

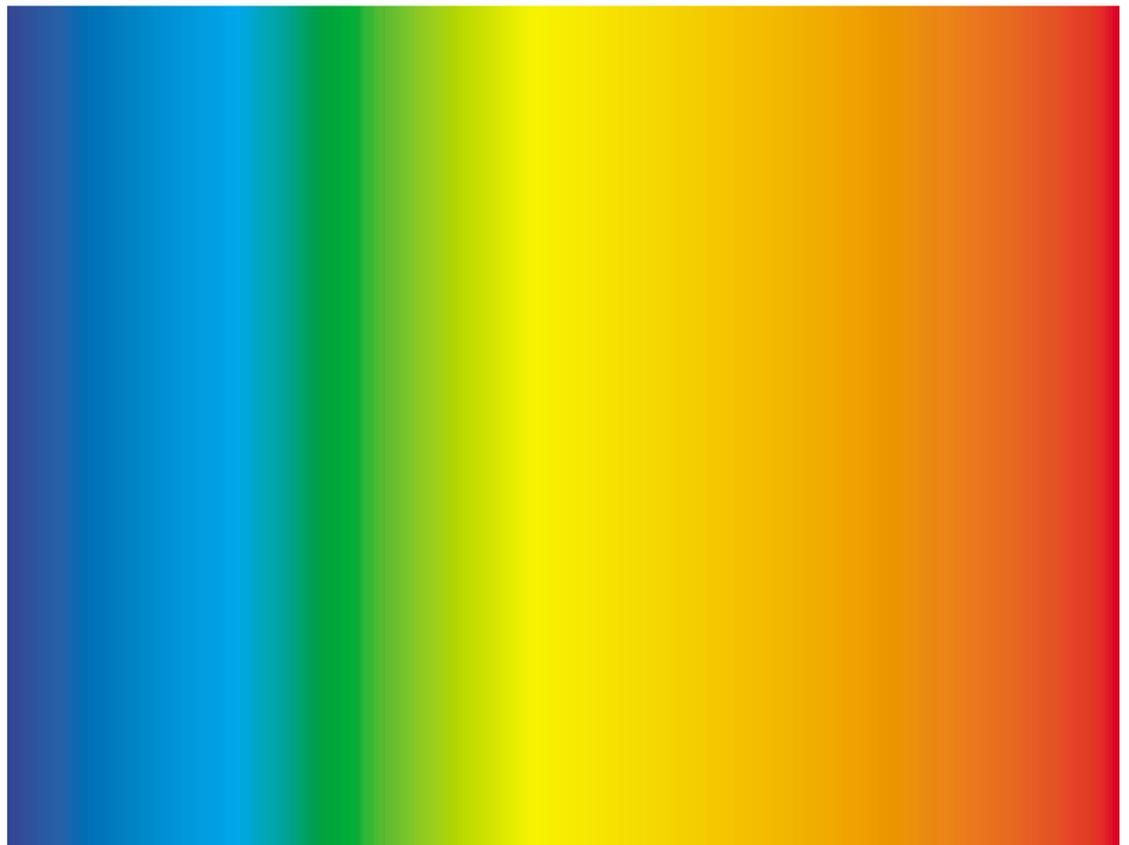
# APUNTES

Ciclo Formativo de Grado Superior

2º Sistemas de Telecomunicación e Informáticos

Profesor: Armando Sánchez Montero

Horas de Libre Configuración



## 2ª Evaluación

## Tema 8 Instalaciones eléctricas de interior

### 8.1 Generalidades

La finalidad de esta Unidad es estudiar las instalaciones interiores en viviendas. Antes de esto deberemos analizar brevemente las instalaciones interiores o receptoras y, de ellas, los diferentes tipos de tubos y canales protectores, los sistemas de instalaciones, las protecciones, etcétera.

Realizaremos también el estudio de las acometidas e instalaciones de enlace, que son las encargadas de suministrar energía eléctrica a cada usuario desde la red general de distribución o reparto, por donde las empresas realizan el suministro eléctrico. En cada apartado de la Unidad iremos haciendo referencia a la normativa legal vigente que afecta a cada elemento y, en concreto, a la instrucción técnica complementaria correspondiente del RBT.

### 8.2 Tubos protectores para canalizaciones eléctricas. ITC-BT-21

Según el RBT, canalización eléctrica es el conjunto constituido por uno o varios conductores eléctricos y los elementos que aseguran su fijación y, en su caso, su protección mecánica.

#### 8.2.1 Tipos de tubos protectores

Para la protección mecánica y eléctrica, se emplean los tubos protectores, que según la ITC-BT-21 pueden ser:

- Metálicos.
- No metálicos.
- Compuestos (metálicos y no metálicos).

La norma UNE-EN 50086 clasifica los tubos en:

- Rígidos. Son aquellos que requieren técnicas especiales de curvado. Están previstos para instalaciones superficiales y sus cambios de dirección se pueden realizar mediante accesorios específicos como curvas, manguitos de unión, derivaciones ...

En la Figura 9.1-a vemos tubos rígidos de PVC y accesorios y en la Figura 9.1-b, tubos rígidos metálicos con sus correspondientes accesorios.

Como se aprecia en estas fotografías, las curvas y derivaciones metálicas son registrables, para que puedan hacerse las verificaciones necesarias una vez realizada la instalación. A esta categoría pertenecen los tubos rígidos no metálicos (generalmente PVC), conocidos como tubos H, así como los metálicos.



Fig. 8.1-a. Tubo rígido pvc.



Fig.8.1-b. Tubo rígido metálico.



- **Curvables.** Son aquellos que pueden curvarse fácilmente con las manos, sin necesidad de herramienta alguna. No están pensados para estar en continuo movimiento, si bien tienen un cierto grado de flexibilidad (Fig. 8.2). A esta categoría pertenecen los tubos aislantes de PVC, conocidos como corrugados.



Fig 8.2 Tubo curvable o corrugado

- **Flexibles.** Están diseñados para soportar, a lo largo de su vida útil, un número elevado de operaciones de flexión. Pueden formar parte de instalaciones con partes móviles, como por ejemplo máquinas. A este grupo pertenecen los tubos flexibles metálicos y de PVC (Figs. 8.3-a y 8.3-b).



Fig. 8.3-a. Tubo flexible de PVC .Accesorios

Fig. 8.3-b. Tubo flexible metálico con cubierta aislante.



- **Enterrados.** Están diseñados para soportar presiones e impactos considerables. Pueden ser tanto rígidos como curvables, en todo caso con doble pared, pues de esta manera presentan más resistencia a la presión (Fig. 8.4).

Fig. 8.4. Tubo curvable para canalizaciones subterráneas.



#### Tipos de instalaciones

Según la ITC-BT-21 del RBT, podemos considerar cuatro tipos de instalaciones:

- Canalizaciones fijas en superficie.
- Canalizaciones empotradas.
- Canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

• Canalizaciones enterradas.

Para cada tipo de instalación, se establece una serie de características mínimas que deben cumplir los tubos protectores. Teniendo en cuenta que, de los tipos analizados, los rígidos y los curvables son los que más se utilizan, nos centraremos principalmente en ellos.

**Tubos en canalizaciones fijas en superficie**

En este tipo de canalizaciones, los tubos deberán ser preferentemente rígidos, o curvables en casos especiales.

Es el caso de las instalaciones con tubo rígido superficial para luminarias, que serán instaladas con posterioridad. En este caso se podrá usar tubo curvable para compensar las desviaciones. En la Figura 9.5 se representan canalizaciones fijas en superficie.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm <sup>2</sup> )	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	-	-	-

Tabla 8.1. Diámetro para los tubos en superficie.

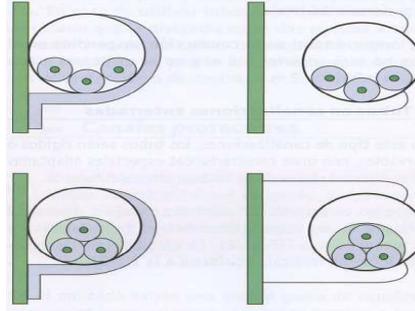


Fig.8.5. Canalizaciones fijas en superficie

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes para instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores

Los tubos deberán tener un diámetro que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 8.1 tenemos los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables que deben conducir.

**Montaje fijo en superficie**

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y la distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 m sobre el suelo.
- En las juntas de dilatación de los edificios deberán interrumpirse los tubos un tramo de 5 cm, empalmándose con un manguito deslizante de unos 20 cm.

**Tubos en canalizaciones empotradas**

En este tipo de canalización, los tubos podrán ser rígidos, curvables o flexibles, para ser empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectores de obra (Figs. 8.6 y 8.7).

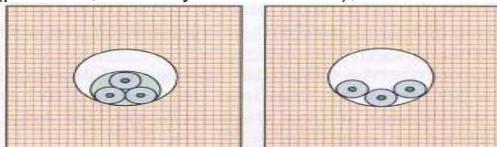


Fig. 8.6. Tubos en canalizaciones empotradas en paredes de obra.

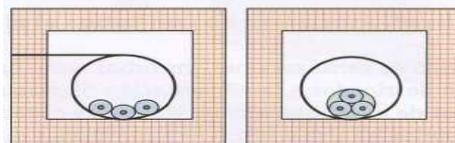


Fig. 8.7. Tubos canalizados en huecos de la construcción o falsos techos o falsos suelos.

En la Tabla 8.2 figuran los diámetros

Sección nominal de los conductores unipolares (mm <sup>2</sup> )	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	-	-	-

Tabla 8.2. Diámetro para los tubos empotrados.

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados 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.

exteriores mínimos de los tubos para canalizaciones empotradas, en función del número y de la sección de conductores.

**Montaje fijo empotrado**

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las recomendaciones expuestas anteriormente y, además, las siguientes prescripciones:

- Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 cm. No se pondrán en peligro la seguridad de paredes o techos.
- Es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm como máximo del suelo o del techo, y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.

### **Canalizaciones aéreas o con tubos al aire**

En este tipo de canalizaciones, los tubos serán flexibles y estarán destinados a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo.

Se recomienda no utilizar secciones de conductores superiores a 16 mm<sup>2</sup>.

La longitud total de la conducción suspendida en el aire no será superior a 4 m y no se empezará a una altura inferior a 2 m.

### **Tubos en canalizaciones enterradas**

En este tipo de canalizaciones, los tubos serán rígidos o curvables, con unas características especiales adaptadas a las circunstancias de la instalación y del terreno.

Tanto las características mínimas como los diámetros mínimos de los tubos para este tipo de instalaciones se recogen en la ITC-BT-21. La ejecución de las canalizaciones se realizará conforme a la ITC-BT-07.

### **8.2.2 Instalación y colocación de los tubos**

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y, en su defecto, lo prescrito en la norma UNE 20460-5- 523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

### **Prescripciones generales**

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales. Las curvas practicadas en los tubos no originarán reducciones de sección, y sus radios de curvatura serán los especificados por el fabricante.

Los conductores se alojarán en los tubos una vez colocados éstos. Los tubos deben disponerse de manera que la introducción y retirada de los conductores resulte fácil. Así mismo, se colocarán los registros convenientes, que en tramos rectos no estarán separados más de 15 m.

No se permitirá unir conductores (es decir, hacer empalmes o derivaciones) retorciéndolos o arrollándolos entre sí, sino que se utilizarán bornes o regletas de conexión, y siempre dentro de las cajas de conexiones.

Con tubos metálicos, habrá que prever la instalación para evitar las posibles condensaciones de agua en su interior. Los que sean accesibles deberán ponerse a tierra.

En caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 m. Los tubos metálicos no podrán utilizarse como conductores de protección o de neutro.

### **8.2.3 Canales protectores**

El canal protector es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no perforadas, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.

En el mercado existe una amplia gama de canales y accesorios, cuya principal utilidad es ampliar o reestructurar instalaciones en el sector residencial y terciario (oficinas, colegios, hoteles, etc.). Las canalizaciones se realizan sobre paredes, zócalos, suelos, etc. o sobre columnas prefabricadas. También se fabrican canales para instalaciones de cuadros eléctricos, conocidas como canaletas.



Las canales pueden incorporar mecanismos con sus correspondientes accesorios, con los que la instalación quedará protegida al completo (cables y mecanismos), y se podrá realizar el conexionado de cables y mecanismos en su interior siempre que reúna las condiciones expuestas en la ITC-BT-21. En la Figura 8.8 se pueden observar varios sistemas de canales y en la Figura 8.9 un ejemplo de instalación con canales.

**Fig. 8.8. Canal de mecanismos incorporados y de columna,**

Las prescripciones generales sobre su instalación y colocación, así como las características mínimas de las canales, serán las indicadas en la ITC-BT-21.

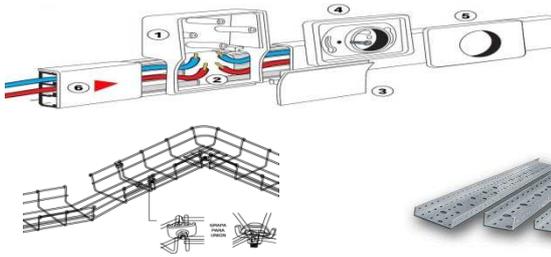
### **8.2.4 Bandejas**

Tras la publicación del RBT, se estableció la norma UNE-EN 61537 sobre Sistemas de bandejas y bandeja de escalera para conducción de cable. Este sistema de instalación ya se encuentra definido en la ITC-BT-20.

El cometido de la bandeja es soportar y conducir los cables. Sólo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta, de tensión asignada 0,6/1 kV.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales, horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectuará la instalación.

Las bandejas metálicas deben conectarse a la red de tierra, de forma que su continuidad eléctrica quede convenientemente asegurada.



Las bandejas pueden ser de rejilla, ciegas, perforadas, de escalera, etc., y se pueden encontrar en PVC o metal, según el modelo.

Fig 8.9. Ejemplo de instalación con canales.



Fig. 8.10. Instalación de cables sobre bandeja de rejilla en las posiciones horizontal y vertical

### 8.3 Sistemas de instalación. ITC-BT-20

En la ITC-BT-20 del RBT se recogen los distintos sistemas de canalizaciones (véase la norma UNE 20460-5-52), Y se detalla la manera de efectuar su instalación, así como las principales características de los conductores y de los tubos o canales protectores para los sistemas más habituales.

La selección del tipo de canalización para cada instalación particular se realizará cuidadosamente, en función de las influencias externas. Se escogerá la que se considere más adecuada de entre las descritas para conductores y cables.

#### 8.3.1 Prescripciones generales

Dentro de la ITC-BT-20, se recogen las prescripciones generales de los sistemas de instalación, que son, entre otras:

**Circuitos de potencia.** Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

**Separación de circuitos.** No deben instalarse circuitos de potencia y circuitos de muy baja tensión de seguridad (MBTS o MBTP) en las mismas canalizaciones, a menos que se cumplan las condiciones establecidas en dicha instrucción.

**Disposiciones.** La proximidad mínima entre canalizaciones eléctricas y otras no eléctricas será de 3 cm.

Las canalizaciones eléctricas y las no eléctricas sólo podrán ir dentro de un mismo canal o de un mismo hueco cuando se cumplan simultáneamente estas dos condiciones:

- Que esté asegurada la protección contra contactos indirectos.
- Que las canalizaciones eléctricas estén convenientemente protegidas contra la elevación de la temperatura, condensación, inundación, corrosión, etcétera.

#### 8.3.2 Sistemas de instalación

Los sistemas de instalación que se recogen en la ITCBT-20 son diez:

1. Bajo tubos protectores.
2. Fijados directamente a paredes.
3. Enterrados.
4. Directamente empotrados en estructuras.
5. Cables aéreos.
6. Interior de huecos de la construcción.
7. Bajo canales protectores.
8. Bajo molduras.
9. Bandeja o soporte de bandejas.
10. Canalizaciones eléctricas prefabricadas.

• **Conductores aislados bajo tubos protectores.** Se utilizarán cables cuya tensión asignada no sea inferior a 450/750 V. Los tubos cumplirán lo establecido en la ITC-BT-21.

• **Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes.** Se utilizarán cables cuya tensión asignada no sea inferior a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta.

Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas o collares, con una distancia máxima de 40 cm entre fijaciones. Se evitará curvar los cables con una curva de radio demasiado pequeño. Dicho radio no será inferior a diez veces el diámetro exterior del cable.

Los cruces con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior de éstas, y se dejará una distancia mínima de 3 cm entre ellas.

• **Conductores aislados enterrados.** Los conductores deberán ir bajo tubo, salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV. Se establecerán de acuerdo con lo señalado en las ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

**Conductores aislados directamente empotrados en estructuras.** Son necesarios conductores aislados con cubierta de tensión 0,6/1 KV (incluidos cables armados o con aislamiento mineral).

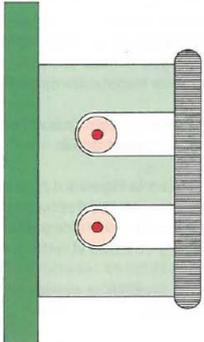
• **Conductores aéreos.** Los conductores aéreos no recogidos en el apartado de «Conductores aislados fijados directamente sobre paredes» cumplirán lo establecido en la ITC-BT-06.

• **Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción.** Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual al cuádruple de la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no podrá ser inferior al doble del diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 mm.

- **Conductores aislados bajo canales protectoras.** Las canales deberán satisfacer lo establecido en la ITC-BT-21 del RBT. Se utilizará conductor aislado, de tensión asignada 450/750 V. En los canales protectores de grado de protección inferior a IP4X o clasificadas como «canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas », según la norma UNE EN 50085-1, sólo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.



- **Conductores aislados bajo molduras.** Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. La tensión asignada de los cables no podrá ser inferior a 450/750 V.

En una ranura sólo entrarán conductores pertenecientes al mismo circuito. La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm<sup>2</sup> será, como mínimo, de 6 mm. Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo. En caso de que se utilicen rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm sobre el suelo.

En cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otros usos (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especial, o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación será como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras y 3 cm en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.

Fig. 8.11. Instalación de conductores aislados en el interior de molduras.

- **Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas.** Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta de 0,6/1 kV (incluidos cables armados o con aislamiento mineral) unipolares o multipolares.
- **Canalizaciones eléctricas prefabricadas.** Deberán tener un grado de protección adecuado a las características del local por el que discurren.

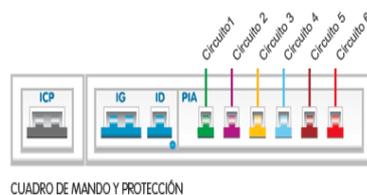
#### 8.4 Instalaciones interiores en viviendas. ITC-8T-25

Las instalaciones interiores de viviendas deberán regirse por la normativa vigente. Éstas parten del cuadro general de mando y protección, de donde salen los diferentes circuitos independientes o derivaciones que componen la instalación interior de la vivienda.

##### 8.4.1 Cuadro general de mando y protección

Constituido por una caja generalmente de material termoplástico autoextinguible (PVC), que puede ser empotrable o para instalación en superficie. En el interior contienen generalmente un sistema de carril para la fijación de los dispositivos, que serán protegidos por una o dos tapas en las que se ha practicado una abertura para poder manipular los dispositivos. El conjunto puede estar protegido por una puerta del mismo material que la caja o de material transparente.

Las dimensiones vienen determinadas por el número de dispositivos que hay que instalar.



Como se aprecia en la Figura 8.12, la caja se puede fabricar con dos compartimentos independientes: uno para el interruptor de control de potencia (ICP) con tapa precintable, y otro para el resto de dispositivos. Estos elementos también se pueden instalar en dos cajas independientes.

Fig. 8.12. Cuadro general de mando y protección con ICP.

Las envolventes del cuadro dispondrán de un grado de protección mínimo de IP30 e IK 07.

##### Situación del cuadro

Se colocará junto a la puerta de entrada a una altura respecto al nivel del suelo comprendida entre 1,4 y 2 m, de forma que los dispositivos queden en posición vertical.

##### Dispositivos

El compartimento correspondiente al interruptor de control de potencia (ICP) quedará libre, ya que su instalación corresponde a la empresa suministradora de energía eléctrica.

El ICP es un interruptor magnetotérmico de corte omnipolar, cuya función es desconectar la instalación eléctrica cuando el consumo de potencia eléctrica supere los límites de la potencia contratada por el

Las dimensiones vienen determinadas por el número de usuario. Para poder activarla de nuevo, habrá que des conectar algún receptor y así disminuir el consumo eléctrico.

El calibre de los ICP estará en consonancia con la potencia contratada por el usuario.

En el otro compartimento se instalarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección, que según la ITC-BT-17 será, como mínimo:

- Un interruptor general automático (IGA) de **corte omnipolar con accionamiento manual, de intensidad nominal mínima de 25 A y dispositivo de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.**

Este IGA es independiente del ICP y no puede ser sustituido por éste. Tendrá un poder de corte para la intensidad de cortocircuito de 4 500 A como **mínimo**.

- Uno o varios interruptores diferenciales que garanticen la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, con una intensidad diferencial-residual máxima de 30 mA e intensidad asignada superior o igual que la del interruptor general. Cuando se usen interruptores diferenciales en serie, habrá que garantizar la protección de todos los circuitos frente a intensidades diferenciales residuales de 30 mA como máximo. Se podrán instalar otros diferenciales de intensidad superior a 30 mA en serie, siempre que se cumpla lo anterior.
- Dispositivos de **corte omnipolar** (interruptor magnetotérmico) con accionamiento manual, destinados a proteger individualmente cada uno de los circuitos interiores de la vivienda contra sobrecargas y cortocircuitos. Tendrán una intensidad asignada de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito a las que protegen y deberán resistir las corrientes de cortocircuito que pudieran presentarse en el punto de su instalación.
- **Dispositivo de protección contra sobretensiones**, según la ITC-BT-23, si fuese necesario.
- En este mismo cuadro se dispondrán los bornes o pletinas para la conexión de los conductores de protección de la instalación con la derivación de la línea principal de tierra, según la ITCBT- 26.
- El instalador fijará una placa de forma permanente, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha de realización de la instalación, intensidad del IGA, etcétera.

#### **8.4.2 Grados de electrificación**

La carga máxima por vivienda depende del grado de utilización que se desee alcanzar. Para ello se establecen dos grados de electrificación: básico y elevado.

- Grado de electrificación básico. Se plantea como el sistema mínimo a efectos de uso de la instalación interior de las viviendas en edificios nuevos, tal como se indica en la ITC-BT-10. Su objeto es permitir la utilización de los aparatos electrodomésticos de uso básico sin necesidad de obras posteriores de adecuación.
- Grado de electrificación elevado. Se usará en viviendas con muchos aparatos electrodomésticos, lo que obligará a instalar más de un circuito de los previstos para el grado básico, así como con la previsión de instalar 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 m<sup>2</sup>.

#### **8.4.3 Derivaciones o circuitos independientes**

**Electrificación básica.** Tendrá como mínimo los siguientes circuitos, todos ellos de distribución **interna**:

- C1. Destinado a alimentar los puntos de iluminación.
- C2. Destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.
- C3. Destinado a alimentar la cocina y el horno.
- C4. Destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico.
- CS. Destinado a alimentar las tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuarto de cocina.

**Electrificación elevada.** En este caso se instalarán, 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 si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m<sup>2</sup>.
- C8. Circuito de distribución interna destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe una previsión de ésta.
- C9. Circuito de distribución interna destinado a la instalación de aire acondicionado, siempre y cuando éste se haya previsto.
- 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 la previsión de su instalación.
- C12. Circuitos adicionales de cualquiera de los tipos C3 o C4, cuando se prevean, o circuito adicional del tipo C5, cuando el número de tomas de corriente exceda de 6.

El grado de electrificación de una vivienda, por lo general, será el básico, salvo que se cumplan algunas **de las condiciones** siguientes, en las que se utilizará electrificación elevada:

- Si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m<sup>2</sup>.
- 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.
- Si el número de puntos de utilización de tomas de corriente de cuartos de baño y auxiliares de cocina es superior a 6.

En una electrificación básica se puede utilizar el número de circuitos que se desee (por ejemplo, desdoblado algunos de los que hay), pero siempre teniendo en cuenta que:

- No debe darse ninguna de las condiciones que hemos enumerado para emplear el grado de electrificación elevado.
- Ha de colocarse un interruptor diferencial por cada cinco circuitos.

### Características de los elementos de mando y protección

El interruptor general automático (IGA) estará calibrado en función de la previsión de carga, que en los suministros monofásicos serán los que figuran en la Tabla 8.3.

Electrificación	Potencia (W)	Calibre del (IGA)
Básica	5750	25
	7360	32
Elevada	9200	40
	11500	50
	14490	63

Tabla 8.3. Escalones de potencia prevista en suministros monofásicos.

El interruptor de control de potencia (ICP), como su nombre indica, es un dispositivo de control que instala la empresa suministradora de energía eléctrica, y que está escalonado con los mismos calibres expuestos en la Tabla 8.3 para el IGA. Puede ocurrir que el usuario contrate una potencia menor de la prevista para la instalación, con lo que el calibre del ICP será también menor. El mínimo es de 25 A, que correspondiente a una potencia de 5750 W.

A partir de previsiones de cargas donde el suministro necesite una intensidad superior a 63 A, no será necesario colocar el ICP. Tanto para la electrificación básica como para la elevada, se colocará, como mínimo, un interruptor diferencial por cada cinco circuitos instalados; su intensidad diferencial-residual será de 30 mA como máximo, y se utilizará por lo general de 40 A de intensidad asignada para electrificación básica; para la electrificación elevada será de un valor igualo superior al del IGA.

Según se recoge en el apartado 2.1 de la ITC-BT-25, en caso de que se usen interruptores diferenciales en serie deberán cumplir ciertos requisitos para garantizar la selectividad total entre ellos. Habrá que tener en cuenta lo siguiente:

- El tiempo de no-actuación del diferencial instalado aguas arriba (es decir, del más cercano al punto de inicio de la instalación), deberá ser superior al tiempo total de operación del diferencial situado aguas abajo. Esta condición la cumplen los diferenciales selectivos (tipo S).
- La intensidad diferencial-residual del diferencial instalado aguas arriba deberá ser, como mínimo, tres veces superior a la del diferencial situado aguas abajo.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones deberán instalarse aguas arriba del diferencial (entre el IGA y el propio interruptor diferencial), salvo que el diferencial sea de tipo S, a fin de evitar disparos intempestivos de los interruptores diferenciales en caso de actuación del dispositivo de protección contra **sobretensiones**.

### 8.4.4 Número de circuitos, sección de conductores y caídas de tensión

En la Tabla 8.4, se relacionan los circuitos mínimos previstos con sus características eléctricas.

Circuitos	C1	C2	C3	C4	C5	C8	C9	C10	C11
	Iluminación	Tomas uso gral y frigorífico	Cocina y horno	Lavadora lavavajillas y termo	Tomas cuarto de baño y auxiliares de cocina	Calificación eléctrica	Aire acondicionado	Secadora	Automatización (doméstica)
Potencia por toma(W)	200	3450	5400	3450	3450	5750 max	5750 max	3450	2300 max
Fs-Simultaneidad	0,75	0,2	0,5	0,66	0,4	-	-	1	-
Fu- utilización	0,5	0,25	0,75	0,75	0,5	-	-	0,75	-
Tipo de toma	Punto luz	Base 16 A 2p+T	Base 25 A 2p+T	Base 16 A 2p+T	Base 16 A 2p+T	-	-	Base 16 A 2p+T	-
Nº de toma máximo por circuito	30	20	2	3	6	-	-	1	-
Potencia calculada (W)	2250	3450	4050	5123	4140	5750 max	5750 max	2588	2300
Intensidad circuito (A)	10	15	18	22	18	25	25	11	10
Sección: fase y protección(mm <sup>2</sup> )	1,5	2,5	6	4	2,5	6	6	2,5	1,5
Intensidad interruptor automático (A)	10	16	25	20	16	25	25	16	10
Ø del tubo (mm)	16	20	25	20	20	25	25	20	16

Tabla 8.4. Características eléctricas de los circuitos de una vivienda

- La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.
- En los circuitos C8 y C9, la potencia máxima permitida es de 5750 W.
- En el circuito C11. la potencia máxima permitida es de 2300 w.
- La sección de los conductores se corresponde con los de la tabla 1 de la ITC-BT-19 (dos conductores y protección con aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra).
- En el circuito C4 existen dos opciones:
  - Cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de 2.5 mm<sup>2</sup> de sección que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm<sup>2</sup>
  - En este caso las tomas incorporarán fusibles de protección.
  - Cada toma se alimenta con un circuito independiente y se protege con un automático de 16 A cada uno. Se considerará como un único circuito a la hora de contabilizar, bien para disponer de un diferencial adicional o bien para pasar a electrificación elevada.
- El punto de luz incluirá un conductor de protección.

- g) la toma prevista para conexión de aparatos de iluminación accionada por interruptor (lámparas de mesilla de noche, lámparas de pie, etc.), se considera perteneciente al circuito C1 de iluminación.
- h) Cuando haya dos puntos de luz en una misma habitación, llevará dos interruptores o similar.
- i) La potencia calculada se ha obtenido:  $P$  de cada toma · Número de tomas por circuito ·  $F_s$  ·  $F_u$ .

La sección mínima indicada por circuito está calculada para un número limitado de puntos de utilización. Si se aumentase el número de puntos de utilización, sería necesario instalar los circuitos adicionales correspondientes.

$$I = n I_0 F_s F_u$$

El valor admisible de la intensidad de corriente por circuito se calculará de acuerdo con la fórmula:

- n: número de tomas o receptores.
- $I_0$ : intensidad prevista por toma o receptor.
- $F_s$ : factor de simultaneidad; relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total.
- $F_u$ : factor de utilización; factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor.

Los dispositivos automáticos de protección, tanto para el valor de la intensidad asignada como para la intensidad máxima de cortocircuito, se corresponderán con la intensidad admisible del circuito y la de cortocircuito en ese punto respectivamente.

Los conductores serán de cobre y su sección será, como mínimo, la que aparece reflejada en la Tabla 8.4. Además, estará condicionada a que la caída de tensión sea como máximo del 3 %.

Esta caída de tensión se calculará para una intensidad de funcionamiento del circuito igual a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito y para una distancia igual a la que hay entre el punto de utilización más alejado y el origen de la instalación interior.

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

En la Tabla 8.5 se presentan los valores máximos de longitud de los conductores en función de su sección y de la intensidad nominal del dispositivo de protección, para una caída de tensión del 3 %, una temperatura estimada del conductor de 40° C y unos valores del factor de potencia igual a la unidad ( $\cos \varphi = 1$ ).

Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	Intensidad nominal del interruptor automático (A)			
	10	16	20	25
1,5	27	-	-	-
2,5	45	28	-	-
4	-	45	36	-
6	-	-	53	43

**Tabla 8.5. Valor de la longitud máxima del cable en cada circuito.**

#### 8.4.5 Puntos de utilización

En cada estancia se utilizará como mínimo los puntos de utilización expresados en la Tabla 8.6.

#### Conexión del cuadro de mando y protección

Una vez fijados convenientemente los diferentes dispositivos de mando y protección dentro del cuadro, se procederá a su cableado y conexionado. Para esta tarea se pondrá especial atención en el conexionado, distinguiendo correctamente el conductor de la fase y el neutro, que estarán marcados en los diferentes dispositivos.

El conexionado debe ser perfecto para evitar calentamientos de los conductores. En circunstancias normales, los dispositivos deben ser alimentados por la parte superior, que se corresponde con las entradas (1, 3, 5, etc.), pues se debe entender que cuando desactivamos un dispositivo, es la parte inferior o de salida (2, 4, 6, etc.) la que no queda sometida a tensión.

Dentro de la caja correspondiente al ICP, habrá que dejar cable suficiente para poder realizar correctamente el posterior conexionado.

#### Tensiones de utilización

Las instalaciones de las viviendas se considera que están alimentadas por una red de distribución pública de baja tensión según el esquema de distribución (TT) (ITC-BT-08) ya una tensión de 230 V en alimentación monofásica y 230/400 V en alimentación trifásica.

Circuitos	C1	C2	C3	C4	C5	C8	C9	C10	C11
	Iluminación	Tomas uso gral y refrigerico	Cocina y horno	Lavadora lavavajillas y termo	Tomas cuarto de baño y auxiliares de cocina	Calentación eléctrica	Aire acondicionado	Secadora	Automatización (domótica)
Acceso	1 Pulsador para timbre								
Vestibulo	1 Punto de luz 1 interrup. 10 A	1 Base de 16 A	0,5	0,66	0,4	-	-	1	-
Sala de estar	Punto de luz(1 hasta 10 m <sup>2</sup> , 2 si S>10 m <sup>2</sup> ) 1 interrup. 10 A (1x punto luz)	3 Base de 16 A (1 cada 6 m <sup>2</sup> )					-	0,75	-
Dormitorio	Punto luz	Base 16 A 2p+T	Base 25 A 2p+T	Base 16 A 2p+T	Base 16 A 2p+T	-	-	Base 16 A 2p+T	-
Baño	30	20	2	3	6	-	-	1	-
Pasillos	2250	3450	4050	5123	4140	5750 max	5750 max	2588	2300
Cocina	10	15	18	22	18	25	25	11	10
Terraza y Vestidores	1,5	2,5	6	4	2,5	6	6	2,5	1,5
Garaje y otros	10	16	25	20	16	25	25	16	10
	16	20	25	20	20	25	25	20	16

Tabla 8.6. Puntos de utilización en cada estancia de la vivienda.

(1) Donde se prevea la instalación de una toma para TV, la base será múltiple. Se considerará una única base a efectos del número de puntos máximos.

(2) Las bases del circuito C5 de la cocina se instalarán por encima del plano de trabajo (encimera), y fuera del volumen delimitado por los planos verticales situados a 0,5 m del fregadero y de la encimera de cocción (cocina eléctrica o de gas).

(3) El horno microondas irá conectado a una base del circuito C5.

Las bases serán todas de 2p+T de 16 A, excepto para la cocina eléctrica, que será de 25 A, de 2p+T.

Punto de luz: es un punto de utilización del circuito C1 comandado por interruptor, conmutador, teterruptor, etc., y al que pueden conectarse una o varias luminarias.

### Caso Práctico 1

Representa el esquema multifilar del cuadro de mando y protección de una vivienda con electrificación básica.

• El circuito de lavadora, lavavajillas y termo (C4) se representará con un único circuito para las tres tomas de corriente.

Condiciones de la instalación:

• Se representarán las características de los diferentes dispositivos de mando y protección, así como de los conductores y de los tubos protectores de cada uno de los circuitos que componen la instalación.

• El calibre del ICP estará en función de la potencia contratada por el usuario, y lo instalará la empresa suministradora de energía eléctrica.

Solución: La solución se representa en la Figura 8.13.

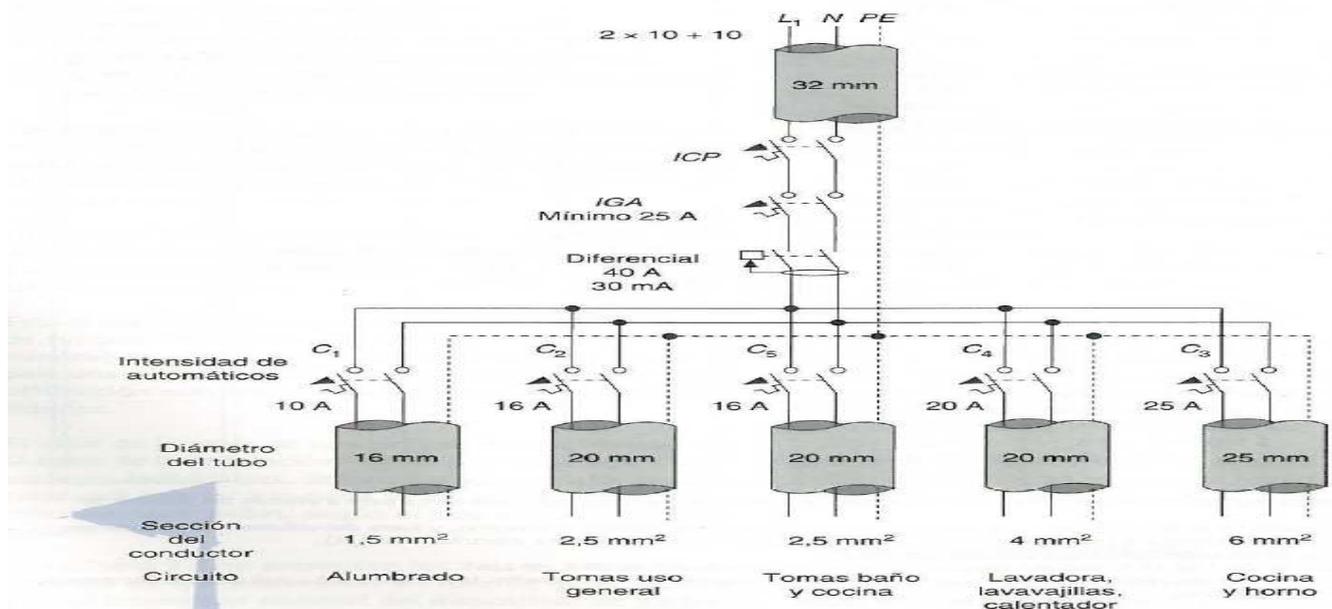


Fig. 8.13. Ejemplo de esquema multifilar del cuadro de mando y protección de una vivienda con electrificación básica.

**Caso Práctico 2**

Representa el esquema unifilar del cuadro de mando y protección de una vivienda con electrificación básica.

Condiciones de la instalación:

- El circuito C4 se divide en tres circuitos independientes, cada uno con sus respectivas protecciones.
- Se representarán las características correspondientes a los dispositivos de mando y protección y de los conductores.
- El circuito C4 se independiza en tres circuitos protegidos con interruptores magnetotérmicos de 16 A y, por lo tanto, los conductores serán de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección.
- No precisa la instalación de un segundo interruptor diferencial, ya que el hecho de dividir el circuito C4 en tres circuitos independientes, no supone aumento en el número de circuitos a efectos de colocar otro interruptor diferencial.

Solución La solución se representa en la Figura 8.14.

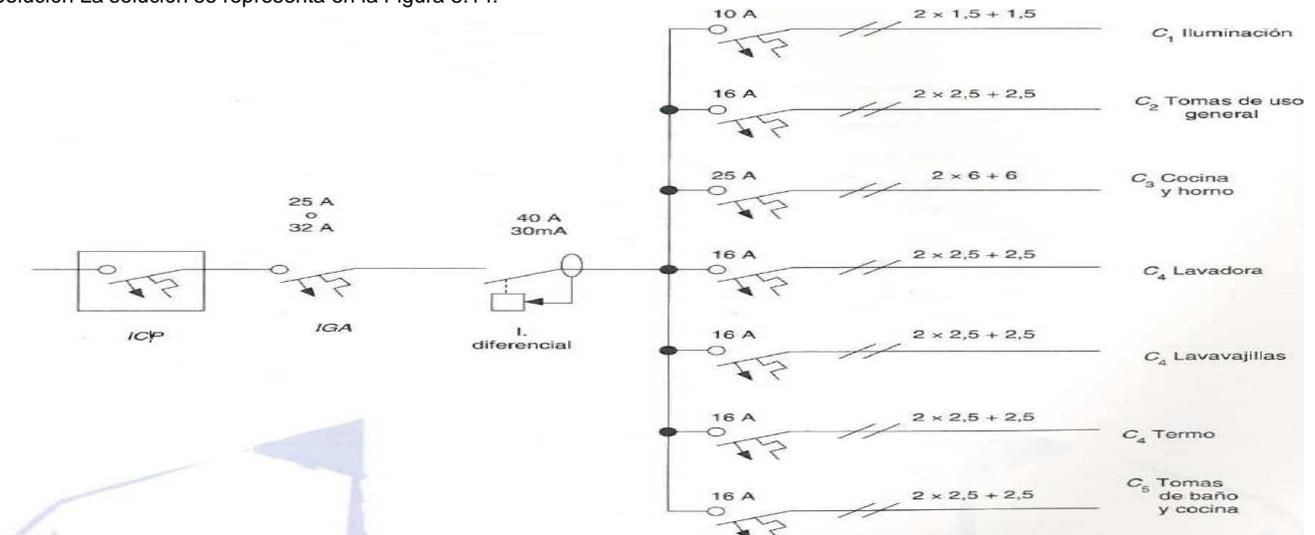


Fig. 8.14. Ejemplo de esquema unifilar del cuadro de mando y protección de una vivienda con electrificación básica.

**Caso Práctico 3**

Representa el esquema unifilar del cuadro de mando y protección de una vivienda con electrificación básica y con circuitos desdoblados.

Las condiciones de la instalación son las mismas que en el Caso práctico 2, y además:

- Hemos considerado que están los circuitos C1 y C2 desdoblados.
- La instalación incorpora una protección contra sobretensiones.
- Al igual que en el Caso práctico 2 el circuito C4 se divide en tres circuitos con sus respectivas protecciones.
- Los puntos de luz del circuito C1a más los puntos del circuito C1b, serán como máximo de 30, para seguir manteniendo la condición de electrificación básica.
- Las tomas del circuito C2a serán como máximo 18, puesto que el circuito C2b utiliza dos tomas, y el máximo entre las dos es 20, para que siga siendo electrificación básica.
- Como el número de circuitos es mayor de 5, tenemos que incorporar un segundo interruptor diferencial.

Solución La solución se representa en la Figura 8.15.

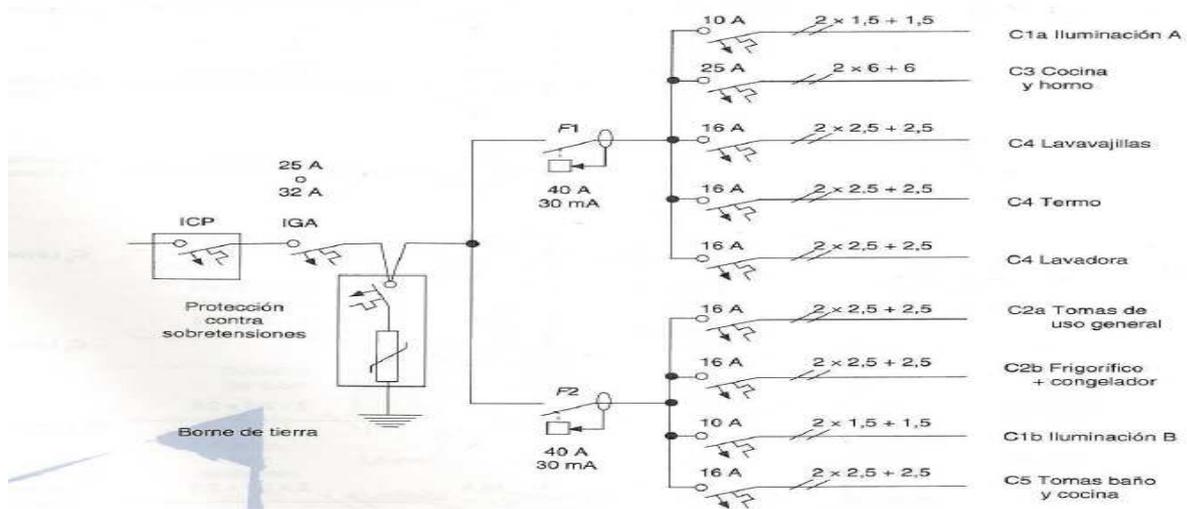


Fig. 8.15. Ejemplo de esquema unifilar del cuadro de mando y protección de una vivienda con electrificación básica, con circuitos desdoblados.

**Caso Práctico 4**

Representa el esquema unifilar del cuadro de mando y protección de una vivienda con electrificación elevada, para una previsión de potencia de 9 200 W.

Las condiciones de la instalación serán las mismas que el Caso práctico 3, y además:

• Incorporamos los circuitos correspondientes a:

- Calefacción
- Aire acondicionado
- Secadora
- Domótica

• Se instalará un interruptor diferencial tipo «S» que protegerá toda la instalación.

• El IGA será de 40 A, que se corresponde con una potencia prevista máxima de 9 200 W.

• Hemos utilizado más de un interruptor diferencial al pasar de 5 el número de circuitos independientes. En este caso hemos creído conveniente utilizar 3 para realizar un reparto más equilibrado de las cargas, aunque con dos sería suficiente, pero estaríamos al límite en caso de necesidad de una ampliación.

• El interruptor diferencial F1 es de tipo S, y al estar conectado en serie con el resto, tiene una intensidad diferencial residual de 300 mA para garantizar la selectividad.

Solución: La solución se representa en la Figura 8.16.

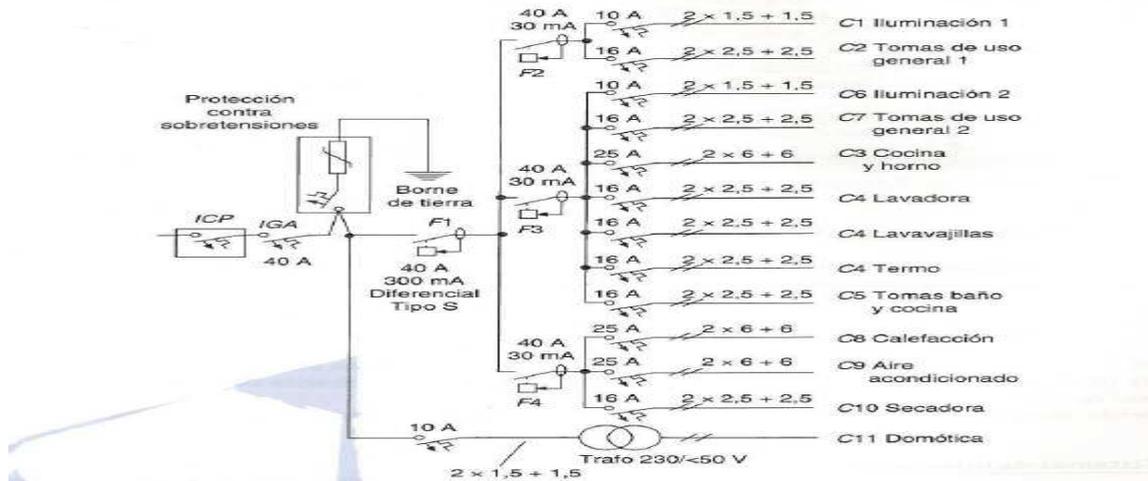


Fig. 8.16. Ejemplo de esquema unifilar del cuadro de mando y protección de una vivienda con electrificación elevada.

**Caso Práctico 5**

Representa el conexionado de un cuadro de mando y protección para una electrificación básica. Toma como referencia el Caso práctico 1.

Solución:

La solución se representa en la Figura 8.17.

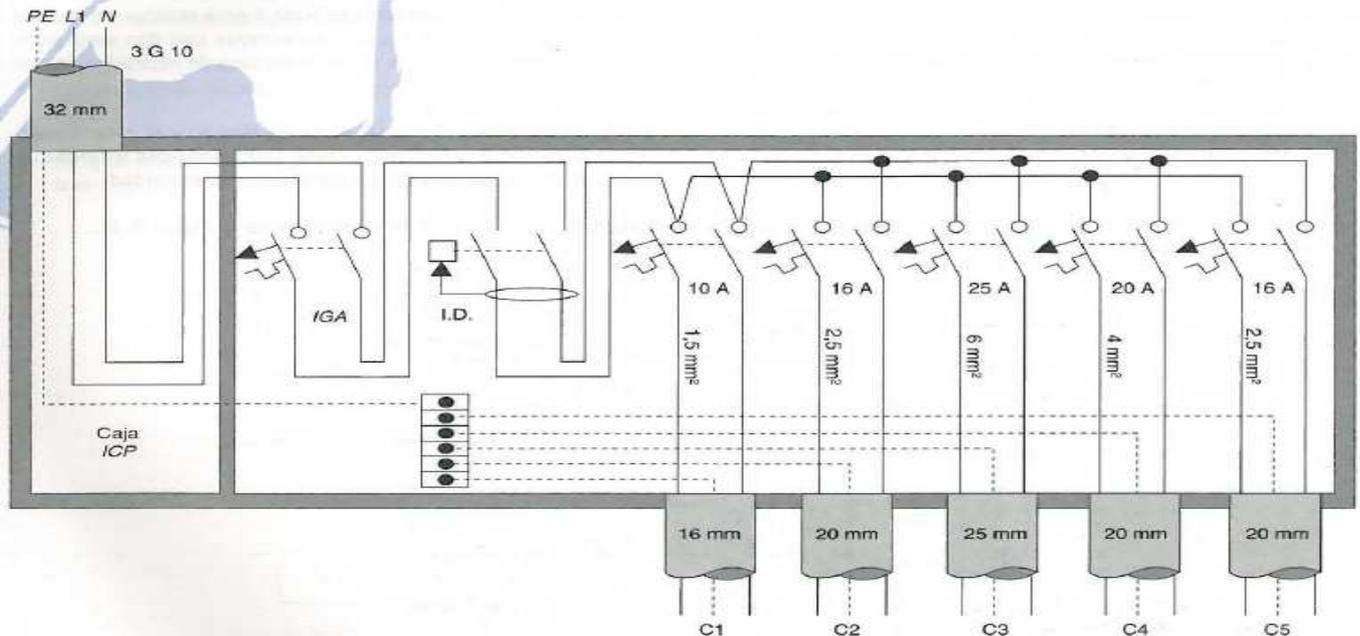


Fig. 8.17. Ejemplo de conexionado de un cuadro de mando y protección.

#### **8.4.6 Tomas de tierra**

En la ITC-BT-26 se realizan las prescripciones sobre las tomas de tierra, para las instalaciones interiores de vivienda, entre otras.

##### **Sistemas de instalación**

Nueva edificación. Se establecerá una toma de tierra de protección instalando un anillo cerrado de todo el perímetro del edificio en el fondo de la cimentación, con cable rígido desnudo de cobre de sección mínima, según se indica en la ITC-BT-18.

**Rehabilitación o reforma de edificios existentes.** Se instalarán uno o varios electrodos en patios o jardines del edificio. En uno u otro caso se conectarán mediante soldadura aluminotérmica o autógena a la estructura metálica del edificio.

##### **Elementos que conectar a tierra**

A la toma de tierra establecida se conectará:

- Toda masa metálica importante.
- Masas metálicas accesibles de los aparatos receptores.
- Además se conectarán: depósitos de gasóleo, instalaciones de calefacción general, de agua, de gas canalizado y las antenas de radio y televisión.

##### **Puntos de puesta a tierra**

Los puntos se situarán en:

- Patios de luces destinados a cocinas y cuartos de aseo.
- Centralización de contadores, en su caso.
- Base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas, en su caso.
- Punto de ubicación de la caja general de protección.
- Cualquier local donde se prevea la instalación de servicios generales o especiales.

#### **8.4.7 Ejecución de las instalaciones. Sistema de instalación**

Las instalaciones se realizarán mediante alguno de los siguientes sistemas:

##### **• Instalaciones empotradas:**

Cables aislados bajo tubo flexible.  
Cables aislados bajo tubo curvable.

##### **• Instalaciones superficiales:**

Cables aislados bajo tubo curvable.  
Cables aislados bajo tubo rígido.  
Cables aislados bajo canal protectora cerrada.  
Canalizaciones prefabricadas.

En este tipo de instalaciones predomina el sistema de «cables aislados bajo tubo curvable» (tubo corrugado).

##### **Condiciones generales**

En la ejecución de las instalaciones interiores de las viviendas se deberá tener en cuenta:

- No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.
- Todo conductor debe poder seccionarse en cualquier punto en el que derive, mediante un dispositivo apropiado, tal como un borne de conexión, de forma que permita la separación completa de cada circuito derivado del resto de la instalación.
- Las tomas de corriente en una misma habitación deben estar conectadas a la misma fase.
- El trazado de las canalizaciones se realizará siguiendo líneas verticales y horizontales. Tan sólo en los falsos techos se puede realizar de forma oblicua. Las distancias aconsejables son las que se muestran en las Figuras 8.18, 8.19 y 8.20.

##### **Representación de la instalación. Esquemas**

Por lo general, la representación de los esquemas en las viviendas se hace en esquema unifilar en planta, donde se indica la situación de los elementos o puntos de utilización.

Dependiendo del grado de dificultad de la instalación, necesitaremos representarla con mayor o menor detalle.

Fig. 8.18. Trazada de canalizaciones. Distancias recomendadas

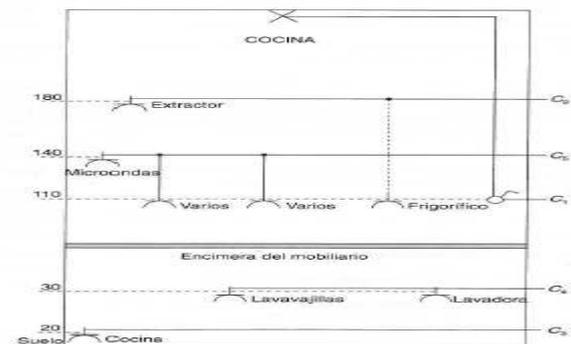
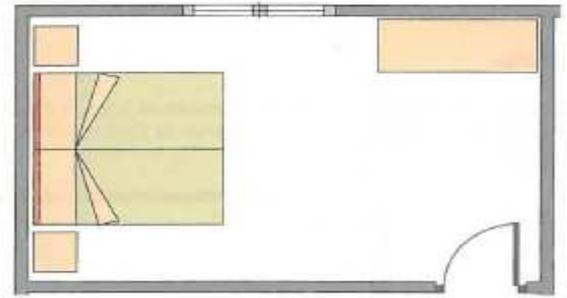
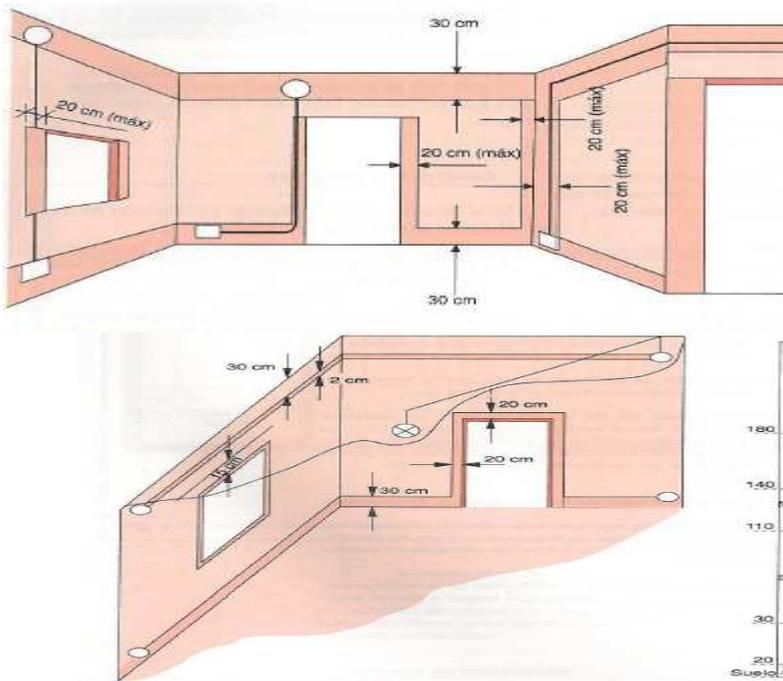


Fig. 8.19. Distancias recomendadas  
Caso Práctico 6

Fig. 8.20. Altura en cm recomendada para los elementos de la cocina.

Representa la instalación de un dormitorio.  
Solución

La figura 8.21 representa el plano de situación del mobiliario, para ubicar adecuadamente los puntos de utilización.  
La figura 8.22 representa el esquema unifilar simplificado en planta, esto es, la situación de los puntos de utilización indicando el circuito al que corresponden y uniendo los dispositivos de alumbrado con sus respectivos dispositivos de accionamiento.  
La figura 8.23 es el esquema unifilar en planta, por si queremos disponer de un gráfico más detallado. En él se indica la situación de las cajas de conexiones y la canalización de cada circuito hasta sus respectivos puntos de utilización.

Fig. 8.21. Plano de situación del mobiliario.

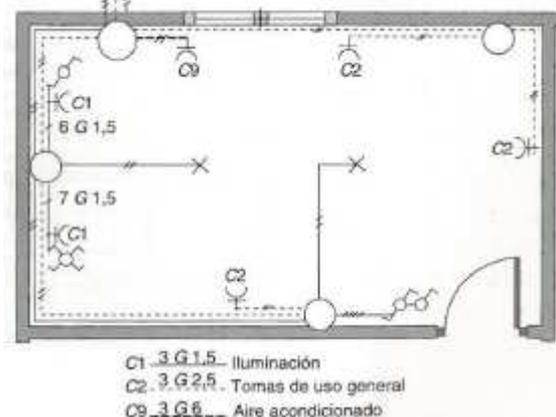
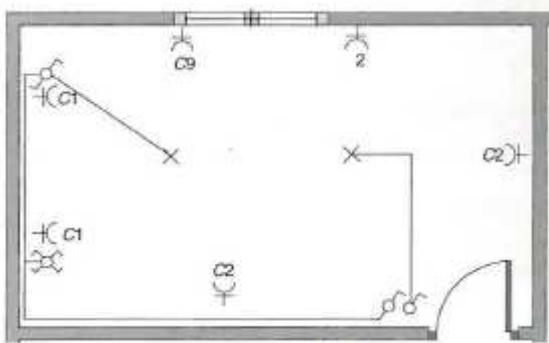


Fig. 8.22. Esquema unifilar simplificado.

Fig. 9.23. Esquema unifilar más detallado

### Caso Práctico 7

Representa la instalación de una vivienda con grado de electrificación básica.

Solución

Como en el Caso práctico anterior, se representa en la Figura 8.24 el plano de situación del mobiliario, y en la Figura 8.25 el esquema unifilar simplificado.

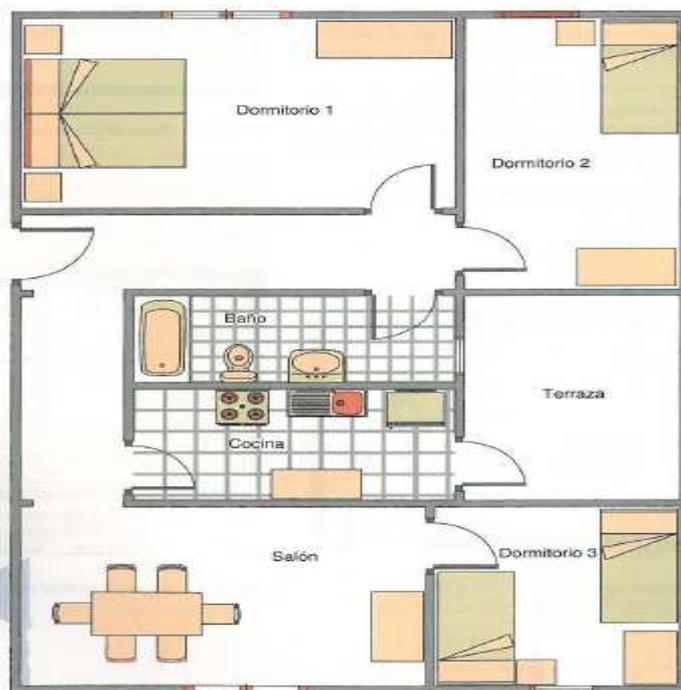


Fig. 8.24. Plano de situación del mobiliario de una vivienda.

Caso Práctico 7 (cont.)

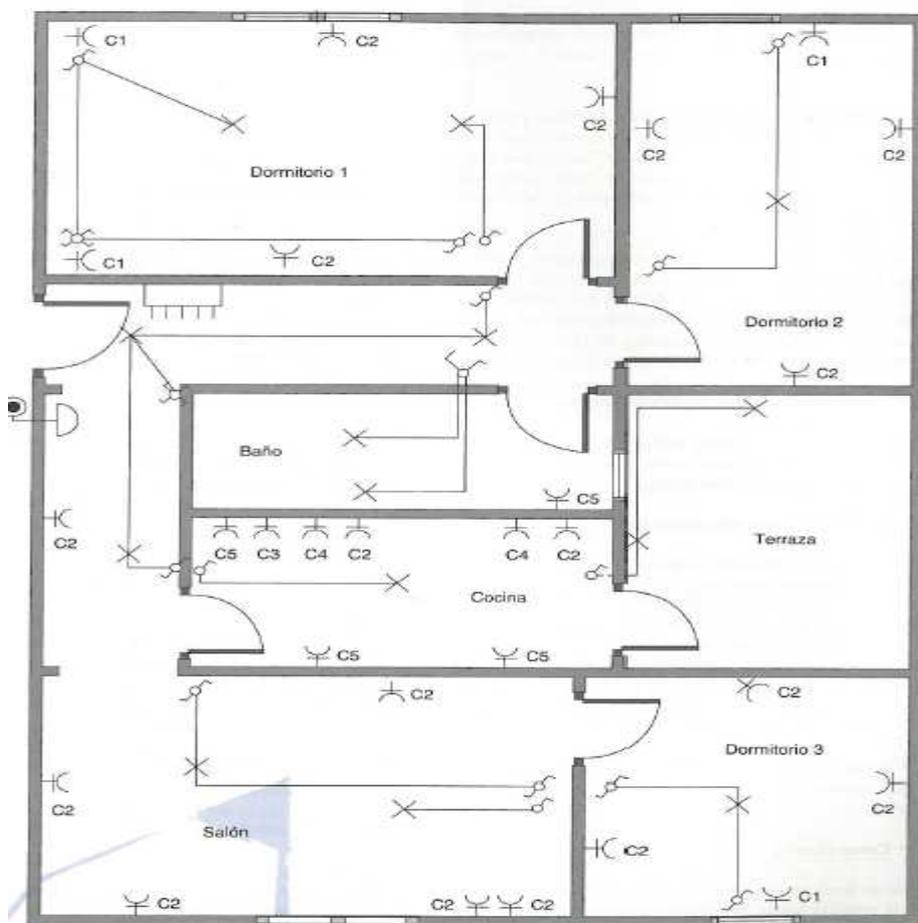


Fig. 8.25. Esquema unifilar simplificado de una vivienda con electrificación básica.

**Conductores. Naturaleza y secciones**

Conductores activos. Serán de cobre, aislados y con una tensión asignada de 450/750 V, como mínimo. Los circuitos y las secciones utilizadas serán los que están indicados en la ITC-BT-25 y en la Tabla 8.4 que se encuentran en esta unidad.

Conductores de protección. Serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos.

Se instalarán en la misma canalización que éstos en todos los circuitos de la vivienda, hasta llegar a los puntos de utilización, y su sección será la indicada en la instrucción ITC-BT-19.

Según esta instrucción, y para las secciones habituales en los conductores de fase de las instalaciones en el interior de viviendas, la sección del conductor de protección será igual a la del conductor de fase, ya que no suelen emplearse conductores de fase con secciones superiores a 16 mm<sup>2</sup>

Se identificarán por los siguientes colores:

- Fases: marrón, negro, gris.
- Neutro: azul claro.
- Protección: amarillo-verde.

**Bases de toma de corriente**

En las instalaciones de viviendas, las bases utilizadas son las representadas en las Figuras 8. 26 a y b.

a) Base bipolar de 16 A /2 50 V con contacto de tierra lateral, de uso general.

b) Base bipolar de 16 A /250 V con contacto de tierra por medio de espiga, para cuando se precise distinguir entre fase y neutro y la representada en la Figura 8.27 es la base bipolar con contacto de tierra de 25 A /250 V para cocina eléctrica.

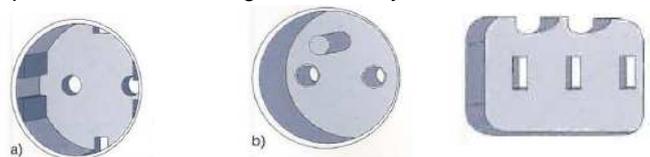


Fig.8.26.Base bipolar con contacto de tierra lateral a) y de espiga b). Fig. 8.27. Base bipolar de 25 A para cocina con TT.

**Conexiones**

No se permite la unión de conductores mediante simple retorcimiento. Se utilizarán bornes, regletas o bridas de conexión, siempre en el interior de cajas de empalmes y/o derivaciones.

Los conductores con sección superior a 6 mm<sup>2</sup> se conectarán mediante los terminales adecuados, conforme a lo establecido en el apartado 2.11 de la ITC-BT-19.

Se admitirá no obstante, las conexiones en paralelo entre bases de toma de corriente cuando éstas estén juntas y dispongan de bornes de conexión previstos para la conexión de varios conductores.

**8.4.8 Locales con bañera o ducha. ITC-BT-27**

En la ITC-BT-27 se recogen las prescripciones de aplicación para la instalación eléctrica de locales que contienen bañera o ducha.

**Campo de aplicación**

El contenido de esta instrucción es aplicable a cualquier instalación interior de vivienda y, en la medida que pueda afectarles, a instalaciones de locales comerciales, oficinas y cualquier otro local destinado a fines análogos, que contengan una bañera, una ducha, una ducha prefabricada, una bañera de hidromasaje o aparato para uso semejante.

**Clasificación de los volúmenes**

Para las instalaciones de estos locales se tendrán en cuenta los cuatro volúmenes (0, 1, 2 y 3) que se definen a continuación. Hay que tener en cuenta la influencia de las paredes y el tipo de baño o ducha con el que contamos. Los falsos techos y las mamparas no se consideran barreras a los efectos de la separación entre volúmenes. Esta clasificación queda representada gráficamente en las siguientes figuras (entre la 8.28 y la 8.37).

**Volumen 0.** Comprende el interior de una bañera o ducha.

En la ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y el plano horizontal situado a 0,05 m por encima del suelo. En este caso, el volumen varía en función del tipo de difusor:

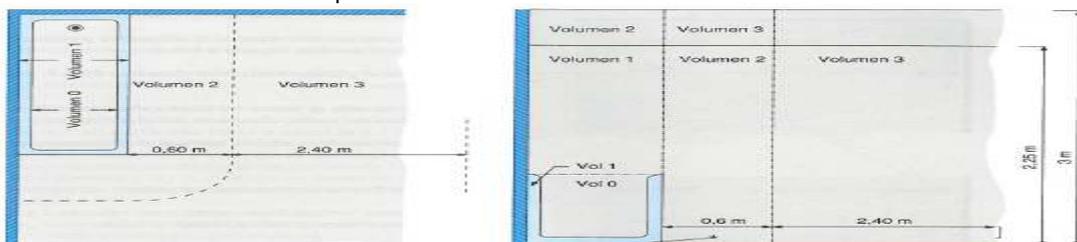


Fig. 8.28. Bañera.

Fig. 8.30. Bañera de con pared fija.

- a) Difusor móvil. El volumen queda definido por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m alrededor de la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha.
- b) Difusor fijo, El volumen queda definido por el plano generatriz vertical situado a un radio de 0,6 m alrededor del difusor.

Volumen 1. Está limitado por dos planos:

- a) El plano horizontal superior al volumen 0 y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- b) El plano vertical alrededor de la bañera o ducha y que incluye el espacio por debajo de los mismos, cuando éste es accesible sin el uso de una herramienta.

En otros casos:

- Para ducha sin plato con difusor móvil: el volumen está limitado por el plano generatriz vertical de radio 1,2 m desde la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha.
- Para una ducha sin plato y con difusor fijo: el volumen está delimitado por el plano generatriz vertical de radio 0,6 m alrededor del difusor.

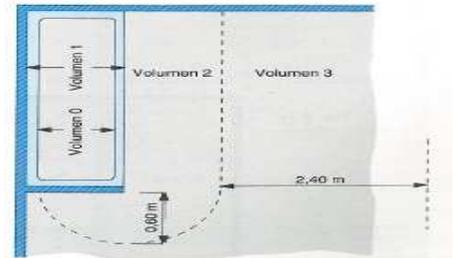


Fig. 8.29. Bañera. Alzado

Volumen 2. Está limitado por los planos:

- a) El plano vertical exterior al volumen 1 y el plano vertical paralelo situado a 0,6 m.
- b) El suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo. Fig. 8.31. Ducha. Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 1 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 2.

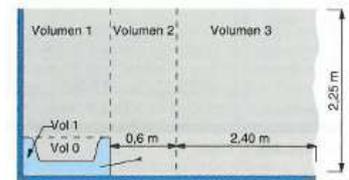


Fig. 8.32. Ducha. Alzado

Volumen 3. Está limitado por los planos:

- a) El plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a 2,4 m.
- b) El suelo y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.

Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m sobre el suelo, se considera volumen 3 el espacio comprendido entre el volumen 2 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor.

El volumen 3 comprende cualquier espacio por debajo de la bañera o ducha que sea accesible sólo mediante el uso de una herramienta siempre que el cierre de dicho volumen garantice una protección como mínimo IPX4. Esta clasificación no es aplicable al espacio situado por debajo de las bañeras de hidromasaje y cabinas.

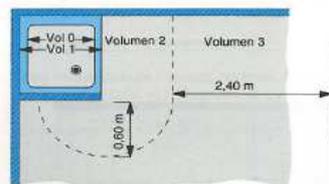


Fig.8.33. Ducha con pared fija.

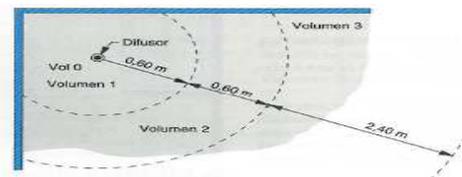


Fig 9.34. Ducha sin plato

### Protección para garantizar la seguridad

Cuando se utiliza MBTS, la protección contra contactos directos debe proporcionarse por estos métodos:

- Barreras o envolventes con un grado de protección mínimo IP2X o IPXX.
- Aislamiento capaz de soportar una tensión de ensayo de 500 V en c.a. durante un minuto.

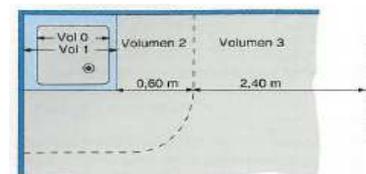
Una conexión equipotencial local suplementaria debe unir el conductor de protección asociado con las partes conductoras accesibles de los equipos de Clase 1 en los volúmenes 1, 2 y 3, incluidas las tomas de corriente y las partes conductoras externas de los volúmenes 0, 1, 2 y 3:

- Canalizaciones metálicas de los servicios de suministro y desagües, gas, etcétera.
- Canalizaciones metálicas de calefacciones centralizadas y sistemas de aire acondicionado.
- Partes metálicas accesibles de la estructura del edificio. Los marcos metálicos de puertas y ventanas no se consideran partes externas accesibles, a no ser que estén conectadas a la estructura del edificio.

### Elección e instalación de los materiales eléctricos

En la Tabla 8.7 (ver página siguiente) se especifican los elementos que se pueden instalar dentro de cada volumen y los requisitos que tienen que reunir para ello.

### Requisitos de bañeras y duchas especiales



Las bañeras de hidromasaje, las duchas con circuitos eléctricos y otros aparatos análogos deberán cumplir una serie de requisitos especiales.

La conexión de las bañeras y cabinas se efectuará mediante un cable que tenga una cubierta de características no inferiores al H05W-F, o bien mediante cable aislado bajo tubo aislante con conductores de tensión mínima 450/750 V.

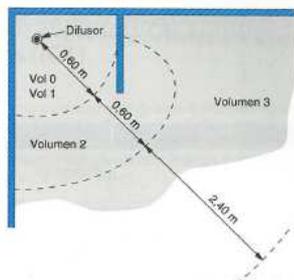


Fig.8.35, Ducha sin plato, con pared y difusor fijo (alzado).

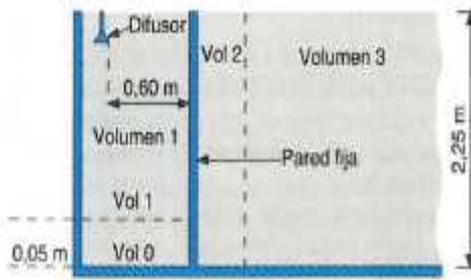


Fig. 8.36, Ducha sin plato, con pared fija y difusor fijo.(alzado).

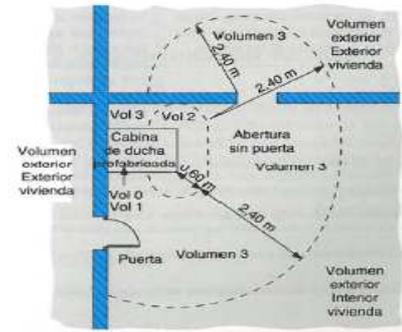


Fig. 8.37. Cabina de ducha prefabricada.

Una vez instalados los tubos y las cajas de conexiones deben tener un grado de protección mínimo IPX5. Todas las cajas de conexiones, junto con cables o tubos, deben garantizar un grado de protección IPX5.

	Grado de protección	Mecanismos (2)	Otros aparatos fijos (3)
Volumen 0	<b>IPX7</b>	<b>No permitida</b>	<b>Aparatos adecuados a las condiciones de este volumen.</b>
Volumen 1	<b>IPX4</b> IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en equipos eléctricos 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).	No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos MBTS alimentados a 12 V c.a o de valor eficaz en alterna o de 30 V en continua mientras la fuente de alimentación estaba instalada fuera de los volúmenes 0, 1, 2.	Aparatos alimentados a MBTS no superior a 12 V ca o 30 V cc Calentadores de agua, bombas de ducha y equipos eléctricos para bañeras de hidromasaje que cuando 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 20460-4-41.
Volumen 2	<b>IPX4</b> IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en los baños comunes, cuando se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de Los mismos.	No permitida, con la excepción de interruptores o base de circuitos MBTS cuya fuente de alimentación está 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 60742 o UNE-EN 61558-2-5.	Todos los permitidos para el volumen. Luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con la norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20460-4-41.
Volumen 3	IPX5, en los baños comunes, cuando se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de Los mismos.	Se permiten las bases si están protegidas por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un interruptor automático de la alimentación con un dispositivo de la protección por corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20460-4-41.	Se permiten los aparatos solo si están protegidos bien por un transformador dispositivo de protección aislamiento; o por MBTS; o por un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20460-4-41.

Tabla 8.7. Elección e instalación de los materiales eléctricos dentro de los baños

(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 60669-1.

(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. En cada volumen, el cableado se limitará al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en dicho volumen y en los inferiores.

### 8.5 Otras instalaciones. Infraestructuras comunes de telecomunicaciones (ICT)

Las instalaciones eléctricas en viviendas han evolucionado mucho en los últimos años con objeto de aumentar el bienestar de los usuarios y su seguridad.

Las nuevas edificaciones se proyectan con recursos de telecomunicaciones, demótica, seguridad contra intrusismo, robo, incendio, etc., que requieren unas instalaciones adicionales.

Por lo general, es el instalador electricista quien ha de acometerlas, y esta tarea le exige conocimientos sobre los materiales y los dispositivos que debe instalar, así como acerca de la normativa aplicable. Aunque el RBT (ITC-BT-51) trata sobre Instalaciones de Sistemas de

Automatización, Gestión Técnica de la Energía y Seguridad para Viviendas y Edificios, no incluye todo lo referente a las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT, no confundir con ITC del RBT).

Es el Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento Regulator de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, para el acceso a los servicios de telecomunicaciones en el interior de edificios.

Entendemos que el instalador eléctrico debe tener una visión de conjunto de toda instalación de la vivienda a la hora de hacer su trabajo, y que, por tanto, precisa de Los conocimientos básicos sobre las telecomunicaciones en instalaciones de interior. En particular, debe conocer lo que respecta a canalización, distribución y conexionado de los elementos, que se realizarán conjuntamente con la instalación eléctrica.

Las instalaciones de ICT tienen por objeto la captación, adaptación y distribución de señales procedentes de:

- RTV: radio y televisión terrenal y satélite.
- TB-RDSI: telefonía básica y red digital de servicios integrados.
- TLCA y SAFI: televisión por cable de banda ancha y servicio de acceso fijo inalámbrico.

La instalación de la ICT discurre por las zonas comunes de los edificios destinados a viviendas, oficinas, locales comerciales, etc. Ha de estar debidamente canalizada, y por ella se distribuyen las señales captadas por las antenas (instaladas generalmente en la parte superior del edificio) y las de telefonía (que se suelen recibir por la parte inferior).

En cada planta de la edificación se instala una caja de derivaciones, denominada registro secundario, de donde parte la canalización para cada vivienda o local comercial mediante tres tubos de canalización (uno por cada tipo de señal). Cada uno de ellos llega hasta un registro denominado punto de acceso del usuario (PAU), que es donde comienza la instalación propiedad del usuario.

Del PAU parte la canalización interior de la vivienda o local hasta el punto de utilización en las diferentes estancias, llamados registros de toma, que irán empotrados en la pared. Ahí será donde se fijen los elementos de conexión, denominados toma de usuario o BAT (base de acceso de terminal). Este dispositivo permite la conexión de los equipos a la red para que el usuario acceda a los servicios.

En adelante nos referiremos exclusivamente a instalaciones en viviendas.

### **8.5.1 Características del material**

El punto de acceso del usuario o PAU es un armario de material aislante con protecciones mínimas de IK5 e IP33, por lo general empotrado, que dispondrá de las entradas y salidas para los tubos correspondientes.

Puede estar constituida por tres registros independientes o por un solo cuadro con tres compartimentos, uno para cada registro, de las siguientes dimensiones mínimas:

- Altura: 300 mm.
- Anchura: 500 mm.
- Profundidad: 60 mm.

### **Caso Práctico 8**

Realiza la canalización correspondiente a telecomunicaciones de una vivienda con seis habitaciones, cocina, baño y trastero.

Se instalarán tomas en tres estancias (cocina, dormitorio 1 y salón) y se dejará prevista la canalización en otras dos estancias (dormitorios 2 y 3).

Solución Se representa en la Figura 8.38.



**Fig. 8.38. Ejemplo de canalización para telecomunicaciones**

Se instalará a una altura con respecto al suelo de entre 20 y 230 cm.

En el interior del PAU se instalará un distribuidor de señal, que tenga al menos tantas salidas como estancias haya en la vivienda, donde se conectarán los cables correspondientes.

### **8.5.2 Canalización interior de usuario**

La canalización se realizará, por lo general, mediante tubos curvables para empotrar, de las mismas características expuestas para las instalaciones eléctricas (UNE-EN 50086).

Los tubos se fabrican en diferentes colores. Se recomienda la siguiente utilización:

- Verde: para TB y RDSI.
- Azul: para TLCA.
- Blanco: para RTV.

### **8.5.3 Cables**

Para RTV. Cable coaxial, con conductor central de cobre con aislamiento, una pantalla de cinta metalizada y trenza de cobre o aluminio, con cubierta no propagadora de la llama, con una impedancia de 75  $\Omega$ .

Para TB-RDSI. Cables formados por pares trenzados con conductor de cobre, de calibre no inferior a 0,5 mm de diámetro, aislados con plástico, diferenciados según código de colores.

La base de acceso terminal estará dotada de un conector hembra tipo bell de 6 vías, o un conector RJ-45 para RDSI con 4 hilos.

Para TLCA y SAFI. Por lo general no se cablea, sólo se canaliza para futuras instalaciones, y se deja el tubo con guía incorporada.

### **8.5.4 Instalación**

Se instalará una BAT por cada dos dependencias, a excepción de baños y trasteros. Ha de haber, como mínimo, dos tomas en la vivienda.

En las dependencias donde no esté previsto instalarlo se dejará instalado un tubo con guía incorporada, para su posterior uso según la necesidad del usuario.

Se pueden colocar las tres bases (BAT) juntas, o al menos deberán estarlo las de RTV y TVCA; la toma de telefonía podrá ir separada.

Junto a las BAT (a no más de 0,5 m), se instalará una toma de corriente de 16 A.

La red interior de usuario partirá del PAU hasta las BAT, a través de tubos curvables en configuración estrella, con tramos horizontales y verticales se necesitarán al menos tres tubos de 20 mm de diámetro, uno para cada circuito.

No se pueden realizar puentes entre las diferentes BAT del mismo circuito, por lo que saldrán tantos cables del PAU como bases habrán de instalarse en la vivienda.

En un tubo sólo se podrán instalar cables del mismo circuito. Asimismo se instalarán cajas de registros de paso para cambiar la dirección del trazado.

El material (cables, conectores, etc.) reunirá los requisitos eléctricos establecidos en el RD 401/2003, de 4 de abril, con objeto de que se puedan someter a las verificaciones relacionadas con resistencia de aislamiento, de contacto, de rigidez dieléctrica, etcétera.

## **8.6 Ejecución de las instalaciones**

Para realizar la instalación de una vivienda, se requiere un procedimiento de ejecución y verificación ordenado, tal y como explicamos a grandes rasgos a continuación.

### **8.6.1 Ejecución de la instalación**

a) Esquema, Diseño o interpretación del plano de instalación realizado por el instalador o la empresa instaladora.

b) Distribución, Pintado de las canalizaciones y de la ubicación de las diferentes envolventes (cajas de derivación, de mecanismos, de protección, de ICT, si procede, etc.).

Consiste en marcar en las diferentes paredes, mediante pintura, la ubicación de las envolventes y el recorrido de las canalizaciones, con objeto de que se puedan realizar las correspondientes rozas (canaladuras practicadas en las paredes para empotrar los tubos y envolventes), para ubicar las canalizaciones y las cajas protectoras o envolventes.

c) Canalización, Una vez ejecutadas las rozas, se procede a la ubicación de las envolventes y se realiza el tendido de tubos, que se fijarán provisionalmente a las paredes, techos, o falsos suelos, y sus extremos se asegurarán a las envolventes correspondientes para ser empotrados.

d) Cableado, Tras empotrar los tubos y envolventes, se procede a la introducción de los cables en sus respectivos tubos, directamente en tramos cortos y mediante guía pasacables en los tramos más largos o con mayor dificultad.

e) Conexionado, Se realizará el conexionado de los mecanismos y la fijación a sus envolventes, así como el de los cables en las cajas de conexiones y el de los dispositivos de mando y protección, además del portalámparas o los dispositivos para

alumbrado.

f) Comprobación. Se realizará la comprobación de la instalación siguiendo los criterios establecidos en el apartado siguiente.

### 8.6.2 Comprobación de la instalación

Para este apartado, será de aplicación lo expuesto en la Unidad 5 sobre medidas eléctricas.

#### Antes de aplicar tensión a la instalación

- Comprobar si existe cortocircuito mediante el polímetro.
- Comprobar si existe continuidad en cada circuito

#### Mientras se aplica la tensión

- Comprobar el funcionamiento del interruptor diferencial, mediante su botón de prueba.
  - Verificar que no existe cortocircuito, accionando uno a uno los diferentes interruptores magnetotérmicos.
  - Comprobar que existe tensión en todas las bases o tomas de corriente.
  - Actuando sobre los mecanismos de accionamiento (interruptores, conmutadores, pulsadores, etc.),
- Acometida es la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja o cajas generales de protección (CGP). Según su trazado, las acometidas podrán ser aéreas, subterráneas o mixtas, y serán propiedad de la empresa suministradora. En general se dispondrá de una única acometida por edificio, salvo suministros con características especiales que aconsejen acometidas independientes verificar el correcto funcionamiento de los dispositivos de alumbrado y sonería.
- Provocando una derivación entre fase y conductor de protección en una toma de corriente, verificar el correcto funcionamiento del interruptor diferencial.
  - Provocando sobrecargas en tomas de corriente correspondientes a cada una de los circuitos, verificar el correcto funcionamiento de los interruptores magnetotérmicos.

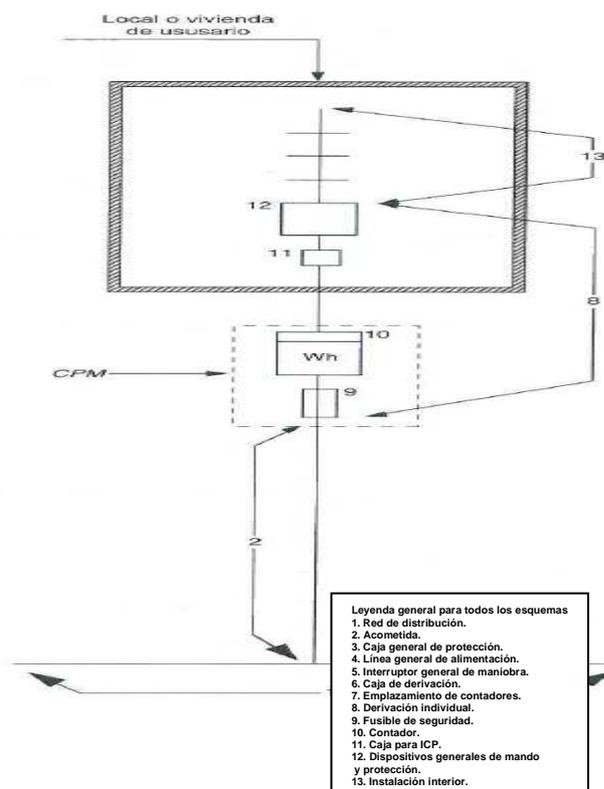
### 8.5.3 Otras comprobaciones

Una vez verificado el correcto funcionamiento de la instalación y de todos los dispositivos de accionamiento, mando y protección, habrá que realizar la medida del aislamiento de los conductores eléctricos, entre ellos y tierra. También mediremos la resistencia de tierra para comprobar que no sobrepasa los límites establecidos por el RBT, y aplicaremos lo expuesto en las Unidades 5 y 7.

### 8.7 Acometidas. ITC-BT-11

**Acometida es la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja o cajas generales de protección (CGP).**

Según su trazado, las acometidas podrán ser aéreas, subterráneas o mixtas, y serán propiedad de la empresa suministradora. En general se dispondrá de una única acometida por edificio, salvo suministros con características especiales que aconsejen acometidas independientes.



Las acometidas, independientemente del trazado, llegarán a la CGP con conductores aislados.

Los conductores o cables serán aislados, de cobre o aluminio. Las condiciones de instalación cumplirán las prescripciones establecidas en la ITC-BT-06 y la ITC-BT-07.

### 8.8 Instalaciones de enlace. ITC-BT-12

Enlacen la CGP, y ésta misma con las instalaciones interiores del usuario, y finalizan en los dispositivos de mando y protección. Son propiedad del usuario.

Estarán constituidas por:

- **CGP**: caja general de protección.
- **LGA**: línea general de alimentación.
- **CC**: concentración de contadores.
- **DI**: derivación individual.
- **ICP**: caja para interruptor de control de potencia.
- **DGMP**: dispositivos generales de mando y protección.

#### 8.8.1 Esquemas

En función del número de usuarios, se pueden realizar diferentes esquemas:

**Para un solo usuario**

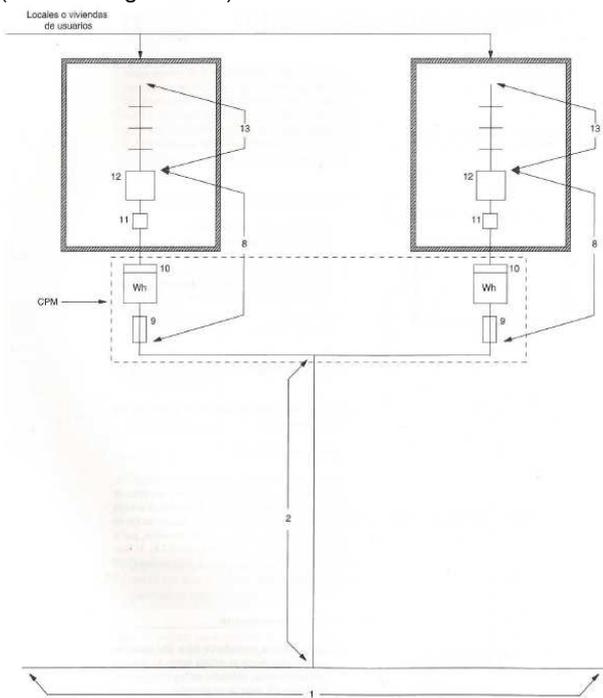
En este caso, la instalación de enlace se simplifica, pues coinciden en el mismo lugar la CGP y el equipo de medida (por lo general, contador de medida de energía eléctrica). Dicho conjunto recibe la denominación de «Caja de Protección y Medida» (CPM). No existe, por lo tanto, la línea general de alimentación (LGA). El fusible de la CGP se sustituye por el fusible de seguridad (véase la Figura 8.39).

**Fig. 8.39. Esquema para un solo usuario**  
**Para más de un usuario**

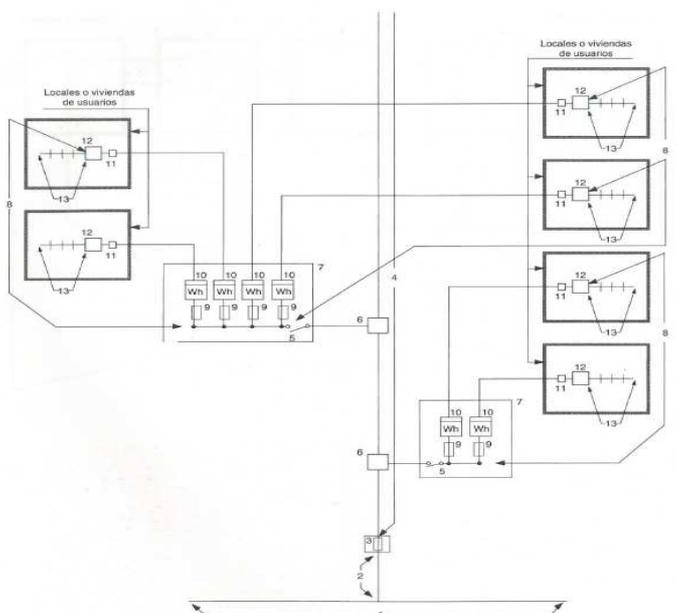
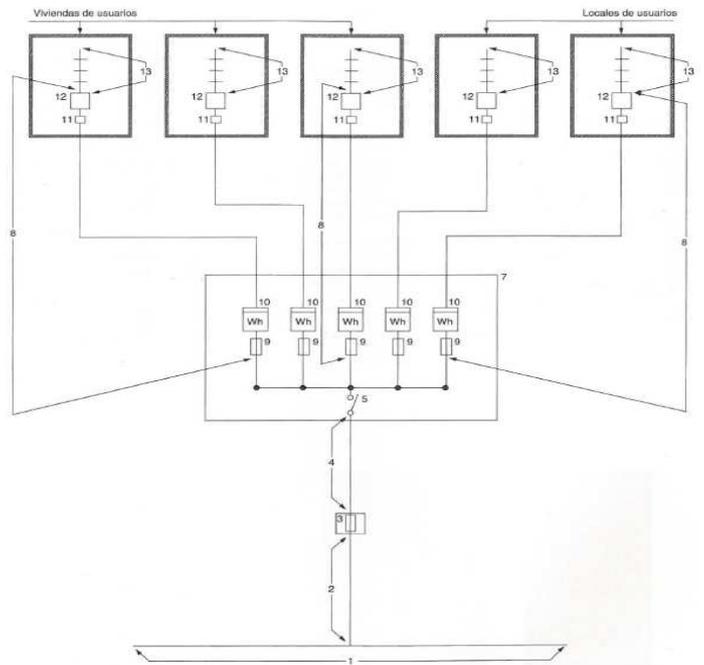
- Colocación de contadores para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar. Es la típica instalación de las viviendas unifamiliares adosadas, donde dos usuarios se alimentan de una única acometida. En este caso también utilizamos una CPM para los dos usuarios (véase la Figura 8.40).

- Colocación de contadores en forma centralizada en un lugar. Se utiliza normalmente en conjuntos de edificación vertical u horizontal destinados principalmente a viviendas, edificios comerciales, de oficinas o destinados a una concentración de industrias (véase la Figura 8.41).

- Colocación de contadores en forma centralizada en más de un lugar. Se utilizará cuando reúna las condiciones del esquema anterior, y la previsión de carga así lo aconseje, según el número de plantas, en plantas con una gran superficie o en conjuntos de viviendas residenciales (véase la Figura 8.42).



**Fig. 8.40. Esquema para dos usuarios.**  
**Fig. 8.41. Centralización de contadores en un solo lugar.**



Leyenda general para todos los esquemas

1. Red de distribución.
2. Acometida.
3. Caja general de protección.
4. Línea general de alimentación.
5. Interruptor general de maniobra.
6. Caja de derivación.
7. Emplazamiento de contadores.
8. Derivación individual.
9. Fusible de seguridad.

10. Contador.
11. Caja para ICP.
12. Dispositivos generales de mando y protección.
13. Instalación interior.

Fig. 8.42. Centralización de contadores en más de un lugar.

### 8.8.2 Cajas generales de protección (CGP). ITC-BT-13

Son las cajas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación. En ellas se inicia la instalación privada de los usuarios (incluyendo la propia caja).

#### Emplazamiento e instalación

Se instalará de común acuerdo con la empresa suministradora, preferentemente en las fachadas exteriores de los edificios o viviendas en lugar de libre y permanente acceso. Irá a una altura de entre 3 y 4 m sobre el suelo, para acometidas aéreas. Para acometidas subterráneas, se instalará en un nicho en pared, con un cierre mediante puerta, con IK 10 que dispondrá de cerradura o candado y se colocará a un mínimo de 30 cm sobre el suelo. Se instalarán como máximo dos cajas por nicho, y siempre una CGP por línea general de alimentación.

Los usuarios o el instalador autorizado sólo tendrán acceso a las conexiones con la LGA previa comunicación a la empresa suministradora.

#### Tipos y características

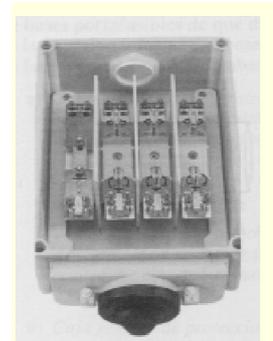
Las CGP se regirán por lo establecido en las normas particulares de la empresa suministradora, con la aprobación de la Administración competente. Incorporan un fusible por cada fase que deben proteger y una conexión amovible para el neutro.

El esquema que se utilice de la CGP estará en función de necesidades del suministro solicitado y del tipo de red de alimentación. Lo determina la empresa suministradora. a)



las

b)



Las bases portafusibles para CGP serán:

- Bases para fusibles cilíndricos.
  - Fusible 14 x 51, hasta 40 A
  - Fusible 22 x 58, hasta 80 A
- Bases para fusibles de cuchillas.

Tamaño 00-100 A

Tamaño 0-160 A

Tamaño 1-250 A

Tamaño 2-400 A

Tamaño 3-630 A

Fig. 8.43 Caja general de protección (CGP).

En la Figura 8.43a, podemos observar una CGP de 80/100 A, con base para fusible cilíndrico 22 x 58, y en la Figura 8.43b, una CGP de 250 A, con base para fusible de cuchilla tamaño 1.

En ambos casos, la CGP incorpora tres fusibles, uno para cada fase de un sistema trifásico y la conexión de neutro. Las entradas y salidas de cables se realizan a través de conos elásticos para asegurar el grado de protección.

Van equipadas con tapas autoventiladas y provistas de cierre mediante tornillo imperdible y precintable de cabeza triangular.

Fabricadas generalmente de poliéster armado con fibra de vidrio moldeado en caliente, autoextinguible.

#### Cajas de protección y medida (CPM)

Para el caso de un único usuario, o dos usuarios alimentados desde el mismo lugar, se coloca un único elemento llamado caja de protección y medida (CPM), ya que incorpora la CGP y el equipo de medida. Su instalación se realizará a una altura comprendida entre 0,7m y 1,80 m. No se permite el montaje en superficie.

Las características serán las especificadas en la ITC-BT-13.

En la Figura 8.44, podemos observar una CPM para dos usuarios alimentados desde un mismo lugar.

Se puede observar que la tapa incorpora dos ventanas transparentes para realizar la lectura de los dos contadores. En su interior van instalados dos bases de fusibles, que se conectarán anteriormente al contador de energía para proteger cada uno de los dos circuitos.

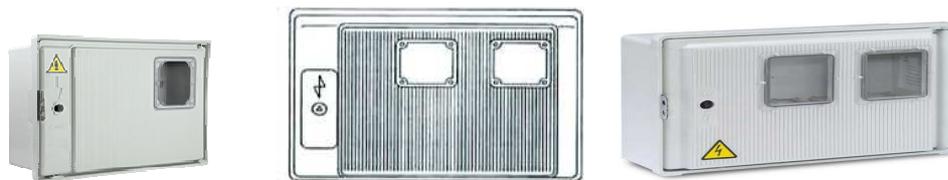


Fig. 8.44. Caja de protección y medida (CPM) parados usuarios alimentados desde un mismo lugar.

### 8.8.3 Línea general de alimentación (LGA). ITC-BT-14

La línea general de alimentación es aquella que enlaza la (GP con una o varias centralizaciones de contadores (ITC-BT-14). Se realizará mediante conductores aislados bajo tubos protectores, canaletas, conductos cerrados de obra o canalizaciones prefabricadas. Siempre incluirá el conductor de protección.

#### Instalación

Discurrirá por zonas de uso común y se realizará lo más corta y rectilínea posible.

Los cables serán de cobre o aluminio, unipolares y aislados de 0,6/1 kV, tres de fases y uno de neutro, y con una sección mínima de 10 mm<sup>2</sup> para cobre y de 16 mm<sup>2</sup> para aluminio.

En la Tabla 8.8, se indican los valores correspondientes a las secciones de fases y neutro, y el diámetro exterior mínimo de los tubos, cuando la instalación se realice con conductores instalados bajo tubo.

Secciones en (mm <sup>2</sup> )		Ø exterior del tubo
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

A partir de la sección de 25 mm<sup>2</sup> para fase y 16 mm<sup>2</sup> para neutro, el diámetro del tubo no se ve afectado por que el conductor sea de cobre o aluminio (Tabla 8.8).

Cuando la instalación se realice mediante conducto cerrado de obra, por el hueco de escalera, éste tendrá unas dimensiones mínimas de 30 x 30 cm, y será registrable y precintable en cada planta, y cada tres plantas se establecerán cortafuegos.

#### Caídas de tensión máxima permitidas por el RBT

- Para contadores totalmente concentrados: 0,5 %.
- Para contadores parcialmente concentrados: 1 %.

La intensidad máxima admisible para los conductores será la fijada en la ITC-BT-10, según la previsión de carga y el tipo de montaje.

### 8.8.4 Derivaciones individuales (DI). ITC-BT-15

Las derivaciones individuales son la parte de la instalación que, partiendo de la LGA, suministra energía eléctrica a una instalación de usuario (ITC-BT-15),

Dicha derivación comienza en el embarrado general y comprende:

- Fusible de seguridad.
- Conjunto de medidas.
- Dispositivos privados de mando y protección.

Se realizará mediante conductores aislados bajo tubos protectores, canaletas, conductos cerrados de obra o canalizaciones prefabricadas, y cumplirán la ITC-BT-21.

Incluirán siempre el conductor de protección.

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

#### Instalación

Discurrirá por lugares de uso común. Los tubos tendrán un diámetro exterior mínimo de 32 mm, y deberán permitir una ampliación de conductores inicialmente instalados del 100 %.

Por cada diez derivaciones, se dispondrá un tubo de reserva.

En locales donde no esté definida su partición, se dispondrá de un tubo por cada 50 m<sup>2</sup> de superficie.

En edificaciones en las que las DI discurren verticalmente, se alojarán en el interior de canaladuras o conductos de obra, preparadas exclusivamente para este fin, y como mínimo cada tres plantas se dispondrá de elementos cortafuegos y tapas de registro precintables.

Cada 15 metros podrán colocarse cajas de registro precintables, comunes a todos los tubos de las DI, en las que no se realizarán empalmes de conductores.

El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias; cada línea llevará su correspondiente conductor neutro, así como el conductor de protección.

No se permite el uso de neutro común, ni de conductor de protección para diferentes suministros.

Los conductores serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, de tensión 450/750 V. Si se utilizan cables multiconductores o conductores aislados bajo tubos enterrados, serán de tensión 0,6/1 kV.

La sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup> para fases, neutro y protección; y de 1,5 mm<sup>2</sup> para hilo de mando y de color rojo.

La caída de tensión máxima admisible será:

- Para contadores totalmente concentrados: 1 %.
- Para contadores parcialmente concentrados: 0,5 %.
- Derivación para un único usuario (sin LGA): 1,5 %.

### **8.8.5 Contadores. ITC-BT-16**

Los contadores y demás dispositivos para la medida de energía eléctrica se ubicarán en módulos (cajas con tapas precintables), paneles o armarios. ITC-BT-16.

#### **Grado de protección mínimo**

- Para interior: IP 40, IK 09.
- Para exterior: IP 43, IK 09.

Cada DI lleva en su origen un fusible de seguridad, que se instalará antes del contador, en cada uno de los hilos de fases, y estarán precintados por la empresa suministradora.

Los cables serán de 6 mm<sup>2</sup> de sección como mínimo, de tensión 450/750 V y de Clase 2 (según designación CENELEC), no propagadores de incendios y con emisión de humos y opacidad reducida. Para el circuito de mando y control, se utilizará hilo rojo de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección.

Las conexiones se efectuarán directamente, sin necesidad de terminales.

#### **Colocación de contadores**

**Individual.** Se utilizará sólo cuando se trate de un suministro a un único usuario independiente o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar. Para ello, se hará uso de la CPM (caja de protección y medida), de la ITC-BT-13.

**Concentrados.** Los contadores y demás dispositivos para la medida de energía eléctrica de los diferentes usuarios podrán concentrarse en uno o varios lugares del edificio, en un local adecuado a este fin o en un armario.

- En local: será obligatorio cuando el número de contadores sea superior a 16.
- En armario: se podrá instalar cuando el número de contadores no supere el número de 16.

En edificios de hasta doce plantas se colocarán en la planta baja, entresuelo o primer sótano.

En edificaciones superiores a doce plantas, se concentrará además en plantas intermedias.

Cuando el número de contadores por concentración sea superior a 16, se podrá disponer de una concentración por planta.

El local destinado a la concentración de contadores podrá albergar el cuadro general de mando y protección de los servicios comunes del edificio.

Tendrá iluminación suficiente para comprobar los equipos de medida. Además, interiormente y junto a la entrada se instalará un equipo autónomo de alumbrado de emergencia, de autonomía no inferior a una hora y que proporcione un nivel de iluminación mínimo de 5 lux.

Para el armario, se instalará en sus inmediaciones una base de enchufe con toma de tierra de 16 A para servicios de mantenimiento.

#### **Concentración de contadores**

Las concentraciones de contadores estarán concebidas para albergar los aparatos de medida, mando, control (ajeno al ICP) y protección de todas y cada una de las DI. Permitirán la instalación de los elementos necesarios para la aplicación de las tarifas vigentes.

Se colocarán de forma que desde el suelo hasta la parte inferior de la misma haya como mínimo 0,25 m, y el cuadrante de lectura del contador más alto no supere los 1,80 m.

Las concentraciones estarán constituidas eléctricamente por los siguientes elementos:

- Interruptor general de maniobra. En caso de necesidad, dejará fuera de servicio toda la concentración de contadores. Será obligatorio para concentraciones de más de dos usuarios. Se instalará en una envolvente de doble aislamiento, independiente, con interruptor de corte omnipolar de apertura en carga que garantice que el neutro no se ha cortado antes que los conductores de fases, y estará colocado entre la LGA y el embarrado de contadores.

Será como mínimo de 160 A para una carga prevista hasta 90 kW, y de 250 A para cargas superiores a ésta, hasta 150 kW.

- **Embarrado general y los fusibles de seguridad.**
- **Unidad funcional de medida.** Contadores, interruptor horario y/o dispositivos de mando para la medida de energía eléctrica.
- **Unidad funcional de mando (opcional).** Para el cambio de tarifa.
- **Embarrado de protección y bornes de salida.** Para la conexión de los cables de protección de cada derivación, así como los bornes de salida de cada derivación individual.
- **Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional).**

### 8.8.5 Montaje de la acometida e instalación de enlace

Como se desprende de las instrucciones citadas del RBT, cada instalación interior se enlaza con la red general de distribución mediante los conductores y elementos mencionados anteriormente. Se trata ahora de sistematizar su proceso de montaje.

No obstante, cada empresa suministradora establece unas condiciones diferentes que también hay que tener en cuenta.

Para enlazar con una línea de distribución aérea, primero colocaremos las envolventes de protección y medida, ya sean de superficie o empotradas. En este último caso, los elementos estarán enlazados mediante tubos adecuados.

Hay que tener en cuenta que las canalizaciones siempre entran por la parte inferior de las cajas protectoras, con la curva adecuada para evitar la entrada de agua.

Una vez colocadas las envolventes, realizaremos el cableado entre uno y otro elemento, es decir, cablearemos la LGA y realizaremos las conexiones necesarias desde la CGP hasta el cuadro de mando y protección, pasando por el módulo de medidas y demás elementos intermedios, en su caso. Así pues, nos queda tan sólo el tramo de acometida propiamente dicho, que enlaza la red general de distribución con la CGP o con la CPM.

Para el montaje de este tramo obraremos de la siguiente forma: realizaremos el cableado y seguidamente conectaremos la caja general de protección. Una vez concluida esta operación, sólo nos queda unir la instalación a la red general de distribución.

Esta fase del montaje es la más delicada, pues la conexión se realiza generalmente con tensión en la red general de distribución. Por eso es aquí donde hay más riesgo de accidentes, y es necesario usar herramientas de seguridad, a saber: llaves fijas o inglesas aisladas, guantes aislados de seguridad, así como pantalla de protección para la cara.

Esta conexión se lleva a cabo con elementos de conexión especiales, denominados conectores a perforación simultánea, que realizan la conexión simultánea entre el conductor de la red general de distribución y el de acometida, mediante la perforación de sus aislamientos (sin necesidad de pelar el conductor).

Referencia	S (mm <sup>2</sup> )	
	S1	S2
P-25	16-95	4-25
P-50	35-150	6-50
P-95	16-150	16-95
P-120	35-240	35-120
P-150	35-150	35-150
P-240	70-240	70-240

**Tabla 8.9. Conectores a perforación simultánea. Diferentes secciones**

Necesitaremos tantos conectores como conductores tenga el suministro (monofásico o trifásico).

Los conectores se fabrican en varios tamaños según las secciones de conductor que pueden abarcar (véase la Tabla 8.9).

Estos conectores, para asegurar la buena conexión eléctrica, se ajustan con una tuerca calibrada que, cuando realiza la presión adecuada sobre el conductor, rompe y da por finalizada la conexión.

Al realizar la derivación es preciso cuidar las distancias entre los conectores para asegurar el buen funcionamiento de la instalación y también su estética. Se separarán unos 20 o 25 cm entre ellos, y se evitará confundir el conductor de fase con el conductor de neutro (en el trenzado de la red general de distribución, generalmente el neutro es de menor sección y en la mayoría de los casos lleva indicación sobre el aislamiento).

Una vez realizada la conexión de la acometida, se procede a la colocación de los fusibles de la CGP para dar suministro a la instalación interior.



En la Figura 8.45, se aprecia en detalle el conexionado de una acometida trifásica mediante conectores de perforación simultánea a una red de distribución aérea, así como la CGP. **Fig. 8.45. Detalle de la conexión de una acometida aérea trifásica**

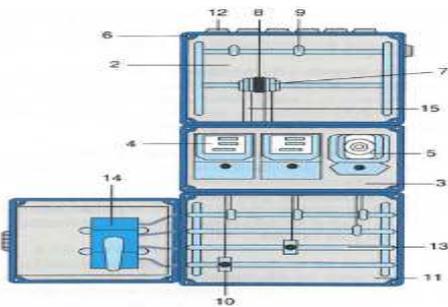
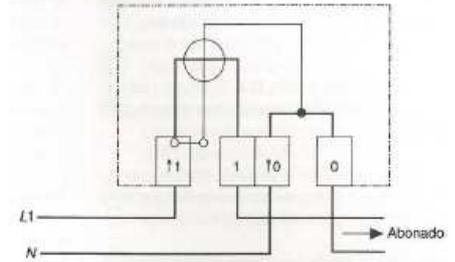
con conectores de perforación simultánea.

En la Figura 8.46 (vista exterior e interior de los armarios), podemos ver la instalación de un cuadro de protección y medida (CPM) para dos usuarios, a través de una red de distribución subterránea. Ésta es la instalación típica para alimentar viviendas unifamiliares adosadas.

En la parte inferior del CPM se instala un armario de pasa de línea y derivación al que se conectan las tres fases y el neutro (entradas y salidas) de la línea de acometida, a la vez que se deriva para alimentar los equipos del CPM.

**Fig. 8.46. Detalle de la conexión de una acometida subterránea para un CPM para dos usuarios.**

Los ocho conductores de la parte inferior corresponden a la entrada y salida de cada una de las tres fases y el neutro, pues, como su nombre indica, es un armario de paso de línea. De aquí derivan los dos conductores de fase (los contadores son monofásicos), protegidos con sus correspondientes fusibles, y los dos conductores neutros que alimentan a los contadores de energía.



### 8.8.6 Montaje de una centralización de contadores

Si tenemos una centralización de contadores, comenzaremos por ubicar y fijar los diferentes módulos que componen la centralización. La Figura 8.47 muestra el equipo básico de una centralización. Los módulos se irán acoplando según las necesidades de la instalación.

Para que se pueda contratar con la empresa suministradora la doble tarifa (diurna y nocturna), hace falta montar contadores de doble tarifa, que incorporan dos registros de lectura, uno para cada tipo de tarifa.

El cambio de tarifa se realiza a través de un reloj horario externo, que mediante el cierre de su contacto (durante el horario nocturno), actúa sobre el electroimán del dispositivo integrador que incorpora el contador, realizando la lectura en un registro diferente.

**Fig. 8.48. Conexión de un contador**

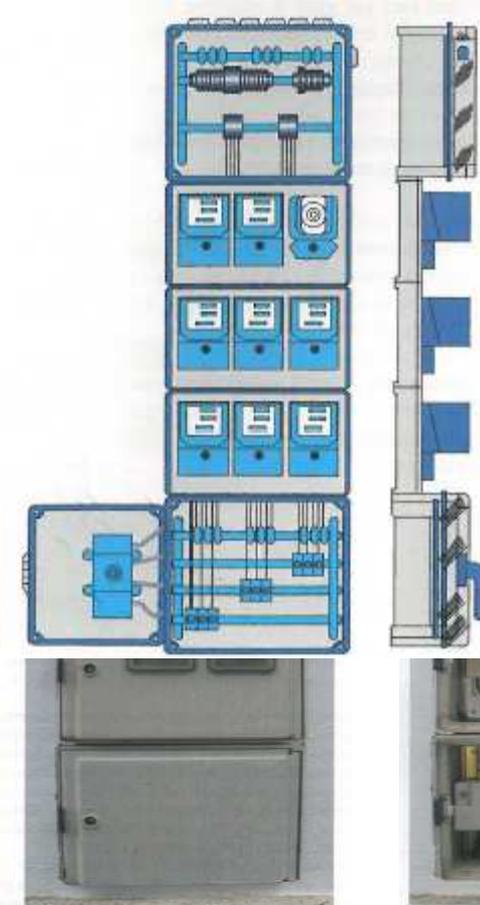
monofásico

Aunque los actuales contadores digitales de doble o triple tarifa pueden incorporar un sistema automático, que no requiere ningún mecanismo externo para realizar el cambio de tarifa, ya que vienen preparados para ser programados según las necesidades del consumo.

**Fig. 8.47. Componentes de una centralización de contadores.**

#### Materiales de una centralización

1. Caja de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio.
2. Tapa transparente de policarbonato.
3. Placa base para montaje de equipo de medida monofásico.
4. Ranuras para fijación de contador, con tornillería de latón.
5. Ranuras para fijación de reloj, con tornillería
6. Tornillo precintable fijación caja-tapa.
7. Borna de conexión de 25 mm<sup>2</sup>, salida derivación individual.
8. Borna de conexión seccionable de 4 mm<sup>2</sup>
9. Borna de conexión directa, tierra (\*).



10. Cortacircuitos Neozed D02 de 63 A.

11. Placa transparente de policarbonato para protección.

12. Salida para derivaciones individuales.
  13. Pletina de cobre de 80 mm<sup>2</sup> (20 x 4).
  14. Interruptor general de corte en carga.
  15. Cableado con conductor de cobre de 0,6/1 kV, con sección de 10 mm<sup>2</sup> y colores normalizados.
- Circuito de reloj, con hilo de 2,5 mm<sup>2</sup> y colores normalizados.

(\*) la conexión a la pletina de unión con tierra (para unir Los conductores de protección) se realiza desde un punto de puesta a tierra situado en el cuarto de contadores.

**Fig. 8.49. Centralización de ocho contadores.**

A la hora de conectar los contadores de energía, debemos tener la precaución de seguir indicaciones del fabricante, que representa las entradas y salidas. La Figura 8.48 muestra la conexión de un contador monofásico de inducción de tarifa única o simple.

Se realizará un reparto equilibrado entre cada una de las fases, para que exista el mínimo de desequilibrios entre ellas. En el embarrado inferior tendremos tantos fusibles como fases utilizarán los diferentes contadores (una para cada monofásico y tres para los trifásicos).

El resto del conexionado se ejecuta tal y como muestra la Figura 8.49. En este caso, se ha instalado una centralización de ocho contadores monofásicos de doble tarifa para viviendas y un reloj para el posible cambio de tarifa.

La empresa suministradora es quien hace el conexionado para ejecutar la doble tarifa, una vez formalizado un acuerdo con el usuario.

## **Conceptos básicos**

#### **Elementos que constituyen el cuadro general de mando y protección**

- **Interruptor de control de potencia, ICP (opcional).** Interruptor magnetotérmico que controla la potencia consumida por el usuario. Lo instala la empresa suministradora, calibrado en función de la potencia contratada por el usuario.
- **Interruptor general automático, IGA.** Interruptor magnetotérmico que protege toda la instalación de sobrecargas y cortocircuitos.

Su calibre está en función de la potencia máxima prevista **para la instalación, que será como mínimo, de 25 A y máximo de 63 A.** Se coloca uno por vivienda.

- **Interruptor diferencial.** Protege contra contactos indirectos. Su sensibilidad será, como máximo, de 30 mA, mientras que su intensidad nominal asignada será igualo superior a la del IGA. Se instalará uno por cada 5 circuitos como **mínimo.**
- **Interruptor automático.** Interruptor magnetotérmico bipolar que protege cada uno de los circuitos interiores de la vivienda (conductores y dispositivos eléctricos) de sobrecargas y cortocircuitos, y es de corte omnipolar.

Están calibrados de acuerdo con las corrientes admisibles para los conductores del circuito que protegen. Habrá uno por circuito, y su intensidad nominal será de 10, 16, 20 y 25A para proteger circuitos con conductores de 1,5, 2,5, 4 y 6 mm<sup>2</sup> de sección, respectivamente.

- **Dispositivos de protección contra sobretensiones** (cuando proceda). Dispositivo que protege de las descargas atmosféricas y sobretensiones producidas en la red, derivando dicha descarga a tierra.

#### **Grados de electrificación de una vivienda**

El grado de electrificación puede ser básico o elevado.

- **Circuitos del básico.** Iluminación (C1); tomas de uso general (C2); cocina y horno (C3); lavadora, lavavajillas y termo (C4); tomas para baño y auxiliares de cocina ((5).
- **Circuitos del elevado.** Los del básico, y además puede tener calefacción (C8), aire acondicionado (C9), secadora (C10), demótica (C11) y circuitos adicionales de los correspondientes al básico.

#### **Instalación de una vivienda**

A la hora de realizar la instalación de una vivienda habrá que **tener en cuenta, entre otras cosas, lo siguiente:**

##### **Características eléctricas del circuito (véase la Tabla 8.4).**

- Sección de los conductores
- Diámetro de los tubos
- Intensidad de los interruptores automáticos
- Número máximo de tomas por circuito

##### **Puntos de utilización (véase la Tabla 8.6).**

- Número mínimo de puntos de utilización por estancia y circuito.

##### **Elección de los materiales eléctricos (véase la Tabla 8.7).**

- Materiales eléctricos y condiciones de instalación en los diferentes volúmenes de los baños, según las Figuras 8.28 a 8.37.
- Distancias recomendadas para el trazado de las canalizaciones y la ubicación de envolventes y mecanismos, según las Figuras 8.18 a 8.20.

A continuación se proponen varios ejercicios que servirán de apoyo a la Unidad.

También se propone la realización de varias instalaciones prácticas que en gran medida van a depender de la disponibilidad de materiales y de espacio que tengamos en el taller de instalaciones electrotécnicas, ya que se pretende que sean lo más reales posible, en cuanto a diseño y distribución.

Las instalaciones se realizarán utilizando material cuyas características se correspondan con el mínimo exigido en el RBT, en lo referente a secciones, colores y tipo de aislamiento de conductores, tipos y diámetros de los tubos protectores, características de los dispositivos de mando y protección, características de envolventes, conexionado, etcétera.

- 1.- ¿Cuándo se considera que una vivienda debe tener grado de electrificación elevado?
- 2.- La potencia contratada por el usuario de una vivienda es de 7360 W. ¿De qué calibre será el ICP a instalar?
- 3.- ¿Qué se entiende por interruptor diferencial selectivo?
- 4.- Disponemos de un circuito alimentado con cable de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección. ¿Podemos protegerlo con un interruptor magnetotérmico de 25 A? Razona la respuesta.
- 5.- ¿De qué avería se trata, y cómo la localizarías, si en la instalación de una vivienda se desactiva el interruptor diferencial cada vez que lo activamos?
- 6.- ¿Cuál será la longitud máxima que podrá tener el cable correspondiente al circuito C3 de una vivienda? ¿Porqué?
- 7.- Queremos instalar bajo tubo corrugado 3 conductores de 25 mm<sup>2</sup> de sección. ¿Qué tubo utilizaremos?
- 8.- Si el IGA instalado en una vivienda es de 50 A, ¿cuál será la potencia máxima prevista?
- 9.- En un cuarto de baño, dentro del volumen 2, ¿está permitido instalar un interruptor normal?
- 10.- ¿Qué se entiende por ICT? ¿V por PAU?
- 11.- Representa el cuarto de baño de tu vivienda, indicando los diferentes volúmenes según el apartado 8.4.8 de esta Unidad.
- 12.- ¿Para qué se conectan a tierra las envolventes metálicas de los electrodomésticos?
- 13.- ¿Podemos meter en un mismo tubo de protección el cable de antena de TV y el cable correspondiente a un circuito eléctrico? Razona la respuesta.
- 14.- Analiza qué puede ocurrir si en la instalación de una vivienda puenteamos los bornes de entrada y salida del interruptor diferencial.
- 15.- ¿Para qué se utiliza el reloj horario en una concentración de contadores? ¿Cómo actúa sobre el contador?
- 16.- Representa el plano de tu vivienda y realiza el esquema unifilar en planta de la instalación eléctrica.
- 17.- Representa el esquema multifilar y unifilar del cuadro de mando y protección de tu vivienda.
- 18.- Representa el esquema unifilar de una cocina de 12 m<sup>2</sup> de superficie, provista de circuito para calefacción.

## **Tema 9 Los conductores**

### 9.1 Los conductores

Debemos calcular las secciones de los conductores que empleamos en las instalaciones de baja tensión (BT) porque la sección del conductor necesario para una línea de alimentación viene determinada por las limitaciones de calentamiento y caída de tensión que se pueden producir en dicho conductor.

Otro factor relevante es el coste de la instalación: interesa que, siendo mínimo, cumplan las limitaciones de calentamiento y caída de tensión de los conductores.

#### Calentamiento de un conductor

La temperatura del conductor de un cable que trabaja a plena carga y régimen permanente no debe superar en ningún momento la máxima admisible para los materiales que aíslan el cable: suele ser de 70° C para los aislamientos termoplásticos y de 90° C para los termoestables.

#### Caída de tensión

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y final de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el RBT en cada parte de la instalación, con objeto de garantizar el buen funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

### 9.2 Cálculo de la caída de tensión y sección de un conductor

Se entiende como caída de tensión (cdt), la **diferencia existente entre la tensión al principio y al final de un circuito que alimenta una carga**. Se representa como e (Fig. 9.1).

$$e = V_1 - V_2$$

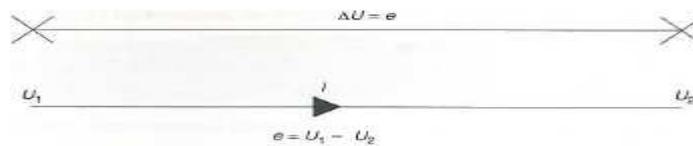


Fig. 9.1. Caída de tensión en un conductor eléctrico.

#### 9.2.1 Caída de tensión, conocida la intensidad

Según la ley de Ohm, la caída de tensión en un conductor viene dada por:

Siendo:

e: caída de tensión en el conductor en V

R: resistencia del conductor en Ω

I: intensidad que recorre el conductor en A

Por otra parte, como se vio en la Unidad 2, la resistencia de un conductor, teniendo en cuenta su resistividad, valdrá:

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

O bien, si consideramos que la conductividad es la inversa de la resistividad, por lo general se utiliza más:

$$R = \frac{L}{\gamma S}$$

R: resistencia del conductor en Ω

p: coeficiente de resistividad específica en Ω mm'/m

L: longitud del conductor en metros

s: sección del conductor en mm<sup>2</sup>

γ: conductividad del conductor en m/Ω mm<sup>2</sup>

Luego tendremos que:

$$e = RI = \frac{L}{\gamma S} I = \frac{LI}{\gamma S}$$

Como por lo general un receptor está alimentado por una línea bifilar (dos conductores: ida y retorno; véase la Figura 9.2), la caída de tensión viene dada por:

$$e = \frac{2LI}{\gamma S}$$

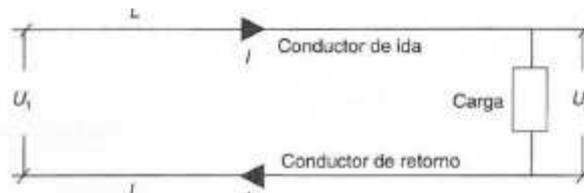


Fig. 9.2. Caída de tensión en un circuito eléctrico.

## 9.2. Caída de tensión conocida la potencia

Según la ley de Ohm, la intensidad, conocida la potencia, valdrá:

I: intensidad que recorre el circuito en A  
 P: potencia que consume la carga en W  
 U: tensión aplicada al circuito en V  
 Luego:

$$I = \frac{P}{U}$$

$$e = \frac{2LP}{\gamma S U}$$

y despejando el valor de la sección, tendremos:

$$S = \frac{2LP}{\gamma e U}$$

Estas fórmulas son válidas tanto para c.c. como para c.a. con una carga puramente óhmica. Para el cálculo de la cdt en un circuito de c.a., deberemos familiarizarnos con su circuito equivalente, (Véase la Figura 9.3) y con su diagrama vectorial (Véase la Figura 9.4).

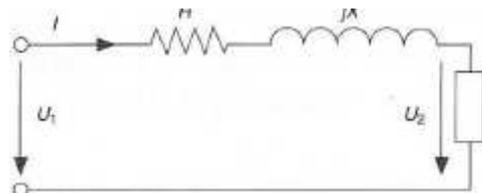


Fig. 9.3. Circuito equivalente de un circuito de c.a.

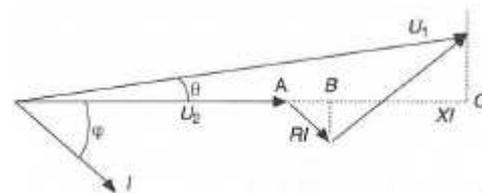


Fig. 9.4. Diagrama vectorial

Debido al pequeño valor del ángulo  $\theta$ , entre  $U_1$  y  $U_2$  se puede considerar que el vector  $UI$  es igual a su proyección horizontal, por lo tanto, el valor de la cdt será:

$$e = \Delta U \cong U_1 - U_2 \cong AB + BC = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi$$

La reactancia inductiva  $X$  de los conductores varía con el diámetro y la separación entre ellos. La cdt por el efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia, por lo que, para secciones iguales o inferiores a  $120 \text{ mm}^2$ , que es el caso general en instalaciones interiores, el valor de  $X \cong 0$ , por lo que el valor de la cdt será:

$$e = U_1 - U_2 \cong RI \cos \varphi$$

Para otras secciones y a falta de datos se estima que:

$$S = 150 \text{ mm}^2 \rightarrow X = 0,15 R$$

$$S = 185 \text{ mm}^2 \rightarrow X = 0,20 R$$

$$S = 240 \text{ mm}^2 \rightarrow X = 0,25 R$$

Luego para receptores monofásicos, y conocida la potencia, la caída de tensión viene dada por:

$$e = \frac{2LP}{\gamma S U}$$

De donde la sección del conductor será:

$$S = \frac{2LP}{\gamma e U}$$

La fórmula es válida para c.c. y c.a.

Si conocemos el valor de la intensidad, la caída de tensión vendrá dada por:

$$e = \frac{2LP \cos \varphi}{\gamma S}$$

Por lo tanto, la sección del conductor será:

$$e = \frac{2LP \cos \varphi}{\gamma e}$$

### 9.3 Cálculo de la sección en circuito de alimentación a receptores trifásicos

En los circuitos trifásicos equilibrados, la cdt será:

$$e = \sqrt{3} RI \cos \varphi$$

En un circuito trifásico, el valor de la potencia viene dado por:

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

Y, por lo tanto, el valor de la intensidad será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi}$$

Luego si en la expresión:

$$e = \sqrt{3} RI \cos \varphi$$

Sustituimos R por su valor, tendremos que la cdt en trifásico valdrá:

$$e = \frac{\sqrt{3}L}{\gamma S} I \cos \varphi \Rightarrow e = \frac{\sqrt{3}LI \cos \varphi}{\gamma S}$$

Si lo que conocemos del circuito es su potencia, tendremos:

$$e = \frac{\sqrt{3}L}{\gamma S} \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} \cos \varphi \Rightarrow e = \frac{LP}{\gamma S U}$$

Despejando los respectivos valores de las secciones S, y conocida la intensidad, tendremos:

$$S = \frac{\sqrt{3}LI \cos \varphi}{\gamma e}$$

o bien, si conocemos la potencia:

$$S = \frac{LP}{\gamma e U}$$

Siendo:

S: sección del conductor, en mm<sup>2</sup>

L: longitud de la línea trifásica, en m

I: intensidad prevista para el conductor, en A

U: tensión nominal de la línea, en V (generalmente 400 V)

P: potencia activa prevista para la línea, en W

$\gamma$ : conductividad del conductor, en m/ $\Omega$  mm<sup>2</sup>

$\cos \varphi$ : factor de potencia de la carga

e: caída de tensión producida en el tramo de circuito considerado, en V.

Material	$\rho_{20}$ (20° C)	$\rho_{70}$ (70° C)	$\rho_{90}$ (90° C)	Material	$\gamma_{20}$ (20° C)	$\gamma_{70}$ (70° C)	$\gamma_{90}$ (90° C)
Cobre	0,018	0,021	0,023	Cobre	56	48	44
Aluminio	0,029	0,033	0,036	Aluminio	35	30	28

Tabla 9.1. Resistividad a diferentes temperaturas, en  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m, para el cobre y el aluminio.

Tabla 9.2. Conductividad a diferentes temperaturas, en m/ $\Omega$  mm<sup>2</sup> para el cobre y el aluminio.

Para Circuito	Conocida la potencia	Conocida la intensidad
Monofásico	$S = \frac{2LP}{\gamma e U}$	$S = \frac{2LI \cos \varphi}{\gamma e}$
Trifásico	$S = \frac{2LP}{\gamma e U}$	$S = \frac{\sqrt{3}LI \cos \varphi}{\gamma e}$

Tabla 9.3. Resumen de fórmulas para el cálculo de secciones.

En las expresiones indicadas hasta el momento, hemos visto que intervienen el coeficiente de resistividad ( $\rho$ ) y, más habitualmente, el coeficiente de conductividad ( $\gamma$ ) las Tablas 9.1 y 9.2 dan los valores de estos coeficientes para distintos valores de temperatura máxima admisible en servicio continuo que puede alcanzar el cable, en función del tipo de aislamiento y del sistema de instalación empleado, con lo que en cada caso elegiremos el valor más adecuado a nuestra circunstancia.

En la Tabla 9.3, se muestra un resumen de las diferentes expresiones utilizadas para el cálculo de las secciones de circuitos eléctricos monofásicos y trifásicos dependiendo de los datos que conozcamos.

### 9.4 Proceso de cálculo

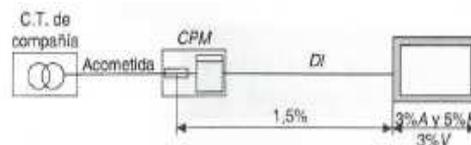
- Se calcula la intensidad nominal de la línea.
  - Se elige una sección adecuada a la intensidad.
- Para ello haremos uso de la Tabla 9.5.

- c) Se calcula la sección por caída de tensión.
- d) Se elige la sección mayor del resultado de los dos métodos; en caso de no existir esa sección normalizada, se elige la sección inmediatamente superior existente. la Tabla 9.5 recoge los valores que indica la Tabla 1 de la ITC-BT-19 del RBT en cuanto a las intensidades de corriente máximas admisibles para los conductores de cobre, teniendo en cuenta una temperatura ambiente de 40 °C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables.

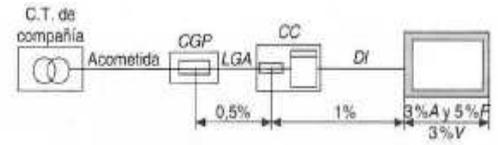
Legendas:

- 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

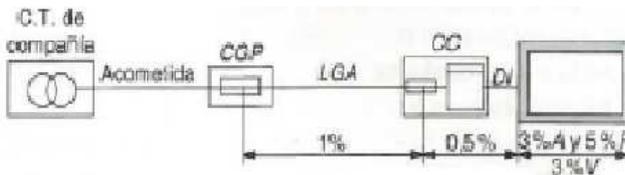
a) Esquema para un único usuario



b) Esquema para una única centralización de contadores



c) Esquema cuando existen varias centralizaciones de contadores directamente



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

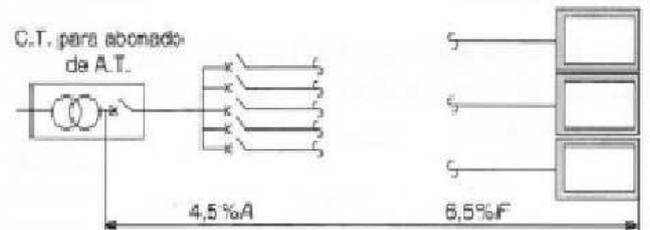


Fig. 9.5. Esquema resumen de las caídas de tensión máximas admisibles.

No obstante, en la norma UNE 20460-5-523 y su anexo nacional recogen en su totalidad los valores de las intensidades máximas admisibles.

Para el cálculo de las secciones correspondientes a los circuitos de las instalaciones interiores, debemos conocer los valores máximos de caída de tensión permisible en cada tramo de la instalación, tal y como se representa en la Figura 9.5 y se muestra en la Tabla 9.4.

Parte de la instalación	Para alimentar a:	Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro	e Suministro trifásico	e Suministro monofásico
<b>LGA (Línea general de alimentación)</b> -siempre será trifásica-	Suministros de un único usuario	No existe LGA	-	-
	Contadores totalmente concentrados	0,5 %	2 V	No existe
	Centralizaciones parciales de contadores	1 %	4 V	No existe
<b>DI (Derivación individual)</b>	Suministro de un único usuario	1,5 %	6 V	3,45 V
	Contadores totalmente concentrados	1 %	4 V	2,3 V
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5 %	2 V	1,15 V
<b>Circuitos interiores</b>	Circuitos interior de viviendas	3 %	12 V	6,9 V
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3 %	12 V	6,9 V
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5 %	20 V	11,5 V

Tabla 9.4. Límite de caídas de tensión reglamentarias.

**Caso Práctico 1**

Calcula la sección de una derivación individual (DI) que alimenta la vivienda de un edificio con electrificación básica (5750 W), cuya longitud desde la centralización de contadores (totalmente concentrada) hasta el cuadro de mando y protección es de 12 m (segunda planta), suponiendo que los conductores van aislados en el interior de tubos empotrados en obra.

**Condiciones**

Elegimos el tipo de conductor: según la ITC-BT-15 podrá ser unipolares con aislamiento de 450/750 V o multiconductores de 0,6/1 kV, no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. En este caso elegiremos cables unipolares con aislamiento termoplástico (PVC), cuya temperatura máxima admisible en servicio continuo es de  $T_{m\acute{a}x} = 70^{\circ} \text{C}$ .

**Solución**

La intensidad prevista está limitada por el ICP a instalar, que como máximo será de 25 A al tratarse de un grado de electrificación básico de 5750 W.

Por tratarse de un circuito monofásico, y conocer el valor de la potencia, la sección según la fórmula de la Tabla 9.3 será:

$$S = \frac{2LP}{\gamma e U} = S = \frac{2 \cdot 12 \cdot 5750}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 5,43 \text{ mm}^2$$

El valor de  $e$ : 2,3 V corresponde al 1 % de 230 V, según la Tabla 9.4.

El valor  $\gamma$ : 48 corresponde al valor del cobre con aislamiento hasta  $70^{\circ} \text{C}$ , según la Tabla 9.2.

Por lo tanto, optamos por la sección normalizada superior,  $S = 6 \text{ mm}^2$

Por último, en servicio permanente y atendiendo al método de instalación, habrá que comprobar si el conductor cuya sección se ha calculado por cdt, soportará la intensidad de servicio prevista. Para ello utilizamos los valores de la Tabla 9.5 para el método de instalación B. Según dicha tabla, para una sección de  $6 \text{ mm}^2$ , la intensidad máxima admisible es de 36 A. Este valor es superior al de la intensidad prevista de 25 A, por lo que dicha sección es válida.

**Caso Práctico 2**

Calcula la sección de las derivaciones individuales (DI) para otras dos viviendas de electrificación básica situadas en plantas superiores del mismo edificio utilizado en el caso práctico anterior (Caso práctico 1), donde todos los datos de partida son los mismos excepto la longitud de la DI, que ahora es de:

a) 22 m

b) 35 m

Se utilizará un conductor del mismo tipo que el usado en el Caso práctico 1.

**Solución**

Para calcular la sección, seguiremos el mismo procedimiento empleado en dicho caso.

$$S = \frac{2LP}{\gamma e U} = S = \frac{2 \cdot 22 \cdot 5750}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 9,96 \text{ mm}^2$$

Elegimos la sección normalizada inmediatamente superior, que es  $S = 10 \text{ mm}^2$

Por último, vemos en la Tabla 9.5 que este conductor soporta una intensidad máxima de 50 A, por lo que la sección es válida, ya que permite una intensidad superior a la prevista de 25 A.

$$S = \frac{2LP}{\gamma e U} = S = \frac{2 \cdot 35 \cdot 5750}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 15,85 \text{ mm}^2$$

Elegiremos una sección normalizada de  $16 \text{ mm}^2$ , que según la Tabla 9.5 soporta una intensidad de 66 A, superior a la de 25 A de intensidad prevista.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3 x PVC	2 x PVC		3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3 x PVC	2 x PVC		3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos <sup>2</sup> en montaje superficial o empotrados en obra				3 x PVC	2 x PVC		3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos <sup>2</sup> en montaje superficial o empotrados en obra			3 x PVC	2 x PVC		3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared <sup>3</sup>					3 x PVC	2 x PVC	3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR			
E		Cables multiconductores al aire libre <sup>4</sup> . Distancia a la pared no inferior a 0,3 D <sup>5</sup>					3 x PVC		2 x PVC	3 x XLPE o EPR	2 x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo <sup>6</sup> . Distancia a la pared no inferior a D <sup>5</sup>						3 x PVC			3 x XLPE o EPR <sup>1</sup>		
G		Cables unipolares separadas mínimo D <sup>5</sup>								3 x PVC <sup>1</sup>		3 x XLPE o EPR	
		mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

1) A partir de 25 mm<sup>2</sup> de sección.

2) Incluyendo canales para instalaciones - canaletas- y conductos de sección no circular.

3) 0 en bandeja no perforada.

4) 0 en bandeja perforada.

5) D es el diámetro del cable.

Tabla 9.5. Intensidades admisibles (A) al aire 40° C. Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.

**Caso Práctico 3**

Calcula la sección de las derivaciones individuales de las viviendas estudiadas en los Casos prácticos 1 y 2 para las mismas longitudes:

- a) 12 m
- b) 22 m
- e) 35 m

pero con grado de electrificación elevado para cada una (9 200 W).

En primer lugar, hay que tener en cuenta que la intensidad prevista está limitada por el calibre del ICP a un valor de 40 A.

**Solución**

$$S = \frac{2LP}{yeU} = S = \frac{2 \cdot 12 \cdot 9200}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 8,69 \text{ mm}^2$$

Cogeremos una S = 10 mm<sup>2</sup> que soporta una I = 50 A.

$$S = \frac{2LP}{yeU} = S = \frac{2 \cdot 22 \cdot 9200}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 15,94 \text{ mm}^2$$

Cogeremos una S = 16 que soporta una I = 66 A.

$$S = \frac{2LP}{yeU} = S = \frac{2 \cdot 35 \cdot 9200}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 25,36 \text{ mm}^2$$

Cogeremos una WS = 35 mm<sup>2</sup> que soporta una I = 104 A.

En los tres casos la intensidad máxima supera la intensidad prevista, por lo que son válidas las secciones deducidas por cdt.

**Caso Práctico 4**

Comprueba si la sección mínima admisible por el RBT (expuestos en la Tabla 8.4 de la unidad anterior) para el circuito C2 de bases de toma de corriente de uso general de una vivienda, de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección, es adecuada teniendo en cuenta que la distancia entre el cuadro general de mando y protección y la toma de corriente más alejada es de 35 m. La instalación interior va empotrada bajo tubo, con cable del tipo H07-K de Clase 5.

**Solución**

Tal y como indica la ITC-BT-25, recogido en la Tabla 9.4, la intensidad de funcionamiento del circuito coincidirá con la intensidad nominal del interruptor automático que protege el circuito C2, es decir: I = 16 A.

Luego aplicando la fórmula expuesta en la Tabla 9.3, la sección valdrá:

$$S = \frac{2LI \cos \varphi}{ye} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 16 \cdot 1}{48 \cdot 6,9} = 3,8 \text{ mm}^2 \rightarrow S \text{ m } 4 \text{ mm}^2$$

Justificación de los valores elegidos:

cos φ = 1: es el caso más desfavorable.

γ = 48: se trata de conductores con aislamiento que soportan una temperatura máxima de 70° C (véase la Tabla 9.2).

e = 6,9 V: en los circuitos monofásicos interiores de vivienda,

e = 3%, de 230 = 6,9 V (véase la Tabla 9.4),

Tendremos que elegir la sección normalizada superior, que será

$$S = 4 \text{ mm}^2.$$

En la Tabla 8.5, se indica que para un circuito con conductor de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección y protegido con un automático de 16 A, la longitud máxima permitida es de 28 m, para no sobrepasar los límites máximos establecidos de caída de tensión en un circuito.

Como en el caso que nos ocupa tenemos una longitud de 35 m, deberemos instalar un conductor de 4 mm<sup>2</sup>, tal y como se deduce del cálculo por caída de tensión.

Dicho conductor, según la Tabla 9.5, soporta una intensidad máxima de 27 A, superior a los 16 A de intensidad prevista.

**Caso Práctico 5**

Partiendo de los datos expuestos en el Caso práctico 4, averigua si el circuito (3 correspondiente a cocina y horno, con una sección mínima establecida de 6 mm<sup>2</sup> y protegido con un interruptor automático de 25 A, es adecuada para una longitud del circuito de 35 m.

**Solución**

$$S = \frac{2LI \cos \varphi}{ye} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 25 \cdot 1}{48 \cdot 6,9} = 5,28 \text{ mm}^2 \rightarrow 6 \text{ mm}^2$$

Si observamos la Tabla 8.5, podemos deducir que un circuito de 6 mm<sup>2</sup> de sección y protegido con un automático de 25 A permite una longitud máxima del circuito de 43 m, superior a los 35 m indicados para este Caso práctico.

### 9.5 Instaladores autorizados en BT. ITC-BT-03

Un instalador autorizado es la persona física o jurídica que realiza, mantiene o repara las instalaciones eléctricas en el ámbito del RBT, habiendo sido autorizado por la Comunidad Autónoma donde radique el interesado.

Existen dos categorías:

#### Categoría básica (IBTB)

Los instaladores de esta categoría podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones eléctricas para BT en edificios, industrias, infraestructuras y todas las que no se reserven a la categoría especialista.

#### Categoría especialista (IBTE)

Los instaladores y empresas instaladoras de la categoría de especialista podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones de la categoría básica y, además, las correspondientes a:

- Sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad de edificios (sistemas de alarmas y detección de incendios), sistemas de control distribuido, sistemas de supervisión, control y adquisición de datos e instalaciones para el control de procesos.
- Líneas aéreas o subterráneas para la distribución de energía.
- Instalaciones correspondientes a locales con riesgo de incendio o explosión, quirófanos y salas de intervención.
- Instalaciones relativas a lámparas de descarga, rótulos luminosos y similares.
- Instalaciones generadoras de baja tensión.

Puede estar autorizado para la totalidad de las modalidades descritas o sólo para algunas, lo cual deberá constar en su Certificado de Instalador.

#### 9.5.1 Certificado de cualificación individual en BT

Es el documento por el que la Administración reconoce a su titular la capacidad personal para desempeñar alguna de las actividades correspondientes a las categorías autorizadas.

Dicho certificado no capacita, por sí solo, para la realización de dicha actividad, sino que constituirá requisito previo para la obtención del Certificado de Instalador Autorizado en BT.

#### Obtención del Certificado de CI

Se precisan tres requisitos para obtenerlo:

- Edad legal laboral.
- Conocimientos teórico-prácticos de electricidad
- Haber superado un examen o prueba escrita.

Se entenderá que una persona reúne los requisitos teórico- prácticos cuando se encuentre en alguna de las situaciones indicadas en el Esquema 9.1.

En el mismo Esquema se aprecia que según la situación de cada persona, tendrá que realizar un tipo u otro de examen, o quedar exento, para poder obtener el Certificado de Cualificación Individual.

Cumplidos los requisitos anteriores, la comunidad autónoma expedirá el correspondiente Certificado de Cualificación Individual en BT, con la anotación de la categoría o categorías correspondientes, con validez para todo el territorio español.

#### 9.5.2 Autorización como Instalador Autorizado en BT

Para obtener la autorización como Instalador en BT, deberán acreditarse los siguientes requisitos:



Se entiende por experiencia la permanencia activa durante un año en empresas instaladoras ejecutando instalaciones eléctricas, lo que se demostrará documentalmente.

**Esquema 9.1. Requisitos para obtener el Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión.**

- Contar con los medios técnicos y humanos que se exigen para cada categoría.
- Tener suscrita una póliza de seguro de responsabilidad civil de 600 000 € y 900 000 € para la categoría básica y especialista, respectivamente (cantidad que se irá actualizando según el INE -Instituto Nacional de Estadística-).
- Estar dados de alta en el IAE (Impuesto de Actividades Económicas).
- Estar incluido en el Censo de Obligaciones Tributarias.
- Estar dado de alta en la Seguridad Social.
- Estar constituida legalmente, en el caso de personas jurídicas.

Cumplidos los requisitos anteriores, la Comunidad Autónoma expedirá el correspondiente Certificado de Instalador Autorizado en BT, en el que constará la categoría o categorías correspondientes, con validez para todo el territorio español y por un periodo de 5 años, renovables por el mismo periodo siempre que el interesado lo solicite y mantenga las condiciones exigidas. Las obligaciones de los instaladores autorizados, así como los medios mínimos técnicos y humanos requeridos, se recogen en la **ITC-BT-03**.

### **9.5.3 Documentación de las instalaciones**

Las instalaciones, según su importancia, deberán documentarse técnicamente de la forma siguiente:

- Mediante proyecto.
- Mediante memoria técnica de diseño (MTD).

#### **Mediante proyecto**

Lo redacta y firma un técnico titulado competente y constará entre otros de:

- Memoria del proyecto (datos del propietario, características de la instalación, relación de receptores, esquemas unifilares, etcétera).
- Planos, suficientes en número y detalles.
- Cálculos justificativos del diseño.

#### **Mediante memoria técnica de diseño (MTO)**

Se redactará sobre impresos oficiales al respecto, según la comunidad autónoma y lo podrá hacer el instalador autorizado, éste será el responsable de que se adapte a las exigencias reglamentarias.

Incluirán entre otros: datos referidos al propietario, usos de la instalación, receptores a instalar y su potencia, características de la instalación, esquema unifilar, cálculos justificativos, etcétera.

En el Anexo 9.1 se muestra un formato tipo de MTO, propuesto por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, que se incluye en la Guía técnica de aplicación del RBT, compuesto por cuatro páginas. Servirá de guía para su adaptación en las diferentes Comunidades Autónomas.

#### **Instalaciones que precisan proyecto**

Las instalaciones nuevas recogidas en el apartado 3.1 de la ITC-BT-04 del RBT, así como las ampliaciones y modificaciones señaladas en los apartados 3.2 y 3.3 de dicha ITC.

#### **Instalaciones que requieren MTD**

Todas las instalaciones, sean nuevas, ampliaciones o modificaciones no incluidas en el apartado de «instalaciones que precisan proyecto» precisarán de MTD.

#### **Ejecución y tramitación de las instalaciones**

- Todas las instalaciones en el ámbito de aplicación del RBT deben ser efectuadas por los instaladores autorizados en BT.
- Si la instalación requiere de un proyecto, en su ejecución se deberá contar con la dirección de un técnico titulado competente, siendo el instalador el responsable de comprobar que las prescripciones del proyecto son conformes a lo establecido en el RBT.
- Una vez finalizada la instalación o la modificación sobre una instalación realizada con anterioridad, el instalador autorizado realizará las verificaciones que resulten oportunas (se detalla más adelante), con la su previsión del director de obra, en su caso.
- Hay determinadas instalaciones, que por su especial relevancia o por que acarreen un mayor riesgo para la seguridad de las personas y bienes, precisan de una inspección inicial y periódica, que serán realizadas por órganos de control de la

Administración, que emitirán un Certificado de Inspección pudiendo ser favorable, condicionado o negativo sobre la instalación en cuestión. Hasta que no sea favorable el informe, no se podrá poner en servicio la instalación. A dicha inspección podrá asistir la empresa instaladora.

• Finalizadas las obras y realizadas la verificación e inspección inicial, en su caso, el instalador autorizado emitirá un certificado de instalación por quintuplicado, en el que constará entre otros: las características principales de la instalación, datos del instalador, declaración de que la instalación cumple la normativa vigente, etcétera.

Las cinco copias del certificado de instalación se reparten:

- 1 para la Administración.
- 2 para la empresa instaladora.
- 2 para el propietario. Una de ellas se entregará a la compañía eléctrica para contratar el suministro.

En el Anexo 10.2 se muestra un ejemplo de modelo tipo de certificado de instalación.

#### **9.5.4 Verificaciones previas a la puesta en servicio**

Estas verificaciones se realizarán siguiendo la metodología de la norma UNE 20460-6-61 y se tendrá en cuenta lo expuesto en la Unidad 4, sobre medidas eléctricas en instalaciones de BT.

Comprende dos fases, la primera se denomina verificación por examen, que no requiere efectuar medidas y una segunda verificación de medidas o ensayos.

##### **Verificación por examen**

La verificación por examen se realizará sin tensión y está destinada a comprobar:

- Si el material eléctrico instalado es conforme al proyecto o MTD.
- Si el material ha sido elegido e instalado correctamente conforme a las prescripciones del Reglamento y del fabricante del material.
- Que el material no presente daño visible que afecte a la seguridad.
- En concreto, los aspectos cualitativos que deben tenerse en cuenta son:
  - La existencia de medidas de protección contra los choques eléctricos por contactos directos (barreras, envolventes, obstáculos, alejamiento de partes activas, etcétera).
  - La utilización de cables para las intensidades máximas previstas y para las caídas de tensiones admisibles.
  - La existencia y calibrado de los dispositivos de protección y señalización.
  - La existencia de dispositivos apropiados de seccionamiento y mando.
  - La presencia de barreras cortafuegos y otras disposiciones que impidan la propagación del fuego.
  - La existencia de disponibilidad de esquema, advertencias e informaciones similares.
  - La utilización de materiales y medidas de protección apropiadas para las influencias externas.
  - La identificación de conductores, circuitos, fusibles, interruptores, bornes, etcétera.
  - El correcto conexionado.
  - La accesibilidad para comodidad de funcionamiento y mantenimiento.

##### **Verificación por ensayos**

En la verificación por ensayos se realizarán las medidas o ensayos siguientes:

- Medida de continuidad de los conductores de protección.
- Medida de resistencia de puesta a tierra.
- Medida de la resistencia de aislamiento de los conductores.
- Medida de la resistencia de aislamiento de suelo y paredes, cuando se utilice este sistema de protección.

Adicionalmente, se realizará una o varias de las medidas indicadas a continuación, según el sistema de protección contra choques eléctricos empleado:

- Medida de corrientes de fuga.
- Comprobación de la intensidad y tiempo de disparo de los diferenciales.
- Comprobación de la secuencia de fases.

En el Anexo 10.3 se muestra un modelo tipo para verificaciones e inspecciones en instalaciones de viviendas.

## Conceptos básicos

### Documentación de las instalaciones

Según su importancia, las instalaciones eléctricas se documentarán **técnicamente mediante:**

- **Proyecto.** Por un técnico titulado competente.
- **Memoria Técnica de Diseño (MTD).** Por un Instalador autorizado.

### Necesidad de calcular las secciones

Un conductor eléctrico está afectado por las siguientes limitaciones:

- **Calentamiento.** Se preverá con una sección tal, que el paso de la corriente a plena carga del circuito, no suponga un aumento de la temperatura en el conductor por encima de los valores establecidos (70º C para aislamientos termo plásticos -PVC- y 90º C para los termoestables).
- **Caída de tensión.** Se preverá con una sección tal, que el paso de la corriente a plena carga del circuito, no suponga una caída de tensión por encima de los valores establecidos por el RBT (véase la Tabla 9.4 de la Unidad).
- **Coste de la instalación. Se preverá con una sección tal,** que suponga el mínimo coste económico y cumpla los requisitos establecidos anteriormente.

### Instalador autorizado

Persona física o jurídica que realiza, mantiene o repara las instalaciones eléctricas en el ámbito del RBT. Puede ser de categoría básica (IBTB) o categoría especialista (IBTE).

Para obtener el **Certificado de Instalador Autorizado** en BT, deberá disponer de:

- Certificado de Cualificación Individual en BT.

Para su obtención se deberá tener:

- Edad legal laboral.
- Conocimientos teórico-prácticos.
- Haber superado un examen, en su caso.

- Autorización como instalador Autorizado.

Para su obtención se deberá:

- Contar con los medios técnicos y humanos exigidos para cada categoría y reunir los requisitos administrativos que se establecen al respecto.

### Ejercicios propuestos

A continuación se proponen varios ejercicios para profundizar en los aspectos más relevantes expuestos a lo largo de la unidad. Como la finalidad principal de esta unidad es la realización de ejercicios de cálculo sobre los circuitos eléctricos de viviendas, estudiados y realizados durante el curso académico, no se incluye ninguna realización práctica en esta unidad.

1.- Calcula la sección que deberán tener los conductores que alimentan a un equipo de aire acondicionado, con alimentación monofásica, situado a 43 metros del punto de alimentación.

El aparato consume 5 000 W a 230 V, con un coseno de  $\varphi = 0,8$ , y la cdt máxima permitida es del 3%.

Los conductores son aislados de 450/750 V, instalados bajo tubo en montaje superficial, considerando una temperatura ambiente de 40º C.

2.- Se trata de averiguar si el circuito C4 de una vivienda, correspondiente a lavadora, lavavajillas y termo, con conductor de 4 mm<sup>2</sup> de sección mínima establecida y protegido con un interruptor automático de 20 A, tiene la sección adecuada para una longitud del circuito de 50 m.

En caso negativo, averiguar la sección mínima adecuada.

3.- Realiza la medida de la tensión que hay en el cuadro de mando y protección de tu vivienda y del punto más alejado de cada uno de los circuitos que constituyen la instalación.

Averigua la caída de tensión que se produce en cada circuito, indicando si está dentro de los límites establecidos.

Las medidas habrá que realizarlas en cada circuito teniendo sometido éste a la carga nominal. Por ejemplo, encendiendo todo el alumbrado para medir el circuito C1, conectando varios electrodomésticos en el circuito (2 para su medida, etcétera).

4.- Se trata de realizar la verificación de la instalación eléctrica de una vivienda basándose en los documentos expuestos a tal fin (Anexos 10.3) o el oficial de tu comunidad autónoma, realizando las observaciones que en él se indican.

5.- Cumplimenta la Memoria Técnica de Diseño (MTD) según modelo que se acompaña como Anexo 10.1, o modelo oficial de tu Comunidad Autónoma, referida a una instalación que esté en periodo de ejecución o en proyecto de realizarse que tú conozcas.

Anexos

BAJA TENSIÓN	
MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO (1/4)	
N.º EXPEDIENTE	
Datos administrativos	
TITULAR Y LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN <span style="float: right;">N.I.F. <input style="width: 100px;" type="text"/></span>	
Nombre/Razón Social <input style="width: 90%;" type="text"/>	
Apellido 1.º <input style="width: 250px;" type="text"/>	Apellido 2.º <input style="width: 150px;" type="text"/>
Dirección <input style="width: 95%;" type="text"/>	
Localidad <input style="width: 400px;" type="text"/>	Código Postal <input style="width: 100px;" type="text"/>
Provincia <input style="width: 400px;" type="text"/>	Teléfono <input style="width: 100px;" type="text"/>
Datos técnicos	
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	
Tensión <input style="width: 80px;" type="text"/> V	Potencia máxima admisible <input style="width: 80px;" type="text"/> W
Potencia Instalada <input style="width: 80px;" type="text"/> W	
Memoria por (1) <input style="width: 80px;" type="text"/>	Uso de intalación (2) <input style="width: 150px;" type="text"/>
Superficie local <input style="width: 80px;" type="text"/> m <sup>2</sup>	
ACOMETIDA (según información de la empresa suministradora)	
Punto de conexión (3) <input style="width: 80px;" type="text"/>	Tipo (4) <input style="width: 80px;" type="text"/>
Sección <input style="width: 80px;" type="text"/> mm <sup>2</sup>	Material (5) <input style="width: 80px;" type="text"/>
C.G.P. o C/C DE SEGURIDAD	
Tipo <input style="width: 150px;" type="text"/>	In. Base <input style="width: 80px;" type="text"/> A
In Cartucho <input style="width: 80px;" type="text"/> A	
LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN O DERIVACIÓN INDIVIDUAL	
Tipo <input style="width: 400px;" type="text"/>	Sección <input style="width: 80px;" type="text"/> mm <sup>2</sup> Cu
MÓDULO DE MEDIDA	
Tipo <input style="width: 300px;" type="text"/>	Situación (6) <input style="width: 150px;" type="text"/>
PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA/DIFERENCIAL	
Int. General Automático <input style="width: 80px;" type="text"/> A	Int. Diferencial <input style="width: 80px;" type="text"/> A
Sensibilidad <input style="width: 80px;" type="text"/> mA	
PUESTA A TIERRA	
Tipo (7) <input style="width: 600px;" type="text"/>	
Electrodos <input style="width: 80px;" type="text"/>	Línea enlace <input style="width: 80px;" type="text"/> mm <sup>2</sup> Cu
Línea principal <input style="width: 80px;" type="text"/> mm <sup>2</sup> Cu	
_____ a _____ de _____ de _____	
Nombre y firma del titular	

NOTAS:

- (1) Instalación: N (nuevo), A (ampliación reforma), CN (cambio de nombre), CT (cambio tensión).
- (2) Según tabla de referencia de La carpeta informativa.
- (3) C.T. (centro de transformación), R.B.T. (red de baja tensión).
- (4) Aérea, subterránea, interior.
- (5) Material: Cu (cobre), Al (aluminio).
- (6) En cuarto de centralización: en interior; en fachada.
- (7) Picas; placas; mallas

Anexo 10.1. Formato tipo de Memoria Técnica de Diseño (MTD).

Anexos

BAJA TENSIÓN			
MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO (2/4)			
<b>PREVISIÓN DE CARGAS EN INSTALACIONES INDUSTRIALES, AGRARIAS O DE SERVICIOS RECEPTORES (agrupar puntos de luz, tomas de corriente y receptores similares):</b>			
ALUMBRADO		FUERZA	
Denominación	Potencia	Denominación	Potencia
	W		W
	W		W
	W		W
	W		W
	W		W
	W		W
	W		W
<b>PREVISIÓN DE CARGAS EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS</b>			
<b>VIVIENDAS:</b>			
Grado electrificación <input type="text"/>	N.º viviendas <input type="text"/>	Superf. unitaria <input type="text"/> m <sup>2</sup>	Demanda máx/vivienda <input type="text"/> w
Grado electrificación <input type="text"/>	N.º viviendas <input type="text"/>	Superf. unitaria <input type="text"/> m <sup>2</sup>	Demanda máx/vivienda <input type="text"/> w
Coeficiente simultaneidad según MIBT010 <input type="text"/>			
CARGAS PREVISTAS EN VIVIENDAS (A)			<input type="text"/> w
<b>SERVICIOS GENERALES</b>			
Ascensores <input type="text"/> w	Alumbrado escalera <input type="text"/> w	Otros servicios <input type="text"/>	
CARGAS PREVISTAS EN SERVICIOS GENERALES (B)			<input type="text"/>
<b>LOCALES COMERCIALES Y/U OFICINAS:</b>			
Superficie útil total <input type="text"/> m <sup>2</sup>	Potencia específica prevista <input type="text"/> W/m <sup>2</sup>		
CARGAS PREVISTAS EN LOCALES COMERCIALES Y/U OFICINAS (C)			<input type="text"/>
CARGAS TOTAL PREVISTA EN EL EDIFICIO (A + B + C)			<input type="text"/>
<b>ESQUEMA UNIFILAR Y PLANDS (Se representará la instalación completa, según normas UNE)</b>			
En el caso de viviendas individuales, se presentará esquema unifilar. En los edificios de viviendas y demás casos, se presentará esquema unifilar, planos y croquis del emplazamiento. En edificios de viviendas quedarán perfectamente definidos; caja general de protección, línea repartidora, fusibles de seguridad, aparatos de medida, derivaciones individuales, dispositivos privados de mando y protección, instalaciones interiores de las viviendas tipo con sus características y la sección de conductores. De la centralización de contadores y de las viviendas tipo se presentará siempre plano de planta.			
<b>PRESUPUESTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA (OPCIONAL)</b>			
<b>INSTALACIONES DE ENLACE</b>			
En edificios de viviendas: acometida en su caso, caja general de protección, línea general de alimentación, centralización de contadores, derivaciones individuales, dispositivos privados de mando, protección de viviendas, servicios generales <input type="text"/> e.			
En instalaciones industriales, agrarias o de servicios: desde la acometida, en su caso, hasta el primer cuadro general de mando y protección inclusive <input type="text"/> e.			
<b>INSTALACIONES RECEPTORAS</b>			
En edificios de viviendas: instalaciones interiores o receptoras <input type="text"/> e.			
En instalaciones industriales, agrarias o de servicios: circuitos de salida del cuadro general, cuadros secundarios y sus salidas, canalizaciones, interruptores, guardamotores, fusibles, tomas de corriente, reactancias, etc. <input type="text"/> e.			
SISTEMAS DE TIERRAS <input type="text"/> B.			
PRESUPUESTO TOTAL <input type="text"/> E			
N.º DE INSTALACIONES INDIVIDUALES FINALES <input type="text"/> Uds.			
<input type="checkbox"/> MEMORIA REALIZADA POR INSTALADOR AUTORIZADO			
Nombre <input type="text"/>		N.º de carné <input type="text"/>	
Domiciliado en calle/plaza <input type="text"/>		Núm. <input type="text"/>	
Localidad <input type="text"/>	Código Postal <input type="text"/>	Teléfono <input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> MEMORIA REALIZADA POR TÉCNICO COMPETENTE			
Nombre <input type="text"/>		N.º colegiado <input type="text"/>	
Domiciliado en calle/plaza <input type="text"/>		Núm. <input type="text"/>	
Localidad <input type="text"/>	Código Postal <input type="text"/>	Teléfono <input type="text"/>	
Colegiado Oficial <input type="text"/>			
Instalador autorizado o Técnico competente		(Firma)	

Anexo 10.1. Formato tipo de Memoria Técnica de Diseño (MTD) (continuación).

Anexos

BAJA TENSIÓN											
MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO (3/4)											
Circuitos	Potencia de cálculo	Tensión de cálculo	Intensidad de cálculo	Conductores sección material	Aislamiento tensión nominal	Tipo de instalación	Intensidad máxima admisible	C/C PIA	Int. diferencial	Longitud	Caída de tensión
	W	V	A	N.º mm² Cu/Al	V	(4)		A	mA	M	V
Acometida General (1)											
Línea general de alimentación o derivación individual											
Instalaciones industriales agrarias o de servicios (2)	Circuito 1										
	Circuito 2										
Viviendas	Derivaciones individuales (3)	A servicios generales									
		A planta									
Servicios comunes	Alumbrado	Portal									
		Escaleras									
		Garaje									
	Alumbrado emergencia	Portal									
		Escaleras									
		Garaje									
Fuerza											

Anexo 10.1. Formato tipo de Memoria Técnica de Diseño (MTD) (continuación).



Anexos

CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN					
<b>TITULAR</b>					
APELLIDOS Y NOMBRE O RAZÓN SOCIAL				D.N.I. - NIF	
DOMICILIO (calle o plaza y número)				C.P.	
MUNICIPIO	PROVINCIA	TELÉFONO	FAX		
REPRESENTANTE (si procede)				D.N.I.	
<b>EMPRESA SUMINISTRADORA</b>					
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN</b>					
EMPLAZAMIENTO (calle o plaza y número)			Portal	Bis	Escalera
			Piso	Puerta	
MUNICIPIO	C.P.		PROVINCIA		
TIPO DE INSTALACIÓN (ver tabla 1)					
POTENCIA PREVISTA (kw)		POTENCIA INSTALADA (kw)		TENSIÓN	
<b>EMPRESA INSTALADORA</b>					
APELLIDOS Y NOMBRE O RAZÓN SOCIAL			N.º DEL DCE		
NOMBRE DEL INSTALADOR			N.º DEL CARNE INSTAL. AUTORIZADO		
<b>DERIVACIÓN INDIVIDUAL</b>					
VIVIENDAS	GRADO DE ELECTRIFICACIÓN	SUPERFICIE	SECCIÓN DE LA DERIVACIÓN INDIVIDUAL		
OTROS USOS	SUPERFICIE		SECCIÓN DE LA DERIVACIÓN INDIVIDUAL		
OTRAS INSTALACIONES			SECCIÓN DE LA DERIVACIÓN INDIVIDUAL		
<b>LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN</b>					
SECCIÓN (mm <sup>2</sup> ):					
<b>PROTECCIÓN CONTACTOS INDIRECTOS</b>					
INTERRUPTOR DIFERENCIAL:			Intensidad Nominal:		
			Sensibilidad:		
RESISTENCIA DE LA TIERRA DE PROTECCIÓN:					
OTROS:					
<b>CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA INSTALADORA</b>			<b>CATEGORÍA Y ESPECIALIDAD DEL INSTALADOR</b>		
<p>El instalador autorizado que suscribe, inscrito en este Servicio Territorial con el número y Documento de Calificación Empresarial arriba indicado.</p> <p>CERTIFICA: haber ejecutado la instalación de acuerdo con las prescripciones del vigente reglamento para baja tensión e instrucciones ITC-BT específicas que le son de aplicación, las normas específicas de la empresa suministradora aprobadas, así como de:</p> <p><input type="checkbox"/> Proyecto                      <input type="checkbox"/> Memoria Técnica de Diseño</p>			<p><input type="checkbox"/> Básica</p> <p><input type="checkbox"/> Especialista</p> <p>Modalidad:</p> <input type="text"/>		
<p>....., a ..... de ..... de .....</p> <p>Firma del instalador:</p>			<p>SELLO DE LA EMPRESA INSTALADORA</p>		

Anexo 10.2. Modelo tipo de certificado de instalación.

Anexos

INSTALACIONES EN VIVIENDAS			
	Cumple No cumple		Cumple No cumple
1. Protección contra contactos directos (aislamiento, envoltentes, etc.)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	7. Conformidad de los materiales	
2. Protección contra los contactos indirectos		7.1. Tubos, canales, cajas de conexión, protecciones, tomas de corriente, interruptores, etc.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.1. Existencia de red de tierra	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	8. Instalación	
2.2. Existencia de unión equipotencial (tuberías metálicas, conductos metálicos accesibles, refuerzos metálicos, etc.)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	8.1. Situación y altura del cuadro general de protección	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.3. Existencia de unión equipotencial suplementaria (baños, intemperie, etc.)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	8.2. Identificación de los conductores	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.4. Tomas de corriente con toma de tierra	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	8.3. Identificación de los circuitos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.5. Desconexión automática de la alimentación por un diferencial con $I_d \leq 30\text{mA}$	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	8.4. Empotrado: Marcado mínimo tubos 2221 (curvables o flexibles)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.6. Discriminación entre diferenciales. Diferenciales retardados tipo S	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	8.5. Superficiales: Marcado mínimo tubos 4321 (rígidos o curvables), canales protectoras y canalización prefabricadas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3. Distribución de circuitos		8.6. Conexión entre conductores de protección y partes metálicas accesibles	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.1. Presencia de los circuitos mínimos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	8.7. Conexión entre cables (regletas de conexión)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.2. Máximo de 5 circuitos por cada diferencial <i>Nota:</i> Excepto en desdoblamiento circuito $C_4$ y desdoblamiento $C_1$ , $C_2$ y $C_3$ si no supera el número máximo de puntos de utilización	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	9. Baños	
4. Protección contra sobretensiones		9.1. Material eléctrico con un grado de protección adecuado al volumen a ser instalado - Volumen 0: IPX7 - Volumen 1 y 2: IPX4 - Volumen 3: IPX1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4.1. Presencia del Interruptor General Automático (IGA)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	9.2. Canalizaciones limitadas a la alimentación de receptores situados en el mismo volumen o en volúmenes de índice inferior	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4.2. Interruptores automáticos (PIAs) de corte omnipolar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	9.3. Cajas de conexión sólo en volumen 3	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4.3. Protección contra cortocircuitos y sobrecargas al inicio de cada circuito	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	9.4. Tomas de corriente: - Volumen 2: protegidas por MBTP (12 V c.c. o 30 V c.a.) - Volumen 3: protegidas por separación eléctrica, por MBTP o por diferencial con $I_d \leq 30\text{ mA}$	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4.4. Selección apropiada del dispositivo de protección de acuerdo con la sección del conductor: - 1,5 mm <sup>2</sup> → PIA: 10A máx. - 2,5 mm <sup>2</sup> → PIA: 16A máx. - 4 mm <sup>2</sup> → PIA: 20A máx. - 6 mm <sup>2</sup> → PIA: 25A máx. - 10 mm <sup>2</sup> → PIA: 32A máx.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	10. Mediciones	
5. Protección contra sobretensiones, en su caso	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	10.1. Resistencia de tierra: ..... $\Omega$	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6. Características de los conductores		10.2. Continuidad del conductor de protección: - Terminales de tierra de las tomas de corriente - Envoltentes metálicas de receptores fijos - Puntos de luz y placas metálicas de interruptores	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.1. Conductores aislados de tensión asignada mínima de 450/750V	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	10.3. Disparo de diferenciales por corriente residual	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.2. Sección mínima de los conductores activos: - $C_3$ y $C_4$ Alumbrado: 1,5 mm <sup>2</sup> - $C_2$ , $C_3$ , $C_4$ y $C_{15}$ Tomas de 16A: 2,5 mm <sup>2</sup> - $C_4$ Lavadora, lavavajillas, etc.: 4 mm <sup>2</sup> - $C_4$ Desdoblado: 2,5 mm <sup>2</sup> - $C_3$ , $C_4$ y $C_5$ Hornos, calefacción eléctrica y aire acondicionado: 6 mm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	10.4. Resistencia de aislamiento ( $R_a$ ) MBTP o MBTS → $R_a \geq 0,25\text{ M}\Omega$ $U_n \leq 500\text{V}$ → $R_a \geq 0,5\text{ M}\Omega$	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.3. Conductores de protección de la misma sección que los conductores activos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Otras deficiencias y observaciones: .....	
6.4. Conductores de tierra o línea de enlace con tierra: - Con protección contra la corrosión: 16 mm <sup>2</sup> Cu - Sin prot. contra la corros.: 25 mm <sup>2</sup> Cu; 50 mm <sup>2</sup> Fe	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	.....	

Anexo 10.3. Modelo tipo de Verificación e Inspección para instalaciones en viviendas.