

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL SUPERIOR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y DOMÓTICA**  
**DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS**

**AUTOR:** David Madrid Guerrero

**TUTOR:** José Luis González Fernández

Leganés, 6 de Junio de 2012



Universidad  
Carlos III de Madrid



## ÍNDICE

1. Introducción	8
2. Objetivo del proyecto	8
3. Antecedentes	8
4. Situación y emplazamiento	9
Figura 4.1. Imagen: Mapa de la ubicación del terreno	
Figura 4.2. Imagen: Localización de la construcción en la calle de la Riviera	
Figura 4.3. Imagen: Alzado del edificio de viviendas	
5. Instalación eléctrica	10
5.1 Normativa y reglamentación aplicable	10
5.2 Características de la distribución del suministro eléctrico	11
5.3 Grado de edificación y carga total correspondiente a un edificio de viviendas	11
5.4 Instalación de enlace	15
Figura 5.4.1. Esquema multifilar y unifilar	
Figura 5.4.2. Esquema unifilar de la instalación de enlace	
Figura 5.4.3. Esquema multifilar de la instalación de enlace	
5.5 Línea de acometida	19
Figura 5.5.1. Caja general de protección (CGP) con acometida subterránea	
5.6 Cajas generales de protección	20
Figura 5.6.1. Planta baja con caja general de protección (CGP)	
Figura 5.6.2. Caja general de protección instalada (CGP)	
5.7 Línea general de alimentación	22
Figura 5.7.1. Planta baja con instalación completa	
5.8 Instalación de contadores	23
Figura 5.8.1. Sala de contadores del edificio	
Figura 5.8.2. Distribución de los contadores centralizados	
Figura 5.8.3. Esquema del cableado de los contadores centralizados	
Figura 5.8.4. Disposición del equipo de medida	
5.9 Derivaciones individuales	28
Figura 5.9.1. Canaladura con derivaciones y sección de los tubos	
5.10 Líneas de servicios generales	29
Figura 5.10.1. Iluminación automática de escalera	
Figura 5.10.2. Planta cualquiera del edificio con iluminación automática de escaleras (Zona común)	
Figura 5.10.3. Planta baja del edificio con iluminación en las zonas comunes (Zona común)	
Figura 5.10.4. Instalación de timbres con botonera de pulsadores centralizados	
5.11 Cuadros eléctricos	32
Figura 5.11.1. Cuadro de distribución de fuerza y alumbrado (Unifilar)	
Figura 5.11.2. Cuadro de distribución de fuerza y alumbrado (Multifilar)	
5.12 Instalación interior de una vivienda	36



Figura 5.12.1. Elementos de protección en derivación individual	
Figura 5.12.2. Esquema unifilar de cuadro de mando y protección (grado elevado)	
Figura 5.12.3. Esquema multifilar de cuadro de mando y protección (grado elevado)	
Figura 5.12.4. Interruptor automático	
Figura 5.12.5. Caja normalizada del interruptor de control de potencia	
Figura 5.12.6. Selectividad en la protección	
Figura 5.12.7 Unipolar	
Figura 5.12.8. Interruptor diferencial	
Figura 5.12.9. Corrientes de fuga en electrodomésticos	
5.13 Instalación de puesta a tierra	47
Figura 5.13.1. Esquema de bloques de una puesta a tierra	
Figura 5.13.2. Picas de tierra en paralelo	
Figura 5.13.3. Puente de pletina de cobre	
5.14 Instalación de pararrayos	51
Figura 5.14.1. Instalación de elementos del pararrayos	
6 Instalación domótica	52
Figura 6.1. Redes de una instalación	
6.1 Introducción	53
6.2 Requisitos generales de la instalación: normativa y reglamentación	54
6.3 Sistema X10	
Figura 6.3.1. Use los diales de casa y de unidad para establecer la dirección de un módulo	
Figura 6.3.2. Estructura del sistema X10	
6.4 Funcionalidades y características del sistema domótico instalado	58
Figura 6.4.1. Módulos del sistema X10	
6.5 Componentes del sistema X10	59
6.5.1 Componentes básicos	59
Figura 6.5.1.1. Componentes básicos del sistema X10	
Figura 6.5.1.2. Controlador	
Figura 6.5.1.3. W800RF32 de WGL & Associates	
Figura 6.5.1.4. Un interfaz de cable de corriente	
Figura 6.5.1.5. Transmisor receptor del X10 inalámbrico	
6.5.2 Componentes para la climatización	60
Figura 6.5.2.1. Componentes para la climatización	
Figura 6.5.2.2. Digimax 210 Domótica X10	
Figura 6.5.2.3. Un módulo de electrodoméstico X10	
Figura 6.5.2.4. Un minicontrolador	
Figura 6.5.2.5. Controlador a distancia Palm Pad	
6.5.3 Componentes para la iluminación	66
Figura 6.5.3.1. Componentes para la iluminación	
Figura 6.5.3.2. Módulo X10 para control de Iluminación con fijación a pared	
Figura 6.5.3.3. Módulo X10 para control de Iluminación para carril DIN	



	Figura 6.5.3.4. Módulo X10 para control de Lámpara de casquillo	
	Figura 6.5.3.5. Un detector de movimiento X10	
6.5.4	Componentes para la seguridad	68
	Figura 6.5.4.1. Componentes para la seguridad	
	Figura 6.5.4.2. Robo-Dog X10	
	Figura 6.5.4.3. DS10A Powerhouse Door/Window Sensor X10 Corporation	
6.5.5	Componentes para motorizar persianas	69
	Figura 6.5.5.1. Componentes para motorizar persianas	
	Figura 6.5.5.2. Elementos de un motor tubular	
	Figura 6.5.5.3. Adaptadores y soporte	
	Figura 6.5.5.4. Pulsador basculante	
	Figura 6.5.5.5 Módulo de Persianas Empotrable SW10	
6.5.6	Componentes para otras funcionalidades	72
	Figura 6.5.6.1. Componentes para otras funcionalidades	
	Figura 6.5.6.2. Típico controlador a distancia llavero	
	Figura 6.5.6.3. Un módulo de timbre	
	Figura 6.5.6.4. Módulo Powerflash	
	Figura 6.5.6.5. Un Mini Timer X10	
6.6	Localización de los elementos	75
	Figura 6.6.1. Plano de la vivienda	
	Figura 6.6.2. Vestíbulo	
	Figura 6.6.3. Distribuidor	
	Figura 6.6.4. Cocina	
	Figura 6.6.5. Cocina	
	Figura 6.6.6. Baño	
	Figura 6.6.7. Salón-Comedor	
	Figura 6.6.8. Salón-Comedor	
	Figura 6.6.9. Dormitorio	
	Figura 6.6.10. Dormitorio	
6.7	Guía de instalación del sistema	82
	Figura 6.7.1. Instalación del filtro X10	
	Figura 6.7.2. Filtro X10	
	Figura 6.7.3. Instalación de lámparas de sobremesa	
	Figura 6.7.4. Amplificadores de señal de la casa Xanura SVX10	
7	Protección contra descargas eléctricas	88
	Figura 7.1. Volúmenes de accesibilidad	
	Figura 7.2. Interruptores diferenciales	
	Figura 7.3. Curva de actuación del interruptor diferencial	
	Figura 7.4. Esquema de un diferencial mixto	
8	Glosario de términos	92
9	Conclusiones	93
10	Referencias	94



## **CÁLCULOS**

1. Cálculos del grado de edificación y carga total correspondiente a un edificio de viviendas	95
2. Cálculos de la línea de acometida	98
3. Cálculos de la caja general de protección	101
Figura 3.1. Esquema de la disposición de los fusibles	
4. Cálculos de la línea general de alimentación	103
5. Cálculos de las derivaciones individuales	104
6. Cálculos de las líneas de servicios generales	110
6.1. Línea de fuerza motriz para el ascensor	110
6.2. Líneas de alumbrado y elementos auxiliares	111
7. Cálculos de la instalación eléctrica interior de una vivienda	113
Figura 7.1. Circuitos eléctricos de la vivienda	
8. Cálculos de la instalación de puesta a tierra	125
Figura 8.1. Picas para el edificio	
9. Cálculos de la instalación de pararrayos	127
Figura 9.1. Mapa de densidad de impactos sobre terreno $N_g$	
Figura 9.2. Superficie de captura equivalente $A_e$	
Figura 9.3. Representación de las alturas de los edificios	
10. Cálculos para la protección de descargas eléctricas	131
11. Cálculos para motorizar persianas y toldos	133
Figura 11.1. Dimensiones de la persiana	
Figura 11.2. Elementos para la motorización de la persiana	
12. Presupuesto	135

## **PLANOS Y ESQUEMAS**

1. Planos generales del edificio	139
2. Esquemas eléctricos del edificio	142
2.1. Instalación de enlace	142
2.2. Derivaciones individuales y líneas de servicio general	144
3. Esquemas eléctricos de una vivienda	146



## TABLAS

1. Tabla 1: Nivel de protección	148
2. Tabla 2: Factores de corrección para agrupamiento de varios circuitos diferentes, formados por conductores unipolares o multipolares	148
3. Tabla 3: Normas Tecnológicas de la Edificación	149
4. Tabla 4: Diámetro de los tubos de protección para líneas generales de alimentación	149
5. Tabla 5: Coeficiente de simultaneidad para edificios de viviendas, según el número de ellas	150
6. Tabla 6: Potencias para un edificio de viviendas	151
7. Tabla 7: Previsión de potencias para aparatos elevadores	152
8. Tabla 8: Intensidades máximas admisibles en amperios para conductores de cobre aislados	153
9. Tabla 9: Intensidades máximas admisibles en amperios para conductores de cobre aislados	154
10. Tabla 10: Intensidades máximas admisibles en amperios para conductores de aluminio aislados	155
11. Tabla 11: Valores de la caída de tensión admisible en voltios	156
12. Tabla 12: Tabla de tubos eléctricos	157
13. Tabla 13: Tabla de tubos eléctricos	158
14. Tabla 14: Sección mínima de los conductores de protección	159
15. Tabla 15: Intensidad nominal de defecto vs número de polos	160
16. Tabla 16: Orden de magnitud de la resistividad de distintos tipos de terreno	161
17. Tabla 17: Electrodo de tierra de cables + picas	162
18. Tabla 18: Niveles de protección	163
19. Tabla 19: Coeficiente C1 de situación del edificio	163
20. Tabla 20: Coeficiente C2 de tipo de construcción	163
21. Tabla 21: Coeficiente C3 contenido del edificio	163
22. Tabla 22: Coeficiente C4 de ocupación	164
23. Tabla 23: Coeficiente C5 de consecuencias sobre el entorno	164
24. Tabla 24: Niveles de protección según la eficiencia requerida	164
25. Tabla 25: Radios de protección para PDC nivel III de protección	165



## **MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1. Introducción**

A finales del siglo XIX se produce la electrificación masiva de casas y calles. La electricidad fue un elemento fundamental en la 2ª revolución industrial por su aplicación en numerosas aplicaciones. La iluminación artificial generó cambios en la distribución horaria de la sociedad, como en los procesos industriales y las actividades sociales.

Los problemas de almacenamiento de electricidad obligan su transporte a largas distancias, desde los centros de generación a los núcleos de consumo. La instalación eléctrica en edificios se diseña de este modo para que puedan adquirir la electricidad de la red eléctrica de una forma segura y económica. Actualmente, las tecnologías de automatización forman parte del sistema eléctrico, como ya ha ocurrido con la domótica en la instalación eléctrica de las viviendas.

### **2. Objetivo del proyecto**

#### **- Objetivo principal**

Llevar a cabo el diseño de la instalación eléctrica y domótica de un edificio de viviendas de nueva construcción mediante el uso de técnicas que cumplen la normativa vigente para ofrecer un hogar con las mejores pretensiones estéticas, de confort y económicas para el propietario.

#### **- Objetivos específicos**

El proyecto cumple cinco ideas clave:

- Cada proceso de la instalación está justificado por la normativa competente.
- La calidad del material cumple la normativa aplicable.
- El producto final es atractivo al mercado que se dirige.
- El producto contribuye a fomentar el respeto al ambiente.
- La instalación domótica cubre una nueva necesidad social.

### **3. Antecedentes**

En la construcción del edificio, la instalación eléctrica representa una necesidad que permita la utilización de cualquier sistema de iluminación, ascensores, climatización, el uso de electrodomésticos, etc. La instalación eléctrica de alumbrado llevará su disposición a todos los puntos de luz, que permitan la perfecta iluminación de todo el edificio, con arreglo a todas las técnicas desarrolladas en él, atendiendo a consideraciones de trabajo, de funcionalidad, de prevención de necesidades y de estética que en su conjunto permitan cierto grado de confort ambiental.

El mundo de las casas inteligentes ha estado orientado a la alta sociedad hasta comienzos del nuevo siglo debido al alto precio, sector nuevo, etc. Por otro lado las nuevas regulaciones en viviendas y un sector energético convulso exigen una cierta autonomía eléctrica en las nuevas construcciones de viviendas y para cumplirlo aplicaremos un sistema domótico que permitirá reducir pérdidas, optimizar y ahorrar energía. Sin olvidar que la automatización de la vivienda nos hará la vida más fácil y segura.

#### 4. Situación y emplazamiento

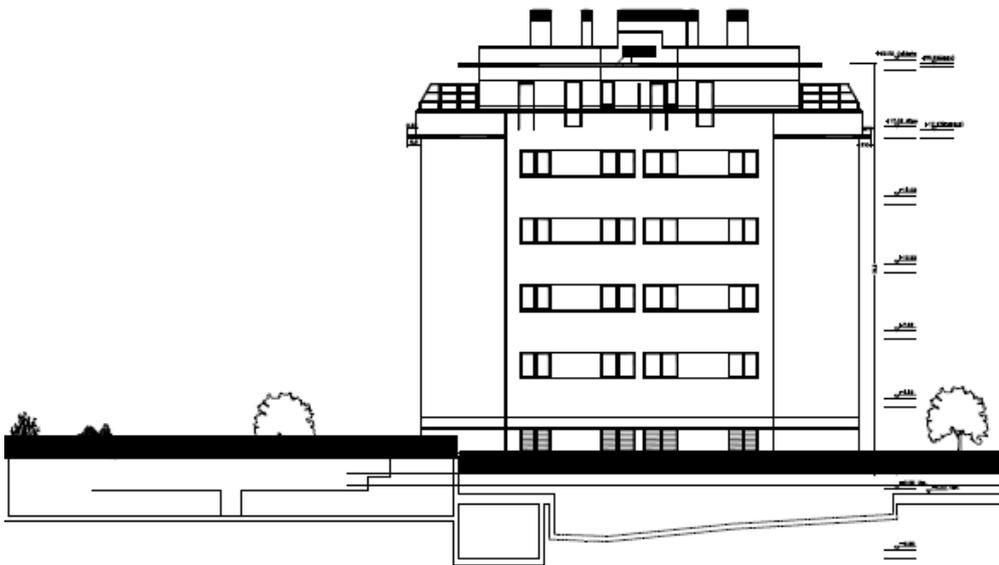
Moratalaz es un distrito situado en el sureste de la ciudad de Madrid donde se sitió el edificio de viviendas. En la calle de la Riviera, en el barrio de Horcajo, distrito de Moratalaz, se extiende una explanada para la construcción del edificio.



Figura 4.1. Imagen: Mapa de la ubicación del terreno



Figura 4.2. Imagen: Localización de la construcción en la calle de la Riviera



**Figura 4.3. Imagen: Alzado del edificio de viviendas**

La empresa CONS S.A. lleva a cabo proyectos de nuevas urbanizaciones de viviendas en el barrio de Moratalaz. CONS S.A. es una empresa ficticia. La localización y las imágenes utilizadas son reales.

## **5. Instalación eléctrica**

### **5.1. Normativa y reglamentación aplicable**

En el desarrollo del proyecto, se indica la normativa a cumplir al final de cada apartado. La normativa y reglamentación aplicable es:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC)
- Normas Una Norma Española – Europea Norma (UNE-EN)
- Norma básica de edificación (NBE)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas de edificios (RITE)
- Ley de prevención de riesgos laborales
- Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica.
- Normas Tecnológicas de la Edificación.
- Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas.
- Normas Técnicas Reglamentarias, sobre homologación de medios de protección personal del Ministerio de Trabajo, etc.
- Código Técnico de la Edificación.



El Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Publicado en el BOE número 224 de 18/9/2002.

## 5.2. Características de la distribución del suministro eléctrico

La tensión de la red de distribución en BT es 400/230 V (380 V entre fases y 220 V entre fases y neutro) y con estas tensiones y en función del número de conductores que lo componen y según su naturaleza disponemos de las siguientes posibilidades de distribución. La empresa distribuidora nos permite disponer para el edificio de viviendas la distribución trifásica con cuatro hilos, es la más completa de todas las posibilidades, ya que permite la utilización de receptores monofásicos, bifásicos y trifásicos.

<u>Denominación</u>	<u>Naturaleza de los conductores</u>	<u>Línea formada por:</u>
Monofásico	Fase y neutro	2 Conductores
Bifásico	Dos fases	2 Conductores
Doble Monofásico	Dos fases y neutro	3 Conductores
Trifásico Equilibrado	Tres fases	3 Conductores
Trifásico Desequilibrado	Tres fases y neutro	4 Conductores

**Tabla 5.2.1. Denominación, naturaleza de los conductores y línea formada**

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-10, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 9), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

## 5.3. Grado de electrificación y carga total correspondiente a un edificio de viviendas

### - Grado de electrificación de las viviendas del edificio

La normativa que explica todos los niveles y grados de electrificación es la ITC-BT-25. El grado de electrificación básico se plantea como el sistema mínimo, a los efectos de uso, de la instalación interior de las viviendas en edificios nuevos 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. Por tanto, como se explica a continuación, la elección requerida será el grado de electrificación elevado.

La previsión de potencia mínima total de dicho nivel es de 9200 W. Permite utilización de: alumbrado, cocina eléctrica con horno, electrodomésticos comunes (lavadora, lavavajillas, termo, frigorífico, etc.), pequeños electrodomésticos, calefacción eléctrica, aire acondicionado y secadora eléctrica. Con el grado de electrificación



elevado, se cubren las necesidades de las viviendas del edificio ya que llevan calefacción eléctrica y aire acondicionado que estará integrado con el sistema domótico.

El número de circuitos depende de las características de la instalación, que después se definen. Los circuitos son 12:

- C1: Destinados a puntos de luz para alumbrado
- C2: Destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico
- C3: Destinado a la alimentación de cocina eléctrica y horno eléctrico
- C4: Destinado a electrodomésticos de alto consumo (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)
- C5: Destinado a tomas de corriente de cuartos de baño y bases auxiliares de la cocina.
- C6: Circuito adicional al C1 por cada 30 puntos de luz.
- C7: Circuito adicional al C2 por cada 20 tomas de corriente de uso general. O si la superficie de la vivienda supera los 160 m<sup>2</sup>.
- C8: Destinado a la instalación de calefacción eléctrica.
- C9: Destinado a la instalación de aire acondicionado.
- C10: Destinado a la instalación de secadora.
- C11: Destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad.
- C12: Circuito adicional al C3 o al C4 cuando se prevean, o al C5 cuando sobrepase 6 tomas.

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-10, ITC-BT-25, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 9), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

### - Carga total del edificio

La carga total correspondiente al edificio destinado a viviendas resulta de la suma de la carga correspondiente al conjunto de viviendas y de los servicios generales del edificio. Consiste en prever la potencia eléctrica que se va a consumir en total en todo el edificio. Este dato de partida debe ser lo más preciso posible, teniendo en cuenta todos los servicios eléctricos de que va a disponer dicho edificio, sin omitir ninguno de ellos. Refiriéndonos a un edificio destinado a viviendas aplicamos:

$$\text{Fórmula general: } P_T = P_V + P_g = 84,64 + 13,15 = 97,79 \text{ kW} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

$P_T$  Potencia total del edificio

$P_V$  Potencia para viviendas

$P_g$  Potencia para servicios generales



Para un grado de electrificación elevado, la potencia por vivienda es de 9.200 W. Por tanto, La potencia de viviendas para 11 abonados con grado de electrificación elevado será de:

$$P_V = P_m \cdot C_s = 9.200 \cdot 9,2 = 84.640 \text{ W} = 84,64 \text{ kW} \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $P_V$  Potencia total de las viviendas (W)  
 $P_m$  Potencia correspondiente al grado de electrificación (W)  
 $C_s$  Coeficiente de simultaneidad (adimensional)

$$P_g = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 8,4 + 4,5 + 0,245 = 13,15 \text{ kW} \quad (3)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $P_1$  Potencia de alumbrado y fuerza de todas las zonas comunes de viviendas  
 $P_2$  Potencia de aparatos elevadores  
 $P_3$  Potencia de los grupos de presión para agua  
 $P_4$  Potencias para todos los demás equipos eléctricos específicos

Son todos los servicios generales que para la comunidad de vecinos pueden demandar corriente eléctrica y que los más usuales son:

$P_1$  Alumbrado y fuerza de todas las zonas comunes de viviendas, como pueden ser: Portales, escaleras, pasillos, vestíbulos, cuartos de basura, trasteros, jardines, fachadas, etc. Como orientación, los valores de alumbrado de zonas comunes suelen ser para portales, vestíbulos y escaleras de:

- 40 W/m<sup>2</sup> Lámparas incandescentes.
- 10 W/m<sup>2</sup> Lámparas fluorescentes.

El edificio posee una superficie de alumbrado en las zonas comunes de 100 m<sup>2</sup> en la planta baja y 22 m<sup>2</sup> por cada piso. La superficie total de alumbrado es de aproximadamente 210 m<sup>2</sup> y la potencia de  $P_1$  al ser todas lámparas incandescentes:

$$P_1 = 40 \cdot 210 = 8400 \text{ W} = 8,4 \text{ kW} \quad (4)$$

$P_2$  Potencia de aparatos elevadores. En general los ascensores y montacargas del edificio. La determinación de estas potencias está íntimamente ligada con las características técnicas de los equipos a instalar; como orientación la fórmula aproximada para determinar la potencia es:

$$P = (Q \cdot V) / \rho \quad (5)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $P$  Potencia del grupo tractor (Kg·m/s).  
 $Q$  Carga útil (Kg).  
 $V$  Velocidad (m/s).  
 $\rho$  Rendimiento.

En la tabla 7 se dan los valores de las potencias de los aparatos elevadores correspondientes a los NTE-ITA (Normas Tecnológicas de Edificación – Instalación de Transportes Ascensores). El edificio posee un ascensor de tipo ITA-1, apropiado por ser un edificio con pocos abonados. Por tanto, la potencia consumida por el ascensor será:

$$P_2 = 4,5 \text{ kW}$$

$P_3$  Potencia de los grupos de presión para agua. Esta potencia es para aquellos edificios que por no tener presión suficiente en la acometida, no llega el agua hasta las cotas más altas de la red interior de agua fría.

La fórmula para determinar la potencia es:

$$P = (q \cdot p \cdot \delta) / \rho \quad (6)$$

Donde el significado de cada variable es:

- P Potencia del motor (CV).
- q Caudal máximo de la bomba (l/s).
- p Presión máxima del agua (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\rho$  Rendimiento que varía entre 0,7 y 0,8.
- $\delta$  Densidad del agua (Kg/dm<sup>3</sup>).

Se determina el caudal de la bomba, considerando que debe introducir en el depósito la misma cantidad del período punta, o sea, el caudal máximo de proyecto, (si se introducen dos grupos, el caudal de cada uno será la mitad del máximo demandado), o solución más económica, del 70% del máximo. Habitualmente, se suele hacer en l/s, adoptando los valores unitarios de la Norma Básica de Autoprotección (NBA) para cada uno de los diferentes aparatos y el coeficiente de simultaneidad correspondiente.

$$P = (q \cdot p \cdot \delta) / \rho = 245,1 \text{ W} \quad (6)$$

Donde el significado de cada variable es:

- P Potencia del motor (W).
- q Caudal máximo de la bomba (l/s).
- p Presión máxima del agua (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\rho$  Rendimiento que varía entre 0,7 y 0,8.
- $\delta$  Densidad del agua (Kg/dm<sup>3</sup>).

$P_4$  Potencias para todos los demás equipos eléctricos específicos que pueden dar algún servicio en el edificio, como ejemplo: piscinas comunitarias, calefacción, ventilación, megafonía, telefonía, portero eléctrico, etc. Estos valores se reflejan con su potencial real o bien estimando un porcentaje. En el caso del edificio sólo dispone de portero automático cuya potencia es insignificante.



Fórmulas:

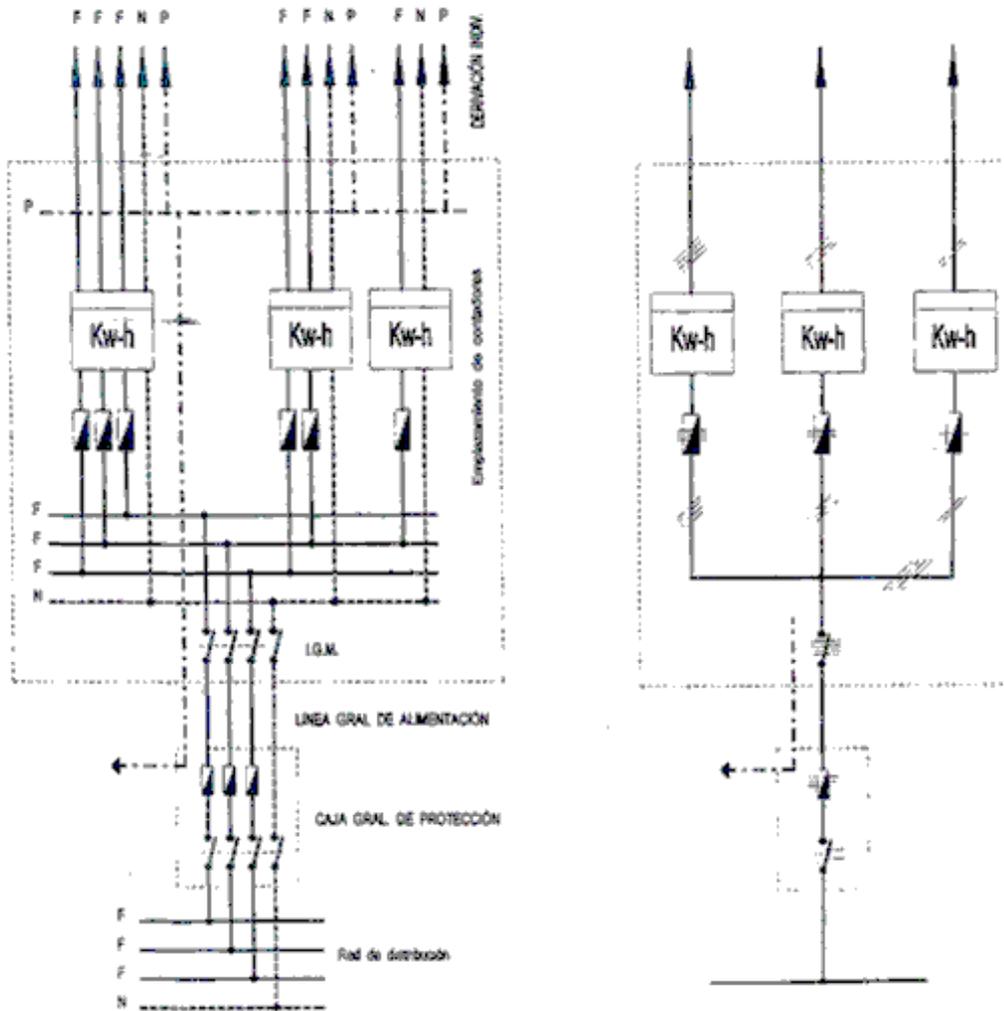
- (1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- (2) “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-10, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- (3), (4) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- (5) “Tecnico Suports”, [www.tecnicsuport.com](http://www.tecnicsuport.com)
- (6) “Tecnico Suports”, [www.tecnicsuport.com](http://www.tecnicsuport.com)

Referencia:

- [1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-10, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- [2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- [3] “Tecnico Suports”, [www.tecnicsuport.com](http://www.tecnicsuport.com)

#### **5.4. Instalación de enlace**

Son las instalaciones comprendidas entre la caja general de protección y las instalaciones interiores del edificio de viviendas, comprenden las siguientes partes: Caja General de Protección (CGP), Línea General de Alimentación (LGA), Contadores (CC), Derivaciones Individuales (DI), Caja para Interruptor de Control (ICP) y Dispositivos de Mando y Protección (Cuadro DPM).



**Figura 5.4.1. Esquema multifilar y unifilar**

La instalación de enlace en el edificio de viviendas, se representa siempre por su esquema unifilar. La figura 5.4.1 representa el esquema unifilar del edificio del proyecto.

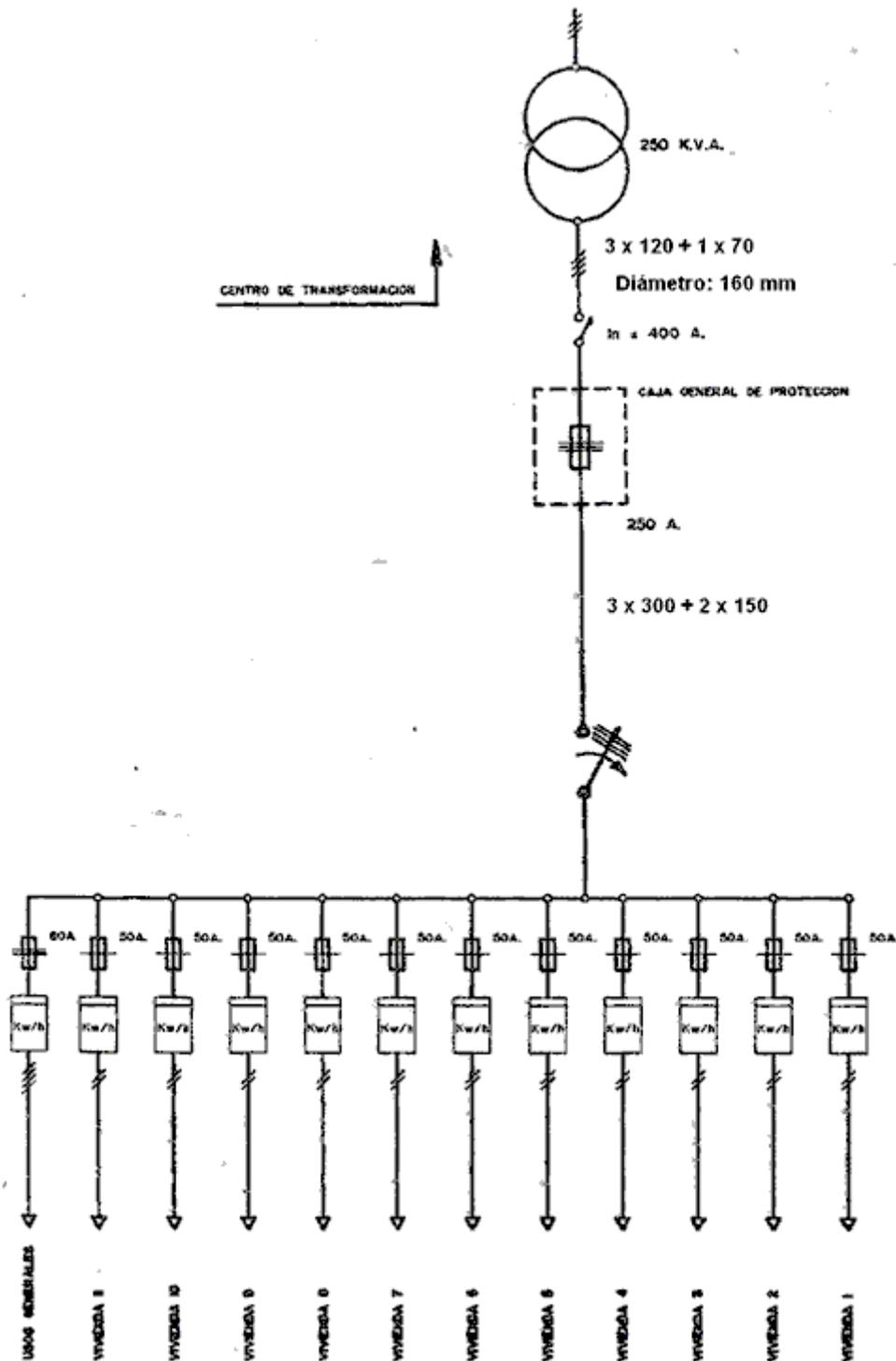
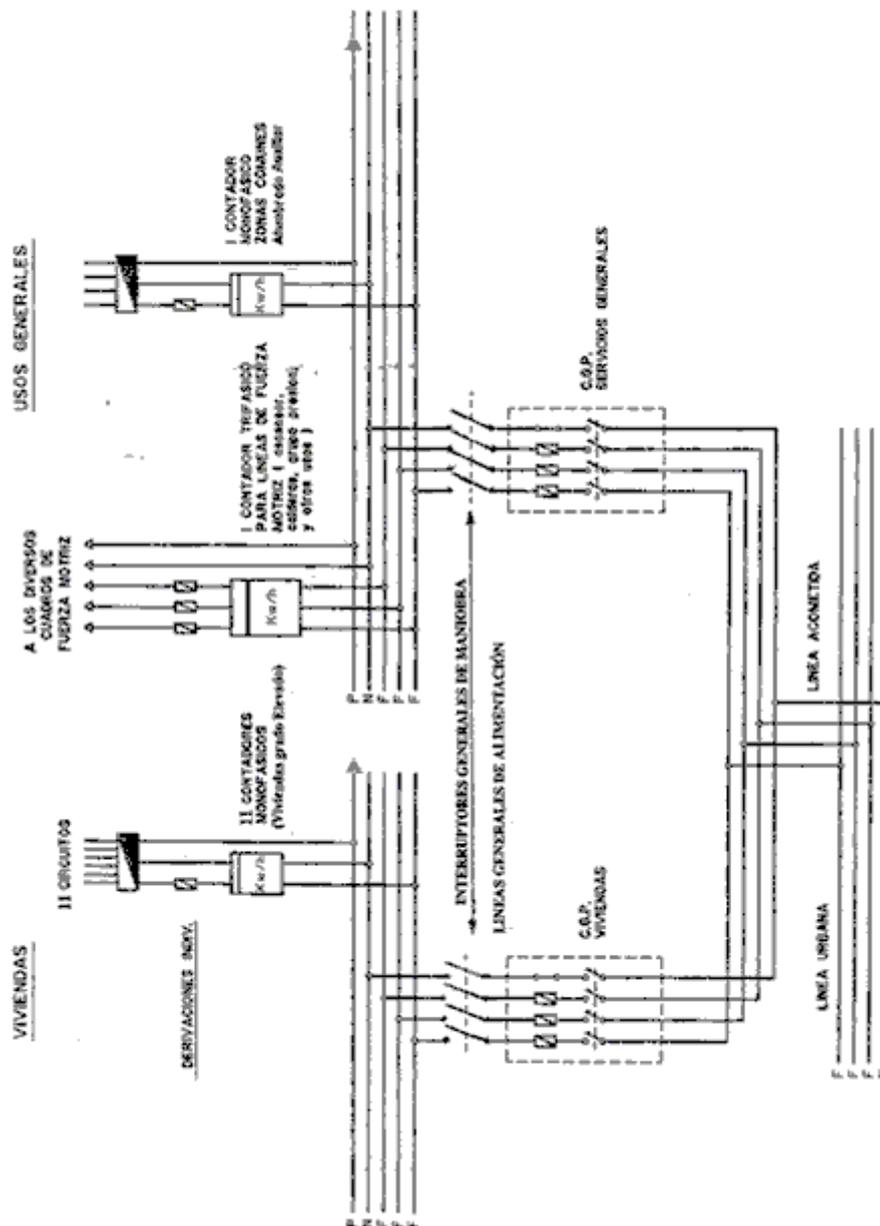


Figura 5.4.2. Esquema unifilar de la instalación de enlace

Por el contrario en la figura 5.4.2 se muestra otro esquema de instalación de enlace, en este caso multifilar, con dos líneas repartidoras, y con él se especifica el servicio de once viviendas y dos unidades de medida para usos generales del edificio.



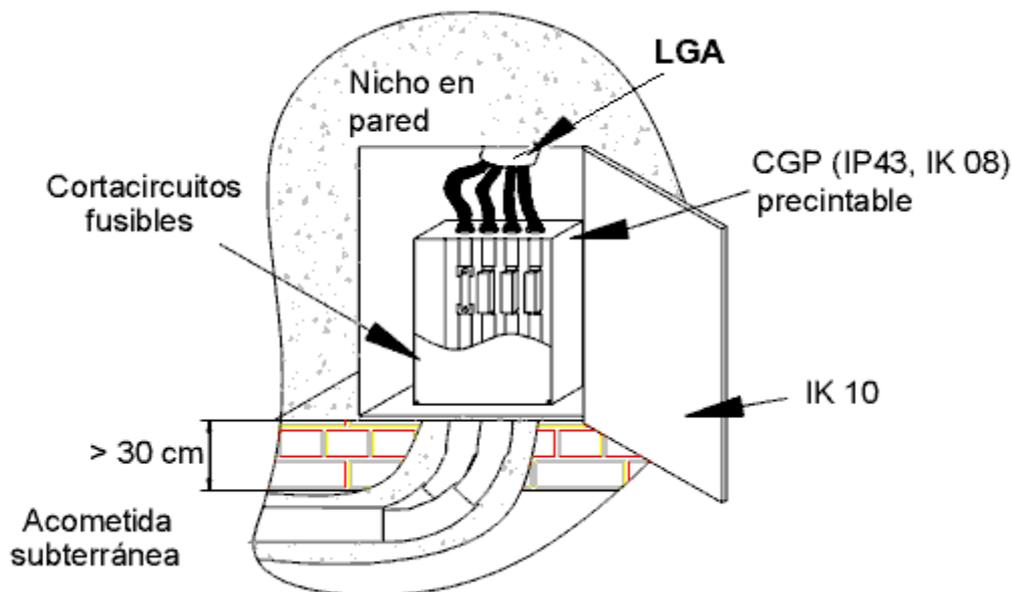
**Figura 5.4.3. Esquema multifilar de la instalación de enlace**

Referencia:

- [1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-12, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- [2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10-12), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

### 5.5. Línea de acometida

Es la parte de línea eléctrica que une la red urbana con la caja general de protección, se denomina comúnmente acometida. Esta línea es propiedad de la compañía suministradora de energía eléctrica y la normativa suele venir impuesta por la propia compañía; puede ser de conductores de cobre o aluminio.



**Figura 5.5.1. Caja general de protección (CGP) con acometida subterránea**

Según la ITC-BT-11, atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, las acometidas podrán ser:

TIPO	SISTEMA DE INSTALACIÓN
Aéreas	Posada sobre fachada
	Tensada sobre poste
Subterráneas	Con entrada y salida
	En derivación
Mixtas	Aero-Subterráneas

**Tabla 5.5.1. Tipo de acometida en función del sistema de instalación**

La acometida que recibe el edificio es del tipo subterránea. Este tipo de instalación, se realizará de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-07. Se tendrá en cuenta las separaciones mínimas indicadas en la ITC-BT-07 en los cruces y paralelismos con otras canalizaciones de agua, gas, líneas de telecomunicación y con otros conductores de energía eléctrica. La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0.20 m. La distancia del punto de cruce a los



empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será de 1 m. La empresa distribuidora se encargará de cumplir dicha ITC.

Tras realizar los cálculos de la línea de acometida necesaria para la edificación obtenemos los siguientes resultados. La línea trifásica de 120 mm<sup>2</sup> de sección más el neutro de 70 mm<sup>2</sup> con un diámetro exterior del tubo de 160 mm.

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-7, ITC-BT-11, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

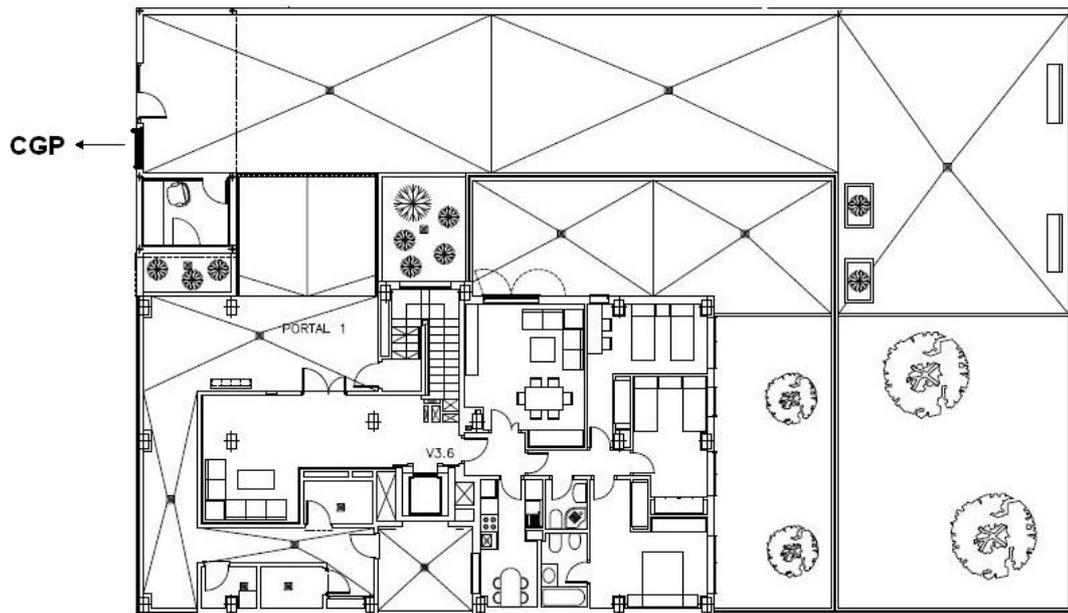
[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

## 5.6. Caja general de protección

Es la caja que aloja los elementos de protección de la línea repartida. Marca el principio de la propiedad de las instalaciones eléctricas del abonado. El emplazamiento se fijará de común acuerdo, entre la Compañía Distribuidora y la Propiedad, eligiendo la fachada del inmueble: lugar de uso común, de libre y fácil acceso, procurando su proximidad a la red de distribución urbana y separada de las instalaciones de agua, gas, teléfono, etc. Como se indica en el plano siguiente, se fija el emplazamiento de la caja general de protección (CGP).

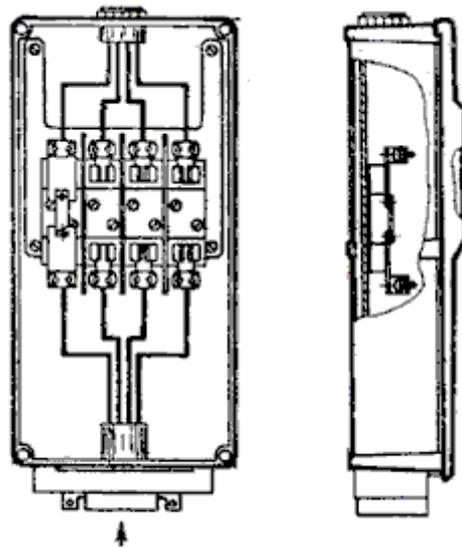
En este caso como la acometida es subterránea, se instala en un nicho en la pared, que se cierra con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. La parte inferior de la puerta se encuentra a un mínimo de 30 cm del suelo.

En el nicho se deja previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red general, conforme a lo establecido en la ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas. En todos los casos se procurará que la situación elegida, esté lo más próxima posible a la red de distribución pública y que quede alejada o en su defecto protegida adecuadamente, de otras instalaciones tales como de agua, gas, teléfono, etc., según se indica en ITC-BT-06 y ITC-BT-07. A continuación se señala la ubicación de la CGP.



**Figura 5.6.1. Planta baja con caja general de protección (CGP)**

El análisis y los cálculos realizados en el anexo indican que la caja general de protección (CGP) poseerá una línea de acometida con un fisible de 250 A de intensidad máxima. Las dimensiones de la caja serán 70 x 140 x 30 (cm), las correspondientes a una sola caja y cumpliendo con las normas tecnológicas de la edificación (NTE). La caja tendrá el siguiente aspecto:



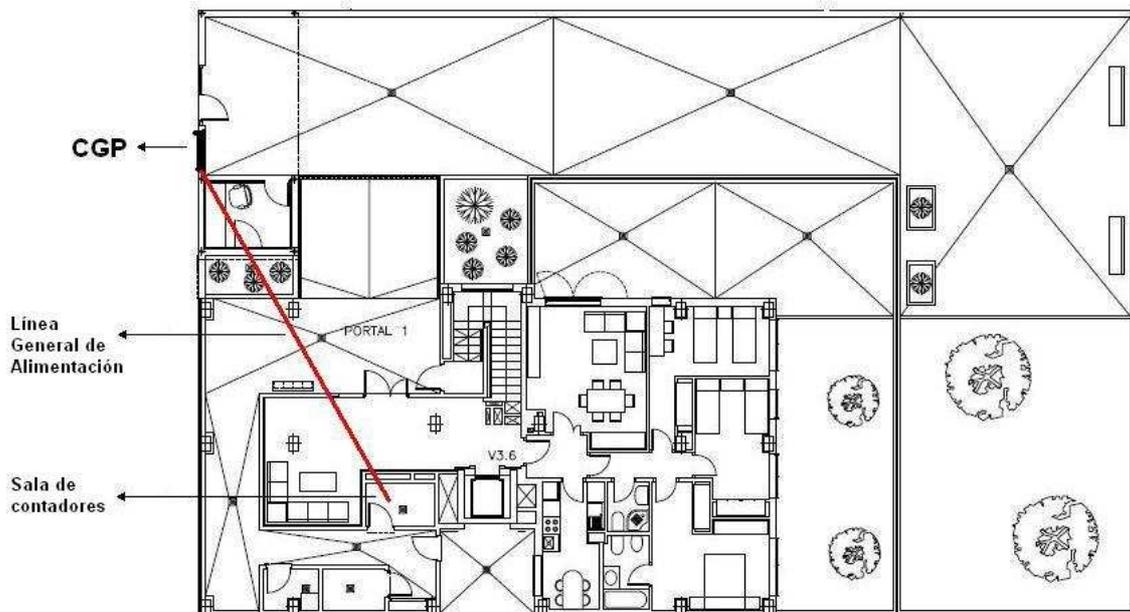
**Figura 5.6.2. Caja general de protección instalada (CGP)**

Referencia:

- [1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-6, ITC-BT-7, ITC-BT-13, ITC-BT-21, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002
- [2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10-15), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- [3] “Normas UNE-EN”, Real Decreto 1801/2003, 26 de diciembre
- [4] “Normas Tecnológicas de la Edificación”, Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio

### 5.7. Línea general de alimentación

Es la parte de la instalación que enlaza la caja general de protección con los contadores de energía consumida. Las líneas generales de alimentación estarán dispuestas mediante conductores aislados en el interior de tubos empotrados. En todos los casos permitidos, los tubos y canales así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21.



**Figura 5.7.1. Planta baja con instalación completa**

Los cálculos en el anexo del dimensionado de la línea general de alimentación ofrece los siguientes resultados: Sección del conductor de protección será  $S = 150 \text{ mm}^2$ . Por tanto la línea repartidora definitiva será de 3 conductores de fase de  $300 \text{ mm}^2$  cada uno y un conductor neutro y otro de protección de  $150 \text{ mm}^2$ .



## 5.8. Instalación de contadores

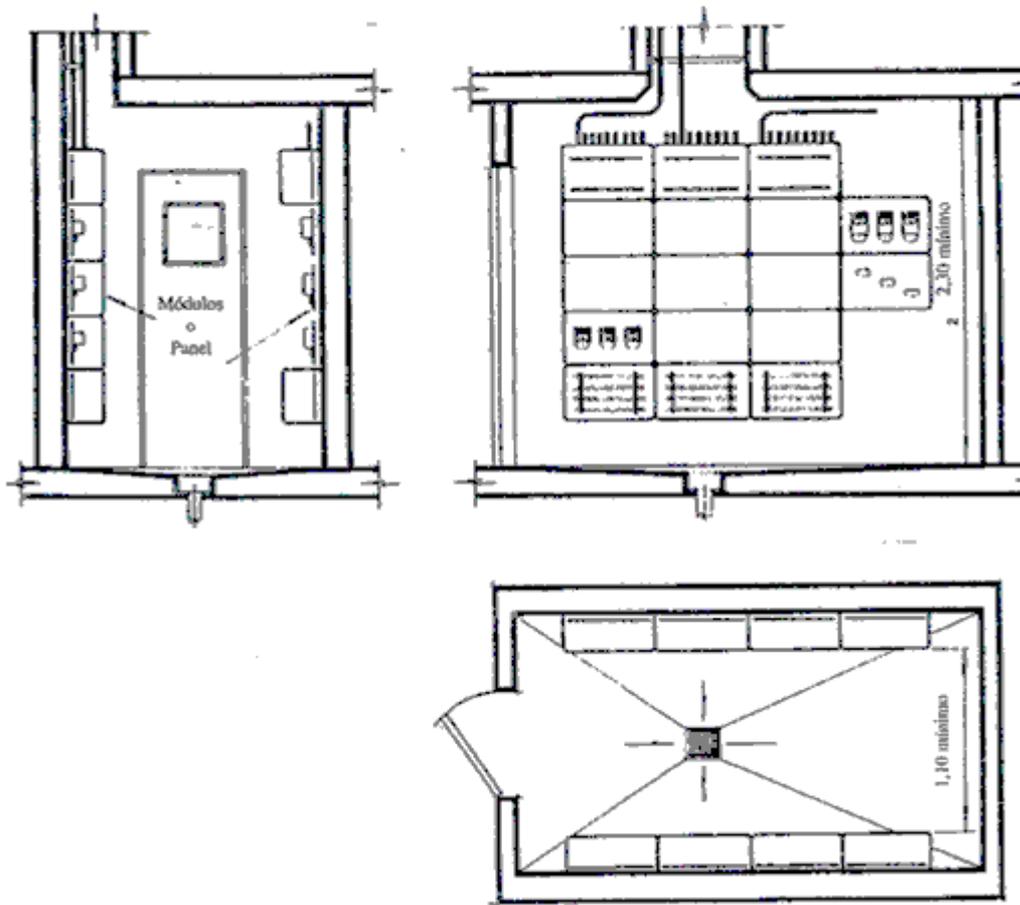
En el edificio de viviendas se instalan los contadores en forma concentrada. Es el sistema usual y preferido por todas las compañías distribuidoras para edificios de viviendas de nueva construcción. Se pueden centralizar en armarios o locales. La centralización en armarios se realiza hasta un máximo de 16, y si excede de este valor, la centralización se realiza en cuartos o locales. En este caso, el número de viviendas es menor a 16 por tanto no haría falta la instalación de los contadores en cuartos o locales. Como se representa en el esquema del edificio de la planta baja, existe un cuarto destinado para la instalación de los contadores.

El edificio tiene menos de 48 viviendas, 12 plantas y 14 viviendas por planta, por tanto no se cataloga el edificio como de gran volumen. Dentro del criterio de elección del tipo de suministro, se elige el monofásico debido a que las potencias de las viviendas no alcanzan una potencia elevada y el uso de receptores es del tipo monofásico.

### - Características del local

El local destinado a centralización de contadores (Figura 10.13), se situará en la planta baja y cumple las siguientes normas (estipuladas en ITC-BT-16):

1. Será de fácil y libre acceso.
2. No será húmedo y estará suficientemente ventilado.
3. Tendrá sumideros de desagüe, si la cota del suelo es igual o inferior a la de los pasillos y locales colindantes.
4. La puerta de acceso al local, de dimensionamiento normales (mínimas de 2,00 x 0,70 m), abrirá hacia el exterior y su cierra estará normalizado por la compañía distribuidora.
5. Sus dimensiones serán tales que permitan alojar las diversas centralizaciones de contadores.
6. Entre el módulo más saliente y la pared o módulos opuestos, deberá respetarse un pasillo de 1.10 m.
7. La altura máxima del local será de 2,30 m.
8. No estará próxima a locales que presenten riesgo de incendio o produzcan vapores corrosivos.
9. No será atravesado por conducciones de otras instalaciones que no sean eléctricas.
10. Las paredes que delimitan el local no tendrán resistencia inferior a la del tabicón.
11. Llevará en su interior un equipo autónomo alumbrado de emergencia con una autonomía no inferior a 1 hora y proporcionará un nivel de iluminación de 5 luz.
12. En el exterior del local próximo a la puerta, se dispondrá un extintor de eficacia mínima 21 B.



**Figura 5.8.1. Sala de contadores del edificio**

**- Unidad funcional de medida del contador centralizado**

En esta unidad se instalan los contadores destinados a las viviendas. El orden a seguir en la colocación de los mismos será empezado por la parte inferior de la columna y por la izquierda tal como se indica en la figura siguiente. En cada columna de la unidad funcional se reservará, para la instalación de un interruptor horario, un espacio de los destinados a un contador situado en la parte superior derecha del observador.

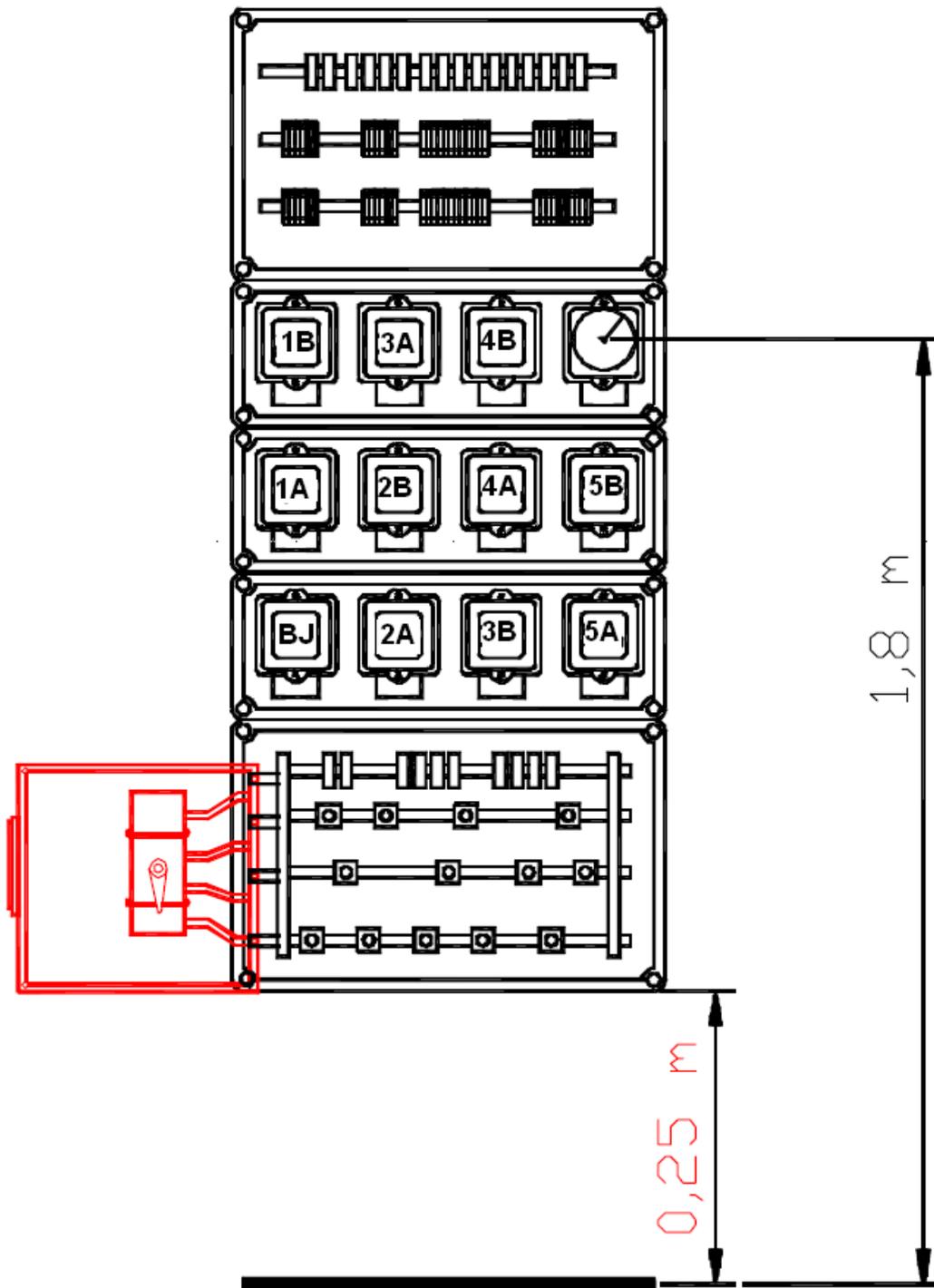


Figura 5.8.2. Distribución de los contadores centralizados

- Esquema cableado centralización

CENTRALIZACIONES DE CONTADORES  
Esquemas eléctricos

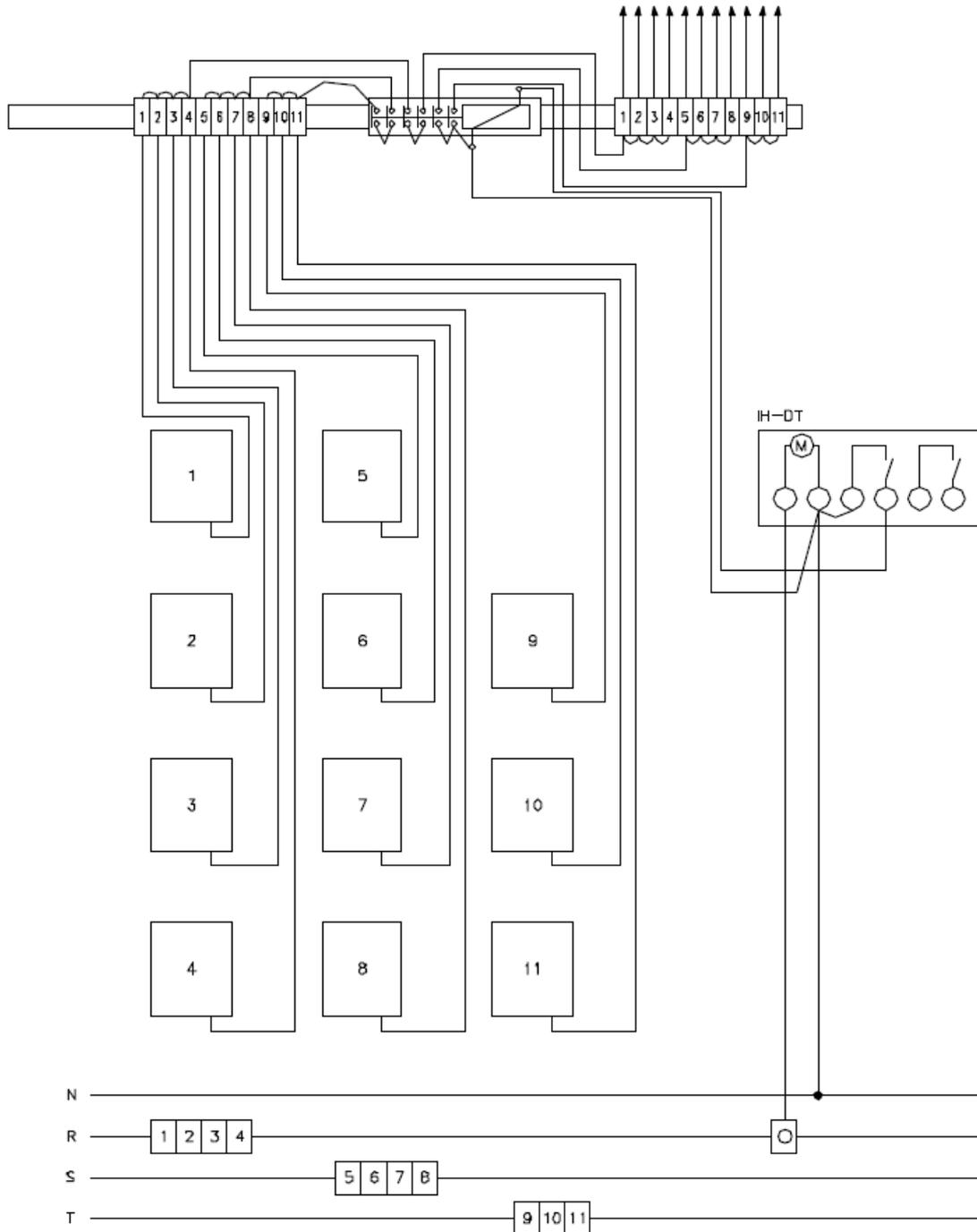
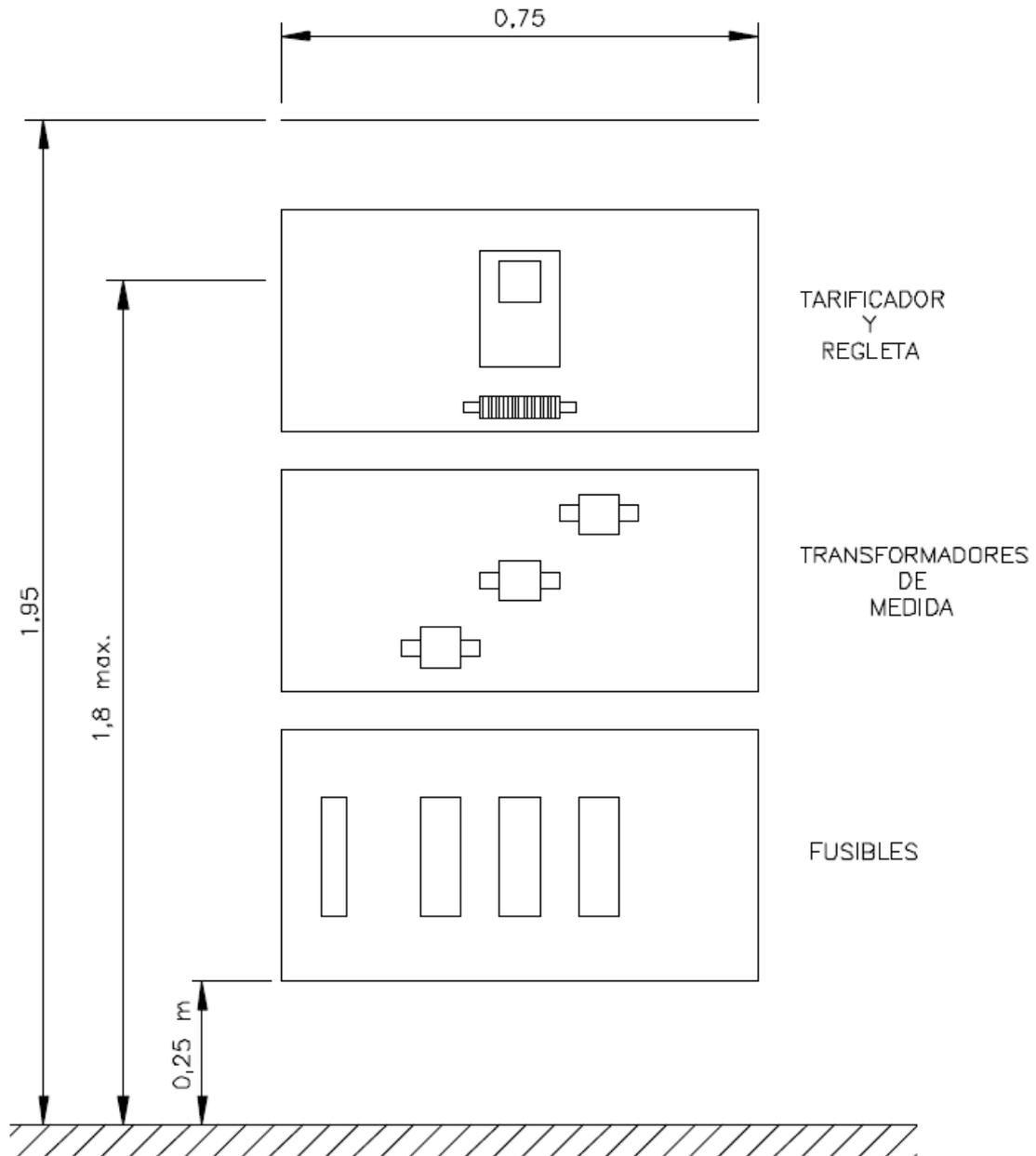


Figura 5.8.3. Esquema del cableado de los contadores centralizados

### - Disposición del equipo de medida



**Figura 5.8.4. Disposición del equipo de medida**

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-16, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

[3] “Gobierno del Principado de Asturias”, [www.asturias.es](http://www.asturias.es)

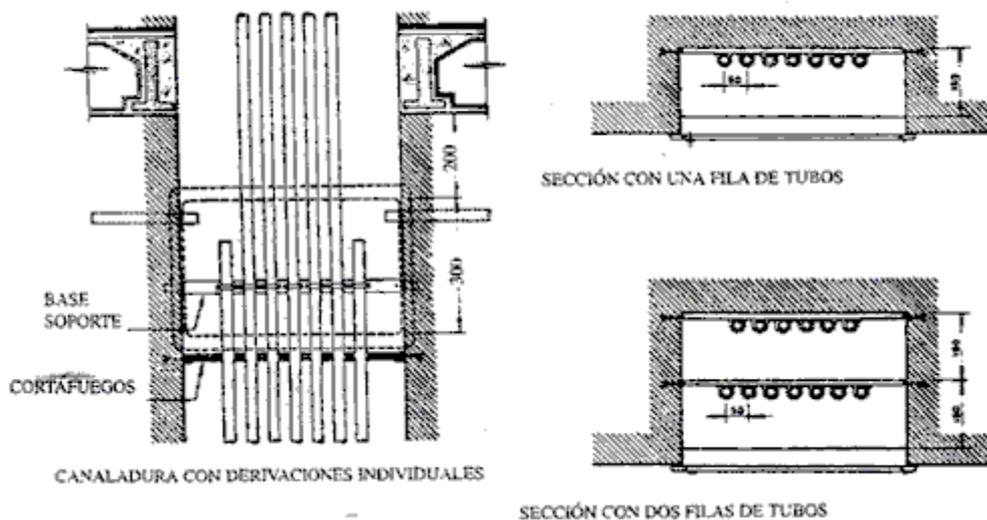
## 5.9. Derivaciones individuales

Cuando las derivaciones individuales discurran verticalmente se alojan en el interior de una canaladura, viniendo recogido las características de la instalación en la NBE-CPI-96. Las dimensiones mínimas de la canaladura, se ajustarán a la siguiente tabla:

Número de derivaciones	DIMENSIONES (m)	
	ANCHURA L (m)	
	Profundidad P = 0,15 m una fila	Profundidad P = 0,30 m dos filas
Hasta 12	0,65	0,50
13 - 24	1,25	0,65
25 - 36	1,85	0,95
36 - 48	2,45	1,35

**Tabla 5.9.1. Dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica**

Se disponen de 12 derivaciones, las dimensiones de la anchura de la canaladura del edificio son de una profundidad de 0,15 m en una fila y de 0,50 m cuando sea de dos filas. En cualquier caso, se disponen de un tubo de reserva por cada diez derivaciones individuales o fracción, desde las concentraciones de contadores hasta las viviendas o locales, para poder atender fácilmente posibles ampliaciones.



**Figura 5.9.1. Canaladura con derivaciones y sección de los tubos**

Los cables de la derivación individual han de cumplir una serie de características y unos requisitos mínimos referidos a la caída de tensión, demanda que deben soportar, seguridad en la propagación de incendios y humos. Las normativas e instrucciones que lo contemplan son ITC-BT-07, ITC-BT-10, ITC-BT-19, UNE 21.123, UNE 211.002, UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1.



En los cálculos se demuestran los parámetros de las dimensiones de las derivaciones individuales de las 11 viviendas. Son tubos de 40 mm de diámetro albergando líneas de  $2 \times 35 + 16$ , es decir, conductores de fase y neutro de  $35 \text{ mm}^2$  de sección y un conductor de protección de  $16 \text{ mm}^2$  de sección.

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-7, ITC-BT-10, ITC-BT-19, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

[3] “Una Norma Española – Norma Europea”: UNE 21.123, UNE 211.002, UNE-EN 50085-1, UNE-EN 50086-1

### 5.10. Líneas de servicios generales

Son las líneas encargadas de suministrar energía eléctrica a todos los servicios generales comunes del edificio. Estas líneas son de dos tipos:

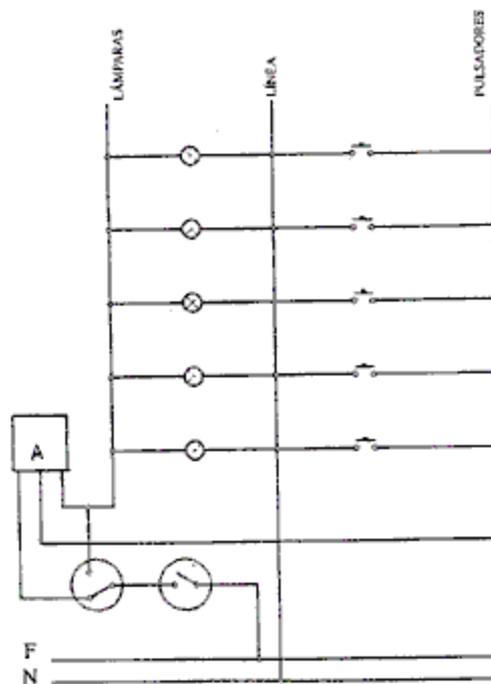
- Líneas de alumbrado: independientes, son las siguientes:
  - Líneas para alumbrado de zonas comunes del edificio, que funcionan con un temporizador (escaleras y portal)
  - Líneas para alumbrado de zonas comunes que no funcionan con temporizador (cuarto de basuras, cuartos de instalaciones, etc.)
  - Líneas auxiliares para instalaciones de interfonía, antena colectiva, portero eléctrico, etc.
- Líneas de fuerza: independientes, una línea por el ascensor y otra línea por cada 46 kW o fracción de potencia destinada a otros usos.

En los cálculos se deduce que la línea de fuerza es de  $(3 \times 1,5 + 4 \text{ mm}^2)$  y la línea de alumbrado y elementos auxiliares es de  $(2 \times 35 + 16 \text{ mm}^2)$ .

#### - Puntos de luz

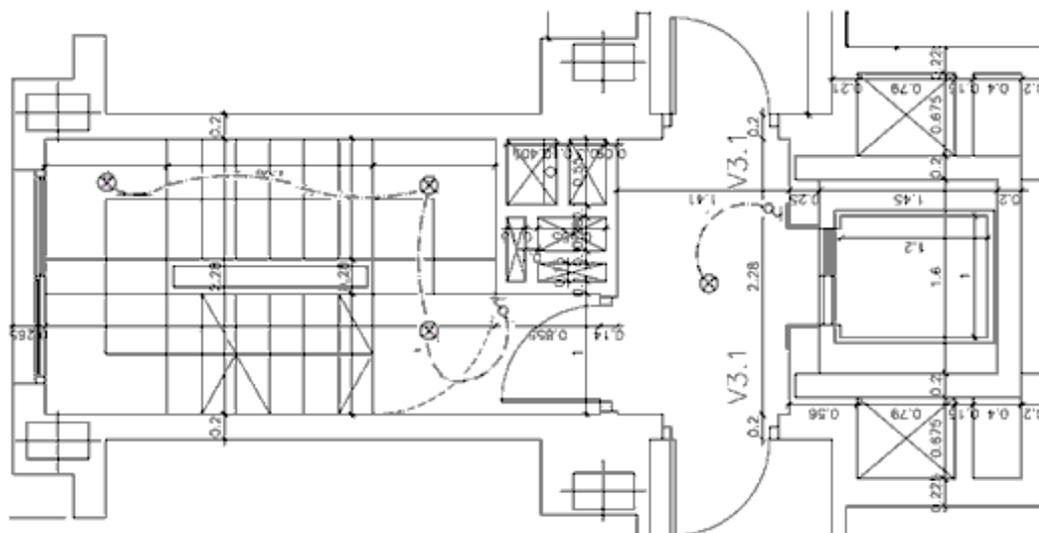
Se utiliza un conmutador automático, al cual se le regula su actuación en el tiempo suficiente para la utilización de la escalera (subir o bajar). El accionamiento del automático se produce al cerrar el circuito de un relé por medio de pulsadores que se encuentran en los accesos de la escalera (pasillos, rellanos, puertas de pisos, etc.)

Los puntos de luz están repartidos para conseguir la mayor uniformidad en la iluminación. El esquema se completa con un interruptor general y conmutador, que permite puentear el automático en las horas de máxima utilización de la escalera, proporcionando una iluminación continua.

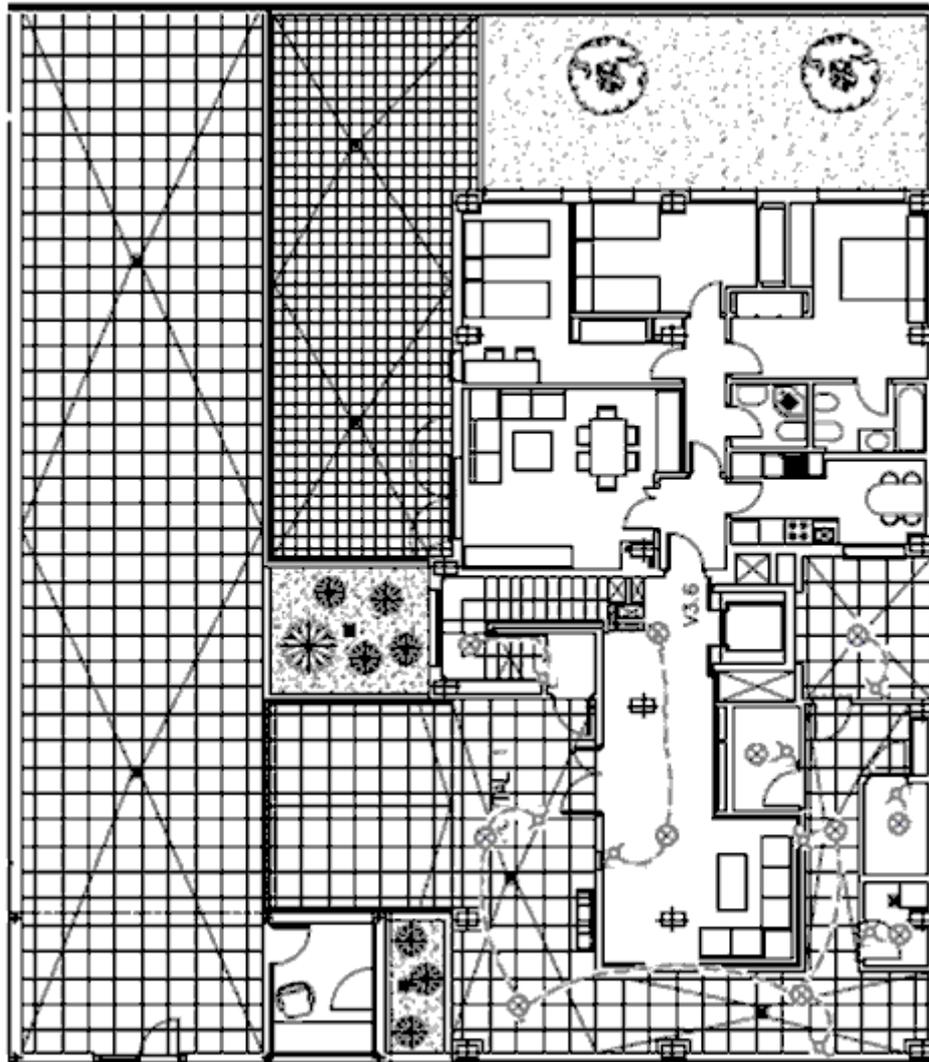


**Figura 5.10.1. Iluminación automática de escalera**

La figura 5.10.1 es una simplificación del circuito de iluminación de las zonas comunes del edificio. Cada planta tiene más de un pulsador y una bombilla y el sistema de iluminación no sólo tiene que actuar en una planta.



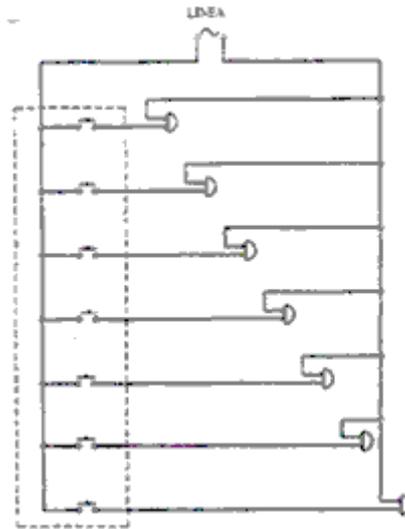
**Figura 5.10.2. Planta cualquiera del edificio con iluminación automática de escaleras (Zona común)**



**Figura 5.10.3. Planta baja del edificio con iluminación en las zonas comunes (Zona común)**

### - Instalación de portero automático

Este montaje se realiza para accionar desde un mismo punto diferentes timbres o zumbadores; el esquema se refleja en la Figura 5.10.4.



**Figura 5.10.4. Instalación de timbres con botonera de pulsadores centralizados**

Referencia:

[1] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10-12), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

### 5.11. Cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos son una serie de puntos de bifurcación de líneas de donde parten otras, para cumplir cada una de ellas una misión concreta; pues bien, la simple lógica del sistema, implica la necesidad de que en esos puntos de bifurcación se instalen todos los elementos necesarios para el correcto servicio de esas líneas, aparatos de maniobra, control, protección, etc., que de por sí constituyen los cuadros.

Los elementos eléctricos que fundamentalmente constituyen los cuadros los podemos agrupar en los siguientes conjuntos:

- Aparatos de mando y maniobra.
- Aparatos de medida.
- Aparatos de protección y control.
- Aparatos de señalización.
- Aparatos de conexión.



### **- Cuadro general de distribución**

Los cuadros generales de distribución corresponden al sistema en racimo, donde partiendo de una entrada única (circuito principal) el circuito se va ramificando en circuitos secundarios, terciarios, etc.

En este tipo de cuadros, se va completando selectivamente los elementos de protección disponiéndose por lo general aparatos de medida en ellos, los cuales pueden ir conectados en conexión directa, con resistencias o mediante transformadores de medida (voltímetros, amperímetros, frecuencímetros y watímetros).

### **- Cuadro de alumbrado**

Los cuadros destinados al mando y protección de circuitos de alumbrado, se caracterizan por el elevado número de interruptores que en ellos se instalan por regla general, ya que de lo que se trata es de independizar circuitos de alumbrado, que pueden ser mandados por áreas, zonas o bloques de iluminación.

### **- Cuadro de fuerza**

Los cuadros de fuerza son fundamentalmente para mando de líneas de fuerza a las que generalmente van conectados motores. Ya de por sí, el simple accionamiento individual de un motor trifásico precisa un pequeño cuadro de mando y protección, en el que se concentren los elementos de maniobra, control, señalización y protección de cada motor, el cual puede ser simple o múltiple, abarcando la distribución de varios motores.

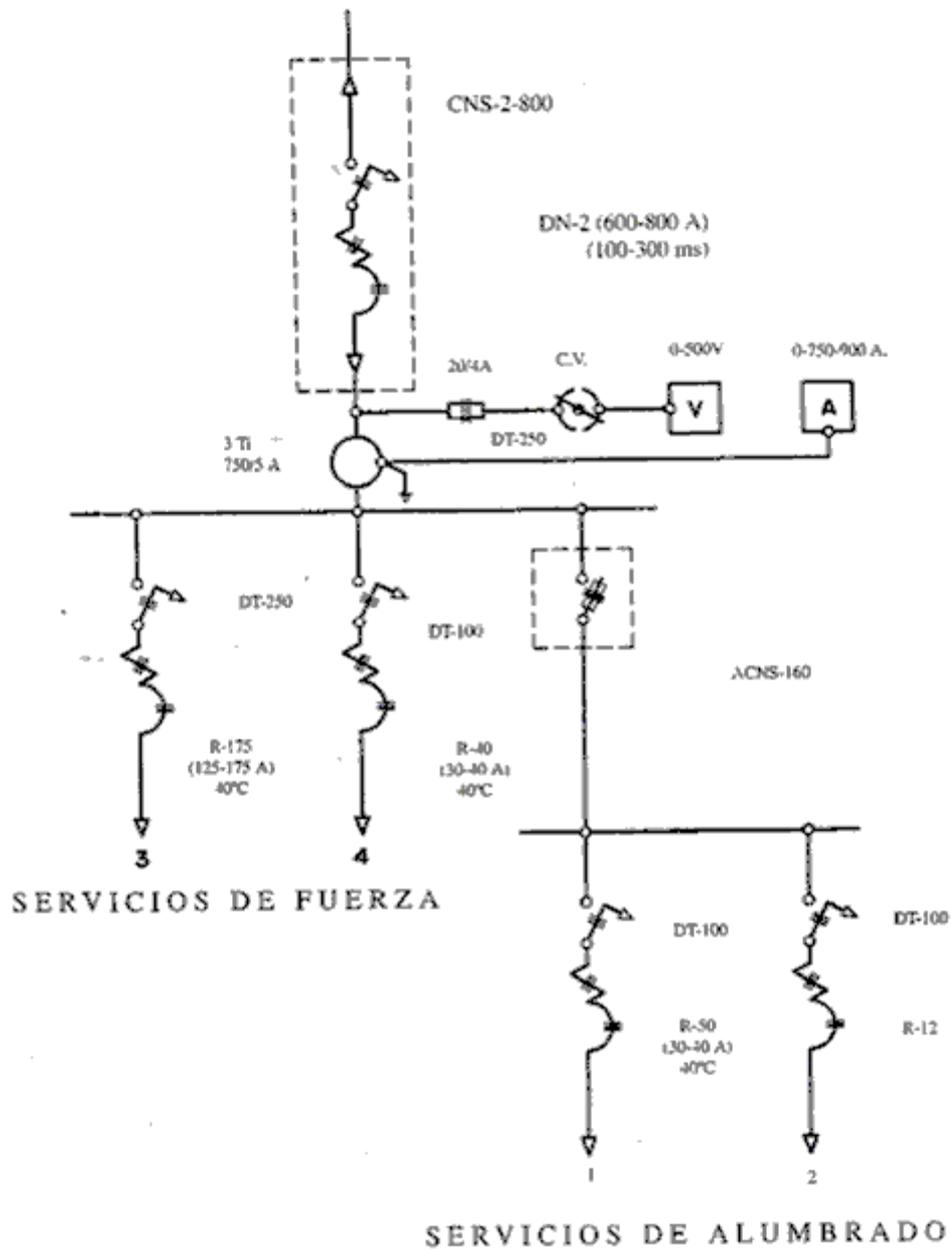
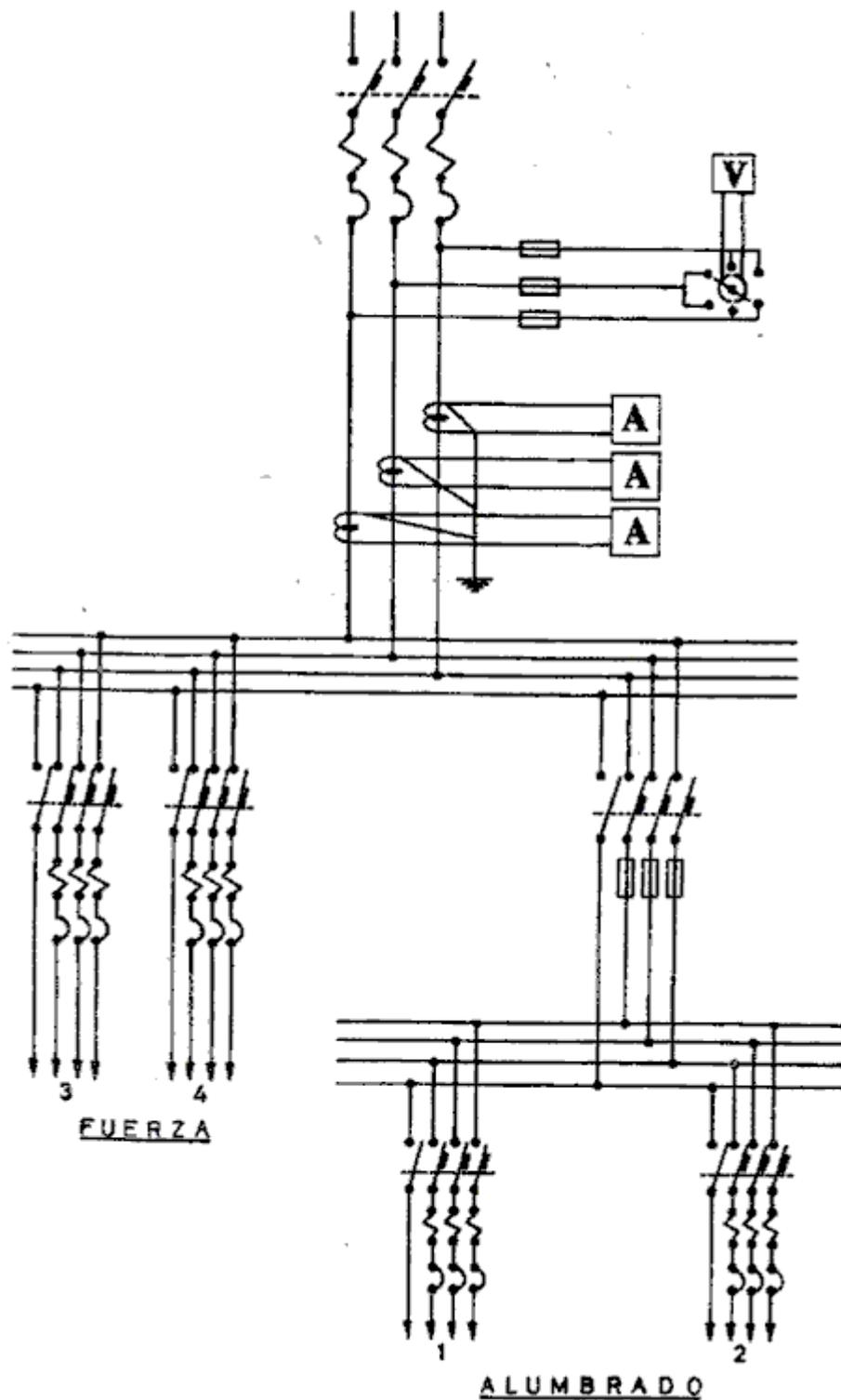


Figura 5.11.1. Cuadro de distribución de fuerza y alumbrado (Unifilar)



**Figura 5.11.2. Cuadro de distribución de fuerza y alumbrado (Multifilar)**

Referencia:

[1] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 12), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

## 5.12. Instalación interior de una vivienda

El final de las instalaciones de enlace de un edificio de viviendas está en el punto en que acomete la derivación individual, con la entrada a la instalación del abonado que suele ser el cuadro de distribución interior de la vivienda.

En el edificio de viviendas, el sistema de protección para las instalaciones del abonado queda constituido como se indica en la siguiente figura. En el cuarto de la planta baja se encuentran centralizados los fusibles, los contadores de todos los abonados e interruptores de control de potencia (ICP). En el domicilio del abonado se encuentra el interruptor diferencial y los pequeños interruptores automáticos (PIA).



**Figura 5.12.1. Elementos de protección en derivación individual**

### - Cuadro de mando y protección

Es el que aloja todos los dispositivos de seguridad, de protección y de distribución de la instalación interior de la vivienda. Se colocará en el origen de la misma y lo más cerca posible del punto de alimentación. En este cuadro se instalará:

- Un interruptor general automático, de corte omnipolar, que tenga accionamiento manual y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. (Independiente del ICP).
- Un interruptor diferencial para protección contra sobretensiones si fuese necesario.

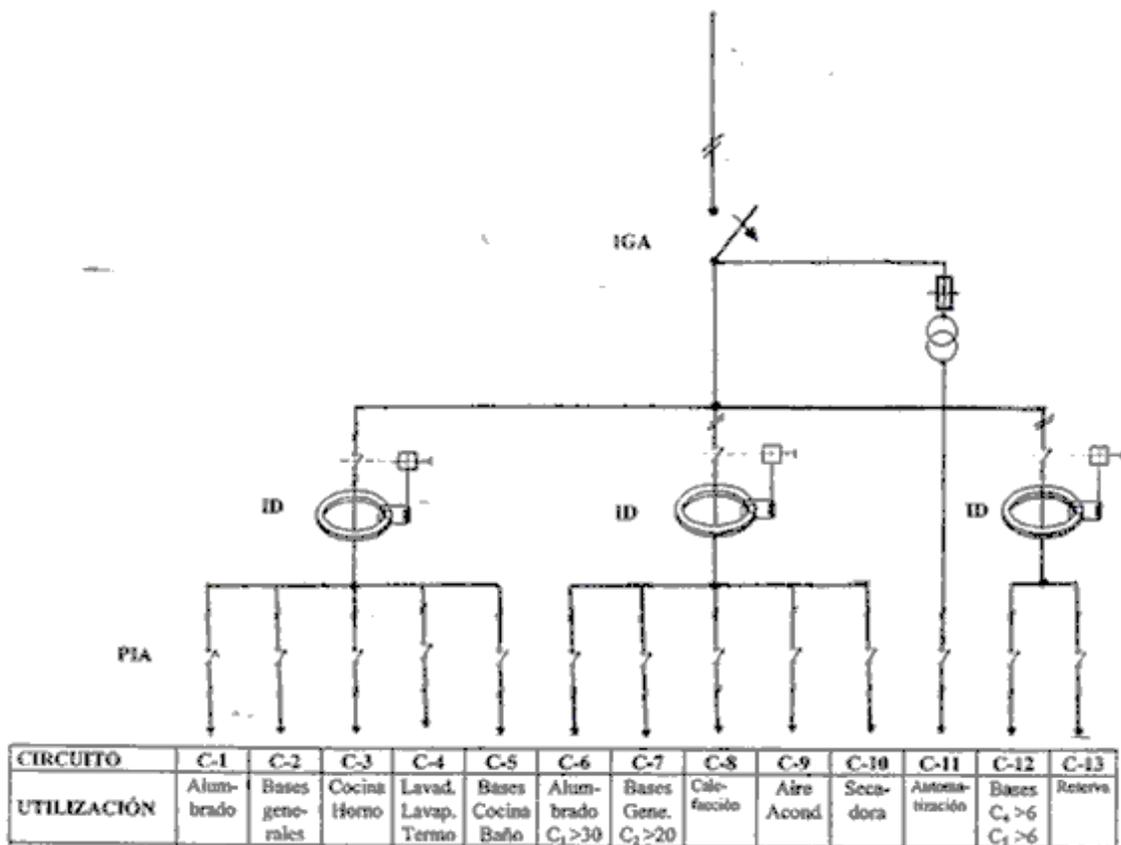
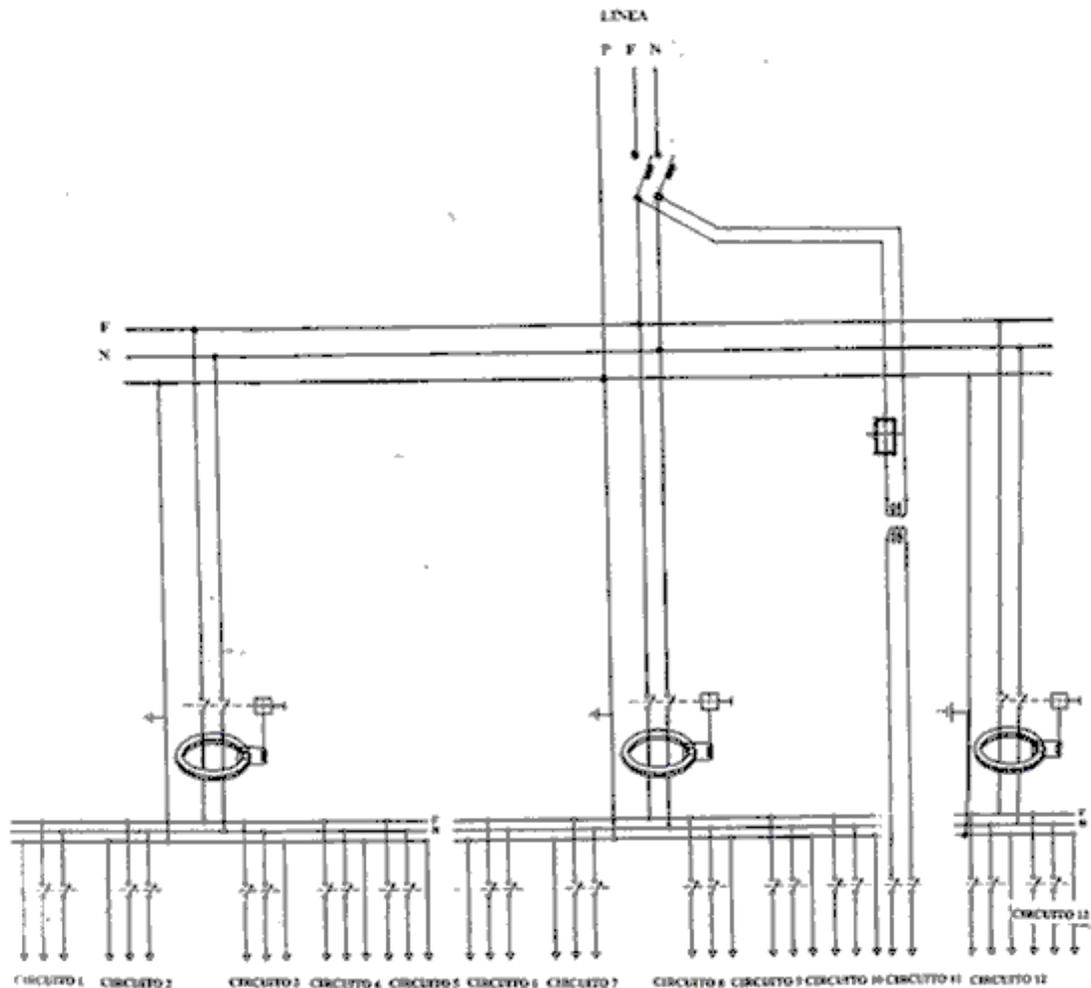


Figura 5.12.2. Esquema unifilar de cuadro de mando y protección (grado elevado)



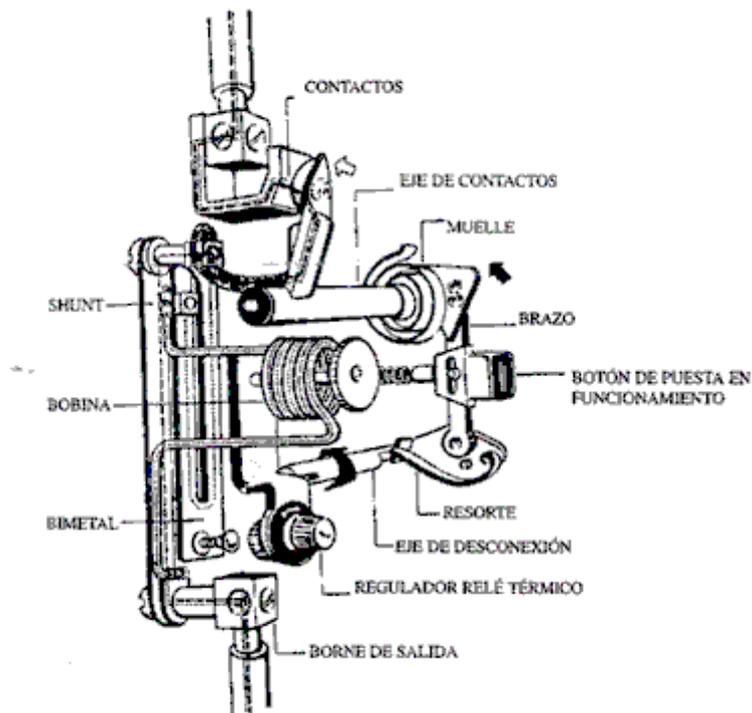
**Figura 5.12.3. Esquema multifilar de cuadro de mando y protección (grado elevado)**

### - Pequeño interruptor automático

El pequeño interruptor automático (PIA) es un elemento de protección de los circuitos eléctricos que están localizados en el domicilio del abonado. Se desconecta de una manera automática, cuando las condiciones de tensión o intensidad del circuito adquieran valores fuera de los considerados admisibles, y para los que han sido regulados los interruptores. Los interruptores automáticos están previstos de dos sistemas de protección: térmico y magnético.

Las características que definen a los interruptores automáticos son:

- La tensión nominal
- La tensión
- La capacidad de corte
- Los límites de regulación
- El número de polos

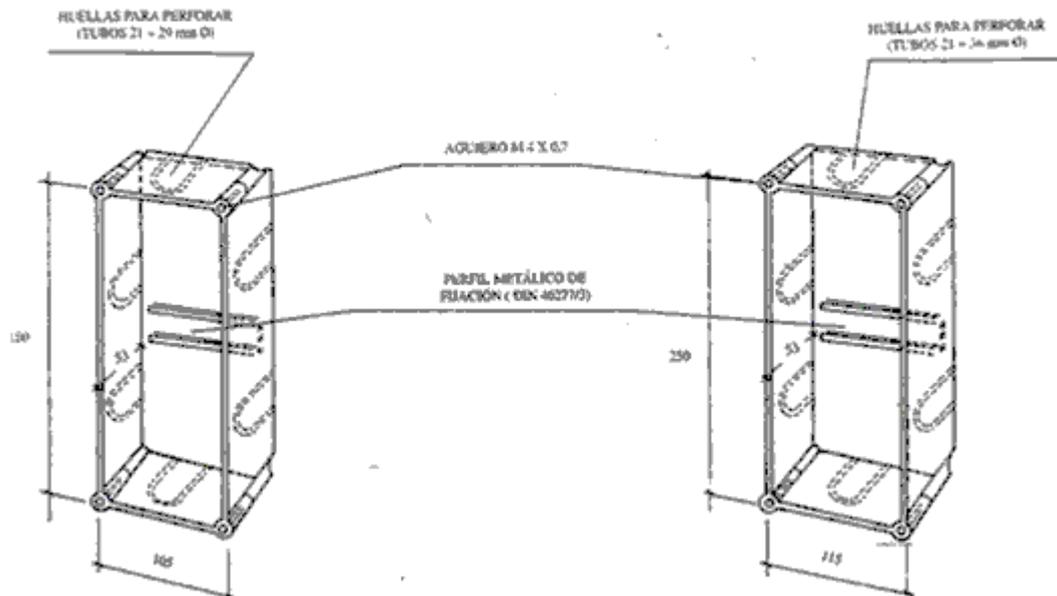


**Figura 5.12.4. Interruptor automático**

Las viviendas soportan una intensidad máxima de 50 A, que está dentro de la gama de PIA. El más apropiado es el tipo H ya que dispara para 2 – 3 veces la intensidad nominal. Es idóneo para circuitos de control, como es el control domótico de la vivienda.

#### **- Interruptor de control de potencia**

El interruptor de control de potencia (ICP) es un dispositivo automático que forma parte del equipo de medida en el cuarto centralizado del edificio. La instalación del ICP se realiza en una caja normalizada, de acuerdo con la potencia contratada.

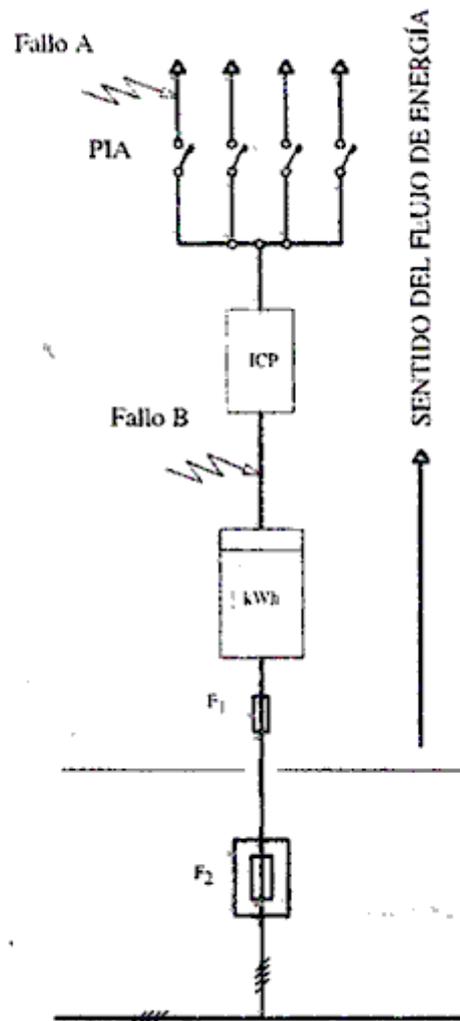


**Figura 5.12.5. Caja normalizada del interruptor de control de potencia**

La finalidad del ICP es controlar la intensidad y, por tanto, la potencia demandada. El principio de funcionamiento es el mismo que el de un interruptor automático, si bien la curva de disparo está definida por la recomendación UNESA correspondiente.

Se instala según las normas particulares de la empresa de distribución. En este caso la instalación es a la entrada de la vivienda, antes del Cuadro General de Mando y Protección.

En el edificio de viviendas, la selectividad en la protección queda garantizada según se indica en la siguiente figura donde en el caso de producirse un fallo en A, debe disparar únicamente el PIA, interrumpiendo el servicio. Solamente si fallara el PIA, fundiría el F1. De la misma forma, si se produce un fallo en B, se fundiría únicamente el fusible F1, y si este fallara se fundiría el F2. Para lograrlo es preciso que haya unos tiempos de escalonamiento, es decir, intervalos de actuación necesarios para que dispare con seguridad sólo el órgano de protección anterior al punto de defecto.



**Figura 5.12.6. Selectividad en la protección**

En la siguiente figura se muestra el PIA que instalaremos en cada vivienda con una intensidad nominal de 63 A (intensidad normalizada)



**Figura 5.12.7. Unipolar**

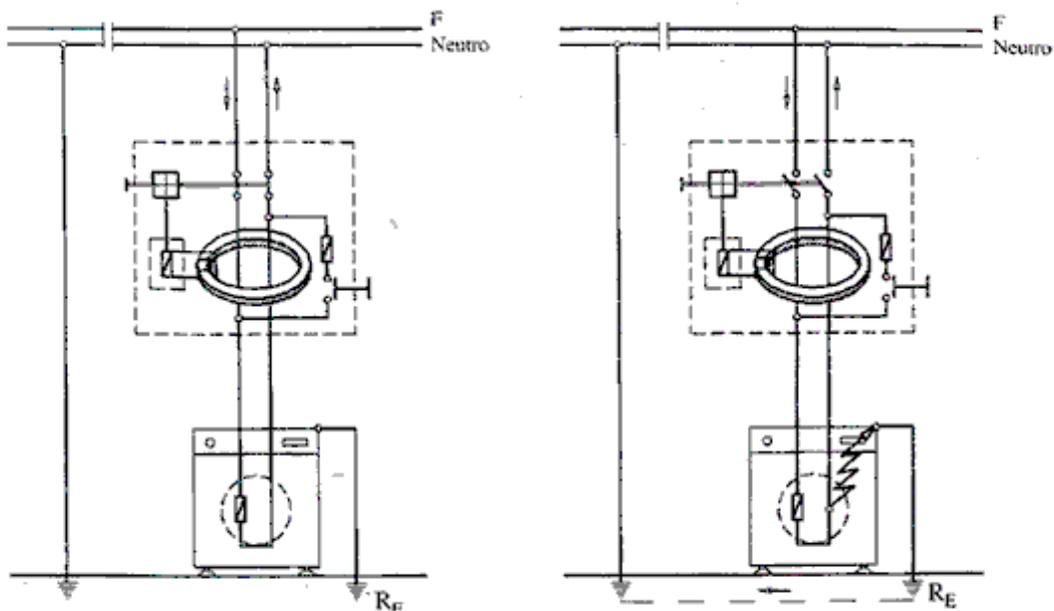
### - Interruptor diferencial

Es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos.



**Figura 5.12.8. Interruptor diferencial**

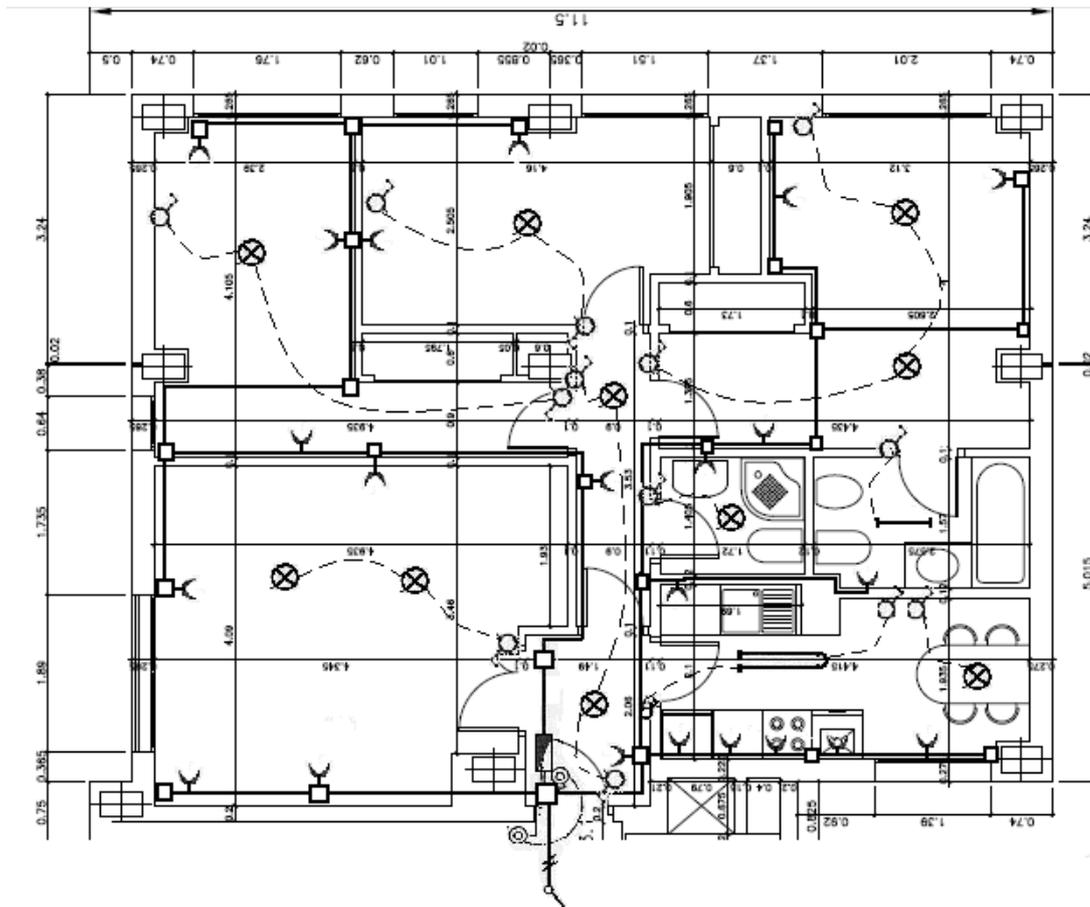
Aunque existen interruptores para distintas intensidades de actuación, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) exige que en las instalaciones domésticas se instalen interruptores diferenciales que actúen con una corriente de fuga máxima de 30 mA y un tiempo de respuesta de 50 ms, lo cual garantiza una protección adecuada para las personas y objetos.



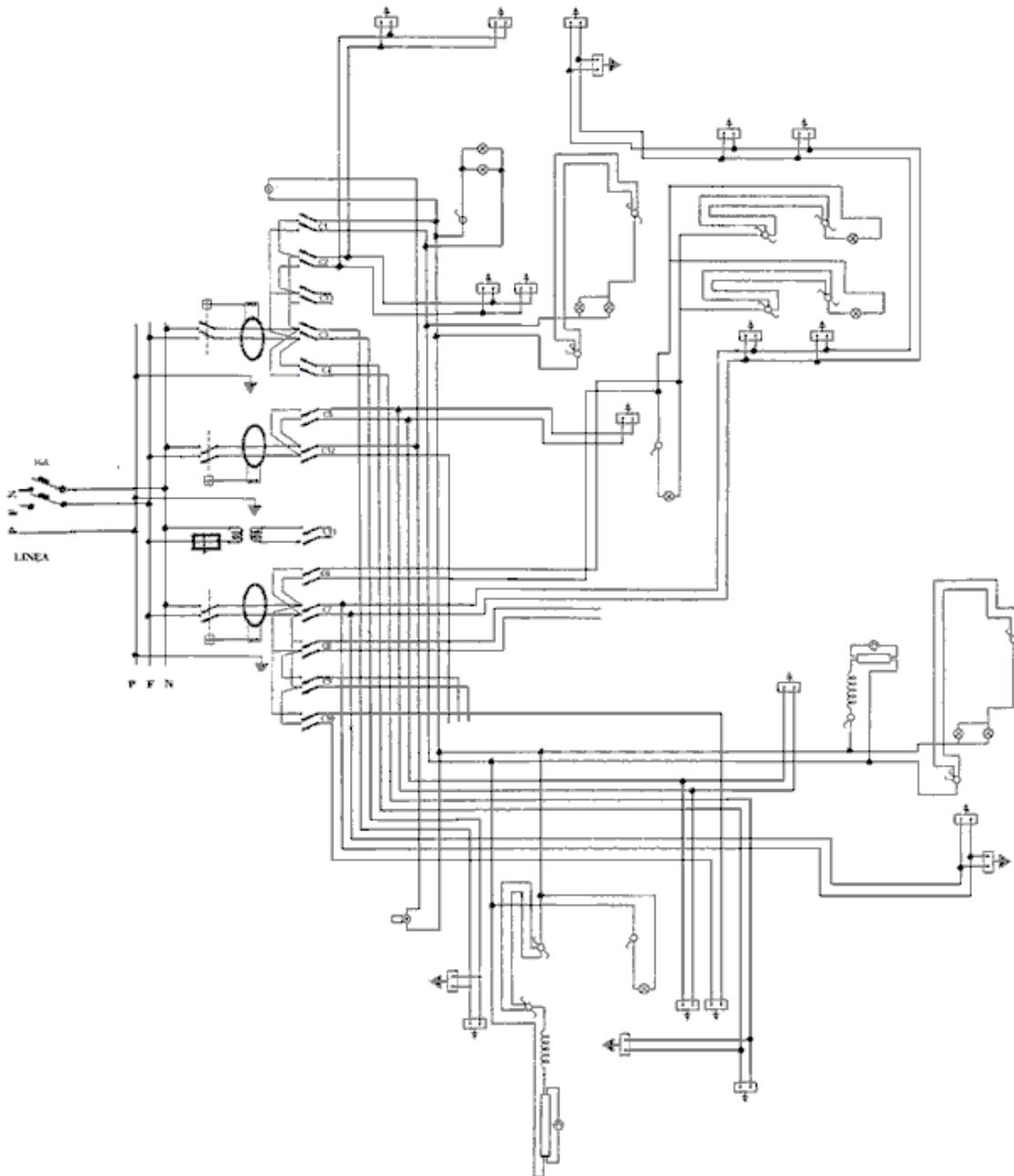
**Figura 5.12.9. Corrientes de fuga en electrodomésticos**

## - Esquemas eléctricos de la vivienda

La distribución de la iluminación y las tomas eléctricas se muestran en los dos siguientes esquemas. En el primero de ellos, permite identificar la ubicación del cableado eléctrico en la propia vivienda. El segundo esquema profundiza mejor en la distribución eléctrica de los distintos circuitos eléctricos.



**Figura 5.12.10. Esquema unifilar de la vivienda con grado de electrificación elevado (Distribución monofásica)**



**Figura 5.12.11. Esquema multifilar de la vivienda con grado de electrificación elevado (Distribución monofásica)**



## - Baño

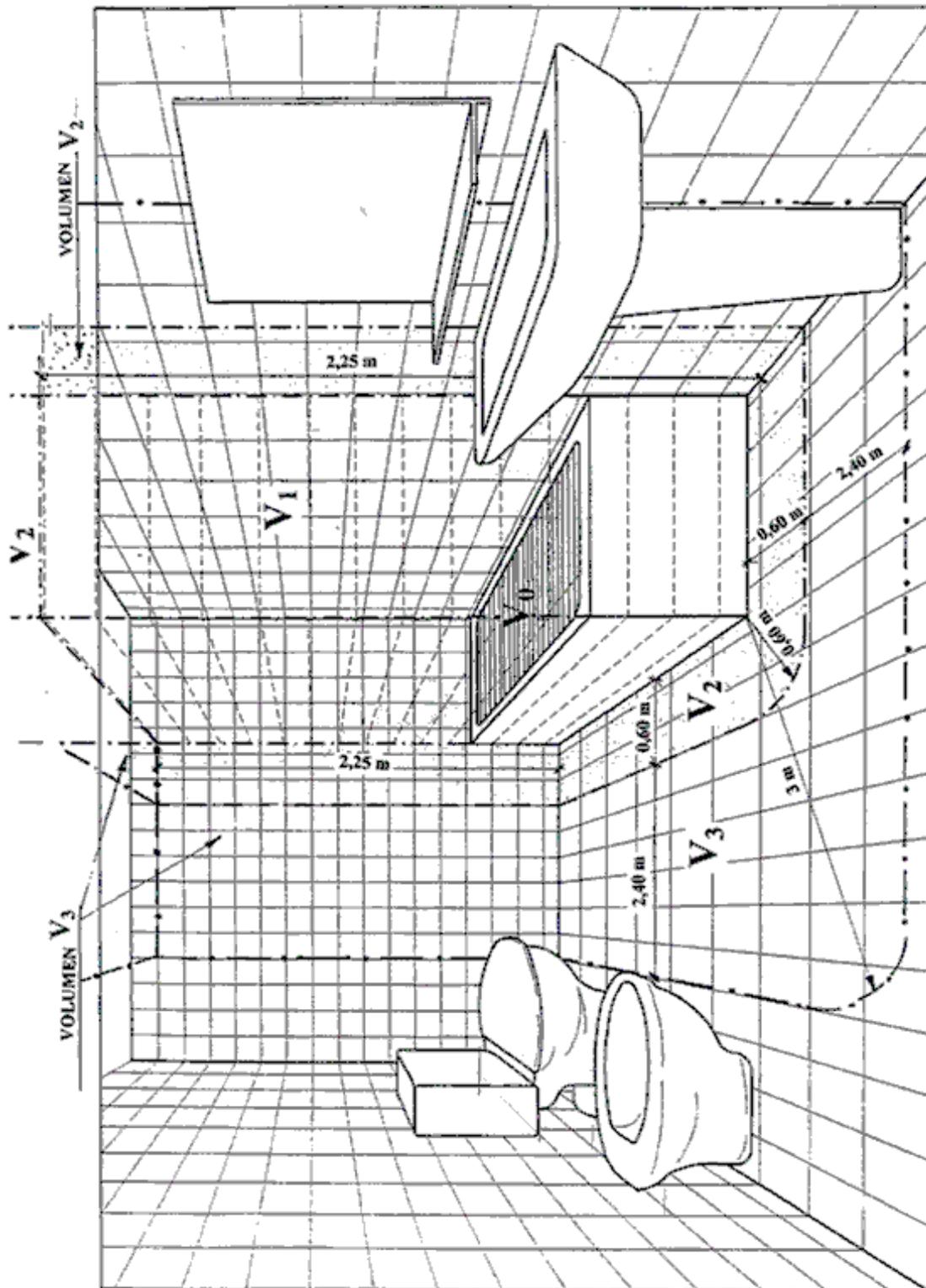
En todos los cuartos de baño de la vivienda de cualquier tipo que éstos contengan bañeras o duchas se respetarán unos volúmenes alrededor de estos elementos, con una reglamentación específica para ellos, a causa del incremento del riesgo que se produce en estos locales, debido a la reducción de la resistencia eléctrica del cuerpo humano y de su contacto con el potencial de tierra.

*Volumen 0:* Este volumen está limitado por todo el espacio interior de la bañera o plato de ducha.

*Volumen 1:* Este volumen está limitado por el plano superior exterior al volumen 0 y el de mayor altura, entre plano horizontal correspondiente a la salida del agua del difusor fijo más alto, o el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo del local y la superficie vertical circunscrita a la bañera o al plato de ducha, incluyendo el espacio debajo de la bañera o del plato de ducha, siempre que este espacio sea accesible sin ayuda de una herramienta.

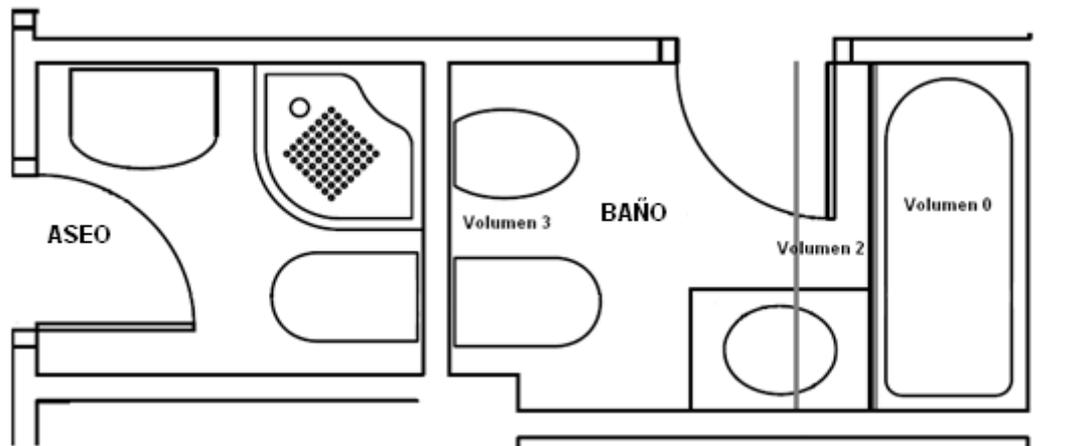
*Volumen 2:* Este volumen está limitado por la superficie vertical externa al volumen 1 y la superficie paralela vertical situada a 60 cm hacia el exterior de dicho volumen  $V_1$ , y por el suelo y el plano horizontal situado a 2,25 m paralelo al suelo. También si la altura del techo es superior a 2,25 m el volumen situado por encima del volumen 1 y hasta 3 m de altura será considerado como volumen  $V_2$ .

Para un mejor entendimiento, la siguiente figura muestra las limitaciones de los volúmenes.



**Figura 5.12.12. Volúmenes de seguridad en el baño**

Las viviendas del edificio constan de un cuarto de baño y un aseo. Las dimensiones del cuarto de baño son inferiores a los límite del volumen 3 por tanto, todo el cuarto debe que cumplir las restricciones de los volúmenes.



**Figura 5.12.13. Volúmenes de seguridad en el baño de las viviendas**

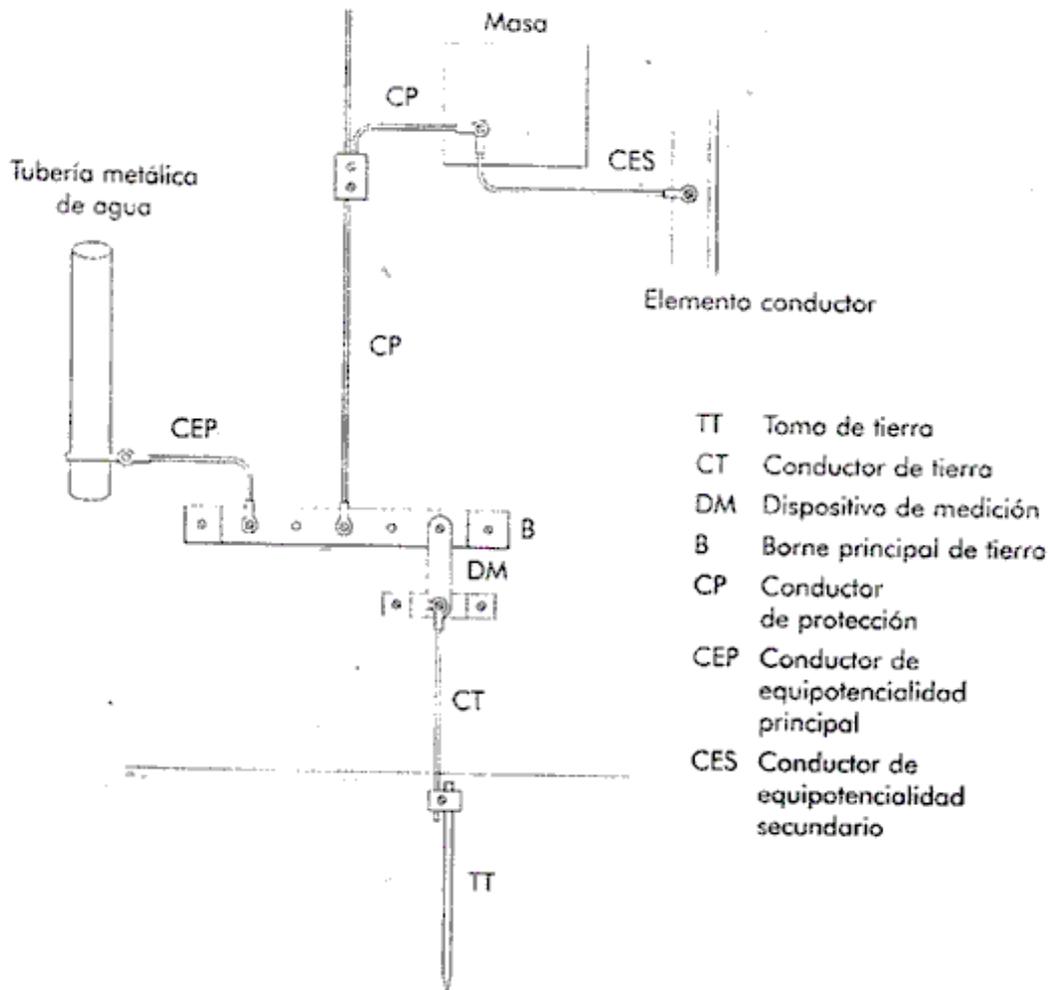
Referencia:

[1] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 11-12), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

### **5.13. Instalación de puesta a tierra**

Poner a tierra significa unir a tierra un punto de una instalación a través de un elemento apropiado, con objeto de conseguir que no existan diferencias de potencial peligrosas entre los elementos de una instalación. Igualmente debe permitir evacuar a tierra las corrientes de derivación o las descargas atmosféricas. En la instalación de puesta a tierra de un edificio se distinguen las siguientes partes: (Figura 16.1)

- Líneas de enlace con tierra.
- Electrodo o Toma de Tierra.
- Puntos de puesta a tierra, o bornes de puesta a tierra.
- Líneas principales de protección.
- Derivaciones.



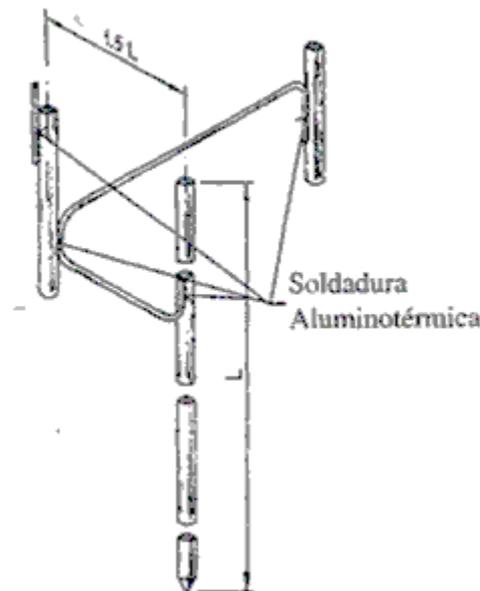
**Figura 5.13.1. Esquema de bloques de una puesta a tierra**

### **-Electrodo o Toma de tierra**

Los conductores de cobre utilizados como electrodos son de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022. La profundidad de enterramiento nunca será inferior a 0,50 m. Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Los electrodos artificiales son los establecidos con el exclusivo fin de obtener la puesta a tierra. Elegiremos un electrodo simple con forma de picas verticales. Los electrodos seleccionados serán de metales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno. Se utilizan preferentemente, y por tanto instalaremos, las picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud. Debe tenerse en cuenta que el recubrimiento de cobre ha de ser consistente y no un simple baño electrolítico, cuyo espesor es sólo de una miera, ya que los rozamientos derivados de clavar la pica en el terreno bastarían para eliminar la capa de cobre dada.

El subsuelo de Moratalaz presenta una resistividad superior a la superficial, por tanto se disminuye la resistencia clavando dos o más picas en paralelo. Cuando se empleen picas de tierra en paralelo, se conecta con soldadura aluminotérmica y sus campos de acción no deben interferirse, por lo cual es preciso mantener una cierta distancia entre ellas.



**Figura 5.13.2. Picas de tierra en paralelo**

#### - Puntos de puesta a tierra o bornes de puesta a tierra

Es el punto situado fuera del suelo y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. Se utiliza un puente de pletina de cobre de 4 mm de espesor. Se indica en la figura 5.13.3.



**Figura 5.13.3. Puente de pletina de cobre**

#### - Líneas de enlace con tierra

Son los conductores que unen los electrodos con el punto de puesta a tierra. Se utiliza conductores de cobre desnudo de 35 mm de sección mínima.



### **- Líneas principales de tierra**

Son las líneas que partiendo del punto de puesta a tierra, se conectan a los conductores de protección. La sección mínima no es inferior a 16 mm.

### **- Derivaciones de tierra**

Son los denominados conductores de protección que conectan las masas metálicas con las líneas principales de tierra. Son conductores aislados (color amarillo-verde) que acompañan a las líneas eléctricas.

### **- Red equipotencial**

Uno de los sistemas de protección de la clase A establecidos en el REBT, destinado a suprimir el riesgo mismo, es la red equipotencial, que consiste en unir todas las masas metálicas y elementos conductores entre sí, para evitar que puedan aparecer en cualquier momento diferencias de potenciales peligrosas entre ambos; la medida se complementa conectando a su vez la red equipotencial a tierra, evitando así la diferencia de potencial entre las masas y tierra lo que supone una medida de protección completa. Esta conexión equipotencial es obligatoria en los cuartos de baño y aseo de viviendas, debiendo conectar a la misma las canalizaciones metálicas de agua fría y caliente, desagües, calefacción, gas, etc.; así como las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores (marcos de puertas y ventanas, radiadores, etc.). Se procura que las conexiones equipotenciales hagan un buen contacto y no están interceptadas por pinturas o barnices de los elementos a unir.

### **- Resistividad del terreno**

El factor físico que preside la instalación de tierras es la resistividad del terreno, que, así como en los metales es una característica constante, en los terrenos es muy variable ya que depende de los siguientes factores: naturaleza geológica, humedad, temperatura, salinidad del terreno...

Es evidente que con terrenos cuya resistividad sea muy elevada, nunca se podrá conseguir una buena toma de tierra, por ello al realizar la toma de tierra en estos terrenos se debe rellenar de materiales de resistividad favorable, o bien, en casos de resistividades muy elevadas, se debe tratar el terreno afectado alrededor de los electrodos. Los tratamientos utilizados pueden ser:

- Tratamiento con sales.
- Tratamiento con geles.
- Tratamiento por abonado electrolítico.

En el análisis y los cálculos llevados a cabo llegamos a las siguientes conclusiones: el terreno para la construcción ha sido catalogado como ‘Arena y gravas arcillosas, rocas’ y ‘Granitos compactos y gneis muy alterados’. Debido al cumplimiento de unos mínimos, la toma de tierra necesitará 6 picas de 2 m de longitud con una distancia mínima entre ellas de 4 m.

Referencia:

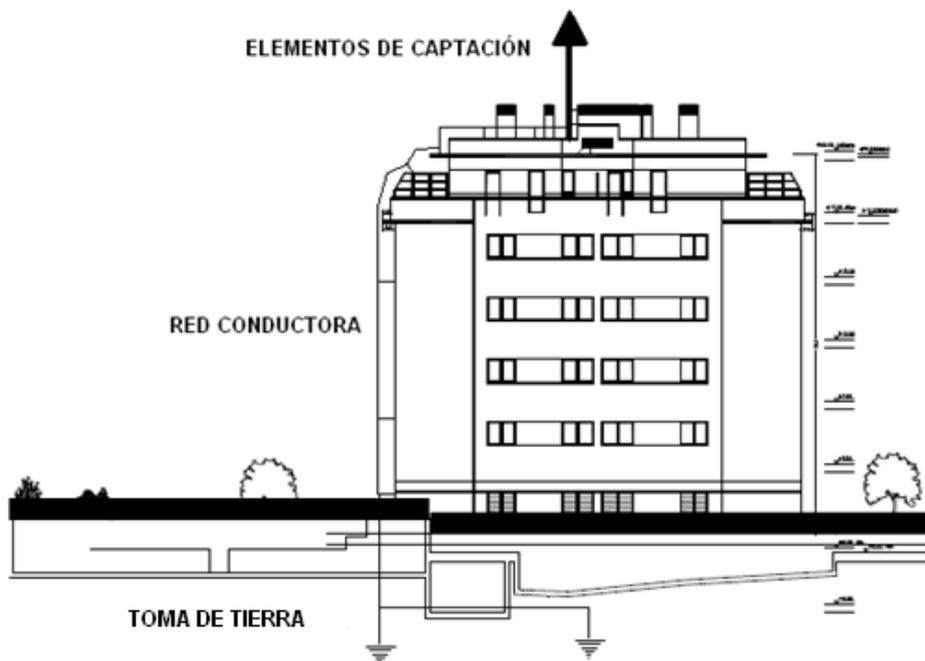
[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-18, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 12), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

### 5.14. Instalación de pararrayos

La instalación consta de tres partes perfectamente definidas y se representan en la siguiente figura:

- Elementos de captación
- Red conductora
- Toma de Tierra
- Dispositivos de protección interior



**Figura 5.14.1. Instalación de elementos del pararrayos**

El diseño de esta instalación se realiza de forma que todo el edificio a proteger, quede dentro del volumen protegido, según el tipo de pararrayos seleccionado, procurando siempre su total independencia de otras instalaciones. Los elementos de la



instalación se dimensionan por capacidad térmica y por resistencia mecánica. Las intensidades de descarga se suelen estimar para 50, 70 ó 100 kA.

Ya que los cálculos indican que el edificio de viviendas tiene un nivel 4 de protección (nivel mínimo de protección), tomaremos las dimensiones de los elementos para los mínimos valores aconsejables.

#### *Red de conductores:*

La norma aconseja que los conductores de cable de cobre tengan una sección entre 70 ó 100 mm<sup>2</sup>, por tanto tomaremos una sección de 70 mm<sup>2</sup> ya que el nivel de protección es el mínimo (nivel 4). Las uniones mediante soldadura aluminotérmica.

#### *Elementos de captación y anclajes:*

- Barras o tubos de captación de cobre: Diámetro-espesor (mm) 10-1, 16-1, 20-1,2.
- Tubo de acero cobreado, espesor mínimo 2 mm.
- Mástiles: se dimensionan aplicando un esfuerzo mínimo de 30 kg en punta, más viento, aplicados horizontalmente (resistencia a flexión). Diámetro del tubo mínimo de 50 mm.
- Anclajes: empotramientos mínimos de 10 cm tomados con mortero de cemento, 1:3; palomillas de L 50 x 50 x 5 y T de 30 x 4; grapas de fijación, cada metro como máximo.

#### Referencia:

- [1] “Normas Tecnológicas de la Edificación”, Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio
- [2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 22), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

## **6. Instalación domótica**

La domótica es un sistema de automatización, gestión técnica de energía y seguridad para las viviendas. Los sistemas domóticos se caracterizan por disponer de control integrado de múltiples equipos cuyos fines principales son:

- Aumentar el confort.
- Gestión técnica de la energía.
- Garantizar la seguridad de personas, animales y bienes.
- Comunicación del sistema con las redes externas de telecomunicaciones y los propietarios de la vivienda.

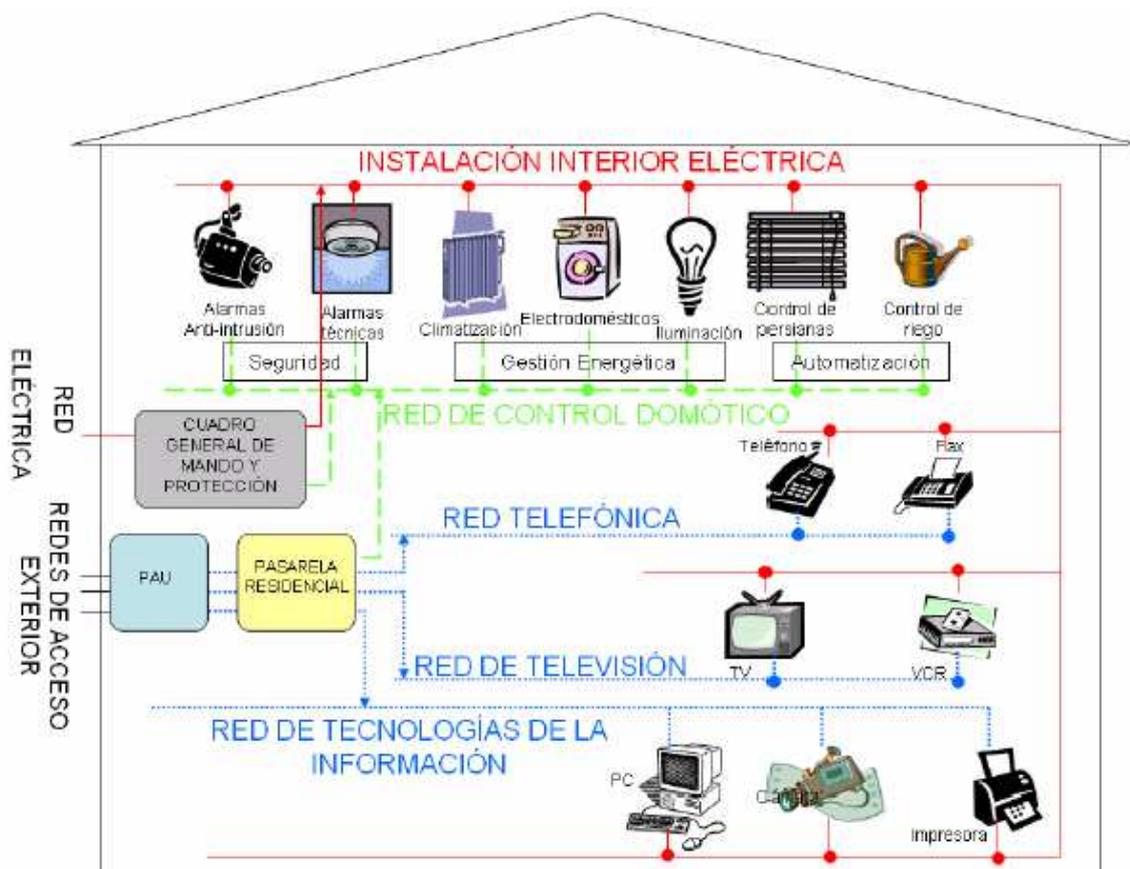
La red de control del sistema domótico se integra con la red eléctrica de la vivienda para coordinarse con la televisión, telefonía y tecnologías de la información, cumpliendo su normativa correspondiente.

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: Guía BT-51, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

## 6.1. Introducción

En la figura 6.1 se muestran las redes que pueden convivir en una instalación de una vivienda: red interior eléctrica, red telefónica, red de tecnologías de la información, red de control domótico, etc.



**Figura 6.1. Redes de una instalación**

Definiciones que hay que conocer:

- **Nodo:** es la unidad que recibe y procesa la información. Dicha información se comunica cuando proceda y dentro del mismo sistema.
- **Actuador:** es el dispositivo encargado de realizar el control de un elemento del sistema. Controla los elementos como los motores de persianas, las electroválvulas de agua, los reguladores de luz, etc.
- **Dispositivo de entrada:** es el mando distancia, el teclado, la pantalla táctil, el sensor u otro elemento que envía la información al nodo.



Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: Guía BT-51, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

## **6.2. Requisitos generales de la instalación: normativa y reglamentación**

Los requisitos de Seguridad y Compatibilidad Electromagnética tienen que cumplir los dispositivos de entrada, nodos y actuadores, conforme a lo establecido en la legislación nacional que desarrolla la Directiva de Baja Tensión (73/23/CEE) y la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (89/336/CEE). La Instrucción Técnica Complementaria (ITC-BT-04) incorpora todos los requisitos anteriores.

HBES (Home and Electronic Systems – sistemas electrónicos para viviendas y edificios) es el nombre internacional de los sistemas domóticos. Actualmente la norma que define los requisitos técnicos es la UNE-EN 50090-2-2.

La REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) regula la instalación interior eléctrica (línea roja continua) y la red de control del sistema domótico (línea verde discontinua). En lo que se refiere a la red de control del sistema domótico es la seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

La RICT (Reglamento de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones) regula las redes de telefonía, televisión y tecnologías de la información (líneas azules de puntos). También es regulada por la REBT referente a la seguridad eléctrica.

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: Guía BT-51, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

## **6.3. Sistema X10**

X10 es un protocolo para enviar datos a través del cableado eléctrico doméstico estándar. El sistema eléctrico de la vivienda es como una red con una topología un poco usual. X10 aprovecha la red de cable ya existente para enviar señales de datos cuidadosamente mezcladas con la corriente eléctrica.

X10 es el nombre de tres cosas: el protocolo usado para comunicarse a través de la línea eléctrica, el nombre de la compañía que fabrica equipos para la automatización del hogar y la marca bajo la que se vende el equipo.

### **- Fundamentos del sistema X10**

El sistema X10 transmite la información a través de la instalación doméstica eléctrica. La sincronización se realiza con el paso por el cero de la corriente alterna. Un

1 binario se representa por un pulso de 100 KHz durante un milisegundo en el punto cero. Un 0 binario se representa por la ausencia de ese pulso de 100 KHz durante un milisegundo en el punto cero. Las transmisiones completas del código del sistema X10 necesitan once ciclos de corriente alterna. Significado de los once binarios:

- Los dos primeros son el código de inicio.
- Los siguientes cuatro binarios (cuatro ciclos) representan el código de la vivienda. Hay letras desde la A hasta la P, por ejemplo, A es 0000.
- Los últimos cinco binarios representan el código numérico (desde el 1 hasta el 16) o el código de función (acción de apagar, encender, cambio de la intensidad, etc.).

Los once binarios que representan un código de información se envían dos veces separando cada código por tres ciclos de la corriente. Existe la excepción de las funciones de regular la intensidad que es de forma continua, sin separar los códigos.

El protocolo X10 funciona enviando los códigos entre los equipos. Todos los módulos reconocen el protocolo y saben responder a las peticiones de incrementar la luz, apagar y encender. El sistema X10 envía las órdenes a toda la red eléctrica y todos los equipos X10 están esperando recibir órdenes. Cuando la dirección concuerde con el equipo, éste actúa; en caso contrario, no tiene en cuenta la orden y sigue esperando una orden para él.

Cada módulo X10 necesita estar configurado para escuchar su dirección. Especificamos los códigos de casa y de unidad por separado, por lo general girando los diales al frente del módulo, como se muestra en el módulo de lámpara de la figura 6.3.1.



**Figura 6.3.1. Use los diales de casa y de unidad para establecer la dirección de un módulo**



### **- Ventajas del sistema X10**

**Fácil instalación:** no es necesario la instalación de cableado adicional, debido al uso de la red doméstica para transmitir los datos. Dependiendo equipos X10 del sistema X10, uno necesitan la conexión a la red eléctrica y otros funcionan con baterías.

**Flexibilidad:** es un sistema modular que permite futuras ampliaciones. El propio propietario es capaz de mejorar el sistema por la facilidad del mismo.

**Ahorro:** los precios de los equipos son muy asequibles. Además el sistema X10, y los sistemas domóticos en general, permite el ahorro en el consumo eléctrico de la vivienda.

**Sencillez:** los equipos X10 son muy simples a diferencia de otros sistemas cuyos equipos tienen mayor complejidad.

**Personalización:** el propietario de la vivienda puede configurar de una forma sencilla el sistema, ya que difiere del tipo de propietario: familias con hijos, personas solteras, etc.

**Funcionalidad:** el sistema X10 permite integrar seguridad, gestión de energía y confort en un sistema sencillo.

ESTRUCTURA DEL SISTEMA X-10



Figura 6.3.2. Estructura del sistema X10

Referencia:

- [1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: Guía BT-51, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- [2] Gordon, Meyer, “Domótica: Los mejores trucos” (Capítulo 1), 1ª edición, año 2005.
- [3] “Domodesk: todo en domótica”, [www.domodesk.com](http://www.domodesk.com)



#### **6.4. Funcionalidades y características del sistema domótico instalado**

Por nombrar alguna de las posibles funcionalidades que tendrán a su disposición los inquilinos de la vivienda:

- Dormir la casa por la noche
- Motorizar las persianas/toldos
- Evitar robos
- Control de la temperatura

##### **- Dormir la casa por la noche**

El sistema X10 permite de un modo automático o mediante pulsadores que se desconecte la iluminación de la vivienda, se asegure que la vivienda está cerrada y preparar el sistema de seguridad. Un modo sencillo de activar la serie de comandos es tener un PalmPad/Minicontrolador en la mesilla de noche, dispositivos que se describe en los siguientes apartados.

##### **- Motorizar las persianas/toldos**

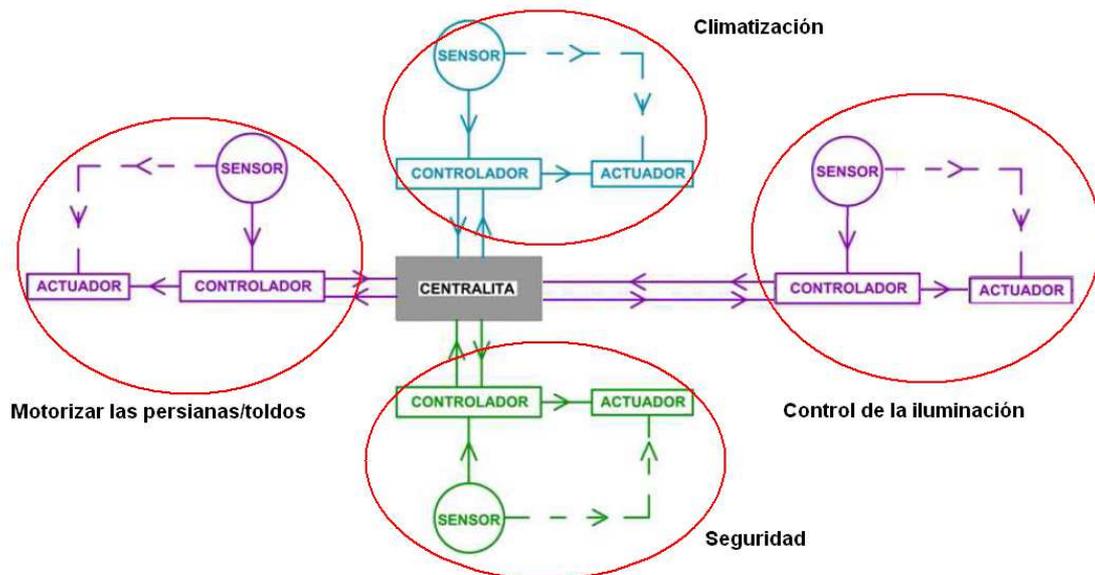
Las persianas y toldos de la vivienda se mueven por medio de un motor eléctrico. Se dispone de un mando a distancia (Llavero X10), apretando un botón en un pulsador o mediante un automatismo (el propio sistema X10).

##### **- Evitar robos**

Uno de los mejores modos de evitar que roben es evitar que los ladrones descubran que no se está en la vivienda. El propio sistema X10 permite engañar a todo el mundo de que la casa está ocupada, mediante el encendido de luces, movimiento de persianas, la presencia de un perro...

##### **- Control de la temperatura**

La monitorización del sistema de climatización, permite programar todas las temperaturas de confort que se desean en la vivienda, ya sea de manera global o especificar temperaturas distintas para las diferentes áreas de la vivienda, cumpliendo con la normativa vigente: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).



**Figura 6.4.1. Módulos del sistema X10**

El sistema domótico de la vivienda se caracterizará por cuatro bloques esenciales:

- Climatización
- Control de la iluminación
- Seguridad
- Motorizar las persianas/toldos
- Otros: control de los electrodomésticos...

La centralita se encargará de utilizar los bloques necesarios para cumplir las órdenes. En el caso de la funcionalidad de “Dormir la casa por la noche”, el sistema se encarga de coordinar los bloques de seguridad y control de la iluminación para asegurarse de que la casa se encuentra cerrada en puertas y ventanas y con todas las luces apagadas. En otra funcionalidad como el control de la temperatura, la centralita operará con los bloques de control de iluminación, climatización y motorización de persianas/toldos para garantizar una temperatura con el máximo ahorro de energía.

Referencia:

- [1] “Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios”, Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio.
- [2] Gordon, Meyer, “Domótica: Los mejores trucos” (Capítulo 1), 1ª edición, año 2005.
- [3] “Endesa”, [www.endesaonline.es](http://www.endesaonline.es)
- [4] “Motoriza tus persianas”, [www.motorizatuspersianas.com](http://www.motorizatuspersianas.com)

## 6.5. Componentes del sistema X10

Después de conocer las funcionalidades de la vivienda domótica hace falta saber que componentes son los necesarios. A continuación se describen los componentes utilizados del sistema X10 y la ubicación en la vivienda.

### 6.5.1. Componentes básicos

Los componentes básicos se localizan debido a su fácil acceso en el vestíbulo de la vivienda, como se indica en el siguiente plano. Estos componentes son:

- Controlador táctil X10
- Ordenador
- W800RF32
- Transmisores receptores

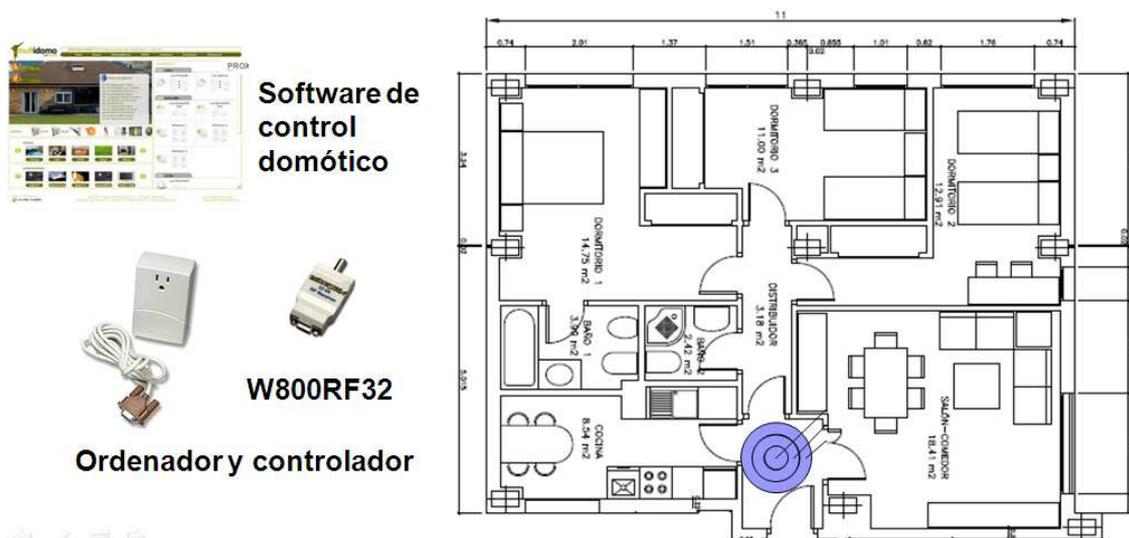


Figura 6.5.1.1. Componentes básicos del sistema X10

#### - Controlador táctil X10

El controlador está diseñado para integrar los diferentes sistemas de control:

- X10
- Puerto Ethernet: conexión desde PC, PDA o Internet
- Pantalla táctil LCD.
- Imagen corporativa de la pantalla principal configurable.
- Gestión de climatización, alarmas técnicas, luces, motores, aparatos.
- Programaciones, escenas, simulación de presencia.

Un interfaz de cable de corriente, llamado controlador, es una caja que permite al ordenador enviar y recibir comandos X10. La interfaz de cable de corriente funciona

como un traductor que habla X10, que traduce y envía al ordenador a través del puerto serie.



**Figura 6.5.1.2. Controlador**

#### **- Ordenador**

Un ordenador que pueda estar siempre funcionando, para ejecutar continuamente los programas de automatización de la vivienda. El ordenador envía comandos al controlador; los comandos se convierten en idioma X10 y se envían por la línea eléctrica a todos los módulos.

#### **- W800RF32**

W800RF32 conecta el PC usando un cable de serie y escucha las señales que proceden de los dispositivos inalámbricos X10 normales, como los Palm Pads y detectores de movimiento, y de módulos de seguridad. Las señales se envían directamente al sistema de automatización del hogar mediante una conexión serie, lo que significa que llegan más rápidamente y fiablemente al sistema que los que llegan de un transmisor receptor.



**Figura 6.5.1.3. W800RF32 de WGL & Associates**

### **- Cerebro a la vivienda inteligente: ordenador y conversor ordenador - X10**

Un ordenador que pueda estar siempre funcionando, para ejecutar continuamente los programas de automatización de la vivienda. También necesitaremos un interfaz de cable de corriente, llamado controlador, que es una caja que permite al ordenador enviar y recibir comandos X10. La interfaz de cable de corriente funciona como un traductor que habla X10, que traduce y envía al ordenador a través del puerto serie. El ordenador, en cambio, puede enviar comandos a la interfaz; los comandos se convierten en idioma X10 y se envían por la línea eléctrica a todos los módulos.



**Figura 6.5.1.4. Un interfaz de cable de corriente**

### **- Transmisores receptores**

Los transmisores receptores (figura 1.6) son un vínculo esencial en el X10 inalámbrico. Sólo se necesita uno para cada código de casa que vayan a usar sus dispositivos inalámbricos.



Figura 6.5.1.5. Transmisor receptor del X10 inalámbrico

## 6.5.2. Componentes para la climatización

Los componentes se localizan en el siguiente plano de la vivienda. Para conseguir la funcionalidad hacen falta los elementos:

- Digimax 210
- Módulo electrodomésticos X10
- Minicontrolador X10
- PalmPad

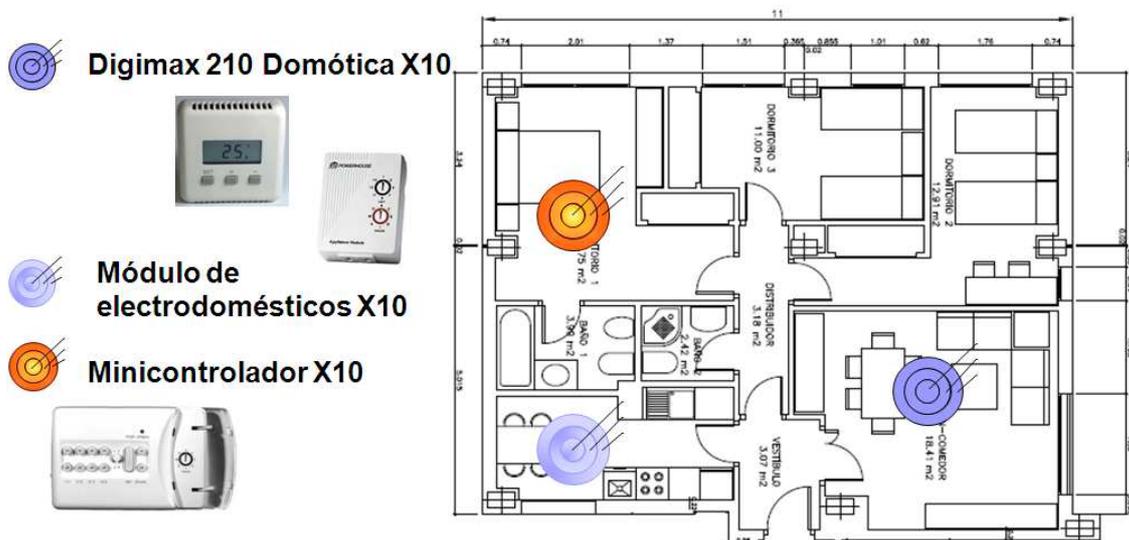


Figura 6.5.2.1. Componentes para la climatización

### - Digimax 210

El termostato DIGIMAX 210 es el complemento ideal cuando se desea incluir el sistema de climatización (calefacción y/o aire acondicionado) dentro de la instalación X-10. Es posible conectar hasta cuatro termostatos DIGIMAX 210 a una única consola para crear cuatro zonas independientes de climatización.



**Figura 6.5.2.2. Digimax 210 Domótica X10**

### - Módulo de electrodomésticos X10

El módulo de electrodomésticos X10 puede convertir ventiladores, cafeteras, hornos eléctricos, etc. en electrodomésticos integrados en el sistema domótico añadiendo este pequeño módulo. Este módulo puede controlar cualquier equipo que se encienda y apague. Tiene que responder a las órdenes de conectado y desconectado.



**Figura 6.5.2.3. Un módulo de electrodoméstico X10**

Algunos electrodomésticos no pueden controlarse usando este módulo porque no tienen un interruptor que siga en posición de encendido cuando se corta la electricidad al electrodoméstico. Así es como funciona el módulo de electrodoméstico: controla el flujo de electricidad al electrodoméstico conectado. También existe una limitación del módulo con el tema de la intensidad y potencia admisibles, inferior a 15 A o 300 W.

### - Minicontrolador X10

El modo más común de enviar una orden X10 es mediante un minicontrolador, que es una pequeña caja (figura 1.3) que se conecta a una toma de corriente y que tiene una serie de interruptores que envían señales de encendido y apagado a direcciones

X10. Ajuste el dial del minicontrolador a un código de casa y pulse uno de los botones numerados para enviar una orden.



**Figura 6.5.2.4. Un minicontrolador**

Los minicontroladores son útiles para enviar órdenes directamente a un módulo, pero sirven mejor para comunicarse con sus programas de automatización del hogar, en los que una sola pulsación de botón puede iniciar una serie de comandos que ejecutan toda una serie de sucesos. Los minicontroladores son muy útiles y es recomendable tener uno o dos por la casa.

#### **- Palm Pad**

El control a distancia Palm Pad es muy versátil, como puede ver en la figura 1.5. Permite enviar órdenes a las 16 direcciones de un único código de casa.



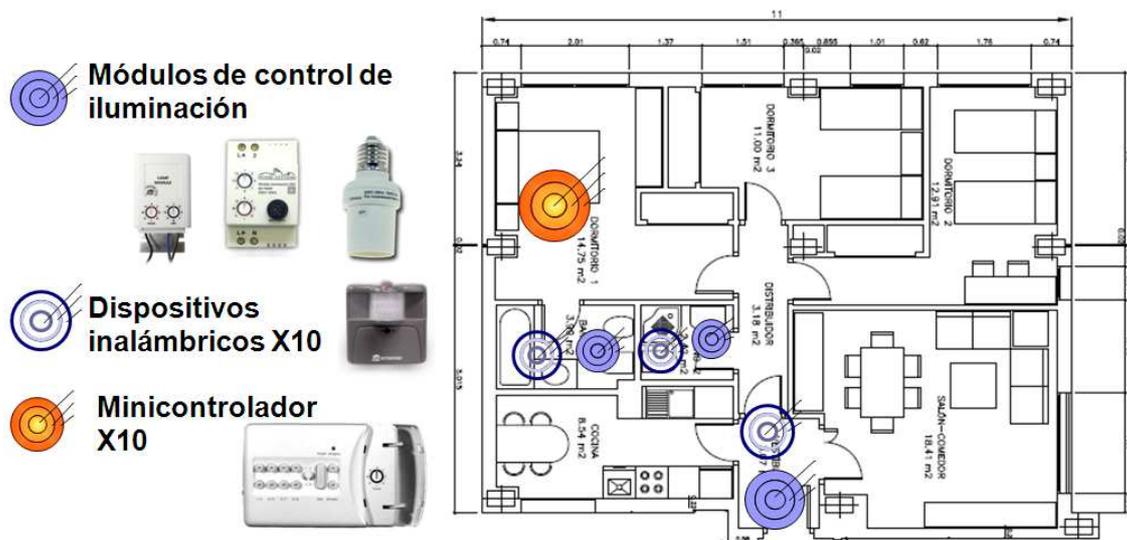
**Figura 6.5.2.5. Controlador a distancia Palm Pad**

### 6.5.3. Componentes para la iluminación

Los componentes se localizan en el siguiente plano de la vivienda. Para conseguir la funcionalidad hacen falta los elementos:

- Módulo de control de iluminación
- Dispositivos inalámbricos X10 (Detector de movimiento)
- Minicontrolador X10
- PalmPad

El Minicontrolador y PalmPad ya fueron descritos en los componentes para la climatización.



**Figura 6.5.3.1. Componentes para la iluminación**

#### - Módulos de control de iluminación

El Módulo permite mediante el sistema X-10, el encendido/ apagado y la regulación de brillo +/- de la lámpara conectada.



### Figura 6.5.3.2. Módulo X10 para control de Iluminación con fijación a pared

El módulo DIN se usa para controlar la iluminación en salones, comedores o salas de estudio e iluminación exterior. Es ideal para programar escenarios o simulaciones de presencia desde el PC (PAU) o para controlar manualmente los ambientes de iluminación con cualquiera de los mandos de control X-10.



### Figura 6.5.3.3. Módulo X10 para control de Iluminación para carril DIN

El Módulo de Lámpara –casquillo rosca- LM15 es un dispositivo del Sistema X-10, que se instala en el casquillo E-27 tradicional de las lámparas, y en él se enrosca la bombilla. Al recibir a través de la red eléctrica las ordenes destinadas a él, enciende o apaga la bombilla incandescente que tenga conectada.



### Figura 6.5.3.4. Módulo X10 para control de Lámpara de casquillo

### - Dispositivos inalámbricos X10 (Detector de movimiento)

Los controles a distancia inalámbrica son herramientas útiles para los automatizadores de la vivienda. Todos los dispositivos inalámbricos X10 funcionan transmitiendo una señal de radiofrecuencia (RF) a un receptor cercano que está conectado a una toma de corriente alterna. El receptor convierte la orden y la envía a la línea eléctrica para que los otros dispositivos, incluyendo a su ordenador y sus programas de automatización del hogar, puedan verla. Estos dispositivos se llaman transmisores receptores.

Los detectores de movimiento son un elemento clave para cualquier casa inteligente. Los detectores de movimiento permiten al sistema reaccionar ante los miembros de la vivienda y las visitantes mientras se muevan por la casa.



**Figura 6.5.3.5. Un detector de movimiento X10**

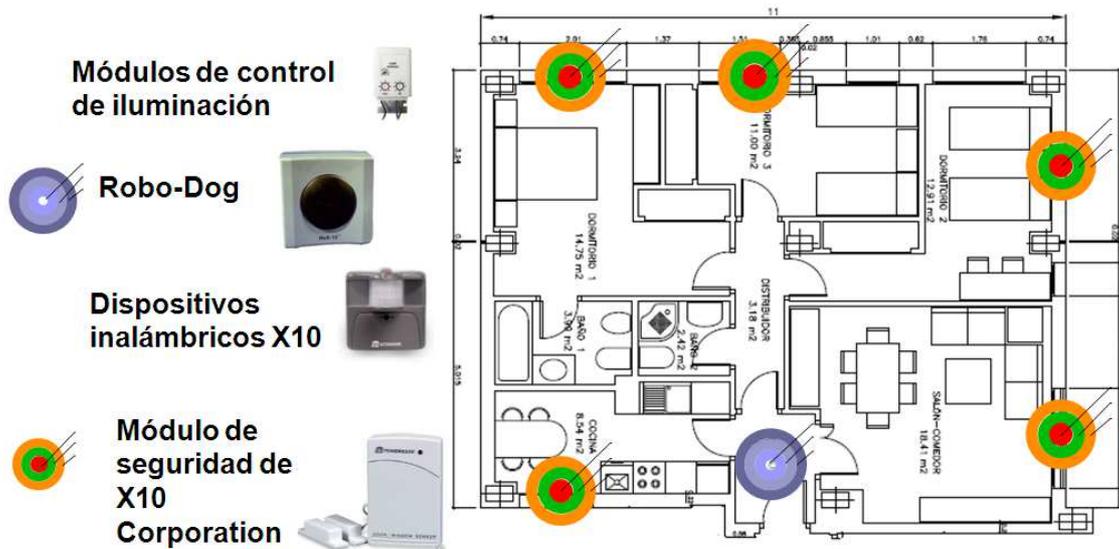
El rango de transmisión del detector es de aproximadamente 7 metros y medio, pero varía dependiendo de la potencia de las pilas y de la estructura de la vivienda. Los detectores de movimiento usan infrarrojos pasivos (IRP) para detectar si algo de su entorno se está moviendo. Ven el mundo en términos de temperatura y detectan el movimiento buscando patrones de calor en movimiento.

#### **6.5.4. Componentes para la seguridad**

Los componentes se localizan en el siguiente plano de la vivienda. Para conseguir la funcionalidad hacen falta los elementos:

- Módulo de control de iluminación
- Rob-Dog
- Dispositivos inalámbricos X10
- Módulo de seguridad de X10 Corporation

El Dispositivo inalámbrico y Módulo de control de iluminación ya fueron descritos en los componentes para la iluminación.



**Figura 6.5.4.1. Componentes para la seguridad**

**- Robo-Dog**

Robo-Dog para simular el ladrido de un perro.



**Figura 6.5.4.2. Robo-Dog X10**

**- Módulo de seguridad de X10 Corporation**

Son módulos cuya finalidad es indicar el estado de abierto/cerrado de las ventanas y puertas. Envían las señales correspondientes a la unidad central de automatización. Los módulos de seguridad de X10 Corporation, como el sensor de ventana, no pueden comunicarse con el equipamiento de automatización del hogar X10 a menos que usemos un receptor inalámbrico que sirva de traductor.



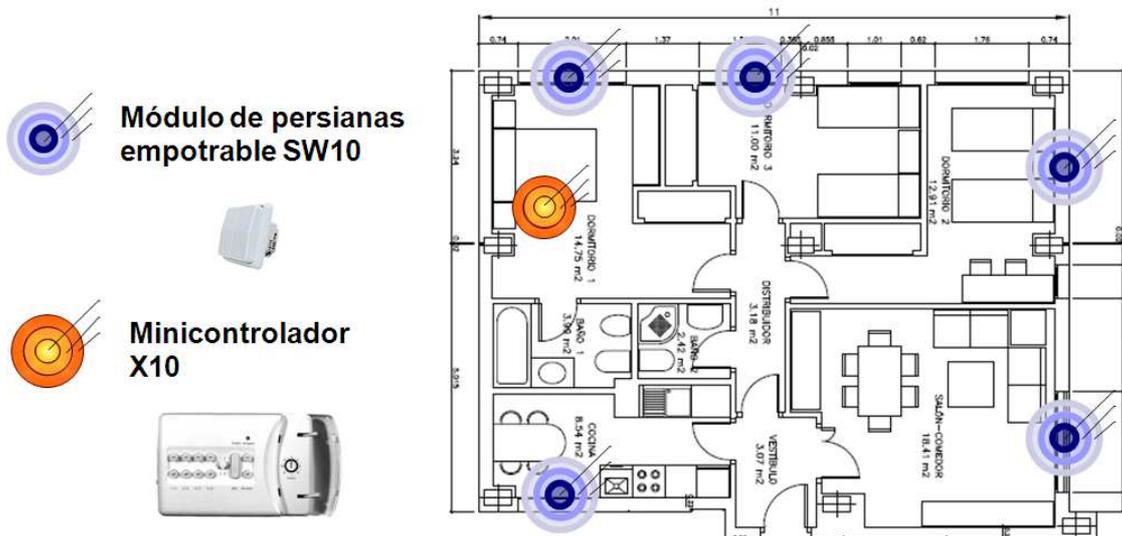
**Figura 6.5.4.3. DS10A Powerhouse Door/Window Sensor X10 Corporation**

### 6.5.5. Componentes para motorizar persianas

Los componentes se localizan en el siguiente plano de la vivienda. Para conseguir la funcionalidad hacen falta los elementos:

- Módulo de persianas empotrable SW10
- Minicontrolador X10

El Minicontrolador ya fue descrito en los componentes para la iluminación.



**Figura 6.5.5.1. Componentes para motorizar persianas**

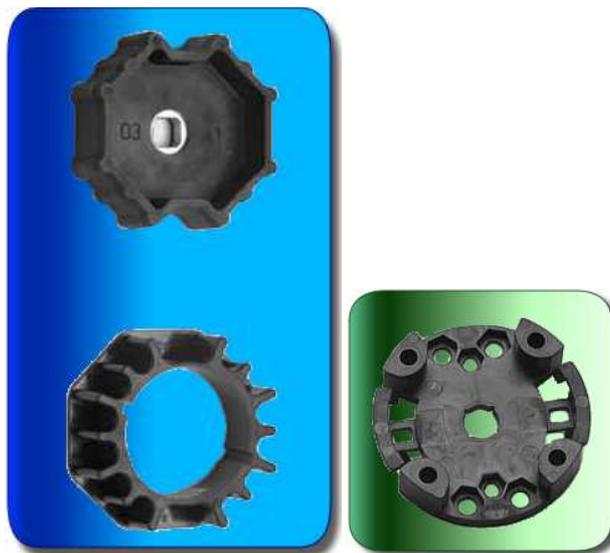
#### - Elementos para motorizar las persianas de la vivienda

*Adaptadores:* Son unas piezas que hacen que el motor tubular se acople perfectamente al interior del eje con la forma de este.

*Soportes:* El eje de la persiana, por una parte está "anclado" mediante un soporte y por el otro lado gira libremente sobre la base de unos rodamientos. Estos motores no van anclados directamente a la pared, es el soporte en que va anclado y luego el motor encaja en el soporte.



**Figura 6.5.5.2. Elementos de un motor tubular**



**Figura 6.5.5.3. Adaptadores y soporte**



**Figura 6.5.5.4. Pulsador basculante**

#### **- Módulo de persianas empotrable SW10**

Recibe las señales X-10 inyectadas en la red eléctrica a través de los diferentes sistemas X10 y “Sube” o “Baja” la persiana o toldo motorizado que esté conectada al circuito.



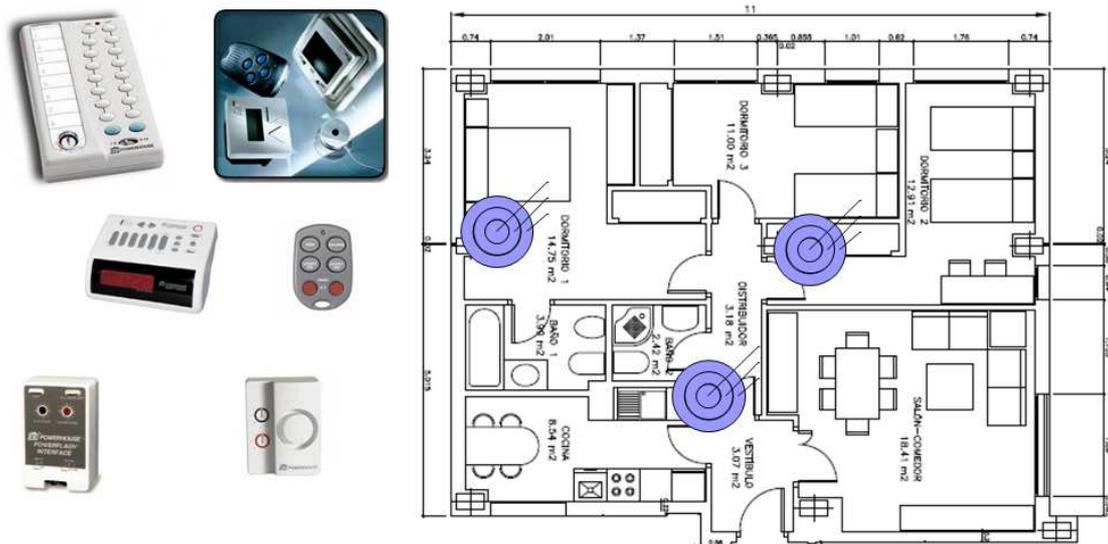
**Figura 6.5.5.5 Módulo de Persianas Empotrable SW10**

#### **6.5.6. Componentes para otras funcionalidades**

Los siguientes componentes sirven para mejorar las funcionalidades ya descritas. Se dispone de un llavero para darle el uso de mando a distancia a subir/bajar toldos y persianas de la vivienda. Se dispone de un Mini Timer para encender las luces e ir preparando el café por las mañanas. E incluso el propio sistema X10 permite añadir nuevas funcionalidades usando los componentes ya descritos o los empleados en las funcionalidades anteriores.

Todos los componentes extras que se dispone son:

- Llavero X10
- Módulo timbre
- Módulo Powerflash
- Mini Timer X10



**Figura 6.5.6.1. Componentes para otras funcionalidades**

### - Llaverero X10

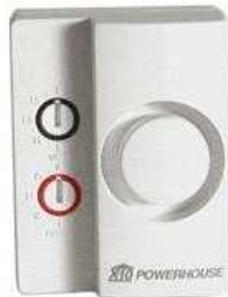
Son pequeños controladores a distancia que son llaveros, como el que aparece en la figura 1.4., capaz de enviar órdenes On u Off a una o dos direcciones.



**Figura 6.5.6.2. Típico controlador a distancia llaverero**

### - Módulo timbre

El módulo de timbre proporciona un modo sencillo de añadir avisos sonoros al sistema de automatización de la vivienda. El módulo de la figura 1.8 es muy simple, cuando reciba una orden On sonará tres veces como el de un timbre.



**Figura 6.5.6.3. Un módulo de timbre**

### - Módulo Powerflash

Es una herramienta básica para saber lo que está sucediendo en su casa porque podemos usarlo para activar prácticamente cualquier interruptor o sensor de un dispositivo de señales compatible con X10 y hacer que su casa reaccione automáticamente a cambios en las condiciones y estados. Gracias a Powerflash y a la amplia variedad de sensores que suele haber disponibles, podemos integrar casi cualquier aspecto que queremos supervisar de la casa inteligente (agua, puntos de temperatura, detectores de corriente, esteras de presión, sensores de rotura de cristales y mucho más) y casi cualquiera de ellos puede ponerse al alcance de su controlador de automatización del hogar.



**Figura 6.5.6.4. Módulo Powerflash**

### - Mini Timer X10

Si quiere que las luces se enciendan solas a determinada hora del día o de la noche, puede usar un temporizador compatible con X10, como el Mini Timer que se muestra en la figura siguiente. Esta caja se enchufa al enchufe de la pared y se puede programar para encender y apagar las luces, hasta dos veces al día.



**Figura 6.5.6.5. Un Mini Timer X10**

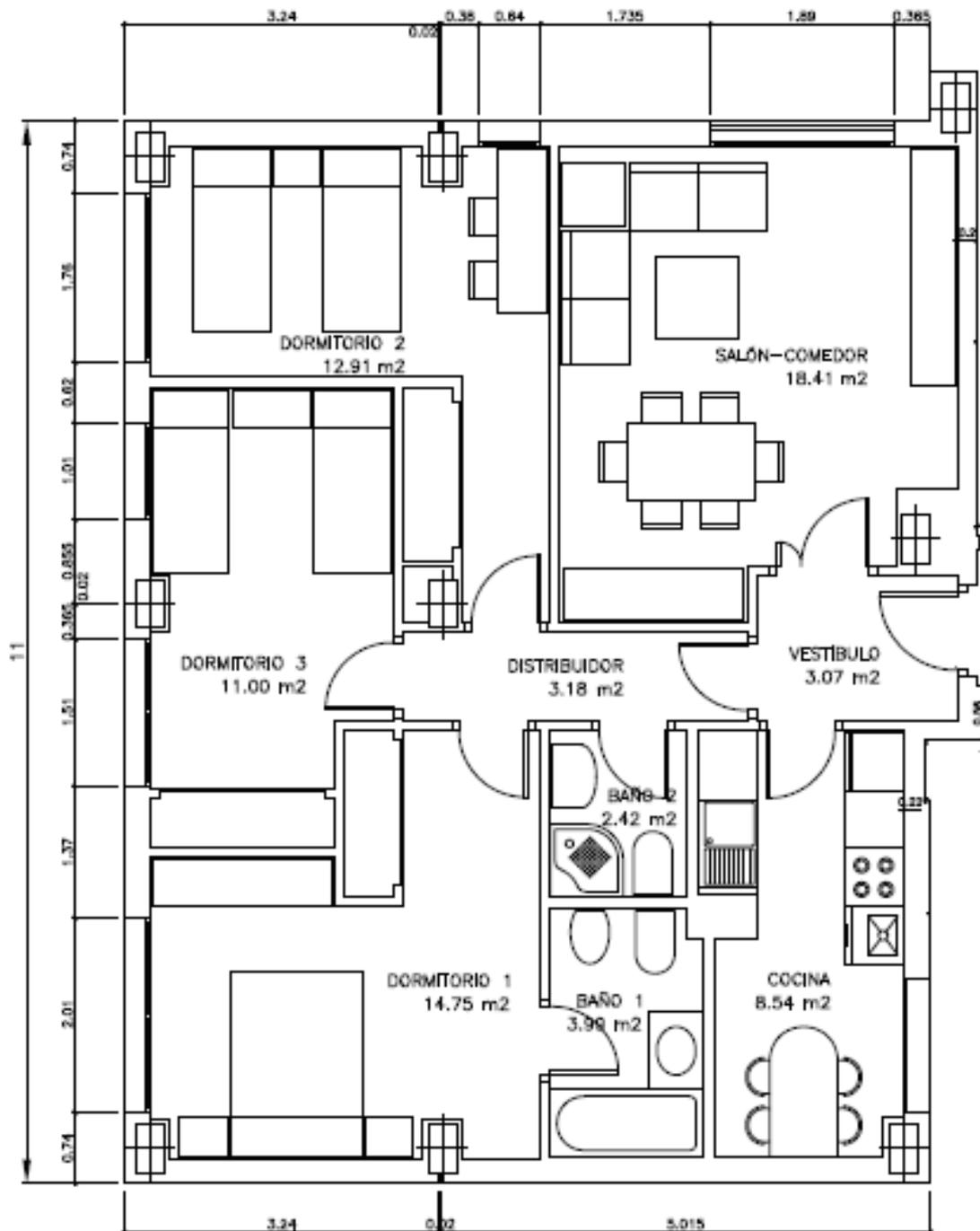
El Mini Timer también tiene un modo de seguridad que modifica la programación de encendido y apagado introducida para que parezca que hay gente en casa. También puede usarlo como despertador y, opcionalmente, hacer que encienda la cafetera a una hora determinada.

Referencia:

- [1] Gordon, Meyer, “Domótica: Los mejores trucos” (Capítulo 1), 1ª edición, año 2005.
- [2] “Dómotica y Seguridad”, [www.domoticayseguridad.com](http://www.domoticayseguridad.com)
- [3] “La tienda de Domótica”, [www.latiendadedomotica.com](http://www.latiendadedomotica.com)
- [4] “Motoriza tus persianas”, [www.motorizatuspersianas.com](http://www.motorizatuspersianas.com)

## 6.6. Localización de los elementos

Un análisis de la vivienda es necesario para optimizar la instalación domótica y minimizar gastos innecesarios. A continuación se irá planteando un escenario de los elementos domóticos en cada habitación considerando válida la distribución de electrodomésticos y muebles que aparece en el siguiente plano de la vivienda.

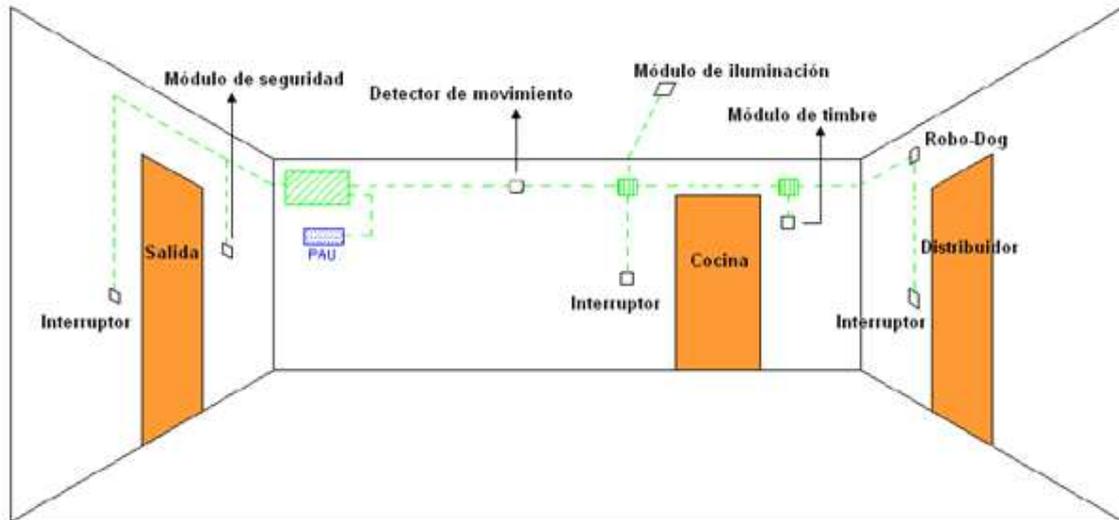


**Figura 6.6.1. Plano de la vivienda**

En el apartado anterior se describe los elementos básicos domóticos de modo general para las funcionalidades que se pretenden. Este apartado se centra en ubicar cada elemento en la vivienda, sin importar que funcionalidad desempeñe.

En el vestíbulo se instala el ordenador del sistema de automatización de la vivienda. El ordenador posee instalado un módulo de estado que es simplemente un

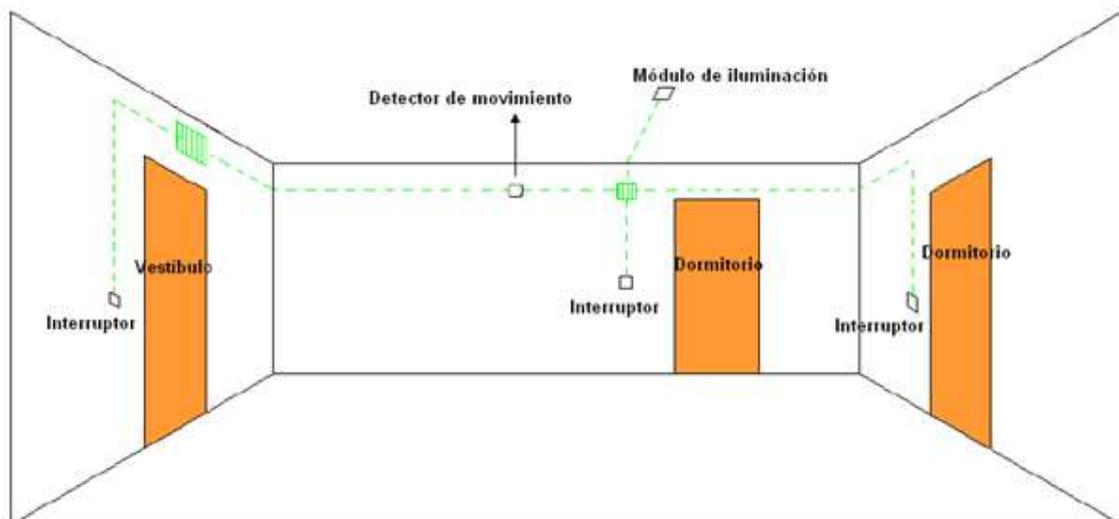
modo lógico de seguir la pista a las condiciones y sucesos clave para que pueda decidir cómo reaccionar cuando algo cambia.



**Figura 6.6.2. Vestíbulo**

**Vestíbulo:** Se agrupan los componentes en sus funcionalidades principales:

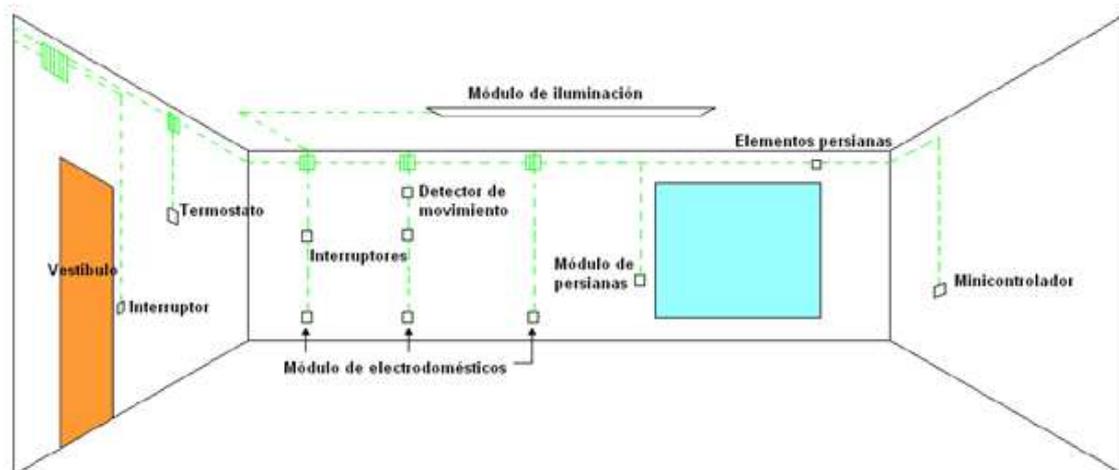
- Seguridad: Robo-Dog, módulo de timbre X10 y detector de movimiento.
- Iluminación: Módulo X10 para control de Iluminación de pared y de casquillo, interruptores de luz.
- Control: Ordenador



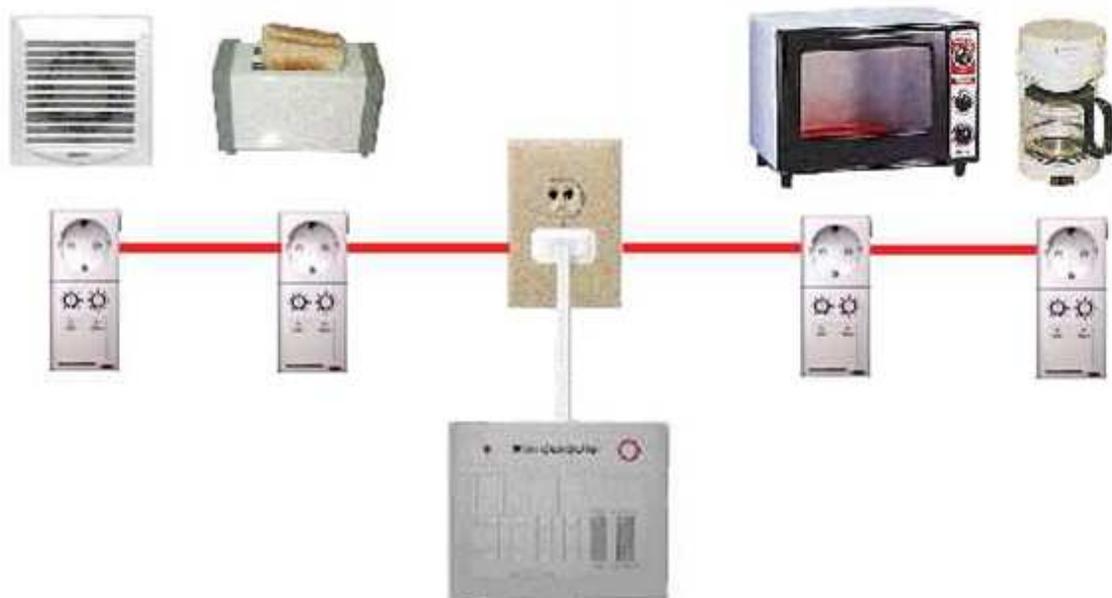
**Figura 6.6.3. Distribuidor**

**Distribuidor:** Se agrupan los componentes en sus funcionalidades principales:

- Seguridad: Detector de movimiento.
- Iluminación: Módulo X10 para control de Iluminación de pared y de casquillo, interruptores de luz.



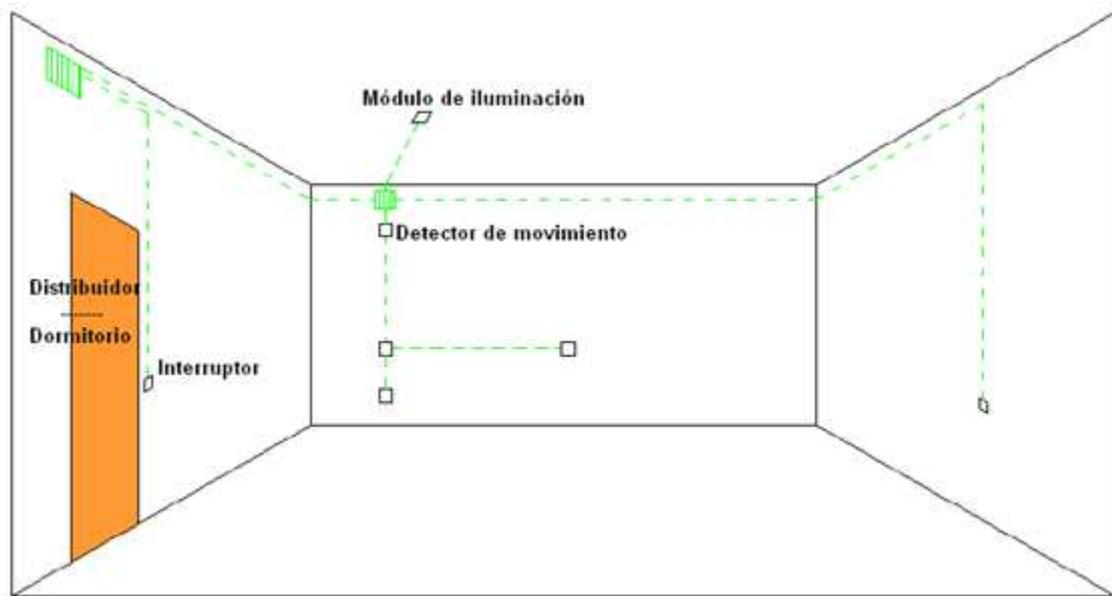
**Figura 6.6.4. Cocina**



**Figura 6.6.5. Cocina**

**Cocina:** Se agrupan los componentes en sus funcionalidades principales:

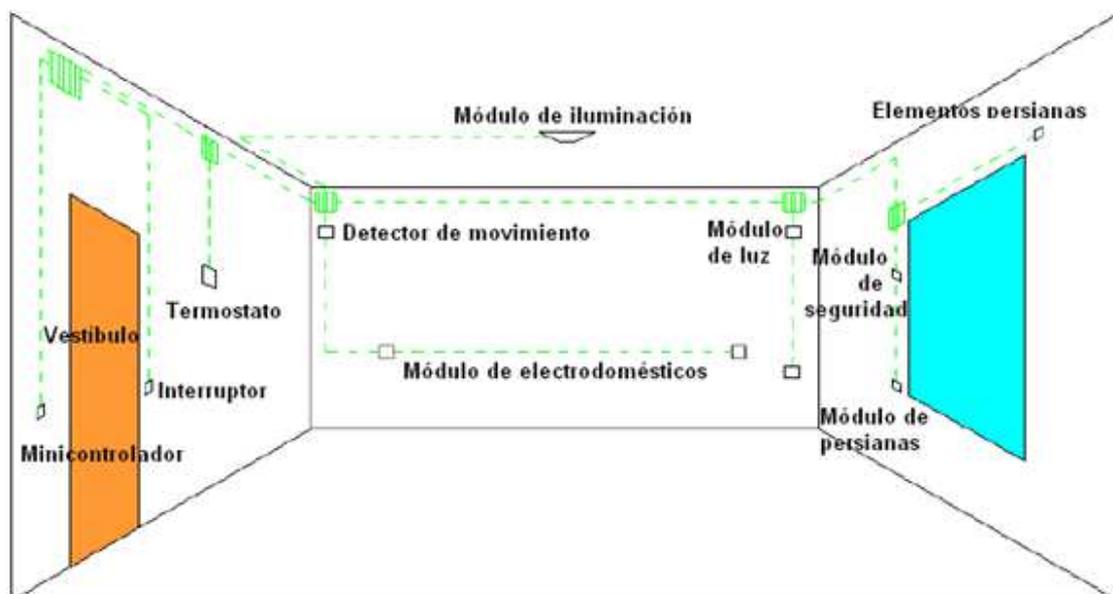
- Seguridad: Detector de movimiento.
- Iluminación: Módulo X10 para control de Iluminación de pared y de casquillo, interruptores de luz.
- Control: minicontrolador
- Climatización: termostato
- Control persianas/toldos: módulo y elementos de persianas
- Control electrodomésticos: módulo e interruptores de electrodomésticos



**Figura 6.6.6. Baño**

**Baño:** Se agrupan los componentes en sus funcionalidades principales:

- Seguridad: Detector de movimiento.
- Iluminación: Módulo X10 para control de Iluminación de pared y de casquillo, interruptores de luz.



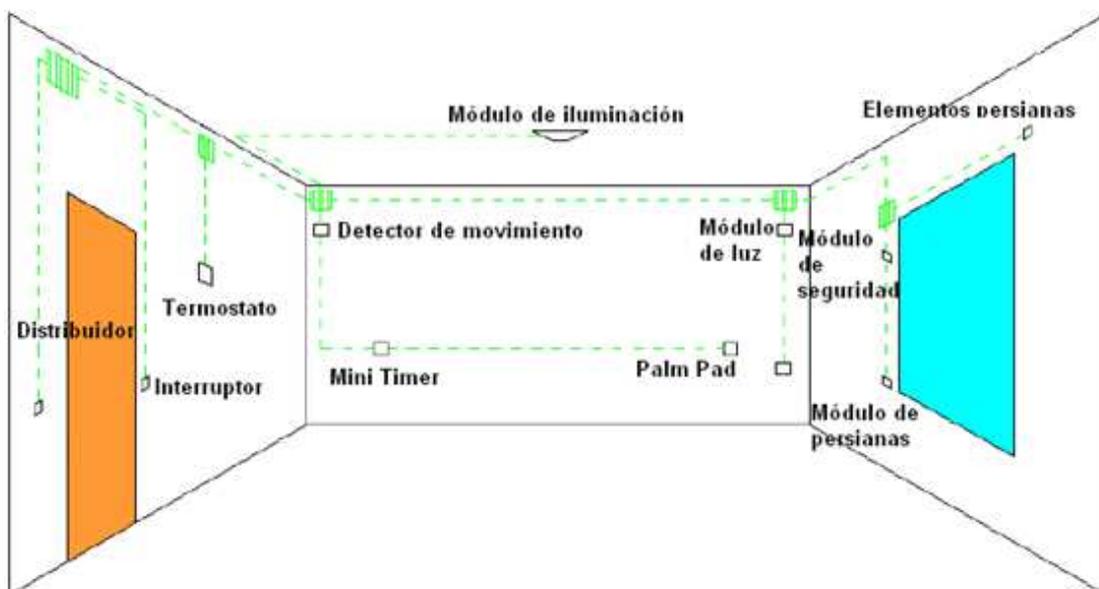
**Figura 6.6.7. Salón-Comedor**



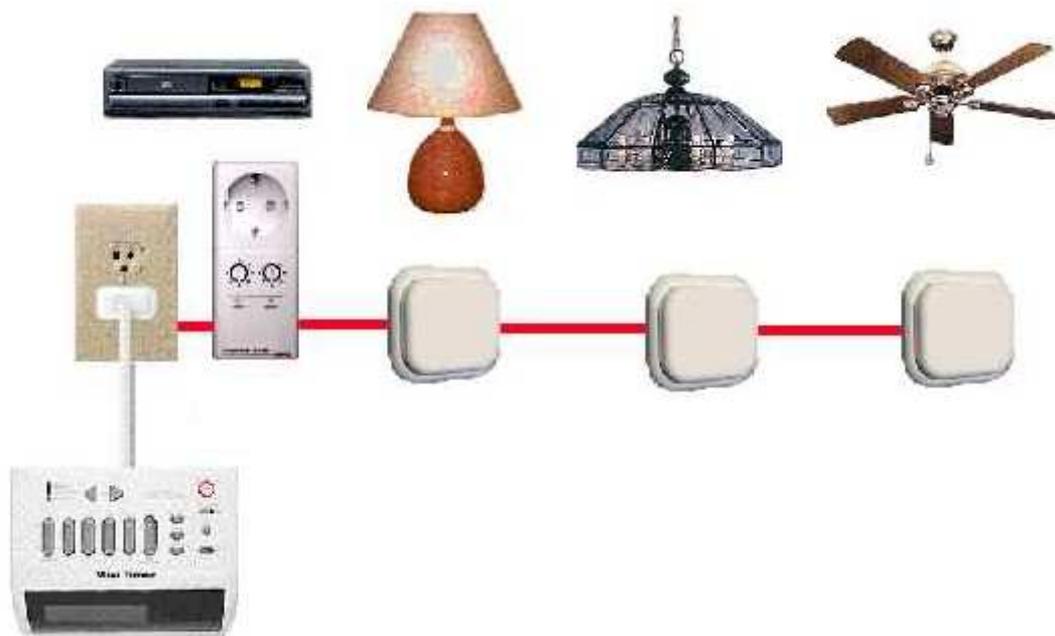
**Figura 6.6.8. Salón-Comedor**

**Salón-comedor:** Se agrupan los componentes en sus funcionalidades principales:

- Seguridad: Detector de movimiento y módulo de seguridad
- Iluminación: Módulo X10 para control de Iluminación de pared y de casquillo, interruptores de luz
- Control: minicontrolador
- Climatización: termostato
- Control persianas/toldos: módulo y elementos de persianas
- Control electrodomésticos: módulo de electrodomésticos



**Figura 6.6.9. Dormitorio**



**Figura 6.6.10. Dormitorio**

**Dormitorio:** Se agrupan los componentes en sus funcionalidades principales:

- Seguridad: Detector de movimiento y módulo de seguridad
- Iluminación: Módulo X10 para control de Iluminación de pared y de casquillo, interruptores de luz
- Control: Mini Timer y Palm Pad
- Climatización: termostato
- Control persianas/toldos: módulo y elementos de persianas

Las líneas verdes discontinuas son los circuitos eléctricos de la vivienda.

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: Guía BT-51, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Gordon, Meyer, “Domótica: Los mejores trucos” (Capítulo 1), 1ª edición, año 2005.

## 6.7. Guía de instalación del sistema

Después de analizar las funcionalidades que dispondrá la vivienda y los elementos del sistema domótico X10, se está en disposición de hacer la guía de instalación. Una de las ventajas del uso del sistema X10 es la ausencia de cableado ya que se sustenta en la red eléctrica del hogar. A continuación se seleccionan los elementos que se instalan en cada habitación y se definen los parámetros básicos para la correcta instalación.

### - Vestíbulo

GRUPO	ELEMENTO	CONEXIÓN	COMENTARIOS
<i>Control</i>	Ordenador	Red eléctrica	Necesitará un interfaz de cable de corriente
<i>Seguridad</i>	Robo-Dog	Batería / pilas	Cerca de la puerta para asustar al intruso
	Módulo de timbre X10	Batería / pilas	Situación con mayor resonancia
	Detector de movimiento	Batería / pilas	Bien posicionado para abarcar todo el vestíbulo
<i>Iluminación</i>	Control de Iluminación de pared	Red eléctrica	Interruptor cerca de la puerta de la vivienda para mayor comodidad
	Control de Iluminación de casquillo	Red eléctrica	Situado junto al PAU para mayor comodidad

**Tabla 6.7.1. Vestíbulo**

En el vestíbulo se dispone de una toma de corriente para el ordenador además de una conexión con el interfaz para poder llevar a cabo las instrucciones. Los módulos de seguridad se conectarán con el ordenador por medio de una conexión inalámbrica que le dará soporte el transmisor receptor inalámbrico. Dicho transmisor se situará en el salón-comedor debido a la ubicación más cómodo y céntrico de la vivienda.

El ordenador se usará exclusivamente para el control domótico del hogar. Actualmente existen en el mercado ordenadores muy pequeños y táctiles. Por tanto, no existirá ningún inconveniente la instalación en el vestíbulo.

**- Distribuidor**

GRUPO	ELEMENTO	CONEXIÓN	COMENTARIOS
<i>Seguridad</i>	Detector de movimiento	Batería / pilas	Bien posicionado para abarcar todo el distribuidor
<i>Iluminación</i>	Control de Iluminación de pared	Red eléctrica	Interruptor en la situación más óptima para las puertas que acceden al distribuidor
	Control de Iluminación de casquillo	Red eléctrica	

**Tabla 6.7.2. Distribuidor**

**- Cocina**

GRUPO	ELEMENTO	CONEXIÓN	COMENTARIOS
<i>Control</i>	Minicontrolador	Red eléctrica	Situado en la encimera de la cocina
<i>Seguridad</i>	Módulo de seguridad (ventanas)	Batería / pilas	Situado junto a la ventana para detectar aberturas sospechosas
	Detector de movimiento	Batería / pilas	Bien posicionado para abarcar todo el cocina
<i>Iluminación</i>	Control de Iluminación de pared	Red eléctrica	Interruptores situados junto a la puerta y mesa de la cocina
	Control de Iluminación de casquillo	Red eléctrica	Situado junto a la mesa de la cocina
<i>Climatización</i>	Termostato	Red eléctrica	Situado lo más alejado de hornos, planchas...
<i>Confort</i>	Módulo de persiana	Red eléctrica	Junto a la ventana
	Módulo de electrodomésticos	Red eléctrica	Situados en las tomas de corriente de los electrodomésticos

**Tabla 6.7.3. Cocina**

**- Baño**

GRUPO	ELEMENTO	CONEXIÓN	COMENTARIOS
<i>Seguridad</i>	Detector de movimiento	Batería / pilas	Bien posicionado para abarcar todo el baño
<i>Iluminación</i>	Control de Iluminación de pared	Red eléctrica	Interruptor situado junto a la puerta del baño
	Control de Iluminación de casquillo	Red eléctrica	Interruptor situado junto al espejo

**Tabla 6.7.4. Baño**

**- Salón-comedor**

<b>GRUPO</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>CONEXIÓN</b>	<b>COMENTARIOS</b>
<i>Control</i>	Minicontrolador	Red eléctrica	Situado junto al sofá
	Transmisor receptor inalámbrico	Red eléctrica	Situación más céntrica de la vivienda
<i>Seguridad</i>	Módulo de seguridad (ventanas)	Batería / pilas	Junto a la ventana
	Detector de movimiento	Batería / pilas	Bien posicionado para abarcar todo el salón
<i>Iluminación</i>	Control de Iluminación de pared	Red eléctrica	Interruptores situados junto a la puerta del salón y sofás
	Control de Iluminación de casquillo	Red eléctrica	Interruptor situado junto a los sofás
<i>Climatización</i>	Termostato	Red eléctrica	Situación de fácil acceso y separado de la ventana
<i>Confort</i>	Módulo de persiana	Red eléctrica	Junto a la ventana
	Módulo de electrodomésticos	Red eléctrica	Situados en las tomas de corriente de los electrodomésticos

**Tabla 6.7.5. Salón-comedor**

**- Dormitorio principal**

<b>GRUPO</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>CONEXIÓN</b>	<b>COMENTARIOS</b>
<i>Control</i>	Mini Timer	Red eléctrica	Junto al cabecero de la cama
	Palm Pad	Red eléctrica	Junto al cabecero de la cama
<i>Seguridad</i>	Módulo de seguridad (ventanas)	Batería / pilas	Junto a la ventana
	Detector de movimiento	Batería / pilas	Bien posicionado para abarcar todo el dormitorio
<i>Iluminación</i>	Control de Iluminación de pared	Red eléctrica	Interruptor junto al cabecero de la cama y puerta del dormitorio
	Control de Iluminación de casquillo	Red eléctrica	Interruptor junto al cabecero de la cama
<i>Climatización</i>	Termostato	Red eléctrica	Situación de fácil acceso y separado de la ventana
<i>Confort</i>	Módulo de persiana	Red eléctrica	Junto a la ventana
	Módulo de electrodomésticos (TV y radio)	Red eléctrica	Situados en las tomas de corriente de los electrodomésticos

**Tabla 6.7.6. Dormitorio**



El resto de los dormitorios no poseen los elementos de control.

#### **- Instalación del software CM11A**

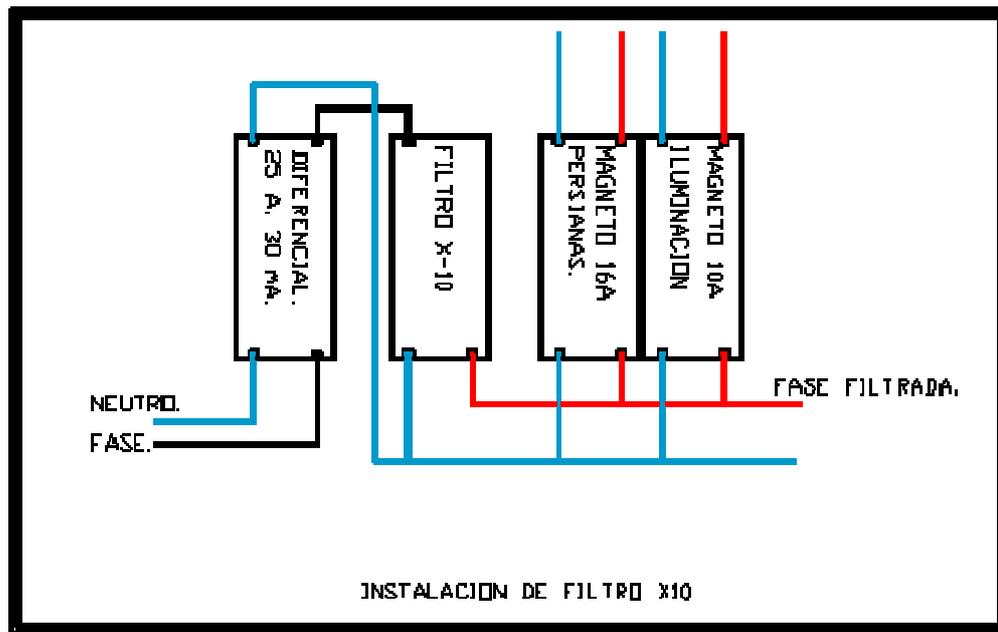
Después de llevar a cabo la instalación física de los componentes del sistema domótico, se define el software del sistema X10. Se instala en el ordenador el interfaz CM11A ya que es el más usado y más barato. Su fiabilidad y velocidad no son las mejores pero no tendrá problemas para encontrar programas que sean compatibles.

El CM11A es el controlador más utilizado porque ofrece un buen equilibrio entre funciones, precio y programas compatibles. Los inconvenientes son muchos y conocidos como el sobrecalentamiento del dispositivo, pero la elección es la más sensata para la mayoría de las viviendas.

#### **- Instalación de filtros en el sistema**

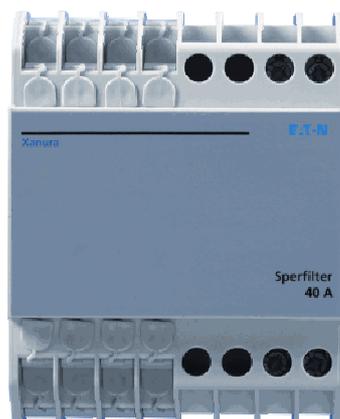
También se instalan los filtros. Este es el elemento más importante de una instalación X10. De su correcta colocación y del tipo de filtro elegido dependerá el correcto funcionamiento del sistema domótico. Téngase en cuenta que la línea de neutro (cable azul) no se filtra, no circula por el filtro. No obstante, el filtro necesitará una referencia del neutro, para lo cual bastará conectarlos mediante un cable de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección hasta el borne “N” del filtro.

En el esquema siguiente puede verse la ubicación recomendada del filtro X10, después del diferencial y antes de los magnetotérmicos que protegen los circuitos domóticos de alumbrado y persianas.



**Figura 6.7.1. Instalación del filtro X10**

En la instalación el filtro está ubicado a la entrada de la línea eléctrica de la vivienda, antes o después del magnetotérmico general evitando con ello que las señales de ruido procedente de otras viviendas puedan interferir en el sistema domótico de la casa. Pero con ello no se eliminan las posibles fuentes de ruido de las líneas eléctricas de la propia vivienda como las de la lavadora, lavavajillas, termo,... Por ello hay que seguir el esquema de instalación anterior. Aquí mostramos el filtro a instalar:



**Figura 6.7.2. Filtro X10**

#### **- Instalación de enchufes para una conexión de lámparas de sobremesa**

Para convertir un enchufe en una conexión para una lámpara de sobremesa y hemos instalado el filtro tal como indica el esquema anterior, se conecta dicho enchufe a

la línea filtrada o línea de alumbrado, de lo contrario la señal domótica no llegará hasta el enchufe. En la siguiente figura se ilustra:

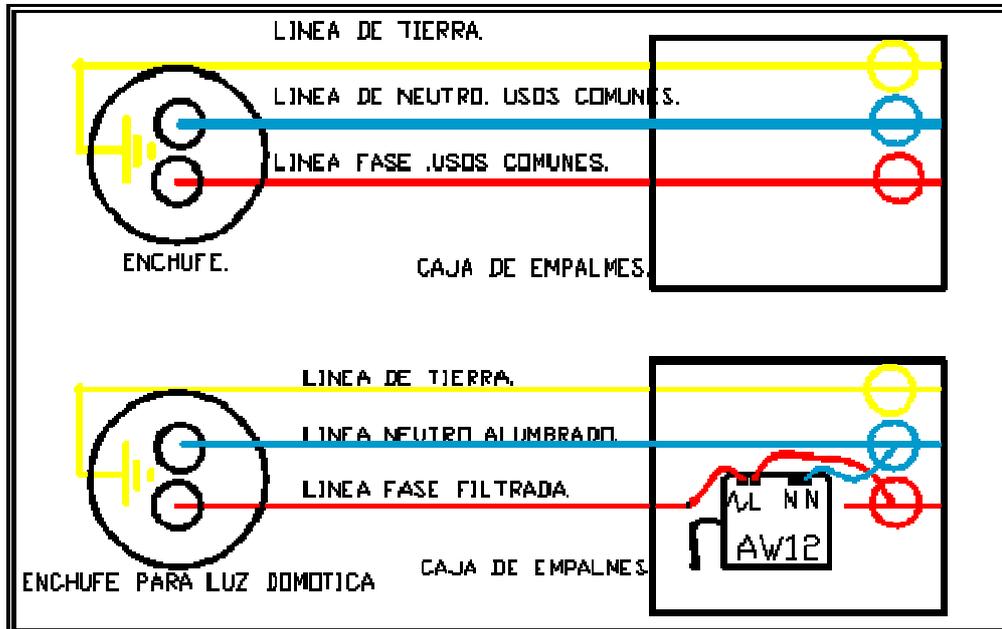


Figura 6.7.3. Instalación de lámparas de sobremesa

#### - Comprobación del alcance de la señal

En caso de tener problemas de alcance de la señal X10, se puede recurrir a los amplificadores de señal de la casa Xanura SVX10:



Figura 6.7.4. Amplificadores de señal de la casa Xanura SVX10

Referencia:

- [1] Gordon, Meyer, "Domótica: Los mejores trucos" (Capítulo 1), 1ª edición, año 2005.
- [2] "Alhena", [www.alhenaing.com](http://www.alhenaing.com)

## 7. Protección contra descargas eléctricas

Se hace imprescindible la aplicación de toda una normativa que garantice la seguridad de los usuarios de las instalaciones y la de todo el personal que se dedique a la realización de dichas instalaciones, destacando fundamentalmente lo preceptuado por:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica.
- Normas Tecnológicas de la Edificación.
- Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas.
- Normas Técnicas Reglamentarias, sobre homologación de medios de protección personal del Ministerio de Trabajo, etc.
- Código Técnico de la Edificación.

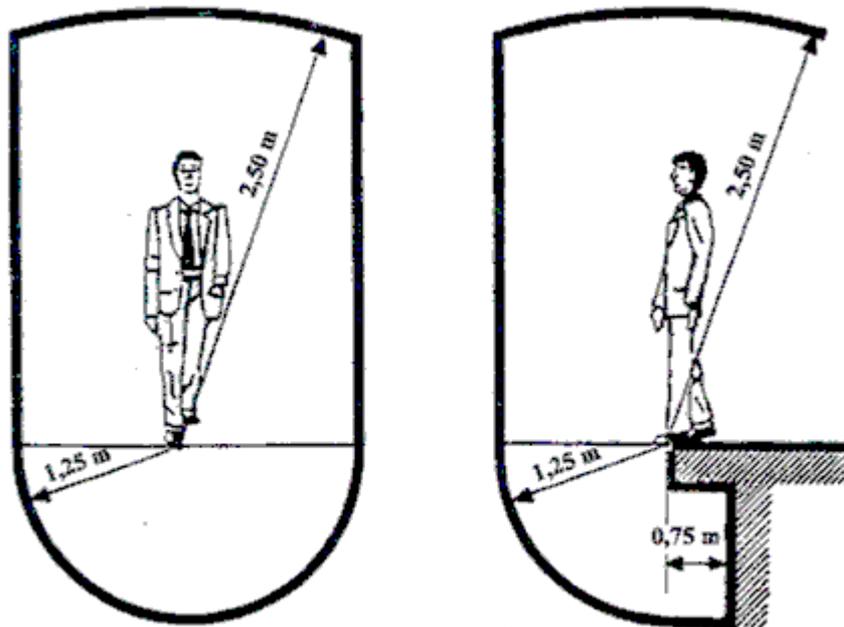
**Protecciones en Alta Tensión:** Los riesgos de AT son muy elevados y ello obliga a unas medidas de protección muy severas, de ahí que solo el personal autorizado y capacitado pueda manipular los elementos que constituyen las instalaciones de AT, con ayuda de un material de protección de AT entre el que podemos destacar: equipos detectores de tensión, equipos de puestas a tierra, pértigas aislantes de maniobra, guantes aislantes, banquetas aislantes, herramientas aisladas, cascos aislantes, cinturones de seguridad, equipos de primeros auxilios, etc.

**Protección de Baja Tensión:** Las protecciones en BT se encuentran recogidas en el REBT en su Instrucción MI-BT-024 contra los posibles riesgos de contactos directos e indirectos.

**Protección contra contactos directos:** Para que una instalación se pueda considerar protegida contra contactos directos, se adoptará alguna de las medidas siguientes:

- Alejamiento de las partes activas (baja tensión).
- Interposición de obstáculos que impidan el contacto.
- Aislamiento de las piezas bajo tensión.

Para lograr el primer objetivo deben mediar unas distancias de seguridad, que en todos los casos deben superar los volúmenes de accesibilidad, marcados en la siguiente figura con respecto a las personas que manipulan o que circulan cerca de las instalaciones.



**Figura 7.1. Volúmenes de accesibilidad**

Para lograr este segundo objetivo hay que aislar los puntos activos en el interior de elementos tales como cajas, cubiertas, etc., cuya permanente eficacia debe estar asegurada por su naturaleza, estabilidad y solidez así como su aislamiento y, si son metálicos, se adoptará alguna medida de protección contra contactos indirectos.

Para cumplir el tercer objetivo: consiste en recubrir las partes activas de la instalación mediante aislantes adaptados a la tensión de la instalación, conservando sus propiedades dieléctricas, mecánicas y térmicas durante toda la duración de la instalación, siempre que limite la corriente de contacto a 0,001A considerando la resistencia del cuerpo humano en  $2.500\Omega$  (no serán considerados las pinturas, barnices ni lacas), justificado en las Normas IEEE-80 2000.

**Protección contra contactos indirectos:** Para la protección de los contactos indirectos se aplicarán alguna de las medidas siguientes:

- Dispositivos de corte automático de la alimentación.
- Empleo de equipos con aislamientos dobles o reforzados de clase II o equivalente.
- Instalación en locales o emplazamientos aislantes.
- Conexiones equipotenciales.
- Separaciones eléctricas de circuitos.

*Dispositivos de corte automático de la alimentación:* Consiste en un dispositivo que evite que la tensión de contacto peligrosa se mantenga y pueda originar un riesgo. Las tensiones de contacto convencionalmente serán de 50 V ó 24 V según que las condiciones sean normales o de mayor riesgo.

*Empleo de equipos con aislamientos de clase II:* Conjunto de aparata que se construyan en fábrica con aislamientos dobles o reforzados. Aislamientos suplementarios o reforzados realizados en el curso de la instalación, fundamentalmente sobre partes activas.

*Instalación en locales o emplazamientos aislantes:* Consiste en impedir el contacto entre partes conductoras (masas o elementos conductores). Esto se consigue de varias formas:

- Alejando las masas y las partes activas fuera del volumen de accesibilidad.
- Interponiendo obstáculos eficaces entre masas y partes activas.
- Aislamiento especial de los elementos conductores, de tal forma que en las condiciones normales de empleo la corriente de fuga no sea superior a 1 mA.

Se consideran paredes y suelos aislantes cuando presentan una tensión no superior a 500 V y una resistencia no inferior a 50 k $\Omega$ .

*Conexiones equipotenciales:* Este procedimiento consiste en realizar una red de conductores que una a todas las masas metálicas del local y todos los elementos conductores que sean accesibles simultáneamente, consiguiéndose igualar el potencial. Esta red no debe ir unida a tierra.

*Separaciones eléctricas de circuitos:* Esta se puede conseguir mediante la utilización de un transformador de aislamiento o bien mediante un generador independiente, como por ejemplo un grupo electrógeno.

**Interruptores diferenciales:** El diferencial es el aparato de protección que tiene como misión cortar el circuito cuando se produzca una fuga de corriente en la instalación, o en algún receptor, evitando con ello daños a las personas.

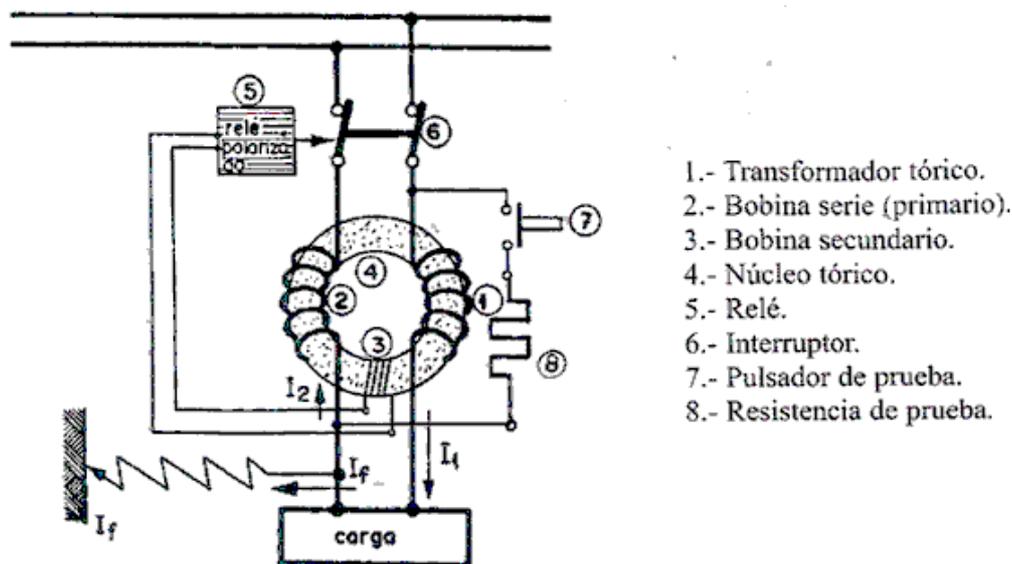


Figura 7.2. Interruptores diferenciales

En la figura 7.3 se ha rayado superpuesta a la zona de actuación del interruptor diferencial de alta sensibilidad, con un margen de disparo de 10 a 30 ms quedando como se ve totalmente dentro de la Zona 1 en la que no hay peligrosidad. Existen interruptores diferenciales que son magnetotérmicos y cumplen también la misión de los interruptores automáticos (protección de líneas), pero es preferible independizar las acciones y dejar a los diferenciales las protecciones de las fugas de corriente. En las instalaciones de viviendas, se recomienda la utilización de PIAS para la protección de cortocircuitos y sobrecargas y los diferenciales para las corrientes de defecto. En la figura 7.4 se muestra el esquema de un diferencial mixto (magnetotérmico y diferencial).

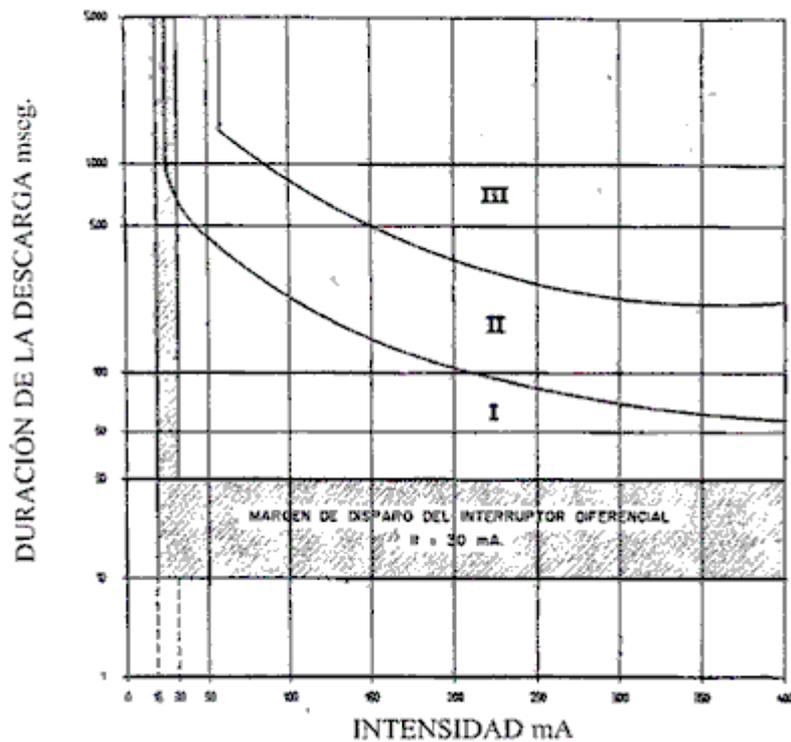


Figura 7.3. Curva de actuación del interruptor diferencial

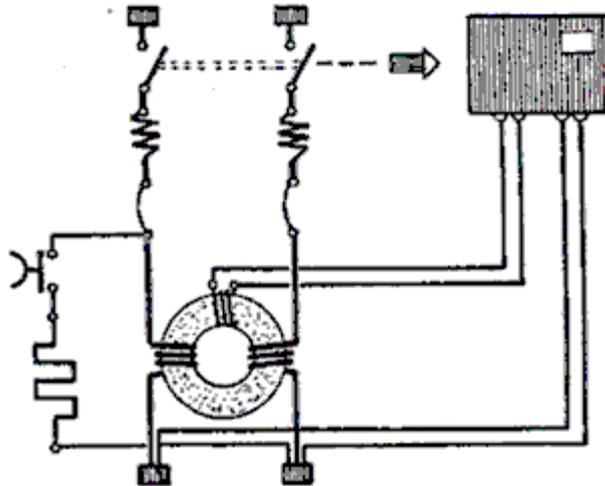


Figura 7.4. Esquema de un diferencial mixto

Referencia:

- [1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: MI-BT-024, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- [2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 15), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- [3] “RUEL S.A.”, [www.ruelsa.com](http://www.ruelsa.com)

## 8. Glosario de términos

### - ITC-BT-10

ITC-BT-10 indica que las empresas distribuidoras estarán obligadas, siempre que lo solicite el cliente, a efectuar el suministro de forma que permita el funcionamiento. Con arreglo a las tensiones normales en las redes de distribución en BT, las posibilidades de distribución de una instalación eléctrica se encuentran limitadas por dos condiciones básicas: la tensión entre los hilos de la línea y el número de conductores que componen la línea.

### - Seguridad de Utilización

El Código Técnico de la Edificación, en uno de sus Documentos Básicos (DB), en su sección SU-8 (Seguridad de Utilización), trata de la seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo, y establece las condiciones para dotar a los edificios de instalación de pararrayos, así como los niveles de protección exigidos en función del riesgo y de la eficiencia requerida.



### - Contador

El contador es el aparato encargado de medir y registrar el consumo de energía eléctrica, el cual nos mide la potencia eléctrica en función de unas tarifas (aprobadas por Administración) cobra la energía consumida.

### - Derivaciones individuales

Es la línea que enlaza el contador o contadores de cada abonado con los dispositivos privados de mando y protección, no permitiéndose el empleo de un neutro común para distintos abonados. Las derivaciones individuales deberán discurrir, siempre que sea posible, por lugares de uso común (caja de escalera, patinillos, etc.).

## 9. Conclusiones

El proyecto tiene dos bloques: la instalación eléctrica y la instalación domótica. La instalación eléctrica del edificio se diseña desde la entrada de la línea principal hasta el final de cada una de las derivaciones cumpliendo la normativa del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBE) y otras normativas. Siempre se mantiene a lo largo del diseño la idea de buscar el máximo confort en las viviendas. Se diseñan las dimensiones de las líneas de tal forma que se pretende buscar una red eléctrica fuerte para soportar unos consumos eléctricos elevados. De esta forma, todas las viviendas tienen a su disposición una red eléctrica capaz de sustentar los mejores electrodomésticos, equipos de calefacción, equipos de aire acondicionado y el resto de novedades del mercado sin necesidad de realizar nuevas obras.

Y en el aspecto de la instalación domótica se diseña un sistema que se caracteriza por ser:

- Completo: tiene multitud de funcionalidad.
- No intrusivo: no hay necesidad de obras para ampliar/reducir la domótica del hogar.
- Fácil de utilizar: los huéspedes se sentirán cómodos con el sistema desde el primer día.

Dichas características domóticas afirman la pretensión de buscar el confort de sus huéspedes. El sistema X10 tiene una gran variedad de funciones de las cuales el proyecto cumple con las más demandadas en los hogares domóticos: seguridad, automatizaciones, etc. En la implantación del sistema X10 se cumple las Instrucciones Técnicas Complementarias de Baja Tensión 51 (ITC-BT-51) y otras.

Los materiales utilizados en las líneas: aluminio y cobre; los equipos instalados de protección/control y el propio diseño en la instalación eléctrica cumplen la normativa de calidad (ISO 9001) y cumplen la minimización de residuos (ISO 14001). Se aplica toda normativa que garantice la seguridad de los usuarios de las instalaciones y la de todo el personal que se dedique a la realización de dichas instalaciones.



## 10. Referencias

### - Manuales:

- [1] Gordon, Meyer, “Domótica: Los mejores trucos”, 1ª edición, año 2005.
- [2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas”, ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

### - Normativa:

- [1] “Código Técnico de la Edificación”, Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- [2] “Ley de prevención de riesgos laborales”, Real Decreto 1488/1998, de 10 de julio.
- [3] “Norma básica de edificación”, Real Decreto 2177/1996, 4 de octubre
- [4] “Normas Técnicas Reglamentarias”, Real Decreto 138/2011 de 4 de febrero.
- [5] “Normas Tecnológicas de la Edificación”, Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio
- [6] “Normas UNE-EN”, Real Decreto 1801/2003, 26 de diciembre.
- [7] “Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica”, OM 21 noviembre 1970.
- [8] “Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo”, BOE 16 Marzo, OM 9 marzo 1971.
- [9] “Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación”, Real Decreto 1627/1997, 24 de Octubre.
- [10] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- [11] “Reglamento de Instalaciones Térmicas de edificios”, Real Decreto 1027/2007, 20 de julio.
- [12] “Reglamento de Verificaciones Eléctricas”, Real Decreto de 12 de marzo de 1954.

### - Páginas web:

- [1] “Alhena”, [www.alhenaing.com](http://www.alhenaing.com)
- [2] “Casadomo: el portal del edificio y hogar digital”, [www.casadomo.com](http://www.casadomo.com)
- [3] “Confort City”, [www.confortcity.es](http://www.confortcity.es)
- [4] “Construmática”, [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)
- [5] “CYPE Ingenieros”, [www.electricidad.cype.es](http://www.electricidad.cype.es)
- [6] “Domodesk: todo en domótica”, [www.domodesk.com](http://www.domodesk.com)
- [7] “Dómotica y Seguridad”, [www.domoticayseguridad.com](http://www.domoticayseguridad.com)
- [8] “Endesa”, [www.endesaonline.es](http://www.endesaonline.es)
- [9] “Gobierno del Principado de Asturias”, [www.asturias.es](http://www.asturias.es)
- [10] “La tienda de Domótica”, [www.latiendadedomotica.com](http://www.latiendadedomotica.com)
- [11] “Ministerio de Energía y Minas, Perú”, [www.intranet.minem.gob.pe](http://www.intranet.minem.gob.pe)
- [12] “Motoriza tus persianas”, [www.motorizatuspersianas.com](http://www.motorizatuspersianas.com)
- [13] “RUEL S.A.”, [www.ruelsa.com](http://www.ruelsa.com)
- [14] “Superinventos: televigilancia y seguridad electrónica”, [www.superinventos.com](http://www.superinventos.com)
- [15] “Tecnic Suports”, [www.tecnicsuport.com](http://www.tecnicsuport.com)
- [16] “X10: Home Gadgets”, [www.x10.com](http://www.x10.com)



## CÁLCULOS

### 1. Cálculos del grado de edificación y carga total correspondiente a un edificio de viviendas

#### - Carga total del edificio

La carga total correspondiente a nuestro edificio destinado a viviendas resulta de la suma de la carga correspondiente al conjunto de viviendas y de los servicios generales del edificio. Consiste en prever la potencia eléctrica que se va a consumir en total en todo el edificio. Este dato de partida debe ser lo más preciso posible, teniendo en cuenta todos los servicios eléctricos de que va a disponer dicho edificio, sin omitir ninguno de ellos. Refiriéndonos a un edificio destinado a viviendas aplicamos:

$$\text{Fórmula general: } P_T = P_v + P_g = 84,64 + 13,15 = 97,79 \text{ kW} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $P_T$  Potencia total del edificio
- $P_v$  Potencia para viviendas
- $P_g$  Potencia para servicios generales

#### - Potencia para viviendas

Esta potencia se obtendrá multiplicando la media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda, por el coeficiente de simultaneidad indicado en la tabla 5 en función del número de viviendas.

Siendo para el caso de viviendas todas del mismo grado de electrificación:

$$P_v = P_m \cdot C_s \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $P_v$  Potencia total de las viviendas (W)
- $P_m$  Potencia correspondiente al grado de electrificación (W)
- $C_s$  Coeficiente de simultaneidad (adimensional)

Para un grado de electrificación elevado, la potencia por vivienda es de 9.200 W. Por tanto, La potencia de viviendas para 11 abonados con grado de electrificación elevado será de:

$$P_v = P_m \cdot C_s = 9.200 \cdot 9,2 = 84.640 \text{ W} = 84,64 \text{ kW} \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $P_v$  Potencia total de las viviendas (W)
- $P_m$  Potencia correspondiente al grado de electrificación (W)
- $C_s$  Coeficiente de simultaneidad (adimensional)

En la tabla 6 comprobamos que obtenemos el mismo resultado.



### - Potencia para servicios generales

Se determina con arreglo a la siguiente fórmula:

$$P_g = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 8,4 + 4,5 + 0,245 = 13,15 \text{ kW} \quad (3)$$

Donde el significado de cada variable es:

- P<sub>1</sub> Potencia de alumbrado y fuerza de todas las zonas comunes de viviendas
- P<sub>2</sub> Potencia de aparatos elevadores
- P<sub>3</sub> Potencia de los grupos de presión para agua
- P<sub>4</sub> Potencias para todos los demás equipos eléctricos específicos

Son todos los servicios generales que para la comunidad de vecinos pueden demandar corriente eléctrica y que los más usuales son:

P<sub>1</sub> Alumbrado y fuerza de todas las zonas comunes de viviendas, como pueden ser: Portales, escaleras, pasillos, vestíbulos, cuartos de basura, trasteros, jardines, fachadas, etc. Como orientación, los valores de alumbrado de zonas comunes suelen ser para portales, vestíbulos y escaleras de:

- 40 W/m<sup>2</sup> Lámparas incandescentes.
- 10 W/m<sup>2</sup> Lámparas fluorescentes.

El edificio posee una superficie de alumbrado en las zonas comunes de 100 m<sup>2</sup> en la planta baja y 22 m<sup>2</sup> por cada piso. La superficie total de alumbrado es de aproximadamente 210 m<sup>2</sup> y la potencia de P<sub>1</sub> al ser todas lámparas incandescentes:

$$P_1 = 40 \cdot 210 = 8400 \text{ W} = 8,4 \text{ kW} \quad (4)$$

P<sub>2</sub> Potencia de aparatos elevadores. En general los ascensores y montacargas del edificio. La determinación de estas potencias está íntimamente ligada con las características técnicas de los equipos a instalar; como orientación la fórmula aproximada para determinar la potencia es:

$$P = (Q \cdot V) / \rho \quad (5)$$

Donde el significado de cada variable es:

- P Potencia del grupo tractor (Kg·m/s).
- Q Carga útil (Kg).
- V Velocidad (m/s).
- ρ Rendimiento.

En la tabla 7 se dan los valores de las potencias de los aparatos elevadores correspondientes a los Normas Tecnológicas de Edificación – Instalación de Transporte Ascensores (NTE-ITA). El edificio posee un ascensor de tipo ITA-1, apropiado por ser un edificio con pocos abonados. Por tanto, la potencia consumida por el ascensor será:

$$P_2 = 4,5 \text{ kW}$$

P<sub>3</sub> Potencia de los grupos de presión para agua. Esta potencia es para aquellos edificios que por no tener presión suficiente en la acometida, no llega el agua hasta las cotas más altas de la red interior de agua fría.

La fórmula para determinar la potencia es:

$$P = (q \cdot p \cdot \delta) / (75 \cdot \rho) \quad (6)$$

Donde el significado de cada variable es:

- P Potencia del motor (W).  
q Caudal máximo de la bomba (l/s).  
p Presión máxima del agua (kg/cm<sup>2</sup>).  
ρ Rendimiento que varía entre 0,7 y 0,8.  
δ Densidad del agua (Kg/dm<sup>3</sup>).

Se determina el caudal de la bomba, considerando que debe introducir en el depósito la misma cantidad del período punta, o sea, el caudal máximo de proyecto, (si se introducen dos grupos, el caudal de cada uno será la mitad del máximo demandado), o solución más económica, del 70% del máximo. Habitualmente, se suele hacer en l/s, adoptando los valores unitarios de la NBA para cada uno de los diferentes aparatos y el coeficiente de simultaneidad correspondiente. La determinación de caudales, se puede hacer, en las viviendas, directamente con los valores de la tabla siguiente:

N.º de viviendas	Tipo medio caudal l/h	Tipo lujo caudal l/h
5	3.000	4.000
Hasta 8	3.900	4.900
Hasta 11	4.500	5.600
Hasta 14	5.200	6.180
Hasta 17	5.900	6.750
Hasta 20	6.300	7.310
Hasta 23	6.900	7.860
Hasta 26	7.300	8.400
Hasta 29	7.800	8.930
Hasta 32	8.100	9.450
Hasta 35	8.700	9.960
Hasta 38	9.200	10.460
Hasta 41	9.400	10.950
Hasta 44	9.700	11.430
Hasta 47	9.900	11.900
Hasta 50	10.200	12.360

**Tabla 1.1. Número de viviendas y caudal l/h**



- Tipo medio: baño, aseos y cocina, únicamente.
- Tipo lujo: dos baños completos, aseo y cocina.

$$P = (q \cdot p \cdot \delta) / \rho = (4500 \cdot 1/3600 \cdot 1,5 \cdot 1) / 0,75 = 245,1 \text{ W} \quad (6)$$

Donde el significado de cada variable es:

- P Potencia del motor (W).  
q Caudal máximo de la bomba (l/s).  
p Presión máxima del agua (kg/cm<sup>2</sup>).  
ρ Rendimiento que varía entre 0,7 y 0,8.  
δ Densidad del agua (Kg/dm<sup>3</sup>).

P<sub>4</sub> Potencias para todos los demás equipos eléctricos específicos que pueden dar algún servicio en el edificio, como ejemplo: piscinas comunitarias, calefacción, ventilación, megafonía, telefonía, portero eléctrico, etc. Estos valores se reflejan con su potencial real o bien estimando un porcentaje. En el caso del edificio sólo dispone de portero automático cuya potencia es insignificante.

Fórmulas:

- (1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- (2) “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-10, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- (3) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- (4) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- (5) “Tecnic Suports”, [www.tecnicsuport.com](http://www.tecnicsuport.com)
- (6) “Tecnic Suports”, [www.tecnicsuport.com](http://www.tecnicsuport.com)

Referencia:

- [1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-10, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- [2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008
- [3] “Tecnic Suports”, [www.tecnicsuport.com](http://www.tecnicsuport.com)

## 2. Cálculos de la línea de acometida

A continuación se dimensiona la línea enterrada de acometida eléctrica del edificio que demanda una potencia punta de 97,79 kW, se trata de una línea trifásica con neutro de 230/400 V formada por conductores de cobre unipolar aislados con PVC e instalados bajo tubo, que dicha línea tiene una longitud de 45 m y admite una caída de tensión de 0,5% (tabla 8) con un  $\cos \varphi$  de 0,8.

$$I = W / (\sqrt{3} \cdot E \cdot \cos \varphi) = 97.790 / (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8) = 176,43 \text{ A} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad de línea (A)
- W Potencia de los servicios generales (W)
- E Tensión trifásica de línea (V)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

La sección teórica por caída de tensión será:

$$S_T = (\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi) / (v \cdot C) = (\sqrt{3} \cdot 45 \cdot 176,43 \cdot 0,8) / (2 \cdot 56) = 98,22 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)
- v Caída de tensión del 1% (V)
- C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Con esta sección teórica se va a la tabla 9 y en principio se elige la inmediatamente superior comercial que sería de la de  $120 \text{ mm}^2 \rightarrow 335 \text{ A}$ . Seguidamente se comprueba si esta sección admite la intensidad de consumo y el criterio de calentamiento. Sección de  $120 \text{ mm}^2$  con intensidad máxima admisible de 335 A cumple ambos criterios ( $98,22 \text{ mm}^2 < 120 \text{ mm}^2 - 176,43 \text{ A} > 335 \cdot 0,8 = 268 \text{ A}$ )

Nota: 0,8 es el factor de corrección por agrupamiento. (Tabla 2)

Recordamos que en la siguiente tabla se indican la composición de la línea con su diámetro exterior del tubo.



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

**Tabla 2.1. Secciones y diámetros exteriores de los tubos**

La línea trifásica de 120 mm<sup>2</sup> de sección más el neutro de 70 mm<sup>2</sup> con un diámetro exterior del tubo de 160 mm.

	Potencia	Intensidad	Sección (mm <sup>2</sup> )	Características
<b>Línea de acometida</b>	97,79 kW	176,43 A	3 x 120 + 1 x 70	Conductor de cobre unipolar

**Tabla 2.2. Línea de acometida**

Fórmulas:

- (1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3<sup>a</sup> Edición, año 2008
- (2) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3<sup>a</sup> Edición, año 2008

Referencia:

- [1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-7, ITC-BT-11, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.
- [2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3<sup>a</sup> Edición, año 2008

### 3. Cálculos de la caja general de protección

La primera protección que debe existir en los circuitos eléctricos es contra la avería más importante y al mismo tiempo más frecuente en las instalaciones eléctricas que es el cortocircuito.

Los fusibles o cortocircuitos son los elementos de protección, que introducidos en serie en la caja general de protección, tendrán la misión de proteger la instalación eléctrica del edificio.

Se tiene que calcular las intensidades máximas que deben soportar los fusibles y para ello:

$$I = W / (\sqrt{3} \cdot E \cdot \cos \varphi) = 97.790 / (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8) = 176,43 \text{ A} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad de línea máxima del edificio (A)
- W Potencia máxima del edificio (W)
- E Tensión trifásica de línea (V)
- cos  $\varphi$  Factor de potencia (°)

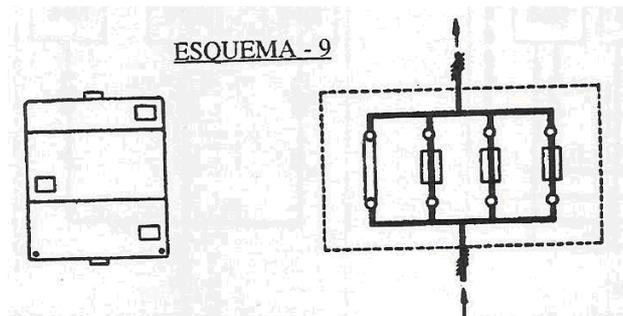
Conociendo las intensidades máximas se puede elegir un fusible del catálogo que supere dicha intensidad pero que no sea más elevado que un cierto porcentaje.

Fusibles		
Intensidad	Tamaño	Tipo de cartucho
80 A	22 x 58	cilíndrico
100 A	00	cuchilla
160 A	0	cuchilla
250 A	1	cuchilla
400 A	2	cuchilla

*Fusibles homologados para cajas generales de protección.*

**Tabla 3.1. Tipos de fusibles**

Se elige el fusible de 250 A de intensidad máxima ya que es el inmediatamente valor superior a los 176,43 A calculados. Sólo será necesario una línea de acometida ya que la intensidad máxima es inferior a los 250 A. El esquema de la CGP será:



**Figura 3.1. Esquema de la disposición de los fusibles**

Las dimensiones de la CGP serán 70 x 140 x 30 (cm), las correspondientes a una sola caja y cumpliendo con las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).

Fórmulas:

(1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

Referencias:

[1] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10-17), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

[2] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-22, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

#### 4. Cálculos de la línea general de alimentación

La intensidad máxima admisible en la línea a considerar será la fijada en la UNE 20.460-5-523 con los factores de corrección correspondientes a cada tipo de montaje, de acuerdo con la previsión de potencias establecidas en la ITC-BT-10. Para la sección del conductor neutro se tendrán en cuenta el máximo desequilibrio que puede preverse, las corrientes armónicas y su comportamiento, en función de las protecciones establecidas ante las sobrecargas y cortocircuitos que pudieran presentarse. El conductor neutro tendrá una sección de aproximadamente el 50 por 100 de la correspondiente al conductor de fase, no siendo inferior a los valores especificados en la tabla 4.

A continuación vamos a calcular la sección que deberá tener la línea general de alimentación del edificio empotrada bajo tubo que sirve una potencia de 97,79 kW, trifásica con neutro y protección a 230/400 V y  $\cos \varphi = 0,8$  y tiene una longitud de 14 m (línea roja), admitiendo una caída de tensión de 0,5% (tabla 11), y se realiza mediante conductores de cobre unipolares aislados con polietileno reticulado, con un nivel de aislamiento de 1.000 V.

$$I = W / (\sqrt{3} \cdot E \cdot \cos \varphi) = 97.790 / (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8) = 176,43 \text{ A} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad de línea (A)
- W Potencia de los servicios generales (W)
- E Tensión trifásica de línea (V)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

La sección teórica por caída de tensión será:

$$S_T = (\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi) / (v \cdot C) = (\sqrt{3} \cdot 14 \cdot 176,43 \cdot 0,8) / (2 \cdot 56) = 30,56 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)
- v Caída de tensión (V)
- C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Con esta sección teórica nos vamos a la tabla 10 y en principio elegiríamos la inmediatamente superior comercial que sería de la de  $35 \text{ mm}^2 \rightarrow 61 \text{ A}$ . Seguidamente se comprueba si esta sección admite la intensidad de consumo y el criterio de calentamiento. Sección de  $35 \text{ mm}^2$  con intensidad máxima admisible de 130 A no cumple el criterio de calentamiento ( $176,43 \text{ A} > 61 \cdot 0,8 = 48,8 \text{ A}$ ) por tanto seguimos avanzando en la tabla tomamos la sección de  $300 \text{ mm}^2$  con una intensidad máxima admisible de 227 A el cual cumple ambos criterios:  $176,43 \text{ A} < 227 \cdot 0,8 = 181,6 \text{ A}$ .

Nota: el factor de corrección por agrupamiento es de 0,8. (Tabla 2)



Para dimensionar el conductor de protección se va a la tabla 14 y se obtiene: sección del conductor de protección por ser  $S > 35 \text{ mm}^2$ , será  $S / 2 = 150 \text{ mm}^2$ . Por tanto la línea repartidora definitiva será de 3 conductores de fase de  $300 \text{ mm}^2$  cada uno y un conductor neutro y otro de protección de  $150 \text{ mm}^2$ :

	Potencia	Intensidad	Sección ( $\text{mm}^2$ )	Características
<b>Línea general de alimentación</b>	97,79 kW	176,43 A	3 x 300 +2 x 150	Conductores de cobre unipolares aislados con polietileno reticulado

**Tabla 4.1. Línea general de alimentación**

Fórmulas:

(1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

(2) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 15), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-10, ITC-BT-21, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10-15), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

[3] “Normas UNE-EN”, Real Decreto 1801/2003, 26 de diciembre.

## 5. Cálculos de las derivaciones individuales

Se dimensiona las líneas individuales de aluminio desde el cuarto de contadores a cada vivienda, que da servicio con fase, neutro y protección a 230 V a cada vivienda de grado de electrificación elevado y tiene una longitud variable dependiendo de la vivienda. La línea irá entubada bajo tubo curvable de PVC empotrada. Para realizar los cálculos de las derivaciones habrá que analizar individualmente cada línea porque las longitudes desde los contadores hasta las viviendas son distintas.

La intensidad máxima de consumo por vivienda será:

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 9.200 / (230 \cdot 0,8) = 50 \text{ A} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

I Intensidad de una vivienda (A)

W Potencia máxima de una vivienda, grado de electrificación elevado (W)

E Tensión de fase (V)

$\cos \varphi$  Factor de potencia (°)



### - Una vivienda de la planta baja

En la planta baja del edificio sólo hay una vivienda. La sección teórica de su línea individual será:

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 5 \cdot 50 \cdot 0,8 / (35 \cdot 2,3) = 4,969 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

$S_T$	Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
$L$	Longitud de la línea (m)
$I$	Intensidad de línea (A)
$\cos \varphi$	Factor de potencia ( $^\circ$ )
$v$	Caída de tensión (V)
$C$	Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en las líneas de derivación cuando los contadores están totalmente centralizados es del 1%  $\rightarrow$  2,3 V. La longitud desde el local de los contadores hasta la entrada de la vivienda es de 5 m. La línea individual es de aluminio con una conductividad de  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $35 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $61 \text{ A} > 50 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 35 + 16 \text{ (mm}^2\text{)}$

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $35 \text{ mm}^2$  será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 1%:

$$v = 0,33 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$$

### - Dos viviendas de la 1ª planta

En cada planta, excepto en la planta baja, siempre hay dos viviendas. Por tanto, no será necesario repetir los cálculos para cada una de ellas. La sección teórica de la línea individual de una vivienda será:

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 11 \cdot 50 \cdot 0,8 / (35 \cdot 2,3) = 10,93 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

$S_T$	Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
$L$	Longitud de la línea (m)
$I$	Intensidad de línea (A)
$\cos \varphi$	Factor de potencia ( $^\circ$ )
$v$	Caída de tensión (V)



### C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega\cdot\text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en las líneas de derivación cuando los contadores están totalmente centralizados es del 1%  $\rightarrow$  2,3 V. La longitud desde el local de los contadores hasta la entrada de la vivienda es de 11 m. La línea individual es de aluminio con una conductividad de  $35 \text{ m}/\Omega\cdot\text{mm}^2$ .

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $35 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $61 \text{ A} > 50 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 35 + 16 \text{ (mm}^2\text{)}$

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $35 \text{ mm}^2$  será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 1%:

$$v = 0,72 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$$

### - Dos viviendas de la 2ª planta

En cada planta, excepto en la planta baja, siempre hay dos viviendas. Por tanto, no será necesario repetir los cálculos para cada una de ellas. La sección teórica de la línea individual de una vivienda será:

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 17 \cdot 50 \cdot 0,8 / (35 \cdot 2,3) = 16,89 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- $L$  Longitud de la línea (m)
- $I$  Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)
- $v$  Caída de tensión (V)
- $C$  Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega\cdot\text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en las líneas de derivación cuando los contadores están totalmente centralizados es del 1%  $\rightarrow$  2,3 V. La longitud desde el local de los contadores hasta la entrada de la vivienda es de 17 m. La línea individual es de aluminio con una conductividad de  $35 \text{ m}/\Omega\cdot\text{mm}^2$ .

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $35 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $61 \text{ A} > 50 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 35 + 16 \text{ (mm}^2\text{)}$



Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de 35 mm<sup>2</sup> será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 1%:

$$v = 1,11 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$$

### - Dos viviendas de la 3ª planta

En cada planta, excepto en la planta baja, siempre hay dos viviendas. Por tanto, no será necesario repetir los cálculos para cada una de ellas. La sección teórica de la línea individual de una vivienda será:

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 23 \cdot 50 \cdot 0,8 / (35 \cdot 2,3) = 22,86 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

$S_T$	Sección teórica del conductor (mm <sup>2</sup> )
$L$	Longitud de la línea (m)
$I$	Intensidad de línea (A)
$\cos \varphi$	Factor de potencia (°)
$v$	Caída de tensión (V)
$C$	Conductividad del conductor (m/Ω·mm <sup>2</sup> )

Según la tabla 11, la caída de tensión en las líneas de derivación cuando los contadores están totalmente centralizados es del 1% → 2,3 V. La longitud desde el local de los contadores hasta la entrada de la vivienda es de 23 m. La línea individual es de aluminio con una conductividad de 35 m/Ω·mm<sup>2</sup>.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección 35 mm<sup>2</sup> porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada 61 A > 50 A.

Según la tabla 14, la línea consta de: 2 x 35 + 16 (mm<sup>2</sup>)

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de 35 mm<sup>2</sup> será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 1%:

$$v = 1,50 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$$

### - Dos viviendas de la 4ª planta

En cada planta, excepto en la planta baja, siempre hay dos viviendas. Por tanto, no será necesario repetir los cálculos para cada una de ellas. La sección teórica de la línea individual de una vivienda será:

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 29 \cdot 50 \cdot 0,8 / (35 \cdot 2,3) = 28,82 \text{ mm}^2 \quad (2)$$



Donde el significado de cada variable es:

$S_T$	Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
$L$	Longitud de la línea (m)
$I$	Intensidad de línea (A)
$\cos \varphi$	Factor de potencia ( $^\circ$ )
$v$	Caída de tensión (V)
$C$	Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en las líneas de derivación cuando los contadores están totalmente centralizados es del 1%  $\rightarrow$  2,3 V. La longitud desde el local de los contadores hasta la entrada de la vivienda es de 29 m. La línea individual es de aluminio con una conductividad de  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $35 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $61 \text{ A} > 50 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 35 + 16 \text{ (mm}^2\text{)}$

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $35 \text{ mm}^2$  será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 1%:

$$v = 1,89 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$$

### - Dos viviendas de la 5ª planta

En cada planta, excepto en la planta baja, siempre hay dos viviendas. Por tanto, no será necesario repetir los cálculos para cada una de ellas. La sección teórica de la línea individual de una vivienda será:

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 35 \cdot 50 \cdot 0,8 / (35 \cdot 2,3) = 34,78 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

$S_T$	Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
$L$	Longitud de la línea (m)
$I$	Intensidad de línea (A)
$\cos \varphi$	Factor de potencia ( $^\circ$ )
$v$	Caída de tensión (V)
$C$	Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en las líneas de derivación cuando los contadores están totalmente centralizados es del 1%  $\rightarrow$  2,3 V. La longitud desde el local de los contadores hasta la entrada de la vivienda es de 35 m. La línea individual es de aluminio con una conductividad de  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .



Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $35 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $61 \text{ A} > 50 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 35 + 16 \text{ (mm}^2\text{)}$

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $35 \text{ mm}^2$  será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 1%:

$$v = 2,29 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$$

En resumen, las derivaciones individuales de las 11 viviendas serán de tubos de 40 mm de diámetro albergando líneas de  $2 \times 35 + 16$ , es decir, conductores de fase y neutro de  $35 \text{ mm}^2$  de sección y un conductor de protección de  $16 \text{ mm}^2$  de sección.

#### - Tabla resumen de las derivaciones individuales

	Potencia	Intensidad	Sección ( $\text{mm}^2$ )	Características
<b>Planta Baja</b> <b>1ª Planta</b> <b>2ª Planta</b> <b>3ª Planta</b> <b>4ª Planta</b> <b>5ª Planta</b>	9.200 W	50 A	$2 \times 35 + 16$	Conductor de aluminio enturbado bajo tubo curvable de PVC empotrado

**Tabla 5.1. Derivaciones individuales**

Fórmulas:

(1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

(2) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 14), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”: ITC-BT-15, ITC-BT-19, ITC-BT-21, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10-14), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

## 6. Cálculos de las líneas de servicios generales

Determinaremos la sección práctica de las líneas de servicios generales:

- Líneas de fuerza motriz: una línea por el ascensor y otra línea por cada 46 kW o fracción de potencia destinada a otros usos.
- Líneas de alumbrado: Líneas para alumbrado de zonas comunes y líneas auxiliares.

### 6.1. Línea de fuerza motriz para el ascensor

Se determina la sección práctica de una línea trifásica del ascensor del edificio y el diámetro del tubo rígido de PVC donde va alojada, sabiendo que tiene los siguientes datos:

- Potencia de la línea 4,5 kW a 400 V
- Caída de tensión admisible del 3%
- Longitud de la línea 35 m
- Conductores de cobre unipolares aislados de PVC instalados bajo tubo
- Factor de potencia 0,8

La intensidad de consumo será:

$$I = W / (\sqrt{3} \cdot E \cdot \cos \varphi) = 4.500 / (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8) = 8,12 \text{ A} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad de la línea de fuerza motriz (A)
- W Potencia máxima del ascensor (W)
- E Tensión de línea (V)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

La sección teórica será:

$$S_T = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = \sqrt{3} \cdot 35 \cdot 8,12 \cdot 0,8 / (56 \cdot 12) = 0,586 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)
- v Caída de tensión (V)
- C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 8, elegimos la sección práctica inmediata superior a  $0,586 \text{ mm}^2$  y obtenemos  $1,5 \text{ mm}^2$ , que admite una intensidad de  $13,5 \text{ A} > 8,12 \text{ A} \rightarrow$  la sección es válida.

Según la tabla 14, el conductor de protección debe de ser de  $4 \text{ mm}^2$  de sección mínima para condiciones de protección cuando no forma parte de la canalización de alimentación y no tiene protección mecánica. Por tanto la línea será:  $3 \times 1,5 + 4$ . Tres hilos de fase de  $1,5 \text{ mm}^2$  de sección cada uno y el de protección de  $4 \text{ mm}^2$ .

La ITC-BT-06 indica que la sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de  $16 \text{ mm}^2$ , y en los de cobre de  $10 \text{ mm}^2$ . La sección mínima correspondiente a otros materiales será la que garantice una resistencia mecánica y conductividad eléctrica no inferiores a las que corresponden a los de cobres anteriormente indicados. En nuestro caso, el conductor es cobre. La línea tendrá una sección definitiva de:  $3 \times 10 + 10 \text{ (mm}^2\text{)}$ . Tres hilos de fase de  $10 \text{ mm}^2$  de sección cada uno y el de protección de  $10 \text{ mm}^2$ .

Para ver qué tubo le corresponde se va a la tabla 13 y se obtiene para 4 conductores aislados con PVC en montaje al aire: tubo de  $32 \text{ mm}^2$ , al tomar como sección nominal el conductor mayor.

	Potencia	Intensidad	Sección ( $\text{mm}^2$ )	Características
<b>Línea de fuerza motriz para el ascensor</b>	4,5 kW	8,12 A	$3 \times 10 + 1 \times 10$	Conductores de cobre unipolares aislados con PVC instalados bajo tubo

**Tabla 6.1.1. Línea de fuerza motriz para el ascensor**

## 6.2. Líneas de alumbrado y elementos auxiliares

Se dimensiona la línea de aluminio desde el cuarto de contadores hasta el último piso, que da servicio con fase, neutro y protección a 230 V a cada planta y se toma la mayor longitud ( $L_{\text{max}} = 40 \text{ m}$ ). La línea va entubada bajo tubo curvable de PVC empotrada. La máxima potencia necesaria es de 8,4 kW, que ya fue deducida en apartados anteriores.

La intensidad máxima de consumo del alumbrado será:

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 8.400 / (230 \cdot 0,8) = 45,65 \text{ A} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

I Intensidad de línea (A)

W Potencia máxima de alumbrado en zonas comunes (W)

E Tensión de fase (V)

$\cos \varphi$  Factor de potencia ( $^{\circ}$ )

La sección teórica será:



$$S_T = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = \sqrt{3} \cdot 40 \cdot 45,65 \cdot 0,8 / (35 \cdot 2,3) = 31,43 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

$S_T$	Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
$L$	Longitud de la línea (m)
$I$	Intensidad de línea (A)
$\cos \varphi$	Factor de potencia ( $^\circ$ )
$v$	Caída de tensión del 1% (V)
$C$	Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en las líneas de derivación cuando los contadores están totalmente centralizados es del 1%  $\rightarrow$  2,3 V. La longitud desde el local de los contadores hasta la entrada de la vivienda es de 35 m. La línea individual es de aluminio con una conductividad de  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $35 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $61 \text{ A} > 45,65 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 35 + 16 \text{ (mm}^2\text{)}$

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $35 \text{ mm}^2$  será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 1%:

$$v = 2,07 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$$

	Potencia	Intensidad	Sección ( $\text{mm}^2$ )	Características
<b>Línea de alumbrado y elementos auxiliares</b>	8,4 kW	45,65 A	$2 \times 35 + 1 \times 16$	Conductores de cobre unipolares aislados con PVC instalados bajo tubo

**Tabla 6.2.1. Línea de alumbrado y elementos auxiliares**

Fórmulas:

(1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008.

(2) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 14), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008.

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-10, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.



[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 10-14), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008.

## 7. Cálculos de la instalación eléctrica interior de una vivienda

Para dimensionar los conductores de la vivienda será necesario conocer las potencias de los electrodomésticos que probablemente estarán en la vivienda. A partir de los datos recogidos en el Ministerios de Energía y Minas se conocen los consumos:

Electrodomésticos eléctricos que se utiliza normalmente	Potencia	
	(W)	(kw)
Cocina eléctrica de 4 hornilla	4 500	4,50
Ducha eléctrica	3 500	3,50
Secadora de ropa	2 500	2,50
Aire acondicionado	1 800	1,80
Jarra eléctrica	1 500	1,50
Calentador de agua	1 500	1,50
Aspiradora	1 300	1,30
Horno Eléctrico	1 200	1,20
Lavaplatos	1 200	1,20
Secadora de pelo	1 200	1,20
Secadora	1 200	1,20
Horno Microondas	1 200	1,20
Olla arrocera	1 000	1,00
Plancha eléctrica	1 000	1,00
Tostadora	1 000	1,00
Fotocopiadora comercial	900	0,90
Bomba de piscina	800	0,80
Cafetera	600	0,60
Taladro manual comercial (600 W)	600	0,60
Lavadora	500	0,50
Congeladora comercial	500	0,50
Ventilador de techo	500	0,50
Máquina de coser ropa	350	0,35
Refrigeradora	350	0,35
Campana extractora de aire	300	0,30
Licuada	300	0,30
Lustradora	300	0,30
Congeladora residencial	250	0,25
Reflector	250	0,25
Ordenador	200	0,20
Batidora	200	0,20
TV de 21 pulgadas color	200	0,20
DVD (Video Digital)	200	0,20



Escáner	150	0,15
Fax	150	0,15
Impresora	150	0,15
Equipo de sonido	120	0,12
Foco incandescente de 100 W	100	0,10
TV de 21 pulgadas blanco y negro	100	0,10
VHS	100	0,10
Lector de Video	100	0,10
Monitor Computadora	75	0,08
Exprimidor	50	0,05
Fluorescente de 40 W	40	0,04
Fluorescente de 32 W	32	0,03
Fluorescente de 25 W	25	0,02
Fluorescente de 20 W	20	0,02
Modem ADSL	30	0,03
Foco ahorrador 20 W	20	0,02
Radio	10	0,01
Timbre de pared con transformador	10	0,01

**Tabla 7.1. Potencias de los electrodomésticos**

Después de analizar los consumos de los electrodomésticos de las viviendas a partir de los datos recogidos del Ministerio de Energía y Minería, se decide el reparto de la potencia disponible entre los circuitos de la vivienda:

**C<sub>1</sub>:** La iluminación de toda la vivienda puede costar:

$$P_1 = n \cdot P_{\text{bombilla}} = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ W} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

n                    N° de bombillas en la vivienda (adimensional)  
P<sub>bombilla</sub>            Potencia de la bombilla (W)

**C<sub>2</sub>:** Tomas de corriente de uso general y frigorífico:

$$P_2 = P_{\text{frigorífico}} + P_{\text{salón}} + P_{\text{ordenador}} + P_{\text{extra}} = 250 + 750 + 100 + 700 = 1900 \text{ W} \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

P<sub>frigorífico</sub>            Potencia de un frigorífico genérico (W)  
P<sub>salón</sub>                    Potencia de los electrodomésticos (W)  
P<sub>ordenador</sub>            Potencia del ordenador (W)  
P<sub>extra</sub>                    Potencia de tomas de corriente: luz de mesilla, radio reloj... (W)

**C<sub>3</sub>:** Alimentación de cocina eléctrica y horno eléctrico:

$$P_3 = P_{\text{cocina}} + P_{\text{horno}} = 4.500 + 1.200 = 5.700 \text{ W} \quad (3)$$



Donde el significado de cada variable es:

$P_{\text{cocina}}$  Potencia de la cocina eléctrica (W)  
 $P_{\text{horno}}$  Potencia del horno eléctrico (W)

**C<sub>4</sub>**: Electrodomésticos de alto consumo (lavadora, lavavajillas...)

$$P_4 = P_{\text{lavadora}} + P_{\text{lavavajillas}} + P_{\text{extra}} = 500 + 1.200 + 1.000 + 1.000 + 1.200 = 4.900 \text{ W} \quad (4)$$

Donde el significado de cada variable es:

$P_{\text{lavadora}}$  Potencia de la lavadora (W)  
 $P_{\text{lavavajillas}}$  Potencia del lavavajillas (W)  
 $P_{\text{extra}}$  Potencia de la tostadora, microondas y plancha eléctrica (W)

**C<sub>5</sub>**: Tomas de corriente de cuartos de baño y bases auxiliares de la cocina.

$$P_5 = P_{\text{baño}} + P_{\text{cocina}} = 4.700 + 2.800 = 7.500 \text{ W} \quad (5)$$

Donde el significado de cada variable es:

$P_{\text{baño}}$  Potencia de la ducha eléctrica y secadora de cabello (W)  
 $P_{\text{cocina}}$  Potencia de la campana extractora de aire y secadora de ropa (W)

**C<sub>6</sub>**: Circuito adicional al C<sub>1</sub> por cada 30 puntos de luz. Tomaremos las mismas estimaciones que en el C<sub>1</sub>  $\rightarrow P_1 = 1200 \text{ W}$

**C<sub>7</sub>**: Circuito adicional al C<sub>2</sub> por cada 20 tomas de corriente de uso general. Tomaremos las mismas estimaciones que en el C<sub>2</sub>  $\rightarrow P_2 = 1900 \text{ W}$

**C<sub>8</sub>**: Destinado a la instalación de calefacción eléctrica.

$$P_8 = n \cdot P_{\text{radiador}} = 3 \cdot 1.500 = 4.500 \text{ W} \quad (6)$$

Donde el significado de cada variable es:

$n$  N° de calefactores eléctricos de potencia media de 1.500 W.  
 $P_{\text{radiador}}$  Potencia de los calefactores eléctricos (W)

**C<sub>9</sub>**: Destinado a la instalación de aire acondicionado.

$$P_9 = n \cdot P_{\text{aparato}} = 4 \cdot 1.800 = 7.200 \text{ W} \quad (7)$$

Donde el significado de cada variable es:

$n$  N° de calefactores aparatos de aire acondicionado (adimensional)  
 $P_{\text{aparato}}$  Potencia de los aparatos de aire acondicionado (W)

**C<sub>10</sub>**: Destinado a la instalación de secadora.

$$P_{10} = P_{\text{secadora}} = 2.500 \text{ W} \quad (8)$$

Donde el significado de cada variable es:

$P_{\text{secadora}}$  Potencia de la secadora (W)

**C<sub>11</sub>**: Destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad. Incluiremos en el circuito la CPU del sistema domótico y los motores de las persianas de la vivienda.

$$P_{11} = P_{\text{CPU}} + n \cdot P_{\text{motor}} = 200 + 6 \cdot 200 = 1.400 \text{ W} \quad (9)$$

Donde el significado de cada variable es:

$P_{\text{CPU}}$  Potencia de la CPU de la domótica del hogar (W)

$n$  N° de motores (adimensional)

$P_{\text{aparato}}$  Potencia del motor de la persiana (W)

**C<sub>12</sub>**: Circuito adicional al C<sub>3</sub> o al C<sub>4</sub> cuando se prevean, o al C<sub>5</sub> cuando sobrepase 6 tomas. Se tomará dicho circuito para tomas de corriente para la conexión de los elementos domóticos de bajo consumo  $\rightarrow P_{12} = 1.200 \text{ W}$

CIRCUITO	APLICACIÓN	POTENCIA
C <sub>1</sub>	Destinados a puntos de luz para alumbrado	1.200 W
C <sub>2</sub>	Destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico	1.900 W
C <sub>3</sub>	Destinado a la alimentación de cocina eléctrica y horno eléctrico	5.700 W
C <sub>4</sub>	Destinado a electrodomésticos de alto consumo (lavadora, lavavajillas...)	4.900 W
C <sub>5</sub>	Destinado a tomas de corriente de cuartos de baño y bases auxiliares de la cocina.	7.500 W
C <sub>6</sub>	Circuito adicional al C <sub>1</sub> por cada 30 puntos de luz.	1.200 W
C <sub>7</sub>	Circuito adicional al C <sub>2</sub> por cada 20 tomas de corriente de uso general.	1.900 W
C <sub>8</sub>	Destinado a la instalación de calefacción eléctrica.	4.500 W
C <sub>9</sub>	Destinado a la instalación de aire acondicionado.	7.200 W
C <sub>10</sub>	Destinado a la instalación de secadora.	2.500 W
C <sub>11</sub>	Destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad.	1.400 W
C <sub>12</sub>	Circuito adicional al C <sub>3</sub> o al C <sub>4</sub> cuando se prevean, o al C <sub>5</sub> cuando sobrepase 6 tomas.	1.200 W

**Tabla 7.2. Potencias de los circuitos eléctricos de la vivienda**



A continuación, se calculan las intensidades máximas y las secciones de los circuitos.

Debido a que las distancias varían entre el interruptor diferencial de la entrada de la vivienda y la toma de corriente/aparato eléctrico, se toma la longitud más desfavorable que sería el perímetro de la vivienda ( $L = 40$  m). Todos los circuitos son de aluminio con una conductividad de  $35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  y están entubados bajo tubos curvables de PVC empotrado.

$C_1$  ( $C_6 - C_{12}$ ): Con una potencia máxima de 1.200 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 1.200 / (230 \cdot 0,8) = 6,52 \text{ A} \quad (10)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad del circuito (A)
- W Potencia máxima del circuito (W)
- E Tensión de fase (V)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia ( $^\circ$ )

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 6,52 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 1,728 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia ( $^\circ$ )
- v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla 11)
- C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  $\rightarrow 6,9$  V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $2,5 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $12 \text{ A} > 6,52 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{ (mm}^2\text{)}$

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $2,5 \text{ mm}^2$  será de 20 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:

$$v = 4,77 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

$C_2$  ( $C_7$ ): Con una potencia máxima de 1.900 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 1.200 / (230 \cdot 0,8) = 10,33 \text{ A} \quad (10)$$



Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad del circuito (A)
- W Potencia máxima del circuito (W)
- E Tensión de fase (V)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 10,33 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 2,738 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)
- v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla 11)
- C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  $\rightarrow$  6,9 V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $4 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $16 \text{ A} > 10,33 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 4 + 4 \text{ (mm}^2\text{)}$

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $4 \text{ mm}^2$  será de 20 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:

$$v = 4,72 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

C<sub>3</sub>: Con una potencia máxima de 5.700 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 5.700 / (230 \cdot 0,8) = 30,98 \text{ A} \quad (10)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad del circuito (A)
- W Potencia máxima del circuito (W)
- E Tensión de fase (V)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 30,98 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 8,210 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)



- v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla 11)
- C Conductividad del conductor ( $m/\Omega \cdot mm^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  
→ 6,9 V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección 16  $mm^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada 37 A > 30,98 A.

Según la tabla 14, la línea consta de: 2 x 16 + 16 ( $mm^2$ )

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de 16  $mm^2$  será de 32 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:

$$v = 3,54 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

C<sub>4</sub>: Con una potencia máxima de 4.900 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 4.900 / (230 \cdot 0,8) = 26,63 \text{ A} \quad (10)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad del circuito (A)
- W Potencia máxima del circuito (W)
- E Tensión de fase (V)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 26,63 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 7,057 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $mm^2$ )
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)
- v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla 11)
- C Conductividad del conductor ( $m/\Omega \cdot mm^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  
→ 6,9 V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección 10  $mm^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada 28 A > 26,63 A.

Según la tabla 14, la línea consta de: 2 x 10 + 10 ( $mm^2$ )



Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $10 \text{ mm}^2$  será de 25 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:

$$v = 4,87 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

C<sub>5</sub>: Con una potencia máxima de 7.500 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 7.500 / (230 \cdot 0,8) = 40,76 \text{ A} \quad (10)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad del circuito (A)
- W Potencia máxima del circuito (W)
- E Tensión de fase (V)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 40,76 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 10,802 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

- $S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)
- v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla 11)
- C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  
→ 6,9 V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección  $25 \text{ mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada  $50 \text{ A} > 40,76 \text{ A}$ .

Según la tabla 14, la línea consta de:  $2 \times 25 + 16 \text{ (mm}^2\text{)}$

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de  $25 \text{ mm}^2$  será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:

$$v = 2,98 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

C<sub>8</sub>: Con una potencia máxima de 4.500 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 4.500 / (230 \cdot 0,8) = 24,46 \text{ A} \quad (10)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad del circuito (A)
- W Potencia máxima del circuito (W)



E Tensión de fase (V)  
 $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 24,46 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 6,482 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Donde el significado de cada variable es:

$S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )  
L Longitud de la línea (m)  
I Intensidad de línea (A)  
 $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)  
v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla 3)  
C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )

Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  
→ 6,9 V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección 10  $\text{mm}^2$  porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada 28 A > 24,46 A.

Según la tabla 14, la línea consta de: 2 x 10 + 10 ( $\text{mm}^2$ )

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de 10  $\text{mm}^2$  será de 25 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:

$$v = 4,47 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

C<sub>9</sub>: Con una potencia máxima de 7.200 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 7.200 / (230 \cdot 0,8) = 39,13 \text{ A} \quad (10)$$

Donde el significado de cada variable es:

I Intensidad del circuito (A)  
W Potencia máxima del circuito (W)  
E Tensión de fase (V)  
 $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 39,13 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 10,370 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Donde el significado de cada variable es:

$S_T$  Sección teórica del conductor ( $\text{mm}^2$ )  
L Longitud de la línea (m)  
I Intensidad de línea (A)  
 $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)  
v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla XIV-16)  
C Conductividad del conductor ( $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ )



Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  
→ 6,9 V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección 25 mm<sup>2</sup> porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada 50 A > 39,13 A.

Según la tabla 14, la línea consta de: 2 x 25 + 16 (mm<sup>2</sup>)

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de 25 mm<sup>2</sup> será de 40 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:

$$v = 2,86 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

C<sub>10</sub>: Con una potencia máxima de 2.500 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 2.500 / (230 \cdot 0,8) = 13,59 \text{ A} \quad (10)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad del circuito (A)
- W Potencia máxima del circuito (W)
- E Tensión de fase (V)
- cos φ Factor de potencia (°)

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 13,59 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 3,602 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Donde el significado de cada variable es:

- S<sub>T</sub> Sección teórica del conductor (mm<sup>2</sup>)
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- cos φ Factor de potencia (°)
- v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla 11)
- C Conductividad del conductor (m/Ω·mm<sup>2</sup>)

Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  
→ 6,9 V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección 4 mm<sup>2</sup> porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada 16 A > 13,59 A.

Según la tabla 14, la línea consta de: 2 x 4 + 4 (mm<sup>2</sup>)

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de 4 mm<sup>2</sup> será de 20 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:



$$v = 6,21 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

C<sub>11</sub>: Con una potencia máxima de 1.400 W

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 1.400 / (230 \cdot 0,8) = 7,61 \text{ A} \quad (10)$$

Donde el significado de cada variable es:

- I Intensidad del circuito (A)
- W Potencia máxima del circuito (W)
- E Tensión de fase (V)
- cos  $\varphi$  Factor de potencia ( $^{\circ}$ )

$$S_T = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi / (C \cdot v) = 2 \cdot 40 \cdot 7,61 \cdot 0,8 / (35 \cdot 6,9) = 2,017 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Donde el significado de cada variable es:

- S<sub>T</sub> Sección teórica del conductor (mm<sup>2</sup>)
- L Longitud de la línea (m)
- I Intensidad de línea (A)
- cos  $\varphi$  Factor de potencia ( $^{\circ}$ )
- v Caída de tensión del 3% (V) (Tabla 11)
- C Conductividad del conductor (m/Ω·mm<sup>2</sup>)

Según la tabla 11, la caída de tensión en los circuitos de la vivienda son del 3%  
→ 6,9 V.

Según la tabla 10, la sección práctica será la sección 2,5 mm<sup>2</sup> porque es la sección más pequeña cuya intensidad es mayor a la intensidad máxima demandada 12 A > 7,61 A.

Según la tabla 14, la línea consta de: 2 x 2,5 + 2,5 (mm<sup>2</sup>)

Según la tabla 12, el tubo será para 3 conductores de 2,5 mm<sup>2</sup> será de 20 mm de diámetro.

Como medida de comprobación, la caída de tensión será menor o igual al 3%:

$$v = 5,57 \text{ V} < 6,9 \text{ V}$$

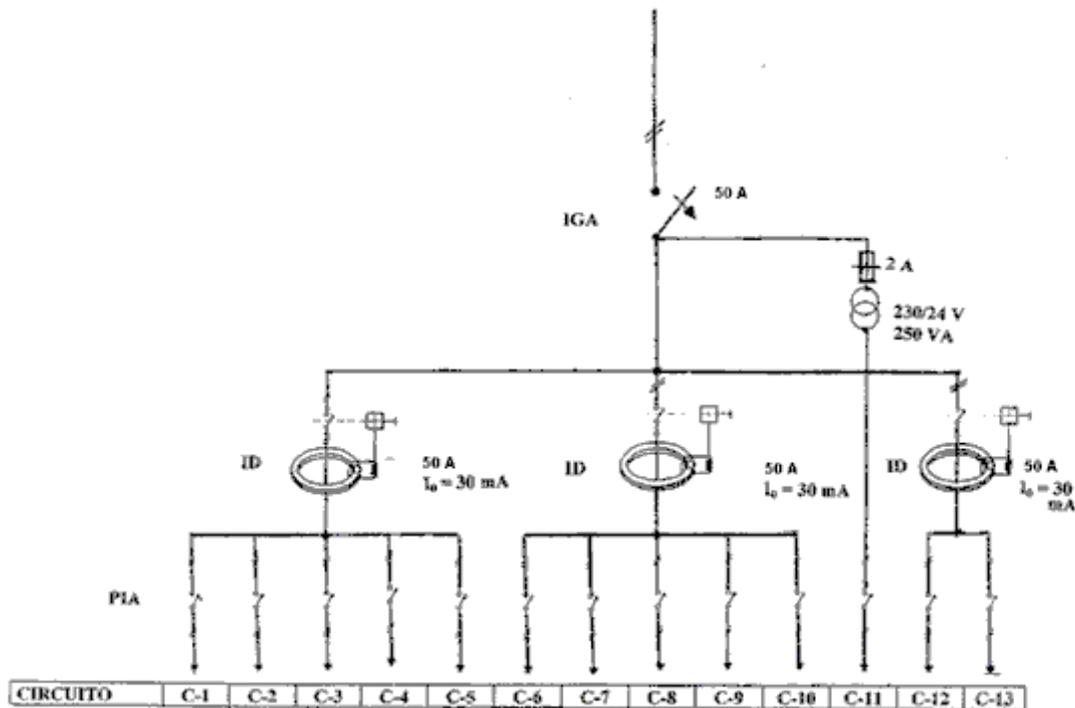


Figura 7.1. Circuitos eléctricos de la vivienda

CTO.	POTENCIA	INTENSIDAD	Φ TUBO	CABLE (mm <sup>2</sup> )
C <sub>1</sub>	1.200 W	12 A	20 mm	2 x 2,5 + 2,5
C <sub>2</sub>	1.900 W	16 A	20 mm	2 x 4 + 4
C <sub>3</sub>	5.700 W	37 A	32 mm	2 x 16 + 16
C <sub>4</sub>	4.900 W	28 A	25 mm	2 x 10 + 10
C <sub>5</sub>	7.500 W	50 A	40 mm	2 x 25 + 16
C <sub>6</sub>	1.200 W	12 A	20 mm	2 x 2,5 + 2,5
C <sub>7</sub>	1.900 W	16 A	20 mm	2 x 4 + 4
C <sub>8</sub>	4.500 W	28 A	25 mm	2 x 10 + 10
C <sub>9</sub>	7.200 W	50 A	40 mm	2 x 25 + 16
C <sub>10</sub>	2.500 W	16 A	20 mm	2 x 4 + 4
C <sub>11</sub>	1.400 W	12 A	20 mm	2 x 2,5 + 2,5
C <sub>12</sub>	1.200 W	12 A	20 mm	2 x 2,5 + 2,5

Tabla 7.3. Dimensiones de los circuitos de la vivienda

Fórmulas:

(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) Propias del autor

(8) “Ministerio de Energía y Minas, Perú”, [www.intranet.minem.gob.pe](http://www.intranet.minem.gob.pe)

(9) Propias del autor

(10), (11) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 14), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008



Referencia:

- [1] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 14), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008  
[2] “Ministerio de Energía y Minas, Perú”, [www.intranet.minem.gob.pe](http://www.intranet.minem.gob.pe)

## 8. Cálculos de la instalación de puesta a tierra

En edificios de nueva construcción se deberán conectar a tierra los siguientes elementos:

- Los hierros de construcción.
- Los conductores de protección de las instalaciones interiores.
- Las tuberías metálicas que penetren en el edificio tales como las de agua, gas, etc.
- Los depósitos metálicos colectivos: gas-oil, etc.
- Los pararrayos (tendrán puntos de puesta a tierra exclusivos para ellos).
- Las guías de ascensores y montacargas.
- Las antenas colectivas de TV, FM, etc.
- Cualquier masa metálica importante que sea accesible como las calderas, etc.

Como se unen varias picas entre sí, para conseguir reducir la resistencia de la toma de tierra, unidas en paralelo, la resistencia de la toma de tierra nos la da la expresión siguiente:

$$R_n = 1/n \cdot (0,96 \cdot \rho/L + 0,318 \cdot \rho/D) \cdot (1/2 + 1/2 / (n - 1)) \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $R_n$  Resistencia de “n” picas ( $\Omega$ )  
 $n$  N° de picas unidas en paralelo  
 $\rho$  Resistividad del terreno ( $\Omega \times m$ )  
 $L$  Longitud de la pica en (m)  
 $D$  Distancia entre picas (m)

$$R_n = 1/6 \cdot (0,96 \cdot 300/2 + 0,318 \cdot 300/4) \cdot (1/2 + 1/2 / (6 - 1)) = 16,785 \Omega \quad (1)$$

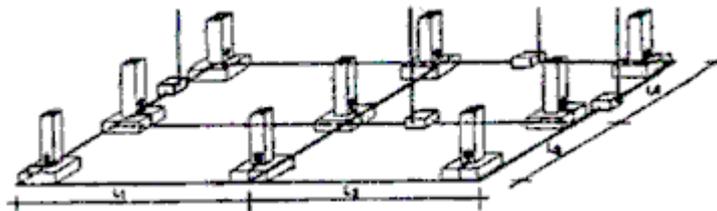
La distancia entre picas ( $D$ ) tiene que ser como mínimo el doble de la longitud ( $L$ ) de las picas. Instalaremos 6 picas en paralelo para obtener una resistencia total menor a  $20 \Omega$  (en condiciones normales), manteniendo constantes las distancias de 4 m entre picas de 2 m.

El terreno que disponemos para la edificación presenta una composición de granito y gneis, la magnitud de la resistividad será de  $300 \Omega \cdot m$ .

Para el dimensionado de los cables del edificio de nueva construcción utilizaremos la tabla 17 de las Normas Tecnológicas.

En función de la tabla anterior, se clasifica el terreno como ‘Arena y gravas arcillosas, rocas’, el edificio poseerá pararrayos y disponemos de 6 picas → la longitud mínima en planta con conductor enterrado ha de ser de 43 m.

Con ella se calcula el número de picas que complementa a una determinada longitud de cable enterrado en metros,  $\Sigma L = 2 \cdot (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)$  y según la naturaleza del terreno y si lleva o no el edificio instalación de pararrayos, se consigue un valor de resistencia inferior a  $80 \Omega$  (sin pararrayos) o inferior a  $15 \Omega$  (con pararrayos) que son valores que garantizan la seguridad (Fig. 8.1). En condiciones normales se considera una buena toma de tierra para edificios de viviendas el valor de  $20 \Omega$ .



**Figura 8.1. Picas para el edificio**

En definitiva, el terreno para la construcción ha sido catalogado como ‘Arena y gravas arcillosas, rocas’ y ‘Granitos compactos y gneis muy alterados’. Debido al cumplimiento de unos mínimos, la toma de tierra necesitará 6 picas de 2 m de longitud con una distancia mínima entre ellas de 4 m.

Fórmulas:

(1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 16), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

Referencia:

[1] “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”, ITC-BT-26, Real Decreto 842/2002, 2 de agosto 2002.

[2] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 16), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

## 9. Cálculos de la instalación de pararrayos

El diseño de esta instalación se realiza de forma que todo el edificio a proteger quede dentro del volumen protegido, según el tipo de pararrayos seleccionado, procurando siempre su total independencia de otras instalaciones.

El proceso de diseño sería el siguiente:

### - Determinación del índice de riesgo

La NORMA UNE-21186/1996 determina la necesidad de protección en función de la “densidad de caída de rayos”, en la zona o entorno donde se halle ubicado el edificio, anunciando que esto no sea tampoco una limitación a la instalación de pararrayos, y que pueda tenerse en cuenta otras consideraciones a pesar de que el “índice de riesgo” determinado, no indique la necesidad de protección.

Según el Código Técnico de la Edificación, el “riesgo de impacto” sobre la estructura de un edificio se evalúa por la siguiente fórmula:

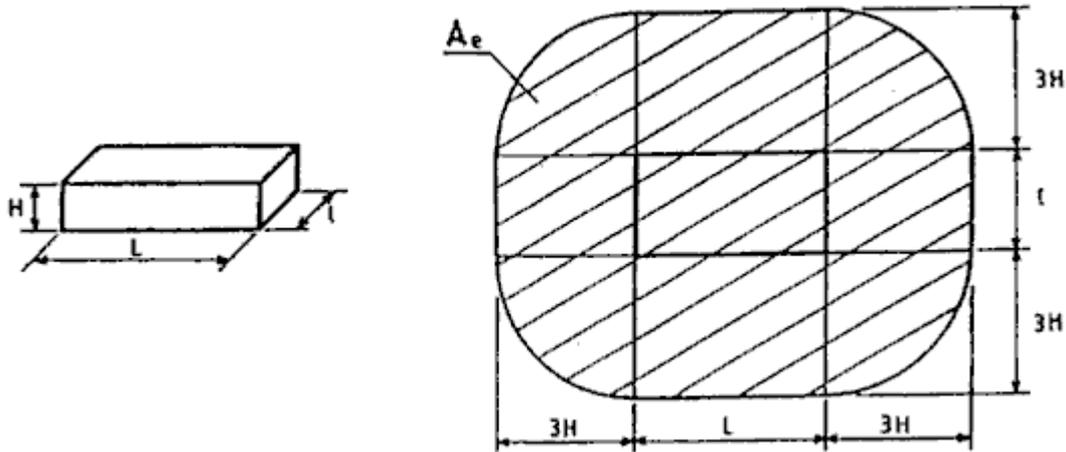
$$N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot 18.096 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 0,023 \text{ n}^\circ \text{ impactos/año} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $N_e$  Frecuencia esperada de impactos de rayo (nº impactos/año)
- $N_g$  Densidad anual media de impactos en la zona (nº/año · Km<sup>2</sup>)
- $A_e$  Superficie de captura equivalente de la estructura aislada (m<sup>2</sup>)
- $C_1$  Coeficiente relacionado con el entorno



**Figura 9.1. Mapa de densidad de impactos sobre terreno  $N_g$**



**Figura 9.2. Superficie de captura equivalente  $A_e$**

El edificio tiene las siguientes medidas:

$$\begin{aligned} h_2 = H &= 22 \text{ m} \\ L &= 20 \text{ m} \\ A = l &= 11,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Por tanto, la superficie de captura equivalente será:

$$A_e = L \cdot l + 6 \cdot H \cdot (L + l) + 9 \cdot \pi \cdot H^2 = 18.096 \text{ m}^2 \quad (2)$$

Según la tabla 19, el edificio está situado en un espacio donde hay otras estructuras de la misma altura o incluso más altas, por tanto el coeficiente  $C_1 = 0,5$ .

Ahora por otro lado, se determina la frecuencia aceptable de rayos sobre la estructura del estudio, partiendo de la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} N_a &= 5,5 \cdot 10^{-3} / (C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5) = \\ &= 5,5 \cdot 10^{-3} / (1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 0,0055 \text{ n}^\circ \text{ impactos/año} \end{aligned} \quad (3)$$

Donde el significado de cada variable es:

- $N_a$  Frecuencia aceptable de impactos de rayo
- $C_2$  Coeficiente según tipo de construcción
- $C_3$  Coeficiente según contenido del edificio
- $C_4$  Coeficiente según la ocupación o uso del edificio
- $C_5$  Coeficiente según las consecuencias del impacto

Todos estos coeficientes se encuentran tabulados en las tablas siguientes.

Según la tabla 20, la estructura del edificio es de hormigón y el tejado es común  $\rightarrow C_2 = 1$ .



Según las tablas 21, 22 y 23, una vez evaluado el riesgo, la citada norma establece la necesidad o no de disponer en el edificio de instalación de pararrayos, con el siguiente criterio:

Como  $N_e = 0,023 > N_a = 0,0055$ , el sistema de protección sí es necesario instalarlo.

#### **- Elección del “tipo” de pararrayos a instalar entre los distintos modelos que presenta el mercado.**

Se elige el pararrayos con dispositivo de cebado (PDC) cuya norma viene recogida en UNE-21-168/1996, en la cual se desarrolla el estudio de la zona de protección de este modelo de pararrayos.

Su elección viene motivado porque se caracteriza al incorporar un sistema de cebado que anticipa la descarga, entre 25 y 75  $\mu\text{s}$  cuya ganancia, en la distancia de cebado, permite aumentar el radio de protección de lo que supondrían las puntas Franklin solamente.

#### **- Selección del nivel de protección**

Se necesita conocer la eficiencia, que viene dada en función de la frecuencia de rayos aceptables ( $N_a$ ), y de la frecuencia esperada de impactos de rayo ( $N_e$ ), aplicando la siguiente fórmula:

$$E = 1 - N_a / N_e = 1 - 0,0055 / 0,023 = 0,761 \quad (4)$$

Donde el significado de las variables es:

E Función de la eficiencia requerida (adimensional)

$N_a$  Frecuencia de rayos aceptables (adimensional)

$N_e$  Frecuencia esperada de impactos de rayo (adimensional)

El Código Técnico de la Edificación establece los niveles expresados en las tablas 24 y 1, en función de la eficiencia requerida.

Por tanto, el nivel de protección según la eficiencia requerida es el nivel 3 – 4, dependiendo de la tabla.

Una vez determinado el nivel de protección, se entra en tablas para la determinación del radio de protección necesario para la cobertura de la estructura, que se debe cubrir con la protección.

El Código Técnico de Edificación relaciona los niveles de protección con diferentes valores para la distancia de cebado (D), siendo éstos los que se reflejan en la siguiente tabla:

Según la tabla 18, como nuestro nivel de protección es el nivel 3 – 4 → El radio de esfera rodante es  $D = 60$  m.

La tabla referida es la 12 de la norma UNE-21186, que seguidamente reproducimos para el nivel 3 – 4, y también según la tabla 25.

Donde el significado de las variables es:

- D Distancia de cebado o radio de la esfera ficticia (m)
- $\Delta L$  Avance de cebado en el pararrayos considerado (m)
- h Diferencia de altura entre la punta de pararrayos y el plano horizontal considerado (m)
- $R_p$  Radio de protección al nivel del plano horizontal considerado (m)

El edificio tiene una altura  $H = 22$  m (+ 2 m por el pararrayos →  $h = 25$  m) y  $\Delta L_{\min} = 5$  m porque no se necesita un radio de protección mucho más grande →  $R_p = 54,77$  m.

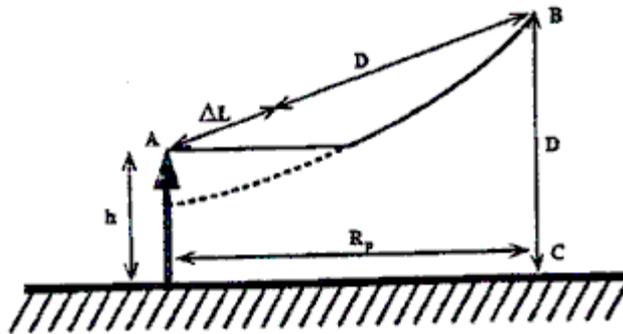


Figura 9.3. Representación de las alturas de los edificios

#### - Recopilamiento de todos los datos precisos.

- Las intensidades de descarga se suelen estimar para 50, 70 ó 100 kA.
- Las normas generales recomiendan que la altura del pararrayos esté por lo menos a una altura 2 metros por encima de cualquier otro punto.
- La resistencia de la toma de tierra del pararrayos no será superior a  $10 \Omega$  según las normas generales.

#### - Determinación de los puntos de emplazamiento de los elementos.

Según la tabla 17 para un edificio con pararrayos y terreno de arenas y gravas arcillosas y rocas la longitud mínima en planta con conductor enterrado ( $\Sigma L$ ) ha de ser de 43 m. Como ya se sabe, el edificio está situado sobre un terreno de resistividad de  $300 \Omega \cdot m$ .

Seguidamente se puede conocer el valor aproximado de la resistencia de tierra por pica  $r_1$ :



$$r_1 = \rho / L = 300 / 2 = 150 \Omega \quad (5)$$

Donde el significado de cada variable es:

$\rho$  Resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

L Longitud de la pica (m)

Se considera que 6 picas en paralelo disminuyen el valor resistivo al 30%.

$$R_1 = r_1 \cdot 30\% = 150 \cdot 0,30 = 45 \Omega \quad (6)$$

La resistencia a tierra de 43 m de conductor enterrado horizontalmente sería:

$$R_2 = 2 \cdot \rho / L = 2 \cdot 150 / 43 = 6,98 \Omega \quad (7)$$

Donde el significado de cada variable es:

$\rho$  Resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

L Longitud mínima en planta con conductor enterrado (m)

Como aproximación se considera ambas resistencias en paralelo:

$$R_T = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 45 \cdot 6,98 / (45 + 6,98) = 6,04 \Omega < 10 \Omega \quad (8)$$

Fórmulas:

(1), (3), (4), (5), (6), (7), (8) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 16-22), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

(2) [www.fervisa.com](http://www.fervisa.com)

Referencia:

[1] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 16-22), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

[2] “Fervisa: Ingeniería S.A.”, [www.fervisa.com](http://www.fervisa.com)

## 10. Cálculos para la protección de descargas eléctricas

A continuación se calibra los parámetros de los interruptores de protección:

### - Cálculos del cuadro de mando y protección

Como ya se ha calculado en otras ocasiones, la intensidad máxima de consumo por vivienda será:

$$I = W / (E \cdot \cos \varphi) = 9.200 / (230 \cdot 0,8) = 50 A \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

I Intensidad de una vivienda (A)

W Potencia máxima de una vivienda, grado de electrificación elevado (W)



E Tensión de fase (V)  
 $\cos \varphi$  Factor de potencia (°)

Las viviendas soportan una intensidad máxima de 50 A, que está dentro de la gama de Pequeños Interruptores Automáticos (PIA). El más apropiado es el tipo H ya que dispara para 2 – 3 veces la intensidad nominal:

$$I_{cc} = I \cdot C = 50 \cdot 3 = 150 \text{ A} \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

$I_{cc}$  Intensidad de cortocircuito  
 I Intensidad nominal de la línea  
 C Factor de dimensionamiento del PIA

Los interruptores generales tendrán capacidad de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que puede producirse en el punto de su instalación de 150 A.

#### - Criterios en la elección de los diferenciales

El criterio en la elección de los diferenciales consiste en las características básicas del interruptor diferencial, que son:

- La intensidad nominal (I)
- La tensión (V)
- La sensibilidad ( $I_{\Delta N}$ )

Al elegir el diferencial, los valores de la intensidad nominal y la tensión vienen fijados por la necesidad de la propia instalación a la que protege, mientras que la elección de la sensibilidad viene fijada por la resistencia de tierra, debiendo cumplirse que con las tensiones de seguridad fijadas por el Reglamento:

Locales secos:  $R \leq 50 / I_{\Delta N}$

Locales húmedos:  $R \leq 24 / I_{\Delta N}$

Por lo que, con las sensibilidades comerciales obtendremos los siguientes valores para las tomas de tierra.

SENSIBILIDAD $I_{\Delta N}$	LOCALES HÚMEDOS	LOCALES SECOS
30 mA	800 $\Omega$	1666 $\Omega$
300 mA	80 $\Omega$	166 $\Omega$
500 mA	48 $\Omega$	100 $\Omega$
650 mA	37 $\Omega$	76 $\Omega$

**Tabla 10.1. Sensibilidades comerciales**



Fórmulas:

(1) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 16), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

(2) Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 22), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

Referencia:

[1] Martín Sánchez, Franco, “Manual de instalaciones eléctricas” (Capítulo 16-22), ediciones A. Madrid Vicente, 3ª Edición, año 2008

## 11. Cálculos para motorizar persianas y toldos

Dos son los datos principales para elegir el motor adecuado a tu persiana:

1.- El peso de la persiana: con él se calcula la potencia y máxima fuerza que necesita el motor y con ello se puede elegir el motor más adecuado a las necesidades, tanto en el precio como en las características.

2.- El diámetro del eje: Importante para calcular el par de fuerza necesaria del motor y el adaptador adecuado.

Además se debe tener en cuenta de que queremos activar el motor con un mando a distancia y apretando un botón en un pulsador (o mediante un programador), para elegir el modelo adecuado.

Las viviendas del edificio poseen un total de 7 ventanas. Se clasifica las persianas en dos grupos: A y B. Por tanto, la vivienda posee 5 persianas de tipo A y 2 persianas de tipo B. A continuación se define cada uno de los tipos de persianas:

### - Tipo A

Las persianas de las viviendas con lamas de PVC, que miden 1,5 m de alto por 1,7 m de ancho, el peso será:

$$P = \rho \cdot L \cdot A = 6 \cdot 1,5 \cdot 1,7 = 15,3 \text{ Kg} \quad (1)$$

Donde el significado de cada variable es:

P	Peso de la persiana
$\rho$	Coefficiente según el material
L	Altura de la loma
A	Ancho de la loma

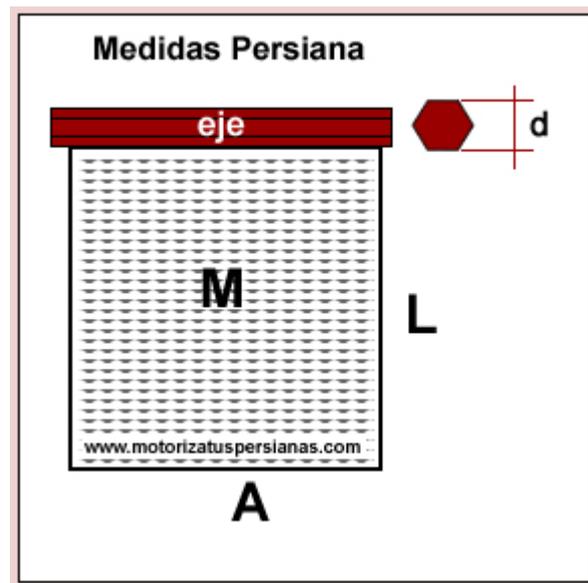
### - Tipo B

Las persianas de las viviendas con lamas de PVC, que miden 0,8 m de alto por 1,7 m de ancho, el peso será:

$$P = \rho \cdot L \cdot A = 6 \cdot 0,8 \cdot 1,7 = 8,16 \text{ Kg} \quad (2)$$

Donde el significado de cada variable es:

P	Peso de la persiana
$\rho$	Coficiente según el material
L	Altura de la loma
A	Ancho de la loma



**Figura 11.1. Dimensiones de la persiana**

#### - Para ambas persianas

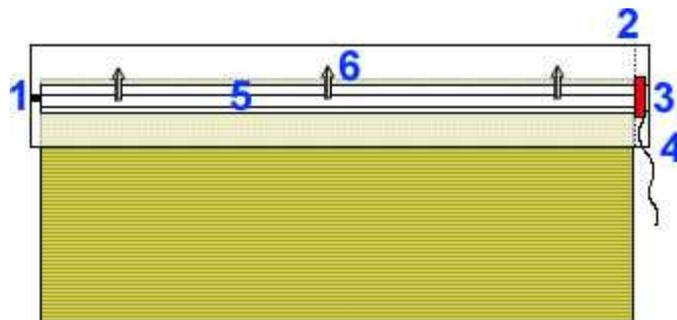
Se mide el eje y es de 60mm (octogonal). A continuación se entra en la tabla con el peso calculado y el diámetro del eje (tubo), y como resultado se obtiene que la fuerza tenga que ser de 15Nm (para asegurar una holgura razonable). Se debe consultar las especificaciones del fabricante, para saber con estos datos cual es el motor que se tiene que seleccionar. Estos suelen tener una tabla de pesos máximos que soportan sus motores.

Además del motor, se necesita tres elementos más:

- 1.- Adaptadores: Son unas piezas que hacen que el motor tubular se acople perfectamente al interior del eje con la forma de este. Suelen ser de secciones octogonal o redondos.
- 2.- Soportes: El eje de la persiana, por una parte está anclado mediante un soporte y por el otro lado gira libremente sobre la base de unos rodamientos. Disponemos de varios soportes que se adaptan a todas las cajas de persianas existentes. Estos motores no van anclados directamente a la pared, es el soporte en que va anclado y luego el motor encaja en el soporte.

3.- Accionamientos: Desde un básico pulsador basculante, podemos accionar nuestras persianas con programadores, mandos a distancia (si se eligen los motores con receptor incorporado), así como incorporar por ejemplo sensores solar/crepuscular; de manera que cubra nuestras necesidades. Además, podemos accionar varios motores a la vez con un sólo mando, por ejemplo.

Los motores y accionamientos para persianas vienen con la hoja de instrucciones correspondiente, facilitada por el fabricante. En el siguiente esquema se puede ver todos los elementos que componen una persiana:



**Figura 11.2. Elementos para la motorización de la persiana**

- 1.- Espiga a rodamiento
- 2.- Caja de la persiana
- 3.- Motor (introducido en eje con adaptadores correspondientes)
- 4.- Cable del motor
- 5.- Eje de la persiana
- 6.- Fleje (unen las lamas con el eje)

Fórmulas:

- (1) “Motoriza tus persianas”, [www.motorizatuspersianas.com](http://www.motorizatuspersianas.com)
- (2) “Motoriza tus persianas”, [www.motorizatuspersianas.com](http://www.motorizatuspersianas.com)

Referencia:

- [1] “Motoriza tus persianas”, [www.motorizatuspersianas.com](http://www.motorizatuspersianas.com)

## 12. Presupuesto

En la tabla se detallan los siguientes precios:

- Precio del material eléctrico de las zonas comunes: 3.517€
  - Material común total de plantas: 5.924€
- Precio material eléctrico de las 11 viviendas: 34.265€
- Precio material domótico de las 11 viviendas: 66.768€
- TOTAL: 110.558€



Uds.	Medida	Descripción	€/u	€
1	Ud.	Caja general de Protección 250 A	293,21	293,21
3	Ud.	Fusibles 250 A	32,21	96,63
1	Ud.	Centralización de Contadores	1.245,33	1.245,33
14	m	Línea general de alimentación de 3 x 300 mm <sup>2</sup> (cobre)	31,09	435,26
14	m	Línea general de alimentación de 2 x 150 mm <sup>2</sup> (cobre)	16,55	231,70
14	m	Tubo protector empotrado de 320 mm	12,44	174,16
1	Ud.	Pararrayos	30,00	30,00
50	m	Línea del pararrayos	10,00	500,00
		Iluminaria de zonas comunes	60,00	60,00
10	Ud.	Iluminación de emergencia	45,12	451,20
			SUMA	<b>3.517€</b>
---	-----	ZONAS COMUNES POR PLANTA	-----	-----
		<b>Planta baja</b>		
5	m	Línea derivación individual de 2 x 35 mm <sup>2</sup> (aluminio)	16,43	82,15
5	m	Línea derivación individual de 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	42,70
5	m	Tubo curvable de PVC empotrada de 40 mm	1,19	5,95
		<b>1ª Planta</b>		
11	m	Línea derivación individual de 2 x 35 mm <sup>2</sup> (aluminio)	16,43	180,73
11	m	Línea derivación individual de 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	93,94
11	m	Tubo curvable de PVC empotrada de 40 mm	1,19	13,09
		<b>2ª Planta</b>		
17	m	Línea derivación individual de 2 x 35 mm <sup>2</sup> (aluminio)	16,43	279,31
17	m	Línea derivación individual de 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	145,18
17	m	Tubo curvable de PVC empotrada de 40 mm	1,19	20,23
		<b>3ª Planta</b>		
23	m	Línea derivación individual de 2 x 35 mm <sup>2</sup> (aluminio)	16,43	377,89
23	m	Línea derivación individual de 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	196,42
23	m	Tubo curvable de PVC empotrada de 40 mm	1,19	27,37
		<b>4ª Planta</b>		
29	m	Línea derivación individual de 2 x 35 mm <sup>2</sup> (aluminio)	16,43	476,47
29	m	Línea derivación individual de 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	247,66
29	m	Tubo curvable de PVC empotrada de 40 mm	1,19	34,51
		<b>5ª Planta</b>		
35	m	Línea derivación individual de 2 x 35 mm <sup>2</sup> (aluminio)	16,43	575,05
35	m	Línea derivación individual de 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	298,90
35	m	Tubo curvable de PVC empotrada de 40 mm	1,19	41,65
		~~~~~		
35	m	Línea de fuerza motriz para el ascensor de 3 x 1,5 mm <sup>2</sup> (cobre)	5,05	176,75
35	m	Línea de fuerza motriz para el ascensor de 1 x 4 mm <sup>2</sup> (cobre)	1,27	44,45
35	m	Tubo de PVC en montaje al aire de 20 mm <sup>2</sup>	0,86	30,10



		~~~~~		
100	m	Línea de alumbrado de 2 x 35 mm <sup>2</sup> (aluminio)	16,43	1.643,00
100	m	Línea de alumbrado de 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	854,00
100	m	Tubo curvable de PVC empotrada de 40 mm	1,19	119,00
			SUMA	<b>5.924€</b>
---	----	<b>Vivienda (11 viviendas)</b>	----	-----
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 3 x 2,5 mm <sup>2</sup> (aluminio)	2,54	76,20
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 3 x 4 mm <sup>2</sup> (aluminio)	3,81	114,30
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 3 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	25,62	768,60
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 3 x 10 mm <sup>2</sup> (aluminio)	9,53	285,90
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 2 x 25 mm <sup>2</sup> (aluminio)	12,19	365,70
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	256,20
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 3 x 10 mm <sup>2</sup> (aluminio)	9,53	285,90
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 2 x 25 mm <sup>2</sup> (aluminio)	12,19	365,70
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 1 x 16 mm <sup>2</sup> (aluminio)	8,54	256,20
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 3 x 4 mm <sup>2</sup> (aluminio)	3,81	114,30
30	m	Línea eléctrica del interior de vivienda 3 x 2,5 mm <sup>2</sup> (aluminio)	2,54	76,20
30	Ud.	Toma de corriente	2,07	62,10
22	Ud.	Interruptor	3,99	87,78
		~~~ Una vivienda ~~~	SUMA	3.115,08
11	Ud.	~~~ Once vivienda ~~~	SUMA	<b>34.265€</b>
--	---	<b>DOMOTICA PARA UNA VIVIENDA</b>	----	----
1	Ud.	PAU	2.000,00	2.000,00
1	Ud.	módulo de timbre X10	22,92	22,92
10	Ud.	Módulo X10 para control de Iluminación con fijación a pared	65,03	650,30
10	Ud.	Módulo X10 para control de Iluminación para carril DIN	22,30	223,00
10	Ud.	Módulo X10 para control de Lámpara de casquillo	21,99	219,90
8	Ud.	Módulo de electrodomésticos X10	20,50	164,00
1	Ud.	Minicontrolador X10	24,72	24,72
1	Ud.	Dispositivo inalámbrico X10	40,30	40,30
1	Ud.	Controlador a distancia llavero	10,00	10,00
1	Ud.	Palm Pad	45,00	45,00
1	Ud.	Transmisor receptor del X10 inalámbrico	22,92	22,92
9	Ud.	Detector de movimiento X10	43,45	391,05
1	Ud.	Módulo Powerflash	48,71	48,71
1	Ud.	Mini Timer X10	50,73	50,73
6	Ud.	DS10A Powerhouse Door/Window Sensor X10 Corporation	12,99	77,94
6	Ud.	W800RF32	59,99	359,94
1	Ud.	Robo-Dog X10	15,43	15,43
6	Ud.	Módulo de persianas empotrable SW10	59,00	354,00
4	Ud.	Digimax 210 Domótica X10	32,48	129,92



1	Ud.	Filtro X10	32,33	32,33
<i>ELEMENTOS PARA LA PERSIANA</i>				
6	Ud.	Pulsador basculante	5,00	30,00
12	Ud.	Soporte	3,50	42,00
6	Ud.	Adaptadores	1,70	10,20
6	Ud.	Motor eléctrico para persiana	184,08	1.104,48
			SUMA	6.069,79
		El total de las 11 viviendas --->	SUMA	<b>66.768€</b>
		<b><i>PRESUPUESTO TOTAL</i></b>		<b>110.558€</b>

**Tabla 12.1. Presupuesto del proyecto**

Para una primera estimación del presupuesto obtenemos una cantidad de 110.558€ en materiales. El presupuesto por vivienda es de aproximadamente de 10.000€. Además el peso de cada una de las instalaciones es de 40% electricidad y 60% domótica.

El presupuesto domótico es muy atractivo económicamente ya que los presupuestos que ofrece el mercado varían entre 7000-9000€. Por otro lado, el presupuesto eléctrico obtenido es un precio dentro de las instalaciones eléctricas. Por tanto, el presupuesto total de 110.000€ aproximadamente es atractivo para el mercado cumpliendo el objetivo del proyecto: “mejores pretensiones estéticas, de confort y económicas para el propietario.”

Referencia:

- [1] “Construmática”, [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)
- [2] “Superinventos: televigilancia y seguridad electrónica”, [www.superinventos.com](http://www.superinventos.com)
- [3] “Confort City”, [www.confortcity.es](http://www.confortcity.es)
- [4] “Domodesk: todo en domótica”, [www.domodesk.com](http://www.domodesk.com)

## PLANOS Y ESQUEMAS

### 1. Planos generales del edificio

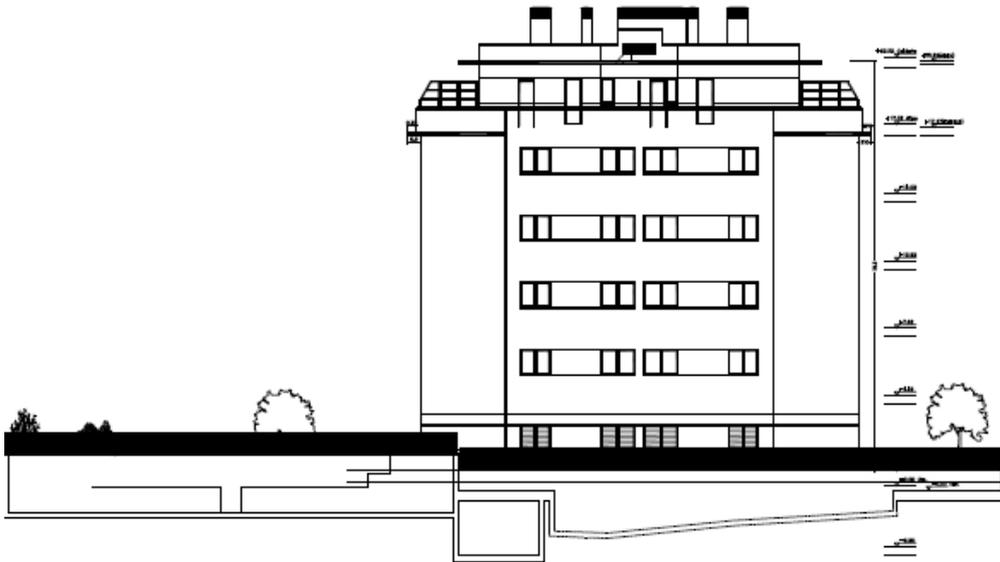


Figura P.1. Alzado del edificio de viviendas

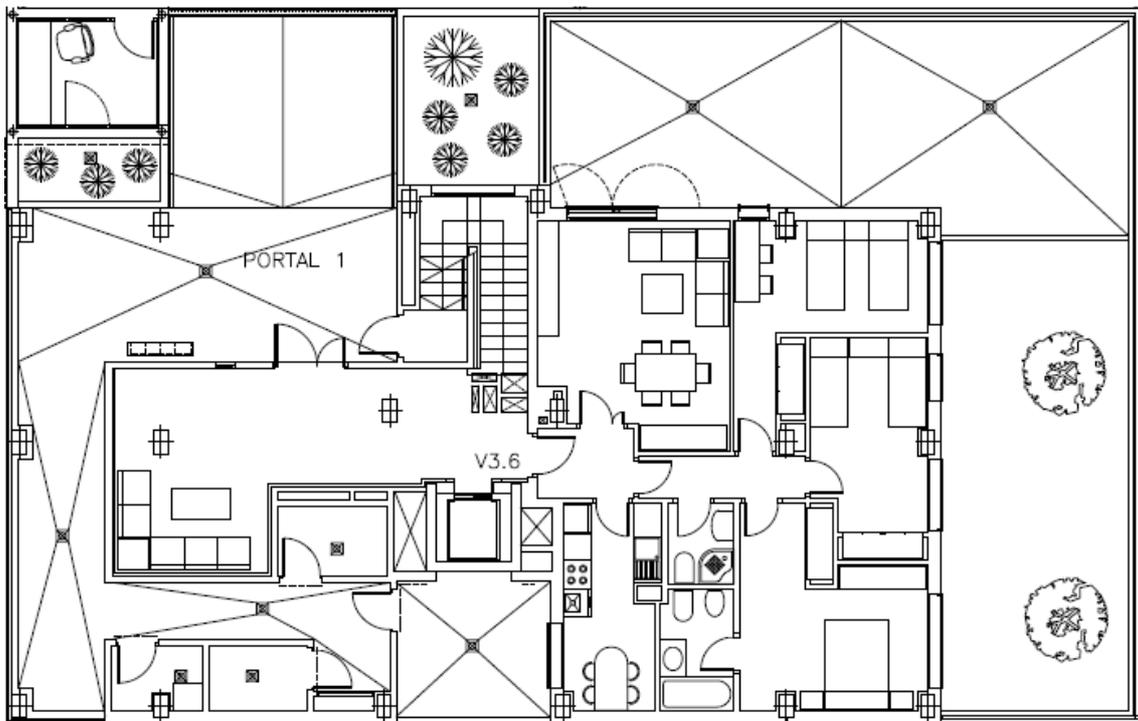


Figura P.2. Planta Baja del edificio de viviendas

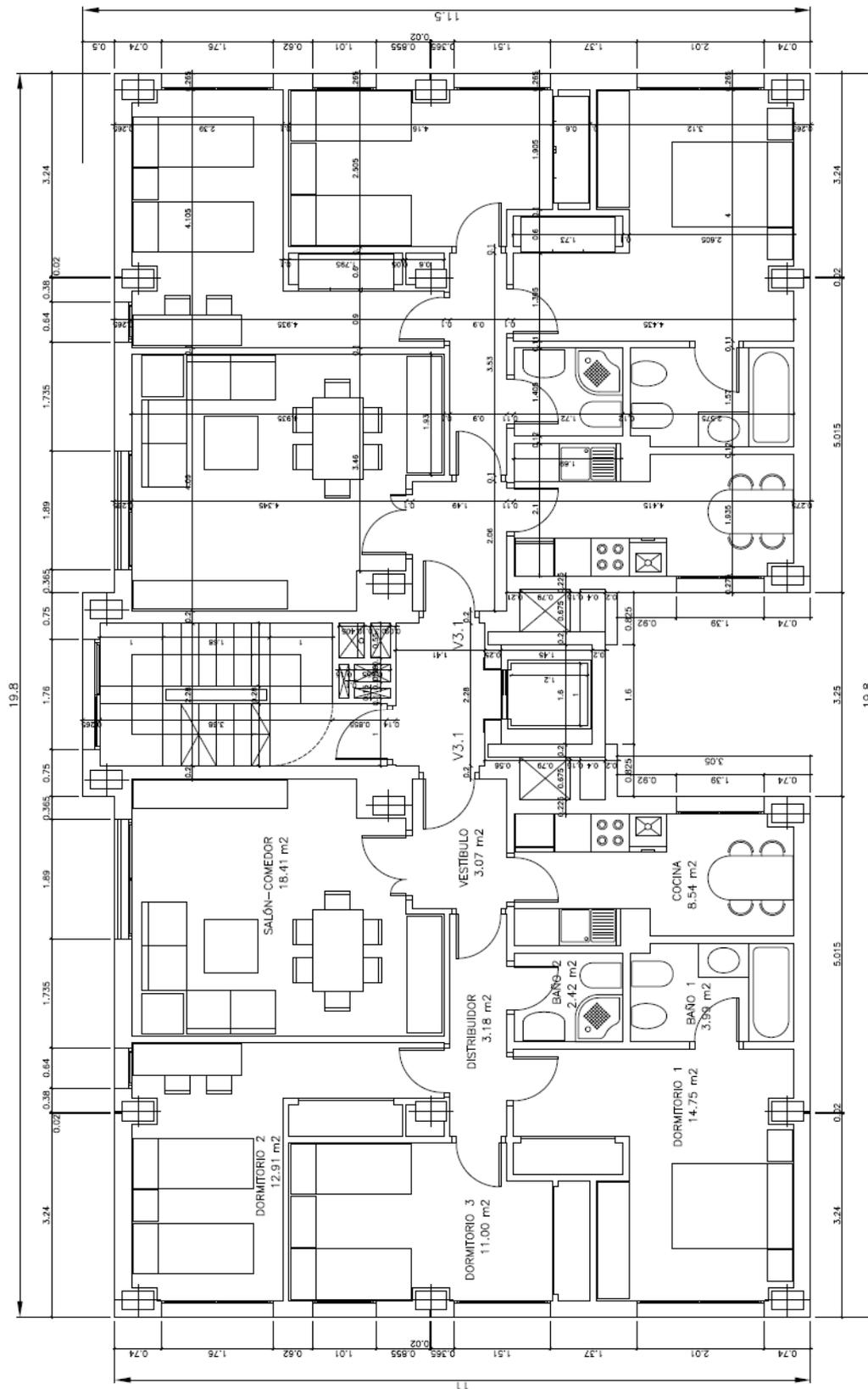


Figura P.3. Planta tipo del edificio de viviendas (de la 1<sup>a</sup> a la 4<sup>a</sup> planta)

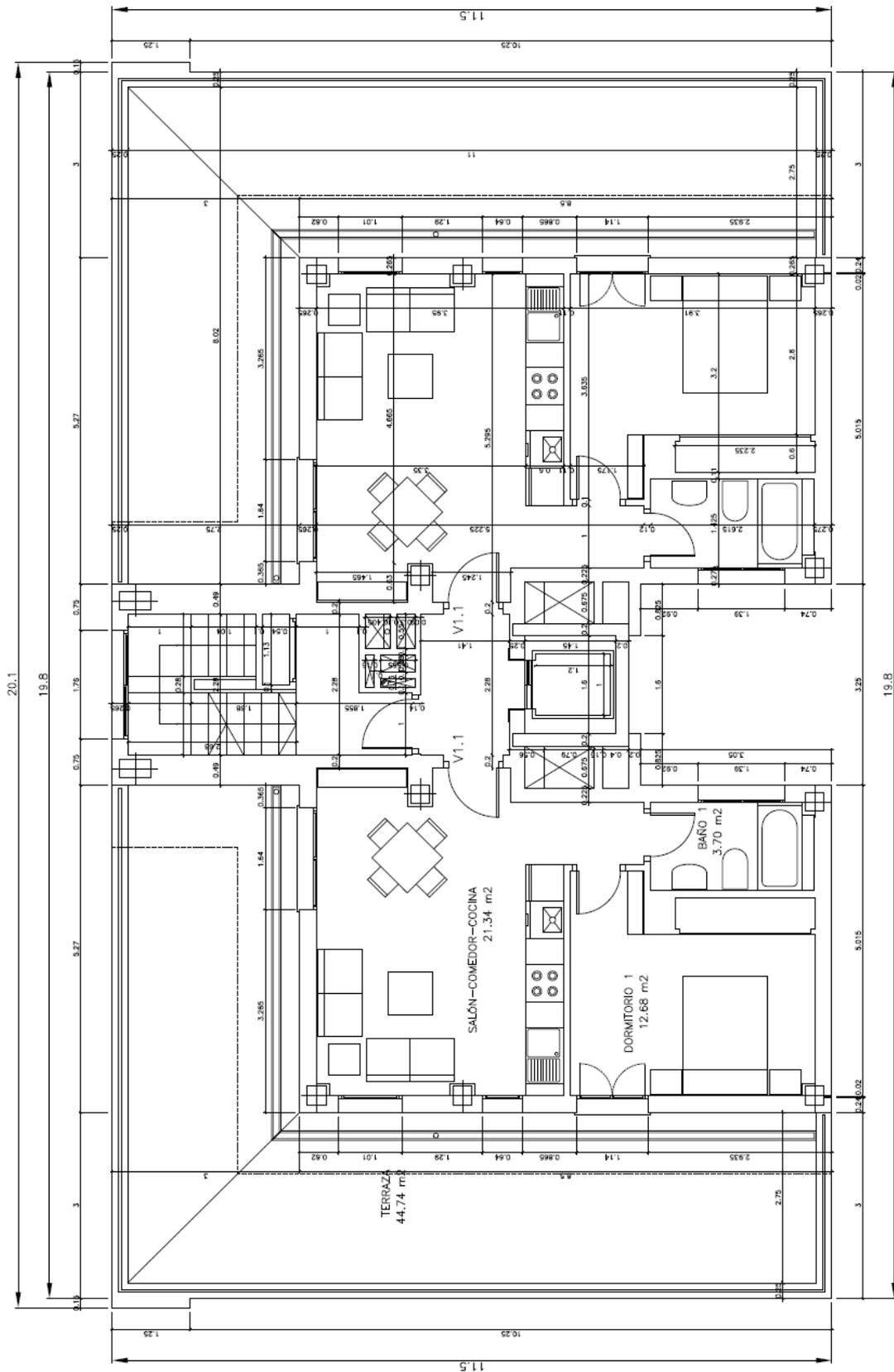


Figura P.4. Ático del edificio de viviendas (5ª planta)

## 2. Esquemas eléctricos del edificio

### 2.1. Instalación de enlace

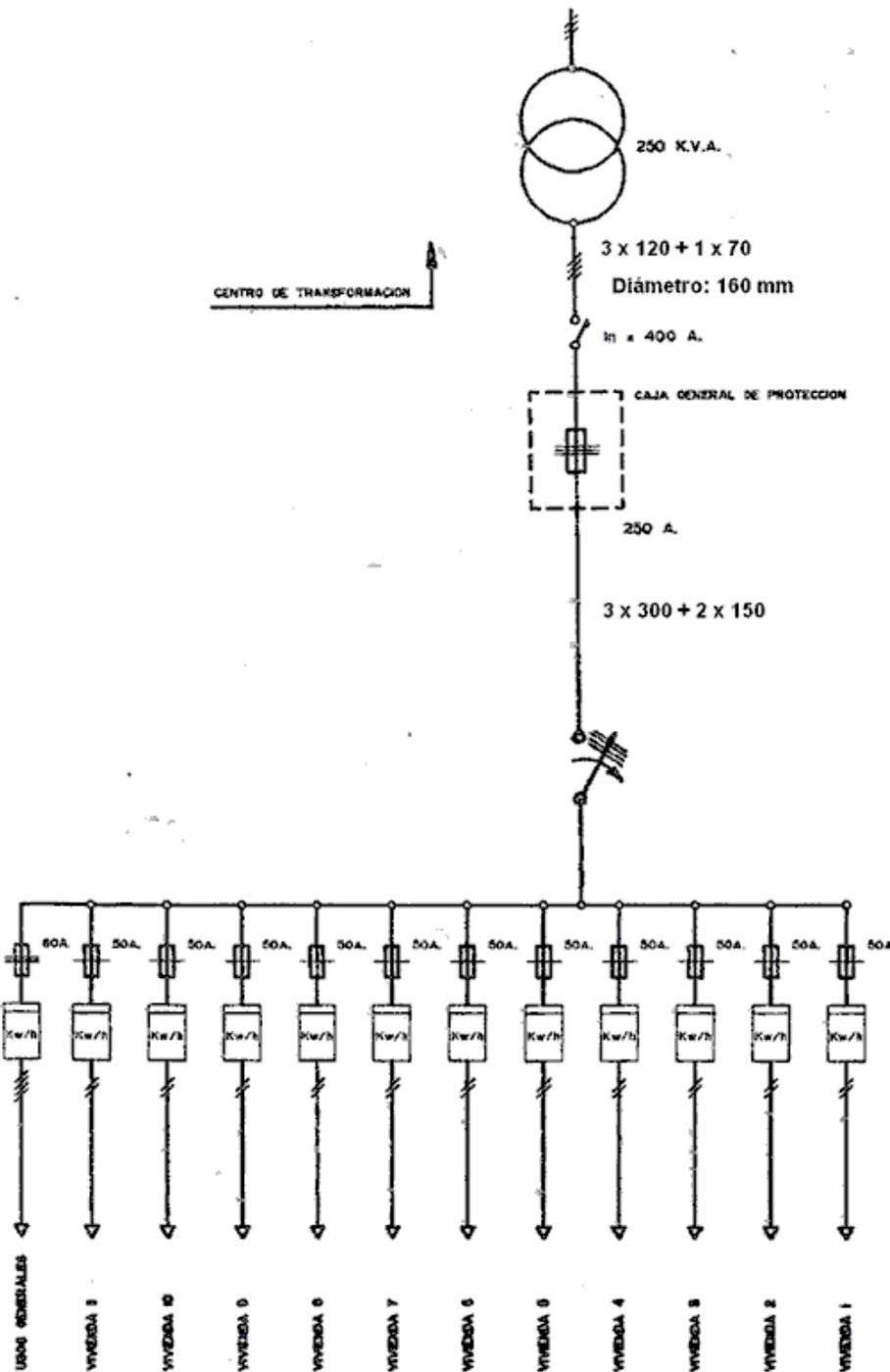


Figura P.5. Esquema unifilar de la instalación de enlace

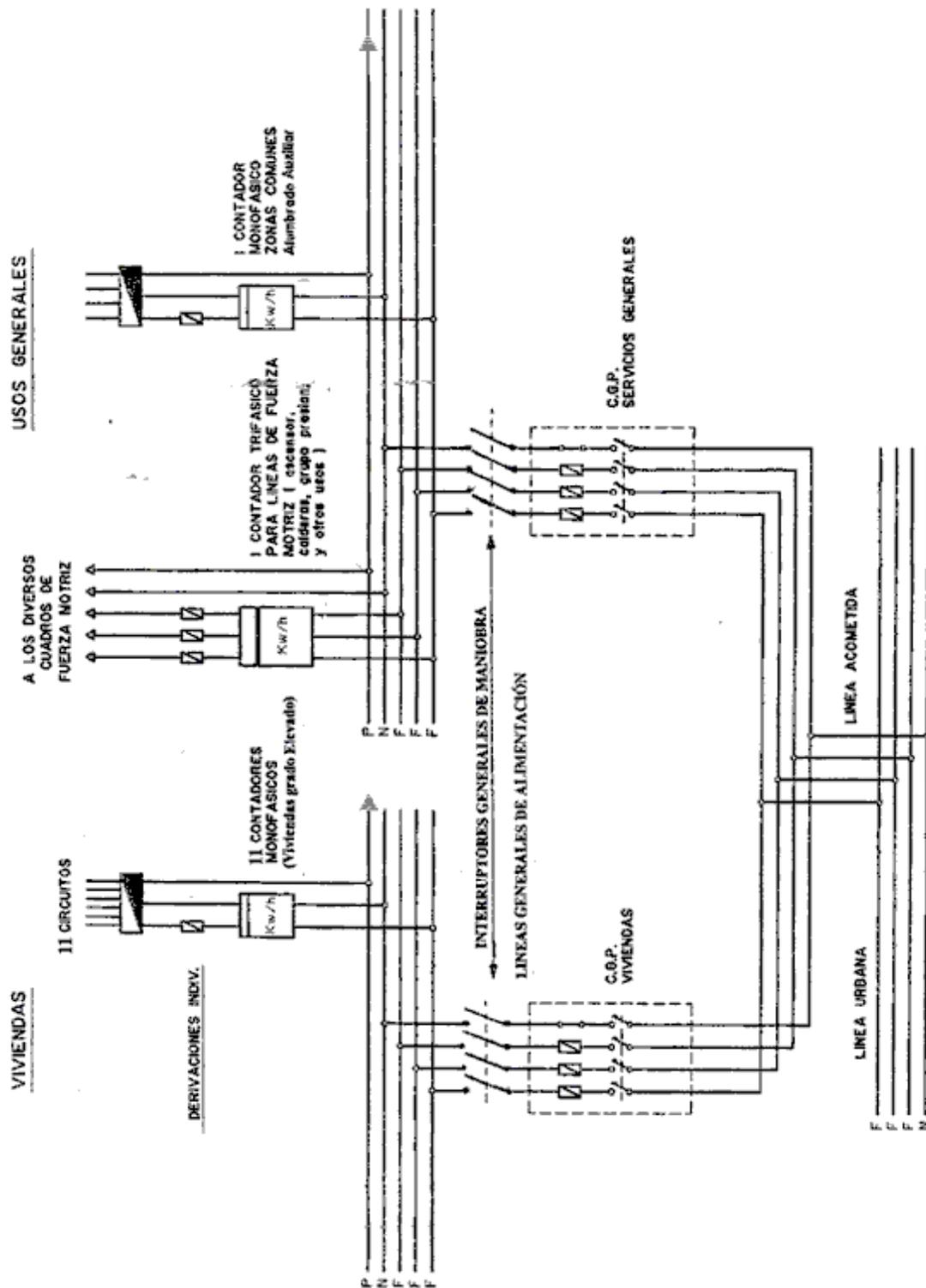


Figura P.6. Esquema multifilar de la instalación de enlace

## 2.2. Derivaciones individuales y líneas de servicio general

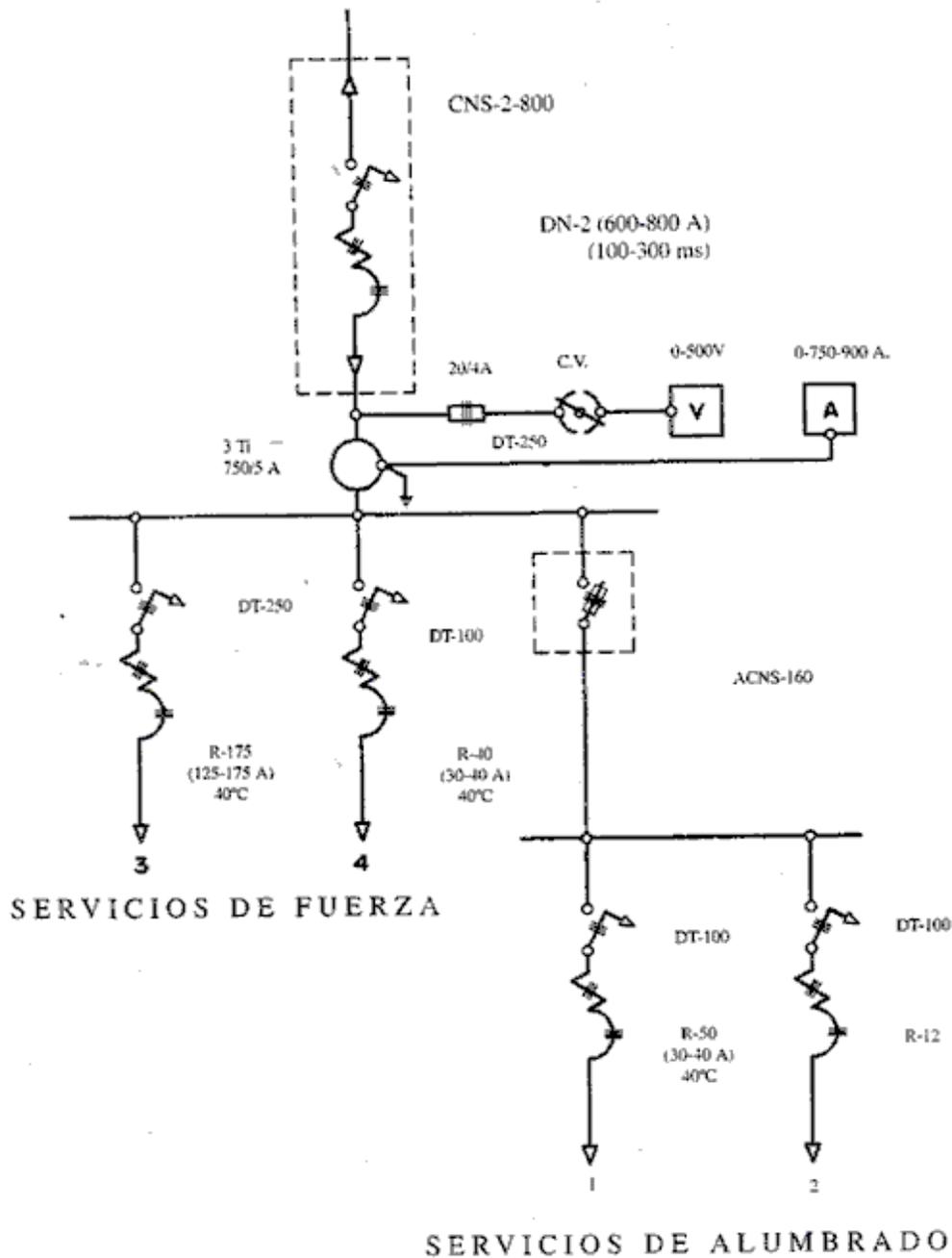


Figura P.7. Cuadro de distribución de fuerza y alumbrado (esquema unifilar)

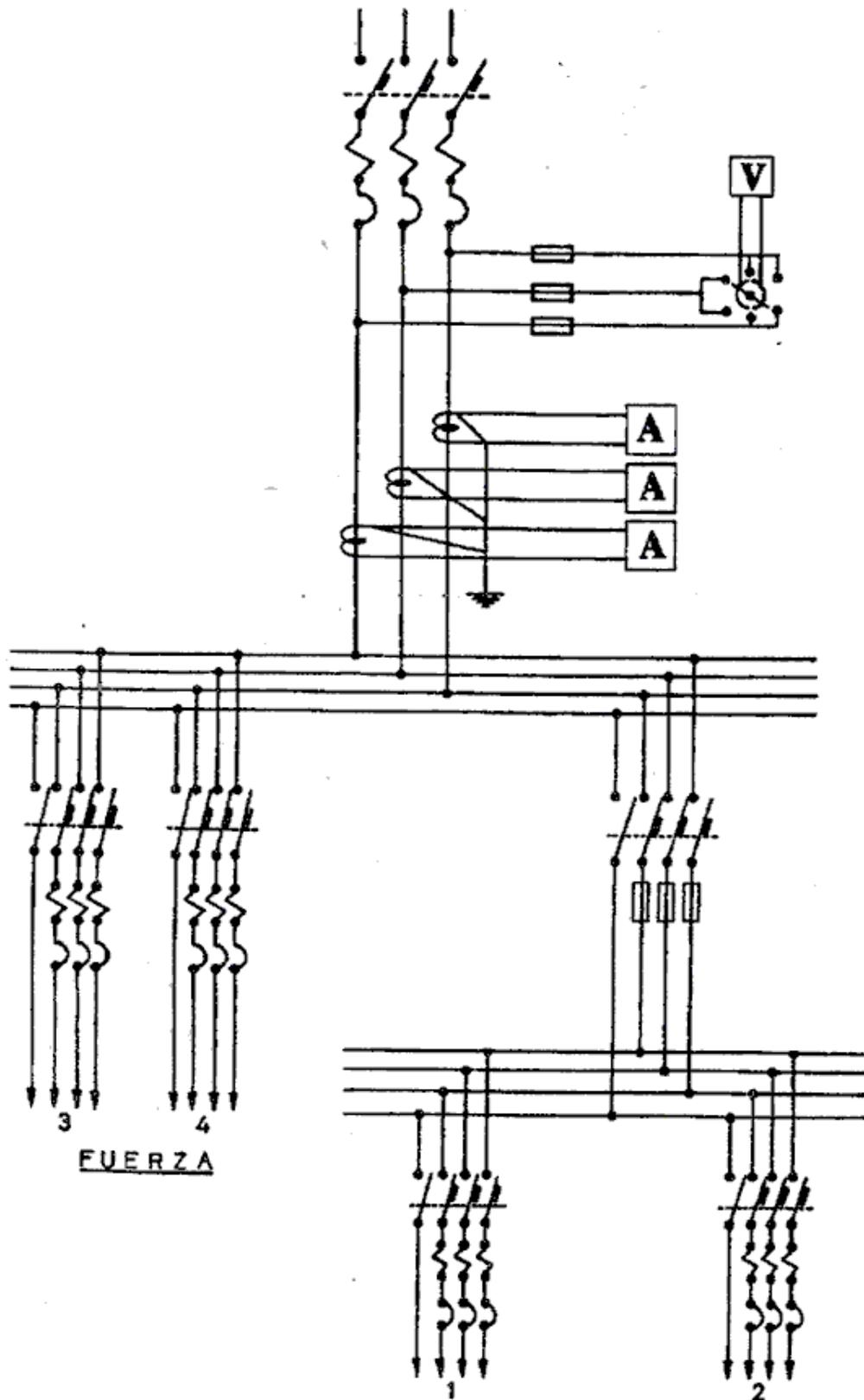
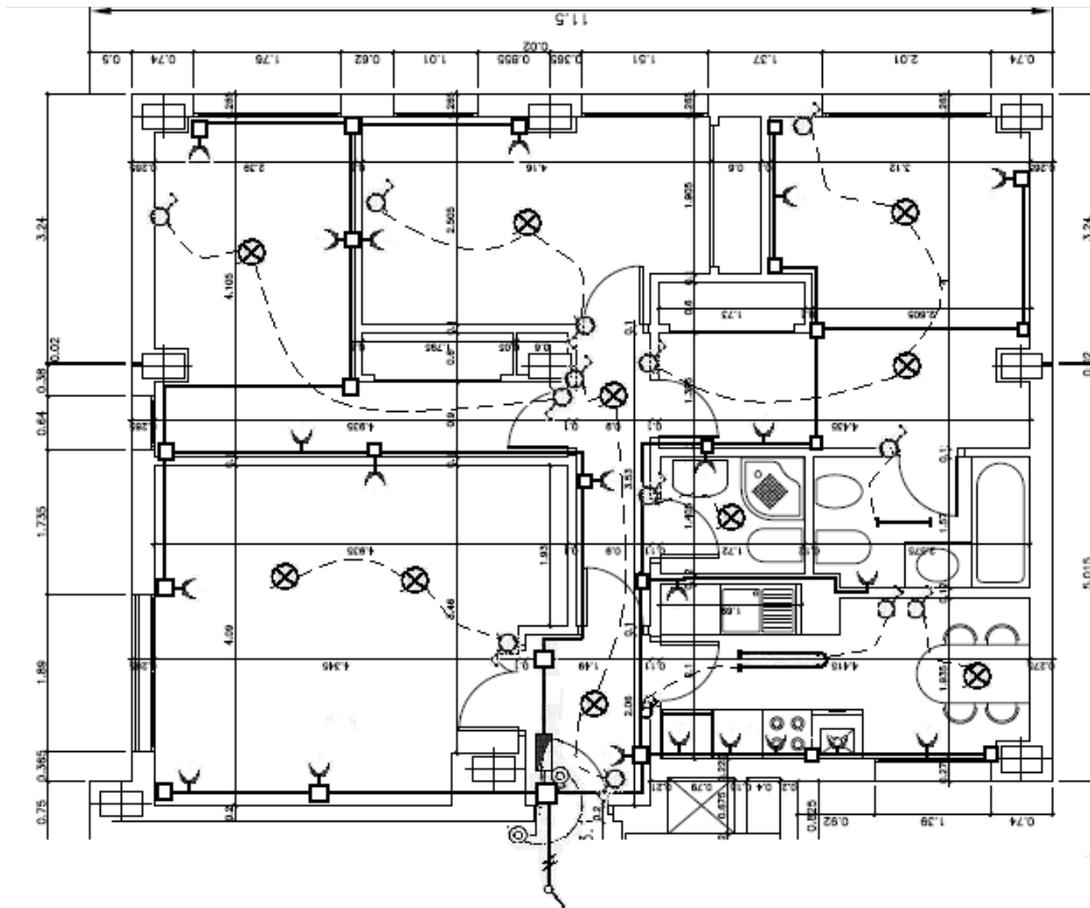
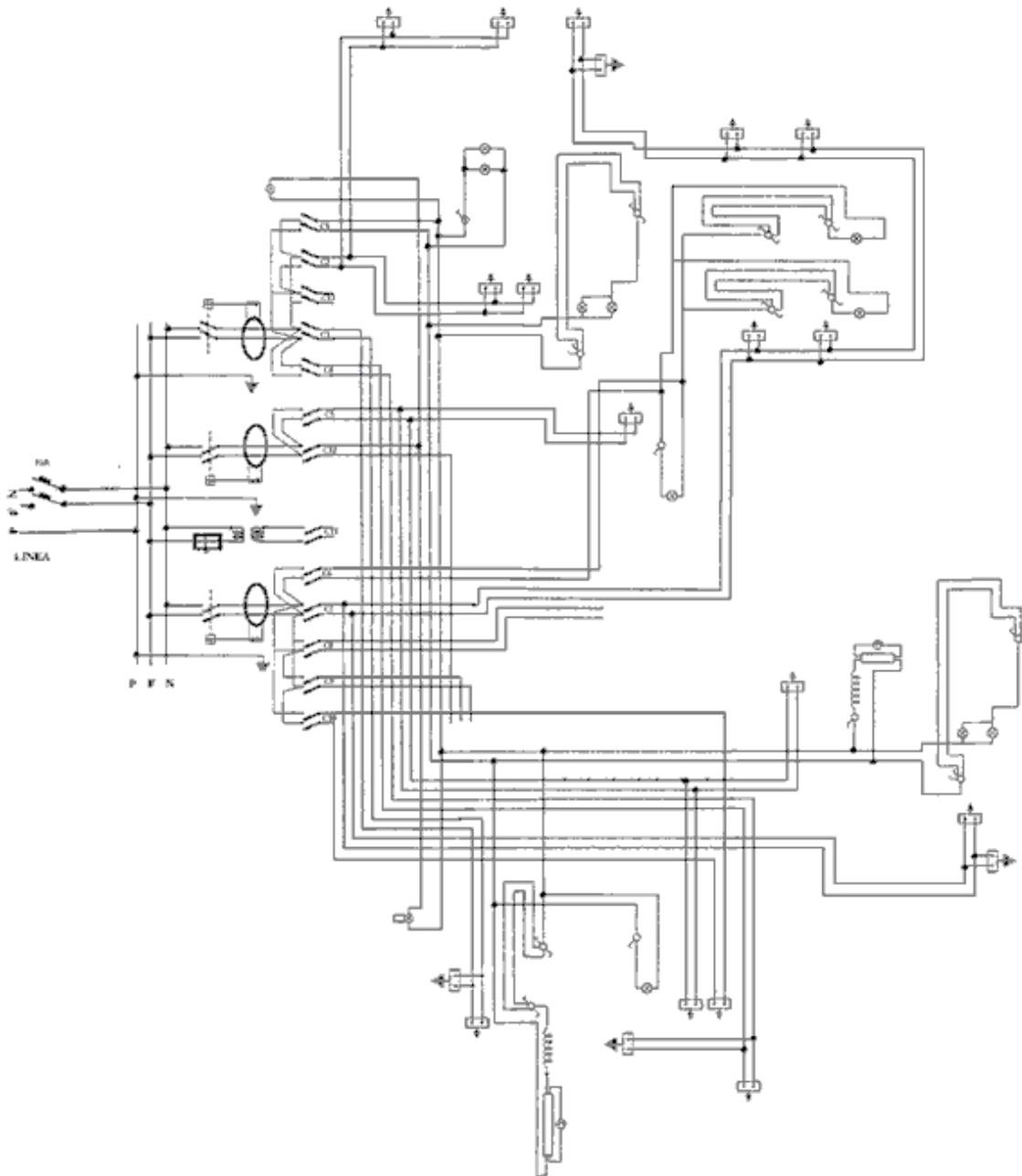


Figura P.7. Cuadro de distribución de fuerza y alumbrado (esquema multifilar)

### 3. Esquemas eléctricos de una vivienda



**Figura P.8. Esquema unifilar de la vivienda con grado de electrificación elevado (Distribución monofásica)**



**Figura P.9. Esquema multifilar de la vivienda con grado de electrificación elevado (Distribución monofásica)**

## TABLAS

E	Nivel de protección correspondiente	I (kA)	D (m)
Eficiencia calculada		Corriente de cresta máxima	Distancia de cebado
$E > 0.98$	Nivel I + medidas complementarias	-	-
$0.95 < E \leq 0.98$	Nivel I	2.8	20
$0.80 < E \leq 0.95$	Nivel II	9.5	45
$0 < E \leq 0.80$	Nivel III	14.7	60

Tabla 1. Nivel de protección

DISPOSICIÓN DE LOS CABLES CONTIGUOS	NÚMERO DE CIRCUITOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
EMPOTRADOS O EMBUTIDOS Y AGRUPADOS EN UNA SUPERFICIE	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
CAPA ÚNICA SOBRE PARED, O SUELO O SUPERFICIE SIN PERFORAR	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	--	--	--
CAPA ÚNICA EN EL TECHO --	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,6	--	--	--
CAPA ÚNICA EN UNA SUPERFICIE PERFORADA VERTICAL U HORIZONTAL	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,75	0,75	0,70	0,70	--	--	--
CAPA ÚNICA CON APOYO DE BANDEJA ESCALERA O ABRAZADERAS, ETC.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	--	--	--

Tabla 2. Factores de corrección para agrupamiento de varios circuitos diferentes, formados por conductores unipolares o multipolares

NÚMERO DE CAJAS	INTENSIDAD NOMINAL A	ANCHO cm	ALTO cm	FONDO cm
1 CAJA	De 80 a 160	70	100	30
	De 250 a 400	70	140	30
2 CAJAS	De 80 a 160	140	100	30
	De 250 a 400	140	140	30

**Tabla 3. Normas Tecnológicas de la edificación**

COMPOSICIÓN DE LA LÍNEA (F+N)	DIÁMETRO EXTERIOR DEL TUBO (mm.)
3 x 10 + 1 x 10 (Cu)	75
3 x 16 + 1 x 10 (Cu)	75
3 x 16 + 1 x 16 (Al)	75
3 x 25 + 1 x 16 (Cu ó Al)	110
3 x 35 + 1 x 16 (Cu ó Al)	110
3 x 50 + 1 x 25 (Cu ó Al)	125
3 x 70 + 1 x 35 (Cu ó Al)	140
3 x 95 + 1 x 50 (Cu ó Al)	140
3 x 120 + 1 x 70 (Cu ó Al)	160
3 x 150 + 1 x 70 (Cu ó Al)	160
3 x 185 + 1 x 95 (Cu ó Al)	180
3 x 240 + 1 x 95 (Cu ó Al)	280

**Tabla 4. Diámetro de los tubos de protección para líneas generales de alimentación**

NÚMERO DE VIVIENDAS	COEFICIENTE
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
> 21	$15,3 + (n - 21) 0,5$

Tabla 5. Coeficiente de simultaneidad para edificios de viviendas según el número de ellas

Nº DE ABONADOS	POTENCIA A PREVER EN KW SEGÚN EL GRADO DE ELECTRIFICACIÓN		Nº DE ABONADOS	POTENCIA A PREVER EN KW SEGÚN EL GRADO DE ELECTRIFICACIÓN <small>Por Módulo</small>	
	BÁSICO	ELEVADO		BÁSICO	ELEVADO
1	5,750	9,200	16	71,875	115,000
2	11,500	18,400	17	75,325	120,520
3	17,250	27,600	18	78,775	126,040
4	21,850	34,960	19	82,225	131,560
5	26,450	42,320	20	85,100	136,160
6	31,050	49,680	21	87,975	140,760
7	35,650	57,040	22	90,850	145,360
8	40,250	64,400	23	93,725	149,960
9	44,850	71,760	24	96,600	154,560
10	48,875	78,200	25	99,475	159,160
11	52,900	84,640	26	102,350	163,760
12	56,925	91,800	27	105,225	168,360
13	60,950	97,520	28	108,100	172,960
14	64,975	103,960	29	110,975	177,560
15	68,425	109,480	30	113,850	182,160

Tabla 6. Potencias para un edificio de viviendas



SERVICIO	EQUIPO (ITA)	CARGA (Kg.)	PERSONAS (nº)	VELOCIDAD (m/seg.)	POTENCIA ELÉCTRICA (Kw.)
ASCENSOR	ITA-1	400	5	0,63	4,50
ASCENSOR	ITA-2	400	5	1,00	7,50
ASCENSOR	ITA-3	630	8	1,00	11,50
ASCENSOR	ITA-4	630	8	1,60	18,50
ASCENSOR	ITA-5	1.000	13	1,60	29,50
ASCENSOR	ITA-6	1.000	13	2,50	46,00
ASCENSOR	ITA-7	1.600	21	2,50	73,50
ASCENSOR	ITA-8	1.600	21	3,50	103,00
MONTACAMILLAS	ITA-9	1.800	24	1,00	33,00
MONTACAMILLAS	ITA-10	1.800	24	1,60	53,00
MONTACAMILLAS	ITA-11	1.800	24	2,50	83,00

**Tabla 7. Previsión de potencias para aparatos elevadores**

INSTALACIÓN BAJO TUBO AL AIRE		CONDUCTORES UNIPOLARES			CONDUCTORES MULTIPOLARES.			
TRIPOLAR	TIPO DE CONDUCTOR	TERNO DE CABLES UNIPOLARES			TRIPOLAR	TETRAPOLAR		
								
TEMPERATURA AMBIENTE: 40 °C TEMPERATURA DE CONDUCTORES: (PVC) 70°C (XLPE) Y (EPR) 90 °C FOR TEMPERATURA DIFERENTE: TABLA FC-1 FACTORES DE CORRECCIÓN FOR AGRUPAMIENTO: TABLA FC-5	SECCIÓN NOMINAL (mm <sup>2</sup> )	1,5	13,5	18	18	13	18	18
		2,5	18,5	25	25	17,5	24	24
		4	24	34	34	23	32	32
		6	31	44	44	30	40	40
		10	43	60	60	40	55	55
		16	59	80	80	54	73	73
		25	77	106	106	70	96	96
		35	96	131	131	86	116	116
		50	117	159	159	103	140	140
		70	149	202	202	130	177	177
		95	180	245	245	156	212	212
		120	208	284	284	179	244	244
		150	-	-	-	-	-	-
		185	-	-	-	-	-	-
		240	-	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-	-		
TIPO DE AISLAMIENTO		CLORURO DE POLIVINILO	POLIETILENO RETICULADO	ETILENO PROPILENO	CLORURO DE POLIVINILO	POLIETILENO RETICULADO	ETILENO PROPILENO	

Tabla 8. Intensidades máximas admisibles en amperios para conductores de cobre aislados

INSTALACIÓN ENTERRADA DIRECTAMENTE		CONDUCTORES UNIPOLARES	CONDUCTORES MULTIPOLARES	
TRIPOLAR	TIPO DE CONDUCTOR	TERNO DE CABLES UNIPOLARES	TRIPOLAR	TETRAPOLAR
				

SECCIÓN NOMINAL (mm <sup>2</sup> )	Temperatura del terreno: 25 °C						
	1,5	2,5	4	6	10	16	25
28	32	31	25	28	28		
38	44	43	34	40	39		
50	57	55	45	52	51		
63	72	70	56	66	64		
85	96	94	75	88	85		
110	125	120	97	115	110		
140	160	155	125	150	140		
170	190	185	150	180	175		
200	230	225	180	215	205		
245	280	270	220	260	250		
290	335	325	265	310	305		
335	380	375	305	355	350		
370	425	415	340	400	390		
420	480	470	385	450	440		
485	550	540	445	520	505		
550	620	610	505	590	565		
615	705	690	570	665	645		
685	790	775	-	-	-		

TIPO DE AISLAMIENTO	COLORURO DE POLIVINILO	POLIETILENO RETICULADO	ETILENO PROPILENO	COLORURO DE POLIVINILO	POLIETILENO RETICULADO	ETILENO PROPILENO

Tabla 9. Intensidades máximas admisibles en amperios para conductores de cobre aislados

INSTALACIÓN BAJO TUBO EMPOTRADA		CONDUCTORES UNIPOLARES			CONDUCTORES MULTIPOLARES			
TRIPOLAR	TIPO DE CONDUCTOR	1 TERNO DE CABLES UNIPOLARES			1 TRIPOLAR		1 TETRAPOLAR	
								
TEMPERATURA AMBIENTE: 40 °C TEMPERATURA DE CONDUCTORES: (PVC) 70°C (XLPE) Y (EPR) 90 °C FACTORES DE CORRECCIÓN { POR TEMPERATURA DIFERENTE: TABLA FC-1 POR AGRUPAMIENTO: TABLA FC-5		SECCION NOMINAL (mm <sup>2</sup> )						
		2,5	12	17,5	17,5	12	16,5	16,5
		4	16	23	23	15,5	22	22
		6	21	29	29	20	28	28
		10	28	40	40	27	37	37
		16	37	53	53	36	50	50
		25	50	69	69	46	65	65
		35	61	86	86	57	79	79
		50	73	103	103	68	95	95
		70	93	129	129	85	119	119
		95	112	156	156	103	143	143
		120	130	179	179	117	164	164
		150	148	206	206	135	187	187
		185	169	233	233	153	212	212
240	197	273	273	180	248	248		
300	227	313	313	206	285	285		
TIPO DE AISLAMIENTO		CLORURO DE POLIVINILO	POLIETILENO RETICULADO	ETILENO PROPILENO	CLORURO DE POLIVINILO	POLIETILENO RETICULADO	ETILENO PROPILENO	

Tabla 10. Intensidades máximas admisibles en amperios para conductores de cobre aislados



INSTALACIÓN		%	TENSION DE USO (Voltios)			
			220	380	230	400
LÍNEA DE ACOMETIDA	RED BT HASTA CGP	0,5	1,10	1,90	1,15	2,00
	RED BT HASTA CPM	1,5	3,30	5,70	3,45	6,00
	DIRECTA DESDE CT	5	11,00	19,00	11,50	20
CONTADORES CENTRALIZADOS TOTALMENTE	LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN	0,5	1,10	1,90	1,15	2,00
	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	1	2,20	3,8	2,3	4,00
CONTADORES CENTRALIZADOS POR PLANTA	LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN	1	2,20	3,8	2,3	4,00
	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	0,5	1,10	1,90	1,15	2,00
CONTADORES INDIVIDUALES	LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN	1,5	3,30	5,70	3,45	6,00
	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	1,5 (Usuario único)	3,30	5,70	2,45	6,00
INSTALACIÓN INTERIOR DE VIVIENDAS		3	6,60	11,40	6,90	12,00

Tabla 11. Valores de la caída de tensión admisible en voltios

DIÁMETRO DE TUBOS	MONTAJE
RÍGIDOS, CURVABLES O FLEXIBLES	EMPOTRADO
<small>Fig. 12.6.1</small> Diámetro exterior de los tubos en mm. en función del nº y sección de los conductores que han de alojar.	

SECCIÓN NOMINAL DE CONDUCTO- RES (mm <sup>2</sup> )	1	2	3	4	5
	CONDUCTOR	CONDUCTORES	CONDUCTORES	CONDUCTORES	CONDUCTORES
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	--	--	--

NOTA: Para más de 5 conductores por tubo, o para conductores 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.

**Tabla 12. Tabla de tubos eléctricos**

DIÁMETRO DE TUBOS	MONTAJE
RÍGIDOS Y CURVABLES	AL AIRE
<small>Fig. 13.10</small> Diámetro exterior de los tubos en mm. en función del nº y sección de los conductores que han de alojar.	

SECCIÓN NOMINAL DE CONDUCTORES (mm <sup>2</sup> )	1	2	3	4	5
	CONDUCTOR	CONDUCTORES	CONDUCTORES	CONDUCTORES	CONDUCTORES
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

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

Tabla 13. Tabla de tubos eléctricos

SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE FASE O POLARES DE LA INSTALACIÓN (mm <sup>2</sup> )	SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

NOTAS:	1	Sección mínima 2,5 mm <sup>2</sup> . (Para condiciones de protección cuando no forma parte de la canalización de alimentación y con protección mecánica).
	2	Sección mínima 4 mm <sup>2</sup> . (Para condiciones de protección cuando no forma parte de la canalización de alimentación y no tiene protección mecánica).

**Tabla 14. Sección mínima de los conductores de protección**

Intensidad nominal de defecto $I_{AN}$	Intensidad nominal A	Núm de polos	Intensidad nominal de defecto $I_{AN}$	Intensidad nominal A	Núm. de polos
30 mA	10 a 20	2	30 mA	25	2
		4		40	4
	10 a 30	2		63	2
		4		63	4
0,3 A	10 a 30	2	0,3 A	25	2
		4		40	4
	30 a 60	2		63	2
		4		100	4
	5 a 15	2		160	4
		4		160	4
0,65 A	5 a 30	2	0,5 A	25	2
		4		40	4
	10 a 30	2		63	2
		4		63	4
	30 a 60	2		100	4
		4		160	4

**Tabla 15. Intensidades nominales por defecto**



MATERIALES	RESISTIVIDAD ( $\Omega \times m$ )
Agua de mar.....	1
Arenas arcillosas .....	50 a 500
Arenisca, guijarros de río, piedra triturada . . .	10.000.000
Arena fina y guijarros secos .....	1.000
Arena silíceas .....	200 a 3.000
Arcillas ferrosas .....	10
Arcillas secas .....	30
Arcillas plásticas .....	50
Barro arenoso .....	150
Calizas blandas .....	100 a 300
Calizas compactas .....	1.000 a 5.000
Carbón .....	$10^5$ a $10^6$
Cuarzo .....	1.000.000.000
Esquistos grafiticos .....	5
Grafitos .....	0,0001
Granitos antiguos .....	$1,5$ a $2 \times 10^3$
Granitos compactos y gneis muy alterados	de 100 a 600
Grava y arena gruesa .....	$10^2$ a $10^3$ .
Guijarros de río y cascajo de piedra triturada	5.000
Humus .....	10 a 150
Limo .....	20 a 100
Margas y humus secos .....	50
Margas, turbas y humus secos .....	de 5 a 100
Margas y arcillas compactas .....	de 100 a 200
Minerales conductores .....	0,01
Pizarras .....	de 50 a 300
Rocas compactas, cemento ordinario .....	1.000.000
Rocas madre, balsaltos y granitos antiguos . . .	10.000
Rocas de mica y cuarzo .....	800
Soluciones salinas .....	0,1
Suelo pedregoso cubierto de césped .....	de 300 a 500
Suelos calcáreos y rocas aluvionarias .....	400
Suelo pedregoso desnudo .....	de 1.500 a 3.000
Terrenos rocosos y calizas .....	3.000
Terreno pantanoso .....	30
Terreno cultivable .....	50
Tierra arenosa con humedad .....	200
Yeso seco .....	2.000

**Tabla 16. Orden de magnitud de la resistividad de distintos tipos de terreno**

NATURALEZA DEL TERRENO								
Terrenos orgánicos arcillas y mangas		Arena y gravas arcillosas, rocas		Calizas agrietadas y rocas eruptivas		Grava y arena silícea		N DE PICAS
Sin pararrayos	Con pararrayos	Sin pararrayos	Con pararrayos	Sin pararrayos	Con pararrayos	Sin pararrayos	Con pararrayos	
25	34	28	67	54	134	162	400	<b>0</b>
	30	25	63	50	130	158	396	<b>1</b>
↑	26	↑	59	46	126	154	392	<b>2</b>
<b>Aumentar Longitud</b>	↑	55	42	122	150	388	<b>3</b>	
	↑	51	38	118	146	384	<b>4</b>	
	↑	47	34	114	142	380	<b>5</b>	
	↑	43	30	110	138	376	<b>6</b>	
	↑	39	↑	106	134	372	<b>7</b>	
	↑	35	↑	105	130	368	<b>8</b>	
	<b>Aumentar Longitud</b>	↑	98	126	364	<b>9</b>		
		↑	94	122	360	<b>10</b>		
		↑	90	118	356	<b>11</b>		
		↑	86	114	352	<b>12</b>		
		↑	82	110	348	<b>13</b>		
		↑	78	105	344	<b>14</b>		
		↑	74	102	340	<b>15</b>		
		↑	70	98	336	<b>16</b>		
		<b>Longitud</b>	<b>de cable</b>	<b>enterrado</b>	<b>Aumentar Longitud</b>	94	328	<b>18</b>
					90	320	<b>20</b>	
86	312				<b>22</b>			
82	304				<b>24</b>			
↑	296				<b>26</b>			
↑	288				<b>28</b>			
↑	280				<b>30</b>			
↑	272				<b>32</b>			
↑	264				<b>34</b>			
↑	256				<b>36</b>			
↑	248				<b>38</b>			
↑	240				<b>40</b>			
↑	232				<b>42</b>			
↑	224				<b>44</b>			
↑	216	<b>46</b>						
↑	208	<b>48</b>						
↑	200	<b>50</b>						
<b>Aumentar longitud</b>								

**Tabla 17. Electrodo de tierra de cables + picas**

NIVEL DE PROTECCIÓN	RADIO ESFERA RODANTE (m)
NIVEL 1	20
NIVEL 2	30
NIVEL 3	45
NIVEL 4	60

Tabla 18. Niveles de protección

C <sub>1</sub>	SITUACIÓN RELATIVA A LA ESTRUCTURA
0,5	Estructuras situadas en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o más altos.
0,75	Estructura rodeada de otras más bajas.
1	Estructura aislada.
2	Estructura aislada, situada sobre una colina o promontorio.

Tabla 19. Coeficiente C<sub>1</sub> de situación del edificio

Coeficiente	ESTRUCTURA			TEJADO
	Metálica	Hormigón	Madera	
C <sub>2</sub>	0,5	1	2	Metálico
	1	1	2,5	Común
	2	2,5	3	Inflamable

Tabla 20. Coeficiente C<sub>2</sub> de tipo de construcción

Coeficiente C <sub>3</sub>	CONTENIDO DE LA CONSTRUCCIÓN
3	Edificios con contenido inflamable.
1	Otros contenidos.

Tabla 21. Coeficiente C<sub>3</sub> contenido del edificio



Coefficiente $C_4$	OCUPACIÓN DEL EDIFICIO
0,5	No ocupado.
3	Usos de pública concurrencias (Sanitario, comercial, docente, etc.).
1	Resto de edificios.

Tabla 22. Coeficiente  $C_4$  de ocupación

Coefficiente $C_5$	CONSECUENCIAS
5	Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindibles (hospitales, emergencias, bomberos, etc.) ó pueda ocasionar un impacto ambiental grave.
1	Resto de edificios.

Tabla 23. Coeficiente  $C_5$  de consecuencias sobre el entorno

EFICIENCIA REQUERIDA	NIVEL DE PROTECCIÓN
$E \geq 0,98$	NIVEL 1
$0,95 \leq E < 0,98$	NIVEL 2
$0,80 \leq E < 0,95$	NIVEL 3
$0 \leq E < 0,80$	NIVEL 4

Tabla 24. Niveles de protección según la eficiencia requerida



$\Delta L$ (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	$R_p$ (m)									
10	42,50	50,25	58,50	65,60	70,00	75,50	80,00	86,00	90,00	100,0
20	51,23	57,45	63,44	69,28	75,00	80,62	86,17	91,65	97,08	102,5
25	54,77	60,62	66,33	71,94	77,46	82,92	88,32	93,67	98,99	104,3
30	57,66	63,25	68,74	74,16	79,53	84,85	90,14	95,39	100,6	105,8
35	60,00	65,38	70,71	75,99	81,24	86,46	91,65	96,82	102,0	107,1
40	61,85	67,08	72,28	77,46	82,61	87,75	92,87	97,98	103,1	108,1
45	63,25	68,37	73,48	78,58	83,67	88,74	93,81	98,87	103,9	109,0
50	64,23	69,28	74,33	79,37	84,41	89,44	94,47	99,50	104,5	109,5
55	64,81	69,82	74,83	79,84	84,85	89,86	94,87	99,87	104,9	109,9
60	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00	95,00	100,0	105,0	110,0

Tabla 25. Radios de protección para PDC de Nivel III de protección (D = 60 m)