forman una única unidad que se denomina interruptor automático magnetotérmico (Fig. 1).

Fig. 1: Interruptor automático (Autor: Fernando Bustillo)

Tabla I: Tipos de interruptores automáticos magnetotérmicos

Tipo de interruptor automático	Corriente a partir de la cual actúa la protección instantánea
L	entre 2,4 y 3,5 I_N
U	entre 3,5 y 8,0 I_N
G	entre 7,0 y 10 I_N
B	entre 3 y 5 I_N
C	entre 5 y 10 I_N
D	entre 10 y 20 I_N
MA	fijo a 12 I_N
Z	entre 2,4 y 3,6 I_N
ICP-M	entre 5 y 8 I_N

(I_N = Intensidad asignada o nominal del interruptor automático)

En un interruptor automático la protección contra sobrecargas empieza a actuar en cuanto la intensidad supera a la asignada del interruptor y el tiempo que tarda en actuar es inversamente proporcional a dicha intensidad. La protección contra cortocircuitos actúa de forma inmediata, pero a partir de una corriente varias veces superior a la asignada del interruptor. Según la corriente a partir de la cual actúa la protección instantánea se tienen diferentes tipos de interruptores automáticos, lo cual está indicado en la tabla I (basada en las normas UNE-EN 60898 y 60947).

1.2. FUSIBLES

Los cortacircuitos fusibles son otra protección contra sobreintensidades basada en la fusión de un conductor cuando la corriente que lo recorre es superior a un cierto valor.

Actualmente los fusibles se presentan en forma de cartuchos que se colocan sobre una base soporte adecuada y que deben ser sustituidos tras su fusión. Suelen disponer de un elemento indicador de su estado (si están fundidos o no).

1.3. INTERRUPTORES DIFERENCIALES

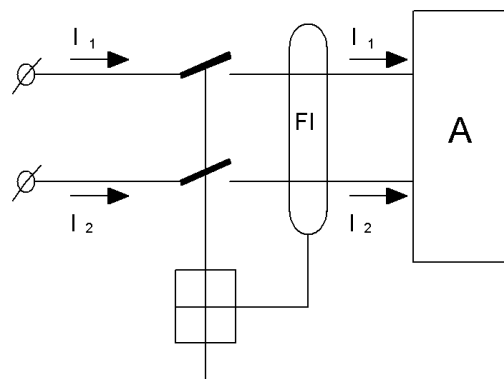
La protección diferencial protege a los circuitos eléctricos contra las corrientes de defecto a tierra.

Consideremos el circuito de corriente alterna monofásica de la Fig. 2, donde A representa una carga cualquiera: un motor, una impedancia, etc. y FI representa a la protección diferencial. La línea entre el interruptor y el diferencial indica que el diferencial puede abrir el interruptor. Si el circuito no tiene corrientes de defecto a tierra, en un instante dado la intensidad que entra al circuito (i_1) es igual a la intensidad que sale ($-i_2$). Por lo tanto, la suma de intensidades que entran al diferencial es cero ($i_1 = -i_2$; $i_1 + i_2 = 0$) y la protección diferencial no manda abrir el interruptor.

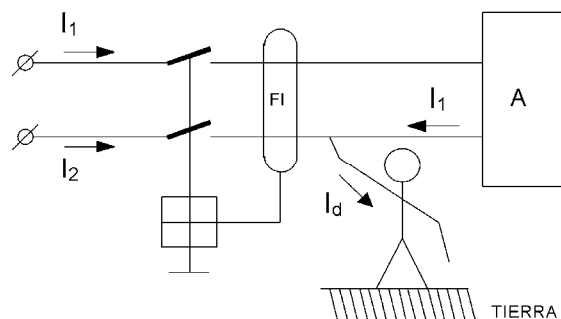
Si suponemos ahora que una persona accidentalmente toca uno de los conductores activos (contacto directo) que alimentan la carga A (ver la Fig. 3), se producirá una corriente de defecto i_d a través de ella. La persona actúa en éste caso como una impedancia conectada a la tensión que hay entre el conductor considerado y la tierra. De la Fig. 3 se deduce que:

$$i_1 + i_2 = i_d$$

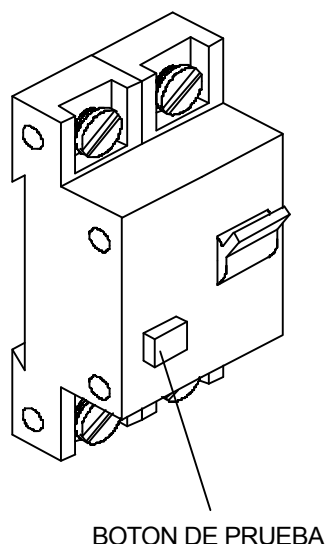
Si i_d es mayor a la sensibilidad de la protección diferencial, ésta actuará abriendo el interruptor y protegiendo así a la persona que se estaba electrocutando.



*Fig. 2: Conexión de la protección diferencial
(Autor: Fernando Bustillo)*



*Fig. 3: Actuación de una protección diferencial cuando hay una corriente de defecto
(Autor: Fernando Bustillo)*



*Fig. 4: Interruptor diferencial
(Autor: Fernando Bustillo)*

La protección diferencial protege también de electrocución cuando el contacto de una persona con una fase se produce de forma indirecta (contacto indirecto). En efecto, supóngase un aparato eléctrico de carcasa metálica (por ejemplo, una lavadora) en el cual ha fallado el aislamiento de una fase con el resultado de que un conductor a tensión ha quedado tocando la carcasa. En este caso una persona que toque la carcasa del aparato (lo que en condiciones normales no debería representar ningún peligro) podría electrocutarse. Si la carcasa del aparato está conectada a tierra, bien directamente (lo que es altamente recomendable) o bien por estar en contacto con el suelo, puede empezar a circular una corriente de defecto sin necesidad de que nadie la toque. Si esta corriente de defecto supera la sensibilidad de la protección la hará actuar, previniendo así el contacto de personas con elementos puestos a tensión accidentalmente, aún antes de que este contacto se produzca.

Normalmente en baja tensión la protección diferencial y el interruptor se agrupan formando un único aparato denominado interruptor diferencial (Fig. 4).

En la ITC-BT-24 [6] se dan normas proteger a las instalaciones contra los contactos directos (Fig. 3) e indirectos.

1.4. PROTECCIONES CONTRA SOBRETENSIONES

Estas protecciones protegen a las instalaciones contra las sobretensiones transitorias originadas por rayos o por maniobras o defectos en las redes.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones se basan en un *varistor* (resistencia variable en función de la tensión a la que está sometida) conectado entre cada fase y tierra. Cuando se produce una sobretensión el varistor reduce su resistencia y desvía la sobretensión a tierra. Posteriormente vuelve a su estado normal de funcionamiento, presentando una resistencia muy elevada. Si el varistor se desconecta de la red porque ha sido sometido a una sobrecarga superior a la que puede soportar, existe un indicador para señalar que el varistor debe ser reemplazado.

En la ITC-BT-23 [6] se recogen una serie de reglas para proteger a las instalaciones de B.T. contra las sobretensiones.

2. ESQUEMA GENERAL DE LA RED ELÉCTRICA EN UN EDIFICIO

De acuerdo con la ITC-BT-12 ([5], [6]) la instalación eléctrica de un edificio con un solo usuario seguirá el esquema de la Fig. 5. En el caso de varios usuarios seguirá el esquema de la Fig. 6 si los contadores se colocan en un solo lugar o el de la Fig. 7 si los contadores se centralizan en más de un lugar.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Los elementos de estas instalaciones, que aparecen reflejados en las figuras 5 a 7, se describen en los siguientes apartados.

Estas instalaciones serán de una tensión asignada de 400/230 V. Esto quiere decir que, en las que sean trifásicas, la tensión entre fases tendrá un valor eficaz de 400 V mientras que las tensiones fase-neutro serán de 230 V. Las instalaciones monofásicas estarán conectadas entre una fase y neutro y, por lo tanto, tendrán una tensión asignada de 230 V.

Se denominan conductores activos a los conductores de fase más el conductor neutro. En general, la sección del conductor neutro deberá ser igual a la de los conductores de fase. Sólo en casos especiales de instalaciones trifásicas, debidamente justificados, se podrá reducir la sección del neutro.

El conductor de protección se utiliza para conectar a tierra y entre sí todas las masas metálicas de la instalación como medida de seguridad contra los contactos directos e indirectos.

El conductor de mando sirve para unir los contadores y el interruptor de control de potencia en las instalaciones con tarifa con discriminación horaria.

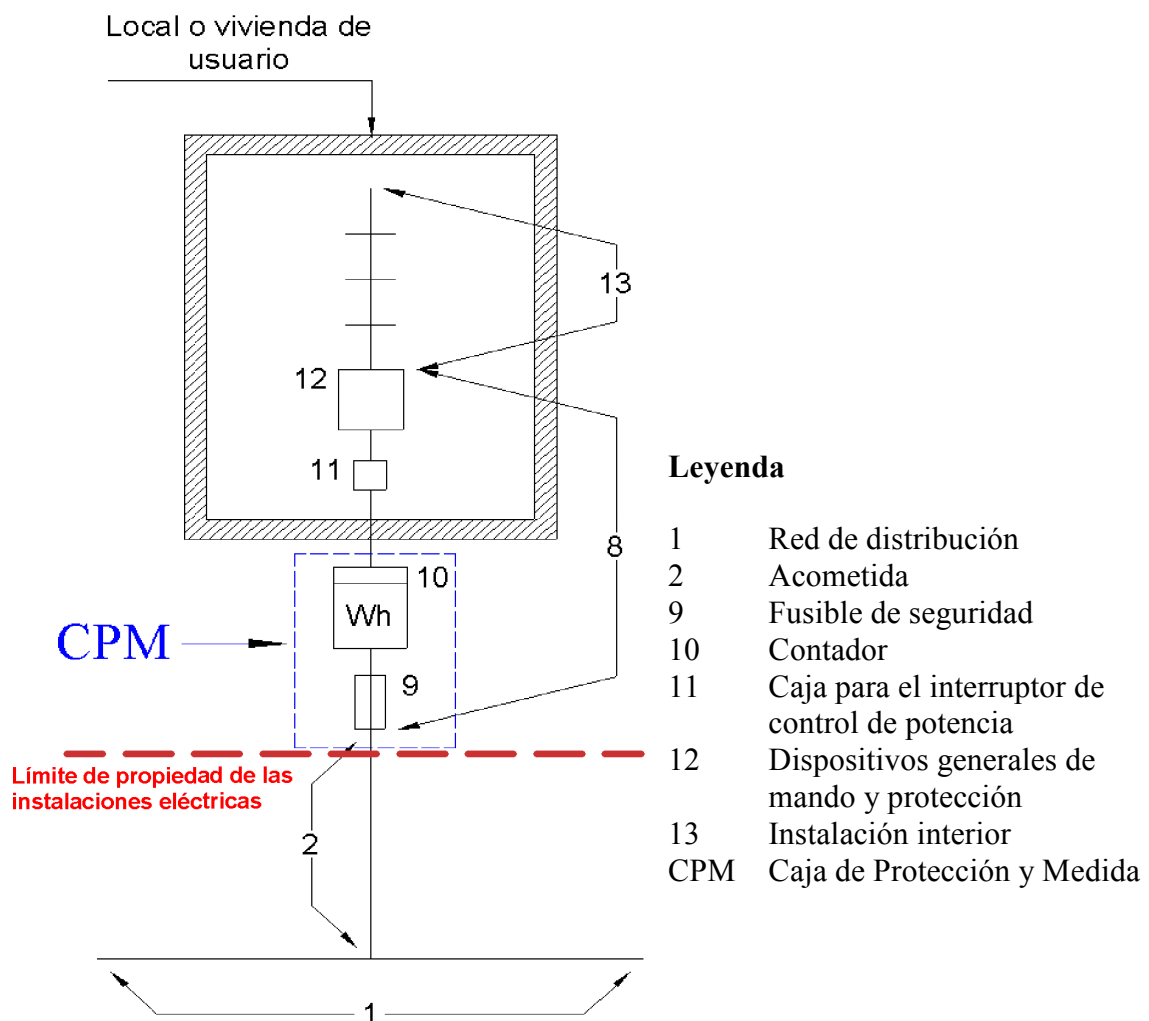
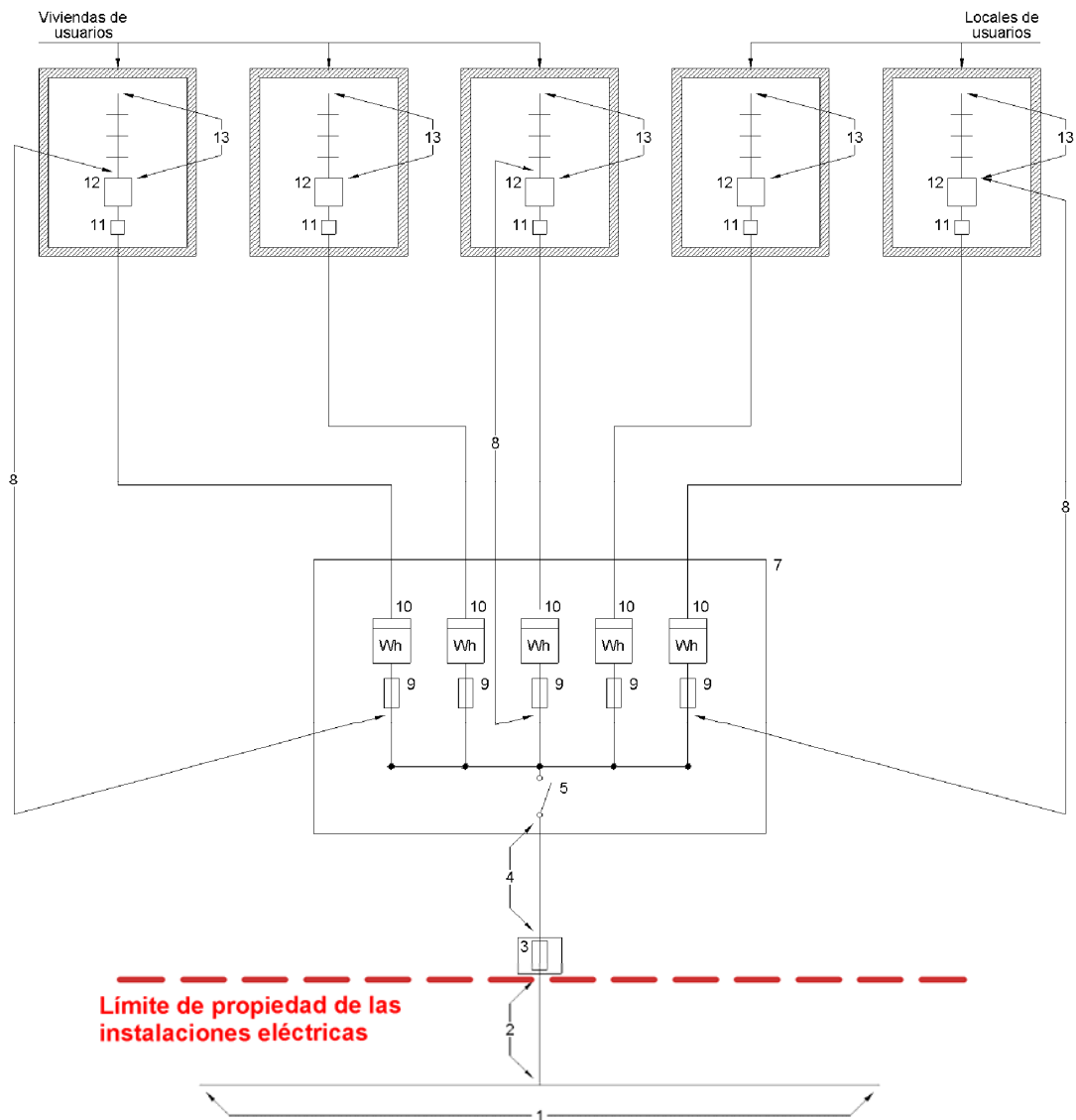


Fig. 5: Esquema para un solo usuario (Fuente: ITC-BT-12 [6])

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos, tal como se indica en la Fig. 8. El conductor de mando es de color rojo.

Al diseñar una instalación se procurará repartir de la forma más equilibrada posible las cargas entre las tres fases de la red.



Leyenda

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 Red de distribución. | 8 Derivación individual. |
| 2 Acometida. | 9 Fusible de seguridad. |
| 3 Caja general de protección. | 10 Contador. |
| 4 Línea general de alimentación. | 11 Caja para interruptor de control de potencia. |
| 5 Interruptor general de maniobra. | 12 Dispositivos generales de mando y protección. |
| 6 Caja de derivación. | 13 Instalación interior. |
| 7 Emplazamiento de contadores. | |

Fig. 6: Esquema para varios usuarios con contadores en forma centralizada en un solo lugar (Fuente: ITC-BT-12 [6])

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

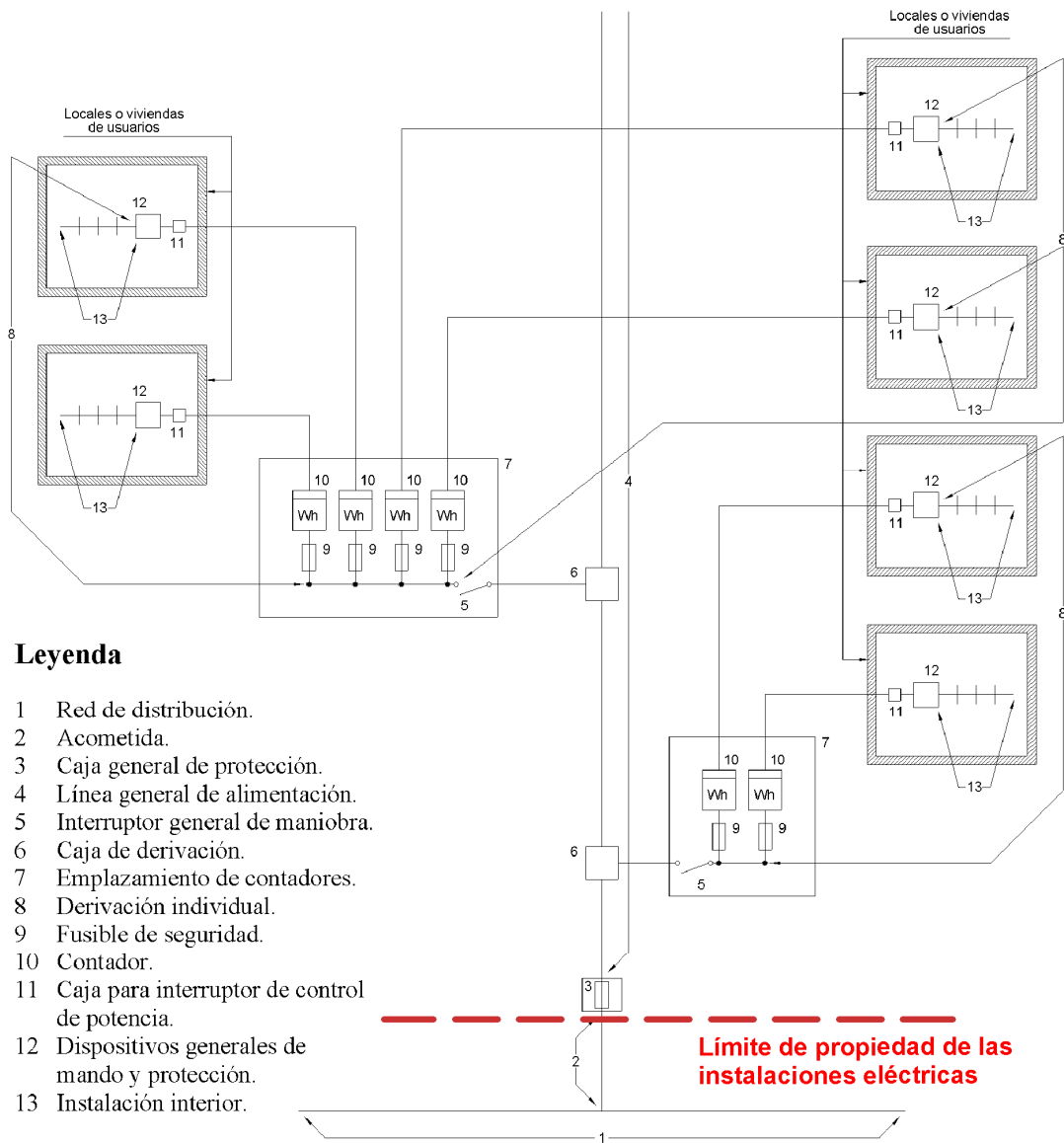


Fig. 7: Esquema para varios usuarios con contadores en forma centralizada en más de un lugar (Fuente: ITC-BT-12 [6])

conductor	coloración		
neutro (o previsión de que un conductor de fase pase posteriormente a neutro)	azul		
protección	verde-amarillo		
fase	marrón	negro	gris

Fig. 8: Código de colores para los cables de una instalación (Fuente: GUIA-BT-19 [5])

3. ACOMETIDA (ITC-BT-11)

La acometida (señalada con la referencia “2” en las Figs. 5, 6 y 7) es la parte de la instalación entre la red de distribución pública y la caja o cajas generales de protección del edificio. La acometida es propiedad de la empresa suministradora de energía eléctrica.

Las acometidas se pueden clasificar atendiendo a su trazado en: aéreas, subterráneas y mixtas.

La instalación de las acometidas debe cumplir los requisitos indicados en la instrucción ITC-BT-11 [6].

4. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

La información de este apartado ha sido obtenida fundamentalmente del “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” [7] y las “Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IET: Centros de transformación y NTE-IEB: Baja Tensión” ([8] y [9]).

Se denomina Centro de Transformación (CT) a una instalación provista de uno o varios transformadores reductores de Alta a Baja Tensión con la aparamenta (interruptores, protecciones, aparatos de medida,...) y la obra complementaria precisa.

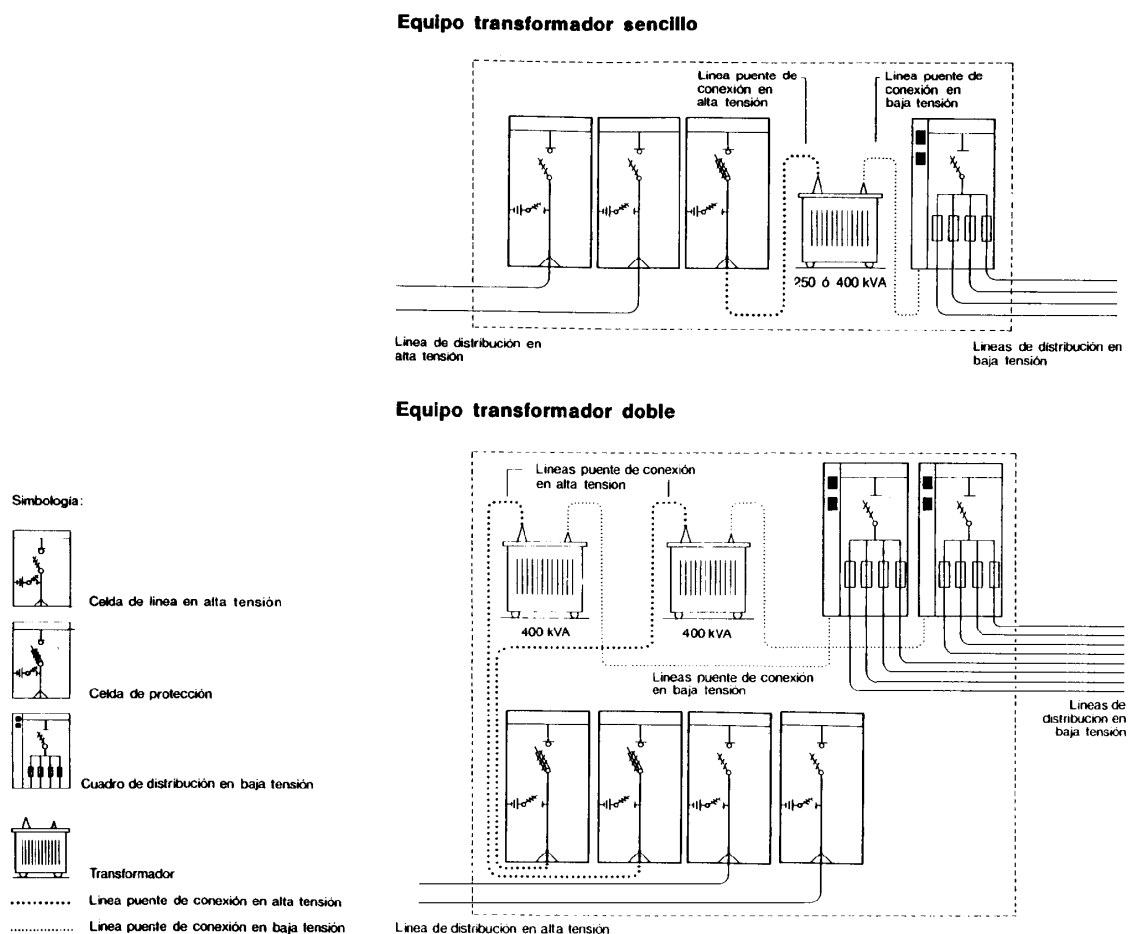
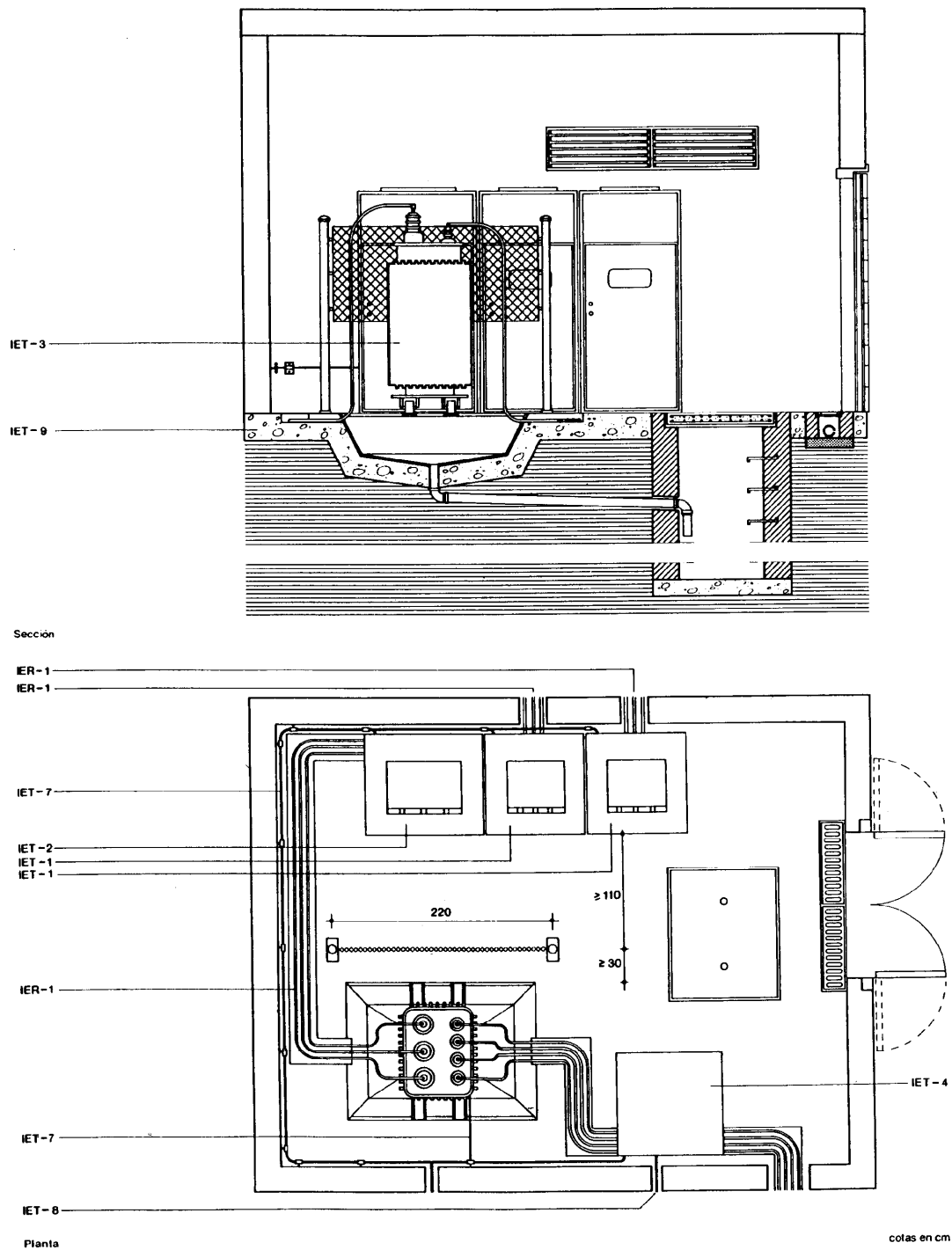


Fig. 9: Elementos de un Centro de Transformación (Fuente: NT-IET [9])

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS



- | | | |
|--|--|----------------------|
| IET-1: Celda de entrada de A.T. | IET-2: Celda de protección | IET-3: Transformador |
| IET-4: Cuadro de distribución en B.T. | IET-7: Línea de puesta a tierra de las masas metálicas | |
| IET-8: Línea de puesta a tierra del neutro | IER-1: Cable aislado de A.T. | |

Fig. 10: Esquema de un Centro de Transformación con equipo sencillo (Fuente: NT-IET [9])

Centro de transformación interior es aquel que se aloja en un local. El artículo 13 del REBT [6] establece la obligatoriedad de reserva de local para Centro de Transformación en edificios o agrupación de edificios cuya previsión de cargas supere los 100 kW.

Un centro de transformación interior puede alojarse en un edificio destinado a otros fines en un local, situado en la planta baja o en la planta sótano, reservado exclusivamente para su instalación. Las dimensiones de estos locales y sus características se describen en

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

las “Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IET: Centros de transformación y NTE-IEB Baja Tensión” ([8] y [9]).

Un centro de transformación interior también puede estar situado en espacios abiertos entre edificios, zonas ajardinadas, etc. en un local construido especialmente para su instalación. Las dimensiones de estos locales y sus características se describen en las “Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IET: Centros de transformación” [9].

Centro de transformación de intemperie es el que se instala a la intemperie sobre apoyos.

Dependiendo del número de transformadores existen Centros de Transformación con “equipo transformador sencillo” y con “equipo transformador doble” (Fig. 9).

Los elementos que constituyen estos centros de transformación se indican en la Fig. 9 y son los siguientes:

- Celda de entrada de línea de A.T.: Recibe el conductor de A.T. que alimenta al CT y está equipada con interruptor de corte en carga y seccionador (que es un tipo especial de interruptor sin capacidad para cortar corriente) de puesta a tierra.
- Celda de protección: Tiene los elementos de protección y maniobra en A.T. de un transformador. Hay una de estas celdas por cada transformador del CT.
- Celda de transformador: Punto donde se coloca el transformador de potencia. Hay una por cada transformador del CT.
- Cuadro de distribución en B.T.: Las salidas de B.T. de los transformadores van a desembocar a este cuadro de donde salen las líneas de B.T. Dispondrá de un interruptor general y de protecciones (normalmente fusibles) separadas para cada salida de B.T. Cuando sólo exista una salida de B.T., este cuadro de distribución de B.T. puede utilizarse como Cuadro General de Protección.

En la Fig. 10 se muestra la distribución de los elementos de un CT con un solo transformador.

5. INSTALACIÓN DE ENLACE

La instalación de enlace es aquella que une la caja general de protección o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario.

Por lo tanto, las instalaciones de enlace comienzan en el final de la acometida y terminan en los dispositivos generales de mando y de protección (ver las Figs. 5, 6 y 7).

Discurren por lugares de uso común y quedarán propiedad del usuario.

Las partes que constituyen las instalaciones de enlace (ver la ITC-BT-12) son:

- Caja General de Protección (CGP) (3)
- Línea General de alimentación (LGA) (4)
- Elementos para la Ubicación de Contadores (CC) (7)
- Derivación Individual (DI) (8)
- Caja para el Interruptor de Control de Potencia (ICP) (11)
- Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP) (12)

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

En el caso de un solo usuario (Fig. 5) se podrán simplificar las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección y la situación del equipo de medida y no existir, por tanto, la Línea General de Alimentación. En consecuencia, el fusible de seguridad (9) coincide con el fusible de la CGP. En este caso, la caja general de protección incluye también el contador, sus fusibles de protección y, en su caso, un reloj para discriminación horaria, y se denomina Caja de Protección y Medida (CPM).

En las instalaciones de enlace los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios. Además, los cables serán no propagadores de incendios y con emisión de humos y opacidad reducida.

5.1. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN (CGP) (ITC-BT-13)

Las Cajas Generales de Protección (CGP) (señaladas con la referencia “3” en las Figs. 6 y 7) son las cajas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación. Estos elementos de protección son normalmente fusibles y con estas cajas empieza la parte de la instalación eléctrica propiedad de los usuarios.

Se instalará una CGP por cada Línea General de Alimentación (LGA).

Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. De esta manera se podrá acceder de una manera rápida a estas cajas para proceder al corte de la alimentación de todo el edificio en caso de averías, incendios, etc.

Cuando en el edificio exista un centro de transformación para el suministro de energía eléctrica al mismo, podrá utilizarse el cuadro de baja tensión del centro de transformación como Caja General de Protección.

Si la acometida es aérea la Caja General de Protección se puede instalar en montaje superficial y si la acometida es subterránea se instalará siempre en un nicho de la pared (Fig. 12). No se alojarán más de dos CGP en un mismo nicho.

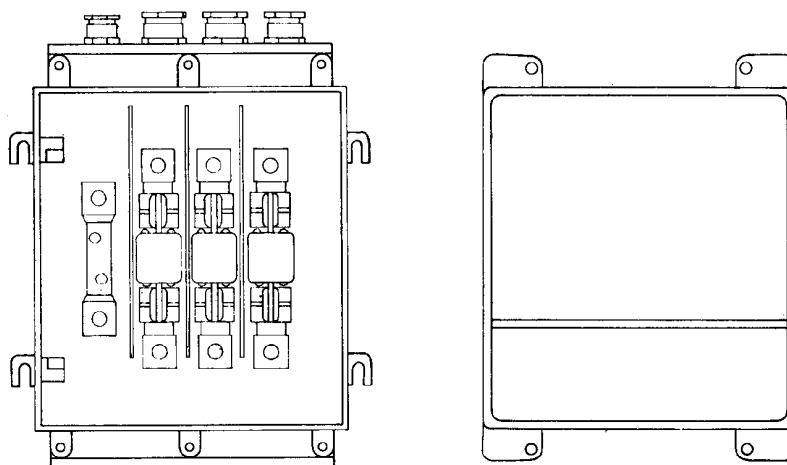


Fig. 11: Caja General de Protección (Fuente: NT-IEB [8])

Dentro de las Cajas Generales de Protección se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase (Fig. 11). El neutro estará situado a la izquierda (Fig. 11),

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

estará constituido por una conexión *amovible* (que se puede retirar sólo mediante las herramientas adecuadas) y dispondrá también de un borne para su puesta a tierra si procede (de esta manera se reduce la resistencia a tierra global del neutro).

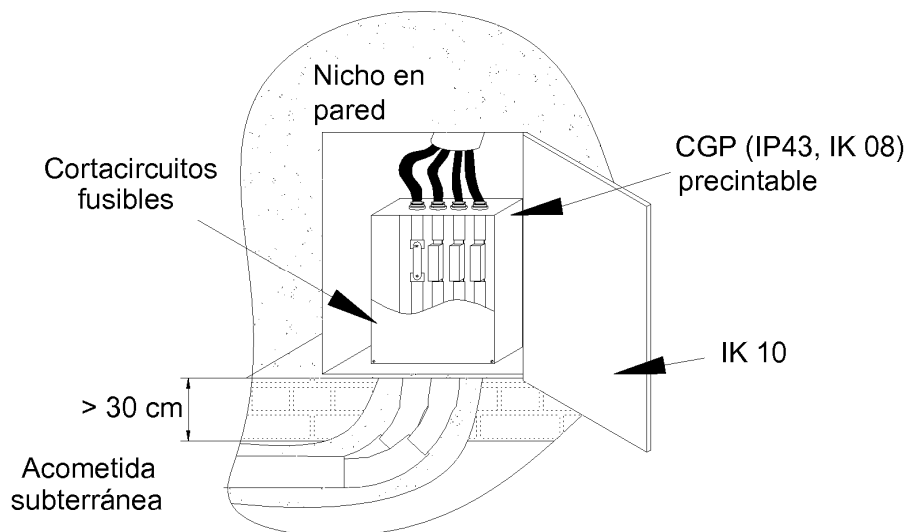


Fig. 12: Caja General de Protección instalada en un nicho de la pared con acometida subterránea (Fuente: GUIA-BT-13 [5])

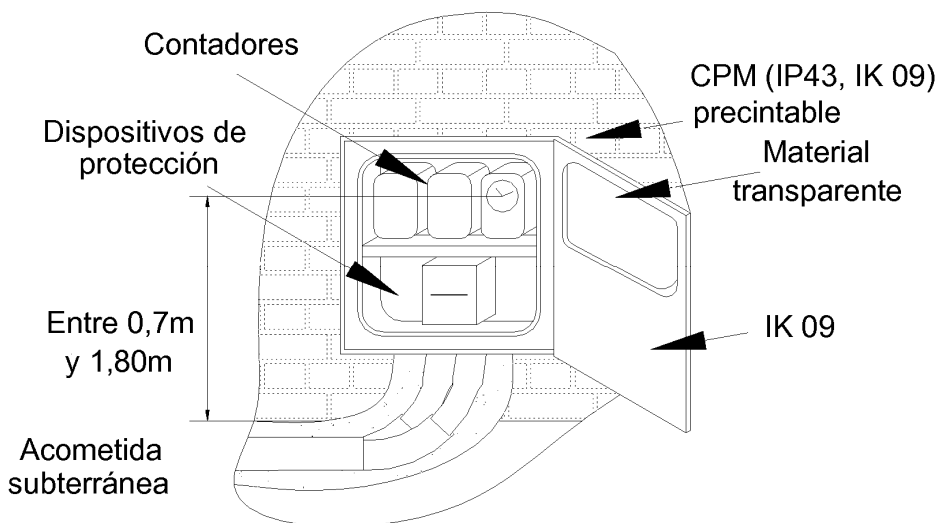


Fig. 13: Caja de Protección y Medida con acometida subterránea (Fuente: GUIA-BT-13 [5])

Cuando se trate de suministros para un único usuario (o dos usuarios alimentados desde el mismo lugar (ver la ITC-BT-13)), según se indica en la Fig. 5, podrá simplificarse la instalación colocando en un único elemento la Caja General de Protección y el equipo de medida. Dicho elemento se denomina Caja de Protección y Medida (CPM) (Fig. 13).

Las Cajas de Protección y Medida no admiten el montaje superficial.

Las CGP y CPM cumplirán las prescripciones de la ITC-BT-13 ([5], [6]) y también deberán ajustarse a las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente. En las NTE-IEB [8] se dan indicaciones sobre el montaje de las Cajas Generales de Protección.

5.2. LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN (LGA) (ITC-BT-14)

La Línea General de Alimentación (LGA) (señalada con la referencia “4” en las figuras 6 y 7) enlaza la Caja General de Protección con la centralización de contadores. En el antiguo reglamento de B.T. de 1973 a la LGA se le denominaba “Línea Repartidora”.

Habrà una única Línea General de Alimentación por cada Caja General de Protección. De una misma LGA pueden hacerse derivaciones para distintas centralizaciones de contadores (Fig. 7).

Normalmente la línea principal de tierra se colocará en la misma canalización que la LGA. Esto resulta obligatorio en edificios de viviendas (ITC-BT-26 [6]) o con contadores centralizados en más de un lugar (Fig. 7) (GUIA-BT-14 [5]).

La NTE-IEB recomienda que la carga máxima a transportar por una Línea General de Alimentación sea de 150 kW (o 240 kW cuando la línea se alimente directamente desde un CT). Cuando la carga a transportar supere estos valores se dispondrán varias LGA.

La ITC-BT-14 ([5], [6]) señala los sistemas de instalación que pueden utilizarse para las LGA (como, por ejemplo, el sistema mostrado en la Fig. 14). En la ITC-BT-07 se señalan las normas generales para estos sistemas de instalación. En las NTE-IEB [8] se dan indicaciones sobre el montaje de las LGA.

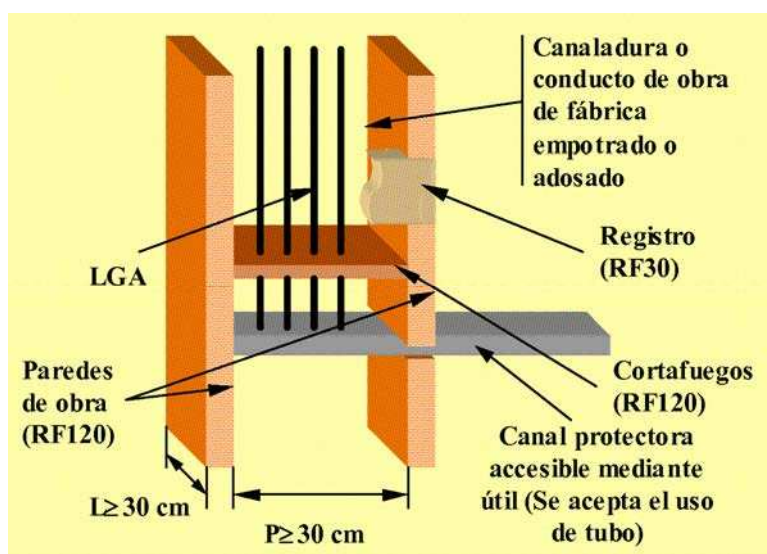


Fig. 14: Canaladura vertical para LGA (Fuente: GUIA-BT-14 [5])

Los conductores a utilizar, tres de fase y uno de neutro, serán de cobre o aluminio, unipolares y aislados, siendo su tensión asignada 0,6/1 kV.

5.3. DERIVACIONES INDIVIDUALES (DI) (ITC-BT-15)

Derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende, por un lado, los fusibles de seguridad y el conjunto de medida (ambos situados en la concentración de contadores) y, por otro, el Interruptor de Control de Potencia y los dispositivos generales de

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

mando y protección (situados en el interior de la vivienda o local de cada usuario), así como la línea que existe entre ellos. En las Figs. 5, 6, y 7 las derivaciones individuales tienen la referencia “8” e incluyen los elementos con las referencias 9, 10, 6, 11 y 12.

Cada derivación individual será totalmente independiente de las derivaciones correspondientes a otros usuarios.

La ITC-BT-15 ([5], [6]) señala los sistemas de instalación que pueden utilizarse para las Derivaciones Individuales (como, por ejemplo, el sistema mostrado en la Fig. 15) y que coinciden con los de las LGA. En la ITC-BT-07 se indican normas generales para estos sistemas de instalación. En las NTE-IEB [8] se dan indicaciones sobre el montaje de las DI.

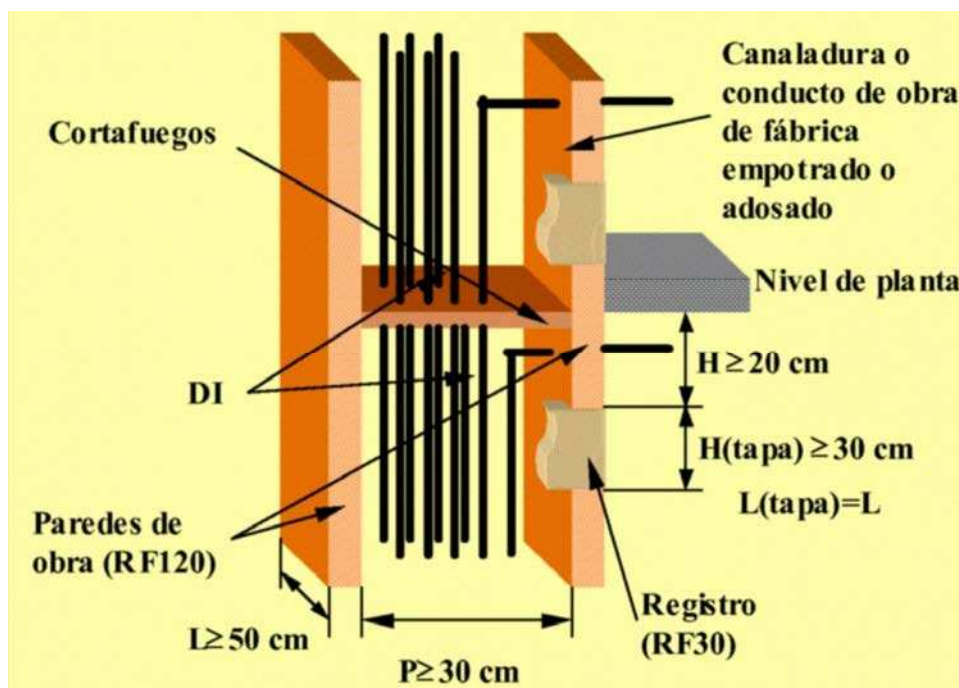


Fig. 15: DI utilizando canal o tubo y conducto cerrado de obra de fábrica. Instalación en 2 filas (Fuente: GUIA-BT-15 [5])

El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores de la derivación correspondiente y según su potencia, llevando cada línea su correspondiente conductor neutro así como el conductor de protección. Además, cada derivación individual incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas. No se admitirá el empleo de conductor neutro común ni de conductor de protección común para distintos suministros.

El aislamiento de los conductores a utilizar será:

- si son unipolares, la tensión asignada es 450/750 V.
- si son multiconductores o si están en el interior de tubos enterrados, la tensión asignada es 0,6/1 kV.

5.4. CONTADORES (ITC-BT-16)

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica, podrán estar ubicados en:

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

- módulos (cajas con tapas precintables)
- paneles
- armarios

Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo.

En el caso de suministro a un único usuario (Fig. 5) (o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar) los contadores se instalarán en la Caja de Protección y Medida (CPM). En los demás tipos de suministro los contadores se instalarán de forma concentrada en uno (Fig. 6) o varios (Fig. 7) lugares.

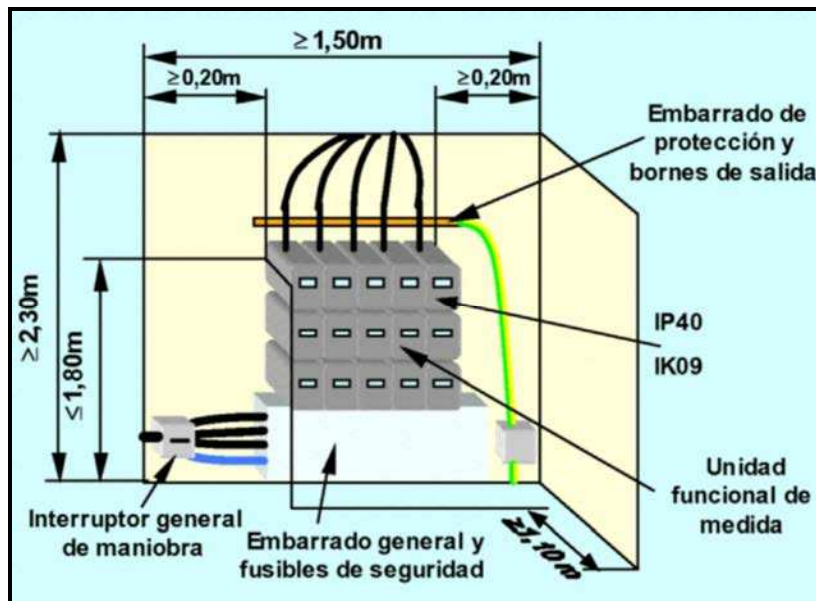


Fig. 16: Contadores centralizados en un local (Fuente: GUIA-BT-16 [5])

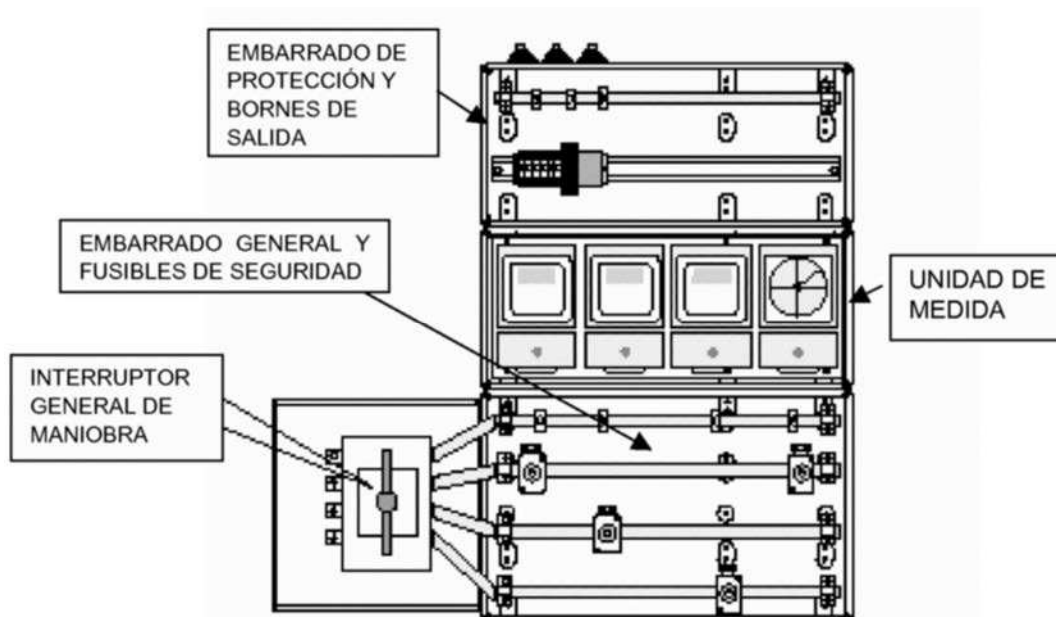


Fig. 17: Unidades funcionales principales de una centralización de contadores (Fuente: GUIA-BT-16 [5])

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Las concentraciones de contadores (CC) se instalarán, bien en locales dedicados únicamente a este fin (Fig. 16), o bien en armarios (sólo si el número de contadores no es superior a 16).

Las concentraciones estarán formadas eléctricamente por las siguientes unidades funcionales (Fig. 17):

- Unidad funcional de interruptor general de maniobra

Su misión es dejar fuera de servicio, en caso de necesidad, toda la concentración de contadores. Está señalado con la referencia “5” en las Figs. 6 y 7.

Se instalará entre la línea general de alimentación y el embarrado general de la concentración de contadores.

- Unidad funcional de embarrado general y fusibles de seguridad

Contiene el embarrado general de la concentración y los fusibles de seguridad correspondientes a todos los suministros que estén conectados al mismo. Los fusibles de seguridad están señalados con la referencia “9” en las Figs. 6 y 7.

- Unidad funcional de medida

Contiene los contadores, interruptores horarios y/o dispositivos de mando para la medida de la energía eléctrica. Los contadores están señalados con la referencia “10” en las Figs. 6 y 7.

- Unidad funcional de mando (opcional)

Contiene los dispositivos de mando para el cambio de tarifa de cada suministro.

- Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida

Contiene el embarrado de protección, que estará conectado a tierra y donde se conectarán los cables de protección de cada derivación individual.

- Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional)

Las centralizaciones de contadores y el local o armario donde se instalan deben cumplir las prescripciones de la ITC-BT-16 ([5], [6]). En las NTE-IEB [8] se dan indicaciones sobre el montaje de las CC.

5.5. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA (ICP). CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN (ITC-BT-17)

El Interruptor de Control de Potencia (ICP) es un interruptor magnetotérmico -cuya intensidad de actuación instantánea se ajusta a lo indicado en la tabla I- que sirve para limitar la potencia que puede consumir el abonado a la potencia contratada con la compañía suministradora.

Cuando el usuario contrata dos potencias distintas, una para el día y otra para la noche, es necesaria la instalación de dos ICP. El hilo de mando incluido en la derivación individual (ver apartado 5.3), que va desde los contadores hasta los ICP, permite la conmutación de un ICP a otro según la hora del día.

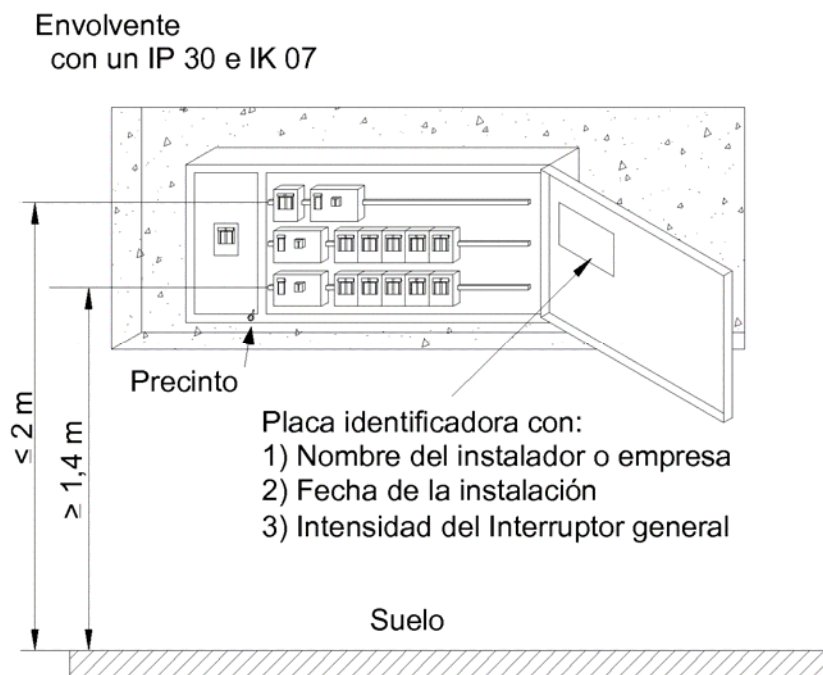
INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

El Cuadro General de Mando y Protección incluye los dispositivos generales e individuales de mando y protección que serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático (IGA), que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Uno o varios interruptores diferenciales (ID) de alta sensibilidad (30 mA), salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24. Cada interruptor diferencial no deberá alimentar más de cinco circuitos.
- Dispositivos de corte consistentes en Pequeños Interruptores Automáticos (PIA), destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos.

Los dispositivos generales (interruptor general automático, diferencial general -si existe- y protección contra sobretensiones) constituyen el final de la instalación de enlace y de la derivación individual correspondiente. Los dispositivos individuales de mando y protección (diferenciales parciales y PIA) de cada uno de los circuitos constituyen el origen de la instalación interior.



*Fig. 18: Interruptor de control de potencia y cuadro general de mando y protección
(Fuente: GUIA-BT-17 [5])*

Tanto los ICP como los interruptores automáticos y diferenciales del Cuadro General de Protección serán *omnipolares*. Esto quiere decir que cortarán todas las fases y el neutro. Por lo tanto, en circuitos monofásicos se usarán interruptores bipolares (desconectarán tanto el conductor de fase como el neutro) y en circuitos trifásicos se utilizarán

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

interruptores tetrapolares (desconectarán las tres fases y el neutro). Además, tendrán los polos protegidos. Sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen.

El Cuadro General de Mando y Protección incluirá, además, un borne de tierra con una regleta para conectar el conductor de protección procedente de los contadores y para dividirlo a los conductores de protección de los circuitos de la instalación interior. También podrá incluir otros mecanismos: contactores, relojes temporizadores, etc.

El Cuadro General puede ser único o pueden existir varios que cuelguen de uno general y situados en lugares diferentes del local.

El Cuadro General de Mando y Protección, se situará lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario. En viviendas y en locales comerciales e industriales en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia (ICP), inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimiento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección (Fig. 18).

En viviendas, deberá preverse la situación del cuadro general de mando y protección junto a la puerta de entrada y no podrá colocarse en dormitorios, baños, aseos, etc. En los locales destinados a actividades industriales o comerciales, deberá situarse lo más próximo posible a una puerta de entrada de éstos.

El Cuadro General de Mando y Protección está regulado por la ITC-BT-17 ([5], [6]) bajo el epígrafe “dispositivos generales e individuales de mando y protección” y también bajo el de “dispositivos privados de mando y protección”.

6. INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS

Existen una serie de “Instrucciones Técnicas Complementarias” del “Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión” [6], ampliadas por las recomendaciones de su “Guía Técnica de Aplicación” [5], que se dedican a las instalaciones interiores de B.T.; especialmente a las instalaciones en viviendas:

- Las ICT-BT 19 al 24 se dedican a aspectos generales de instalaciones interiores: cables, canalizaciones, sistemas de instalación, protecciones,...
- Las ICT-BT 25 al 27 se dedican a las instalaciones en viviendas.
- Las ICT-BT 28 al 30 y la 50 se dedican a las instalaciones en locales especiales: de pública concurrencia, con riesgo de explosión,...
- Las ICT-BT 31 al 42 se dedican a las instalaciones con fines especiales: piscinas, obras, quirófanos, ascensores,...
- Las ICT-BT 43 al 49 se dedican a las instalaciones de ciertos tipos de receptores: alumbrado, motores, sistemas de calefacción,...

Las instalaciones para viviendas están muy definidas en el REBT. Para el resto de las instalaciones el proyectista tiene más libertad de actuación. En estas instalaciones es recomendable no utilizar secciones inferiores a:

- $1,5 \text{ mm}^2$ en circuitos de alumbrado
- $2,5 \text{ mm}^2$ en circuitos de fuerza y tomas de corriente

6.1. INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. NÚMERO DE CIRCUITOS (ITC-BT-25)

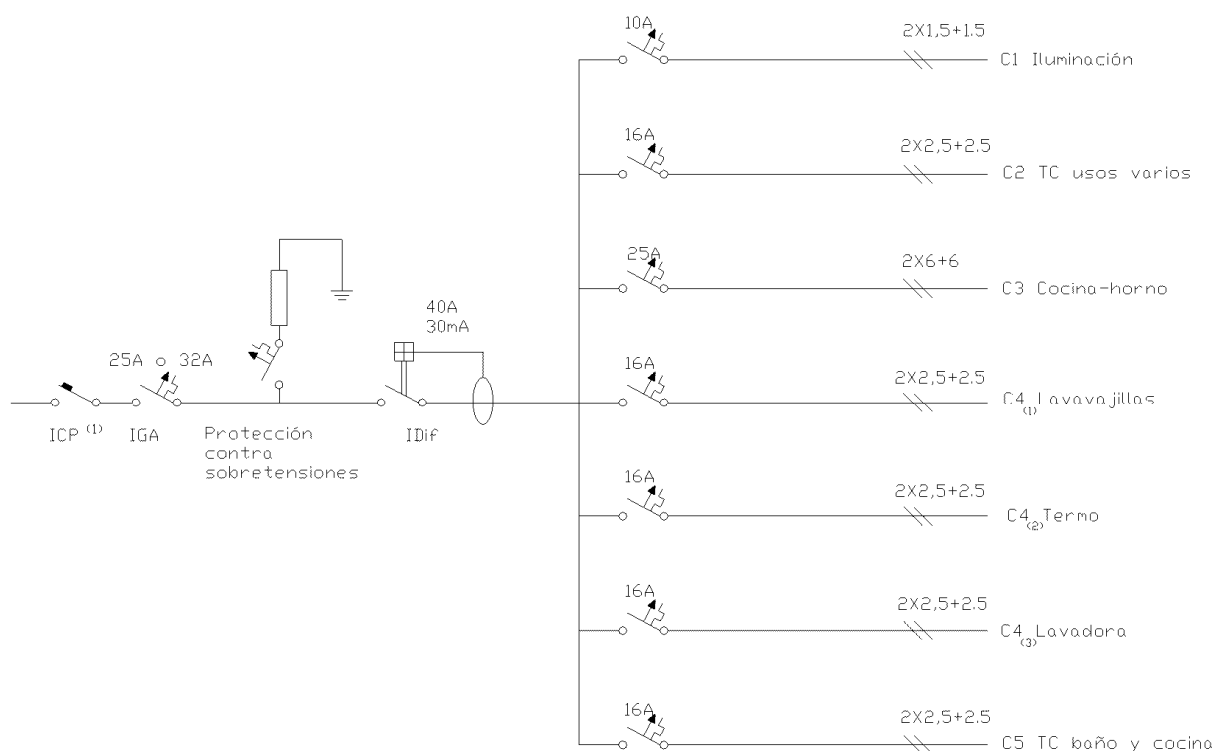
El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión ([5], [6]) define dos “Grados de Electrificación” para las viviendas.

Electrificación básica

El grado de electrificación básico se plantea como el sistema mínimo, a los efectos de uso, de la instalación interior de las viviendas en edificios nuevos. Su objeto es permitir la utilización de los aparatos electrodomésticos de uso básico sin necesidad de obras posteriores de adecuación.

Este grado de electrificación cuenta con los siguientes circuitos independientes:

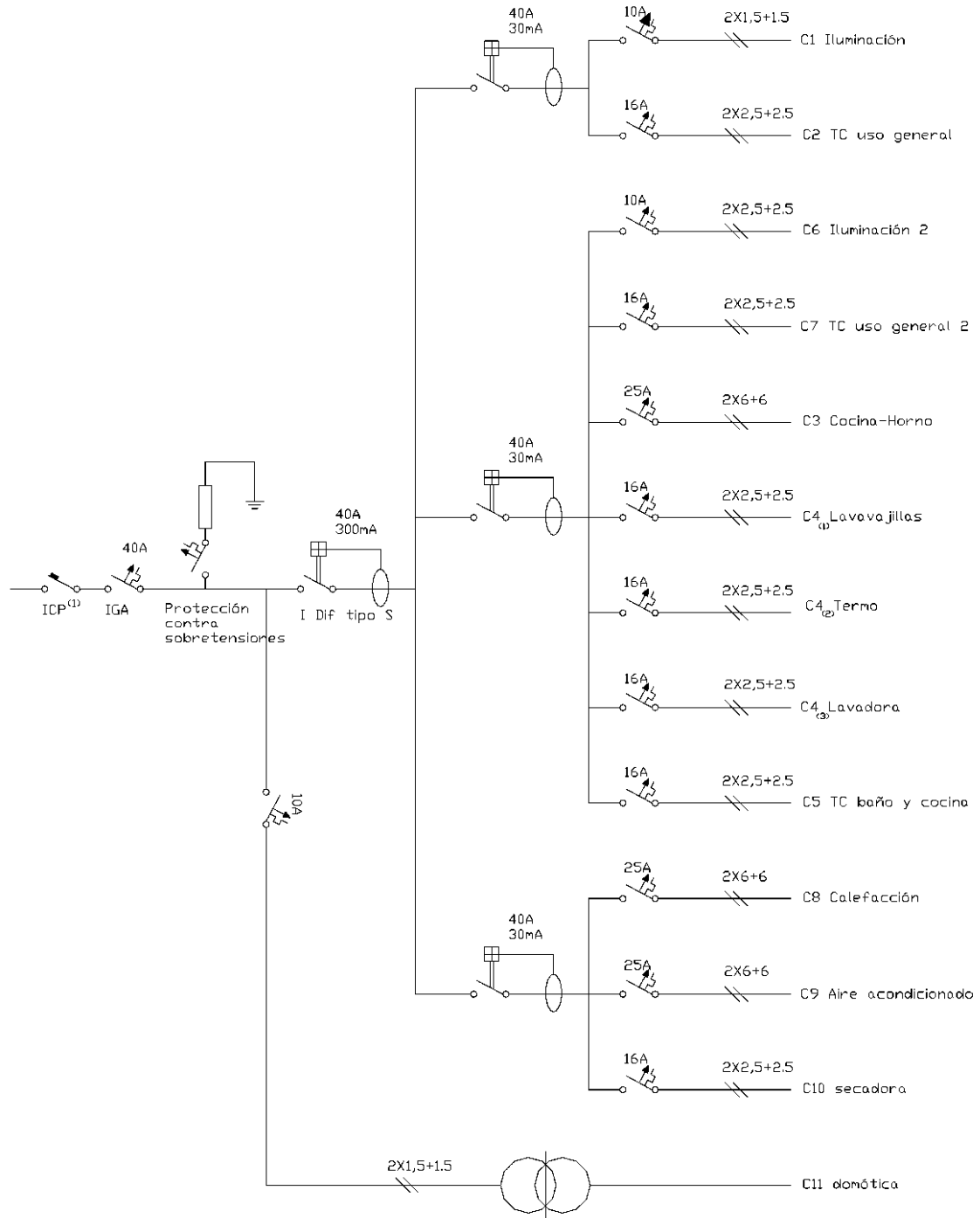
- C₁** circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación.
- C₂** circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.
- C₃** circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y horno.
- C₄** circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.
- C₅** circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuarto de cocina.



⁽¹⁾ Según la potencia contratada

*Fig. 19: Ejemplo de esquema unifilar de una vivienda con electrificación básica
(Fuente: GUIA-BT-25 [5])*

Electrificación elevada



(1) Según la potencia contratada

Fig. 20: Ejemplo de esquema unifilar de una vivienda con electrificación elevada
(Fuente: GUIA-BT-25 [5])

La electrificación elevada se utiliza en el caso de viviendas con una previsión importante de aparatos electrodomésticos que obligue a instalar mas de un circuito de cualquiera de los tipos descritos anteriormente, así como con previsión de sistemas de calefacción eléctrica, acondicionamiento de aire, automatización, gestión técnica de la energía y seguridad o con superficies útiles de las viviendas superiores a 160 m².

Por consiguiente, el grado de electrificación de una vivienda será "electrificación elevada" cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

- superficie útil de la vivienda superior a 160 m².
- si está prevista la instalación de aire acondicionado.
- si está prevista la instalación de calefacción eléctrica.
- si está prevista la instalación de sistemas de automatización.
- si está prevista la instalación de una secadora.
- si el número de puntos de utilización de alumbrado es superior a 30.
- si el número de puntos de utilización de tomas de corriente de uso general es superior a 20.

En este caso se instalará, además de los correspondientes a la electrificación básica, los siguientes circuitos:

- C₆** Circuito adicional del tipo C₁, por cada 30 puntos de luz
- C₇** Circuito adicional del tipo C₂, por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m².
- C₈** Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta.
- C₉** Circuito de distribución interna, destinado a la instalación aire acondicionado, cuando existe previsión de éste
- C₁₀** Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de una secadora independiente
- C₁₁** Circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad, cuando exista previsión de éste.
- C₁₂** Circuitos adicionales de cualquiera de los tipos C₃ o C₄, cuando se prevean, o circuito adicional del tipo C₅, cuando su número de tomas de corriente exceda de 6.

En la tabla II se indican las características eléctricas de estos circuitos y en la tabla III se señala el número mínimo de puntos de utilización de cada estancia de la vivienda.

***Tabla II:** Características eléctricas de los circuitos en viviendas*

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad F _s	Factor utilización F _u	Tipo de toma ⁽⁷⁾	Interruptor Automático (A)	Máximo nº de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm ² ⁽⁵⁾	Tubo o conducto Diámetro mm ⁽³⁾
C ₁ Iluminación	200	0,75	0,5	Punto de luz ⁽⁹⁾	10	30	1,5	16
C ₂ Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16A 2p+T	16	20	2,5	20
C ₃ Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C ₄ Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3.450	0,66	0,75	Base 16A 2p+T combinadas con fusibles o interruptores automáticos de 16 A ⁽⁸⁾	20	3	4 ⁽⁶⁾	20
C ₅ Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16A 2p+T	16	6	2,5	20
C ₈ Calefacción ⁽⁴⁾	---	---	---	---	25	---	6	25
C ₉ Aire acondicionado ⁽²⁾	---	---	---	---	25	---	6	25
C ₁₀ Secadora	3.450	1	0,75	Base 16A 2p+T	16	1	2,5	20
C ₁₁ Automatización ⁽⁴⁾	---	---	---	---	10	---	1,5	16

⁽¹⁾ La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.

⁽²⁾ La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W

⁽³⁾ Diámetros externos según ITC-BT 19

⁽⁴⁾ La potencia máxima permisible por circuito será de 2.300 W

⁽⁵⁾ Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra con aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT-19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de instalación

⁽⁶⁾ En este circuito exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm² que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm².

⁽⁷⁾ Las bases de toma de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán del tipo indicado en la figura ESB 25-5A, ambas de la norma UNE 20315.

⁽⁸⁾ Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito. el desdoblamiento del circuito con este fin no supondrá el paso a electrificación elevada ni la necesidad de disponer de un diferencial adicional.

⁽⁹⁾ El punto de luz incluirá conductor de protección.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Tabla III: Puntos de utilización

Estancia	Circuito	Mecanismo	nº mínimo	Superf./Longitud
Acceso	C ₁	pulsador timbre	1	
Vestíbulo	C ₁	Punto de luz	1	---
	C ₁	Interruptor 10 A	1	---
Sala de estar o Salón	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	---
	C ₁	Punto de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado al entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
Dormitorios	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Puntos de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado al entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
Baños	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	---
	C ₁	Puntos de luz	1	---
	C ₁	Interruptor 10 A	1	---
Pasillos o distribuidores	C ₅	Base 16 A 2p+T	1	---
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
	C ₁	Puntos de luz	1	uno cada 5 m de longitud
Cocina	C ₁	Interruptor/Conmutador 10 A	1	uno en cada acceso
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
	C ₁	Puntos de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	2	extractor y frigorífico
	C ₃	Base 25 A 2p + T	1	cocina/horno
	C ₄	Base 16 A 2p + T	3	lavadora, lavavajillas y termo
	C ₅	Base 16 A 2p + T	3 ⁽²⁾	encima del plano de trabajo
	C ₈	Toma calefacción	1	---
Terrazas y Vestidores	C ₁₀	Base 16 A 2p + T	1	secadora
	C ₁	Puntos de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
Garajes unifamiliares y Otros	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₁	Puntos de luz	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Interruptor 10 A	1	uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)

(1) En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple, y en este caso se considerará como una sola base a los efectos del número de puntos de utilización de la tabla 1.

(2) Se colocarán fuera de un volumen delimitado por los planos verticales situados a 0,5 m del fregadero y de la encimera de cocción o cocina

El Cuadro General de Mando y Protección de las viviendas (véase el apartado 5.5) dispondrá de un Interruptor General Automático (IGA) de intensidad nominal mínima de 25 A. Los interruptores diferenciales tendrán una sensibilidad máxima de 30 mA.

El IGA es independiente del Interruptor de Control de Potencia (ICP) y no puede ser sustituido por éste. En suministros monofásicos, la intensidad nominal del IGA en función de la previsión de cargas viene dada por la tabla IV.

Tabla IV: Escalones de potencia en suministros monofásicos

Electrificación	Potencia (W)	Calibre del IGA (A)
Básica	5 750	25
	7 360	32
Elevada	9 200	40
	11 500	50
	14 490	63

6.2. INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. LOCALES CON BAÑERAS O DUCHAS (ITC-BT-27)

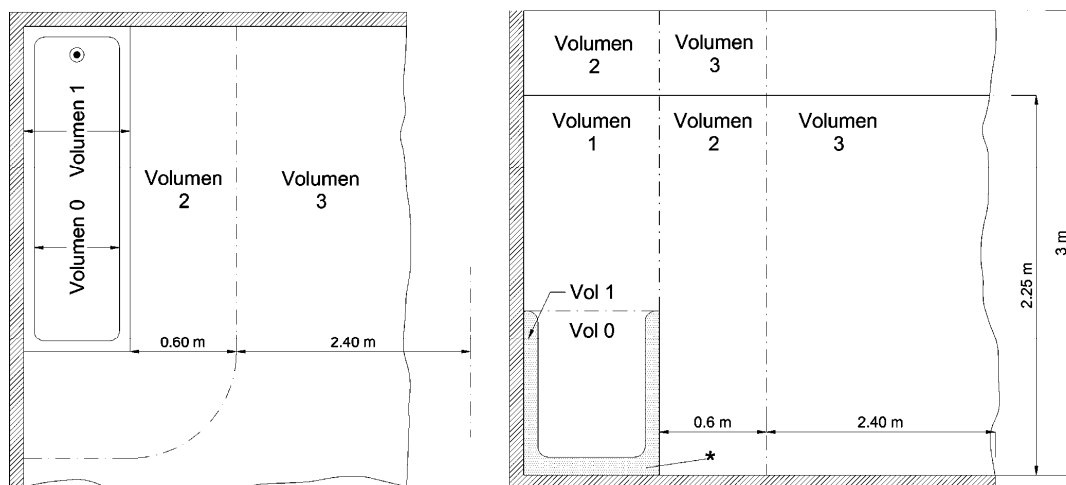


Fig. 21: Volúmenes en un cuarto de baño con bañera (Fuente: ITC-BT-27 [6])

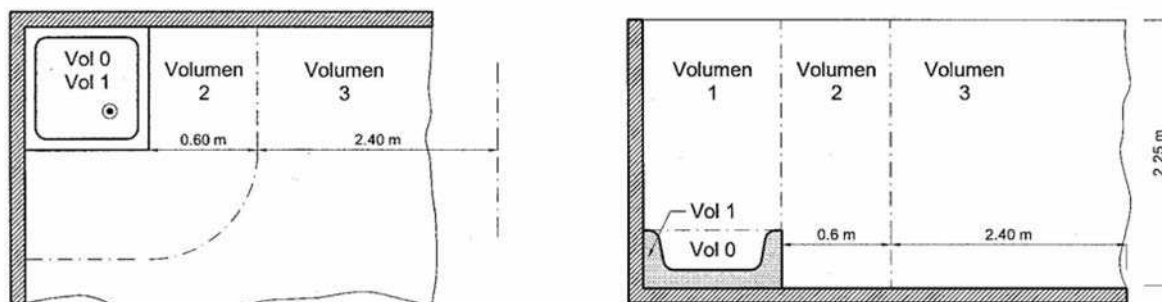


Fig. 22: Volúmenes en un cuarto de baño con ducha (Fuente: ITC-BT-27 [6])

Tabla V: Materiales eléctricos a utilizar en cuartos de baño

	Grado de Protección	Cableado	Mecanismos ⁽²⁾	Otros aparatos fijos ⁽³⁾
Volumen 0	IPX7	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en este volumen	No permitida	Aparatos que únicamente pueden ser instalados en el volumen 0 y deben ser adecuados a las condiciones de este volumen
Volumen 1	IPX4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en equipo eléctrico de bañeras de hidromasaje y en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos ⁽¹⁾ .	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0 y 1	No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos MBTS alimentados a una tensión nominal de 12V de valor eficaz en alterna o de 30V en continua, estando la fuente de alimentación instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.	Aparatos alimentados a MBTS no superior a 12 V ca ó 30 V cc. Calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460 -4-41.
Volumen 2	IPX4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos ⁽¹⁾ .	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1 y 2, y la parte del volumen 3 situado por debajo de la bañera o ducha.	No permitida, con la excepción de interruptores o bases de circuitos MBTS cuya fuente de alimentación este instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2. Se permiten también la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE-EN 60.742 o UNE-EN 61558-2-5	Todos los permitidos para el volumen 1. Luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460 -4-41.
Volumen 3	IPX5, en los baños comunes, cuando se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1, 2 y 3.	Se permiten las bases sólo si están protegidas bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un interruptor automático de la alimentación con un dispositivo de protección por corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20.460 -4-41.	Se permiten los aparatos sólo si están protegidos bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20.460 -4-41.

⁽¹⁾: Los baños comunes comprenden los baños que se encuentran en escuelas, fábricas, centros deportivos, etc. e incluyen todos los utilizados por el público en general.

⁽²⁾: Los cordones aislantes de interruptores de tirador están permitidos en los volúmenes 1 y 2, siempre que cumplan con los requisitos de la norma UNE-EN 60.669 -1.

⁽³⁾: Los calefactores bajo suelo pueden instalarse bajo cualquier volumen siempre y cuando debajo de estos volúmenes estén cubiertos por una malla metálica puesta a tierra o por una cubierta metálica conectada a una conexión equipotencial local suplementaria según el apartado 2.2.

(MBTS = Muy Baja Tensión de Seguridad)

La ITC-BT-27 ([5], [6]) distingue cuatro volúmenes dentro de estos locales y establece para éstos una serie de requisitos especiales que deben cumplir los materiales eléctricos que deban estar situados dentro de estos volúmenes.

En las figuras 21 y 22 se indica la situación y dimensiones de estos volúmenes en dos tipos de cuartos de baño. Para una definición más precisa y detallada de estos volúmenes se debe acudir a la ITC-BT-27.

Los materiales para las instalaciones eléctricas dentro de estos volúmenes deben cumplir los requisitos indicados en la tabla V.

Además, por razones de seguridad, hay que instalar una red equipotencial en los cuartos de baño. Esta red consiste en un conductor que conecta entre sí todas las partes metálicas accesibles (canalizaciones de agua, gas, calefacción y aire acondicionado, partes metálicas accesibles de la estructura del edificio, etc.) y a éstas con el conductor de protección.

7. OTRAS INSTALACIONES

Las instalaciones comunitarias del edificio se diseñan como si fueran instalaciones interiores. Así pues, tendrán sus propias derivaciones individuales que alimentan a su propio cuadro general de mando y protección. Las instalaciones de este tipo más habituales son:

- Garajes

Los garajes se consideran un emplazamiento de clase I según la ITC-BT-29: “Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión” [6].

Deben disponer de los sistemas de ventilación adecuados (ver el “CTE-DB-HS3: Código Técnico de la Edificación. Documentos básicos. Salubridad. Calidad del aire interior” [15]) y de un sistema de alumbrado de emergencia.

- Ascensores y montacargas

Los ascensores y montacargas deben cumplir el “Reglamento de Aparatos Elevadores y Manutención” (RAE).

La instalación eléctrica de los ascensores y montacargas tiene dos circuitos que son el *circuito de potencia*, suministrado por el fabricante del ascensor, y el *circuito de alumbrado*.

Estos circuitos tienen alimentación independiente, bien por proceder de dos DI separadas, o bien por derivar el circuito de alumbrado antes del interruptor general del circuito de potencia.

En las NTE-IEB [8] se indica cómo realizar la instalación de la derivación individual del circuito de potencia. Esta DI la denomina “Línea de Fuerza Motriz”. Esta derivación individual será trifásica (tiene los tres conductores de fase y los de neutro y protección) y deberá cumplir los requisitos indicados en las ITC-BT-47 e ITC-BT-32 [6].

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

- Servicios generales

La instalación de servicios generales se suele dividir en los siguientes circuitos:

Alumbrados de portal y escalera
Alumbrado de sótanos y trasteros
Tomas de corriente de zonas comunes
Instalaciones de antena
Portero automático
Vivienda del portero
Grupos de presión para el agua fría
Grupos de presión para el agua caliente
Elementos auxiliares del cuarto de calderas (bombas, quemadores,...)

En las NTE-IEB [8] se dan recomendaciones de cómo realizar la instalación eléctrica de este circuito.

8. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

8.1. INTRODUCCIÓN

Para dimensionar una instalación en un edificio lo primero es establecer las cargas que deben ser alimentadas por ésta.

La potencia total del conjunto de todos los aparatos y máquinas que están conectados a una instalación es la Potencia Instalada.

Muchas veces no se conoce con precisión qué cargas van a estar conectadas a una instalación por lo que la potencia instalada habrá que estimarla de forma aproximada en función de parámetros como: la superficie de los locales, tipo de local, etc.

Pero la instalación no se dimensiona para que soporte la potencia instalada sino la Potencia de Cálculo o Potencia Total Prevista, la cuál se obtiene de aquella aplicándola unos factores de corrección. Los más importantes son:

- Factor de simultaneidad:

Es un factor inferior a la unidad que tiene en cuenta que no todas las cargas están funcionando simultáneamente.

- Factor de utilización:

Es un factor inferior a la unidad que tiene en cuenta que una carga no siempre funciona con su potencia máxima.

- Factor de mayoración:

Es un factor superior a la unidad que se aplica a cierto tipo de cargas para tener en cuenta el consumo de sus equipos auxiliares o que en ciertos momentos puede consumir una potencia mayor que la nominal, etc.

8.2. PREVISIÓN DE CARGAS EN EDIFICIOS (ITC-BT-10)

8.2.1. Sistemas de distribución para edificios

La ITC-BT-10 establece la siguiente clasificación de los lugares de consumo:

- Edificios destinados principalmente a viviendas
- Edificios comerciales o de oficinas
- Edificios destinados a una industria específica
- Edificios destinados a una concentración de industrias

8.2.2. Cálculo de cargas en un edificio destinado preferentemente a viviendas

Tabla VI: Coeficiente según el número de viviendas

Nº Viviendas (n)	Coeficiente
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3 + (n-21)·0,5

La previsión de carga de un edificio destinado preferentemente a viviendas se obtiene mediante esta suma:

$$P_T = P_V + P_{SG} + P_{LC} + P_G$$

donde:

- P_T Potencia Total Prevista
- P_V Potencia Prevista para las Viviendas
- P_{SG} Potencia Prevista para los Servicios Generales
- P_{LC} Potencia Prevista para los Locales Comerciales y Oficinas
- P_G Potencia Prevista para los Garajes

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

La **carga correspondiente a un conjunto de viviendas P_V** se obtiene de esta manera:

- 1- Se determina la potencia máxima de cada vivienda de acuerdo con su grado de electrificación (véase la tabla IV).
- 2- Se calcula la media de estas potencias máximas de todas las viviendas.
- 3- Se multiplica este valor medio por el coeficiente indicado en la tabla VI en función del número de viviendas. Este coeficiente incluye el factor de simultaneidad de las viviendas.

En el caso de edificios cuya instalación esté prevista para la aplicación de la tarifa nocturna, el factor de simultaneidad será 1. Es decir, el coeficiente a aplicar no será el de la tabla VI, sino que será igual al número de viviendas.

Ejemplo 1:

Edificio de dos plantas de pisos, con cuatro viviendas por planta de 100 m² cada una y una planta ático con dos viviendas de 200 m² cada una. Las viviendas de la primera planta tienen su instalación eléctrica prevista para aplicarles la tarifa nocturna.

Las viviendas de 100 m² no disponen de previsión de aire acondicionado, ni previsión de sistema de calefacción eléctrica y no está prevista la instalación de receptores especiales. Por lo tanto se toma el grado de electrificación básica, con una la previsión de carga de 5750 W por vivienda ya que no se conoce la previsión exacta de demanda eléctrica.

Para las dos viviendas del ático, aunque no tienen previsión de aire acondicionado, ni previsión de sistema de calefacción eléctrica, al ser la superficie superior a 160 m² se toma el grado de electrificación elevada, con una la previsión de carga de 9200 W por vivienda ya que no se conoce la previsión exacta de demanda eléctrica.

La media de las potencias máximas de todas las viviendas, excepto las cuatro con tarifa nocturna, vale:

$$\frac{4 \cdot 5750 + 2 \cdot 9200}{4 + 2} = 6900 \text{ W}$$

Para estas 6 viviendas, la tabla VI da un coeficiente de 5,4. Luego, la previsión de cargas del conjunto de estas viviendas es:

$$P_{V1} = 5,4 \cdot 6900 = 37260 \text{ W} = 37,26 \text{ kW}$$

Por otra parte, a las 4 viviendas con tarifa nocturna se les aplica un factor de simultaneidad igual a 1. Luego, el conjunto de estas 4 viviendas tiene una previsión de carga de

$$P_{V2} = 4 \cdot 5750 = 23000 \text{ W} = 23 \text{ kW}$$

La previsión de carga de todas las viviendas vale

$$P_V = P_{V1} + P_{V2} = 37,26 + 23 = 60,26 \text{ kW}$$

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

La **carga correspondiente a los servicios generales P_{SG}** será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

La carga correspondiente a ascensores y montacargas, si no se conoce la potencia del ascensor a instalar, se puede determinar mediante las tablas de la Norma Tecnológica de la Edificación ITE-ITA (Tabla VII).

Tabla VII: Previsión de potencia para aparatos elevadores

Tipo de aparato elevador	Carga (kg)	Nº de personas	Velocidad (m/s)	Potencia (kW)
ITA-1	400	5	0,63	4,5
ITA-2	400	5	1,00	7,5
ITA-3	630	8	1,00	11,5
ITA-4	630	8	1,60	18,5
ITA-5	1000	13	1,60	29,5
ITA-6	1000	13	2,50	46,0
ITA-7	1600	21	2,50	73,5
ITA-8	1600	21	2,50	103,0

Para el alumbrado de portal y otros espacios comunes se puede estimar una potencia de 15 W/m^2 si las lámparas son incandescentes y de 8 W/m^2 si son fluorescentes. Para el alumbrado de la caja de escalera se puede estimar una potencia de 7 W/m^2 para incandescencia y de 4 W/m^2 para alumbrado con fluorescencia.

La **carga correspondiente a los locales comerciales y oficinas P_{LC}** se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Ejemplo 2:

Edificio con dos locales comerciales y dos oficinas, en el que se desconoce la previsión real de carga de los locales:

	Superficie (m^2)	Previsión real de carga (W)	Previsión con 100 W/m^2	Previsión carga (W)
local 1	25	desconocida	2500	3450
local 2	50	desconocida	5000	5000
oficina 1	200	35000	20000	35000
oficina 2	125	10000	12500	12500
Carga total (coeficiente 1)				55950

La última columna (Previsión de carga) se obtiene tomando para cada carga el mayor de los valores de las columnas 3ª (Previsión real) y 4ª (Previsión con 100 W/m^2), teniendo en cuenta, además, un mínimo de 3450 W.

La **carga correspondiente a los garajes P_G** se calculará considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3450W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Cuando en aplicación del CTE-DB-HS3 [15] sea necesario un sistema de ventilación forzada para la evacuación de humos de incendio, se estudiará de forma específica la previsión de cargas de los garajes.

8.2.3. Cálculo de cargas en edificios comerciales, de oficinas o destinados a una o varias empresas

En general, la demanda de potencia determinará la carga a prever en estos casos que no podrá ser nunca inferior a los siguientes valores:

- Edificios comerciales o de oficinas

Se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1 (al igual que en edificios destinados preferentemente a viviendas).

- Edificios destinados a concentración de industrias

Se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

8.2.4. Factor de potencia ($\cos \phi$)

Cuando no se conoce el factor de potencia de una instalación se pueden utilizar los siguientes valores orientativos:

Para la **Línea General de Alimentación (LGA)**:

- Edificio destinado a un sólo local comercial: factor de potencia = 0,8
- Edificio destinado a varios locales comerciales: factor de potencia = 0,85
- Edificio destinado a viviendas y locales comerciales: factor de potencia = 0,9
- Edificio destinado sólo a viviendas: factor de potencia = 0,9

Para las **Derivaciones individuales (DI)**:

- Monofásicas: factor de potencia = 1
- Trifásicas: factor de potencia = 0,8

8.3. DIMENSIONADO DE LA CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN (CGP)

La CGP viene definida en función de la potencia máxima de paso por la misma y de la sección de los conductores que se conectan a ella.

Una CGP no puede alimentar a más de 150 kW. Si la potencia es superior a 150 kW se instalarán dos o más cajas, de forma que ninguna de ellas suministre más de 150 kW.

Las CGP normalizadas más utilizadas son de 100, 160 y 250 A. Existen varios modelos a elegir en función de las necesidades del suministro, del tipo de red de alimentación y de las normas de la empresa distribuidora.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

La elección de la intensidad nominal de la CGP se realiza en función de la intensidad máxima que circula por ella, o bien, a partir de la potencia máxima que debe proporcionar y de su factor de potencia. Para ello se utiliza la tabla VIII.

Tabla VIII: Dimensionado de la Caja General de Protección (CGP)

CGP	INTENSIDAD (A)	POTENCIA (kW)			
		$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,9$	$\cos \varphi = 0,85$	$\cos \varphi = 0,8$
100	90	62	56	53	50
160	144	100	90	85	80
250	225	156	140	132	125

8.4. DIMENSIONADO DE CONDUCTORES

8.4.1. Secciones mínimas

Los conductores de fase en las diferentes partes de la instalación no pueden tener una sección inferior a los valores indicados en la tabla IX.

En general, la sección del conductor neutro deberá ser igual a la de los conductores de fase. Sólo en casos especiales, debidamente justificados, se podrá reducir la sección del neutro en una instalación trifásica. En todo caso, la sección del conductor neutro no puede ser inferior a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07 [6], que coincide con la tabla 1 de la ITC-BT-14 [6] (tabla XVI) utilizada para dimensionar las LGA

El conductor de protección tendrá la sección mínima señalada en la tabla X.

Tabla IX: Secciones mínimas de los conductores de fase en las diferentes partes de una instalación de B.T.

Parte de la instalación	Sección mínima del conductor de fase (mm ²)		ITC-BT
	Cobre	Aluminio	
Línea General de Alimentación (LGA)	10	16	14
Derivación Individual (DI)	6	6	15
Instalaciones interiores en viviendas:			
C1 Iluminación	1,5	1,5	25
C2 Tomas de uso general	2,5	2,5	25
C3 Cocina y horno	6	6	25
C4 Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	4	4	25
C5 Baño, cuarto de cocina	2,5	2,5	25
C8 Calefacción	6	6	25
C9 Aire acondicionado	6	6	25
C10 Secadora	2,5	2,5	25
C11 Automatización	1,5	1,5	25

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Tabla X: Sección del conductor de protección (ITC-BT-19)

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(*) Con un mínimo de:

- 2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
- 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Para otras condiciones se aplicará la norma UNE 20.460-5-54, apartado 543.

8.4.2. Caídas de tensión

*Tabla XI: Límites reglamentarios de caída de tensión en una **LGA** (ITC-BT-14)*

Para alimentar a	Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro
Suministros de un único usuario (Fig. 5)	No existe LGA
Contadores totalmente centralizados (Fig. 6)	0,5%
Centralizaciones parciales de contadores (Fig. 7)	1,0%

*Tabla XII: Límites reglamentarios de caída de tensión en una **DI** (ITC-BT-15)*

Tipo de instalación	Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro
Suministros para un único usuario (Fig. 5)	1,5%
Contadores totalmente concentrados (Fig. 6)	1,0%
Contadores concentrados en más de un lugar (Fig. 7)	0,5%

Tabla XIII: Límites reglamentarios de caída de tensión en una instalación interior (ITC-BT-19)

Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro		
Tipo de instalación	Tipo de circuito	
	Alumbrado	Fuerza
Vivienda	3%	3%
Instalaciones distintas a vivienda	3%	5%
Instalaciones industriales alimentadas en A.T. con transformador (*)	4,5%	6,5%

(*) Instalaciones industriales que se alimentan directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio. En ellas se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que las caídas de tensión en las diferentes partes de la instalación cumplan lo indicado en las tablas XI a XIII.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

En las Figs. 23 y 24 se resume toda la normativa sobre las caídas de tensión máximas admisibles para una instalación de BT que señalan las ITC-BT.

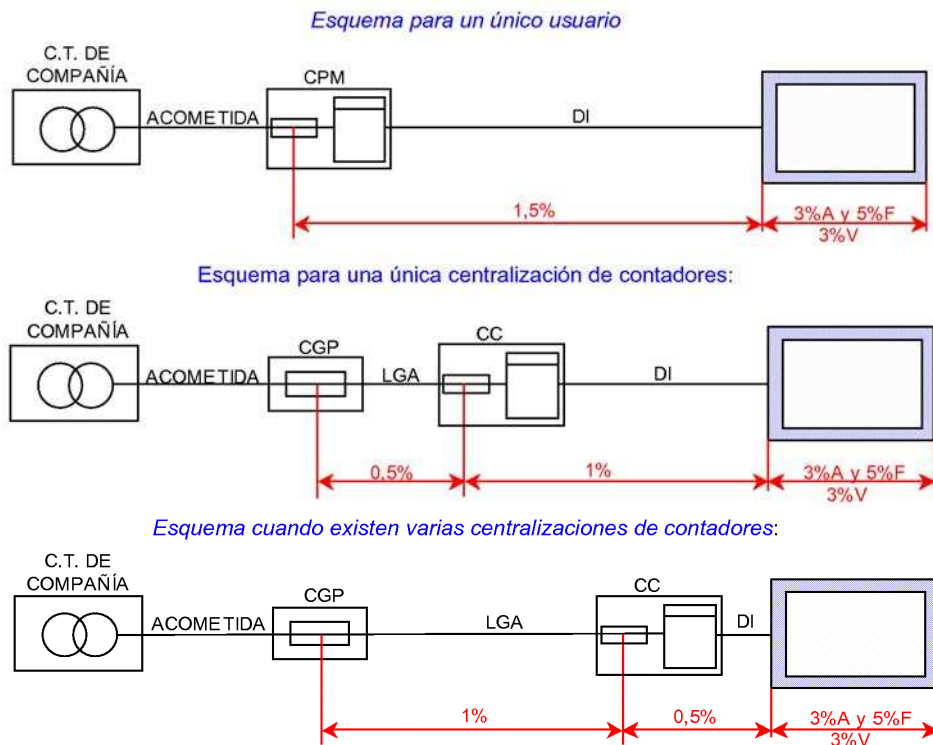
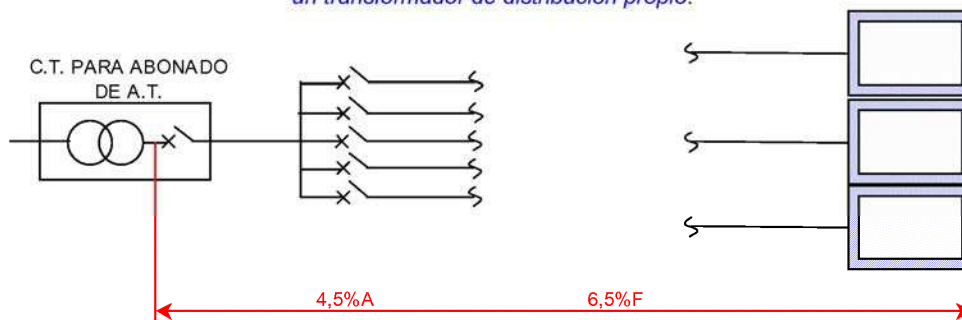


Fig. 23: Esquemas resumen de las caídas de tensión máximas admisibles en instalaciones de B.T. (Fuente: GUIA-BT-19 [5])

Esquema de una instalación industrial que se alimenta directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio.



Leyenda:

A: circuitos de alumbrado

F: circuitos de fuerza

V: circuitos interiores de viviendas

CPM: Caja de protección y medida

CGP: Caja general de protección

CC: Centralización de contadores

LGA: Línea general de alimentación

DI: Derivación individual

Fig. 24: Esquema resumen de las caídas de tensión máximas admisibles en una instalación alimentada en A.T. (Fuente: GUIA-BT-19 [5])

8.4.3. Criterio térmico

A la hora de dimensionar los conductores de las diferentes partes de una instalación eléctrica no sólo hay que tener en cuenta las secciones mínimas y las caídas de tensión admisibles, indicadas en los apartados anteriores. También hay que comprobar que serán capaces de soportar el calentamiento producido por las corrientes originadas por las cargas (criterio térmico).

Para comprobar que los cables elegidos cumplen el criterio térmico, se empieza calculando las corrientes que circularán por los cables cuando se tiene la previsión de cargas indicada en el apartado 8.2. A continuación, teniendo en cuenta el tipo de cable utilizado, su sección y aislamiento, así como el sistema de instalación adoptado; se determinan las secciones de cable mínimas que aguantan estas corrientes mediante tablas proporcionadas por las normas o los fabricantes de cables. La ITC-BT-19 ([5], [6]) indica que para estos cálculos pueden utilizarse las tablas de la norma UNE 20-460-94/5-523. En el anexo al final de este texto se incluye una tabla resumen extraída de la norma antes citada (la ITC-BT-19 incluye otra tabla resumen sacada de la norma UNE 20-460-94/5-523, pero ha quedado anulada al existir una versión más moderna de esta norma).

8.4.4. Criterio de las corrientes de cortocircuito

El último aspecto a considerar en el dimensionado de los conductores es que puedan soportar, durante el tiempo que tardan en actuar las protecciones, las corrientes que aparecerán si se produce un cortocircuito.

La densidad de corriente de cortocircuito J_{cc} que puede aguantar un cable depende de la naturaleza de sus materiales conductor y aislante y de la duración del cortocircuito. La ITC-BT-07 proporciona unas tablas para determinar J_{cc} (tablas XIV y XV).

Dividiendo la corriente I_{cc} , que aparece si se produce un cortocircuito al principio del cable, entre la densidad de corriente obtenida de las tablas XIV y XV, se determina la mínima sección que es capaz de aguantar el cortocircuito.

*Tabla XIV: Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2 ,
para conductores de aluminio.*

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC									
Sección $\leq 300 \text{ mm}^2$	237	168	137	106	75	61	53	47	43
Sección $> 300 \text{ mm}^2$	211	150	122	94	67	54	47	42	39

*Tabla XV: Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm^2 ,
para conductores de cobre.*

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC									
Sección $\leq 300 \text{ mm}^2$	364	257	210	163	115	94	81	73	66
Sección $> 300 \text{ mm}^2$	322	228	186	144	102	83	72	64	59

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

En algunos casos puede ser necesario el adoptar una sección de conductor superior a la inicialmente prevista para que así pueda resistir los cortocircuitos. Sin embargo, lo habitual es que la sección de conductor adoptada siguiendo los criterios de la caída de tensión y el térmico (apartados 8.4.2 y 8.4.3) sea suficiente para soportar también los cortocircuitos.

8.5. DIMENSIONADO DE TUBOS Y CONDUCTOS

Los sistemas de conducción de cables se dimensionan teniendo en cuenta que deben tener capacidad suficiente para incluir los conductores de fase, neutro y protección y que, además, resulte fácil la colocación de los conductores. Las instrucciones ITC-BT-20 y 21 ([5], [6]) señalan la forma de dimensionar cada sistema de instalación.

Para las LGA, consúltase también la ITC-BT-14 y para las Derivaciones Individuales (DI), consúltase la ITC-BT-15 (las canalizaciones de las LGA y de las DI deberán permitir un aumento de la sección de los conductores en un 100%).

8.6. EJEMPLO GENERAL

Ejemplo 3:

Se trata de un edificio de viviendas con dos plantas de pisos, con cuatro viviendas por planta de 100 m² cada una y una planta ático con dos viviendas de 200 m² cada una (similar al ejemplo 1 del apartado 8.2.2). Las viviendas de la primera planta tienen su instalación eléctrica prevista para aplicarles la tarifa nocturna. El edificio está dotado de un ascensor de 400 kg de carga de tipo ITA-1, tiene una superficie de portal de 50 m² y la caja de escalera tiene 150 m² y ambos están iluminados con lámparas incandescentes. Este edificio posee las siguientes oficinas y locales comerciales (similares a las del ejemplo 2 del apartado 8.2.2):

Un local comercial de 25 m² del que se desconoce su carga real.

Un local comercial de 50 m² del que se desconoce su carga real.

Una oficina de 200 m² que tiene una carga de 35 kW.

Una oficina de 125 m² que tiene una carga de 10 kW.

También existe un garaje de 140 m² con ventilación natural.

Esta instalación tendrá todos los contadores centralizados en un solo lugar (Fig. 6).

De la Caja General de Protección a la centralización de contadores hay 10 m. De la centralización de contadores a los cuadros de mando de las viviendas del ático hay 25 m.

De acuerdo con el ejemplo 1, se tiene esta previsión de cargas para las viviendas:

$$P_V = 60,26 \text{ kW}$$

De acuerdo con el ejemplo 2, se tiene esta previsión de cargas para los locales comerciales y las oficinas:

$$P_{LC} = 55,95 \text{ kW}$$

Según la tabla VII, se tomará para el ascensor una carga de 4,5 kW.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Dado que el portal está alumbrado con lámparas incandescentes, según el apartado 8.2.2, se adoptará una carga de 15 W/m^2 . Por lo tanto, el portal demanda

$$50 \times 15 = 750 \text{ W} = 0,75 \text{ kW}$$

Análogamente, el apartado 8.2.2 indica que cuando la caja de escalera se ilumina con lámparas incandescentes se adopta una carga de 7 W/m^2 . Esto da una potencia de

$$150 \times 7 = 1050 \text{ W} = 1,05 \text{ kW}$$

En consecuencia, los servicios generales demandan una potencia total de

$$P_{SG} = 4,5 + 0,75 + 1,05 = 6,30 \text{ kW}$$

Según el apartado 8.2.2, para un garaje con ventilación natural se adoptará una carga de 10 W/m^2 , lo que da lugar a una potencia de:

$$140 \times 10 = 1400 \text{ W} = 1,40 \text{ kW}$$

Como la potencia mínima para un garaje es de 3450 W , se tomará $P_G = 3,45 \text{ kW}$.

La Potencia Total Prevista vale, pues:

$$P_T = P_V + P_{SG} + P_{LC} + P_G = 60,26 + 6,30 + 55,95 + 3,45 = 125,96 \text{ kW}$$

Como la Potencia Total Prevista es inferior a 150 kW , se utilizará un único Cuadro General de Protección (CGP) y una única Línea General de alimentación (LGA).

Dado que el factor de potencia de esta instalación no se conoce, se adoptará un valor orientativo de $0,9$ (apartado 8.2.4).

Por lo tanto, la corriente en el CGP y en la Línea General de Alimentación (LGA), que son trifásicos, vale

$$I_{LGA} = \frac{P_{LGA}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \phi_{LGA}} = \frac{125960}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 202 \text{ A}$$

Consultando la tabla VIII se deduce que, para un consumo de corriente de 202 A , la Caja General de Protección (CGP) debe ser de 250 A .

Para la Línea General de Alimentación (LGA) se eligen cables unipolares de cobre, aislados con polietileno reticulado (XLPE). El nivel de aislamiento será $0,6/1 \text{ kV}$ y los cables serán no propagadores del incendio y de emisión de humos y opacidad reducida.

La LGA se instalará en tubos empotrados en obra.

La LGA va desde el CGP a la centralización de contadores. Luego, en este caso tiene una longitud, L_{LGA} , de 10 m .

El XLPE puede soportar de forma continua una temperatura máxima de 90°C . A esta temperatura la resistividad del cobre vale

$$\rho_{Cu90} = 1,28 \times \frac{1}{56} \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m}$$

De acuerdo con la tabla XI o la Fig. 23, en la LGA no debe haber una caída de tensión superior al 0,5%. Es decir:

$$\Delta V_{LGA \text{ máx}} = \frac{0,5}{100} \times 400 = 2 \text{ V}$$

Para que la caída de tensión en la LGA no pase de 2 V, su sección debe verificar que

$$S_{LGA} \geq \frac{\sqrt{3} \cdot \rho_{Cu90} \cdot L_{LGA} \cdot I_{LGA} \cdot \cos \varphi_{LGA}}{\Delta V_{LGA \text{ máx}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \frac{1,28}{56} \cdot 10 \cdot 202 \cdot 0,9}{2} = 36 \text{ mm}^2$$

Consultando la tabla 52-B1 de la norma UNE20460-5-523:2004 (ver el anexo al final de este texto) se comprueba que la instalación de cables unipolares en tubos empotrados en obra es del tipo A1. En el caso de 3 o más cables unipolares aislados con XLPE se debe utilizar la columna 6 de la tabla A.52-1 bis. Así se obtiene que la mínima sección de conductor de cobre que aguanta 202 A es 120 mm² (que soporta hasta 225 A).

Como el criterio térmico ha resultado más exigente que el de caída de tensión, la LGA tendrá, en principio, una sección de 120 mm². Se observa que esta sección cumple también con los mínimos indicados en la tabla IX.

Aceptando que las protecciones de la LGA cortan un cortocircuito en 0,2 s, la tabla XV indica que este cable aguanta durante un cortocircuito hasta una densidad de corriente J_{ccLGA} de 318 A/mm². Esto significa que podremos adoptar definitivamente la sección de 120 mm² si la corriente de cortocircuito en el inicio de la LGA no es superior a

$$120 \cdot 318 = 38160 \text{ A}$$

Supondremos que la corriente de cortocircuito (cuyo cálculo no es objeto de estos apuntes) tiene un valor inferior a 38160 A. Luego, la sección S_{LGA} de los conductores activos de la Línea General de Alimentación será definitivamente de **120 mm²**.

$$\Delta V_{LGA} = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho_{Cu90} \cdot L_{LGA} \cdot I_{LGA} \cdot \cos \varphi_{LGA}}{S_{LGA}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \frac{1,28}{56} \cdot 10 \cdot 202 \cdot 0,9}{120} = 0,60 \text{ V}$$

$$\Delta V_{LGA}(\%) = \frac{0,60}{400} \cdot 100 = 0,15\%$$

El conductor neutro de la LGA tendrá también 120 mm². Sólo si se demuestra que no van a existir desequilibrios ni corrientes armónicas se podrá reducir la sección a 70 mm², según la tabla 1 de la ITC-BT-14 (tabla XVI).

Tabla XVI: Dimensionado del conductor neutro y de los tubos en una LGA

Secciones (mm ²)		Diámetro exterior de los tubos (mm)
FASE	NEUTRO	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

Usando la tabla X se obtiene que la sección del conductor de protección en la LGA será 70 mm².

La tabla 1 de la ITC-BT-14 (tabla XVI) señala que los tubos a emplear para la canalización de esta LGA deben tener un diámetro exterior de 160 mm.

Las derivaciones individuales a las viviendas del ático tienen una longitud de 25 m. Estas DI son monofásicas y se realizarán mediante cables bipolares de cobre, aislados con polietileno reticulado (XLPE). El nivel de aislamiento será 0,6/1 kV y los cables serán no propagadores del incendio y de emisión de humos y opacidad reducida. Estas DI se instalarán en tubos empotrados en obra.

Estas DI deben alimentar una potencia de 9200 W (véase el ejemplo 1). Según el apartado 8.2.4 supondremos que el factor de potencia vale 1. Luego:

$$I_{DI} = \frac{P_{DI}}{V \cdot \cos \phi_{DI}} = \frac{9200}{230 \cdot 1} = 40 \text{ A}$$

De acuerdo con la tabla XII o la Fig. 23, en la DI no debe haber una caída de tensión superior al 1%, es decir:

$$\Delta V_{DI \text{ máx}} = \frac{1}{100} \times 230 = 2,3 \text{ V}$$

Para que la caída de tensión en las DI no sea superior a 2,3 V, su sección debe ser tal que

$$S_{DI} \geq \frac{2 \cdot \rho_{Cu90} \cdot L_{DI} \cdot I_{DI} \cdot \cos \phi_{DI}}{\Delta V_{DI \text{ máx}}} = \frac{2 \cdot \frac{1,28}{56} \cdot 25 \cdot 40 \cdot 1}{2,3} = 19,9 \text{ mm}^2$$

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

Consultando la tabla 52-B1 de la norma UNE20460-5-523:2004 (ver el anexo al final de este texto) se comprueba que la instalación de cables bipolares en tubos empotrados en obra es del tipo A2. En el caso de cables bipolares aislados con XLPE se debe consultar la columna 6 de la tabla A.52-1 bis. Así se obtiene que la mínima sección de conductor de cobre que aguanta 40 A es 10 mm^2 (que soporta hasta 50 A).

Como el criterio de caída de tensión ha resultado más exigente que el térmico, la DI tendrá, en principio, una sección igual a la normalizada inmediatamente superior a $19,9 \text{ mm}^2$; es decir, 25 mm^2 . Se observa que esta sección cumple con los mínimos indicados en la tabla IX.

Si las protecciones de estas DI cortan un cortocircuito en 0,2 s, la tabla XV indica que este cable aguanta durante un cortocircuito hasta una densidad de corriente J_{ccDI} de 318 A/mm^2 . Esto significa que podremos adoptar definitivamente la sección de 25 mm^2 si la corriente de cortocircuito en el inicio de las DI no es superior a

$$25 \cdot 318 = 7950 \text{ A}$$

Supongamos que al calcular la corriente de cortocircuito se obtiene un valor inferior a 7950 A. Luego, la sección S_{DI} de los conductores de fase y neutro de estas Derivaciones Individuales será de 25 mm^2 .

Tabla XVII: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir en canalizaciones empotradas de aplicación general (según la ITC-BT-21)

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

(Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores).

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

En consecuencia, la caída de tensión que finalmente se producirá en estas DI vale

$$\Delta V_{DI} = \frac{2 \cdot \rho_{Cu90} \cdot L_{DI} \cdot I_{DI} \cdot \cos \varphi_{DI}}{S_{DI}} = \frac{2 \cdot \frac{1,28}{56} \cdot 25 \cdot 40 \cdot 1}{25} = 1,83 \text{ V}$$

$$\Delta V_{DI}(\%) = \frac{1,83}{230} \cdot 100 = 0,80\%$$

Usando la tabla X se obtiene que la sección del conductor de protección en estas DI será 16 mm².

Estas DI se van a canalizar mediante tubos empotrados con tres conductores en su interior: fase, neutro y protección. Para dimensionar estos tubos se puede usar el apartado 1.2.2 de la ITC-BT-21 (tabla XVII), pero teniendo presente que la ITC-BT-15 señala que las canalizaciones de las DI deben permitir una ampliación del 100% en la sección de los conductores, es decir, el doblar su sección. Por lo tanto, en este caso se debe buscar en la tabla XVII el diámetro exterior de los tubos que pueden alojar tres conductores de 50 mm² (ya que 2x25 = 50 mm²) y se obtiene que dicho diámetro es de 50 mm.

El dimensionado de las canalizaciones de las DI se puede realizar de una manera más cómoda y precisa siguiendo la GUIA-BT-15 [5], la cual dispone de tablas específicas para ello.

9. PUESTA A TIERRA (ITC-BT-18)

Se denomina puesta a tierra a la conexión metálica de uno o varios puntos de una instalación a uno o varios electrodos enterrados. El objeto de esta puesta tierra puede ser el proporcionar una referencia de potencial para ciertos aparatos (*puesta a tierra funcional*) y, sobre todo, el facilitar la circulación a tierra de corrientes de defecto y las descargas atmosféricas, para evitar que existan diferencias de potencial peligrosas entre elementos accesibles de la instalación (*puesta a tierra de protección*).

Los conductores de protección y los neutros de los transformadores de los centros de transformación necesitan ser conectados a tierra mediante un sistema que presente la menor resistencia posible:

- 20 Ohmios en edificios sin pararrayos
- 5 Ohmios en edificios con pararrayos

La puesta a tierra de un edificio consta de los siguientes elementos:

- Tomas de tierra
 - Electrodos
 - Conductores de tierra o líneas de enlace con tierra
 - Puntos o bornes de puesta a tierra
- Conductores de protección
 - Línea principal de tierra
 - Derivaciones de la línea principal de tierra
 - Conductores de protección de las instalaciones interiores

9.1. ELECTRODOS

Un electrodo de puesta a tierra es un elemento conductor enterrado en el terreno y en perfecto contacto con él. Los electrodos deben ser resistentes a la corrosión y ser enterrados a una profundidad mínima de 50 cm (la NTE-IEP [10] recomienda un mínimo de 80 cm de profundidad).

Los electrodos más utilizados son:

- Picas
- Placas
- Conductores enterrados horizontalmente
- Anillos o mallas

Las **picas** son electrodos cilíndricos terminados en punta -tienen forma de jabalina- de 2 m de longitud que se introducen verticalmente en el terreno. Suelen fabricarse de cobre o de acero recubierto de cobre con un diámetro mínimo de 1,4 cm (Fig. 25).

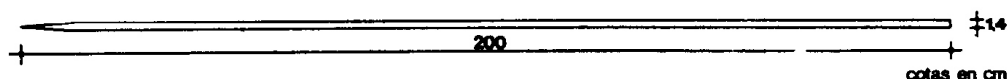


Fig. 25: Pica de puesta a tierra (Fuente: NT-IEP [10])

Frecuentemente se conectan varias picas en paralelo. En este caso la NTE-IEP [10] recomienda dejar entre ellas una separación mínima de 2 veces la longitud de la pica. Las picas se conectan en paralelo mediante un cable de cobre desnudo que se entierra en el terreno (Fig. 26).

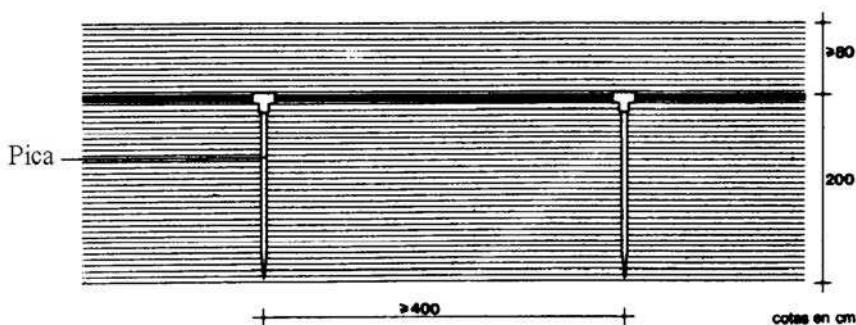


Fig. 26: Picas enterradas y puestas en paralelo (Fuente: NT-IEP [10])

Las **placas** son electrodos de forma rectangular o cuadrada de pequeño espesor que se colocan en el terreno en posición vertical.

Pueden ser de cobre, acero recubierto de cobre o acero galvanizado.

Un **conductor enterrado horizontalmente** es un electrodo que consiste en un cable, un alambre, una pletina, un fleje, ... desnudo enterrado horizontalmente.

Un **anillo o malla** está constituido por la combinación de varios electrodos (picas, placas, conductores) unidos entre sí formando un anillo cerrado o una malla.

La GUIA-BT-26 señala que en edificios para viviendas se debe instalar en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo (cuya sección mínima se indica en la ITC-BT-18) formando un anillo cerrado que rodee todo el perímetro del edificio. A este anillo deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando se prevea la necesidad de reducir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo (Fig. 27)

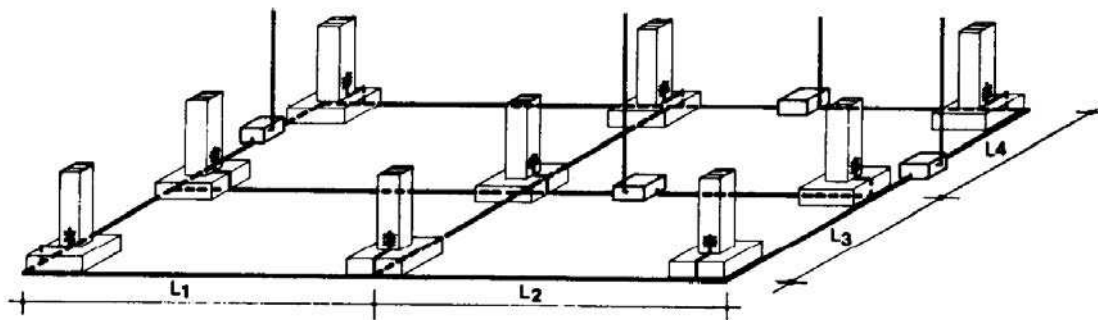


Fig. 27: Anillo de puesta a tierra (Fuente: NT-IEP [10])

9.2. CONDUCTORES DE TIERRA Y PUNTOS DE PUESTA A TIERRA

Los **conductores de tierra**, también denominados **líneas de enlace con tierra**, se tratan de conductores de cobre, aislados o desnudos, que unen los electrodos, o conjunto de electrodos con los puntos de puesta a tierra. Sus secciones mínimas se indican en la ITC-BT-18 [6].

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un **punto o borne principal de tierra**, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra
- Los conductores de protección
- Los conductores de unión equipotencial principal
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios

Este punto de puesta a tierra se colocará en uno de estos lugares:

- En los patios de luces destinados a cocinas y cuartos de aseo, etc., en rehabilitación o reforma de edificios existentes.
- En el local o lugar de la centralización de contadores, si la hubiere.
- En la base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas, si los hubiere.
- En el punto de ubicación de la caja general de protección.
- En cualquier local donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales, y que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación, deban ponerse a tierra.

El borne de puesta a tierra dispondrá de un sistema que permita la desconexión, mediante un útil, de la toma de tierra para poder medir su resistencia a tierra (Figs. 28 y 29).

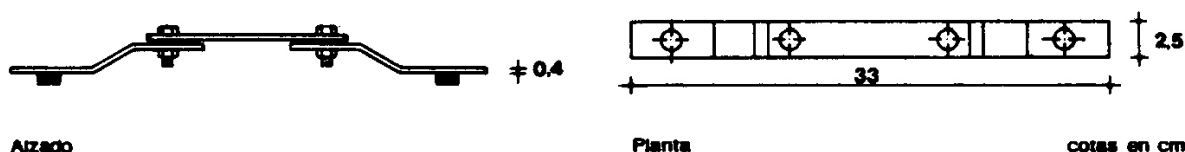


Fig. 28: Punto de puesta a tierra (Fuente: NT-IEP [10])

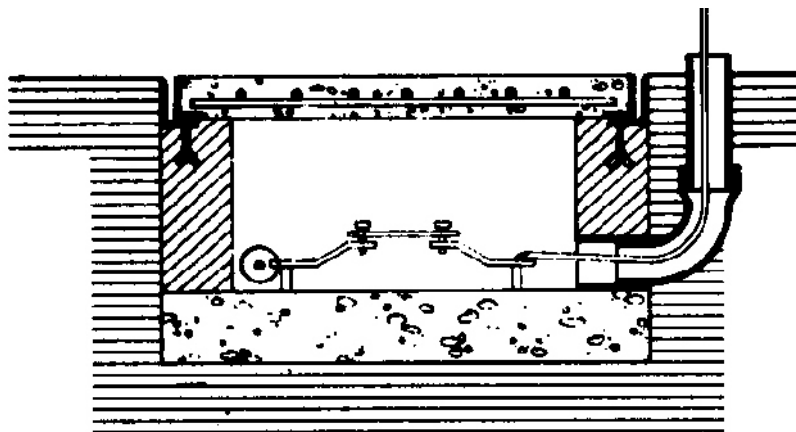


Fig. 29: Punto de puesta a tierra dentro de una arqueta (Fuente: NT-IEP [10])

9.3. CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Las **líneas principales** y sus **derivaciones** se establecerán en las mismas canalizaciones que las de las líneas generales de alimentación y derivaciones individuales.

Las líneas principales se encuentran conectadas directamente a un borne de puesta a tierra, mientras que las derivaciones se conectan a tierra a través de las líneas principales.

En edificios para viviendas con una única centralización de contadores la línea principal de tierra está formada por el conductor de protección que va desde el borne de puesta a tierra hasta el embarrado de protección y bornes de salida de la centralización de contadores. Cuando existen centralizaciones de contadores en varias ubicaciones esta línea principal de tierra discurre por la misma canalización que la LGA hasta el embarrado de protección de cada centralización.

La derivación de una línea principal de tierra está formada por el conductor de protección que discurre desde el embarrado de protección de la centralización de contadores hasta el origen de la instalación interior, por la misma canalización que las derivaciones individuales.

Las líneas principales de tierra estarán constituidas por conductores de cobre de igual sección que la fijada para los conductores de protección en la ITC-BT-19 (tabla X), con un mínimo de 16 mm^2 .

La sección de los conductores que constituyen las derivaciones de la línea principal de tierra, será la señalada en la ITC-BT-19 para los conductores de protección (tabla X).

Los **conductores de protección de las instalaciones interiores** se instalarán acompañando a los conductores activos en todos los circuitos de la instalación hasta los puntos de utilización. Su sección viene dada en la ITC-BT-19 (tabla X).

9.4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A TIERRA DE UN ELECTRODO

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad. La ITC-BT-18 incluye unas tablas (tablas XVIII a XX) que permiten el cálculo de la resistencia tierra de un electrodo.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

La tabla XIX muestra, a título orientativo, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con objeto de obtener una primera aproximación de la resistencia a tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medios indicados en la tabla XX. La tabla XVIII proporciona las fórmulas para calcular la resistencia a tierra.

Tabla XVIII: Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho / P$
Pica vertical	$R = \rho / L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho / L$
ρ , resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

Tabla XIX: Valores orientativos de la resistividad en función del terreno

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla XX: Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad (Ohm.m)
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ángel Lagunas Marqués. “Instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios de viviendas”. Editorial Thomson-Paraninfo. Madrid 2004.
- [2] José Carlos Toledano Gasca; José Luis Sanz Serrano. “Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación”. Editorial Thomson-Paraninfo. Madrid 2003.
- [3] José Pérez Cámara. «Instalaciones de enlace en edificios». Creaciones Copyright, S.L. 2004.
- [4] José Ramírez Vázquez. “Enciclopedia CEAC de la electricidad: Instalaciones de baja tensión. Cálculo de líneas eléctricas”. Ediciones CEAC, S.A. Barcelona. 1982.
- [5] Ministerio de Ciencia y Tecnología. “Guía Técnica de Aplicación del Reglamento Electrotécnico para B. T.”. www.ffii.nova.es/puntoinfomcyt/guia_rbt.asp.
- [6] Ministerio de Ciencia y Tecnología. “Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias”. B.O.E. nº 224, 18 septiembre 2002.
- [7] Ministerio de Industria y Energía. “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación”. Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre de 1982.
- [8] Ministerio de la Vivienda. “Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IEB: Baja Tensión”. B.O.E. 20 y 27 abril y 4 y 5 de mayo de 1974.
- [9] Ministerio de la Vivienda. “Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IET: Centros de transformación”. B.O.E. 23 de diciembre de 1983.
- [10] Ministerio de la Vivienda. “Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IEP: Puestas a tierra”. B.O.E. 24 de marzo de 1973.
- [11] Ministerio de la Vivienda. “Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IER: Red exterior”. B.O.E. 19 de junio de 1984.
- [12] José García Trasancos. “Instalaciones eléctricas en media y baja tensión”. Editorial Thomson-Paraninfo. Madrid 2003.
- [13] Narciso Moreno Alonso; Ramón Cano González. “Instalaciones eléctricas de baja tensión”. Editorial Thomson-Paraninfo. Madrid 2004.
- [14] José Luis Sanz Serrano; José Carlos Toledano Gasca. “Técnicas y procesos en las instalaciones eléctricas en media y baja tensión”. Editorial Thomson-Paraninfo. Madrid 2005.
- [15] Ministerio de la Vivienda. “Código Técnico de la Edificación”. B.O.E. Real Decreto 314/2006.

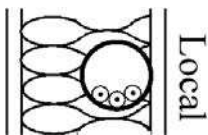
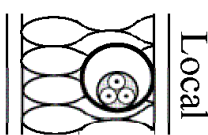
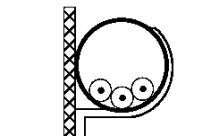
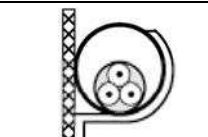
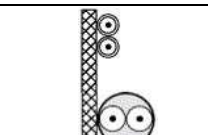
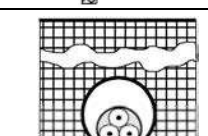
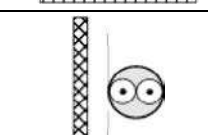
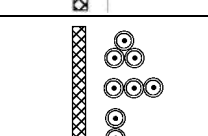
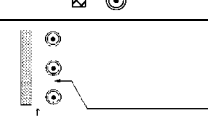
La bibliografía básica a emplear está compuesta por el “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)” del 2002 con sus “Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC)” [6], su “Guía Técnica de Aplicación” [5] y las “Normas Tecnológicas de la Edificación NTE-IEB: Baja Tensión” [8].

El REBT es de obligado cumplimiento, mientras que la Guía [5] y las NTE-IEB [8] son recomendaciones técnicas no vinculantes. El actual reglamento REBT es del año 2002, sustituye al antiguo reglamento de 1973 y ha dejado obsoletas algunas de las recomendaciones de las NTE-IEB, que son mucho más antiguas (del año 1974). Por lo tanto, al utilizar las NTE-IEB hay que comprobar que no contradigan el REBT actual.

ANEXO

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523)

Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia			Tabla y columna			
			Intensidad admisible para los circuitos simples			
			Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
			Número de conductores			
			2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	---	Ver UNE 20460-5-523	----	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado **EPR:** Etileno-propileno **PVC:** Policloruro de vinilo

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)

**Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire**

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A1												
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm²												
<u>Cobre</u>												
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590
<u>Aluminio</u>												
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) **EPR:** Etileno-propileno (90°C) **PVC:** Policloruro de vinilo (70°C)

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TABLA A.52-2 BIS (UNE 20460-5-523:2004)

**Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 25 °C en el terreno**

Método de instalación	Sección mm ²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D	<u>Cobre</u>				
	1,5	20,5	17	24,5	21
	2,5	27,5	22,5	32,5	27,5
	4	36	29	42	35
	6	44	37	53	44
	10	59	49	70	58
	16	76	63	91	75
	25	98	81	116	96
	35	118	97	140	117
	50	140	115	166	138
	70	173	143	204	170
	95	205	170	241	202
	120	233	192	275	230
	150	264	218	311	260
	185	296	245	348	291
	240	342	282	402	336
	300	387	319	455	380
D	<u>Aluminio</u>				
	2,5	20,5	17	24,5	21
	4	27,5	22,5	32,5	27,5
	6	34	28	40	34
	10	45	38	53	45
	16	58	49	70	58
	25	76	62	89	74
	35	91	76	107	90
	50	107	89	126	107
	70	133	111	156	132
	95	157	131	185	157
	120	179	149	211	178
	150	202	169	239	201
	185	228	190	267	226
	240	263	218	309	261
	300	297	247	349	295

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) **EPR:** Etileno-propileno (90°C) **PVC:** Policloruro de vinilo (70°C)