

Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética



en Comunidades de Propietarios

Madrid Vive Ahorrando Energía



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

Comunidad de Madrid

www.madrid.org



La Suma de Todos

Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Comunidades de Propietarios



Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2012



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid
dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
fundacion@fenercom.com

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan. Tanto la Comunidad de Madrid como la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores ni de las posibles consecuencias que se deriven para las personas físicas o jurídicas que actúen o dejen de actuar de determinada forma como resultado de la información contenida en esta publicación.

Depósito Legal: M. 32745-2012

Imprime: Gráficas Arias Montano, S. A.
28935 MÓSTOLES (Madrid)

Presentación

En los últimos tiempos, el parque inmobiliario de la Comunidad de Madrid ha crecido de manera importante, produciendo un efecto de modernización global del parque residencial.

Aunque territorialmente es muy desigual, introduce un componente de renovación que repercute en el resto de las viviendas.

Por otro lado, la conservación del patrimonio es un componente fundamental de la mejora y mantenimiento del propio parque residencial, gracias a la intervención de las comunidades de vecinos y de los propietarios. Esto es debido, por un lado, al envejecimiento de la población que produce nuevas exigencias que proceden de la necesidad de adaptarse a las dificultades de movilidad, nuevos estándares de calidad social, etc., y, por otro lado, al cumplimiento de la normativa en lo referente a la conservación de los edificios, estructuras e instalaciones.

La mejora de los estándares de las viviendas debe ser enmarcada en un cambio muy profundo sobre las funciones sociales que juega la residencia en las sociedades actuales, basado en parte en la adecuación o modernización de las instalaciones industriales más antiguas.

La evaluación y conservación continua del estado de las instalaciones industriales en la Comunidad de Madrid constituye el inicio de un conjunto de medidas que tienen por objeto situar a nuestra Comunidad a la cabeza en cuanto a calidad y seguridad industrial en las viviendas, lo cual repercutirá en la consiguiente disminución de accidentes cuyo origen sean dichas instalaciones industriales (eléctricas, de gas, de calefacción, de ascensores) en nuestros hogares.

Para conseguir este objetivo, se debe poner a disposición de los ciudadanos una completa información relativa a los riesgos de origen industrial debidos a las deficiencias más habituales, con la que se trata de concienciar sobre la necesidad de contar con instalaciones seguras, las cuales, en una gran mayoría, sólo podrán conseguirse a través de un adecuado mantenimiento o de alguna reforma o rehabilitación.

Esta información encuentra un excelente canal mediante iniciativas como esta Guía, donde se abordan, por un lado, un conjunto de aspectos que afectan de manera directa a las Comunidades de Propietarios en asuntos tan importantes como la seguridad industrial, o de tanta actualidad como la utilización de energía renovable y las medidas de ahorro de energía en las Comunidades de Propietarios.

Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas

Autores

- Capítulo 1. **Medidas para la eficiencia energética**
Endesa. Dirección Empresas. Marketing Empresas.
www.endesa.es
- Capítulo 2. **Eficiencia energética y garantías de seguridad de los servicios eléctricos generales en comunidades de propietarios**
Departamento Técnico de ANFALUM (Asociación Española de Fabricantes de Iluminación)
www.anfalum.com
- Capítulo 3. **Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética**
Departamento Técnico de Viessmann
Viessmann, S.L.
www.viessmann.es
- Capítulo 4. **Normativa sobre ascensores**
Juan Pedro Luna González
Jefe de Área de Minas e Instalaciones de Seguridad
Dirección General de Industria, Energía y Minas
Comunidad de Madrid
www.madrid.org
- Capítulo 5. **Los ascensores de última generación con alta eficiencia energética**
ZARDOYA OTIS, S.A.
www.otis.com
- Capítulo 6. **Las instalaciones eléctricas. Normativa y seguridad**
D. Alfonso Alvarado
Dirección General de Industria, Energía y Minas
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Índice

Capítulo 1. Medidas para la eficiencia energética	13
1.1. Introducción	13
1.2. Optimización de Factura Eléctrica	15
1.3. Optimización de instalaciones	15
1.3.1. Estudio del consumo	15
1.3.1.1. Consumo de energía en Comunidades Vecinales	15
1.3.1.2. Distribución del consumo energético	16
1.3.2. Parámetros de eficiencia energética	17
1.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en Comunidades de Vecinos	18
1.3.3.1. Iluminación	20
1.3.3.2. Calefacción y aire acondicionado	25
1.3.3.3. Agua caliente sanitaria	32
1.3.4. Gestión y mantenimiento energético	36
1.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE	38
1.3.5.1. Certificado de eficiencia energética	40
1.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado	41
1.4. Conclusiones	42
 Capítulo 2. Condiciones técnicas y garantías de seguridad de los servicios eléctricos generales en comunidades de propietarios	45
2.1. Objeto	45
2.2. Campo de aplicación	45
2.3. Normativa aplicable	46
2.4. Eficiencia energética	47
2.5. Instalaciones de alumbrado interior	48
2.6. Instalaciones de alumbrado exterior	49
2.7. Servicios eléctricos generales	50
 Apéndice 1: Eficiencia energética	50
A1.1. Valor de eficiencia energética de la instalación	50
A1.2. Iluminación de edificios de viviendas	53
A1.2.1. Sistemas de Alumbrado Residencial	54

Apéndice 2: Instalaciones de alumbrado interior	57
A2.1. Proyecto de iluminación	57
A2.2. Componentes de la instalación de alumbrado	62
A2.2.1. Fuentes de Luz	62
A2.2.2. Balastos y transformadores	72
A2.2.3. Luminarias	74
A2.3. Factor de utilización	75
A2.4. Factor de mantenimiento	77
A2.5. Sistemas de iluminación	78
A2.5.1. Luz Natural	80
Apéndice 3: Sistemas de regulación y control	81
A3.1. Prescripciones de aplicación	81
A3.1.1. Sistemas de Automatización	82
A3.2. Sistemas de gestión de alumbrado interior	85
A2.3.1. Control y Regulación de la Iluminación	87
Apéndice 4: Alumbrado de espacios comunes exteriores	91
A4.1. Instalaciones de alumbrado exterior	91
A4.1.1. Normativa sobre Alumbrado Exterior	92
A4.2. Iluminación de piscinas	93
A4.3. Iluminación de fuentes	100
A4.4. Alumbrado de andadores y jardines	102
Apéndice 5: Servicios eléctricos generales	104
A5.1. Servicios eléctricos generales	104
A5.1.1. Cargas Eléctricas	104
A5.1.2. Suministros monofásicos	105
A5.1.3. Acometida	106
A5.1.4. Instalaciones de Enlace	106
A5.1.5. Instalaciones Comunitarias	113
A5.2. Elementos y mecanismos de una instalación a reha- bilitar	116
Capítulo 3. Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética	121
3.1. Introducción	121
3.2. Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética	123
3.3. Calderas de baja temperatura	125
3.3.1. Funcionamiento de las superficies de intercambio de pa- red múltiple	126
3.3.2. Análisis del funcionamiento de las calderas de Baja Tem- peratura	127
3.4. Calderas de gas de condensación	128
3.4.1. Técnica de Condensación	129

3.4.1.1.	El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior	130
3.4.2.	Diseño de las calderas de Condensación	131
3.5.	Comparativa de valores de rendimiento estacional	134
3.6.	Diseñando un sistema de aprovechamiento solar	135
3.6.1.	Integración arquitectónica: Solución desde el proyecto	137
3.6.2.	Criterios para la integración de la instalación solar con los equipos convencionales	139
3.6.3.	El circuito primario de energía solar	139
3.6.4.	La importancia de la acumulación solar	141
3.6.5.	Principales aplicaciones de la energía solar térmica	142
3.6.6.	Utilización de la energía solar para la preparación de ACS	143
3.6.7.	Tratamiento antilegionella: la seguridad sanitaria por encima del ahorro energético	144
3.6.8.	Opciones con instalaciones solares centralizadas de ACS	144
3.6.9.	Opciones con instalaciones solares para climatización de piscinas	150
3.6.10.	Dimensionados usuales de las instalaciones solares	152
3.7.	Conclusiones	152
Capítulo 4.	Normativa sobre ascensores	155
4.1.	El Ascensor: desde la Antigüedad al Siglo XXI	155
4.2.	Parque de ascensores actualmente instalados	156
4.3.	Desarrollo legislativo: la Normativa Nacional, la aparición de las Comunidades Autónomas y la incorporación a la Unión Europea	157
4.4.	Normativa de carácter nacional. Evolución y situación actual	158
4.5.	La Comunidad de Madrid eleva sus exigencias de seguridad en los ascensores	161
4.6.	La seguridad de los ascensores: inspección y mantenimiento	162
4.6.1.	La obligatoriedad de las inspecciones periódicas	163
4.6.2.	El mantenimiento como seguridad	165
4.7.	Las obligaciones de los usuarios	166
4.8.	Conclusión: Garantizar la seguridad de los ascensores ha sido el eje de toda la normativa desarrollada	167
Capítulo 5.	Los ascensores de última generación con alta eficiencia energética	169
5.1.	Ascensores de última generación: ¿en qué consisten?	169
5.1.1.	Tipos básicos de ascensores	169
5.1.2.	Modos más utilizados de controlar el movimiento	169
5.1.3.	Máquinas de ascensor con engranajes	170

5.1.4.	Los ascensores de última generación. Máquinas de tracción directa	170
5.2.	Ahorro en el consumo de energía y disminución de las emisiones de CO ₂ a la atmósfera	173
5.2.1.	Ahorro en el consumo de energía	173
5.2.2.	Ahorro potencial teniendo en cuenta el parque de ascensores de Madrid	176
5.2.3.	Reducción de las emisiones de CO ₂ a la atmósfera	180
5.3.	Reducción de la generación de residuos contaminantes durante la vida útil del ascensor	182
5.3.1.	Desglose de consumo de aceite de un ascensor con máquina convencional con engranajes	182
5.3.2.	Desglose de consumo de un ascensor hidráulico	183
5.3.3.	Desglose de consumo de aceite de un ascensor de última generación	183
5.3.4.	Reducción de residuos contaminantes	184
5.4.	Conclusión	185
Capítulo 6.	Las instalaciones eléctricas. Normativa y seguridad	187
6.1.	Introducción	187
6.2.	Reglamentación y normativa de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión	188
6.2.1.	Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión	188
6.2.2.	Inspección periódica de las instalaciones	195
6.2.3.	Legislación específica de la Comunidad de Madrid	197
6.2.4.	Otra reglamentación aplicable	198
6.3.	Instalaciones eléctricas en viviendas	199
6.3.1.	Instalaciones de Enlace	200
6.3.2.	Instalaciones interiores o receptoras	208
6.4.	Puesta a tierra	216
6.5.	Consejos de utilización y seguridad de las instalaciones eléctricas	218
6.5.1.	Estado de las instalaciones eléctricas en la Comunidad de Madrid	218
6.5.2.	Consejos de utilización y seguridad	220
6.6.	Bibliografía	222

Medidas para la eficiencia energética

1.1. Introducción

Para una correcta gestión energética en Comunidades de Vecinos, es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética, conocimiento que permita un mejor aprovechamiento de los recursos y un ahorro en el consumo y, por consiguiente, en la factura.



Figura 1. Tipología de instalaciones en comunidades de vecinos.

De la diversidad de Instalaciones que pueden acoger las Comunidades de Vecinos, así como de su uso depende el suministro de ENERGÍA.

La aplicación que más consumo de energía concentra es la eléctrica y, en el caso de calefacciones centrales, gasoil o gas natural. También en ocasiones el agua caliente sanitaria depende de la comunidad, aunque esto es menos habitual.

El consumo de energía como una variable más dentro de la GESTIÓN de una Comunidad de Propietarios adquiere relevancia cuando de esa gestión se pueden obtener ventajas que se traducen directamente en ahorros reflejados en las cuentas de la Comunidad y, por consiguiente, en la posibilidad de invertir en mejoras que beneficien a todos los vecinos.

INSTALACIÓN TÍPICA EN UNA COMUNIDAD

INSTALACIONES	LUMINARIAS CALDERA TERMO PISCINA JARDINES
APLICACIONES ENERGÉTICAS	ILUMINACIÓN CLIMATIZACIÓN ACS ETC.
ENERGÍAS	ELECTRICIDAD GAS GASOIL
CONSUMO	10.000 - 50.000 kWh/año
COSTE	1.075 €/ año – 5.375 €/año

Se han de contemplar dos aspectos fundamentales que permiten optimizar el coste de la energía y, por lo tanto, maximizar el beneficio.

OPTIMIZACIÓN DE FACTURA ELÉCTRICA

REVISIÓN DE LOS CONTRATOS DE ENERGÍA.

- ELECTRICIDAD
- GAS

OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES

ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES.

- DETECCIÓN DE PUNTOS DE MEJORA
- ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE MEJORA
- VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA MEJORA

1.2. Optimización de Factura Eléctrica

Para conseguir una adecuada optimización en las facturas, tanto eléctrica como de gas, se recomienda contratar los productos que más se adapten a la forma de consumir y a las condiciones técnicas de la comunidad.

En la factura eléctrica, se deberá estudiar la potencia que más se adecue a sus necesidades de consumo.

1.3. Optimización de instalaciones

1.3.1. Estudio del consumo

El coste derivado del consumo de energía es susceptible de ser minorado a través de la optimización de las instalaciones y tecnología con las que se cuenta en las comunidades de vecinos.

Para ello, es necesario conocer el consumo y cuáles son las características de las instalaciones.

En este apartado, se pretende establecer la estructura de consumo energético de las instalaciones comunes de un bloque de viviendas, analizando las fuentes de energía utilizadas, y los usos finales a los que se destina.

1.3.1.1. Consumo de energía en Comunidades Vecinales

En este apartado se van a utilizar los datos derivados de distintos trabajos realizados y los datos de consumo extraídos de la bibliografía disponible.

La distribución del consumo energético, entre energía eléctrica y energía térmica, demandada por una comunidad de propietarios, depende esencialmente de las instalaciones que comparten. Éstas pueden ser desde la mera iluminación común hasta, en algunos casos, la compartición del agua caliente sanitaria.

En la Tabla 1 se muestra la distribución de consumo típico: iluminación, ascensores y calefacción, aunque hay que tener en cuenta que existen grandes diferencias respecto a esta distribución, en función de los factores mencionados.

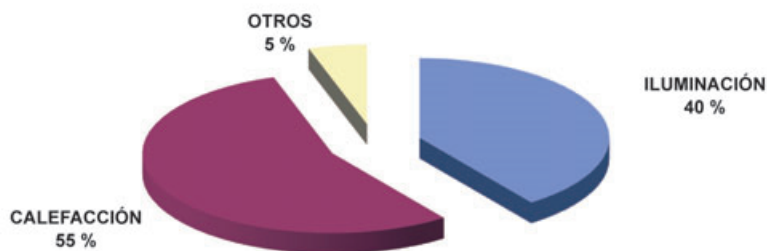
TABLA 1. Instalación típica.

	INSTALACIÓN TÍPICA
INSTALACIONES	LUMINARIAS ASCENSORES CALDERA
APLICACIONES ENERGÉTICAS	ILUMINACIÓN TRANSPORTE CALEFACCIÓN OTROS
ENERGÍAS	ELECTRICIDAD GAS GASOIL
CONSUMO (*) MEDIA SECTORIAL	30.000 kWh/año
COSTE (*) MEDIA SECTORIAL	3.225 € / año

1.3.1.2. Distribución del consumo energético

Generalmente las comunidades de vecinos consumen, por una parte, energía eléctrica, para su consumo en ascensores, alumbrado, etc. También es importante el gasto de combustible en calefacciones en los meses de invierno, teniendo éste mayor importancia en las regiones de inviernos duros.

A la hora de realizar la distribución del consumo energético en las comunidades de vecinos, se observa que debido a la gran variedad de tipos de comunidades, situación geográfica, combustibles y fuentes de energía utilizadas, es difícil hacer una distribución estándar del consumo de energía en las mismas, ya que existe una gran variedad en los porcentajes de consumo de los diferentes servicios que comparten.



Como se puede observar son sin duda las partidas destinadas a iluminación, ascensores y calefacción las principales consumidoras de energía de una comunidad de vecinos, por lo tanto, los principales esfuerzos de éstas a la hora de realizar inversiones en ahorro energético, han de ir dirigidos a la reducción de dicho consumo, bien mediante la utilización de tecnologías más eficientes, bien mediante la elección de la tarifa más adecuada.



1.3.2. Parámetros de eficiencia energética

El consumo energético de una comunidad de vecinos supone uno de sus gastos principales. La calefacción, ascensores y la constante iluminación son piezas fundamentales en la rentabilidad de la misma.

Por otra parte, no siempre un mayor consumo energético equivale a un mejor servicio. Se conseguirá un grado de eficiencia óptimo cuando el consumo y el confort estén en la proporción adecuada.



Desde este punto de vista, mediante una pequeña contabilidad energética a partir de los consumos anuales de energía eléctrica, así como de combustible y agua, se pueden obtener los ratios de consumo energético de la comunidad.

A partir de estos ratios, los profesionales del sector pueden clasificar su comunidad desde el punto de vista de la eficiencia energética, y tomar las medidas necesarias para reducir el consumo y coste de la energía.

1.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en Comunidades de Vecinos

Para reducir el coste de los consumos de energía podemos:

- * Optimizar el contrato.
- * Optimizar las instalaciones.

A continuación se presentan algunas posibilidades de optimización de las instalaciones.

TABLA 2. Mejoras potenciales y estimación del ahorro en sistemas de equipamiento.

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Calderas (Gas/Gas- Oil)	Optimización de la combustión.	Mediante análisis de la composición de los humos de escape.	Ahorro en combustible. Reducción de la factura.	15
	Aprovechamiento calores residuales.		Utilización del calor para ACS/Calefacción.	25
Motores eléctricos	Disminución de la potencia de arranque (Mediante curva de arranque controlado por rampa).	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Optimización de la potencia de contrato, reduciendo el coste de la factura.	15
Bombas circulación agua piscinas	Optimización del consumo eléctrico, según la obturación (suciedad) de los filtros de arena.	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	15
Bombas agua climatización	Optimización del consumo eléctrico, según la diferencia de temperatura ida y retorno.	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica.	15
Iluminación: Zonas auxiliares	Pasillos, lavabos, sótanos etc. Reducción del tiempo de uso.	Incorporando temporizadores/detectores de presencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	60
Lámparas dicroicas	Reducción del consumo eléctrico (reducción de la potencia).	Cambio por lámparas dicroicas IRC de menor potencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica.	80
Iluminación exterior	Optimización del consumo.	Lámparas compactas de bajo consumo. Cambio de lámparas de vapor de sodio de alta presión.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica.	40
Iluminación interior (fluorescentes)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio de las reactancias convencionales por balastos electrónicos de alta frecuencia.	Disminución del consumo eléctrico, y de la potencia. Reducción del coste en la factura eléctrica.	20
Iluminación interior (incandescencia)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio a lámparas de bajo consumo.	Disminución del consumo eléctrico y de la potencia. Reducción del coste en la factura eléctrica.	85
Agua:	Reducción consumo de agua.	Instalación de limitador de caudal.	Reducción del consumo eléctrico o gas. Reducción del coste en la factura eléctrica o gas.	20
	Reducción del consumo de ACS, mediante desplazamiento del grifo monomando.	Sustitución de los grifos convencionales por grifos monomando especiales.		15
ACS	Reducción de la energía necesaria para la producción del ACS	Instalación de Colectores solares térmicos	Reducción del consumo de combustible destinado a la producción de ACS. Reducción del coste en la factura energética	Desde un 30% hasta un 70%

1.3.3.1. Iluminación

La iluminación es un apartado que representa un elevado consumo eléctrico dentro de una comunidad de vecinos y el único común a todas ellas. Aún así, dependiendo de su tamaño y del clima de la zona donde está ubicada, este consumo puede oscilar en torno a un 25 %.



Es por ello que cualquier medida de ahorro energético en iluminación tendrá una repercusión importante en los costes.

Se estima que podrían lograrse reducciones de entre el 20 % y el 85 % en el consumo eléctrico de alumbrado, merced a la utilización de componentes más eficaces, al empleo de sistemas de control y a la integración de la luz natural.

Los elementos básicos de un sistema de alumbrado son:

- ✱ **Fuente de luz o lámpara:** es el elemento destinado a suministrar la luz adecuada a cada tipo de instalación.

- ✱ **Luminaria:** aparato cuya función principal es distribuir la luz proporcionada por la lámpara, y contener a la misma.

- ✱ **Equipo auxiliar:** muchas fuentes de luz no pueden funcionar con conexión directa a la red, y necesitan dispositivos que modifiquen las características de la corriente de manera que sean aptas para su funcionamiento.



Estos tres elementos constituyen la base del alumbrado y de ellos va a depender esencialmente su eficiencia energética.

Para una instalación de alumbrado existe un amplio rango de medidas para reducir el consumo energético, entre las que destacamos las siguientes:

Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos

Las lámparas fluorescentes son generalmente las lámparas más utilizadas para las zonas donde se necesita una luz de buena calidad, y pocos encendidos. Este tipo de lámpara necesita de un elemento auxiliar que regule la intensidad de paso de la corriente, que es la reactancia o balasto.

Los balastos electrónicos no tienen pérdidas debidas a la inducción ni al núcleo, por lo que su consumo energético es notablemente inferior.

En la Tabla 3 se muestra como varía el consumo energético en un tubo fluorescente de 58 W, al sustituir el balasto convencional por un balasto de alta frecuencia.

TABLA 3.

COMPARACIÓN ENTRE BALASTO CONVENCIONAL Y BALASTO ELECTRÓNICO			
Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto convencional		Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto electrónico	
POTENCIA ABSORBIDA		POTENCIA ABSORBIDA	
Lámparas (2 x 58 W)	116 W	Lámparas (2 x 51 W)	102 W
Balasto Convencional	30 W	Balasto electrónico	11 W
TOTAL	146 W	TOTAL	113 W
DISMINUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO		22,60 %	

La tecnología de algunos balastos electrónicos de alta frecuencia permite también la regulación de la intensidad de la lámpara, lo cual a su vez permite adaptar el nivel de iluminación a las necesidades, con el consiguiente ahorro energético.

BALASTOS ELECTRÓNICOS

- Mejoran la eficiencia de la lámpara y del sistema.
- Mejoran el confort y reducción de la fatiga visual al evitar el efecto estroboscópico.
- Optimizan el factor de potencia.
- Proporcionan un arranque instantáneo.
- Incrementan la vida de la lámpara.
- Permiten una buena regulación del flujo luminoso de la lámpara.
- No producen zumbido ni otros ruidos.

El inconveniente de la aplicación del balasto electrónico está en su inversión, que es mayor que la de uno convencional, lo que hace que se recomiende la sustitución en aquellas luminarias que tengan un elevado número de horas de funcionamiento.

En el caso de instalación nueva es recomendable a la hora de diseñar el alumbrado, tener en cuenta la posibilidad de colocar luminarias con balasto electrónico, ya que en este caso el coste de los equipos no es mucho mayor y se amortiza con el ahorro que produce.



Lámparas LED

Las lámparas LED compactas resultan muy adecuadas en sustitución de las lámparas de incandescencia tradicionales y las de bajo consumo, pues presentan una reducción del consumo energético del orden del 80 %, así como un aumento en la duración de la lámpara de entre 4 y 50 veces respecto a las lámparas de incandescencia.



A continuación se expone un ejemplo práctico de la rentabilidad económica de esta medida.

TABLA 4. Equivalencia entre LED e incandescentes.

EQUIVALENCIAS ENTRE FLUORESCENTES COMPACTAS E INCANDESCENTES		
Lámpara DICROICA	Lámpara LED	Ahorro Energético %
12V – 35W	7 W	80
220V – 35W	10 W	80
12V – 50W	4 W	88
220V – 50W	5.5 W	89
Lámpara Fluorescente (mas equipo EM)	Lámpara LED	Ahorro Energético %
18 W (26 W)	10 W	62
36 W (46W)	19 W	59
58 W (70W)	25 W	64

Ejemplo de rentabilidad de cambio a LED en un parking:



Sustituciones luminarias

La luminaria es el elemento donde va instalada la lámpara y su función principal es la de distribuir la luz producida por la fuente, en la forma más adecuada a las necesidades.

Muchas luminarias modernas contienen sistemas reflectores cuidadosamente diseñados para dirigir la luz de las lámparas en la dirección deseada. Por ello, la remodelación de instalaciones viejas, utilizando luminarias de elevado rendimiento generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

Aprovechamiento de la luz diurna

El uso de la luz diurna tiene un impacto considerable en el aspecto del espacio iluminado, y puede tener implicaciones importantes al nivel de la eficiencia energética. Los ocupantes de un edificio generalmente prefieren un espacio bien iluminado con luz diurna, siempre que se eviten los problemas de deslumbramiento y de calentamiento.

Los principales factores que afectan a la iluminación de un interior, mediante luz diurna, son la profundidad de la habitación, el tamaño y la localización de ventanas y claraboyas, de los vidriados utilizados y de las sombras externas. Estos factores dependen generalmente del diseño original del edificio. Un diseño cuidadoso puede producir un edificio que será más eficiente energéticamente y que tendrá una atmósfera en su interior más agradable.



Hay que tener en cuenta que para un máximo aprovechamiento de la utilización de la luz natural es importante asegurar que la iluminación eléctrica se apaga cuando con la luz diurna se alcanza una iluminación adecuada. Esto se consigue mediante el uso de sistemas de control apropiados, y puede requerir un cierto nivel de automatización.

Es también muy conveniente pintar las superficies de las paredes de colores claros con una buena reflectancia, de forma que se maximice la efectividad de la luz suministrada. Colores claros y brillantes pueden reflejar hasta un 80 % de la luz incidente, mientras que los colores oscuros pueden llegar a reflejar menos de un 10 % de la luz incidente.

Sistemas de control y regulación

Un buen sistema de control de alumbrado asegura una iluminación de calidad mientras es necesario y durante el tiempo que sea preciso. Con un sistema de control apropiado pueden obtenerse sustanciales mejoras en la eficiencia energética de la iluminación de un edificio.

Un sistema de control de la iluminación completo combina sistemas de control de tiempo, sistemas de control de la ocupación, sistemas de aprovechamiento de la luz diurna y sistemas de gestión de la iluminación.

1.3.3.2. Calefacción y aire acondicionado

Como se ha visto, se pueden encontrar ahorros entre un 10 % y un 40 % gracias a la optimización de las instalaciones.

TABLA 5. Ahorros de energía en las instalaciones de calefacción con aplicaciones de mejora de eficiencia energética.

AHORROS DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN		
MEJORAS	AHORRO DE ENERGÍA (%)	AMORTIZACIÓN
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES		
Aislamiento caldera no calorifugada	3	Inferior a 1,5 años
Mejora calorifugado insuficiente	2	Inferior a 3 años
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE		
Aislamiento tuberías	5	Inferior a 1,5 años
Descalcificación tuberías	5 - 7	Inferior a 3 años
CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN DEFECTUOSOS	3 - 5	Inferior a 4,5 años
CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN OBSOLETOS O DEFECTUOSOS		
Quemador	9	Inferior a 3 años
Caldera	7	Inferior a 6 años
Caldera y quemador	16	Inferior a 6 años

Características constructivas

Para unas condiciones climatológicas determinadas, la demanda térmica de una Comunidad de Vecinos dependerá de sus características constructivas: la ubicación y orientación del edificio, los cerramientos utilizados en fachadas y cubiertas, el tipo de carpintería, el acristalamiento y las protecciones solares.

Control y regulación

Otra mejora importante a la hora de reducir la demanda energética de calefacción y aire acondicionado, consiste en la implantación de un buen sistema de control y regulación de la instalación, que permita controlar el modo de operación en función de la demanda de cada momento y en cada zona del edificio.

Se pueden obtener ahorros del 20-30 % de la energía utilizada en este apartado mediante: la sectorización por zonas, el uso de sistemas autónomos para el control de la temperatura en cada zona o habitación, la regulación de las velocidades de los ventiladores o la regulación de las bombas de agua.

Los sistemas de gestión centralizada permiten un control de la temperatura en función de que la sala se encuentre desocupada, reservada u ocupada. De este modo, el sistema permite controlar los parámetros de temperatura y humedad, que son los que influyen en la sensación de confort, desde el momento de la reserva, manteniendo los equipos en modo de espera. Esta temperatura de espera se determina de modo que la temperatura de la habitación pueda llevarse a la temperatura de confort en pocos minutos.

Con este sistema se obtiene un importante ahorro energético, ya que por cada grado que se disminuye la temperatura ambiental, el consumo energético disminuye en un 5-7 %, por lo que el ahorro de energía que se consigue con el empleo de estos controles es del 20-30 % del consumo de climatización durante esas horas.

Free-cooling

Es conveniente también que la instalación vaya provista de un sistema de free-cooling, para poder aprovechar, de forma gratuita, la capacidad de refrigeración del aire exterior para refrigerar el edificio cuando las condiciones así lo permitan.

Esta medida requiere en las instalaciones un sistema de control del aire introducido, en función de la entalpía del aire exterior y del aire interior, consiguiendo de esta forma importantes ahorros energéticos.

Aprovechamiento del calor de los grupos de frío

En las instalaciones de aire acondicionado, el calor del condensador que extraen los equipos frigoríficos puede ser utilizado, mediante intercambiadores de calor, para la producción de agua caliente que puede ser requerida en otra parte de las instalaciones.

Este aprovechamiento puede suponer, por un lado, un ahorro importante de energía para la producción de agua caliente sanitaria y, por otro, un ahorro por menor consumo eléctrico del condensador.



Recuperación de calor del aire de ventilación

Esta mejora consiste en la instalación de recuperadores de calor del aire de ventilación. En el recuperador se produce un intercambio de calor entre el aire extraído del edificio, y el aire exterior que se introduce para la renovación del aire interior.

De esta manera se consigue disminuir el consumo de calefacción, durante los meses de invierno, ya que el aire exterior de renovación se precalienta en el recuperador, y en verano se disminuye el consumo eléctrico asociado al aire acondicionado.

Bombas de calor

La bomba de calor es un sistema reversible que puede suministrar calor o frío, a partir de una fuente externa cuya temperatura es inferior o superior a la del local a calentar o refrigerar, utilizando para ello una cantidad de trabajo comparativamente pequeña.

El rendimiento de las bombas de calor (COP) es del orden de entre 2,5 y 4, rendimiento que está muy por encima del de una caldera de combustible, por lo que, aunque la electricidad tiene un precio más elevado, estos equipos en muchos casos representan una alternativa más competitiva que la utilización de calderas para la producción del calor, dependiendo del coste del combustible utilizado.

TABLA 6. Clasificación de las bombas de calor según el medio de origen y destino de la energía.

CLASIFICACIÓN BOMBAS DE CALOR		
	MEDIO DEL QUE SE EXTRAE LA ENERGÍA	MEDIO AL QUE SECEDE ENERGÍA
Según medio de origen y de destino de la energía	AIRE	AIRE
	AIRE	AGUA
	AGUA	AIRE
	AGUA	AGUA
	TIERRA	AIRE
	TIERRA	AGUA

La utilización de bombas de calor puede resultar especialmente interesante en edificios de nueva construcción emplazados en zonas con inviernos suaves; con una inversión menor que en un sistema mixto de refrigeración y calefacción, permite además un ahorro de espacio y se simplifican las operaciones de mantenimiento.

Algunos tipos de bombas de calor pueden producir simultáneamente frío y calor.

Otra posibilidad dentro de este apartado es la utilización de bombas de calor con motor de gas.

Por otra parte, las bombas de calor ofrecen una clara ventaja en relación con el medio ambiente, si las comparamos con los equipos de calefacción convencionales.

Tanto la bomba de calor eléctrica, como la de gas, emiten considerablemente menos CO₂ que las calderas. Una bomba de calor que funcione con electricidad procedente de energías renovables no desprende CO₂.

Optimización del rendimiento de las calderas

Las calderas de agua caliente son el sistema más utilizado para la calefacción de las comunidades vecinales. El primer paso para obtener un buen rendimiento de estos sistemas es un buen dimensionamiento de las calderas, adecuando su potencia a la demanda y evitando sobredimensionamientos innecesarios.

Es también conveniente un buen sistema de control de la instalación para evitar excesivas pérdidas de calor cuando la caldera está en posición de espera, y también la revisión periódica de las calderas, de forma que se mantenga funcionando en sus niveles óptimos de rendimiento.

Se estima que la combinación de sobredimensionamiento, pérdidas en posición de espera y bajo rendimiento, resulten en un rendimiento global anual inferior en un 35 % al de las calderas nuevas, correctamente dimensionadas e instaladas.

Cuando se realice la revisión periódica de las calderas, es también recomendable realizar un análisis de la combustión, para ver si está funcionando en condiciones óptimas de rendimiento.



También es importante la conservación y reparación de los aislamientos de las calderas, de los depósitos acumuladores y de las tuberías de transporte del agua caliente.

Calderas de baja temperatura y calderas de condensación

Las calderas convencionales trabajan con temperaturas de agua caliente entre 70 °C y 90 °C y con temperaturas de retorno del agua superiores a 55 °C, en condiciones normales de funcionamiento.

Una caldera de baja temperatura, en cambio, está diseñada para aceptar una entrada de agua a temperaturas menores a 40 °C. Por ello, los sistemas de calefacción a baja temperatura tienen menos pérdidas de calor en las tuberías de distribución, que las calderas convencionales.

Las calderas de condensación están diseñadas para recuperar más calor del combustible quemado que una caldera convencional, y en particular, recupera el calor del vapor de agua que se produce durante la combustión de los combustibles fósiles.

La diferencia estriba en la mayor inversión de este tipo de calderas, que suele ser entre un 25-30 % más alta para las bajas temperaturas y hasta duplicar la inversión en el caso de las calderas de condensación.

Sustitución de gasóleo por gas natural

Como se ha comentado anteriormente, el combustible utilizado principalmente por las comunidades de vecinos es el gasóleo. A medida que van extendiéndose las redes de distribución de gas natural, este combustible va adquiriendo una mayor implantación, debido a las claras ventajas de su aplicación, tanto a nivel energético y económico, como a nivel medioambiental.

CAMBIOS DE GASÓLEO A GAS NATURAL

- Ahorro energético debido al mejor rendimiento energético de las calderas a gas.
- Menor coste de combustible.
- Utilización de un combustible más limpio, con el que se eliminan las emisiones de SO₂ y se reducen las de CO₂ responsables del efecto invernadero.
- Menor mantenimiento de la instalación.

1.3.3.3. Agua caliente sanitaria

Las necesidades de agua caliente sanitaria (ACS) no representan una parte importante del consumo energético de las instalaciones, tal y como veíamos con anterioridad. No obstante se puede actuar sobre él.

La producción de ACS se realiza generalmente mediante calderas de agua caliente, por lo que en este apartado son de aplicación las mejoras mencionadas para las calderas de calefacción. También es conveniente que la temperatura de almacenamiento no sea muy alta para minimizar las pérdidas, sin que en ningún caso sea inferior a 60 °C.

La instalación de sistemas de bajo consumo de duchas y baños, que reducen el caudal suministrado sin perjuicio de la calidad del suministro, también conllevan importantes ahorros energéticos debido a que disminuye notablemente el caudal de agua a calentar, con una reducción que en algunos de estos equipos alcanza valores del orden del 50-60 % del consumo de agua.

Otra medida de ahorro en este concepto consiste en la instalación de válvulas termostáticas para la limitación y regulación de la temperatura del ACS, con lo cual se evitan las pérdidas de agua caliente por ajuste de la temperatura del grifo.



TABLA 7. Porcentaje de ahorro de energía en una instalación de agua caliente.

AHORROS DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE AGUA SANITARIA		
ACCIONES ECONOMIZADORAS	AHORRO DE ENERGÍA (%)	AMORTIZACIÓN
AISLAR EL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO	10	Inferior a 1,5 años
AISLAR LAS TUBERÍAS	15	Inferior a 1,5 años
INDIVIDUALIZAR LA PRODUCCIÓN	25	Inferior a 6 años
DIMENSIONAMIENTO DEL APROVECHAMIENTO	Variable	Inferior a 6 años
SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS OBSOLETOS		
<i>Quemador (de más de 8 años)</i>	9	Inferior a 4,5 años
<i>Caldera (de más de 8 años)</i>	7	Inferior a 6 años
<i>Caldera y quemador</i>	16	Inferior a 6 años
CONTROLAR LA COMBUSTIÓN, LIMPIAR LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO	8	Inferior a 3 años
LIMPIEZA DEL INTERCAMBIADOR	12	Inferior a 1,5 años
CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA CALIENTE	5	Inferior a 1,5 años
COLOCACIÓN DE CONTADORES INSTALACION DE ENERGIA SOLAR TERMICA	15	Inferior a 4,5 años

RECOMENDACIONES DE AHORRO EN LA PRODUCCIÓN DE ACS

- Minimizar todas las fugas de agua caliente con un mantenimiento apropiado de las conducciones y los grifos de duchas y lavabos.
- Evitar temperaturas de almacenamiento muy altas, con el fin de limitar las pérdidas.
- Aislar adecuadamente las conducciones y depósitos de almacenamiento.
- Instalar grifos temporizados en lavabos y servicios de las zonas de servicios generales.
- Instalación de sistema de bajo consumo en duchas y baños, sin reducción de la calidad de suministro.
- Instalar contadores del consumo de agua caliente para tener un seguimiento adecuado de las condiciones de la instalación.

En comunidades de vecinos con producción de ACS centralizada se pueden complementar las medidas anteriores con la instalación de energía solar térmica. Estos sistemas, transforman la radiación solar en energía en forma de calor, que utilizaremos para la producción de ACS.

Con este tipo de instalaciones, podemos llegar a ahorrar hasta el 70% del gasto energético, en producción de ACS. Además, al tratarse de un tipo de energía renovable, las CC.AA subvencionan a fondo perdido gran parte del coste de instalación, reduciéndose así, los periodos retorno de la inversión.

Ahorro de agua

La disminución del consumo de agua no solamente redunda en una distribución del gasto por este concepto, sino que además conlleva un ahorro energético importante debido a la disminución del consumo del combustible necesario para su calentamiento.

El consumo de agua debido a las pérdidas en la instalación debe ser eliminado. Estas pérdidas, además de un mayor consumo de agua, provocan un mayor número de horas de funcionamiento de los equipos de bombeo, con el consiguiente incremento del gasto energético, y un mayor gasto en productos de tratamiento del agua.

Para disminuir el consumo de agua en las diferentes instalaciones, se proponen las siguientes medidas:

MEDIDAS PARA EL AHORRO DE AGUA

- Trabajar con presiones de servicio moderadas: 15 mm c.a. en el punto de consumo son suficientes.
- La instalación de grifos con sistemas de reducción de caudal sin merma del servicio ofrecido al cliente, los cuales permiten reducciones de caudal de entre el 30 % y el 65 %. Existe en el mercado una gran variedad de modelos, para todos los puntos de utilización (lavabos, duchas, fregaderos, fuentes, etc.).
- El empleo del sistema WC Stop para cisternas, el cual economiza hasta un 70 % de agua, pudiendo el usuario utilizar toda la descarga de la cisterna si fuera necesario.

La Tabla 8 recoge los consumos de agua por persona y día para los usos más frecuentes, una estimación del coste anual por ambos conceptos (agua y energía) y del posible ahorro económico anual que se obtendría con la aplicación de las anteriores medidas.

TABLA 8. Ahorro económico de los diferentes sistemas de agua.

VALORACIÓN ECONÓMICA SISTEMAS DE AHORRO DE AGUA				
	DUCHA	LAVABO	WC	TOTAL
Consumo diario por persona (litros)	200	50	72	322
Consumo anual (m ³)	55	14	20	88
Energía necesaria	1.643	411	0	2.053
Coste Agua (€/año)	49	12	18	79
Coste Energía (€/año)	89	22	0	111
COSTE TOTAL (€/año)	138	34	18	190
Ahorro estimado	50 %	40 %	50 %	40-50 %
AHORRO ECONÓMICO (€/año)	69	14	9	92

Ahorro en bombeo

El consumo eléctrico para el bombeo de agua puede llegar a ser una partida importante dentro del consumo energético de una comunidad, sobre todo en edificios altos. Para que una instalación de bombeo funcione satisfactoriamente desde el punto de vista energético, es necesario que haya sido dimensionada correctamente.

Para poder variar la velocidad de los motores, se utilizan reguladores eléctricos. Mediante la aplicación de reguladores de velocidad a los motores que accionan las bombas, se pueden conseguir ahorros de hasta el 40-50 % del consumo eléctrico de los mismos.

A continuación se expone un ejemplo de la aplicación práctica de un variador de frecuencia a una bomba de suministro de agua, Tabla 9.

TABLA 9. Variaciones en el bombeo de agua.

EJEMPLO VARIADOR DE VELOCIDAD EN BOMBEO DE AGUA	
MÁQUINA A ACCIONAR	Bomba de Agua 7,5 kW
SITUACIÓN INICIAL	
Regulación mecánica	Válvula de estrangulamiento
Régimen medio funcionamiento	70 %
Horas de trabajo	2.920 horas/año
Consumo eléctrico anual	19.864 kWh/año
Coste energía eléctrica	0,072 €/kWh
Coste eléctrico anual	1.430 €/año
SITUACIÓN CON VARIADOR	
Coste energía eléctrica	9.244 kWh/año
Coste eléctrico anual	666 €/año
AHORRO ENERGÉTICO	10.620 kWh/año
% AHORRO	53,50 %
AHORRO ECONÓMICO	764 €/año
INVERSIÓN	2.050 €/año
PERIODO RETORNO SIMPLE	2,7 años

1.3.4. Gestión y mantenimiento energético

El correcto mantenimiento consigue los estándares de calidad y reduce los costes energéticos. Si se realiza un mantenimiento preventivo bueno, disminuirá la necesidad de un mantenimiento correctivo y como resultado se obtendrá un mejor rendimiento de la instalación, una reducción de costes y una mejor calidad de servicio.

Como consecuencia de un mal funcionamiento de las instalaciones se pueden producir consumos excesivos de energía. Por ello se debe establecer un programa regular de mantenimiento que incluya los siguientes puntos:

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

- Sustituir los filtros según las recomendaciones del fabricante, mantener limpias las superficies de los intercambiadores, así como rejillas y venteos en las conducciones de aire.
- Verificar los controles de funcionamiento de forma regular.
- Verificar que todas las electroválvulas y compuertas abren y cierran completamente sin atascos.
- Verificar que termostatos y humidostatos trabajan adecuadamente.
- Verificar el calibrado de los controles.
- Revisar la planta de calderas y los equipos de combustión regularmente.
- Detectar fugas de agua en conducciones, grifos y duchas y repararlas inmediatamente.
- Limpiar las ventanas para obtener la máxima luz natural.
- Limpiar lámparas y luminarias regularmente, y reemplazar según los intervalos recomendados por el fabricante.

Por otra parte, las nuevas técnicas de comunicación permiten la implantación de sistemas de gestión de energía y otros más sofisticados como los sistemas expertos, que son capaces de gestionar gran cantidad de datos y controlar las instalaciones.

Cuando se instala un sistema de gestión o un sistema experto, el objetivo es obtener un uso más racional de las instalaciones, ahorrar energía, reducir mano de obra, reducir averías y prolongar la vida útil de los equipos como medidas principales. Estos sistemas expertos son capaces de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de forma que se obtenga un mínimo coste energético.

Normalmente, el sistema de gestión está basado en un ordenador y en un *software* de gestión. No obstante, el elemento



del programa debe ser siempre el operador o persona encargada de la gestión energética.

BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

- Gestión racional de las instalaciones.
- Aumento del confort.
- Ahorro energético.
- Reducción de averías.
- Prolongación de la vida útil de los equipos.
- Ahorro en mantenimiento.

Uno de los resultados más inmediatos de la instalación de un sistema de gestión es la disminución del consumo de energía, obteniéndose unos ahorros que oscilan entre el 10 % y el 30 %.

En el caso de las viviendas, estos sistemas de gestión informatizada no están necesariamente limitados a un solo edificio, ya que un mismo sistema puede gestionar distintas superficies situadas en lugares alejados.

1.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE

El 16 de Diciembre de 2002 se aprobó la Directiva 2002/91/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, con el objeto de fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad Europea. De esta manera se pretende limitar el consumo de energía, y por lo tanto, de las emisiones de dióxido de carbono del sector de la vivienda y de los servicios. Este sector, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe el 40 % del consumo final de energía de la Comunidad Europea.

TABLA 10. Demanda final de energía de la UE por sectores y combustible en 1997.

DEMANDA FINAL DE ENERGÍA DE LA UE POR SECTORES Y COMBUSTIBLES EN 1997								
Demanda final de energía por sectores y combustibles	Edificios (vivienda+ terciario)	Nº demanda final total de energía	Industria	Nº demanda final total de energía	Transporte	Nº demanda final total de energía	TOTAL	Nº demanda final total de energía
Combustibles sólidos	8,7	0,9 %	37,2	4,0 %	0,0	0,0 %	45,9	4,9 %
Petróleo	101	10,8 %	45,6	4,9 %	283,4	30,5 %	429,9	46,2 %
Gas	129,1	13,9 %	86,4	9,3 %	0,3	0,0 %	215,9	23,2 %
Electricidad (14% procedente de energías renovables)	98	10,5 %	74,3	8,0 %	4,9	0,5 %	177,2	19,0 %
Calor derivado	16,2	1,7 %	4,2	0,5 %	0,0	0,0 %	20,4	2,2 %
Energías renovables	26,1	2,8 %	15	1,6 %	0,0	0,0 %	41,1	4,9 %
TOTAL	379,04	40,7%	262,72	28,2%	288,6	31,0%	930,4	100,0%

Fuente: «Energy in Europe - European Union Energy Outlook to 2020». Comisión Europea.

Los requisitos de eficiencia energética que se establezcan en cada país tendrán en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores, y la relación entre el coste y la eficacia en cuanto a ahorro energético de las medidas que se exijan. Esta Directiva establece requisitos en relación con:

- El marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada en los edificios.
- La aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos.
- La aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
- La certificación energética de edificios.
- La inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y además, la evaluación del estado de las instalaciones de calefacción con calderas de más de 15 años.

En los edificios con una superficie útil total de más de 1000 m², la Directiva establece que se considere y se tenga en cuenta la viabilidad técnica, medioambiental y económica de sistemas alternativos como:

- ✳ Sistemas de producción de energía basados en energías renovables.
- ✳ Sistemas de cogeneración.
- ✳ Calefacción o refrigeración central o urbana, cuando ésta esté disponible.
- ✳ Bombas de calor, en determinadas condiciones.

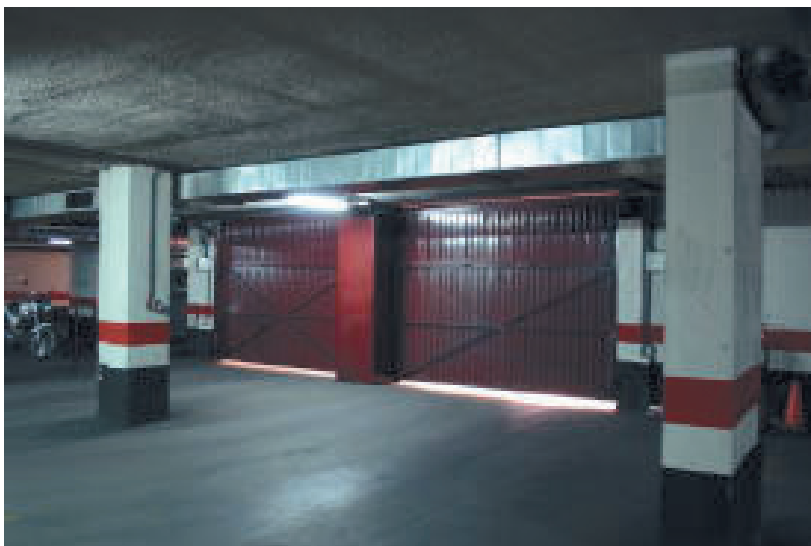
Para las existentes, la Directiva establece que se han de tomar las medidas necesarias para que, cuando se efectúen reformas importantes en edificios con una superficie útil total superior a 1000 m², se mejore su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos, siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable.



1.3.5.1. Certificado de eficiencia energética

La Directiva establece que cuando los edificios sean construidos, vendidos o alquilados, se ponga a disposición del propietario o por parte del propietario, a disposición del posible comprador o inquilino, un certificado de eficiencia energética. Este certificado tendrá una validez máxima de 10 años.

El certificado de eficiencia energética de un edificio ha de incluir valores de referencia, como la normativa vigente y valoraciones comparativas, con el fin de que los consumidores puedan comparar y evaluar la eficiencia energética del edificio. El certificado ha de ir acompañado de recomendaciones para la mejora de la relación coste-eficacia de la eficiencia energética.



1.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado

La Directiva exige que se establezcan inspecciones periódicas de las calderas que utilicen combustibles no renovables, líquidos o sólidos, y tengan una potencia nominal efectiva comprendida entre 20 y 100 kW.

Las calderas con una potencia nominal de más de 100 kW se han de inspeccionar al menos cada dos años. Para las calderas de gas, este período podrá ampliarse a cuatro años.

Para calefacciones con calderas de una potencia nominal superior a 20 kW y con más de 15 años de antigüedad, se ha de establecer una inspección única de todo el sistema de calefacción. A partir de esta inspección, los expertos asesorarán a los usuarios sobre la sustitución de la caldera, sobre otras modificaciones del sistema de calefacción, y sobre soluciones alternativas.

En las instalaciones de aire acondicionado, se realizará una inspección periódica de los sistemas con una potencia nominal efectiva superior a 12 kW.

La inspección incluirá una evaluación del rendimiento del aire acondicionado y de su capacidad comparada con la demanda de refrigeración del edificio. Se

asesorará a los usuarios sobre la sustitución del sistema de aire acondicionado, las mejoras que se pueden aportar, o soluciones alternativas.

Esta Directiva establece la obligatoriedad por parte de los Estados miembros de dar cumplimiento a esta directiva antes del 4 de Enero de 2006.

1.4. Conclusiones

El gasto de comunidad de cualquier ciudadano supone un desembolso importante en cada economía doméstica. Sobre él, cada vecino, poco puede aportar para su recorte. Sin embargo, a través de una **Auditoría Energética** es posible evaluar la eficiencia de los sistemas energéticos de la comunidad, a fin de aportar modificaciones que posibiliten la reducción de gastos. El **recorte de costes** —en particular los de componente fijo o semifijo— se convierte en un arma estratégica para aumentar las posibilidades de una comunidad.

Sin embargo, antes de encaminar nuestros pasos para lograr reducir los costes, es necesario pararse a pensar cuáles son las variables sobre las que debemos actuar para conseguir mayor eficacia en nuestra misión. Por ello, en las Comunidades de Vecinos tenemos que tener en cuenta que estamos sometidos a elevados consumos energéticos básicos y necesarios. El ahorro energético que podemos conseguir con una combinación de actuaciones sobre diferentes puntos ayudará a la comunidad a incrementar la rentabilidad de sus ingresos.

En este capítulo hemos podido recoger —aunque sea de un modo superficial e intentando evitar complicaciones técnicas excesivas— la idea de que un estudio pormenorizado de nuestros consumos y demandas energéticas nos indicará las variables sobre las que hay que actuar prioritariamente, a fin de conseguir la mayor efectividad con el menor esfuerzo económico.

Las actuaciones recomendadas se han fundamentado sobre la propia tarifa energética, sobre las instalaciones —comunitarias o no— y sobre otros aspectos de calidad y seguridad en el suministro. Se han propuesto diferentes opciones y se propone un PLAN DE GESTIÓN DE LA DEMANDA.

Parece una obviedad el recomendar antes de nada una revisión de la factura eléctrica, pero es fundamental conocer el punto de partida para establecer un objetivo. Y ese objetivo tiene una sola finalidad: **el ahorro**. Las necesidades varían a lo largo de la vida de una comunidad vecinal y es muy probable que una aten-

ta revisión nos permita una selección de tarifa más adecuada para el momento actual, que no tiene por qué ser la misma que la que se seleccionó a la firma del contrato. Por otra parte, el consumo diario no es constante a lo largo de la jornada por lo que el componente horario determinará las necesidades reales en cada momento del día. Una adecuada Asesoría Tarifaria nos ayudará en la detección de oportunidades de ahorro. El ahorro producido por una adecuada selección tarifaria es inmediato y lo notaremos en la primera factura.

No hay que olvidar que la instalación y, por tanto, el entorno debe ser el adecuado para los servicios prestados y la potencia contratada, en consecuencia, debe responder a las necesidades buscando siempre la eficiencia energética en las instalaciones. Dicha eficiencia proporcionará ahorros que sumados a los que hemos conseguido con una adecuada selección tarifaria rebajará de modo ostensible nuestros costes energéticos. Hay que tener en mente una máxima: la energía más barata es la que no se consume.

Además, el uso de otras posibilidades como la **energía solar** térmica puede ser una opción interesante para incrementar nuestro suministro de manera rentable y sin causar daños medioambientales.

Por otra parte, un adecuado **estudio termográfico** nos permitirá incrementar la seguridad y la prevención, pero además evitaremos las averías antes de que éstas se produzcan y con ello las pérdidas energéticas y económicas subsiguientes. La termografía nos permite actuar fundamentalmente sobre las instalaciones eléctricas y sobre los equipos e instalaciones térmicas. Con ello podemos evitar costes de oportunidad, aumentar la eficiencia y conseguir ahorros.

En cualquier caso, hemos conocido sólo unas pocas de las posibilidades que existen en el mercado para ahorrar en nuestra factura energética, así como para mejorar la calidad y garantizar el suministro. Una Auditoría Energética es el vehículo más adecuado para conocer nuestras limitaciones, nuestras necesidades reales y las posibilidades que ENDESA pone a nuestra disposición. Esta inquietud por la realización de **Auditorías Energéticas** es compartida por el propio Ministerio de Industria, Turismo y Comercio que establece **subvenciones** para la promoción y realización de las mismas, así como para la implantación de las mejoras propuestas en ellas.

ENDESA propone hacer uso de esas ayudas económicas para la realización de la **Auditoría Energética** y la puesta en marcha de las mejoras consecuencia de ese estudio. Dichas mejoras —algunas posibilidades han sido introducidas en este documento— significarán de manera inmediata un ahorro en los costes energéticos de su comunidad.

Condiciones técnicas y garantías de seguridad de los servicios eléctricos generales en comunidades de propietarios

2.1. Objeto

El presente capítulo tiene como finalidad establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir los servicios eléctricos generales, incluida la iluminación de los espacios comunes en comunidades de propietarios, al objeto de:

- a) Mejorar la eficiencia y ahorro energético con la determinación de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- b) Proporcionar las condiciones necesarias de seguridad a las instalaciones eléctricas de los servicios generales.

2.2. Campo de aplicación

1. Se aplicará a las instalaciones de enlace y comunitarias reguladas por el artículo 15 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, incluidas las iluminaciones interior y exterior de los espacios comunes de las comunidades de propietarios. Asimismo, se incluyen ciertas recomendaciones para la iluminación de la vivienda.
2. Este capítulo relativo a los servicios eléctricos generales en comunidades de propietarios se aplicará:
 - a) A las nuevas instalaciones, a sus modificaciones y ampliaciones.
 - b) A las instalaciones existentes que sean objeto de modificaciones de importancia, reparaciones de envergadura y a sus ampliaciones.

Se entenderá por modificaciones de importancia o reparaciones de envergadura las que afectan a más del 50 por 100 de la potencia instalada.

3. También, se aplicará a las instalaciones existentes, cuando su estado, situación o características impliquen un riesgo grave para las personas o los bienes, o se produzcan perturbaciones importantes en el normal funcionamiento de otras instalaciones, a juicio del Órgano Competente de la Comunidad Autónoma.

2.3. Normativa aplicable

En primer término, cronológicamente debe contemplarse la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación que de acuerdo con su artículo 1, tiene por objeto regular en sus aspectos esenciales el proceso de la edificación.

Independientemente, hay que considerar la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre de 2002, cuya finalidad es fomentar la eficiencia energética de los edificios.

Con la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación, en adelante CTE, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, se pretende dar cumplimiento a la Ley de Ordenación de la Edificación y a la Directiva 2002/91/CE, limitando la demanda energética de los edificios.

Posteriormente, mediante Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética en edificios de nueva construcción, que constituye la transposición de la Directiva 2002/91/CE. Es de señalar que la Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo, es una refundición en lo concerniente a la eficiencia energética de los edificios, que sustituye a la Directiva 2002/91/CE.

La Directiva 2009/125/CE, de 21 de Octubre, que deroga la Directiva 2005/32/CE establece los requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía, cuya implementación tanto de la Directiva derogada como de la vigente se lleva a cabo merced a la reglamentación siguiente:

- Reglamento (CE) nº 244/2009, de 18 de marzo, relativo a los requisitos de diseño ecológico para lámparas de uso doméstico no direccionales.
- Reglamento (CE) nº 245/2009, de 18 de marzo, modificado por el Reglamento (CE) nº 347/2010, de 21 de Abril, relativo a los requisitos de diseño ecológico para lámparas fluorescentes sin balastos integrados, para lámparas de descarga de alta intensidad y para balastos y luminarias que puedan funcionar con dichas lámparas.

Otras regulaciones europeas a tener en cuenta son la Directiva 2006/32/CE, de 5 de abril, sobre la eficiencia de uso final de la energía y los servicios energéticos, así como la Directiva 2010/30/UE, de 19 de Mayo, referente a la indicación del consumo de energía y otros recursos por parte de los productos relacionados con la energía, mediante el etiquetado y una información normalizada.

En los aspectos eléctricos debe considerarse el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, que establece las condiciones técnicas y garantías de seguridad que deben reunir las instalaciones eléctricas.

Igualmente, debe tenerse en cuenta el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre.

2.4. Eficiencia energética

1. En el alumbrado interior se denomina valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2) a la expresión:

$$VEEI = \frac{W/S}{E} \cdot 100 = W \cdot 100 / S \cdot E = 100 / E_{fl} \cdot F_u \cdot f_m$$

2. El valor de la eficiencia energética de la instalación VEEI es directamente proporcional a la potencia consumida (W) de la lámpara y equipo auxiliar, e inversamente proporcional a la superficie (S) iluminada y a la iluminancia (E) media en servicio con mantenimiento de la instalación.

Asimismo, VEEI resulta inversamente proporcional a la eficacia luminosa de las lámparas (E_{fl}) y a los factores de utilización (F_u) y mantenimiento (f_m) de la instalación.

3. Los valores máximos o límite de eficiencia energética (VEEI) de las instalaciones de iluminación interior de las zonas comunes, serán los establecidos en el Apéndice 1 del presente capítulo.
4. Con la finalidad de lograr la mayor eficiencia energética, la iluminación interior de los espacios comunes se ajustará a las prescripciones siguientes:

— Para cada tipo de local, se cumplirán:

- los valores mínimos de iluminación media mantenida (E_m) determinados en el Apéndice 1 de este capítulo.
 - los valores máximos de deslumbramiento unificado (UGRL) señalados en el Apéndice 1 del presente capítulo.
 - los valores mínimos de rendimiento de color (R_a) que dispone el Apéndice 1 de este capítulo.
 - las observaciones establecidas en el Apéndice 1 del presente capítulo.
5. Se tendrán en cuenta los requerimientos de eficiencia energética establecidos en el Apéndice 1 de este capítulo.
6. Las instalaciones de iluminación interior de los espacios comunes dispondrán, para cada zona, de un sistema de regulación y control con las condiciones determinadas en los Apéndices 1 y 3 del presente capítulo.

2.5. Instalaciones de alumbrado interior

1. El dimensionamiento de las instalaciones de alumbrado interior de los espacios comunes de las comunidades de propietarios se ajustará a las directrices establecidas en el Apéndice 2 del presente capítulo.
2. Se adoptarán las lámparas de mayor eficacia luminosa (lm/W) y larga duración de vida, fluorescentes tubulares de alto rendimiento y compactas de ahorro energético, con sus correspondientes balastos electrónicos. En zonas comunes interiores de representación como, por ejemplo, portales podrán instalarse lámparas incandescentes halógenas, siempre y cuando los valores de eficiencia energética (VEEI) no superen los valores máximos o límite establecidos en el Apéndice 1 del presente capítulo.
3. Las pérdidas en equipos y lámparas serán como máximo las determinadas en el Apéndice 2 de este capítulo.
4. Se implantarán aquellas luminarias cuyo rendimiento (η) sea elevado, ajustándose a los valores mínimos precisados en el Apéndice 2 del presente capítulo.

5. Los factores de utilización (F_u) y mantenimiento (f_m) de la instalación serán lo más altos posible y se adecuarán a lo señalado al respecto en el Apéndice 2 de este capítulo.
6. De acuerdo con lo dispuesto en el Apéndice 1 del presente capítulo, respecto a los sistemas de control y regulación, se adoptarán para las lámparas fluorescentes e incandescentes halógenas los sistemas indicados en el Apéndice 3 de este capítulo.
7. Se sectorizarán los interruptores de alumbrado de escaleras, rellanos, pasillos, garaje, etc., y se preverán sensores de presencia o pulsadores asociados a temporizadores, de acuerdo con lo especificado en el Apéndice 3 del presente capítulo, para evitar se enciendan a la vez todas lámparas.
8. En los locales donde pueda aprovecharse la luz diurna se instalarán sensores de luminosidad, tal y como se detalla en el referido Apéndice 3.
9. El mantenimiento de las instalaciones de alumbrado interior se adaptará a lo preceptuado al respecto en el Apéndice 2 de este capítulo.

2.6. Instalaciones de alumbrado exterior

1. El alumbrado de espacios comunes privados exteriores de comunidades de propietarios (zonas de descanso, andadores, caminos peatonales, jardines, etc.), deberá cumplir lo establecido en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre.
2. La iluminación de piscinas se ajustará a lo señalado en el Apéndice 3 del presente capítulo, en cuanto al diseño de la iluminación y a las exigencias de seguridad de las instalaciones eléctricas, debiéndose cumplir la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-31, respecto a las prescripciones generales y particulares, canalizaciones, cajas de conexión, luminarias, aparata y otros equipos.
3. La iluminación de fuentes se adecuará a lo significado en el Apéndice 3 de este capítulo, tanto en su diseño como en la seguridad de las instalaciones eléctricas. En todo caso, se cumplirá lo establecido en la ITC-BT-31.

4. Además de lo regulado en el epígrafe 1 de este apartado, el alumbrado de andadores y jardines se ajustará a lo indicado en el Apéndice 4 del presente capítulo.

2.7. Servicios eléctricos generales

1. Las instalaciones de enlace y comunitarias reguladas por el artículo 15 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, además de cumplir lo establecido en las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias del mismo, se ajustarán a lo dispuesto en el Apéndice 5.1.4 del presente capítulo.
2. Los servicios generales que comprenden todos los servicios eléctricos que son de uso común de todos los usuarios que forman la comunidad de propietarios, se adecuarán a lo determinado en el apartado 1.5 del Apéndice 5 de este capítulo.
3. Respecto a los elementos y mecanismos de los servicios generales de una instalación a rehabilitar, se adoptarán las actuaciones y recomendaciones señaladas en el apartado 2 del Apéndice 5 del presente capítulo.
4. Se estudiará el posible sobrecoste de energía reactiva, al objeto de eliminarlo y, en su caso, se unificará en un solo contador todos los suministros eléctricos con contadores independientes, siempre y cuando suministre energía eléctrica a los servicios generales correspondiente a una sola comunidad de propietarios.

Apéndice 1: Eficiencia energética

A1.1. Valor de eficiencia energética de la instalación

En el alumbrado de zonas comunes interiores en edificios de viviendas (portal, escaleras, rellanos, pasillos, locales de instalaciones técnicas, zonas de circulación en sótanos, garajes, etc.), la eficiencia energética se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lux, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{W/S}{E} \cdot 100 = \frac{W \cdot 100}{S \cdot E}$$

VEEI = valor de eficiencia energética de la instalación en (W/m²) por cada 100 lux.

W = potencia total instalada en lámparas más el consumo de los equipos auxiliares, en vatios.

S = superficie iluminada en m².

E = iluminancia media horizontal mantenida, en lux.

Por otra parte, la iluminancia (E) en servicio con mantenimiento de la instalación, en función del flujo luminoso instalado (F) emitido por las lámparas, los factores de utilización de la instalación (F_u) y de mantenimiento (f_m), así como de la superficie iluminada (S) es la siguiente:

$$E = F F_u f_m / S \text{ y, por tanto: } F = E S / F_u f_m$$

Además la eficacia luminosa de la lámpara se define mediante la expresión:

$$E_{fl} = F / W; \quad F = W E_{fl}; \quad E_{fl} = E S / F_u f_m / W = E S / W F_u f_m$$

Si se opera se obtiene: $E = E_{fl} W F_u f_m / S$ Sólo que es lo mismo: $E = E_{fl} F_u f_m W / S$

Por tanto:

$$VEEI = \frac{W}{S} \cdot \frac{100}{E} = \frac{E}{E_{fl} \cdot F_u \cdot f_m} \cdot \frac{100}{E} = \frac{100}{E_{fl} \cdot F_u \cdot f_m}$$

En consecuencia el valor de eficiencia energética de la instalación será:

$$VEEI = \frac{W}{S} \cdot \frac{100}{E} = \frac{100}{E_{fl} \cdot F_u \cdot f_m}$$

Es decir, VEEI depende de la eficacia luminosa de las lámparas (E_{fl}), del factor de utilización de la instalación (F_u) y del factor de mantenimiento (f_m), de forma que cuanto más elevado resulten estos parámetros, más eficiente será la instalación de iluminación.

El valor de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación de las zonas comunes interiores de no representación (zonas de paso en sótano, locales de

instalaciones técnicas, etc.), en edificios de viviendas será como máximo o VEEL límite el siguiente:

$$\text{VEEL} = 4,5 \text{ (W/m}^2\text{) por cada 100 lux}$$

En el caso de aparcamientos o garajes, el valor límite o máximo de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación será el siguiente:

$$\text{VEEL} = 5 \text{ (W/m}^2\text{) por cada 100 lux}$$

El valor de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación de las zonas comunes interiores de representación (portal, escaleras, rellanos, pasillos, etc.), en edificios de viviendas será como máximo o VEEL límite el siguiente:

$$\text{VEEL} = 7,5 \text{ (W/m}^2\text{) por cada 100 lux}$$

Sistemas de Control y Regulación

Las instalaciones de iluminación dispondrán, para cada zona, de un sistema de regulación y control con las siguientes condiciones:

1. Toda zona tendrá, al menos, un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control.
2. Las zonas de uso esporádico estarán dotados de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización.
3. Cuando arquitectónicamente resulte posible, se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen el nivel de iluminación en función de la aportación de la luz solar.

Parámetros Luminotécnicos

Para cada local a iluminar se establecen de conformidad con la normativa vigente, especialmente la norma UNE-EN 12464-1, los siguientes parámetros luminotécnicos:

- Iluminancia media (E_m) en lux a mantener (valor mínimo).
- Índice de deslumbramiento unificado UGR_t (valor máximo).
- Índice de rendimiento de color Ra (valor mínimo).

Tipo de interior y actividad	E_m (lux)	UGR _t	Ra	Observaciones
Portal	300	22	80	100 lux por la noche
Zona ascensores	300	22	80	
Escaleras y pasillos	150	25	80	200 lux recomendados
Rellanos	200	25	80	
Garajes				75 lux por la noche Se deben reconocer los colores de seguridad
• Rampas acceso	300	25	20	
• Calles circulación	75	25	20	
• Áreas aparcamiento	75	—	20	
Salas de instalaciones técnicas	150	25	80	
Zonas circulación sótanos	100	28	40	
Almacenes	100	25	60	

A1.2. Iluminación de edificios de viviendas

La exigencia básica HE 3 del Código Técnico de la Edificación excluye de su ámbito de aplicación las instalaciones de iluminación en interiores de viviendas. No obstante, se dispone que en el proyecto se justificarán las soluciones adoptadas, en su caso, para el ahorro de energía en la instalación de alumbrado interior.

En ese sentido, seguidamente se desarrollan las actuaciones que se deben contemplar en el diseño de las instalaciones de alumbrado interior en edificios de viviendas, con la finalidad de que resulten eficientes energéticamente.

En el dominio residencial el alumbrado representa el 16% del consumo eléctrico específico (sin considerar la calefacción y el agua caliente sanitaria) de la vivienda que constituye para los particulares una fuente reconocida de mejora del hábitat.

En la actualidad, gracias a la mejora de la eficacia luminosa de las fuentes de luz (lámparas y LED) en relación a la débil eficacia y corta vida de la incandes-

cencia, se puede al mismo tiempo reducir el consumo eléctrico de la iluminación y mejorar la calidad y cantidad de luz artificial disponible.

Un sistema de alumbrado optimizado en la vivienda se consigue mediante la asociación de fuentes de luz eficaces con un sistema de gestión que comprenda el control y regulación automática para la instalación, de forma que permita responder a las diferentes necesidades de los usuarios.

A1.2.1. Sistemas de Alumbrado Residencial

Comprende el conjunto fuentes de luz-luminaria, compatibilidad de las fuentes de luz —sistema de gestión de la iluminación, así como el control y regulación automática del alumbrado.

Las posibilidades en la gestión de la iluminación son múltiples y van desde dispositivos reguladores del flujo luminoso, hasta sensores de movimiento o detectores de presencia, sensores de luminosidad, así como sistemas automatizados por ordenador incluso, en su caso, con efectos luminosos previamente programados, que permiten cambios en la iluminación para crear ambientes diversos.

Conjunto fuentes de luz – luminaria

Al margen del interés decorativo de la luminaria, que tiene su trascendencia, la calidad del conjunto fuentes de luz – luminaria se caracteriza por su capacidad de restituir, difundir, repartir o distribuir la luz.

En este caso, es importante tener en cuenta la eficacia luminosa de la fuente de luz (lámpara o LED) definida en lúmenes por vatio (lm/W), su capacidad para proporcionar un color verdadero a los objetos y a las personas, con un índice de rendimiento de color IRC superior a 80, un ambiente de luz ni muy amarillo ni demasiado azul, es decir, con una temperatura de color comprendida entre 2800 K y 4000 K.

Pero también se necesita elegir luminarias con rendimientos adecuados que repartan y distribuyan la luz eficazmente hacia las zonas deseadas.

La adopción de estas consideraciones permite obtener una instalación de iluminación eficiente en el consumo de energía eléctrica y que al tiempo respete las necesidades de alumbrado demandada por los usuarios (cantidad de luz, ambiente confortable, ...).

El conjunto fuentes de luz – luminaria deberá cumplir los niveles siguientes:

- Alumbrado general: eficacia luminosa ≥ 65 lm/W
- Alumbrado de apoyo o acentuación: eficacia luminosa ≥ 40 lm/W
- Índice del rendimiento de color ≥ 80

Compatibilidad, fuentes de luz – sistema de gestión de la iluminación

Ciertas fuentes de luz (lámparas, fluorescentes, LED ...) funcionan gracias a un dispositivo eléctrico que puede estar instalado en el casquillo de la lámpara o en la luminaria.

Si se desea efectuar el control y regulación de estas fuentes de luz mediante un sistema de gestión automático del alumbrado, es necesario asegurarse la compatibilidad entre dichas fuentes de luz y el sistema de gestión.

Para la regulación del flujo luminoso de las lámparas, las fuentes de luz que no lo permitan deben indicarlo en su embalaje.

Principales fuentes de luz utilizadas en la vivienda

Tipos de Fuentes de luz	Clase de eficiencia energética (marcada en el embalaje)	Compatibilidad con un sistema de gestión
Halógenas baja tensión (BT: 230 V)	C	Si
Halógenas muy baja tensión (TBT: 12 V)	B ó C	Si
Fluorescentes compactas LED	A	A verificar (indicado en el embalaje)

Gestión automática de la iluminación

La gestión automática del alumbrado permite encender automáticamente la iluminación cuando resulta necesario (presencia, movimiento, luminosidad natural insuficiente, ...) y apagarla, asimismo, de forma automática (ausencia de movimiento, luminosidad natural suficiente, interruptor horario, ...).

En todos los casos el usuario conserva siempre la posibilidad, en caso de necesidad, de realizar el encendido o apagado de forma manual.

Ejemplos de aplicación

Ejemplos de sistemas que permiten controlar el consumo eléctrico debido a la iluminación son los siguientes:

- *Interruptores automáticos o con programadores y en función de un umbral de luminosidad. Para la bodega, el vestidor, el estudio de bricolage, cuartos de baño.*
- *Reguladores en los cuartos de los niños o de los padres, en el salón.*
- *Sensores de movimiento o de presencia en las escaleras.*

Estas soluciones se pueden utilizar con el conjunto de fuentes luminosas (lámparas incandescentes, halogenuros, fluocompactas, LED), disponibles bien empotradas o salientes, para uso interior y exterior.

Estas soluciones:

- *Son simples.*
- *Fáciles de instalar (en nueva edificación y/o en renovación).*
- *No necesitan trabajos pesados sobre la construcción.*
- *Mejoran la eficiencia energética de la vivienda y facilitan la vida de los ocupantes.*

Beneficios potenciales

La evaluación de las ganancias debidas a la puesta en servicio de soluciones de alumbrado económico, depende de la instalación existente.

Una instalación compuesta exclusivamente por lámparas incandescentes, que se sustituyen por fuentes de luz de ahorro energético (lámparas fluorescentes o LED) genera una economía en el consumo de energía eléctrica superior al 50%.

La sustitución de luminarias ineficaces por luminarias eficientes proporcionando el mismo servicio, o la instalación de detectores o sensores de presencia en sitios adecuados, todavía permiten aumentar las mejoras en el consumo energético.

En una economía de eficiencia energética, la reposición de fuentes de luz y luminarias consumidoras de energía, por otras de alta eficiencia energética, es prioritario respecto a la instalación de un sistema de control automático.

Componentes y sistema de control

Las ganancias en confort, calidad y cantidad de luz generadas por sistemas de alumbrado eficientes, no se cuantifican en el exclusivo enfoque energético.

Las lámparas, equipos y luminarias cumplirán lo dispuesto en los referidos Reglamentos (CE).

Los factores de utilización (F_u) y de mantenimiento (f_m) de la instalación serán los mayores posibles.

Respecto a los sistemas de control y regulación se adoptarán para las lámparas fluorescentes, incandescentes, halógenas y LED, los sistemas indicados en el apéndice 3.

Se sectorizarán los interruptores de alumbrado de escaleras, rellanos, pasillos, garaje, etc., y se preverán sensores de presencia o pulsadores asociados a temporizadores, para evitar se enciendan a la vez todas las lámparas.

En los locales donde pueda aprovecharse la luz diurna se instalarán sensores de luminosidad.

El mantenimiento de las instalaciones de alumbrado interior se adaptará a lo preceptuado al respecto en el Apéndice 2.

Apéndice 2: Instalaciones de alumbrado interior

A2.1. Proyecto de iluminación

La iluminación interior de los espacios comunes privados de las comunidades de propietarios, requiere un adecuado planteamiento profesional que deberá plasmarse en un buen proyecto de iluminación.

Dimensionamiento

Las instalaciones de iluminación interior en las diferentes zonas comunes, exigen elaborar el proyecto de iluminación teniendo presentes previamente unos datos y parámetros iniciales tales como:

- Tipología de la zona a iluminar.
- Utilización de la zona a iluminar.
- Niveles de iluminación necesarios.
- Dimensiones de los espacios a iluminar (índice K del local).
- Reflectancias de paredes, techos y suelos de las zonas.
- Condiciones de la luz natural.
- Características de los techos.
- Tipo de acabado y pintura.
- Mobiliario previsto.

Método de cálculo

Se llevará a efecto el cálculo luminotécnico por el método punto por punto, bien manualmente o mediante programa informático, solvente y fiable debidamente contrastado, asociado al método de cálculo.

El método de cálculo utilizará como datos de partida los señalados en el dimensionamiento, así como los derivados de los materiales adoptados en las soluciones propuestas, tales como lámparas, equipos auxiliares, luminarias, etc.

Desarrollo

En el desarrollo y realización del proyecto deberán seguirse, entre otras, las siguientes secuencias:

- Establecimiento del índice del local (K) utilizado en el cálculo.
- Fijación del factor de mantenimiento (f_m) previsto.
- Señalamiento del tono de luz o temperatura de color (T_c), del rendimiento de color (R_a) y eficacia luminosa (E_{fl}) de las lámparas adoptadas.

- Selección de las luminarias y proyectores a instalar con detalle de la clase (distribución de la intensidad luminosa), rendimiento, control del deslumbramiento, etc.
- Modo de instalación de las luminarias y proyectores, así como determinación del factor de utilización de la instalación.
- Determinación de la iluminancia media horizontal mantenida (E_m) y, en su caso, iluminancia media vertical mantenida (E_v) e índice de deslumbramiento unificado (UGR_L).
- Evaluación de la uniformidad de iluminancia general y, en su caso, extrema.
- Aprovechamiento, cuando sea posible, de la luz natural.
- Cálculo de los valores de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- Control y regulación de la luz apropiadas a las necesidades.
- Delimitación de los criterios, en su caso, de distancia mínima entre la fuente luminosa y el objeto iluminado para protección de las altas temperaturas.
- Implantación, cuando sea necesario, de sistemas de filtros y protectores de luz contra las radiaciones ultravioletas (UV) e infrarrojas (IR).

Iluminancias

Se calcularán en servicio por lo que se considerará la depreciación del flujo luminoso de las lámparas y su supervivencia, las pérdidas por ensuciamiento de las luminarias y la reducción de los factores de reflexión de las superficies de la zona.

En general, para entorno limpio (portales, escaleras, rellanos, etc), puede tenerse en cuenta un factor de mantenimiento $f_m = 0,8$. En locales tales como almacenes, garajes, salas técnicas, zonas de circulación en sótanos, en función del grado de suciedad, se adoptaran los siguientes factores de mantenimiento:

- entorno limpio 0,80
- entorno medio 0,55
- entorno sucio 0,30

Deslumbramiento molesto

El índice del deslumbramiento molesto directamente procedente de las luminarias de una instalación de iluminación interior se determinará utilizando el mé-

todo de tabulación del «Índice de Deslumbramiento Unificado» (UGRL) propuesto por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), basado en la expresión:

$$UGR_L = 8 \log_{10} \left[\frac{0,25}{L_b} \sum_1^N \frac{L^2 w}{P^2} \right]$$

Donde:

- L es la iluminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador, en cd/m^2 .
- w es el ángulo sólido subtendido por las partes luminosas de cada luminaria y el ojo del observador (estereorradianes).
- P es el índice de posición de Guth para cada luminaria individual, que se relaciona con su desplazamiento en relación con el eje visual.
- N es el número de luminarias.
- L_b es la iluminancia de fondo en cd/m^2 , que se define como la iluminancia uniforme de todo el entorno del campo visual, que produciría la misma iluminancia sobre un plano vertical en el ojo del observador, excluyendo la iluminancia producida directamente por las luminarias.

L_b se calcula mediante la fórmula:

$$L_b = E_i / \pi$$

donde E_i es la iluminancia indirecta en el ojo del observador, en lux.

La publicación CIE-117 de 1995 establece la fórmula UGRL que proporciona la probabilidad más exacta posible de determinación del deslumbramiento molesto.

Sin embargo, en numerosos casos, un método simplificado utilizando las tablas de UGRL facilita en la práctica resultados aceptables del deslumbramiento molesto, acordes con el cálculo directo obtenido mediante la fórmula de la CIE.

Es importante considerar que la escala de valores del deslumbramiento molesto UGRL obtenidos utilizando la fórmula, se extiende desde 10 para la ausencia de deslumbramiento hasta 31 para un deslumbramiento molesto intolerable, siendo mayor el deslumbramiento cuanto más alto resulte el valor obtenido de UGR_L .

Desde el punto de vista práctico, la escala de valores de UGRL es la siguiente:

10 - 13 - 16 - 19 - 22 - 25 - 28 - 31

dado que la experiencia ha demostrado que intervalos inferiores a 3 no resultaban significativos.

Rendimiento de color

El color es aquella cualidad de los objetos de absorber unas determinadas longitudes de onda del espectro visible y reflejar otras.

El color que presenta un objeto depende de la distribución de la energía espectral de la luz con que está iluminado y de las características reflexivas de dicho objeto.

Las propiedades de reproducción del color de las lámparas marcarán la exactitud de la percepción del color y se describen mediante el índice (R_a), como porcentaje referido a una fuente de luz ideal. Este índice de reproducción de color (R_a) se clasificaría en grupos que irían de $R_a > 90$ (muy buena) a $R_a < 40$ (muy baja).

Temperatura de Color

La temperatura de color a tono de luz es el aspecto general del ambiente que proporciona la iluminación, y puede ser cálido, neutro o frío, de acuerdo con las características siguientes:

Tono de luz blanco cálido

Con una temperatura de color $T_c < 3300$ K, adecuada para un ambiente relajado y tranquilo.

Tono de luz blanco neutro

Con unas temperaturas de color comprendidas entre 3300 y 5000 K, acertado para un ambiente práctico y activo.

Tono de luz blanco frío

Con una temperatura de color $T_c > 5000$ K, apropiado fundamentalmente para tareas visuales de elevada concentración con altos niveles de iluminación.

A2.2. Componentes de la instalación de alumbrado

Los componentes de una instalación de alumbrado a los que se va a aplicar un sistema de gestión de iluminación son las fuentes de luz (lámparas y LED), balastos, transformadores y luminarias.

A2.2.1. Fuentes de Luz

Se deben distinguir las lámparas incandescentes que comprenden las estándar y las halógenas, las lámparas de descarga entre las que están incluidas las de mercurio a baja presión (tubos fluorescentes y fluocompactas), lámparas de alta intensidad de descarga tales como las de vapor de mercurio a alta presión, de vapor de mercurio con halogenuros metálicos, vapor de sodio a alta presión y, por último, los LED.

Lámparas incandescentes

Lámparas cuya emisión luminosa se produce por calentamiento de una resistencia metálica (filamento de wolframio) al paso de una corriente eléctrica a su través hasta alcanzar la temperatura de incandescencia, en cuyo momento emite, entre otras formas de radiación, radiación viable. La proporción de la energía irradiada supone aproximadamente un 89% de energía térmica y un 19% de energía en el espectro visible. El funcionamiento responde al mecanismo de termorradiación y se regula del 1 al 100% mediante dimmers.

Comprenden tanto las incandescentes estándar como las halógenas.

Las incandescentes estándar presentan las siguientes características:

- Débil eficacia luminosa (11 a 9 lm/W).
- Baja duración de vida (1.000 horas).

- Gran sensibilidad a las variaciones de tensión.
- Excelente rendimiento de color ($R_a = 100$).

Las lámparas incandescentes halógenas son de las mismas características que las incandescentes estándar, pero en las que a la mezcla de gases contenida en el interior de la ampolla se le incorpora un compuesto halogenado (principalmente bromuro de metileno), produciéndose el denominado ciclo halógeno que incrementa la vida y la eficacia luminosa, al disminuir las pérdidas térmicas, aumentando el flujo luminoso. Por tanto, las lámparas halógenas son más eficientes energéticamente que las incandescentes estándar.

La utilización de las lámparas halógenas, a pesar de su bajo rendimiento energético o eficacia respecto a las lámparas de descarga, se debe a las características peculiares de su luz brillante, a su excelente reproducción cromática, a su pequeño tamaño, buenas características de precisión fotométrica y a su amplia gama.

Además, ésta es una lámpara regulable en cuanto a su flujo luminoso mediante reguladores de fase (dimmers) del 1 al 100%.

Las lámparas incandescentes halógenas tienen las siguientes características:

- Baja eficacia luminosa (25-30 lm/w)
- Débil duración de vida (2.000-4.000 horas)
- Excelente rendimiento de color ($R_a = 100$)

Lámparas de descarga

Son las fuentes de luz que utilizan la emisión luminiscente producida como consecuencia de una descarga en una columna gaseosa, siendo los gases más empleados los vapores de mercurio y sodio. El funcionamiento se basa en el proceso de electrorradiación, salvo en los fluorescentes que el proceso es de fotorradiación.

Debido a la sensibilidad de las lámparas de alta intensidad de descarga (vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión) a la disminución de su tensión de extinción, son difícilmente regulables, aun cuando algunos balastos electrónicos permiten su regulación desde un 35 a un

100% del flujo luminoso, que corresponde a un 40 a 100% de la potencia eléctrica consumida.

Los principales tipos de lámparas de descarga empleados en iluminación de interiores en edificios son:

Lámparas de mercurio a baja presión (tubos fluorescentes)

Son lámparas de forma generalmente tubular, rectilíneas o curvilíneas de vidrio, con un conductor metálico en cada extremo denominado electrodo. El tubo recubierto interiormente por polvo fluorescente está lleno de gas inerte y vapor de mercurio a baja presión.

Como consecuencia de la descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, la emisión de radiación ultravioleta excita las sustancias luminiscentes del delgado revestimiento de polvo fluorescente, que transforma dicha radiación invisible en otras longitudes de onda visibles.

Son lámparas de eficacia luminosa relativamente alta (entre 60 y 100 lm/W), elevado rendimiento de color (Ra entre 75 y 98) y larga duración de vida, superior a las 12.000 horas.

Dentro del ámbito de las lámparas fluorescentes existen dos subtipos perfectamente diferenciados: las tubulares estándar y las denominadas lámparas fluorescentes compactas, de menor tamaño, formadas por tubos fluorescentes más cortos, doblados o conectados entre sí, que forman conjuntos de varias unidades.

De entre las múltiples variedades de lámparas fluorescentes tubulares o lineales, a las que han dado lugar sucesivos desarrollos, es preciso destacar las lámparas denominadas T5 y T8, que permiten la obtención de reproducciones cromáticas excelentes y que tienen una eficacia luminosa superior a 100 lm/W y son regulables del 1-3 al 100% mediante balastos electrónicos.

Estas lámparas, al poder funcionar con balastos electrónicos de alta frecuencia, permiten la regulación del flujo luminoso y de la potencia eléctrica, lo que las hace muy adecuadas para el aprovechamiento de la luz natural.

En cuanto a las lámparas fluorescentes compactas, su eficacia luminosa es 5 veces superior a las de incandescencia y presenta formas diversas. Las

lámparas fluocompactas son regulables del 3-10 al 100% mediante balastos electrónicos.

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Al contrario que otras lámparas de descarga, no precisan de un arrancador para iniciar la descarga, pero como las lámparas fluorescentes, son sensibles a las bajas temperaturas.

Aun cuando en estas lámparas la emisión por descarga proporciona mayor radiación visible y menor ultravioleta, tienen una baja eficacia luminosa, del orden de 60 lm/W, y una mala reproducción cromática ($R_g = 60$ como máximo) y elevada vida media de 15.000 horas.

Son regulables tan sólo hasta un entorno de un 50% de su flujo luminoso y un 60% de su consumo eléctrico. El modo de regularlos actual en las instalaciones de alumbrado exterior es con balastos inductivos de doble nivel o con reguladores estabilizadores en cabecera de línea, por lo que su empleo no es excesivamente recomendable en dicho alumbrado ni en la iluminación interior, teniendo en cuenta que en virtud de lo dispuesto en el Reglamento (CE) nº 245/2009, y su posterior modificación por el Reglamento (CE) nº 347/2010, estas lámparas deberán retirarse del mercado en el año 2015.

Lámparas de vapor de mercurio con halogenuros metálicos

Estas lámparas son similares estructuralmente a las de vapor de mercurio a alta presión, pero funcionalmente son muy distintas: a la atmosfera gaseosa de mercurio que llena el tubo de descarga (que puede ser de cuarzo, como en la antigua generación, o de cerámica como en la nueva), se le añaden distintos aditivos en forma de halogenuros de tierras raras (talio, indio, escandio, disprosio, etc.). Estos aditivos son los que realmente definen la distribución espectral de la emisión luminosa.

Las lámparas de vapor de mercurio con halogenuros metálicos necesitan de un balasto para regular la corriente, y un arrancador para provocar la descarga. Pero, además, tienen un efecto muy peculiar y es el de que dada la elevada temperatura que se alcanza en el tubo de descarga, precisan de al menos 10 minutos para que, en caso de corte de suministro eléctrico durante su funcionamiento puedan volver a reencender.

Sus ventajas más importantes son: alta eficacia luminosa (aprox. 90-100 lm/W), reducción de la radiación térmica y, por tanto, menos necesidad de evacuación del calor; excelente reproducción cromática ($R_a > 90$) y larga duración de vida (9.000 horas).

Estas lámparas son regulables en su flujo y potencia eléctrica consumida, mediante balastos electrónicos de alta frecuencia.

Lámparas de sodio a alta presión

Estas lámparas llevan además vapor de sodio a alta presión en el tubo de descarga y son las de mayor eficacia luminosa, (90-140 lm/W), pero al ser su índice de reproducción cromática muy bajo ($R_a < 40$) apenas se suelen emplear en alumbrado interior.

Para su funcionamiento requieren la instalación de balasto, condensador y arrancador.

LED y equipo auxiliar (driver)

El LED (Light Emitting Diode) es un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda cuando es polarizado adecuadamente.

Para la alimentación eléctrica de los LED existe un equipo auxiliar (driver) que mediante técnicas de modulación de la anchura de impulso (PWM) con un sistema de mando por BUS, permite una gestión total de la regulación del flujo luminoso emitido por el LED.

El módulo LED es un sistema que comprende varios LED individuales montados sobre un circuito impreso con la posibilidad de incluir otros dispositivos, como disipadores térmicos, sistemas ópticos o fuentes de alimentación (drivers) que modifican las características y especificaciones del fabricante del LED individual.

La luminaria para LED está constituida por módulos LED o múltiples LED, cuya correcta orientación en la luminaria, unido al desarrollo de un idóneo sistema óptico para dirigir la luz, permite conseguir fotometrías adecuadas para cada aplicación.

La normativa aplicable a los LED, los requisitos exigibles a las luminarias para LED y las estipulaciones de aplicación a los equipos auxiliares (drivers) se desarrolla a continuación:

Normativa de aplicación a los LED

Las fuentes de luz basadas en la tecnología LED, equipos auxiliares (drivers), las luminarias y proyectores, tendrán que cumplir la normativa siguiente:

- UNE-EN 55015 de 2006. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.
- UNE-EN 60598. Luminarias.
- UNE-EN 60838-2-2. Requerimientos para conectores para módulos LED.
- UNE-EN 61000-3-2. Compatibilidad electromagnética (CEM). Límites para las emisiones de corriente armónica.
- UNE-EN 61000-3-3. Compatibilidad electromagnética (CEM). Limitaciones de las variaciones, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión.
- UNE-EN 61347-2-13. Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua ó corriente alterna para módulos LED.
- UNE-EN 61547. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.
- UNE-EN 62031. Seguridad de los módulos LED.
- UNE-EN 62384. Requisitos de funcionamiento para dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- UNE-EN 62471 de 2009. Seguridad fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas.
- UNE-EN 62560. Seguridad en lámparas LED.
- IEC-62612. Lámparas LED para iluminación general. Requisitos de rendimiento.
- IEC-62717. Módulos LED para iluminación general. Requisitos de rendimiento.

- IEC-62722. Luminarias LED para iluminación general. Requisitos de rendimiento.
- UNE-EN 62031. Seguridad de los módulos LED.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CEE. Relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética y por la que se deroga la directiva 89/336/CE.
- Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos al final de su vida útil.
- Directiva de Baja Tensión 2006/95/CEE. Relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- Publicación CIE nº. 127 de 2007. Medida de los LED.
- Publicación CIE nº 177 de 2007. Rendimiento de color de fuentes de luz blanca de LED.

Requisitos exigibles a las luminarias para LED

- Se dispondrá de la fotometría (matriz de intensidades luminosas y curvas fotométricas).
- Se detallará el sistema óptico.
- Respecto rendimiento y vida de la luminaria, se cumplirá que para una duración de 50.000 horas el flujo luminoso no descienda por debajo del 85% del flujo inicial, con una tasa máxima de fallo de LED de un 10% a la temperatura ambiente de funcionamiento de 25 °C, es decir, L85 B10 50.000 horas $t_q = 25\text{ °C}$.
- Se concretará la potencia nominal y el consumo total del sistema de la luminaria para LED, incluido el equipo auxiliar (driver).
- La eficacia luminosa del conjunto de la luminaria para LED deberá ser en todos los casos superior a 70 lm/W.
- La temperatura de color del sistema de LED en la luminaria oscilará entre 2700 K y 5800 K. Deberán justificarse temperaturas de color fuera de dicho intervalo.

- El índice de reproducción cromática IRC será como mínimo $R_a > 70$.
- Cada luminaria para LED dispondrá de un sistema capaz de gestionar de forma independiente el flujo luminoso emitido, reduciéndolo como mínimo un 20% del valor nominal.
- La intensidad aplicada al sistema LED de la luminaria estará comprendida entre 350 y 550 mA, pudiéndose aplicar intensidades superiores, siempre que se justifique un flujo superior emitido por la luminaria y se garantice la vida útil del sistema de LED en la luminaria, para cuya determinación se tendrá en cuenta la vida útil de los equipos auxiliares (drivers).
- Se especificarán las características de la luminaria para LED, respecto al grado de estanqueidad, al material del cuerpo y protector, sistema de cierre y demás características que definan su calidad.
- Se aportarán los datos correspondientes sobre la depreciación del flujo luminoso en el transcurso de la vida de la luminaria.

Los ensayos y certificados que correspondan, deberán emitirse por laboratorio acreditado por ENAC o entidad internacional equivalente.

Adaptación de luminarias convencionales a luminarias para LED

Siendo posible la adaptación o modificación de luminarias fabricadas para lámparas de descarga a luminarias para LED, al tratarse de tecnologías diferentes, se recomienda que las luminarias para LED sean de nuevo diseño específico para dicha fuente de luz, aun cuando si se cumplen las correspondientes prescripciones, resultará admisible la referida modificación o adaptación de luminarias.

No obstante, el autor de dicha adaptación o modificación, que estará en posesión de las certificaciones de las normas ISO 9001 e ISO 14001, deberá realizar de nuevo el marcado CE, con la correspondiente declaración de conformidad según las normas UNE-EN 66514-91 y EN 45014 a las Directivas de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CE y de Baja Tensión 2006/95/CE, cumplimentando así mismo la legislación y normativa que se deriva de dichas Directivas y del Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero (adhesión al sistema de gestión de luminarias al final de su vida útil).

En todo caso, el fabricante original de la luminaria diseñada para lámpara de descarga de alta intensidad y después adaptada o modificada para LED por un tercero, quedará eximido de cualquier responsabilidad.

Estipulaciones aplicables a los equipos auxiliares para LED

Considerando que los LED se alimentan con una fuente de corriente continua y que tienen un comportamiento no óhmico, no aumentando la tensión al aumentar la corriente, para la alimentación eléctrica de los LED se incorpora una fuente de alimentación denominada «driver» y dos métodos fundamentales de gestión para variar el flujo de los LED:

- Regulación continua.
- Regulación pulsada PWM (Pulse With Modulation).

Las técnicas de modulación de la anchura de impulso (PWM) con un sistema de mando por bus de control, permiten una gestión total de la graduación o regulación del flujo luminoso emitido por el LED, teniendo en cuenta que se comporta de forma no lineal en función de la corriente de alimentación.

La alimentación eléctrica de los LED se realizará mediante dispositivos («drivers») del tipo de corriente constante para garantizar la estabilización de la potencia, tanto por la temperatura de los módulos como por el transcurso del tiempo, dado que un aumento de potencia puede provocar la destrucción de los LED.

Se recomienda utilizar la adecuada intensidad de corriente que asegure un nivel de iluminación idóneo y se recomienda utilizar la mínima posible, al objeto de preservar la vida de los LED.

Para asegurar e impedir que se supere la temperatura máxima de funcionamiento, los «drivers» deberán estar dotados de un control remoto de la temperatura de los módulos, mediante una sonda y de forma que el equipo permanezca encendido a potencia reducida en lugar de apagarse, lo cual se recomienda llevar a cabo mediante la técnica PWM, para evitar que varíe el color de la luz emitida.

Los alimentadores de LED («drivers») deberán estar dotados de aislamiento galvánico entre la entrada de red y la salida a los LED, recomendándose 3750 vac. equivalentes a 5300 vdc. de rigidez dieléctrica, de forma que constituyan transformadores de aislamiento y se puedan marcar SELV (equivalente a muy baja tensión de seguridad MBTS), si son de 50 V en corriente alterna y 75 V en corriente continua o menos.

Asimismo, será necesario establecer un aislamiento entre los circuitos de los LED y las partes metálicas accesibles.

En todo caso, deberán ajustarse a lo dispuesto en la Directiva de Baja Tensión 2006/95/CE, de modo que, en lo relativo a la seguridad eléctrica, cumplan la norma UNE-EN 61347-2-13 y, en lo que respecta al funcionamiento, la norma UNE-EN 62384.

Además, en lo que concierne a la compatibilidad electromagnética, estarán conformes a la Directiva 2004/108/CE y Real Decreto 1580/2006, cumpliendo las normas UNE-EN 55015, UNE-EN 61000-3-2 y UNE - EN 61547.

La vida de los sistemas de alimentación y regulación de los LED, al estar constituidos fundamentalmente por elementos electrónicos, depende en gran medida de la temperatura que alcancen durante su funcionamiento y de la temperatura ambiente de su entorno, indicándose el rango de temperatura ambiente T_a a la que puede funcionar el equipo.

Será necesario garantizar la vida media de los sistemas de alimentación y regulación de los LED, es decir, las horas a partir de las cuales pueden aparecer fallos superiores a un determinado porcentaje que, en principio, se estima de un 20%.

En todos los supuestos, la vida útil de los equipos auxiliares (drivers) se ajustará a la vida útil del sistema de LED en la luminaria.

El factor de potencia se ajustará a lo dispuesto en la ITC-BT-09 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

OLED

La denominada «iluminación del estado sólido» (SSL) es la más innovadora de cuantas tecnologías están emergiendo en el mercado. Esta tecnología, que comprende la iluminación LED y OLED, se basa en materiales semiconductores fotoemisores que convierten en luz la electricidad.

Los dispositivos OLED se basan en fuentes luminosas orgánicas, por ejemplo, polímeros que emiten luz homogéneamente desde una superficie bidimensional y pueden fabricarse de todas las formas y tamaños, incluso como paneles transparentes.

Mientras la tecnología LED está alcanzando ya su madurez, la OLED no lo ha hecho todavía, y en la actualidad sólo hay disponibles en el mercado pequeñas series de productos de gama alta.

Parece ser que dentro de unos pocos años la tecnología (SSL) se puede convertir en la tecnología más versátil y de menor consumo para la iluminación general y, además de nuevas opciones arquitectónicas y de diseño para un mayor confort, bienestar, ofrecerá luz de alta calidad y un gran rendimiento visual.

Por otra parte, las fuentes (SSL) pueden determinar un ahorro de energía de hasta un 50% en comparación con el consumo actual, y de hasta un 70% si se combinan con sistemas inteligentes de gestión del alumbrado.

A2.2.2. Balastos y transformadores

Todas las lámparas de descarga incluidas las fluorescentes tienen en común una impedancia negativa, lo que implica que la intensidad de corriente suministrada para una tensión constante se incrementa hasta la destrucción de la lámpara.

Debe instalarse un balasto, que es el elemento fundamental del equipo eléctrico, para limitar la corriente que fluye por la lámpara y proporcionar los parámetros necesarios, dentro de los límites establecidos en las normas, con las menores pérdidas energéticas posibles.

Balastos electromagnéticos

Cuando el balasto es electromagnético (BC), asociado al mismo deberán preverse los elementos adecuados para la corrección del factor potencia.

Para el arranque de las lámparas fluorescentes se necesitan cebadores de efluvios y bimetálicos que suministren impulsos de tensión suficientemente altos como para activar la descarga y por tanto, el encendido.

Además de los dispositivos de regulación de la corriente de la lámpara (balasto) y de corrección del factor de potencia (condensador), las lámparas de alta intensidad de descarga a alta presión tales como las de halogenuros metálicos y de vapor de sodio a alta presión, necesitan una tensión muy superior a la de la red para iniciar la corriente de arco de la lámpara. Por tanto, tal y como se ha indicado anteriormente, se precisa incluir en el equipo auxiliar un dispositivo denominado arrancador que proporcione y soporte en el instante del encendido de

la lámpara, la alta tensión necesaria para el cebado de la corriente de arco de la lámpara.

Balastos electrónicos

Los balastos electrónicos (BE) cumplen su tarea de limitar la corriente y al mismo tiempo efectúan las funciones de arrancadores y condensadores de compensación del factor de potencia, los cuales no son necesarios en las lámparas equipadas con balastos electrónicos.

En relación a los balastos para lámparas fluorescentes se han desarrollado balastos de bajas pérdidas y electrónicos que, en el transcurso del tiempo y en el ámbito de la Unión Europea, sustituirán progresivamente a los balastos electromagnéticos convencionales e incluso, en su caso, a los de bajas pérdidas.

Los balastos regulables permiten una variación progresiva del flujo luminoso emitido por las lámparas fluorescentes, al controlar la potencia de la lámpara mediante modulación de la frecuencia de 20 a 100 kHz, que se controla con una señal adicional de 1-10 voltios de c.c. a través de los conductores.

El protocolo DALI permite gobernar hasta 64 balastos electrónicos regulables por unidad de control y memorizar hasta 16 escenas.

Transformadores

Las lámparas halógenas de baja tensión necesitan para su funcionamiento un transformador, dado que la tensión normalizada de la red de 230 V debe ser reducida a 3, 12 ó 24 voltios. En este caso, se emplean transformadores reductores.

Los transformadores pueden ser convencionales ajustados a lo dispuesto en la norma UNE-EN 61558, que funcionan por transferencia de energía desde el bobinado primario al secundario.

Además existen en la actualidad transformadores o convertidores electrónicos que deben cumplir lo establecido en las normas UNE-EN 61046 y 61047.

Las pérdidas en equipos y lámparas serán como máximo las determinadas en los Reglamentos (CE) nº 244/2009, nº 245/2009 y su posterior modificación nº 347/2010 que implementan las Directivas 2008/32/CE y 2009/125/CE que deroga la anterior.

A2.2.3. Luminarias

Las luminarias son aparatos que sirven para la distribución, el filtrado o la transformación de la luz emitida por las fuentes de luz (lámparas y LED), incluidos los componentes necesarios para la fijación, la protección y el funcionamiento de las fuentes de luz (Norma UNE-EN 60598).

Para la descripción de una luminaria se utilizan frecuentemente los lugares de montaje o de ubicación: luminarias empotrables y adosadas, luminarias suspendidas, proyectores instalados en sistemas de suspensión por cables o barras o raíles electricificados, luminarias de mesa, de pie, etc. Adicionalmente se distinguen las luminarias según su forma y la cantidad y el tipo de fuentes de luz que se instalan en ellas.

El tipo de luminarias viene determinado por su clase fotométrica o distribución espacial de la intensidad luminosa.

Para la iluminación general se consideran convenientes las distribuciones de luz extensiva y/o difusa, mientras que para la iluminación de acento se estiman adecuadas las distribuciones intensivas orientables. Para iluminación perimetral, de estanterías y de expositores se estima recomendable las distribuciones asimétricas.

En el caso de iluminación general para grandes alturas resulta idónea la distribución intensiva. Todo lo cual se especifica a continuación.

Clase de distribución		Aplicación
Difusa		Iluminación general
Extensiva		Iluminación general
Intensiva		Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica		Iluminación perimetral Iluminación de estanterías y expositores
Intensiva orientable		Iluminación de acento

La forma de la distribución de la luz de una luminaria depende del tipo de lámpara con el que esté equipada y del componente óptico que incorpore: celosía, reflectores, lentes, diafragmas, pantallas, etc.

En función del tipo de distribución luminosa del haz con que se ilumine un objeto, se obtienen resultados muy diferentes. En un objeto de textura, la luz dirigida resaltará sus formas, mientras que la luz difusa la disimulará. En algunos casos es recomendable que las sombras no sean demasiado marcadas, ya que endurecen las formas.

La selección de las luminarias depende de la elección de las fuentes de luz y de la clase de distribución luminosa requerida, de acuerdo con el tipo de alumbrado adoptado por lo que un papel importante en la decisión lo tienen, además del perfil del local a iluminar, la tipología constructiva.

Para la iluminación general se considera conveniente que el factor de utilización no sea inferior al 25% con un valor medio del 35%, mientras que en el caso de la iluminación de acento los diagramas de distribución de la intensidad luminosa informan sobre la luminaria que mejor cumple los requerimientos deseados.

En el caso del rendimiento de la luminaria, para la iluminación general se recomienda que como mínimo sea $\eta = 0,60 - 0,70$. En la iluminación de acento dicho valor mínimo aconsejable es de $\eta = 0,45 - 0,50$.

La calidad luminotécnica, la rentabilidad, la seguridad y la comodidad del montaje son aspectos importantes de la fabricación de luminarias. A mayor abundamiento, las luminarias técnicas de alta calidad cumplen las exigencias más elevadas en consonancia con una conformación moderna: su diseño —o sea el volumen del cuerpo, forma de la superficie y color— no es menos importante que su funcionalidad.

La estética de la luminaria y su aspecto deberán ir en armonía con el nivel del establecimiento o local iluminado.

El distintivo CE y el distintivo ENEC documentan la seguridad en el funcionamiento y la conformidad con las normas de las luminarias de calidad.

A2.3. Factor de utilización

Se define el factor de utilización (F_u) como la relación entre el flujo útil procedente de la luminaria que incide sobre la zona a iluminar y el flujo emitido por la totalidad de las lámparas instaladas en la luminaria.

El tipo de curva de distribución de las intensidades luminosas determina el nivel de aprovechamiento de la luz emitida por la luminaria. Distintas tareas y dispares factores geométricos del local exigen diferentes distribuciones de luz, para optimizar la iluminación a la función requerida.

El factor de utilización es función de los siguientes parámetros:

- Características geométricas o índice del local (K).

$$K = \frac{L \cdot A}{H (L + A)}$$

Siendo: L = longitud del local
 A = anchura del local
 H = distancia del plano a iluminar a las luminarias

- Rendimiento de la luminaria (η).
- Clase fotométrica de la luminaria (distribución espacial de la intensidad).
- Modo de instalación de las luminarias en el local (implantación).
- Factores de reflexión de las paredes, techo del local y plano útil iluminado.

En función del índice del local (K), los valores medios del factor de utilización de la instalación son los siguientes:

VALORES MEDIOS DE FACTOR DE UTILIZACIÓN

Índice del local	Factor de utilización (valores medios) *	Factor de utilización (intervalo)
K > 1,5	Fu= 0,40	0,30 – 0,50
1,5 ≤ K < 3	Fu = 0,50	0,375 – 0,625
K > 3	Fu= 0,60	0,45 – 0,75

* Estos valores del factor de utilización pueden oscilar en un ± 25%.

Los diagramas de distribución de la intensidad luminosa informan sobre la luminaria que mejor cumple los requerimientos deseados. Por tanto, el examen y valoración de dichos diagramas suministrados por los fabricantes constituyen la guía para elegir la luminaria más eficiente para la iluminación en estudio.

A2.4. Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento (f_m) es la relación entre la iluminancia media en servicio con mantenimiento de la instalación y la iluminancia media inicial, y, por tanto, es el producto de los tres factores de depreciación relativos a las lámparas, luminarias y superficies de local.

$$f_m = \frac{E_{\text{servicio}}}{E_{\text{inicial}}}$$

En consecuencia, el factor de mantenimiento (f_m) es la cifra por la cual se debe dividir el valor recomendado de la iluminancia media en servicio a mantener, para obtener la iluminancia media inicial utilizada en los cálculos del proyecto de iluminación.

$$E_{\text{inicial}} = \frac{E_{\text{servicio}}}{f_m} = \frac{1}{f_m} E_{\text{servicio}}$$

En general, el factor de mantenimiento para un entorno limpio es $f_m = 0,8$. Y, por tanto:

$$E_{\text{inicial}} = \frac{1}{0,8} = \frac{1}{f_m} E_{\text{servicio}} = 1,25 E_{\text{servicio}}$$

En el caso de entorno medio $f_m = 0,55$ y para un entorno sucio $f_m = 0,30$

La iluminancia proporcionada por la iluminación interior de los locales decrece a medida que la instalación funciona y se envejece.

Este descenso del nivel de iluminancia se debe a la:

- Pérdida del flujo luminoso de las lámparas en el transcurso de su funcionamiento.
- Fallo o extinción de algunas lámparas.
- Ensuciamiento de las fuentes de luz y superficies ópticas de las luminarias.
- Reducción de los factores de reflexión de las superficies del local.

- *Disminución de los factores de transmisión y de reflexión de los sistemas ópticos de las luminarias.*
- *Agotamiento de las baterías o de las lámparas en el alumbrado de emergencia autónomo.*

La celeridad de este decrecimiento del valor de la iluminancia es función del entorno, de las condiciones de utilización y mantenimiento, así como de la antigüedad de la instalación.

El valor inicial prácticamente puede recuperarse procediendo a la limpieza de las luminarias, zona iluminada y a la reposición de lámparas con cadencia adecuada.

Plan de mantenimiento

Todo ello exige establecer un acertado plan de mantenimiento que garantice en el transcurso del tiempo, tanto la eficiencia energética de la instalación, como la permanencia de los niveles de los parámetros luminotécnicos a los que más adelante se hará referencia.

A este respecto, la exigencia básica HE 3 del Código Técnico de la Edificación (CTE) dispone que en el proyecto de iluminación se incluya un plan de mantenimiento que contemplará, entre otras, las acciones siguientes:

- *Operaciones de reposición de fuentes de luz con la frecuencia de reemplazamiento.*
- *Limpieza de luminarias con la metodología prevista, así como de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria.*

Dicho plan de mantenimiento también deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

A2.5. Sistemas de iluminación

Se pueden considerar cinco tipologías básicas en la iluminación de zonas, locales o tiendas, que resultan complementarias entre sí, tales como la iluminación general, localizada, flexible, de ambiente y de acento.

Iluminación general

Se trata fundamentalmente de un alumbrado funcional que proporciona una luminosidad básica uniforme, con un adecuado nivel de iluminación y apropiada limitación del deslumbramiento con la finalidad de facilitar un buen rendimiento visual.

Este tipo de iluminación se consigue mediante una distribución uniforme de luminarias en la que se recomienda el encendido por grupos con sistemas de regulación, al objeto de incrementar su flexibilidad.

Iluminación localizada

Se trata, por ejemplo, de la iluminación de estanterías, anaqueles o zonas de acceso en un centro comercial que requieren una iluminación localizada, que se utiliza para resaltar la mercancía expuesta o limitar las áreas de venta.

Iluminación flexible

Se utilizan tomas de corriente distribuidas uniformemente para la conexión de luminarias individuales, tales como tiras continuas o raíles electrificados, pudiendo conectarse en circuitos múltiples.

Las luminarias pueden ser adaptables a las diferentes necesidades ajustando su distribución de la luz o reparto de la intensidad luminosa, completando la iluminación flexible los sistemas de regulación del flujo luminoso.

Iluminación ambiente

Es la iluminación diseñada para generar un entorno más agradable y cómodo, mediante la inserción de elementos decorativos luminosos. Estos elementos decorativos de iluminación, por ejemplo, de una tienda juegan un papel muy importante en la determinación de su ambiente.

Ello supone, no solamente la utilización de luminarias de pie, de pared y candelabros, sino también de elementos, como son las bóvedas de luz, techos estrellados, cornisas y zócalos iluminados, proyecciones sobre superficies, etc.

Estos elementos también pueden emplearse para influir en el modelo de circulación, por ejemplo, en el interior de un establecimiento comercial y, de esta manera, llamar la atención e incluso destacar grupos de productos seleccionados.

Iluminación de acento

La iluminación de acento es la iluminación direccional instalada, por ejemplo, en una tienda, para realzar un producto y dirigir la atención del cliente para su observación.

La forma de los objetos y la textura de las superficies pueden hacerse más evidentes destacándolos de su entorno, utilizando la iluminación de acento, como complemento de la iluminación general.

Aumentando o disminuyendo la intensidad de la iluminación se puede crear un variado patrón de luces y sombras, con contrastes que sugieren dinamismo, de forma que cuanto más duras sean las sombras, más espectacular, dramático y agresivo será el efecto logrado.

A2.5.1. Luz Natural

La luz natural puede proporcionar parte de la iluminación, pero cambia de nivel y de composición espectral en el transcurso del tiempo y, por ello, proporciona una variación en el interior de la vivienda, local de trabajo, uso terciario, etc., del edificio.

Por otra parte, la luz natural puede llegar a crear un modelado específico y una distribución poco armoniosa de luminancias, debido a su flujo luminoso casi horizontal procedente de las ventanas laterales.

Las ventanas facilitan el contacto visual con el mundo exterior, que es deseado por la mayor parte de las personas, pero para reducir el posible deslumbramiento de las ventanas, deberá preverse un apantallamiento cuando sea apropiado, mediante toldos, cortinas, persianas, etc.

Tal y como se ha indicado, la luz diurna varía su nivel de iluminación y temperatura de color en el transcurso del día, lo que produce efectos positivos sobre el estado de ánimo y la estimulación de las personas.

Estas influencias positivas también pueden lograrse con una iluminación artificial dinámica, no sólo en los cambios de niveles de iluminación, sino también en las variaciones de la temperatura de color, mediante luces más cálidas o más frías.

Apéndice 3: Sistemas de regulación y control

A3.1. Prescripciones de aplicación

La Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-51 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, regulariza las instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios, también conocidos como sistemas domóticos.

El campo de aplicación comprende, entre otros sistemas, el accionamiento de receptores de forma centralizada o remota, con excepción de aquellos sistemas independientes e instalados como tales.

Se excluyen las instalaciones de redes comunes de telecomunicaciones en el interior de los edificios, así como los sistemas de seguridad y protección contra incendios.

La red de control del sistema domótico, debe integrarse con la red de energía eléctrica y coordinarse con el resto de redes con las que tenga relación, de forma que la instalación interior eléctrica y la red de control domótico están reguladas por el citado Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La red de control domótico puede realizarse bien mediante un cableado específico, por ondas portadoras acopladas a la red eléctrica de baja tensión o por señales radiales.

Las redes de telefonía, televisión y tecnologías de la información están reguladas por el Reglamento Regulador de Infraestructuras comunes de Telecomunicaciones para el Acceso a los Servicios de Telecomunicación en el Interior de los Edificios, aprobado por Real Decreto 346/2011, de 11 de Marzo, que ha sido desarrollado por la Orden del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio ITC/1644/2011, de 10 de Junio, aunque también están afectadas por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en lo referente a la seguridad eléctrica.

A3.1.1. Sistemas de Automatización

Los sistemas de automatización son aquellos que controlan aparatos o sistemas como la iluminación exterior de los edificios.

Es de señalar que un reloj-programador simple de encendido/apagado o similar no puede evaluarse como un sistema domótico en si mismo, dado que aun cuando emita una orden de encendido o apagado, no recibe información externa ni procesa información alguna. No obstante, en el supuesto que el reloj programador esté integrado en un sistema de automatización, se considera parte del sistema domótico.

Asimismo, cuando un alumbrado interior cuenta solamente con un sensor de presencia para evitar que la luz permanezca encendida sin ocupación del local, no puede valorarse como un sistema domótico en si mismo. En el caso que se integre en un sistema más complejo, debe considerarse como parte del sistema domótico.

En un sistema de automatización de la iluminación interior de un edificio el nodo es el ordenador o autómatas que recibe las señales de los sensores de iluminación, mientras que el actuador es el regulador de la intensidad de la luz y el dispositivo de entrada son las células fotoeléctricas.

Deben diferenciarse el sistema centralizado, en el cual todos los componentes se unen en un nodo central que dispone de funciones de control y mando, del sistema descentralizado en el que todos los componentes comparten la misma línea de comunicación, teniendo cada uno de ellos funciones de control y mando.

La terminología complementaria a tener en cuenta en los sistemas de automatización es la siguiente:

- **Protocolo:** Lenguaje de comunicación para controlar el intercambio ordenado de información entre dispositivos conectados a una red de comunicaciones, bien en un sistema central o entre si.
- **Bus (binary unit system):** Línea de intercambio de datos a la que se pueden conectar gran cantidad de componentes (nodos, actuadores o dispositivos de entrada), permitiendo la comunicación entre éstos.

El bus de comunicaciones se refiere al cable eléctrico sobre el que se transporta el protocolo. Puede ser bifilar y tener o no polaridad, existiendo

también aquellos que suministran la tensión por un par de cables adicionales. Asimismo hay buses que necesitan más de dos cables y algunos que incluso requieren de cable apantallado.

El bus par a par es aquel en el que todos los controladores del bus tienen el mismo nivel de capacidad de software, y que comunican directamente entre ellos sin precisar un maestro de comunicaciones.

- **Topología:** Término utilizado para definir la estructura de la red, así como la configuración del sistema y se refiere a la forma en la que el bus de comunicaciones podrá ser cableado.
- **Jerarquía:** Significa que se dispone en el sistema de automatización de un controlador maestro, que gestiona a un conjunto de controladores esclavos y las comunicaciones de los mismos.
- **Soporte físico:** Un protocolo puede circular sobre cable eléctrico específico para ello (bus de comunicaciones), sobre cable de la red eléctrica mediante corrientes portadores por radiofrecuencia fibra óptica, etc.
- **Radiofrecuencia (RF):** Transmisión de señal sin requerir de un medio físico, ni de alineación libre de obstáculos entre el emisor y el receptor, generalmente de frecuencia comprendida entre 3 kHz y 3 GHz.
- **Pasarela residencial:** Elemento de conexión entre diferentes redes de una vivienda o un edificio (control domótico, telefonía, televisión y tecnologías de la información) a una red pública de datos, como por ejemplo Internet, efectuando en su caso la adaptación y traducción entre diferentes protocolos.

La red de control domótico puede estar o no conectado a la pasarela residencial; en el caso de que esté conectado el nodo puede desempeñar también las funciones de pasarela residencial (residential gateway).
- **Punto de acceso al usuario (PAU):** Es el elemento en el que comienza la red interior de telecomunicación del domicilio del usuario, que permite la delimitación de responsabilidades en cuanto al origen, localización y reparación de averías. Se sitúa en el interior del domicilio del usuario.
- **Interfaz:** Conjunto de circuitos y protocolos necesarios para conectar dos dispositivos. Por ejemplo, la impresora tiene un interfaz para comunicarse con el ordenador.

A3.1.1.1. Tipos de sistemas de automatización

De acuerdo en lo dispuesto en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-51 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se pueden considerar tres tipos de sistemas de automatización:

- *Sistemas que utilizan en todo o en parte señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de baja tensión, tales como sistemas de corrientes portadoras.*
- *Sistemas que emplean en todo o en parte señales transmitidas por cables específicos para dicha función, tales como cables de pares trenzados, paralelo, coaxial y fibra óptica.*
- *Sistemas que usan señales radiadas, tales como ondas de infrarrojo, radiofrecuencia, ultrasonidos, o sistemas que se conectan a la red de telecomunicaciones (sistemas domóticos que utilizan dicha red como soporte de transmisión de las señales domóticas, sean o no radiadas).*

Respecto a los requerimientos exigibles a las instalaciones, los nodos, activadores y dispositivos de entrada, deben cumplir las correspondientes exigencias de seguridad y compatibilidad electromagnética como la Directiva 2004/108/CE, así como la normativa que desarrolla dicha Directiva. Cuando estén incorporados en otros aparatos, en lo que resulta de aplicación, se tienen que ajustar a lo preceptuado para los productos en los que se integren.

Se debe cumplir la norma UNE-EN 50090-2-2 relativa a las prescripciones de compatibilidad electromagnética y de seguridad aplicables a componentes y subsistemas de la red de control domótico.

Cuando el sistema domótico esté alimentado por muy baja tensión o la interconexión entre nodos y dispositivos de entrada se ejecute en muy baja tensión, las instalaciones e interconexiones entre dichos elementos se adaptarán a lo dispuesto en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-36.

Para el resto de los supuestos se seguirán las estipulaciones que son de instalación de aplicación a las tensiones ordinarias.

Las lámparas, equipos auxiliares y luminarias cumplirán lo establecido en los Reglamentos (CE) nº 249/2009, (CE) nº 245/2009 y su posterior modificación por el Reglamento (CE) nº 347/2010.

Respecto a los sistemas que emplean señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de baja tensión, los nodos que inyectan señales de 3 kHz hasta 148,5 kHz cumplirán lo determinado en la norma UNE-EN 50065-1 en lo rela-

tivo a compatibilidad electromagnética. Para el resto de frecuencias resultará de aplicación la norma armonizada en vigor.

En lo referente a los sistemas que usan señales transmitidas por cables específicos para dicha función, sin perjuicio de las prescripciones que los fabricantes de nodos, activadores o dispositivos de entrada concreten para la instalación, cuando el circuito que transmite la señal transcurra por la misma canalización que otro de baja tensión, el nivel de aislamiento de los cables del circuito de señal será equivalente a la de los cables del circuito de baja tensión adyacente, bien en un único o en varios aislamientos.

Los cables coaxiales y los pares trenzados utilizados en la instalación serán de características equivalentes a los cables de las siguientes normas:

- UNE-EN 61196: Cables de radiofrecuencia.
- UNE-EN 212002: Cables y conductores aislados de baja frecuencia con aislamiento y cubierta de PVC.

Para los sistemas que para su funcionamiento se sirvan de señales radiadas, adicionalmente deberán ajustarse a la legislación vigente correspondiente al «Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias de Ordenación de las Telecomunicaciones».

En la gestión de la iluminación interior se considera un grado de automatización básico, el detector de presencia para control de la iluminación en zonas de paso.

El grado de automatización en la gestión del alumbrado se evalúa normal con los siguientes dispositivos:

- *Detector de presencia para control de la iluminación en zonas de paso.*
- *Regulación luminosa en salas con elección de ambientes de iluminación predefinidos.*
- *Control de los puntos de luz (mínimo un 80%).*

A3.2. Sistemas de gestión de alumbrado interior

Una vez decidida la tecnología de regulación y sistema de gestión del edificio, la elección del protocolo de comunicaciones determinará la topología del

cableado, el tipo de bus o línea de transmisión, la velocidad de comunicación, la posibilidad de utilizar distintos soportes físicos, quedando fijado el potencial del propio sistema de gestión.

Entre los modos de control o formas de actuación sobre los diferentes aspectos del entorno de trabajo en un edificio de usos terciarios, que puedan efectuarse de manera separada o combinada se encuentran la detección de movimiento, regulación en función de la luz natural, regulación mediante nivel de iluminancia constante, control horario y por fechas, así como registro de horas de activación.

En el sistema de gestión del alumbrado las luminarias se agrupan en circuitos que se conectan a una salida del módulo de control, de forma que dicha salida controla el encendido/apagado y regulación de las luminarias del circuito.

Aun cuando es posible elegir el número de luminarias por circuito en función de los requisitos de flexibilidad del diseñador, se suele utilizar una luminaria en cada circuito o salida, al objeto de disponer de la máxima flexibilidad.

En este último caso, el ajuste de la iluminación en una zona debido a una nueva distribución del espacio resulta bastante fácil y no requiere cambio costoso en el cableado. La referida flexibilidad alcanza un mejor aprovechamiento con el protocolo DALI cuando se utilizan balastos electrónicos para fluorescencia.

Enlazar luminarias concretas a otras luminarias para que se controlen conjuntamente se suelen usar en pasillos y vías de escape, para asegurar que siempre permanezcan encendidas mientras lo estén las luminarias de la oficina o del local iluminado.

Puede vincularse el sistema de gestión de alumbrado a otros sistemas de gestión del edificio, generalmente a través de una integración total entre sistemas. De esta forma mediante un bus de comunicaciones común, los sistemas pueden intercambiar información para controlar el alumbrado en función de otros servicios, como seguridad, sistemas contra incendios, accesos, grupo electrógeno, etc.

Los sistemas que controlan el nivel de iluminación o de luz son los que se utilizan más habitualmente. El control automático de la iluminación interior puede basarse en uno o varios criterios:

- *La luz artificial se controla por la cantidad de luz natural disponible (aportación de luz natural). Corresponde a los denominados sistemas de control en respuesta a la luz natural.*

- *Ausencia de personas, de forma que la luz artificial se apaga automáticamente en salas o locales sin ocupar.*
- *En función del tiempo (encendidos y apagados automáticos de la luz a horas previamente fijadas).*

Considerando la posición del detector, los sistemas de regulación del flujo luminoso se dividen en sistemas de control de bucle abierto y bucle cerrado. El primero de ellos es un sistema de control predeterminado que mide la iluminancia en el tejado o fachada como nivel de luz natural, o una luminosidad relacionada con la luz natural y que, en función de ésta, controla el alumbrado artificial empleando algunos algoritmos predeterminados.

Respecto al de bucle cerrado, se trata de un sistema de control con realimentación, que mide el nivel de luminosidad completo (suma de la luz natural más la luz artificial) del lugar de trabajo, en distintas zonas del local, procediendo a regular el alumbrado artificial en función de esta suma.

Cuando la regulación del flujo luminoso se lleva a cabo proporcionalmente al nivel de luz medido o el nivel de luz total de la sala, se trata de sistemas de regulación proporcionales.

Sistemas de soportes constantes son aquellos en los que la regulación del flujo luminoso se efectúa de tal modo que resulte constante la suma de los niveles de luz natural y artificial. Los sistemas de soporte constante son siempre sistemas de bucle cerrado.

En un sistema de control tiene importancia su modularidad, entendiéndose por tal la posibilidad de instalar un sistema de forma escalonada, desde el módulo más básico hasta el más completo, de forma que en su caso, se pueda integrar con el resto de instalaciones de un edificio.

A2.3.1. Control y Regulación de la Iluminación

La idónea gestión de la iluminación proporciona la luz adecuada en el lugar y en el momento correcto. El control y la regulación automáticos de la iluminación de un local de trabajo o de venta garantiza diversas ventajas importantes: alta flexibilidad, adaptación de la iluminación a diferentes tareas visuales, efectos de iluminación dinámicos y especiales y, a mayor abundamiento, lograr una buena eficiencia energética de la instalación y consecuentemente, ahorro de costes.

La gestión de la iluminación debe tener en cuenta, entre otros:

- *Los periodos y las tasas de ocupación de la zona o local.*
- *La luminosidad exterior.*

La gestión puede ser general, por zonas o locales; y ambos son diferentes no implicando la utilización del mismo material ni iguales inversiones.

Por lo general, es requisito básico del control de luz, que las luminarias estén conectadas en grupos y que se puedan regular. Una regulación de la iluminación, indistintamente si se efectúa manualmente, por medio de temporizadores o por ordenador, solo es factible si la instalación ha sido planificada y diseñada de acuerdo con las necesidades del local o edificio que se ilumina.

Las posibilidades en la gestión de la iluminación son múltiples y van desde dispositivos reguladores del flujo luminoso, hasta sensores de movimiento, de luminosidad, y sistemas automatizados por ordenador con eventos luminosos previamente programados que permiten cambios en la iluminación para crear ambientes diversos.

Los sistemas de control y regulación admiten efectuar encendidos selectivos y regular el flujo emitido por las luminarias y, en consecuencia, el nivel de iluminación durante periodos determinados, según la actividad a desarrollar.

Regulación de lámparas fluorescentes

El balasto electrónico (BE) regulable asociado a las lámparas fluorescentes, para la regulación de este tipo de lámparas, establece la frecuencia de forma variable en la parte de alta frecuencia de las lámparas fluorescentes.

De esta manera, se baja el flujo luminoso y el consumo de las lámparas fluorescentes mediante regulación sin escalonamientos de modo continuo.

Regulación de lámparas halógenas

Regular lámparas halógenas de 230 V no es ningún problema con reguladores o dimmers de entrada de fases.

Las lámparas halógenas de baja tensión que operan a través de un transformador convencional o un transformador de núcleo anular, necesitan un regulador

especial adaptado al comportamiento de los transformadores durante el proceso de regulación del flujo luminoso de las lámparas.

Las lámparas conectadas a transformadores electrónicos sólo se pueden regular con dimmers de entrada o de salida de fase, debiéndose tener en consideración las instrucciones facilitadas por el fabricante.

Sensores

Los sensores de luminosidad permiten el montaje de instalaciones de iluminación reguladas. Teniendo en cuenta, en cada caso, la parte de luz natural, mediante los sensores de luminosidad se mantienen los niveles de iluminación programados.

Los sensores de luminosidad son componentes claves para los sistemas de regulación de la iluminación en función de la luz solar como, por ejemplo, en los escaparates de las tiendas. Estos sistemas comparan la luz solar existente, con los registros programados con los niveles óptimos, de forma que conectan o desconectan luminarias cuando las desviaciones persisten durante un tiempo determinado.

Los sensores de movimiento o receptores de infrarrojos reaccionan a las invisibles radiaciones infrarrojas (IR) de calor emitidas por las personas en movimiento. Están dotados de un rango individual de ajuste e iluminación activa, con una pre-selección a lo largo del tiempo.

Instalados, por ejemplo, en la parte exterior del escaparate de la tienda, los sensores de movimiento permiten proporcionar una iluminación adicional cuando es necesaria, al tiempo que crea un efecto sorpresa para el paseante. Además, aseguran la luz idónea para disuadir a los delincuentes por la noche.

Combinación de los elementos de gestión

Los distintos elementos de control y regulación de la luz pueden combinarse de la forma siguiente:

- Selección de escenas de luz para diferentes lugares y actividades.
- Conexión de la iluminación por medio de sensores de movimiento en función del control de presencia accionado: conexión inmediata, desconexión desfasada o regulación.

— Regulación del nivel de iluminación en función de la luz natural, accionando la desconexión parcial de luminarias o activando las regulaciones de flujo luminoso, como es el caso de grandes centros comerciales con muchos puntos de luz mediante:

- *Sensores de luminosidad en luminarias individuales.*
- *Sensores de luminosidad en el local.*
- *Sensores de luminosidad en el exterior.*

Los componentes de control y de regulación que contiene el sistema de gestión de la iluminación están integrados en las luminarias o se definen para un local o para un grupo de locales.

Tecnología de sistemas de edificios

La tecnología de gestión de los sistemas de instalaciones en edificios ofrecen el máximo nivel de flexibilidad y de regulación denominada «inteligente». Todas las instalaciones técnicas de los edificios, como la iluminación, persianas y parasoles, instalación de climatización (aire acondicionado y calefacción) o la técnica de seguridad, están conectadas, a través de una red de BUS. Al estar la inteligencia instalada en los aparatos finales, la red de BUS de un edificio no necesita ningún control centralizado costoso.

Los sensores, como barrera de infrarrojos, sensores de luminosidad o receptores de infrarrojos, captan señales y situaciones desde el exterior. Estas informaciones son transmitidas a través de la red de BUS y atendidas por el destinatario correspondiente en cada caso como, por ejemplo, las luminarias.

Fijando los sensores y los receptores, se pueden programar los controles y las regulaciones de múltiples maneras.

La condición para la instalación del sistema BUS, es la implantación de aparatos adaptados y equipados con la electrónica correspondiente —también las luminarias. Asimismo, se precisa que el sistema sea uniforme y a la vez abierto que no dependa de desarrollos específicos de empresa y que, por otra parte, facilite a todas las compañías la posibilidad de fabricar aparatos compatibles con este sistema.

Para asegurar estas condiciones, se ha fundado la Asociación Europea de Instalaciones BUS (European Installation BUS Association – «EIBA»), que determina

las normas técnicas correspondientes para el sistema y los aparatos conectados, establece las prescripciones de calidad, así como los métodos de verificación.

Los instrumentos, equipamiento y los componentes adecuados para el sistema uniforme EIBA – BUS, están identificados por medio del distintivo «EIB». El protocolo europeo denominado «DALI» puede integrarse en el «EIB».

Por tanto, también es posible, por ejemplo, programar que las persianas o paralúmenes de las ventanas bajen automáticamente, mientras que al mismo tiempo suba el nivel de iluminación a la medida necesaria.

«DALI» (Digital Addressable Lighting Interface) es un protocolo europeo que está adaptado especialmente a las exigencias de instalaciones de iluminación modernas: un sistema para la gestión de iluminación «inteligente» de fácil aplicación, económicamente rentable y con la opción, en caso de necesidad, de integrar «DALI» a través de módulos de interfaz en la tecnología de edificios con «EIB» o «LON» (Local Operating Network).

Apéndice 4: Alumbrado de espacios comunes exteriores

A4.1. Instalaciones de alumbrado exterior

De conformidad con la Guía Técnica de Aplicación de la Instrucción Técnica complementaria ITC-BT-09 «Instalaciones de Alumbrado Exterior», que desarrolla el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, se consideran excluidas de la aplicación de la ITC-BT-09, entre otras, las siguientes instalaciones:

- Las instalaciones eléctricas de las piscinas, pediluvios y fuentes, cuya regulación está recogida en la Instrucción Técnica complementaria ITC-BT-31, que desarrolla el artículo 11 del reglamento.
- Las instalaciones de alumbrado exterior de viviendas unifamiliares, cuando tengan menos de 5 puntos de luz exteriores, sin contabilizar los puntos de luz instalados en fachadas; en este caso, la instalación del alumbrado en el exterior de dicha vivienda se realizará según lo prescrito en la ITC-BT-25.

Este tipo de instalaciones de alumbrado exterior particulares, excluidas de la aplicación de la ITC-BT-09, pueden tener su origen:

- En un ramal de la red de distribución pública de baja tensión.
- En una derivación sobre la distribución de los servicios generales del inmueble.

En este último caso debe establecerse una protección selectiva en relación con los otros circuitos del inmueble (caja de escaleras, garaje, etc.). La protección mediante interruptor diferencial debe estar coordinada con las condiciones de puesta a tierra de la instalación en consonancia con el esquema TT ó TN que corresponda.

Se recomienda efectuar la puesta a tierra de la instalación de alumbrado exterior mediante conductor de protección (CP) con aislamiento de color verde-amarillo, incorporado en la misma canalización que la alimentación de los puntos de luz. El tipo de canalización a utilizar se escogerá de acuerdo a lo establecido en la ITC-BT-21.

Las uniones o empalmes de interconexión deben ser ejecutadas correctamente en cajas de conexión, al objeto de asegurar su continuidad y la buena derivabilidad de las puestas a tierra.

Condiciones técnicas

Las instalaciones de alumbrado exterior de viviendas unifamiliares cuando tengan menos de 5 puntos de luz, sin contabilizar los puntos de luz instalados en fachadas, así como el alumbrado de espacios comunes privados exteriores de comunidades de propietarios (zonas de descanso, jardines, andadores, caminos peatonales, etc.), que tengan 5 y más puntos de luz, se ajustarán a lo dispuesto en el capítulo 7 «Condiciones Técnicas y Garantías de las Instalaciones de Alumbrado Exterior», de la Guía de Gestión Energética.

Todo ello en lo que respecta a la eficiencia y ahorro energético, así como luminosidad nocturna, luz molesta, niveles de iluminación, componentes (lámparas, luminarias y equipos auxiliares), sistemas de accionamiento, regulación del nivel luminoso y de gestión centralizada, ciclos y régimen de funcionamiento, cuadros de alimentación, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado exterior.

A4.1.1. Normativa sobre Alumbrado Exterior

El Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior aprobado por Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, constituye

la normativa básica que, conjuntamente con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, regula en su integridad las instalaciones de alumbrado exterior.

El objeto del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior es establecer las condiciones de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir dichas instalaciones, con la finalidad de :

- *Mejorar la eficiencia y ahorro energético, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero.*
- *Limitar el resplandor luminoso nocturno y reducir la luz intrusa o molesta.*

El Reglamento aprobado por Real Decreto 1890/2008 prevé lograr la mejora de la eficiencia y ahorro energético mediante el establecimiento de:

- *Niveles máximos de luminancia o iluminancia medias.*
- *Valores mínimos de uniformidad.*
- *Niveles mínimos de eficiencia energética.*
- *La calificación energética de la instalación.*
- *Un plan de mantenimiento.*
- *Sistemas eficaces de accionamiento de la instalación.*
- *Regulación del nivel luminoso.*
- *Un régimen de funcionamiento.*

Asimismo, la otra finalidad del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior se alcanza por medio de :

- *La limitación del flujo hemisférico superior instalado.*
- *La reducción de la luz intrusa mediante la restricción de la intensidad luminosa en la dirección de la molestia.*

A4.2. Iluminación de piscinas

La iluminación e instalaciones eléctricas de los volúmenes 0, 1 y 2 de piscinas, cumplirán lo establecido en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-31 res-

pecto a las prescripciones generales y particulares, canalizaciones, cajas de conexión, luminarias y aparatos de alumbrado, aparamenta y otros equipos.

Iluminación del volumen de agua

La iluminación del agua de la piscina (volumen 0) se llevará a cabo considerando la luminosidad ambiental del entorno. Cuando la zona inmediata a la piscina esté iluminada, se aumentarán los niveles de iluminancia del agua (volumen 0).

Se instalarán bajo el agua aparatos de alumbrado (proyectores) estancos a la inmersión prolongada, con un grado de hermeticidad IP X 8, ó situados en hornacinas o huecos detrás de un cierre estanco de vidrio.

Se empotrarán como máximo a 80 cm del fondo de la piscina y se situarán perpendicularmente al eje longitudinal de la misma, con una inclinación de los proyectores de 5° por debajo de la horizontal, al objeto de iluminar uniformemente el fondo de la piscina.

Según las dimensiones de la piscina, se dispondrán los aparatos de alumbrado o proyectores en implantación unilateral o bilateral en oposición, con una separación máxima de 5 m entre aparatos. En el caso de implantación bilateral se podrán utilizar lámparas de menor potencia que para la implantación unilateral.

La implantación de los aparatos de alumbrado será tal que no deberán sobresalir de la pared de la piscina cuando estén ubicados entre la superficie de la piscina y 70 cm de profundidad. El saliente respecto a la pared deberá ser:

- inferior a 6 mm para una profundidad comprendida entre 70 cm y 1,2 m.
- inferior a 1 cm para una profundidad superior a 1,2 m.

Los aparatos de alumbrado subacuáticos deberán responder a las técnicas y a las condiciones que prevalecen en el medio acuático: materiales resistentes a la corrosión -en particular a los productos de tratamiento clorados-, tales como el acero inoxidable, bronce cromado, policarbonato inyectado, poliéster armado de fibra de vidrio u otros materiales que presenten prestaciones equivalentes de resistencia a la corrosión.

Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas de las piscinas deberán cumplir las prescripciones de seguridad siguientes:

- En el volumen 0 (interior de la piscina) y en el volumen 1 (definido por los planos verticales situados a 2 m de los bordes de la piscina, y a 2,5 m por encima de la superficie del nivel máximo de agua rasante con el suelo de los bordes de la piscina):
 - alimentación eléctrica de los aparatos de alumbrado para muy baja tensión de seguridad (MBTS), con una tensión no superior a 12 V en corriente alterna ó 30 V en corriente continua.
 - la fuente de alimentación se instalará fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
 - aparatos de alumbrado protegidos contra la inmersión prolongada (grado de protección IP X 8) para el volumen 0, y protegidos contra los chorros de agua (grado de hermeticidad IP X 5) en el volumen 1.
 - en el volumen 1 se admitirán cajas de conexión para muy baja tensión de seguridad (MBTS), que deberán poseer un grado de protección IP X 5 y ser de material aislante. Su unión con los tubos de las canalizaciones deberán conservar el grado de protección IP X 5. Para la apertura de las cajas será necesario el empleo de un útil o herramienta.
 - en el volumen 0, ninguna canalización se encontrará en el interior de la piscina al alcance de los bañistas.
 - en los volúmenes 0, 1 y 2, las canalizaciones no tendrán cubiertas metálicas accesibles. Las cubiertas metálicas no accesibles estarán unidas a una línea equipotencial suplementaria.
 - los conductores y su instalación en los volúmenes 0, 1 y 2 serán de las características determinadas en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-30, para locales mojados.
 - elementos tales como interruptores, programadores y bases de toma de corriente no se instalarán en los volúmenes 0 y 1.
 - no se instalarán líneas eléctricas aéreas por encima de los volúmenes 0, 1 y 2 ó de cualquier estructura comprendida dentro de dichos volúmenes.
 - en todo caso, se cumplirán todas las exigencias de seguridad que dispone la ITC-BT-31, especialmente las prescripciones particulares de equipos eléctricos de baja tensión instalados en el volumen 1 de las piscinas y otros baños.

- En el volumen 2 (definido por los planos verticales situados a 1,5 m del volumen 1 y el plano horizontal a 2,5 m del suelo), y los equipos para uso en el interior de recipientes que únicamente estén destinados a funcionar cuando las personas están fuera del volumen 0:
 - alimentación eléctrica por MBTS, o por desconexión automática de la alimentación mediante 30 mA o por separación eléctrica cuya fuente de separación alimente un único elemento del equipo.
 - la fuente de alimentación se instalará fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
 - aparatos de alumbrado protegidos con un grado de hermeticidad IP X 5.
 - se podrán instalar base de toma de corriente e interruptores siempre que se cumpla lo dispuesto respecto a la alimentación eléctrica.
 - las instalaciones se ajustarán a lo establecido en la ITC-BT-31.

Iluminación del entorno de la piscina

Existen múltiples soluciones para crear ambientes luminosos variados, efectuando la iluminación mediante:

- aparatos de alumbrado empotrados en el suelo del entorno de la piscina, lo que además de facilitar la circulación, proporciona un buen balizamiento.
- bornes o mojoneros luminosos bajos que pueden instalarse en la terraza que rodea la piscina.
- luminarias de ambiente implantadas en columnas de cuidado diseño.

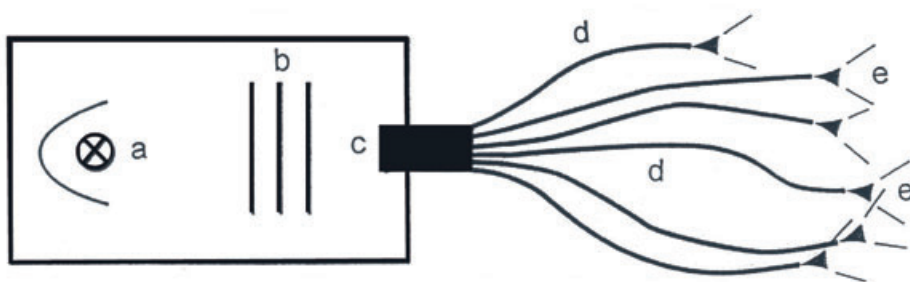
Sistema de fibras ópticas

La iluminación subacuática de la piscina y el alumbrado de balizamiento de su entorno puede igualmente efectuarse mediante un sistema de fibras ópticas.

Este sistema ha encontrado un rápido desarrollo en el alumbrado arquitectónico y son utilizados, entre otros, en la iluminación ornamental de edificios, monumentos, piscinas y fuentes.

Los sistemas de fibras ópticas que se utilizan generalmente, se componen de tres elementos base (véase figura):

- El «generador de luz» para la producción de energía luminosa.
- El «conjunto o paquete» de fibras ópticas encargado de transportar la luz a los lugares deseados.
- Las «terminaciones ópticas» que distribuyen la luz de la manera deseada.



Representación esquemática de un sistema de iluminación con fibras ópticas que asegura:

1. La producción de luz con un «generador de luz» compuesto de:
 - a. Conjunto de fuente de luz (lámpara y reflector).
 - b. Sistema óptico y filtros.
2. El transporte de la luz mediante «conjunto o paquete» de fibras ópticas dotado de:
 - c. Contera o caperuza protectora.
 - d. Brazos conductores de la luz.
3. La distribución de la luz mediante las «terminaciones ópticas».
 - e. Terminaciones ópticas.

El generador de luz

El generador de luz concentra, de la manera más eficaz y uniforme posible, el flujo luminoso de una fuente de luz muy puntual con elevada luminancia, en la entrada del «conjunto o paquete» de fibras ópticas.

El generador de luz comprende los siguientes elementos:

- Conjunto de alimentación eléctrica y lámpara.
- Sistema óptico: reflector, lentes y filtros.

- Una salida en la que se instala la contera o caperuza protectora del conjunto o paquete de fibras ópticas.

Se instalan diferentes tipos de filtros:

- Los indispensables para proteger la entrada del «conjunto o paquete» de fibras ópticas.
- Eventualmente se implantan filtros para modificar la temperatura de color de la fuente luminosa (cambio de color de la luz), y graduar la luz emitida. Convenientemente motorizada, puede realizarse una puesta en escena dinámica, cambiando automáticamente los colores de la luz.

El conjunto o paquete de fibras ópticas

El conjunto o paquete de fibras ópticas transporta la luz a los lugares deseados en la cantidad requerida y que comprende:

- Una contera o caperuza protectora que reagrupa las fibras ópticas y que se conecta a la salida del generador de luz.
- Conjunto de brazos conductores de la luz que pueden ser de diferentes diámetros y longitudes. Cada brazo recubierto de una funda o vaina de protección, está constituido por un conjunto de fibras ópticas unitarias de un diámetro muy pequeño.
- Un conjunto de conteras o caperuzas que reagrupan las fibras ópticas de un mismo brazo, que están lisas y compactadas para recibir una terminación óptica.

Las terminaciones ópticas

Se fijan sobre las extremidades del conjunto o paquete de fibras ópticas, que pueden ser variables: terminaciones ópticas fijas u orientables, empotradas que sirven para dirigir el haz de luz y proteger las fibras ópticas. Estas terminaciones ópticas permiten la instalación de diversos equipamientos destinados a modificar la apertura del haz de luz.

La instalación de alumbrado mediante sistema de fibras ópticas puede ejecutarse con cierta facilidad, con un mantenimiento relativamente sencillo, dado que los generadores de luz pueden agruparse en emplazamientos protegidos fácilmente accesibles.

La apertura del haz luminoso y la intensidad luminosa varían con la tecnología utilizada: naturaleza (vidrio o polimetil metacrilato) y diámetro de la fibra, concepción del generador de luz y de las terminaciones ópticas.

El color y la intensidad máxima de la luz varían en función de la longitud de las fibras ópticas instaladas, que pueden alcanzar varias decenas de metros.

También existen otro tipo de fibras ópticas que, en lugar de transportar la luz desde el generador al lugar que se quiere iluminar puntualmente, están concebidas para emitir o difundir la luz de una forma más o menos uniforme, a lo largo de toda su longitud.

Este último tipo de fibras ópticas puede utilizarse para señalar un jalonamiento del contorno de la estructura de una construcción. Por el contrario, la luminancia de la luz emitida por este tipo de fibras ópticas hasta el momento actual resulta relativamente débil.

El sistema de fibras ópticas no transmite radiaciones ultravioletas (UV), apenas produce calor y lo que es muy importante en materia de seguridad no traslada tensión eléctrica, dado que la producción de luz, con las correspondientes instalaciones eléctricas, puede llevarse a cabo en una galería técnica o local anejo situado fuera de los volúmenes de seguridad (0, 1 y 2) de la piscina.

Diodos luminiscentes LED's

La iluminación de balizamiento puede llevarse a cabo también mediante aparatos de alumbrado dotados de LED's, encastrados o soterrados en el suelo de andadores y caminos peatonales, dado que proporcionan un buen alumbrado.

Las calidades de estanqueidad de los aparatos equipados con LED's permiten asegurar una adecuada iluminación de puesta en valor de la piscina y de la terraza de su entorno.

El diodo de luz, abreviado LED (Light Emitting Diode), es un reducido chip de semiconductor compuesto o diodo montado y conectado, que convierte una parte importante de la corriente eléctrica directamente en luz.

Con la tecnología LED se produce una menor disipación de calor que en la lámpara incandescente que emite luz en todo el espectro visible, siendo el difusor que hace de filtro, como en el caso de los semáforos, quien deja pasar únicamen-

te el color requerido (verde, rojo o naranja) y el resto del espectro se transforma en calor, mientras que el diodo LED emite luz monocromática directamente.

Otras ventajas de los LED's son su elevada vida útil que pueden superar 50.000 horas, mayor eficiencia, ya que un gran porcentaje de la energía emitida es aprovechada, peso ligero y bajo consumo.

Se fabrican LED's en muchas mini-medidas diferentes y para la aplicación en la iluminación se agrupan en distintos módulos.

A4.3. Iluminación de fuentes

Las fuentes con efectos y chorros múltiples constituyen la atracción de numerosos conjuntos de estanques. Las tecnologías actuales que asocian armónicamente la electrónica e hidráulica, permiten una sincronización perfecta de la iluminación, en intensidad y en color, con los diferentes juegos de agua.

Se recomienda que, para la puesta a punto de la iluminación ornamental de los juegos de agua, se considere lo siguiente:

- *La altura y amplitud del chorro de agua a iluminar.*
- *Su volumen en el espacio, caudal y cadencia.*
- *Su forma: en efecto, un chorro liso y derecho de agua atrae menos la luz que un efecto de agua pulverizada, o que un juego de agua que cae con gotitas finas (mezcla de aire-agua, pulverizador).*
- *Su situación en el entorno, ya que un estanque con fuentes implantado en una plaza muy iluminada, requiere para su realce una potencia luminosa muy superior a la de un estanque instalado en un jardín o en un parque poco iluminado.*

El material luminotécnico a instalar se estima debe ser en todos los supuestos de concepción robusta, para resistir las difíciles condiciones de explotación, tanto de funcionamiento, como también de conservación para mantener las superficies del agua limpias y transparentes.

Los proyectores a utilizar en este tipo de alumbrado ornamental en contacto con el agua o en el interior de la misma, deberán estar dotados de lámparas in-

candescentes halógenas alimentadas a muy baja tensión de seguridad (MBTS), no superando los 12 voltios.

Los proyectores y spots se utilizan habitualmente en este tipo de iluminación. Asimismo, los sistemas de fibras ópticas que la parte que ilumina puede estar sumergida sin peligro, dado que separan y alejan del contacto con el agua la parte eléctrica.

Se valora este tipo de iluminación mediante fibras ópticas como idóneo, ya que además permite un alumbrado preciso, con variaciones luminosas continuas en intensidad y colorido, con un mantenimiento que no interrumpe el funcionamiento de la instalación, por ejemplo, cambio de lámparas sin paralizar el funcionamiento del chorro de agua. Los sistemas de fibras ópticas han encontrado en este dominio una aplicación particularmente bien adaptada.

Para determinar los emplazamientos de los proyectores, spots o terminaciones de los sistemas de fibras ópticas, debe examinarse de forma exhaustiva el funcionamiento de los juegos, chorros de agua, cascadas, caídas de agua, etc., y se tendrán presentes las siguientes recomendaciones:

— Juegos y chorros de agua

Los mejores efectos se estima pueden conseguirse cuando se sitúan los aparatos en el estanque, de modo que se ilumine la salida de agua del chorro, el punto de caída del mismo, o bien combinando ambas disposiciones.

— Cascadas y caídas de agua

Resulta aconsejable que el emplazamiento y, por tanto, la emisión de la luz se lleve a cabo en la base de la lámina de agua debajo de la cascada o caída de agua.

Instalaciones eléctricas

Las prescripciones técnicas que deben cumplir los volúmenes 0 y 1 de las fuentes, definidos en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-31, son las siguientes:

— Se deberán utilizar una de las siguientes medidas de protección:

- *protección mediante muy baja tensión de seguridad (MBTS), hasta un valor de 12 V en corriente alterna ó 30 V en corriente continua. La protección contra el contacto directo debe estar asegurada.*

- corte automático mediante dispositivo de protección por corriente diferencial-residual asignada no superior a 30 mA.
 - separación eléctrica mediante fuente situada fuera del volumen 0.
- Para el cumplimiento de las medidas de protección anteriores, se requerirá además que:
- el equipo eléctrico sea inaccesible, por ejemplo, por rejillas que sólo puedan retirarse mediante herramientas apropiadas.
 - utilizar únicamente equipos de clase I ó III ó especialmente diseñados para fuentes.
 - las luminarias se ajusten a lo dispuesto en la norma UNE-EN 60.598-2-18.
 - no se instalen bases de enchufes en los volúmenes 0 y 1.
 - las bombas eléctricas cumplan lo establecido en la norma UNE-EN 60.335-2-41.
- En los volúmenes 0 y 1 deberá instalarse una conexión equipotencial suplementaria local. Todas las partes conductoras accesibles de tamaño apreciable, por ejemplo: surtidores, elementos metálicos y sistemas de tuberías metálicas, deberán estar interconectadas conductivamente por un conductor de conexión equipotencial.
- Los equipos eléctricos y especialmente los aparatos de alumbrado, deberán tener un grado de protección mínimo contra la penetración de agua:
- IP X 8 en el volumen 0
 - IP X 5 en el volumen 1
- Los conductores y su instalación serán de las características determinadas en la ITC-BT-30, para locales mojados y los conductores deberán colocarse mecánicamente protegidos en el interior de canalizaciones que cumplan la resistencia al impacto, código 5, según UNE-EN 50.086-1.

A4.4. Alumbrado de andadores y jardines

La iluminación exterior de los espacios comunes privados de las Comunidades de propietarios, en lo que respecta a los andadores, jardines, zonas de descanso, etc., se ajustará a las siguientes recomendaciones:

El alumbrado de andadores podrá llevarse a cabo a partir de:

- luminarias de ambiente instaladas en soportes de tipo peatonal.
- luminarias de ambiente sobre brazo o aplique adosado en fachada.
- bornes o mojones bajos de iluminación de balizamiento.
- proyectores soterrados para caminos peatonales con árboles.
- una combinación de las alternativas anteriores.

Si se tiene en cuenta las numerosas posibilidades de colores de la luz ofertadas hoy en día, actualmente resulta factible mantener una diferenciación de temperaturas de color relativamente reducida entre el alumbrado de andadores o caminos peatonales, con otras zonas de jardines, áreas de descanso, etc.

Tal y como se ha indicado, en algunas ocasiones la acera puede ser el objeto de una puesta en escena particular: por medio de proyectores soterrados en el suelo, pilotos luminosos, balizas, sistemas de fibras ópticas, LED's, etc.

En todos los casos, deben tomarse precauciones contra el deslumbramiento, la luz molesta o intrusiva y el resplandor luminoso nocturno.

Cuando exista una alineación de árboles, puede ser interesante destacarlos mediante un alumbrado paisajístico apropiadamente adaptado (luminaria o proyector específico previsto sobre los soportes, proyectores soterrados en el suelo o integrados en los fosos de iluminación de los monumentos o fachadas, etc.).

La iluminación de jardines se diseñará de modo que se obtengan efectos decorativos, al objeto de realzar árboles y arbustos, conjugando acertadamente árboles y sombras.

En el caso de estanques, fuentes y juegos de agua, el proyectista debe dar rienda suelta a la imaginación para que la iluminación aporte encanto, gusto y animación, lo que requiere un diseño cuidado, utilizando diferentes tipos de proyectores, spots y sistemas de fibras ópticas.

Apéndice 5: Servicios eléctricos generales

A5.1. Servicios eléctricos generales

Comprenden todos los servicios eléctricos que son de uso común de todos los usuarios que forman la comunidad de propietarios en un edificio de viviendas.

La carga eléctrica correspondiente a los servicios generales será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, etc., e iluminación del portal, caja de escalera incluidos rellanos y pasillos interiores, zonas de circulación en sótanos, locales de instalaciones técnicas, garajes, así como el alumbrado de espacios comunes exteriores privados de zonas de descanso, jardines, caminos peatonales, piscinas, etc. y, en general, todo el servicio eléctrico común del edificio, sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad.

A5.1.1. Cargas Eléctricas

En lo que respecta exclusivamente a las cargas eléctricas derivadas de los servicios generales de edificios de viviendas, serán las siguientes:

Carga de ascensores y montacargas

Los valores característicos de las potencias de los aparatos elevadores serán los especificados en la tabla siguiente:

Previsión de Potencia para Aparatos Elevadores

Tipo de aparato Elevador	Carga (kg)	Nº de personas	Velocidad (m/s)	Potencia (kW)
ITA-1	400	5	0,63	4,5
ITA-2	400	5	1,00	7,5
ITA-3	630	8	1,00	11,5
ITA-4	630	8	1,60	18,5
ITA-5	1.000	13	1,60	29,5
ITA-6	1.000	13	2,50	46,0

Carga correspondiente a alumbrado

Para el alumbrado del portal y otros espacios comunes se puede estimar una potencia de 15 W/m² si las lámparas son incandescentes y de 8 W/m² si son fluorescentes.

Para el alumbrado de la caja de la escalera se puede adoptar una potencia de 7 W/m² para incandescencia y de 4 W/m² para alumbrado con fluorescencia.

Carga de los garajes

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

Cuando sea necesario un sistema de ventilación forzada para la evacuación de humos de incendio, se estudiará de forma específica la previsión de cargas de los garajes.

Cargas totales

La carga total de los servicios generales será la suma de todas las cargas unitarias.

Las empresas distribuidoras estarán obligadas, siempre que lo solicite el cliente, a efectuar el suministro de forma que permita el funcionamiento de cualquier receptor monofásico de potencia menor o igual a 5.750 W a 230 V, hasta un suministro de potencia máxima de 14.490 W a 230 V.

A5.1.2. Suministros monofásicos

Los escalones de potencia prevista en suministros monofásicos será la señalada en la tabla siguiente:

Escalones de Potencia Prevista en Suministros Monofásicos

Electrificación	Potencia (W)	Calibre interruptor general Automático (IGA) (A)
Básica	5.750	25
	7.360	32
Elevada	9.200	40
	11.500	50
	14.490	63

A5.1.3. Acometida

Es la instalación que enlaza la red de distribución con la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente, y que forma parte de la red de distribución de la empresa distribuidora de energía eléctrica.

Las acometidas son propiedad de las empresas de distribución eléctrica y forman parte de las redes de distribución, por lo que tanto su instalación como mantenimiento corresponde a dichas empresas.

En los tramos en los que la acometida circule sobre la fachada a una altura inferior o igual a 2,5 m por encima del nivel del suelo, deberá protegerse adicionalmente con un tubo o canal rígido.

Las acometidas se llevarán a cabo conforme a lo señalado en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-11 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

A5.1.4. Instalaciones de Enlace

Se denominan instalaciones de enlace, aquellas que unen la caja general de protección o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario.

Comenzarán, por tanto, en el final de la acometida y terminarán en los dispositivos generales de mando y protección.

Estas instalaciones se situarán y discurrirán siempre por lugares de uso común y quedarán de propiedad del usuario, que se responsabilizará de su conservación y mantenimiento.

La acometida no forma parte de las instalaciones de enlace y, tal como se ha señalado anteriormente, es responsabilidad de la empresa suministradora.

Las partes que constituyen las instalaciones de enlace son las siguientes:

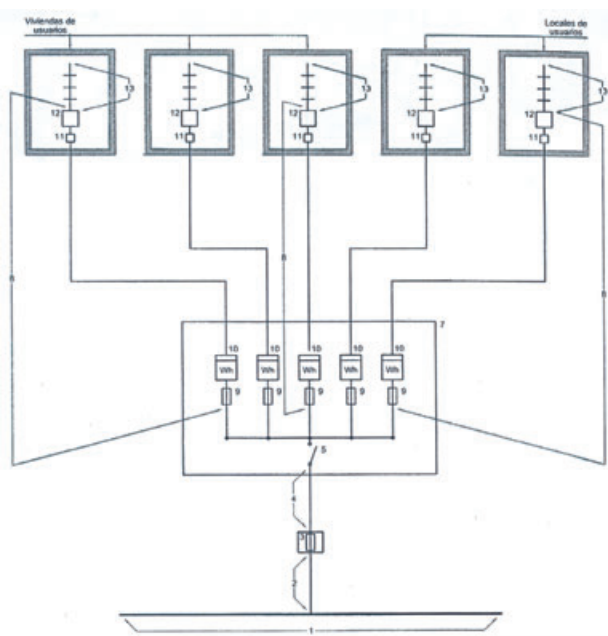
- Caja General de Protección (CGP).
- Línea General de Alimentación (LGA).

- Elementos para la Ubicación de Contadores (CC).
- Derivación Individual (DI).
- Caja para Interruptor de Control de Potencia (ICP).
- Dispositivos Generales e Individuales de Mando y Protección (DGMP).

El interruptor de control de potencia (ICP) es un dispositivo para controlar que la potencia realmente demandada por el consumidor no exceda de la contratada. El ICP se utiliza para suministros en baja tensión y hasta una intensidad de 63 A.

Para suministros de intensidad superior a 63 A no se usará el ICP, sino que se instalarán interruptores de intensidad regulable, máxímetros o integradores incorporados al equipo de medida de energía eléctrica. En estos casos no es preceptiva la instalación de la caja para ICP.

Las instalaciones de enlace cumplirán lo indicado en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-12.



Leyenda

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

Esquema para varios usuarios con contadores en forma centralizado en un lugar

En los esquemas con contadores centralizados se incluye el interruptor general de maniobras obligatorio para concentraciones de más de dos contadores. Dicho interruptor-seccionador tiene por misión dejar fuera de servicio, por ejemplo en caso de incendio, la instalación eléctrica del edificio. Las características se detallan en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-16 apartado 3.

Caja general de protección (CGP)

Es la caja o cajas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación, antes llamadas líneas repartidoras.

Es el elemento que delimita la propiedad entre la empresa distribuidora de electricidad y la propiedad del edificio. La CGP es propiedad y responsabilidad de la comunidad de propietarios del edificio de viviendas.

El acceso y manipulación es competencia de la empresa distribuidora, aunque puede autorizar a los instaladores, con Certificado de Calificación Individual en baja tensión, su acceso y cambios de fusibles.

Se dispondrá de una CGP por cada línea general de alimentación LGA, ya que no es admisible que una misma protección (fusibles) sirva para más de una LGA.

Las cajas generales de protección cumplirán lo dispuesto en la norma UNE-EN 60439-1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60439-3 y, una vez instaladas, tendrán un grado de protección IP 43 según UNE 20324 e IK 08 según UNE-EN 50102, serán precintables y deberán ser de clase II (doble aislamiento o aislamiento reforzado).

Las cajas generales de protección se adaptarán a lo establecido en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-13.

Línea general de alimentación (LGA)

A la línea general de alimentación se la denominaba también «línea repartidora». Consiste en el tramo de instalación que une la caja general de protección con la centralización de contadores y, por lo general, discurre verticalmente por los huecos de escalera.

Este tramo de instalación de enlace también puede tener un trazado horizontal con pequeños tramos verticales o viceversa.

Cuando está instalada verticalmente en el interior de un edificio con más de una planta, se le denomina también "columna montante" y en instalaciones antiguas arrancan las derivaciones individuales.

Puede estar colocada en forma subterránea alojada en tubos o canales de obra, así como sujeta y colocada en los techos o paredes de la planta inferior del edificio.

De acuerdo con la reglamentación actual, debe ser una línea trifásica con neutro, de sección igual a la mitad de la fase a partir de conductores superiores a 16 mm² de sección en cobre.

Los conductores pueden ser de cobre o aluminio y de una tensión asignada de 0,6/1 Kv. Los de aluminio se utilizarán generalmente para instalaciones singulares o con elevadas previsiones de carga.

En toda la línea general de alimentación la sección será uniforme, debido a que tiene un único elemento de protección frente a intensidades, que son los fusibles de la caja general de protección y, por lo tanto, no es admisible una reducción de sección en las derivaciones.

La línea general de alimentación deberá cumplimentar las especificaciones de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-14.

Elementos de ubicación y sistemas de instalación de contadores

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, indica que se pueden colocar en módulos precintables, paneles o armarios.

Cuando se trata de contadores individuales o de dos usuarios alimentados desde una mismo lugar, se podrán colocar en un mismo módulo, en el que conjuntamente se instalarán los fusibles de seguridad y agrupadamente efectuarán las funciones de la caja general de protección.

Al no indicar expresamente la reglamentación vigente que los contadores deban colocarse en el exterior de locales o de viviendas, en todo caso se deberán

cumplir las condiciones de las normas particulares que tengan aprobadas las empresas de distribución de energía eléctrica.

Los conductores a instalar en el puente entre el fusible de seguridad y el contador y desde éste a los elementos de protección generales, serán de cobre con una sección mínima de 6 mm². Estos conductores serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

En el caso de colocación de forma concentrada para edificios destinados a viviendas y locales comerciales, los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica de cada uno de los usuarios y de los servicios generales del edificio, podrán concentrarse en uno o varios lugares, para cada uno de los cuales habrá que prever un armario o local adecuado.

Si el número de contadores supera los 16, será obligatoria su ubicación en un local que cumpla todos los requisitos que establece la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT 16.

Derivación individual (DI)

Es la parte de la instalación de enlace que une la línea general de alimentación con la instalación interior del usuario.

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

En instalaciones de uno o dos suministros, no existe la línea general de alimentación y la derivación individual tiene su origen en el fusible de seguridad, que a la vez sustituye a la caja general de alimentación.

Otra tipología de instalaciones son aquellas en las que los contadores no están centralizados, y las derivaciones individuales tiene su origen en las cajas de derivación de las columnas montantes y finalizan en un interruptor de control de potencia.

Los contadores estarán protegidos por un fusible de seguridad, y normalmente se situarán en el interior de las viviendas, o en los rellanos de las escaleras.

Los cables serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Los tubos y canales de conducción de cables pueden estar fabricados en PVC u otros materiales, siempre y cuando cumplan con la característica de no propagador de la llama según la normativa vigente.

Las derivaciones individuales se ajustarán a lo determinado en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-15.

Dispositivos generales e individuales de mando y protección (ICP y DGMP)

Los referidos dispositivos generales e individuales de mando y protección se situarán:

- Lo más cerca de la entrada al local, en módulo precintable, antes de los demás dispositivos.
- En viviendas se colocará junto a la puerta de entrada (en su parte interior).
- En otros locales se colocará lo más cerca posible de la puerta.
- Puede ser independiente del cuadro de mando y protección el cual se puede ubicar en otros puntos.
- El cuadro de los dispositivos generales de mando y protección se instalará en viviendas a una altura entre 1,4 m y 2 m.

La composición y particularidades de los cuadros será la siguiente:

- Las protecciones tendrán una posición vertical.
- Los envoltentes se ajustarán a las normas UNE 20451 y UNE 60439-3.
 - Con IP 30 según UNE 20324.
 - Con IK 07 según UNE 50102.
 - El módulo del ICP será precintable.
- Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán los siguientes:
 - El Interruptor General Automático (IGA) con accionamiento manual, de corte omnipolar y de protección magnetotérmica.
 - El interruptor o interruptores diferenciales.

- Protecciones magnetotérmicas, de corte omnipolar para cada uno de los circuitos interiores de la vivienda.
- Dispositivos contra sobretensiones, si es necesario.
- Si existen interruptores diferenciales en serie serán selectivos.

Para garantizar la selectividad total entre los diferenciales instalados en serie, se deben cumplir las siguientes condiciones:

1. El tiempo de no actuación del diferencial instalado aguas arriba, deberá ser superior al tiempo de total de operación del diferencial situado aguas abajo.

Los diferenciales tipo S o los de tiempo retardado de tiempo regulable, cumplen con esta condición.

2. La intensidad diferencia residual del diferencial instalado aguas arriba, deberá ser superior a la del diferencial situado aguas abajo.

En el caso de diferenciales para uso doméstico o análogo (*UNE-EN 61008* y *UNE-EN 61009*) la intensidad diferencial residual nominal del diferencial instalado aguas arriba, deberá ser como mínimo tres veces superior a la del diferencial situado aguas abajo. Los diferenciales instalados serán del tipo S según lo establecido en ITC-BT-24 Apto 4.1.2.

En el sistema TT, el dispositivo de protección contra sobretensiones podrá instalarse tanto aguas arriba (entre el interruptor general y el propio diferencial), como aguas abajo del interruptor diferencial. En caso de instalarse aguas abajo del diferencial, éste deberá ser selectivo S (o retardado).

Para instalaciones en viviendas con un único diferencial, se deberá colocar aguas arriba del dispositivo de protección contra sobretensiones, ya que en este caso el diferencial debe ser de tipo general (disparo instantáneo).

Las características de los dispositivos de protección serán las siguientes:

- El IGA debe ser de corte omnipolar, con un poder de corte de 4.500 A como mínimo o según la intensidad de cortocircuito Icc más desfavorable que se produzca en la instalación.
- Los demás interruptores automáticos tendrán protección por sobrecarga y por cortocircuito; serán de corte omnipolar y su corriente admisible se determinará en función de la sección de los conductores que protegen.

Siempre debe existir el Interruptor General Automático (IGA), independiente del Interruptor de control de Potencia (ICPM).

A partir de 63 A de intensidad de potencia contratada, se puede colocar un interruptor magnetotérmico de intensidad regulable o maxímetro asociado al equipo de medida de la energía eléctrica.

En todo caso, se deberá cumplir lo dispuesto en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-17.

A5.1.5. Instalaciones Comunitarias

Las instalaciones comunitarias comprenden las puestas a tierra y los servicios generales.

Puestas a tierra

Las puestas a tierra, se establecen principalmente con la finalidad de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Servicios generales

Comprenden todos los servicios eléctricos que son de uso común de todos los usuarios que forman la comunidad de propietarios.

En un edificio, son o pueden ser servicios generales: la iluminación de portales, vestíbulos, accesos, escaleras, incluidos rellanos y pasillos interiores, ascensores, locales de instalaciones técnicas (calefacción central, cuarto de maquinaria de ascensores, grupos de presión, etc.), garajes, zonas de circulación en sótano, el alumbrado de espacios exteriores comunes, zonas de descanso, caminos peatonales, piscinas, etc., centros sociales de la comunidad, es decir, todos aquellos

que son de uso de la comunidad y necesitan una instalación eléctrica para su funcionamiento.

Las anomalías e irregularidades que suelen presentarse en los servicios generales son, entre otras, las siguientes:

- Ausencia de protecciones adecuadas: sin diferencial, sin fusibles.
- Fusibles puenteados, fusibles sin calibrar: sin conductor de protección.
- Aislamiento de los conductores deteriorado o no adecuado.
- Sección de los conductores insuficiente.
- Conductores instalados por lugares de paso sin proteger y colgando.
- Recorrido de los conductores por zonas de paso sin protección mecánica.
- Circuitos comunes y no sectorizados para distintos usos (por ejemplo, alumbrado y ascensor en el mismo circuito).
- Conductores empotrados directamente en pared o muro, sin tubo protector.
- Tubos en mal estado, tipo Bergman, rotos y curvados sin muescas.
- Cajas de derivación y empalme abiertas y en mal estado.
- Empalmes con cinta aislante u otro tipo de cintas.
- Cajas de derivación totalmente abarrotadas de conductores y empalmes.
- Cajas sueltas y no sujetas en pared.
- Fusibles con bases de porcelana y del tipo rosca sin calibrar.
- Material obsoleto y envejecido.

A la vista de la relación no exhaustiva de anomalías e irregularidades que pueden presentarse, los posibles riesgos y peligros a considerar serán los siguientes:

- Sobrecargas y aumento de la temperatura de los conductores y mecanismos, debido a la conexión de nuevos receptores en sustitución de los antiguos de menor potencia.
- Posibles electrocuciones por contactos directos.
- Posibles electrocuciones por contactos indirectos.
- Riesgo de incendios por cortocircuitos.

○ Incremento de los peligros de electrocución en las reparaciones y reposiciones.

Al objeto de evitar posibles accidentes derivados de anomalías e irregularidades, se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones:

- ✱ *Sustituir todo el conjunto de protección por otro en el que haya un interruptor de control de potencia magnetotérmico o interruptor general automático.*
- ✱ *Instalar interruptores diferenciales por cada uno de los circuitos, de 40A/30mA para el circuito de alumbrado, y de 40 ó 63A/30 ó 300 mA para cada uno de los circuitos restantes.*
- ✱ *Situar todo el conjunto de protección en lugar apropiado y accesible a una altura comprendida entre 1,4 y 1,8 m sobre el nivel del suelo.*
- ✱ *Instalar una protección contra sobrecargas y cortocircuitos (PIA) por cada uno de los circuitos.*
- ✱ *Unificar en un solo contador todos los suministros con contadores independientes, siempre y cuando suministre electricidad al colectivo de vecinos correspondientes a una sola comunidad.*
- ✱ *Las tomas de corriente y mecanismos de control y maniobra se deberán sustituir, si no están normalizados ni son adecuados a los receptores a conectar y a los conductores de los circuitos.*
- ✱ *Los mecanismos generales como los interruptores de escalera, se deberán replantear para que su acceso sea posible desde los rellanos en la salida de las viviendas.*
- ✱ *Se deberán instalar los sistemas de alumbrado permanente encima de las puertas de los ascensores, así como los alumbrados de señalización para la evacuación y los alumbrados antipánico o de ambiente, en caso de fallo del suministro principal.*
- ✱ *Conectar a tierra si existen aparatos de servicios comunes. En caso de que sea imposible físicamente disponer de puestas a tierra, los interruptores diferenciales, serán de 30 mA, a excepción del ascensor que de acuerdo con el fabricante podrá ser de una intensidad diferencial de 300 mA.*
- ✱ *Todas las tomas de corriente deberán llevar incorporada la toma de tierra.*
- ✱ *Para el cálculo de las secciones de los conductores se aplicará la metodología y tablas que se indican en el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.*

A5.2. Elementos y mecanismos de una instalación a rehabilitar

En cualquier tipo de rehabilitación de los servicios eléctricos generales de una comunidad de propietarios, se diagnosticarán las situaciones de los elementos y mecanismos existentes que sean afectados directamente, o sobre los cuales habrá una intervención obligada por la modificación y adaptación de la parte de la instalación a rehabilitar.

Entre estos elementos y mecanismos están las cajas de conexión y derivación, las tomas de corriente, los interruptores y conmutadores, así como los portalámparas fijos.

Cajas de conexión y derivación

Los incumplimientos y disconformidades más habituales, entre otros, son los siguientes:

- Las conexiones, empalmes y derivaciones no están alojados en ningún tipo de cajas.
- Cajas metálicas oxidadas, y en mal estado.
- Cajas no sujetas en la pared, y sin tapas, o no puesta a tierra si son metálicas (sí hay conductores de protección).
- Cajas no apropiadas para el número de conductores.
- Derivaciones y empalmes sin aislamiento o aislamientos envejecidos y resecos, realizados con aislantes o cintas de esparadrapo o similares, etc.
- Situación de las cajas a alturas que las hacen fácilmente accesibles.

De acuerdo con dichos incumplimientos y disconformidades, los posibles riesgos y peligros que deben tenerse en cuenta son los siguientes:

- Situaciones de peligro por sobrecalentamiento y, en consecuencia, posibilidad de incendio.
- Falsos contactos, cortocircuitos.
- En su manipulación contactos directos con riesgo de electrocución.

- Difícil identificación de conductores y circuitos
- Por fácil acceso, peligro de electrocución de personas o animales.

Con la finalidad de soslayar factibles accidentes procedentes de los incumplimientos y disconformidades, se recomiendan las actuaciones siguientes:

- ✱ *Si las conexiones, derivaciones y empalmes, están sin caja, colocar cajas empotradas o en superficie de dimensiones apropiadas, y efectuar las conexiones de los conductores que alojen mediante regletas.*
- ✱ *Sustituir las cajas que estén en mal estado, así como las metálicas por cajas de material aislante.*
- ✱ *Las cajas a instalar se situarán a una distancia de 50 cm del techo, a 20 cm de los ángulos verticales de las paredes, y a menos de 50 cm del suelo.*
- ✱ *Las uniones de los tubos de protección o cables de varios conductores con las cajas, se efectuará de forma que ajusten.*

Tomas de corriente

Respecto a la toma de corriente las inobservancias y carencias más usuales, entre otras, son las siguientes:

- Capacidad en amperios superior a la protección que debe disponer el circuito que está conectado a la sección del conductor embornado.
- No dispone de la toma de tierra o no está embornada.
- No está sujeta a la pared o en parte está rota.
- Está empotrada sin caja.
- Los bornes de conexión están negros por estar quemados o recalentados.
- Tipo de tomas de corriente no normalizados.
- Material aislante deteriorado o roto.

En consonancia con la relación de inobservancias y carencias, los riesgos y peligros que pueden darse y deben considerarse son los siguientes:

- No poder conectar los receptores por tener clavijas de distintos pasos y formas que la base de la toma de corriente.

- Por sobrecarga, riesgo de calentamiento y de incendio.
- Las personas o animales no están protegidos contra los contactos indirectos.
- Riesgo de entrar en contacto con humedades o aguas.
- Peligro de contactos directos e indirectos por rotura, acceso y tener elementos con tensión sin protección.

Al objeto de eludir posibles accidentes debidos a las inobservancias y carencias, se recomiendan las intervenciones siguientes:

- ✱ *Sustituir las tomas de corriente por unas adecuadas a las intensidades de las protecciones del circuito que están conectados.*
- ✱ *Como orientación técnica, las potencias que pueden conectarse a las tomas de corriente deben ser inferiores a la correspondiente a la intensidad de los PIAs que estén colocados en el origen o cambio de sección del circuito.*
- ✱ *En todo caso las tomas de corriente deben ser como mínimo de 16 A.*
- ✱ *Los conductores de conexión a las bases, no deben mostrar tramos sin aislamiento, en especial a la entrada de la toma de corriente.*

Interruptores y conmutadores

Las anomalías e insuficiencias que suelen darse, entre otras, son las siguientes:

- No existe caja de empotrar.
- La caja no está sujeta, tanto si está colocada superficialmente como si está empotrada.
- Material en mal estado deteriorado y anticuado.
- Colocados a distancias del suelo excesivas o insuficientes.
- Los sistemas de conmutación no funcionan correctamente.
- En interruptores unipolares, está mal embornado, el interruptor desconecta el conductor neutro, cuando debe actuar sobre la base.

Debido a las referidas anomalías e insuficiencias, los riesgos y peligros que más habitualmente pueden presentarse son los siguientes:

- Riesgo de que los conductores se desembornen y produzcan cruces, provocando cortocircuitos y contactos directos con peligro de electrocución.
- Interruptores con penetración de humedades, polvo o grasas que pueden provocar incendios.
- Riesgo de calentamientos excesivos de los mecanismos.
- Posibilidad de entrar en contacto con los elementos metálicos de los interruptores.
- Intensidad de conexión y desconexión no apropiada a los aparatos que maniobra el interruptor.
- Acceso dificultoso y posibilidad de entrada de agua.
- Mal funcionamiento de los conmutados y peligro de cortocircuitos.

Con el propósito de evitar posibles accidentes provenientes de las anomalías e insuficiencias, las acciones recomendadas son las siguientes:

- ✱ *Los interruptores/conmutadores deben ser de 10 A.*
- ✱ *Para interrupciones de más de 10 A se deben utilizar PIAS.*
- ✱ *Los interruptores unipolares deben interrumpir la fase y no el conductor neutro.*
- ✱ *Los interruptores se deben colocar en sentido vertical y su desconexión debe ser con movimiento hacia abajo.*
- ✱ *Los interruptores y conmutadores con elementos metálicos se deben sustituir por otros de material aislante.*

Portalámparas fijos

Las faltas e irregularidades más frecuentes que pueden presentarse son, entre otras, las siguientes:

- Portalámparas metálicos colocados directamente sobre pared o base de madera, sueltos en parte o totalmente.
- Elemento roto, antiguo o en mal estado.
- Conexión del conductor de fase en el casquillo y el conductor neutro en el centro.

- Instalación de lámparas de potencia superior a la admitida por el fabricante de portalámparas.
- Portalámparas metálico sin corona de porcelana.
- Portalámparas de material aislante deformado por temperatura o roto por golpes.
- Conductores en contacto con las lámparas.
- Portalámparas con tomas de corriente incorporada.

Como consecuencia de las citadas faltas e irregularidades, las inseguridades, riesgos y peligros que deben contemplarse con los siguientes:

- Riesgo de cortocircuitos, contactos directos con partes metálicas en tensión o por contactos indirectos.
- Riesgo de que por sobrecalentamiento se produzca un incendio.
- Deterioro del aislamiento de los conductores por exceso de temperatura.
- Embornamientos y conexiones en mal estado con posibilidad de cortocircuitos.

Con la finalidad de rehuir cualquier eventualidad o accidente derivado de las inseguridades, riesgos y peligros, las actuaciones recomendadas son las siguientes:

- ✱ *No utilizar el portalámparas para conectar elementos para efectuar derivaciones, sean para una toma de corriente o para otras derivaciones.*
- ✱ *Sustituir los portalámparas metálicos por otros de clase II o de material aislante.*
- ✱ *Colocar los portalámparas en zonas donde se pueda evacuar el calor que puedan desprender las lámparas.*
- ✱ *No colgar luminarias directamente suspendidas o adosadas al techo por los conductores eléctricos del portalámparas.*

3.1. Introducción

Tras la crisis energética de mediados de la década de los 70 surgió la necesidad de crear calderas que redujeran considerablemente las pérdidas y en consecuencia aumentasen el rendimiento. Hasta ese momento, la tecnología del momento impedía que las calderas existentes, Calderas Estándar, adaptaran su temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación, o mejor dicho, a la demanda real. No era extraño hablar de temperaturas de ambiente muy elevadas en el interior de los edificios en pleno invierno, e incluso de aliviarlas mediante la ventilación natural, es decir, abriendo las ventanas.

Para entender adecuadamente los beneficios que reportan las tecnologías en calefacción más eficientes de Europa, las Calderas de Baja Temperatura y de Gas de Condensación (según Directiva Europea de Rendimientos 92 / 42 / CEE), conviene antes recordar algunos detalles de interés:

- ✱ La temperatura exterior de diseño de las instalaciones se alcanza durante muy pocas horas al año en temporada y horario de calefacción.

A título de ejemplo, contando que la temperatura exterior de diseño de las instalaciones de calefacción en Madrid capital es de $-3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que la media en el período comprendido entre el 1 de noviembre y el 31 de marzo en la franja horaria de 9,00 h a 23,00 h es de $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, no resulta difícil comprender que si las instalaciones se diseñan para temperaturas tan bajas, cuando éstas son más benignas, las necesidades de calor de los edificios son evidentemente menores.

- ✱ Para elevar la temperatura ambiente de un edificio en $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, el consumo de combustible se incrementará entre un 6 y un 8 %.

Con esta información podemos comprender fácilmente por qué la temperatura ambiente en los edificios era tan elevada - no era extraño alcanzar temperaturas ambiente sobre los $27 - 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ - y por qué el consumo de combustible era igualmente, tan alto. Si se considera una temperatura ambiente de confort entre 20 y $22\text{ }^{\circ}\text{C}$

como adecuada, mantener los 27 ó 28 descritos, implica un despilfarro de combustible de en torno a un 50 % e incluso superior, a todas luces una absoluta aberración.

Por otro lado el Sol nos regala su energía en forma de luz y calor. Hoy, una tecnología establecida, eficiente y no contaminante nos permite utilizarlo para iluminar y calentar nuestras casas y negocios reduciendo los consumos energéticos para la producción de agua caliente sanitaria, la calefacción, el calentamiento de piscinas y la climatización. Su utilización se justifica no sólo en el ahorro energético y la rentabilidad del usuario sino que además contribuye al bien común: la mejora de la calidad del aire de las ciudades y del país; la rentabilidad macroeconómica por el uso de recursos propios, la generación de riqueza interna y de empleos, y la reducción de la dependencia energética externa.

A lo largo de los últimos 3 años se ha iniciado el despertar del mercado solar térmico en España, con crecimientos que, sin llegar a las cifras de Alemania, (más de 900.000 m² de colectores solares térmicos instalados en el año 2001), empiezan a ser muy significativos al superarse en el año 2002 los 70.000 m² instalados.

Los principales mecanismos que explican este despertar solar están ligados tanto al crecimiento del interés social por la protección del medio ambiente, como a una actitud mucho más activa por parte de las Administraciones -tanto ayuntamientos, como comunidades autónomas y administración central- que han abierto líneas de subvención mucho más generosas y que están introduciendo elementos de obligatoriedad solar dentro de las regulaciones de su competencia: las ordenanzas solares de los Ayuntamientos de Barcelona, Madrid, Burgos, etc., obligan a la instalación de sistemas de aprovechamiento solar para la producción del agua caliente en las nuevas edificaciones -y reformas integrales- de las ciudades en las que habitan más del 20 % de la población española (viviendas, hoteles, polideportivos, etc.) son los ejemplos más claros, ejemplo que ya están siguiendo ciudades como Pamplona, Zaragoza, Valladolid, Sevilla, Gijón, etc.

Las Ordenanzas Solares representan un buen ejemplo de situación en la que, con solar, ganamos todos:

- ✱ **USUARIOS:** se benefician del ahorro energético con una repercusión mínima en el coste total de la vivienda (<1 %), que además se puede financiar igual que el resto de la casa mediante una hipoteca y que, por lo tanto, se puede desgravar.
- ✱ **PROMOTOR:** aumenta el valor añadido a la edificación y le produce un mayor beneficio.

- ✱ **COMUNIDAD:** obtiene unas ventajas ambientales importantes, provocando la generación de empleo cualificado y de tejido Industrial especializado, y en donde el problema fundamental es el cambiar la manera de pensar y de hacer.

En VIESSMANN, empresa especializada en el ahorro energético y la protección del medio ambiente, ofrecemos nuestros productos y servicios —tanto para las aplicaciones de energía solar, como para el aprovechamiento eficiente de los combustibles convencionales— guiados por dos principios que entendemos básicos:

- ✱ El sistema solar debe ser un elemento más de las instalaciones térmicas de los edificios y en ese sentido debe trabajar en sintonía con el resto de los equipos de confort térmico, buscando soluciones globales de ahorro energético y protección del medio ambiente.
- ✱ El sistema solar debe integrarse armónicamente con las soluciones arquitectónicas adoptadas en el edificio de tal forma que sus propietarios además de beneficiarse del ahorro energético, se enorgullezcan de su contribución a la protección del medio ambiente a la vez que del aspecto de su edificio.

3.2. Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética

Semejante despilfarro de combustible obligó a las autoridades de toda Europa a emprender acciones dirigidas al ahorro energético. Concretamente en España, en 1979 se redactan las I.T.I.C (Instrucciones Técnicas para las Instalaciones de Calefacción), que tienen como principio fundamental, «la racionalización de la energía». Con la publicación de esta normativa, el avance fue espectacular en materia de ahorro energético. Para evitar los perniciosos efectos de lo relatado en el punto 3.1, comienza a exigirse la instalación de sistemas de regulación para compensación por temperatura exterior, que actuando sobre elementos mecánicos de control tales como válvulas motorizadas de 3 ó 4 vías, reducen la temperatura de impulsión a los elementos calefactores terminales (radiadores, *fan-coils*, suelo radiante, etc.) hasta adecuarla a las necesidades reales del edificio, todo dentro de unas consignas de temperatura ambiente de en torno a 20 - 22 °C.

No obstante, si bien con esta medida se reduce en el circuito secundario la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior y, en consecuencia, también el consumo de energía, si la caldera continúa trabajando a una temperatura más alta a la necesaria para protegerse contra la condensación ácida que

se producen en su interior con bajas temperaturas de agua en caldera, continuará existiendo un importante derroche energético, en torno a un 15 % como media.

El límite inferior de temperatura mínima de retorno de una caldera está condicionado por la temperatura del punto de rocío de los productos de la combustión, valor en el cual el vapor de agua producido durante la combustión condensa y humedece la superficie de intercambio térmica del cuerpo de caldera. Esta temperatura es de 48 °C para el funcionamiento con gasóleo y de 57 °C para el gas natural. Por sí sólo, la condensación del vapor de agua en el interior de la caldera no representaría un serio problema a corto plazo, pero en combinación con otros productos de la combustión, tales como el azufre presente en el gasóleo, se obtendrá anhídrido sulfuroso y ácido sulfúrico, extremadamente agresivos y corrosivos como es sabido. En el caso del gas natural, la condensación producirá ácido carbónico, también altamente corrosivo.

Para poder adaptar la temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación también en el circuito primario ya desde la propia caldera y reducir así las pérdidas por disposición de servicio, se hizo necesario desarrollar nuevas tecnologías que permitieran trabajar con bajas temperaturas de retorno sin riesgo de condensaciones ácidas. La primera de estas calderas se presentó en 1979, denominándose por aquellos entonces caldera de Bajo Consumo. En la actualidad se denominan calderas de Baja Temperatura.

Por otro lado, conviene no olvidar que en el proceso de cambio de estado del vapor de agua producido durante la combustión, se desprende una apreciable cantidad de calor, denominado este calor latente, que de poder aprovecharse, representa un aprovechamiento adicional de la energía. Acerca de este principio se desarrollarán más adelante las calderas de gas de Condensación.

Para la energía solar las ordenanzas muestran una preocupación especial por garantizar la calidad de las instalaciones y su correcto mantenimiento, promueven la eficiencia energética de los colectores solares y muestran especial interés en que la Integración Arquitectónica de la instalación sea adecuada. Cuando se instaure una ordenanza solar, los usos afectados son prácticamente todos los edificios de nueva construcción o a los que se les somete a una reforma sustancial; las únicas excepciones van ligadas a la imposibilidad física de aprovechar el sol o a elementos de protección del Patrimonio Histórico Artístico.

Las principales aplicaciones solares en la ciudad reguladas por las ordenanzas son la preparación del Agua Caliente Sanitaria y la climatización de piscinas. Los requisitos de dimensionados usuales suelen ser tales que con energía solar se reduce de un 60 a un 75 % su consumo energético. Este requerimiento de reducción del

consumo, conlleva que, en función de la eficiencia de la tecnología solar utilizada, se va a necesitar un área de colectores diferentes: cuanto mayor sea el rendimiento del sistema solar en su conjunto (colectores solares, acumuladores, sistema de tuberías de distribución, etc.) menor será el área de colectores solares requerida.

El cálculo de la demanda de ACS ha de considerar un consumo de 20 a 30 l/ persona-día a 60 °C y la demanda de la red de distribución. En la climatización de Piscinas, la demanda a calcular es el consumo energético del vaso de piscina. El cálculo se ha de realizar con programas reconocidos como pueden ser el ESOP, el TSOL, el TRNSYS, el Fchart, etc.

3.3. Calderas de baja temperatura

La definición oficial de este tipo de calderas, según la Directiva Europea de Rendimientos 92 / 42 / CEE es la siguiente: «Una caldera que puede funcionar continuamente con una temperatura del agua de alimentación de entre 35 y 40 °C y que en determinadas condiciones puede producir condensación».

Para poder trabajar estas calderas con temperaturas tan bajas de agua de retorno sin que se produzcan en su interior condensaciones ácidas, es imprescindible disponer de elementos constructivos especialmente desarrollados para este fin. A título de ejemplo, el fabricante alemán Viessmann utiliza superficies de intercambio de pared múltiple, con cámaras de aire para la dosificación de la transmisión del calor al agua de calefacción. Los detalles constructivos de estas superficies de intercambio pueden observarse en las Figs. 1, 2 y 3.

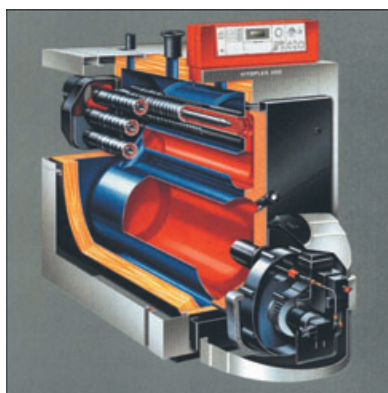


Figura 1. Vista seccionada de caldera de Baja Temperatura de Viessmann modelo Vitoplex 300.

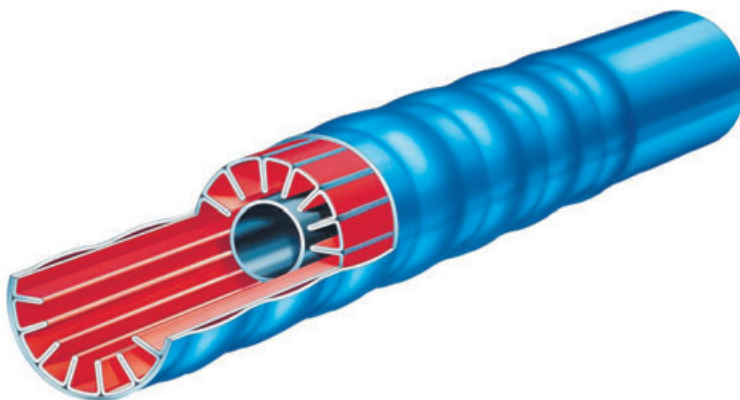


Figura 2. Tubo Triplex – superficie de calefacción por convección de pared múltiple de la Vitoplex 300.

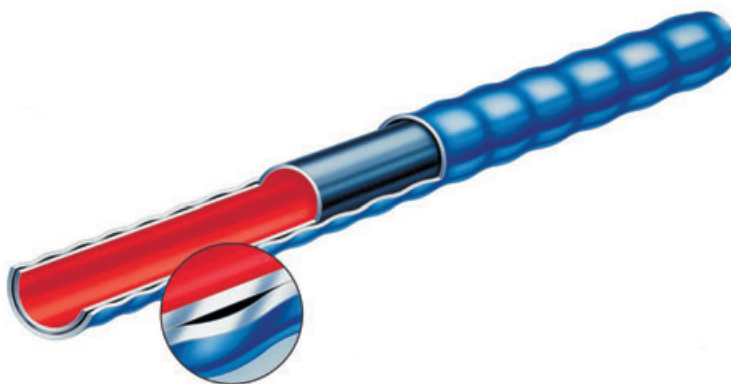


Figura 3. Tubo Duplex de la Vitomax 300.

3.3.1. Funcionamiento de las superficies de intercambio de pared múltiple

Como ocurre en todos los procesos de transmisión térmica, la transmisión de calor de los gases de combustión a la pared de calefacción, y de ésta el agua de la caldera, se ve limitada por una resistencia. Esta resistencia es el resultado de la suma de las resistencias parciales, que dependen de factores tales como la conductibilidad térmica de los distintos materiales a través de los que se realiza la transmisión térmica. Dependiendo del volumen de calor producido y de las distin-

tas resistencias a la transmisión de calor, se alcanzan determinadas temperaturas en las superficies de calefacción. La temperatura de la superficie en el lado de admisión de los gases de combustión, no se ve influenciada por las altas temperaturas de éstos, sino de forma determinante, por la temperatura muy inferior, del agua de la caldera.

En las superficies de calefacción de pared simple, la diferencia de temperatura entre el agua de la caldera y la superficie en el lado de los gases de combustión es pequeña. Por esta razón, si la temperatura del agua desciende por debajo del punto de rocío, el vapor de agua contenido en los gases de combustión puede llegar a condensar.

Las superficies de calefacción de pared múltiple, por el contrario, permiten que se genere una resistencia a la transmisión de calor. Optimizaciones en el diseño pueden llegar a controlar esta resistencia de tal forma que, incluso con bajas temperaturas del agua de la caldera, la temperatura en el lado de los gases de combustión se mantenga por encima del punto de rocío del vapor de agua, evitando de este modo, el descenso por debajo de este punto. De manera gráfica puede apreciarse en la Fig. 4.

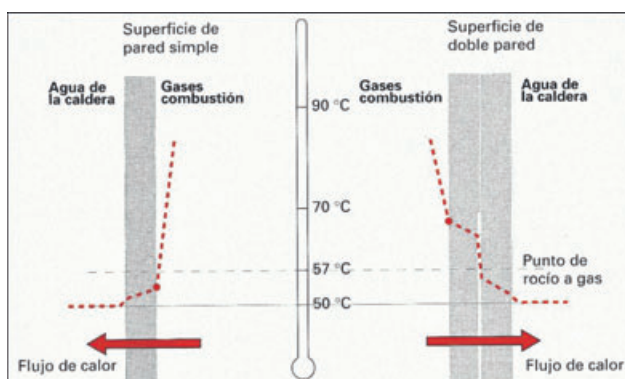


Figura 4. Funcionamiento de superficies de calefacción de pared simple y de pared múltiple.

3.3.2. Análisis del funcionamiento de las calderas de Baja Temperatura

La principal diferencia entre las calderas de Baja Temperatura y las calderas convencionales estriba en que las primeras ofrecen la posibilidad de adaptar la

temperatura de funcionamiento en función de la demanda calorífica, o dicho de otra forma, de las necesidades reales.

En la curva característica de calefacción de un edificio se aprecia que a cada temperatura corresponde una temperatura de impulsión determinada. Como ya se ha explicado anteriormente, de otro modo la temperatura ambiente del edificio se incrementaría cuando la temperatura exterior ascendiera y no se redujera en paralelo la del agua de caldera. Esta curva de calefacción se adaptará a cada edificio, considerando su ubicación geográfica, pérdidas del edificio, orientación, etc., pudiendo por lo tanto «construir» una curva de calefacción a la medida de cada necesidad.

Así, para una temperatura exterior de 5 °C se obtendrá aproximadamente una temperatura de impulsión entorno a los 60 °C. Si la temperatura exterior aumentase, bajaría progresivamente la temperatura de impulsión hasta alcanzar los 30 ó 40 °C, que es el límite inferior para la mayoría de las calderas de este tipo. Caso de no haber demanda durante varias horas al día, muy habitual durante los meses de verano en la producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.), el quemador sólo entrará en funcionamiento para cubrir las pérdidas por radiación y convección de la caldera y sólo cuando la temperatura del agua de la caldera descienda por debajo de los 40 °C. Mediante este modo de funcionamiento se reducen hasta casi eliminarlas, las pérdidas por disposición de servicio, responsables de aproximadamente un 12 - 13 % del consumo total de combustible de una instalación de calefacción.

Las calderas convencionales de funcionamiento a temperatura constante trabajan durante todo el año, independientemente de la temperatura exterior y la demanda de la instalación, a una temperatura media de caldera de 80 °C.

La utilización de calderas de Baja Temperatura con respecto a las calderas Estándar, aporta un ahorro energético de en torno a un 15 %, o incluso superior en función de la marca y modelo de caldera con la que se realice la comparativa.

3.4. Calderas de gas de condensación

Mediante la aplicación de las calderas de Baja Temperatura se consigue, adaptando la temperatura de funcionamiento de las mismas a las necesidades reales del edificio, reducir el consumo de energía, como ya se ha comentado, en

torno a un 15 % con respecto a una caldera Estándar. Sin embargo, todavía se despilfarra una importante cantidad de calor a través del vapor de agua que se produce en la combustión y que se arroja al exterior a través de la chimenea sin aprovechar el calor latente que aporta.

El principal obstáculo para este aprovechamiento radica en la necesidad de disponer de superficies de intercambio resistentes a la condensación ácida provocada en el interior de la caldera. Por este motivo, la mayoría de las calderas de Condensación de calidad en Europa están fabricadas en aceros inoxidables de alta aleación.

La definición oficial de este tipo de calderas, según la Directiva Europea de Rendimientos 92 / 42 / CEE es la siguiente: «Caldera diseñada para condensar permanentemente una parte importante del vapor de agua contenido en los gases procedentes de la combustión». Cabe destacar la importancia, por lo tanto, de que las superficies de intercambio de este tipo de calderas sean especialmente resistentes a este modo de funcionamiento. En este sentido, el acero inoxidable estabilizado al titanio, material que a título de ejemplo utiliza el fabricante alemán Viessmann, aporta la máxima fiabilidad de funcionamiento, permitiendo obtener importantes ahorros energéticos durante los más de 25 años de vida útil de estas calderas.

3.4.1. Técnica de Condensación

El rendimiento estacional puede verse aumentado en unos 14 - 15 puntos con respecto a una moderna caldera de Baja Temperatura, con el empleo de esta técnica.

Durante la combustión, los componentes combustibles, principalmente Carbono (C) e hidrógeno (H), reaccionan durante la combustión con el oxígeno del aire, generando, además de calor, dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O).

Si las temperaturas en las paredes de las superficies de intercambio térmico descienden por debajo del punto de rocío del vapor de agua, éste condensa desprendiendo calor en el cambio de fase. Para un aprovechamiento eficaz de la condensación, es importante realizar la combustión con un alto contenido de CO_2 reduciendo el exceso de aire. Para lograrlo, son apropiados los quemadores presurizados a gas, mientras que en los quemadores atmosféricos, debido al

mayor exceso de aire, el punto de rocío se sitúa a temperaturas inferiores, con lo que el aprovechamiento de la condensación de los gases de combustión es peor.

El calor latente de los gases de combustión, también denominado calor de condensación, se libera durante la condensación de vapor de la combustión y se transmite al agua de la caldera.

Resulta cuando menos llamativo que este tipo de calderas obtengan rendimientos estacionales superiores al 100 %, concretamente hasta el 109 %. Es necesario matizar que el valor de referencia es el Poder Calorífico Inferior (P.C.I.).

3.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior

El Poder Calorífico Inferior (P.C.I.) define la cantidad de calor liberada tras una combustión completa cuando el agua que contienen los gases de combustión está en forma de vapor. El Poder Calorífico Superior (P.C.S.) define la cantidad de calor liberada tras una combustión completa, incluyendo el calor de condensación contenido en el vapor de agua de los gases de combustión en su paso a la fase líquida.

Con el aprovechamiento del calor latente haciendo referencia al P.C.I., dado que este valor no contempla el calor de condensación, se obtienen como ya se ha indicado anteriormente, rendimientos estacionales superiores al 100 %. En la técnica de condensación, para poder comparar el aprovechamiento energético de las calderas de Baja Temperatura con el de las calderas de Condensación, los rendimientos estacionales normalizados se siguen calculando en referencia al Poder Calorífico Inferior. La cantidad de calor de condensación máxima aprovechable será la relación entre el Poder Calorífico Superior (P.C.S.) y el Poder Calorífico Inferior (P.C.I.). A título de ejemplo, en el caso del gas natural, combustible idóneo para la utilización de esta técnica, esta relación es de 1,11, siendo un 11 %, por lo tanto, la cantidad de calor máxima que por este concepto se podrá obtener. Para el gasóleo, este valor desciende hasta el 6 %. No obstante, también hay que considerar que las calderas de Condensación enfrían los humos hasta unos 10 °C por encima de la temperatura de retorno a la caldera, aprovechando así también de este modo el calor sensible de los humos en mucha mayor cuantía que las calderas de Baja Temperatura y también Estándar. En el balance total de rendimiento adicional obtenido por esta técnica habrá que considerar las dos ganancias: calor latente y calor sensible.

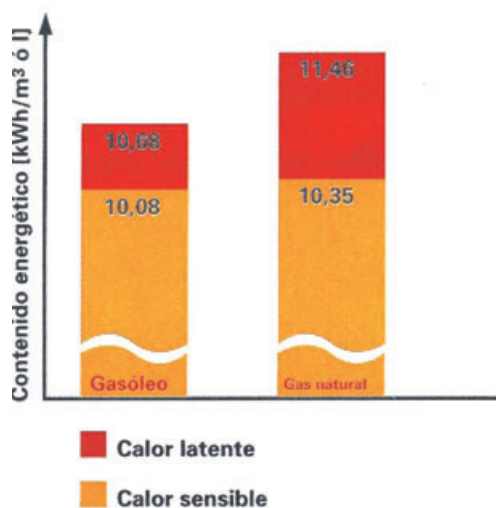


Figura 5. Contenido energético del gasóleo y el gas natural.

3.4.2. Diseño de las calderas de Condensación

El aprovechamiento de la condensación será tanto mayor cuanto más condense el vapor de agua contenido en los gases de combustión. Sólo de esta forma el calor latente de los gases procedentes de la combustión puede convertirse en calor útil para la calefacción. En las calderas de Baja Temperatura, las superficies de calefacción deben concebirse de forma tal que se evite la condensación de los gases procedentes de la combustión en el interior de las mismas. Todo lo contrario que en las calderas de Condensación: los gases de combustión son conducidos hacia la parte inferior, en sentido contracorriente a la circulación del agua de caldera para de esta forma conseguir el máximo enfriamiento de los mismos.

El empleo de acero inoxidable de alta aleación ofrece la posibilidad de aplicar una geometría óptima en el diseño de las superficies de intercambio térmico. Para que el calor de los gases de combustión se traspare eficazmente al agua de la caldera, debe asegurarse un contacto intensivo de los gases de combustión con la superficie de intercambio. Para ello existen básicamente dos posibilidades:

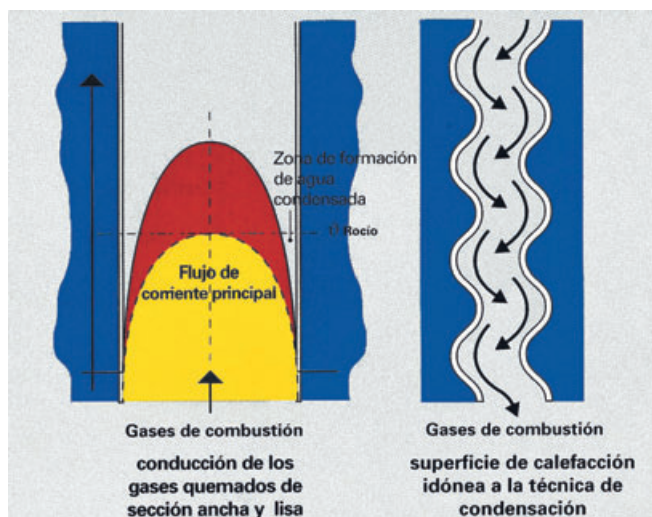


Figura 6. Requisitos físicos para los pasos de humos de mayor diámetro-superficie de calefacción Inox-Crossal.

- ✱ Las superficies de calefacción pueden concebirse de forma tal que los gases de combustión se arremolinen continuamente, evitando así la creación de un flujo de corriente principal de mayores temperaturas. Los tubos lisos no son adecuados para este fin. Deben crearse puntos de desvío y variaciones en su sección transversal.
- ✱ A través de las superficies onduladas y enfrentadas se consiguen continuos cambios de sección del paso de los humos de combustión, lo que evita la formación de un flujo de corriente principal, que dificultaría la transmisión de calor y, por lo tanto, la condensación.

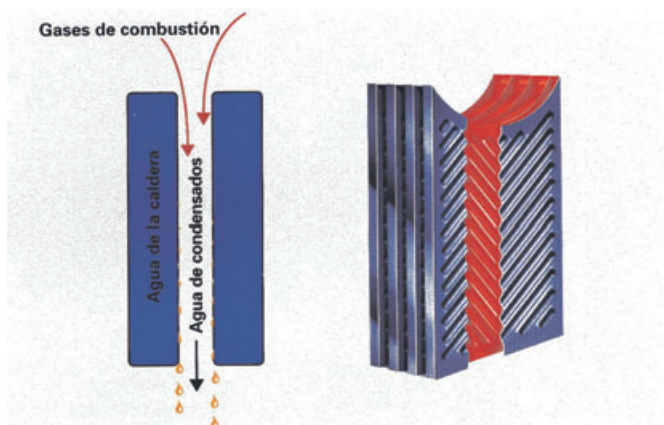


Figura 7. Conducción de los gases de combustión y del agua condensados.

Para evitar la concentración excesiva del agua condensada e impedir que fluya hacia la cámara de combustión, los gases quemados y el agua condensada deben fluir de forma descendente y en el mismo sentido. Así, la gravedad ayuda a la formación del flujo de las gotas de condensación. Por esta razón, la salida de los gases quemados está dispuesta generalmente en la parte inferior del intercambiador de calor.

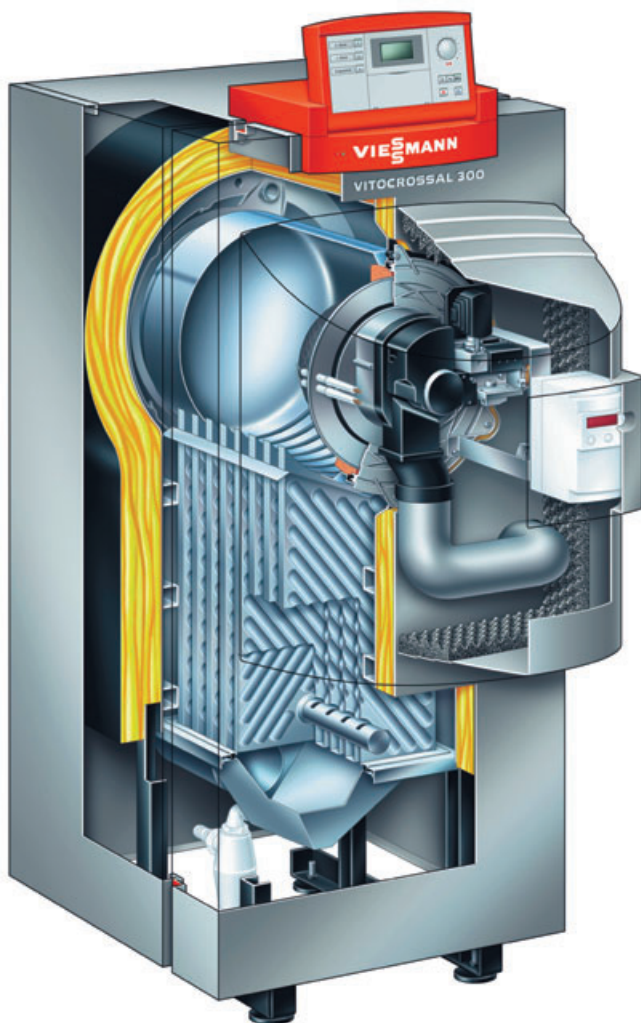


Figura 8. Vista seccionada de calderas de Condensación a gas de Viessmann, modelo Vitocrossal 300.

3.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional

Las calderas Estándar que funcionan con temperatura constante del agua de la caldera, alcanzan el máximo rendimiento estacional bajo plena carga de funcionamiento (100 %). Con funcionamiento a baja carga, el rendimiento estacional se reduce considerablemente, siendo la carga media anual habitual en una instalación de calefacción del 30 %.

Las modernas calderas de Baja Temperatura y Condensación, por el contrario, muestran un comportamiento del rendimiento estacional muy diferente. Funcionan con descenso progresivo de la temperatura del agua de caldera, que se adapta en cada momento a la demanda real de calor del edificio. Gracias a la reducción de las pérdidas por radiación y convección y en consecuencia de las pérdidas por disposición de servicio, el rendimiento estacional aumenta cuanto menor es la carga media anual de funcionamiento. Esto puede ser especialmente provechoso cuando se trata de instalaciones sobredimensionadas. También se hace especialmente interesante el uso de un único generador para los servicios de calefacción y de agua caliente sanitaria.

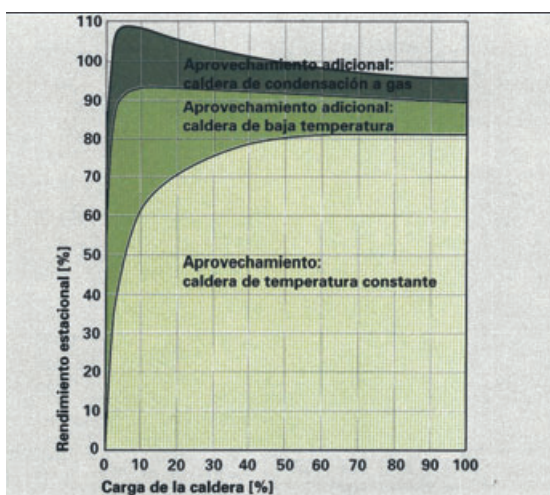


Figura 9. Comportamiento del rendimiento estacional de calderas de Baja Temperatura y de Condensación con respecto a las calderas Estándar.

En la Fig. 9 se aprecia claramente como la utilización de calderas de Baja Temperatura y Condensación, permite obtener elevados rendimientos estacionales y en consecuencia reducir de manera directamente proporcional el consumo de combustible.

3.6. Diseñando un sistema de aprovechamiento solar

Un sistema solar está constituido por el colector solar, el subsistema de almacenamiento, el de transporte de energía (tuberías, bombas, intercambiadores) y el de utilización o consumidor de la energía solar captada:

- ✱ **Subsistema de Captación:** formado por los colectores solares, estructuras o fijaciones a las distintas cubiertas, accesorios para su conexionado y la valvulería necesaria para su correcto funcionamiento.
- ✱ **Subsistema de Intercambio y Circulación:** formado por los elementos electromecánicos que provocan la circulación del fluido caloportador hasta el Subsistema de Captación y los elementos en los que se produce el intercambio de la energía generada en los colectores al Subsistema de Acumulación.
- ✱ **Subsistema de Acumulación:** formado por el o los acumuladores en los que se almacena la energía generada en el Subsistema de Captación, en forma de agua caliente. Para aplicaciones distintas a la Producción de ACS, los acumuladores de agua sanitarios se sustituyen por depósitos de inercia o por los vasos de las propias piscinas.
- ✱ **Subsistema Eléctrico y de Control:** formado por los distintos elementos eléctricos y electrónicos que permiten la regulación y control de la instalación solar de manera automatizada.
- ✱ **Subsistema auxiliar y de consumo:** formado por elementos de energía convencional (gas, gasoil, etc.) que apoyan a la instalación solar en épocas de baja radiación, puntas de consumo o mantenimientos. Este Subsistema se une al circuito de consumo de la vivienda.

En su diseño hay que tener en cuenta que, tan importante como la correcta selección de los elementos integrantes de cada subsistema, es la correcta integración de todos ellos en el sistema y la selección de las estrategias de regulación control y operación.

Los colectores solares son el corazón de cualquier sistema de utilización de la energía solar: captan la radiación solar y la transforman en energía térmica. Los criterios básicos para seleccionarlos son:

- ✱ Productividad energética a la temperatura de trabajo y coste.
- ✱ Durabilidad y calidad.

- ✳ Posibilidades de integración arquitectónica y
- ✳ Fabricación y reciclado no contaminante.

Dependiendo de la aplicación, el tipo de colector solar que hay que utilizar varía. Para aplicaciones que requieren un fluido a baja temperatura ($<100\text{ }^{\circ}\text{C}$) los sistemas con colectores de placa plana son los más utilizados, seguidos por los tubos de vacío, Fig. 10. Los colectores de tubos de vacío se distinguen de los colectores planos por sus menores pérdidas térmicas -mayor rendimiento- al encerrarse el absorbente solar en una cápsula de vidrio de la que se extrae el aire y sus mayores posibilidades de integración arquitectónica. La diferencia de productividad energética entre los diferentes tipos de colectores planos viene dada por las diferencias en las propiedades ópticas de los recubrimientos de sus absorbentes y por las características y espesores de los aislamientos térmicos. Las diferencias en durabilidad y calidad surgen de los materiales empleados y, en especial, de la junta de estanqueidad que une la cubierta de vidrio del colector con el marco y de la resistencia del material de aislamiento térmico al apelmazamiento por las condensaciones internas del colector.

Colectores planos Vitosol 100

Colectores de vacío Vitosol 200 y Vitosol 300

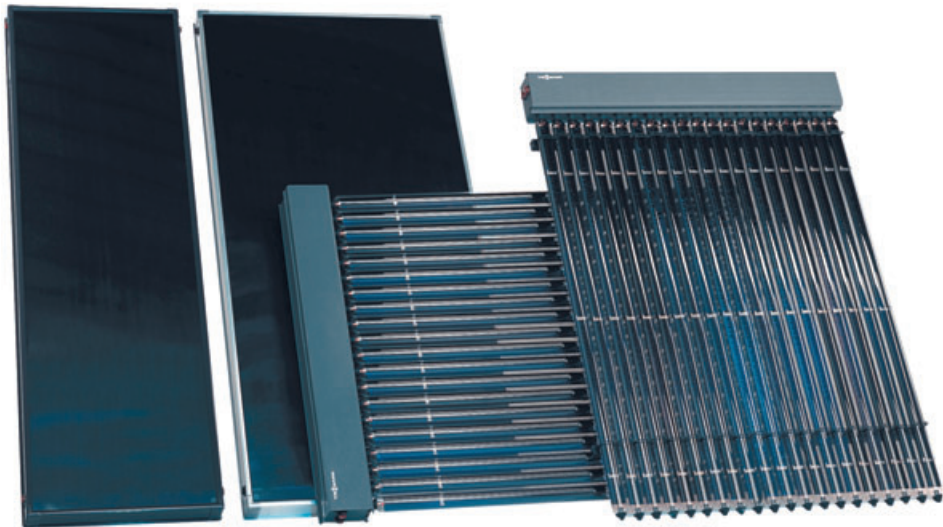


Figura 10. Ejemplos de tecnologías solares: Colectores solares Viessmann.

Al igual que ocurre con las calderas, la utilización de colectores más eficientes tiene una influencia mucho más significativa en la productividad anual que la que

se puede deducir de la comparación directa de los rendimientos instantáneos (relación entre el calor extraído del colector en un momento dado y la radiación solar disponible en ese momento). Además, se pueden encontrar reducciones significativas en los costes del resto de los elementos del sistema solar ya que para un mismo aporte solar hacen falta instalar menos m² de colectores y se puede trabajar a temperaturas más altas sin repercusión en el rendimiento (Bombas, tuberías, almacenamiento, intercambiadores, etc., más pequeños). Por otra parte, se pueden encontrar reducciones adicionales en los costes de los componentes del circuito hidráulico -con un aumento en la eficiencia del sistema solar al favorecerse la estratificación en la acumulación solar- si se utilizan colectores que, como los Vitosol, son capaces de trabajar a caudales más bajos que los estándar.

Desde el punto de vista de la integración arquitectónica, una ventaja que tienen los colectores de vacío de absorbente plano es que permiten una mayor flexibilidad de montaje. Así, los tubos de vacío con absorbente plano se pueden instalar en una superficie horizontal o vertical y girar los tubos para que su absorbente esté a la inclinación u orientación adecuada.

3.6.1. Integración arquitectónica: Solución desde el proyecto

La aceptación social de las instalaciones solares pasa por suministrar soluciones estéticas, respetuosas con la concepción del edificio. Las mayores posibilidades de implementar soluciones solares eficientes y de bajo coste están ligadas a su plasmación en el diseño inicial del edificio.

El momento adecuado para plantear de la mejor manera el aprovechamiento solar, es durante la fase de diseño. De hecho el planeamiento urbanístico de una zona va a marcar de una manera definitiva las posibilidades de que la integración solar se realice estéticamente. Al igual que pasa con la arquitectura bioclimática, si el planeamiento urbano selecciona como ejes de las cuadrículas de las parcelas de los edificios los ejes norte-sur, este-oeste, el trabajo de integración solar será mucho más sencilla. En cualquier caso, es importante recordar que desviaciones importantes (más de 25°) tanto con respecto a la orientación óptima (sur) como a la inclinación óptima (unos 40°) de los paneles solares no afecta de una manera muy significativa a su productividad energética anual.

Entre las opciones de integración solar existen niveles diferentes que van desde la sustitución de elementos constructivos (tejas, forjados, etc.) por paneles solares,

hasta colocación de los colectores solares sobre la terraza, pasando por la colocación de los paneles sobre los tejados. En todos los casos es preferible la utilización de soluciones constructivas estándar, en vez de improvisar una solución para cada proyecto, con elementos y estructuras duraderos, fiables —especialmente con respecto a las impermeabilizaciones del edificio— y de fácil montaje.



Figura 11. Ejemplos de integración solar con colector plano.



Figura 12. Ejemplos de integración solar con colector de vacío.

3.6.2. Criterios para la integración de la instalación solar con los equipos convencionales

Es muy importante que la instalación solar trabaje en sintonía con el resto de la instalación del edificio para garantizar el correcto funcionamiento y el máximo aprovechamiento —ahorro energético— del sistema en su conjunto.

El sistema de apoyo siempre tiene que estar dimensionado como si el sistema solar no existiese, ya que la función principal del sistema auxiliar será la de cubrir los picos de demanda, incluso en los momentos en los que la aportación del sistema solar sea insuficiente.

En la mayor parte de los casos el método más sencillo y eficiente para realizar la integración es conectar en serie la producción de dos generadores diferentes, por un lado tendremos el sistema solar y por otro el sistema de apoyo convencional.

Los elementos básicos del esquema de una instalación solar son el circuito primario o de paneles solares, el sistema de acumulación de energía y el sistema de apoyo o convencional.

3.6.3. El circuito primario de energía solar

El circuito primario de paneles solares debe ser un circuito cerrado, que trabajará a presión y en algunos casos a altas temperaturas. En este circuito los componentes principales son los paneles solares, que funcionan como un generador de calor; el sistema de bombeo; el sistema de intercambio, que transmite la energía producida al almacenamiento; y el sistema de expansión y seguridad.

Teniendo en cuenta que los colectores solares —incluso los planos— son capaces de alcanzar temperaturas por encima de los 200 °C, el circuito primario solar es un elemento a diseñar con especial cuidado. Todos los materiales que se empleen en este circuito tendrán que estar preparados para las temperaturas que puedan alcanzar, especialmente aquellos que se encuentren en las cercanías de los colectores solares, y el diseño del circuito deberá ser capaz de evitar que el trabajo a estas temperaturas pueda suponer un problema.

Uno de los resultados de que los paneles alcancen temperaturas elevadas es la formación de vapor en los paneles solares en estancamiento ya que la presión

máxima del circuito no suele sobrepasar los 6 bar. El estancamiento de un panel solar se produce cuando el colector recibe energía solar y no se extrae, porque la circulación del circuito primario haya cesado. Esta situación suele producirse en verano cuando la demanda de energía de la instalación es menor que la producción del sistema solar. Esta situación no tiene porqué resultar problemática teniendo en cuenta dos factores:

- ✱ El correcto dimensionado de la instalación solar.
- ✱ El correcto diseño del circuito primario.
- ✱ Todos los elementos de la instalación -y en especial los colectores- soporten presiones de 6 bar.

Del buen dimensionado de la instalación solar dependerá que la situación de estancamiento se produzca de una manera más o menos frecuentes. En viviendas, dimensionando la instalación solar para grados de cobertura elevados, 75-80 % de cobertura de la demanda en ACS, en el periodo estival se producirán excesos de energía solar con mucha frecuencia, con lo que el paro de bombas del circuito primario también será frecuente. En la medida en que se ajuste la cobertura de energía con el sistema solar a la forma de la demanda, se reducirá la probabilidad de llegar a la situación de estancamiento de los paneles solares. En España, y cuando la demanda es aproximadamente constante a lo largo del año, un buen criterio para dimensionar el sistema solar de manera que no se produzca la situación de estancamiento con demasiada frecuencia es llegar a una cobertura con la instalación solar del 60 % al 75 % de la demanda (como ejemplo para instalaciones de ACS).

Una vez minimizado la duración del estancamiento de la instalación solar, un buen diseño del circuito primario nos evitará que, si la situación de estancamiento se produce, pueda ser un problema. Para ello, lo principal es que el circuito sea hermético al vapor, ya que éste se producirá en el interior del colector solar. Al no dejar escapar el vapor por los purgadores éste formará una bolsa en el interior del colector que desplazará el líquido que normalmente contiene. Si este líquido puede ser absorbido en algún elemento de la instalación, como por ejemplo un vaso de expansión correctamente dimensionado, no habrá ningún problema mayor. De no dimensionarse correctamente el vaso de expansión se produciría una sobrepresión en el circuito que haría saltar la válvula de seguridad y, por lo tanto, se tendría que volver a rellenar el circuito, con las molestias y problemas que esto conlleva.

Por último, es importante recordar que cuanto mejor sea la calidad del panel solar instalado, mayor será su producción de energía por m², por lo que para un

mismo consumo habrá que instalar menos área de paneles para llegar a la cobertura requerida.

3.6.4. La importancia de la acumulación solar

El Sol es una fuente de energía que no podemos controlar, su producción nos llega de forma continuada durante una media de 12 horas al día, a razón de 1400-1800 kWh/m² año, lo que equivale a que por cada m² recibimos la energía obtenida de quemar unos 165-200 l de gasóleo; esto es, con la energía solar que llega en 5 m² podríamos suplir las necesidades térmicas anuales para acondicionar una casa de 100 m².

Pero esta energía no nos llega en el preciso momento en que la necesitamos, sino repartida durante todas las horas de sol. Opuesta a esta producción nos encontramos con los perfiles de consumo de las instalaciones, que variarán en función de su uso. Por ejemplo, en las instalaciones de ACS en viviendas tendremos dos-tres picos de consumo al día, en las instalaciones de calefacción el horario de funcionamiento normalmente comenzará después de las 12 del mediodía y sólo durante el invierno, etc.

Para conseguir acoplar la producción del sistema solar con el consumo de la instalación siempre nos hará falta una acumulación de energía solar. Esta acumulación tendrá mayor o menor volumen en función de dos factores principales:

- ✱ En nivel de cobertura con energía solar de la demanda de la instalación.
- ✱ El perfil de consumo de la instalación.

Cuanto mayor sea el nivel de cobertura, mayor tendrá que ser esta acumulación. La mayor heterogeneidad del perfil de consumo también hará que sea necesaria una acumulación mayor.

El cálculo del volumen de acumulación solar adecuado para cada instalación tiene una gran importancia, porque de este volumen va a depender en gran medida el rendimiento de todo el sistema solar. Para calcular el volumen exacto de acumulación solar en una instalación habrá que hacer un análisis de sensibilidad, analizando el rendimiento del sistema solar con diferentes volúmenes de acumulación y comparando el beneficio de su utilización con la inversión inicial necesaria.

Otro factor de gran influencia en el rendimiento del sistema solar será la estratificación térmica de la acumulación solar, a mayor estratificación mayor será el rendimiento de la instalación solar. La estratificación térmica de la acumulación hace posible que la temperatura de entrada al colector solar sea lo más baja posible, lo que mejora su rendimiento. Esta estratificación se puede conseguir en mayor o en menor grado en función de las medidas de diseño que se tomen. Como medidas básicas se deben adoptar las siguientes: utilización de depósitos verticales y conexión en serie de las batería de depósitos. Una estratificación mayor se puede conseguir mediante diseños más sofisticados, funcionamiento a bajo flujo del circuito primario solar con caudal variable o depósitos especialmente diseñados para favorecer la estratificación térmica.

Una de las consecuencias más importantes de la necesidad de acumulación de energía con los sistemas solares es que el cálculo del sistema solar siempre se tiene que hacer en función de la energía demandada y no de la potencia. Esto implica un cambio en el cálculo clásico de las instalaciones, que normalmente se hace basándose en potencias y demandas máximas (el peor día del invierno, etc.) y no basándose en consumos medios diarios como es el caso del diseño solar.

3.6.5. Principales aplicaciones de la energía solar térmica

El objetivo básico del diseño de un sistema de aprovechamiento solar ha de ser el suministrar al usuario una instalación solar que, dentro de las restricciones de costes:

- ✱ Maximice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- ✱ Garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- ✱ Garantice un uso seguro de la instalación.

Para maximizar el ahorro energético y dado que los colectores solares tienen mejor rendimiento trabajando a bajas temperaturas, es recomendable la conexión entre el sistema solar y el sistema de apoyo convencional de tal manera que el sistema solar siempre trabaje a la temperatura más baja posible. Esto nos llevará a conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo y siempre por delante de éste.

3.6.6. Utilización de la energía solar para la preparación de ACS

En edificios compartidos por varios usuarios, la producción de ACS solar será preferiblemente centralizada, es decir un único sistema de captación, intercambio y acumulación solares, garantizando eso sí, que cada usuario pague el agua que consume. En instalaciones de producción de ACS esto significará que la acumulación de agua calentada por el sistema solar se conectará a la entrada de agua fría de la instalación. El agua precalentada por el sistema solar pasará después, según se produzca el consumo, al sistema de calentamiento convencional (interacumulador calentado con caldera, calentador instantáneo modulante, termo eléctrico, etc.). En este tipo de esquema existe un primer depósito en el que entra directamente el agua de red y que es calentado por el sistema solar, el depósito calentado por caldera es colocado en serie, siendo su entrada la salida del depósito solar. Para instalaciones con consumos de 1.000 a 3.000 l/día el esquema se suele resolver mediante interacumuladores, tanto para el sistema solar como para el convencional. En sistemas con consumos mayores de 5.000 l/día la acumulación solar se resuelve normalmente mediante acumuladores e intercambiador de placas externo. Para consumos mayores suele ser interesante realizar la acumulación solar en circuito cerrado mediante dos intercambiadores de placas, de este modo se economiza sensiblemente la inversión inicial en acumulación solar al poder utilizar tanques de acero al carbono sin recubrimiento. En la Fig. 13 se muestra un esquema tipo de ACS solar, si bien en este caso se han separado los circuitos de agua de consumo y de extracción de agua caliente solar mediante un intercambiador para evitar la necesidad del tratamiento anti-legionella en el acumulador solar.

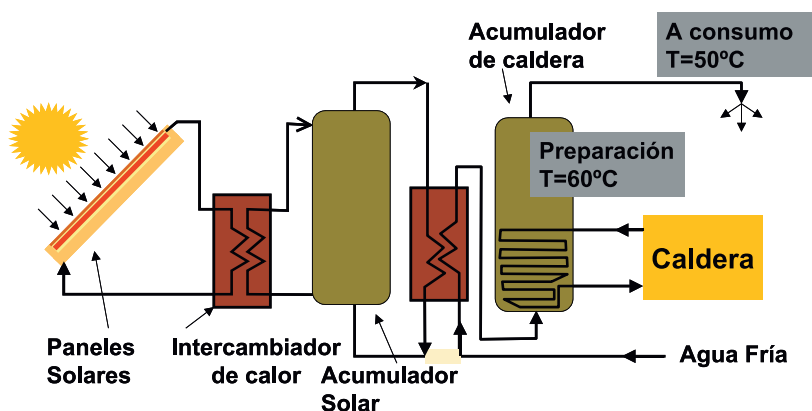


Figura 13. Sistemas de ACS con acumuladores separados e intercambiador entre el acumulador solar y de caldera.

3.6.7. Tratamiento antilegionella: la seguridad sanitaria por encima del ahorro energético

En aplicaciones de energía solar para apoyar la producción de Agua Caliente Sanitaria se ha de cumplir la legislación antilegionella: cualquier punto del circuito de agua de consumo del ACS se ha de poder calentar por encima de los 70 °C, incluso el acumulador solar. Aparte de la solución directa, pero muy ineficiente, en la que el tratamiento de los tanques solares se realiza con energía convencional mediante una conexión a la caldera, existen otras dos alternativas:

- ✱ Colocar los depósitos de acumulación solar en circuito cerrado. El ACS no circula por los tanque solares y, por tanto, el problema de tratamiento antilegionella no existe ya que no es necesario (sistema recomendado con tratamientos antilegionella frecuentes).
- ✱ Aislar periódicamente los tanques solares del circuito de alimentación del agua de red mediante una válvula de tres vías que desvía la alimentación de red directamente hacia la caldera sin precalentamiento solar. Una vez aislados los tanques solares, los colectores se encargan de que se alcance la temperatura de tratamiento. Para homogeneizar los tanque y evitar zonas frías, es preciso contar con una bomba que mezcle el contenido de los tanques (sistema que recomendamos con tratamientos antilegionella esporádicos).

Ambas soluciones penalizan el rendimiento solar, aunque no tan drásticamente como el calentamiento con caldera, al obligar a los colectores solares a trabajar a temperaturas más altas. En cualquiera de los casos la penalización será tanto menor cuanto mayor sea el rendimiento de los paneles solares utilizados a temperaturas elevadas.

3.6.8. Opciones con instalaciones solares centralizadas de ACS

La selección del esquema más adecuado para acoplar un sistema solar al sistema convencional parte de:

1. Centralización o descentralización de los generadores convencionales
2. Tipo de energía convencional seleccionado y/o disponible y
3. Equipos convencionales seleccionados.

En edificios con una única propiedad (hoteles, oficinas, viviendas unifamiliares, etc.) las instalaciones de producción de ACS son centralizadas y suelen utilizar combustibles fósiles y la manera de implementar el aprovechamiento solar pasa por esquemas del estilo del esbozado en la Fig. 13 y con mayor detalle en la Fig. 14. Por limitaciones de espacio, la explicación en detalle de los esquemas se puede obtener en su delegación Viessmann.

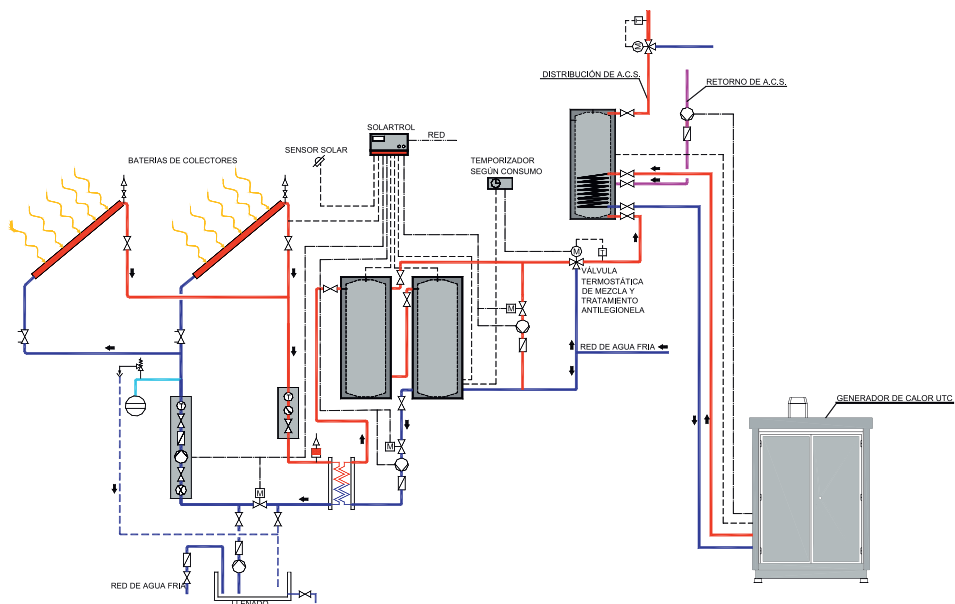


Figura 14. Sistemas de solar de producción de ACS. Caso: acoplamiento de la instalación solar con acumulación centralizada a un sistema convencional con caldera centralizada.

En viviendas colectivas, el mercado actual de equipos convencionales de preparación de ACS en obra nueva está dominado por las calderas murales a gas y por los calentadores eléctricos individuales.

El acoplamiento de una instalación solar con una caldera mural, mantiene los requisitos generales de acoplamiento solar para la producción de ACS y en particular que la instalación solar se va a utilizar para precalentar el agua de red y que la caldera ha de completar el salto térmico requerido en caso de que el calentamiento solar no sea suficiente. Sin embargo, en este caso hay una serie de nuevas restricciones sobre la caldera mural, que claramente van en la dirección de aumentar los requisitos de calidad de la caldera mural:

1. La caldera mural de producción instantánea de ACS ha de estar preparada para que por la entrada de agua fría de la caldera, entre agua precalentada hasta temperaturas del orden de los 50° - 60 °C.
2. Muchas calderas murales de producción instantánea de ACS, cuando se las alimenta con su caudal de diseño, funcionan a potencia constante y por lo tanto aumentan la temperatura del agua en una cantidad constante: no existe regulación de temperatura de salida. Para evitar temperaturas excesivas en la salida cuando la entrada se ha precalentado con solar, evitando quemaduras y daños en las instalaciones de distribución de ACS, la caldera mural solarizada ha de ser modulante y regular la potencia del quemador. En el caso de utilizar calderas de producción instantánea de ACS no modulantes, se suelen montar en paralelo la instalación solar y la caldera para evitar las sobretemperaturas; este funcionamiento (100 % de la producción instantánea desde la caldera o sólo cuando el agua del acumulador solar está a la temperatura de consumo, 100 % desde el acumulador solar), si se pretende garantizar el confort y, por tanto, el nivel de temperatura de suministro de ACS, provoca una penalización del rendimiento de la instalación solar muy importante, superior al 25 %, al hacerla funcionar a temperaturas medias más elevadas.
3. Las calderas murales que producen el ACS mediante el calentamiento de un acumulador adyacente no tienen que ser modulantes, ya que se controlan a partir de la temperatura del acumulador. Sin embargo, el acumulador al que se acoplen ha de tener dos serpentines, a través del superior produce el ACS la caldera y a través del inferior el lazo de distribución conectado a la instalación solar realiza el precalentamiento del agua de red. Para el dimensionado solar, hay que tener en cuenta que en este caso, únicamente actúa como volumen solar el volumen del acumulador situado por debajo del serpentín conectado a la caldera.
4. Las calderas murales de producción instantánea de ACS suelen tener restringido el caudal máximo que puede pasar por ellas de cara a evitar el que no se alcancen las temperaturas de confort, ya que la potencia de la caldera es fija. Dado que cuando contamos con una instalación solar siempre —incluso en invierno— hacemos trabajar a las calderas con temperaturas superiores a las del agua de red, quiere decir que vamos a ser capaces de producir un mayor caudal de agua preparada a la temperatura de consigna; es, por tanto, interesante el suavizar la restricción de caudal máximo de agua a través de la caldera y poder

atender adecuadamente —con el consiguiente aumento del confort del usuario final— una demanda punta mayor que si no contáramos con la instalación solar.

5. Las calderas murales modulantes de producción instantánea de ACS suelen arrancar por detección de demanda de agua de consumo y no por temperatura. Es conveniente que si la temperatura de precalentamiento solar del ACS es igual o superior a la de consigna del consumo, el control por temperatura sea más rápido y que corte la señal de arranque del quemador provocada por la detección de flujo de agua de consumo, con lo que no arranca el quemador.

En la gama de calderas murales Viessmann, se puede encontrar calderas que cumplen con todos estos requisitos para su solarización con eficiencia y seguridad.

La solarización del sistema de ACS con caldera mural en comunidades de vivienda, requiere tomar decisiones con respecto a la centralización o individualización de los componentes de la instalación solar. Las opciones son:

1. Instalación solar individual con colector y acumulación en una única unidad y dando servicio a una sola vivienda a través de un lazo de distribución individual.
2. Instalación solar colectiva con campo de colectores comunitario y acumulación comunitaria distribuyendo a todas las viviendas, mediante un lazo con recirculación; agua comunitaria precalentada desde el acumulador solar, Fig. 15.
3. Instalación solar colectiva con campo de colectores comunitario y acumulación comunitaria. Precalentamiento solar en cada vivienda del ACS de consumo, mediante un lazo de distribución con recirculación que transfiere el calor solar del acumulador solar al agua fría de cada vivienda mediante un intercambiador de calor, Fig. 16.
4. Instalación solar colectiva con campo de colectores comunitario y acumulación solar individual en cada vivienda. Precalentamiento solar en cada vivienda del ACS de consumo, mediante un lazo de distribución con recirculación que transfiere calor solar captado por los colectores solares al agua fría de cada vivienda mediante un serpentín en el acumulador individual, Fig. 17.

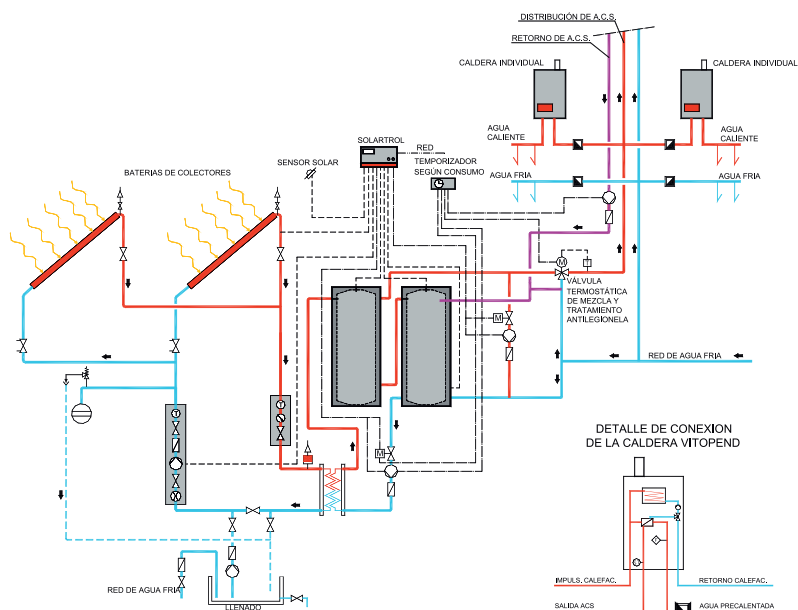


Figura 15. Sistemas de solar de producción de ACS. Caso: acoplamiento de la instalación solar con acumulación centralizada a un sistema convencional con caldera mural instantánea y contador de agua de consumo por vivienda.

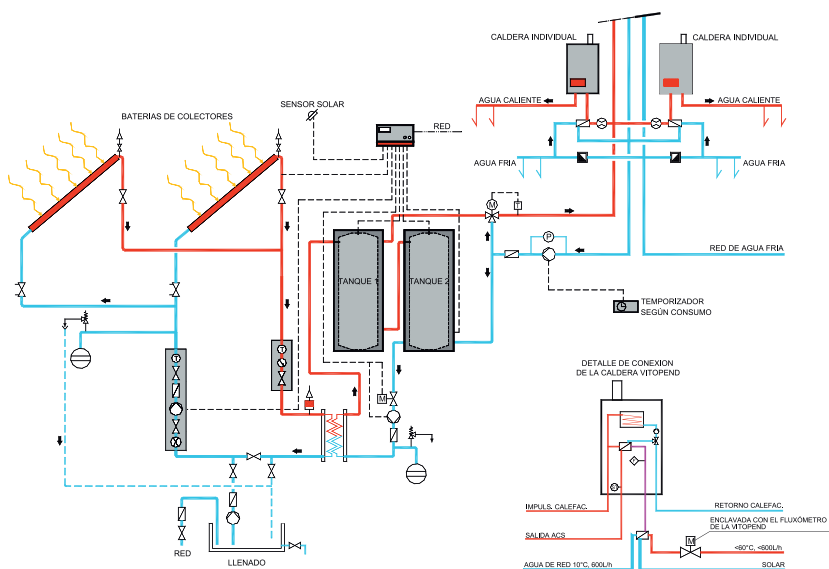


Figura 16. Sistemas de solar de producción de ACS. Caso: Acoplamiento de la instalación solar con acumulación centralizada a un sistema convencional con caldera mural instantánea e intercambiador de calor por vivienda.

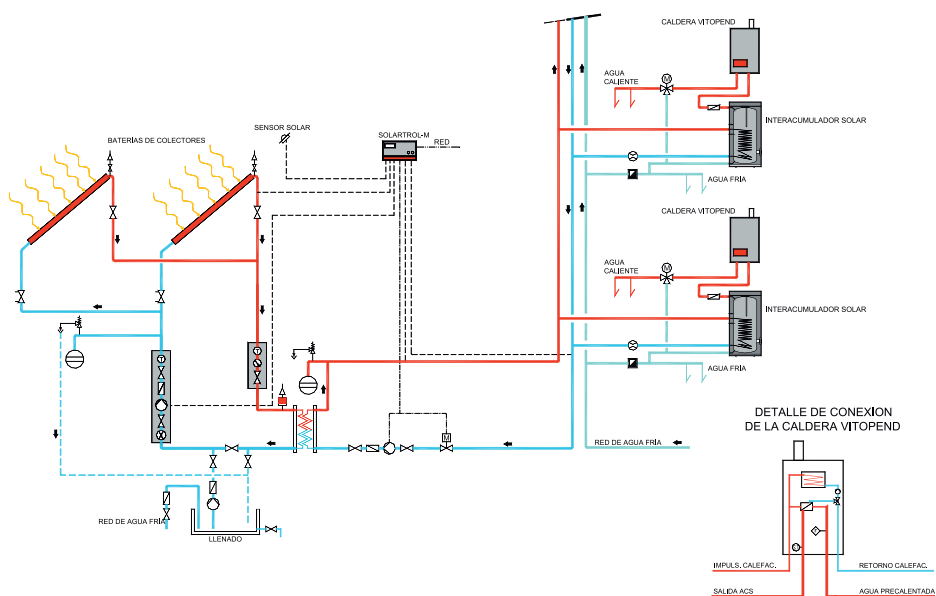


Figura 17. Sistemas de solar de producción de ACS. Caso: acoplamiento de la instalación solar con acumulación individual por vivienda a un sistema convencional con caldera mural instantánea.

Aplicando criterios ya sea de coste, de eficiencia, de garantía de confort o de estética, la opción 1 es la menos interesante y de hecho no se están realizando instalaciones de este tipo en las ciudades con ordenanza solar. Las opciones con acumulación solar centralizada (2 y 3) son las más eficientes y baratas y únicamente se está optando por la opción 4 cuando hay problemas de ubicación del acumulador solar (resistencia de forjados, espacio disponible, impacto visual, etc.) o cuando el promotor de las viviendas entiende que el usuario final va a valorar favorablemente el tener su acumulador en su casa. Desde un punto de vista de eficiencia del sistema solar y de coste, las opciones 2 y 3 son muy similares siempre que se cuente con una caldera que integre el intercambiador solar (como es el caso de las calderas Vitopend), se realice la selección de materiales y componentes del circuito de acumulación solar y el diseño del lazo de distribución teniendo en cuenta los coeficientes de simultaneidad de los consumos en las viviendas y que uno es un circuito abierto mientras el otro es cerrado. Las diferencias fundamentales entre ellos son:

- ✱ En la opción 2 (Fig. 15) el ACS de consumo en cada vivienda es agua comunitaria y, por lo tanto, es imprescindible el medir el consumo de agua precalentada (adicionalmente a la medida del consumo de agua fría) para poder repartir el gasto de agua entre los vecinos: la compañía distri-

buidora de agua medirá y cobrará basándose en el contador de consumo comunitario mientras que la comunidad tendrá que repartir el gasto entre los vecinos en función del consumo individual. Este elemento es más un elemento psicológico que de coste, ya que la información sobre el consumo de agua del resto de los vecinos puede provocar conflictos del estilo de «si yo he pagado lo mismo por la instalación solar, por qué te vas a aprovechar tu más de ella». La opción 2 requiere, por tanto, como elementos adicionales a los presentes en la opción 3, un contador por vivienda y un contador general de agua precalentada para todas las viviendas. En viviendas colectivas, hay que implementar una instalación de presurización del agua de red cada 60 puntos de consumo; para evitar que la diferencia de presiones del agua caliente (precalentada con solar) y del agua fría produzca —en el momento de su mezcla— problemas de variaciones rápidas de la temperatura en los puntos de consumo es imprescindible que un mismo grupo de bombeo alimente a ambos circuitos de agua fría y de agua caliente. Por ello, en esta opción 2, por cada grupo de 60 puntos de consumo es necesario instalar un tanque interacumulador auxiliar, por cuyo serpentín interior circula el agua calentada en el sistema de acumulación solar central. De esta forma, en este interacumulador, el sistema solar transfiere su calor al agua de red, precalentándola con energía solar y distribuyéndola a cada caldera mural a la misma presión que el agua fría disponible en cada vivienda.

- ✱ En la opción 3 (Fig. 16) el ACS de consumo ya no es comunitaria, sino que procede del mismo contador de agua fría, por lo que no es necesaria ni la medida del agua precalentada con solar ni realizar el reparto del gasto de agua entre los vecinos. Como elemento adicional a instalar está el intercambiador de calor en cada vivienda lo cual, al separar circuitos, convierte el esquema en intrínsecamente seguro contra la legionelosis y va a facilitar el mantenimiento de la instalación solar y de calderas y, especialmente, en el que en caso de que la instalación solar esté en mantenimiento, va a evitar la necesidad de cortar o desviar el suministro de ACS a todas las viviendas ya que el agua a calentar no pasa a través del acumulador solar.

3.6.9. Opciones con instalaciones solares para climatización de piscinas

Desde el punto de vista de la estimación de las demandas energéticas necesarias para las instalaciones para la climatización de piscinas en polideportivos u

hoteles se suelen considerar como variantes fundamentales la existencia o no de bombas de calor de recuperación del calor del aire de renovación del recinto de la piscina y el que se cuente o no con mantas térmicas para la reducción de las pérdidas energéticas en los periodos en los que no se utiliza la piscina. Conociendo esos datos y los periodos de utilización se puede estimar las demandas energéticas anuales a partir de lo cual se puede dimensionar la instalación solar.

Dado que normalmente las piscinas suelen contar con demandas de ACS, los esquemas solares que suelen implementarse prevén el aportar energía solar tanto a la demanda de climatización de piscina como de producción de ACS (Fig. 18). El ACS se precalienta con energía solar al igual que en los esquemas mostrados en las Figs. 14-17; el aporte solar a la piscina se realiza en serie con la caldera, precalentando el agua que proveniente de la piscina va hacia la caldera -donde terminará de acondicionarse a la temperatura de consigna- y en paralelo con la bomba de calor de recuperación del calor del aire de ventilación del recinto de piscina en caso de que exista. El criterio de control para dirigir el calor del sol a la preparación de ACS o hacia la piscina suele ser el de maximizar la productividad energética solar y en ese sentido el control comparará la temperatura de la parte fría del acumulador solar para ACS con la de la piscina y elegirá la aplicación con la temperatura más baja y que, por tanto, aprovechará mejor el calor del sol.

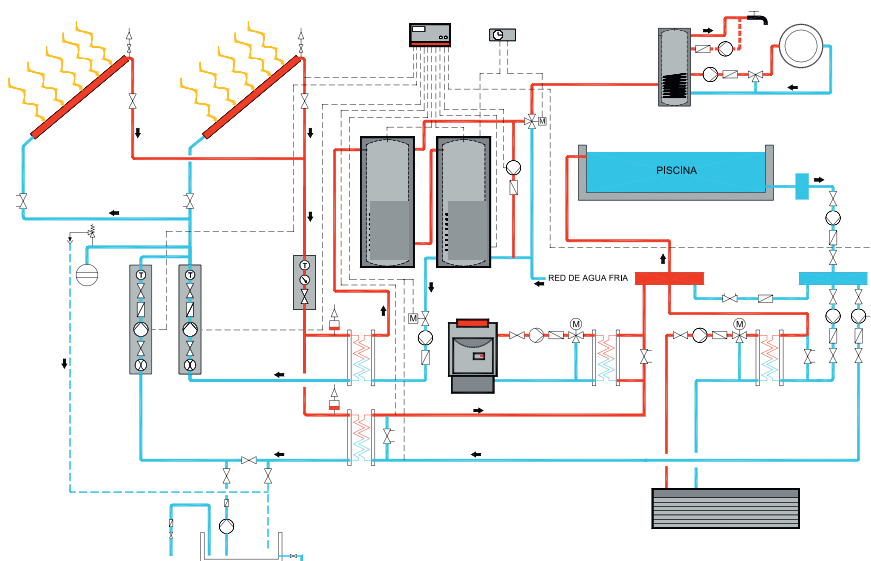


Figura 18. Esquema tipo para instalación solar para la climatización de piscina y la producción de ACS.

3.6.10. Dimensionados usuales de las instalaciones solares

Utilizando colectores planos de suficiente calidad, el área de colector requerida para cumplir los requisitos de las ordenanzas solares suelen ser bastante reducidas (de 1,3 a 2,5 m²/vivienda tipo en función de la tecnología utilizada y la localización y el tamaño de la vivienda). El espacio necesario a reservar para la instalación solar viene a ser del doble del área de colectores en terrazas planas y de un 25 % más del área de colectores si el montaje se realiza sobre un tejado inclinado. La orientación ideal es mirando al sur y la inclinación ideal de los paneles es de unos 40°, pero desviaciones en orientación superiores a 45° y desviaciones de inclinación de más de 20°, suponen penalizaciones en la producción energética de la instalación solar mínimas. La acumulación solar a instalar está entre los 50 y los 70 l/m² de colector solar. El resultado es una instalación solar que viene a repercutir en menos de un 1 % del coste de la vivienda.

En el caso de piscinas el dimensionado usual suele ser de unos 0,5 m² de colector solar por cada m² de lámina de agua de piscina a climatizar, para obtener coberturas de la demanda en torno al 60 % con la energía solar, no siendo necesario en este caso el incluir volumen de acumulación.

3.7. Conclusiones

La dosificación del paso de calor es, junto con una regulación adecuada, la característica constructiva que permite a las calderas de Baja Temperatura adaptar la temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación, sin que se produzcan en su interior condensaciones ácidas perjudiciales para la caldera.

Las calderas de Condensación aprovechan una importante cantidad adicional de calor mediante el aprovechamiento precisamente de la condensación.

En ambos casos, el funcionamiento en función de las necesidades reales de la instalación reduce significativamente las pérdidas por radiación y convección y en consecuencia las pérdidas por disposición de servicio. Las calderas de Condensación, mediante la recuperación del calor latente (calor de condensación) no sólo reducen aun más las pérdidas por calor sensible al enfriar intensivamente los humos y reduciendo, por lo tanto, las pérdidas globales de energía, sino que el

aprovechamiento de la condensación las permite obtener los mayores rendimientos estacionales y las convierte en el máximo exponente de ahorro y eficiencia energética.

Como resumen se puede partir de los siguiente valores de rendimiento estacional en función de la tecnología de la caldera:

- ✱ Caldera Estándar: 75 - 80 %.
- ✱ Caldera de Baja Temperatura: 91 - 96 %.
- ✱ Caldera de Gas de Condensación: 105 - 109 %.

En los tres casos los valores de rendimiento estacional son relacionados al Poder Calorífico Inferior (P.C.I.).

Dado que el rendimiento estacional es directamente proporcional al consumo, las diferencias de estos rendimientos entre una caldera y otra serán exactamente las diferencias en los consumos de combustible, pudiendo observar que el ahorro energético, por lo tanto, que puede llegar a alcanzarse con una caldera de Condensación con respecto a una Estándar, puede superar incluso el 30 %.

Con todo ello, si sumamos al ahorro producido por las calderas de condensación, el aporte de energía solar gratuita en porcentajes del 60-70 % de la demanda de energía para la preparación del ACS, las rentabilidades del conjunto solar-condensación, serán muy interesantes.

4.1. El Ascensor: desde la Antigüedad al Siglo XXI

Los sistemas de elevación se conocen desde la Antigüedad, remontándose los primeros antecedentes a la civilización egipcia, donde, mediante diversos sistemas de cuerdas y rampas con los que lograron mover los bloques de piedra, se utilizaron para construir las pirámides, o elevar las aguas del río Nilo hasta los canales de riego con mecanismos de brazos contrapesados. Si bien es en el año 236 aC cuando Arquímedes desarrolla el precursor del primer ascensor que funcionaba con cuerdas y poleas.

Desde entonces, las distintas civilizaciones han hecho uso de diversas técnicas, más o menos complejas, para conseguir el efecto que sobre las cargas consiguen los elevadores. Algunas tan innovadoras como la empleada en el montacargas usado en Roma, en tiempos del emperador Tito, para subir a los gladiadores y a las fieras a la arena del Coliseo Romano; el mecanismo ideado por los monjes del Monasterio de San Barlaam, en Grecia, con el que lograron que las personas y los suministros llegasen sin dificultad al inaccesible monasterio construido sobre la cima de una montaña; o el ascensor que se hizo construir el rey Luis XV en el Palacio de Versalles, con el fin de subir cómodamente y con total privacidad de un piso a otro.

Estos precedentes muestran como los sistemas de elevación se hacían cada vez más presentes en la vida cotidiana del hombre. No obstante, los primeros ascensores que pueden considerarse como tales aparecen en plena Revolución Industrial; cuando en 1835 se incorpora la máquina a vapor para levantar cargas, aunque es veinte años después, en el año 1854, con el dispositivo de seguridad inventado por Elisha G. Otis con el que se impulsó definitivamente el uso del ascensor.

Otis ideó un revolucionario sistema de seguridad que evitaba que la plataforma se estrellara contra el suelo, aunque se cortase el cable de tracción. Su invento fue presentado con gran éxito en 1854 en la Feria del Palacio de Cristal de Nueva York al realizar una original demostración que consistió en

permitir que cortaran intencionalmente el cable del montacargas con él en su interior. La cabina quedó detenida tras caer unos pocos centímetros gracias al sistema ideado por Otis. Este acontecimiento marcó el inicio de la industria del ascensor.

A partir de esta experiencia y durante el último tercio del siglo XIX se sucedieron importantes y numerosos avances en el campo de los ascensores y, especialmente, dos relativos a los sistemas de propulsión.

Uno, el ideado por el francés León Edoux quien presentó en la Exposición Universal de París de 1867 un aparato elevador que utilizaba la presión del agua para elevar una cabina montada en el extremo de un pistón hidráulico.

El otro fue la introducción del motor eléctrico en la construcción de elevadores en 1880 por el inventor alemán Werner von Siemens. En su invento, la cabina, que sostenía el motor debajo, subía por el hueco mediante engranajes y piñones que actuaban sobre los soportes en los lados de los huecos.

Los dos sistemas de propulsión dieron lugar a la división que actualmente se hace de los ascensores en eléctricos e hidráulicos. Paralelamente al desarrollo de los sistemas de tracción, se avanzó en los mecanismos de maniobra, desde el manual, utilizada en los primitivos ascensores, hasta las maniobras automáticas de los ascensores modernos.

Actualmente los ascensores constituyen un elemento cotidiano que se caracteriza por una doble faceta, su comodidad y su seguridad. En este último aspecto ha contribuido decididamente el desarrollo normativo que para este tipo de aparatos se ha llevado a cabo.

4.2. Parque de ascensores actualmente instalados

En la Comunidad de Madrid había al comienzo del año 2011 en funcionamiento más de 153.000 ascensores, lo que representa el 15,7% de todos los ascensores instalados en nuestro país que eran 974.439 ascensores. Cifra que va en aumento al instarse al año unos 5000 nuevos aparatos sólo en la Comunidad de Madrid.

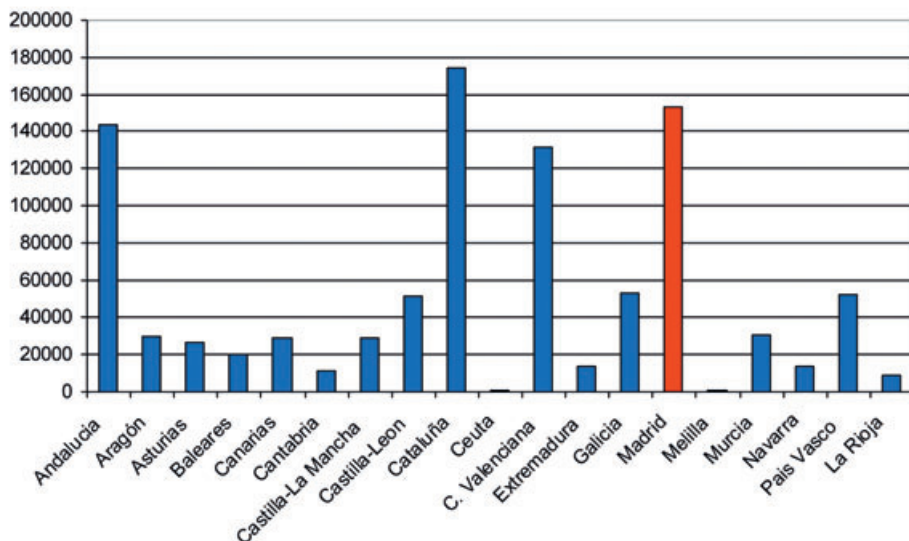


Figura 1. Reparto del parque de ascensores en España en el año 2010.

Fuente FEDA

El parque de ascensores de la Comunidad de Madrid es el segundo más alto de España solo superado por Cataluña con 173.000 aparatos, pero si se tiene en cuenta el reducido territorio de la Comunidad de Madrid, se convierte en la Comunidad Autónoma con más densidad de aparatos de toda España.

4.3. Desarrollo legislativo: la Normativa Nacional, la aparición de las Comunidades Autónomas y la incorporación a la Unión Europea

En España, el desarrollo reglamentario para ascensores tiene dos hitos que han marcando su enfoque y sentido actuales: la aparición de las Comunidades Autónomas y la adhesión de España a la CEE, ahora UE.

En un principio la normativa exigible a los ascensores emanaba de un único órgano, el Ministerio de Industria, que iba adaptando las exigencias para todos los ascensores en el territorio nacional en la medida que se incorporaban nuevos avances técnicos y se ganaba en conocimiento y experiencia.

El primer hito surge con la aparición de las Comunidades Autónomas y el traspaso de competencias y funciones a éstas por parte del Estado, y con ello, comenzaron a exigirse por cada Comunidad Autónoma requerimientos adicionales a la normativa básica, que continuaba siendo potestad exclusiva de la Administración General del Estado.

El segundo hito fue la incorporación de España a la Unión Europea, y ello supuso una profunda revisión legislativa, tanto nacional como autonómica, para adaptarse a la del resto de países de la Unión Europea. La finalidad de esta adaptación es la eliminación de las barreras técnicas, lo que exige la homogeneización de criterios en seguridad en todos los Estados de la Unión Europea.

Esta armonización legislativa ha obligado a la sustitución de la reglamentación existente por otra más acorde a las exigencias comunitarias, mediante la transposición de las Directivas Europeas al ordenamiento jurídico español, mientras que las Comunidades Autónomas pueden seguir estableciendo requisitos adicionales al amparo de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, pero que en ningún caso pueden contravenir las disposiciones europeas ni sustituir a las disposiciones nacionales, sino complementarlas o desarrollarlas, según establece en su artículo 12.5 de la citada Ley.

4.4. Normativa de carácter nacional. Evolución y situación actual

En España, el primer Reglamento de Aparatos Elevadores apareció en el año 1952, recogiendo ya las primeras exigencias mínimas de seguridad que debían cumplir los ascensores.

Sin embargo, los avances tecnológicos y la necesidad de regular otros aspectos técnicos de los ascensores motivaron su revisión para incluir las nuevas exigencias en relación con los avances tecnológicos que se estaban introduciendo en España. Así, se publicó mediante Orden de 30 de Julio de 1966 del Ministerio de Industria, un nuevo Reglamento que derogaba el anterior de 1952, y establecía la obligatoriedad de su cumplimiento para todos los ascensores instalados a partir del 1 de abril de 1967.

Vista la necesidad de incorporar puertas en cabinas, que había desaparecido con el Reglamento de 1966, mediante la Orden Ministerial de 20 de julio de 1976, se vuelve a incorporar la obligación de colocar puertas en los ascensores de nue-

va instalación, concediendo un plazo de cuatro años para efectuar las reformas, exigiéndose a todos los ascensores posteriormente instalados a agosto de 1980.

En la década de los ochenta, y con el ánimo de elevar el nivel de seguridad de los ascensores anteriores al Reglamento de Aparatos Elevadores de 1966, se publicó la Orden de 31 de marzo de 1981 del Ministerio de Industria, en la que se fijaban las condiciones técnicas mínimas exigibles a los ascensores y se daban normas para efectuar las revisiones periódicas de los mismos. En esta Orden se estableció que los ascensores con autorización de puesta en marcha concedida de acuerdo con el Reglamento de 1966 deberían seguir cumpliendo el mismo, mientras que los ascensores cuya instalación se hubiera efectuado con anterioridad a la vigencia de este reglamento deberían cumplir, en cualquier caso, las exigencias técnicas establecidas en dicha Orden, lo que supone en sí, una completa revisión y actualización del parque de ascensores autorizados de acuerdo al Reglamento del año 1952.

Sin embargo, el gran avance de en esta década se produce con el Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre, por el que se aprobó el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención de los mismos, al extender el ámbito de aplicación de la normativa establecida hasta entonces a los montacargas, escaleras mecánicas, andenes móviles, montamateriales para la construcción, grúas, aparatos de elevación y trasportes continuos, transelevadores, plataformas elevadora, carretillas de manutención y otros aparatos similares. Para cada uno de estos aparatos, la aplicación de la normativa quedaba supeditada a la publicación de la Instrucción Técnica Complementaria correspondiente, si bien, sólo se publicaron la ITC MIE AEM-1, referente a Normas y seguridad para la construcción e instalación de ascensores electromecánicos¹, la ITC MIE AEM-2, referente a grúas torres desmontables para obras, la ITC MIE AEM-3 referente a carretillas automotoras de manutención y la ITC MIE AEM-4, referente a grúas móviles autopropulsadas usadas.

¹ La ITC MIE-AEM 1 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención, originariamente aprobada por Orden de 19 de diciembre de 1985, fue posteriormente modificada para acoger las prescripciones de la Directiva 86/312/CEE, que adaptó al progreso técnico la Directiva 84/529/CEE por actualización de la Norma europea EN-81-1 de 1985 (UNE 58-705-86), procediéndose a aprobar un nuevo texto de la instrucción citada por Orden de 23 de septiembre de 1987. Además, como la Directiva del Consejo 90/486/CEE, de 17 de septiembre de 1990, modificó de nuevo la citada Directiva 84/529/CEE, ampliando su campo de aplicación a los ascensores movidos hidráulica y oleoeléctricamente a que se refiere la Norma europea EN812 (UNE 5871789), resultó necesario modificar la ITC MIE-AEM 1, adaptándola a la modificación de la Directiva 84/529/CEE, y reformándola para incluir las prescripciones relativas a los ascensores hidráulicos.

Esta ha sido la reglamentación exigible hasta la entrada en vigor de la actual normativa ascensores recogida en el Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto, por el que se aprobaban las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 95/16/CE sobre ascensores.

Esta disposición, que actualmente es exigible a los ascensores instalados con posterioridad a la fecha 1 de julio de 1999², supone una aproximación de los Estados miembros en materia de normativa de ascensores y ha sido un claro exponente del «nuevo enfoque» comunitario y del llamado «enfoque global» mediante los cuales se garantiza la seguridad mediante la Declaración de Conformidad a Normas, cuyo cumplimiento en los ascensores y componentes de seguridad queda reflejado con la colocación del marcado CE. Este Real Decreto establece el procedimiento para asegurar la conformidad mediante los módulos a los que pueden acogerse los fabricantes para asegurar la conformidad de sus productos y se determina el papel que deben desempeñar los organismos notificados en la verificación de la seguridad.



Figura 2. Marcado CE.

Asimismo, el Real Decreto 1314/1997 derogó el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención de los mismos, aprobado por el Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre, salvo en sus artículos 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19 y 23, referentes a empresas conservadoras, propietarios y personal encargado del aparato; revisiones de conservación e inspecciones periódicas; datos registrales y estadístico y el desarrollo de estos artículos en la ITC MIE AEM-1.

Esta última normativa supone una falta de uniformidad a la hora de incluir condiciones de seguridad en los ascensores según su fecha de instalación y por ello, se publica el Real Decreto 57/2005, de 21 de enero, cuya entrada en vigor se produjo el 4 de agosto de 2005. En este Real Decreto se establecen una serie de prescrip-

² Nótese que la fecha de publicación fue 30 de octubre de 1997, siendo su cumplimiento con carácter voluntario hasta la fecha de 1 de julio de 1999.

ciones para el incremento de la seguridad del parque de ascensores existente, cuyo registro de puesta en servicio era anterior a la entrada en vigor del Real Decreto 1314/1997. Parte de estas exigencias serán obligatorias en el plazo máximo de un año desde el momento en que un Organismo de Control Autorizado³ (OCA) realice la correspondiente inspección periódica reglamentaria, y el resto cuando se den los supuestos que para determinados casos indica el Real Decreto.

Asimismo, define el concepto de modificación de cara a la exigencia del Real Decreto 1314/1997 con la totalidad del aparato.

Actualmente desde el Ministerio de Industria, se está preparando una nueva ITC MIE AEM 01 que incluye novedades en cuanto a los ascensores de velocidad nominal inferior a 0,15 m/s, hasta ahora excluidos de la normativa de ascensores, y a los procesos de inspección.

4.5. La Comunidad de Madrid eleva sus exigencias de seguridad en los ascensores

La Comunidad de Madrid, haciendo uso de las competencias transferidas en materia de Industria, inició su actividad normativa en el campo de ascensores mediante la entrada en vigor de la Orden 1140/1997 de 24 de abril, de la Consejería de Economía y Empleo en la que se estableció la obligación de instalar puertas en cabina para los ascensores que carecían de ellas, marcando un calendario para que todo el parque de aparatos existente se adaptase y con el paso del tiempo sus objetivos han sido ampliamente superados.

El siguiente paso normativo lo constituyó la Orden 2617/1998, de 1 de junio, de la Consejería de Economía y Empleo, por la que se fijaban normas para la regulación del sistema de mantenimiento e inspección de aparatos elevadores. Esta Orden, actualmente anulada⁴, indicaba las operaciones y frecuencia del programa

³ Los Organismos de Control, de acuerdo con la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, y definidos en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, que aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, son Entidades públicas o privadas, con personalidad jurídica, que habrán de disponer de los medios materiales y humanos, así como de la solvencia técnica y financiera e imparcialidad necesarias para realizar su cometido, pudiendo ser las encargadas de comprobar el cumplimiento de las disposiciones y requisitos de seguridad.

⁴ Anulada por sentencia del Tribunal Supremo de 16 de marzo de 2005. debido a motivos procedimentales en la aprobación de la misma.

de mínimos de revisión y mantenimiento de los ascensores eléctricos e hidráulicos, respectivamente.

Elevando el nivel de seguridad alcanzado con la Orden 2617/1998 y con el objetivo de profundizar más en los aspectos de inspecciones periódicas de los ascensores, se publicó la Orden 2513/1999, de 31 de mayo, de la Consejería de Economía y Empleo, sobre la inspección técnica periódica de los aparatos elevadores. No obstante, fue con la Orden 13235/2000, de 29 de diciembre, de la Consejería de Economía y Empleo, sobre inspecciones y corrección de deficiencias en ascensores, con la que se sistematiza el proceso de inspección de los ascensores, estableciendo la relación de defectos correspondientes a las inspecciones técnicas de los ascensores, y calificándolos en función de la incidencia en la seguridad de los usuarios. Esta Orden estableció los plazos para la corrección de defectos y el procedimiento de seguimiento para la verificación del cumplimiento de esos plazos.

Posteriormente, la Orden 1728/2002 de 29 de abril, de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica ha modificado los anexos de la Orden 13235/2000, de 29 de diciembre, sobre inspecciones y corrección de deficiencias en ascensores, para adecuarla a las exigencias del Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto.

Además para dar más flexibilidad a la subsanación de deficiencias detectadas en ascensores antiguos, se publicó la Orden 3711/2007, de 11 de diciembre, de la Consejería de Economía y Consumo, por la que se modifica la Orden 13235/2000, de 29 de diciembre, sobre inspecciones y corrección de deficiencias en ascensores.

4.6. La seguridad de los ascensores: inspección y mantenimiento

El denominador común de toda la reglamentación desarrollada hasta ahora ha sido incrementar en cada momento el nivel de exigencia en materia de seguridad tanto en los procesos de diseño y construcción como en las condiciones de su explotación.

En el de diseño, la seguridad ha impulsado con la aplicación directa de la normativa para cada uno de sus elementos constructivos, mientras que en la explotación de los ascensores, la seguridad se ha apoyado en dos grandes pilares: las inspecciones técnicas periódicas que realizan los Organismos de Control Autorizados (OCAs) y las revisiones periódicas que realizan las empresas conservadoras autorizadas.

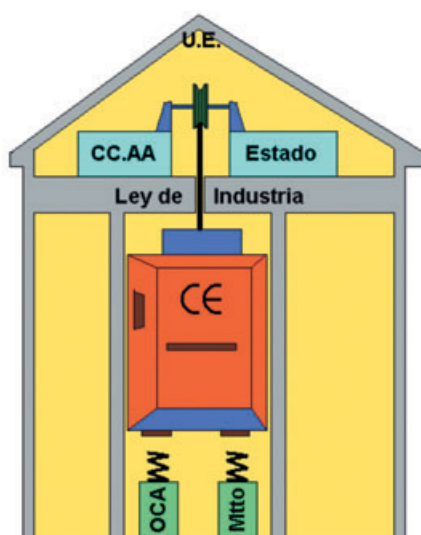


Figura 3. La seguridad en un ascensor.

4.6.1. La obligatoriedad de las inspecciones periódicas

En cuanto a las inspecciones, todos los ascensores tienen la obligación de ser sometidos a una inspección, con una periodicidad que está en función de sus características:

- 1) Cada dos años en ascensores instalados en edificios industriales y lugares de pública concurrencia.
- 2) Cada cuatro años en edificios de más de veinte viviendas o con más de cuatro plantas servidas.
- 3) Cada seis años en los edificios no incluidos en los apartados anteriores.

Como ya se ha indicado anteriormente, el proceso de inspección de estos ascensores en la Comunidad de Madrid está recogido en la Orden 13235/2000 de 29 de diciembre y su modificación posterior por la Orden 1782/2002, de 29 de abril y la Orden 3711/2007, de 11 de diciembre.

En estas disposiciones se fijan los defectos que deben considerar los OCAs en las inspecciones periódicas que realicen y se establece la codificación de los mismos con tres dígitos, L-N-X. El primero de ellos es una letra que indica el grupo al que corresponde el defecto, el segundo un número que indica el plazo estableci-

do para la subsanación del defecto en función de la gravedad de su incidencia en la seguridad de los usuarios (0: corrección imprescindible, sin la cual no puede utilizarse el ascensor; 1: la corrección debe realizarse en el plazo máximo de cinco meses a partir de la fecha de la inspección; 2: la corrección debe efectuarse en el plazo máximo de diez meses a partir de la fecha de la inspección), quedando el tercer dígito destinado a la identificación del defecto dentro de su grupo.

Asimismo, se regula el procedimiento que se ha de seguir ante los defectos detectados en la instalación, clasificados en muy graves, graves y leves. En el primer caso, se procede a la paralización inmediata del ascensor; en el segundo, se les concede un plazo máximo de cinco meses para corregir los defectos, prorrogable en tres meses más si existe contrato con una empresa para subsanación de los mismos y, al mismo tiempo, se exige que el OCA, que realizó la inspección, efectúe el seguimiento de la corrección de defectos. Y por último, las leves, deben ser subsanadas en el plazo de diez meses con la obligación de la empresa mantenedora de notificar la subsanación al OCA.

Esta Orden 13235/2000 y su modificación posterior, la Orden 1782/2002, contemplan un amplio conjunto de defectos que abarcan la totalidad de los elementos de seguridad del ascensor, estableciendo los elementos a inspeccionar según los siguientes grupos:

- a) Puertas de acceso y su condena mecánica y eléctrica.
- b) Cables de tracción y sus amarres.
- c) Grupo tractor y mecanismos de freno.
- d) Paracaídas y limitador de velocidad.
- e) Topes elásticos y amortiguadores.
- g) Cabina y acceso.
- h) Contrapeso.
- i) Circuitos eléctricos de seguridad.
- j) Maniobras de seguridad.
- k) Hueco del ascensor.
- l) Cuartos de máquinas y poleas.

La Orden 3711/2007, ha dotado al proceso de subsanación de flexibilidad al permitir aportar soluciones de seguridad alternativas a los que contemplan los reglamentos siempre que se mantengan las mismas condiciones de seguridad.

Es importante destacar que la homogeneización de los procesos de inspección ha permitido que todos los OCAs sigan un protocolo en la inspección de las instalaciones, con lo que se ha logrado un incremento en el cumplimiento en las medidas de seguridad en los ascensores, además de evitar la relación de los OCAs en la revisión de los mismos.

Actualmente, existen en la Comunidad de Madrid 17 OCAs autorizados⁵ para operar en el campo de las inspecciones periódicas de ascensores.

4.6.2. El mantenimiento como seguridad

La normativa vigente, asimismo, incide en el mantenimiento como factor fundamental en la seguridad de los ascensores, estableciendo la obligatoriedad del titular de contar con un contrato de mantenimiento con una empresa conservadora, a la que también se le exige el cumplimiento de unos requisitos legales que garanticen su eficacia, como son la realización de una revisión de la instalación una vez al mes como mínimo y disponer de los medios técnicos y humanos necesarios.

A estas empresas de mantenimiento se les exige, para poder desarrollar su actividad en la región, estar inscritas en el Registro de Empresas Conservadoras de la Comunidad, en el que constan registradas, actualmente, 88 empresas cuyos requisitos se han visto recientemente simplificados por el Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

No obstante a estas empresas se les sigue exigiendo contratar el correspondiente seguro de responsabilidad civil⁶, además de otros aspectos están recogidos en los artículos 10, 11 y 12 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención, aprobado por Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre; y en la parte de desarrollo de los mismos de la MIE- AEM 1, que no quedó derogado por el Real Decreto 1314/1997.

⁵ Buena parte asociadas en ASEICAM.

⁶ Es importante señalar que este seguro de responsabilidad civil cubre los derivados de la actividad de la empresa que no suelen incluir los accidentes que en ocasiones se producen en el uso de los ascensores en su funcionamiento cotidiano.

4.7. Las obligaciones de los usuarios

Los propietarios de los ascensores no están exentos de obligaciones, tal y como lo reflejan los artículos 13 y 14 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Mantenimiento de los mismos, aprobado por el Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre. Tienen la responsabilidad de mantener los ascensores en perfecto estado de funcionamiento y de impedir su utilización cuando no ofrezcan las debidas garantías de seguridad para las personas o cosas.

Para asegurarse el correcto funcionamiento de estas instalaciones, el Reglamento de Aparatos de Elevadores de 1985 establece para el propietario o el arrendatario del ascensor las siguientes obligaciones:

- a) Contratar el mantenimiento y las revisiones de las instalaciones con empresas que estén inscritas en el Registro de la Comunidad Autónoma.
- b) Solicitar la realización de la inspección periódica obligatoria con una OCA autorizada.
- c) Tener debidamente atendido el servicio del ascensor e impedir su uso cuando se tenga conocimiento de que no reúne las condiciones de seguridad.
- d) Facilitar el acceso a la empresa de mantenimiento para que realice las revisiones y comprobaciones necesarias.
- e) Comunicar tanto a la Dirección General de Industria, Energía y Minas como a la empresa de mantenimiento cualquier accidente que ocurra con el ascensor.
- f) Disponer de una o varias personas encargadas del aparato y con instrucción suficiente sobre el mismo.

Estas obligaciones pretenden implicar al propietario en el mantenimiento de las condiciones de seguridad del ascensor, pudiéndose exigirle responsabilidades por su incumplimiento. Especialmente, se le pide que se asegure de contratar el mantenimiento con una empresa debidamente registrada y de que el aparato haya pasado la inspección periódica obligatoria.

Ambos requerimientos quedan garantizados con la identificación oficial que debe figurar en la parte superior del dintel de la puerta de la cabina y en el cuadro de maniobras del ascensor. La identificación, de forma normalizada está establecida en la Resolución de 17 de noviembre de 2008, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas por la que se establece el modelo oficial de reconocimiento de inspección periódica de ascensores.

Dicha identificación de color amarillo contiene los datos esenciales del ascensor, como son el número de Registro de Aparatos Elevadores, el plazo de validez de la última inspección efectuada (día, mes y año), el domicilio de la instalación, la ubicación del ascensor y la contraseña de la empresa conservadora.

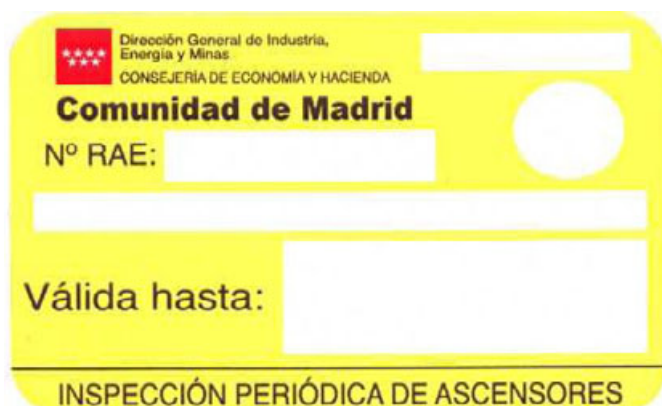


Figura 4. Pegatina de superación de inspección.

4.8. Conclusión: Garantizar la seguridad de los ascensores ha sido el eje de toda la normativa desarrollada

Los ascensores, implantados plenamente en la sociedad moderna, han ido incorporando, sucesivamente, avances técnicos y tecnológicos dirigidos especialmente a mejorar su comodidad y seguridad. En este último fin han sido determinantes las diversas normativas dictadas hasta ahora, en las que han ido exigiéndose unos mínimos de seguridad como garantía para sus usuarios.

La normativa ha experimentado una permanente mejora, donde los avances técnicos en el sector y la incorporación de España a la Unión Europea han catalizado esta evolución. A este impulso se han unido las comunidades autónomas con competencia en materia de seguridad industrial, que han establecido requerimientos adicionales para elevar los niveles de seguridad en sus respectivos ámbitos territoriales.

En el caso concreto de la Comunidad de Madrid, debido al elevado parque de ascensores existente, se ha incidido especialmente en dos pilares fundamentales como son la inspección periódica realizada por los Organismos de Control Autorizados (OCAs) y las revisiones periódicas que realizan las empresas conservadoras autorizadas.

Además, se han de añadir las constantes campañas y jornadas divulgativas que periódicamente viene llevando a cabo la Dirección General de Industria, Energía y Minas para concienciar sobre la necesidad de adecuar las instalaciones a los últimos avances en seguridad e incidir en la importancia que tiene las inspecciones técnicas periódicas obligatorias.

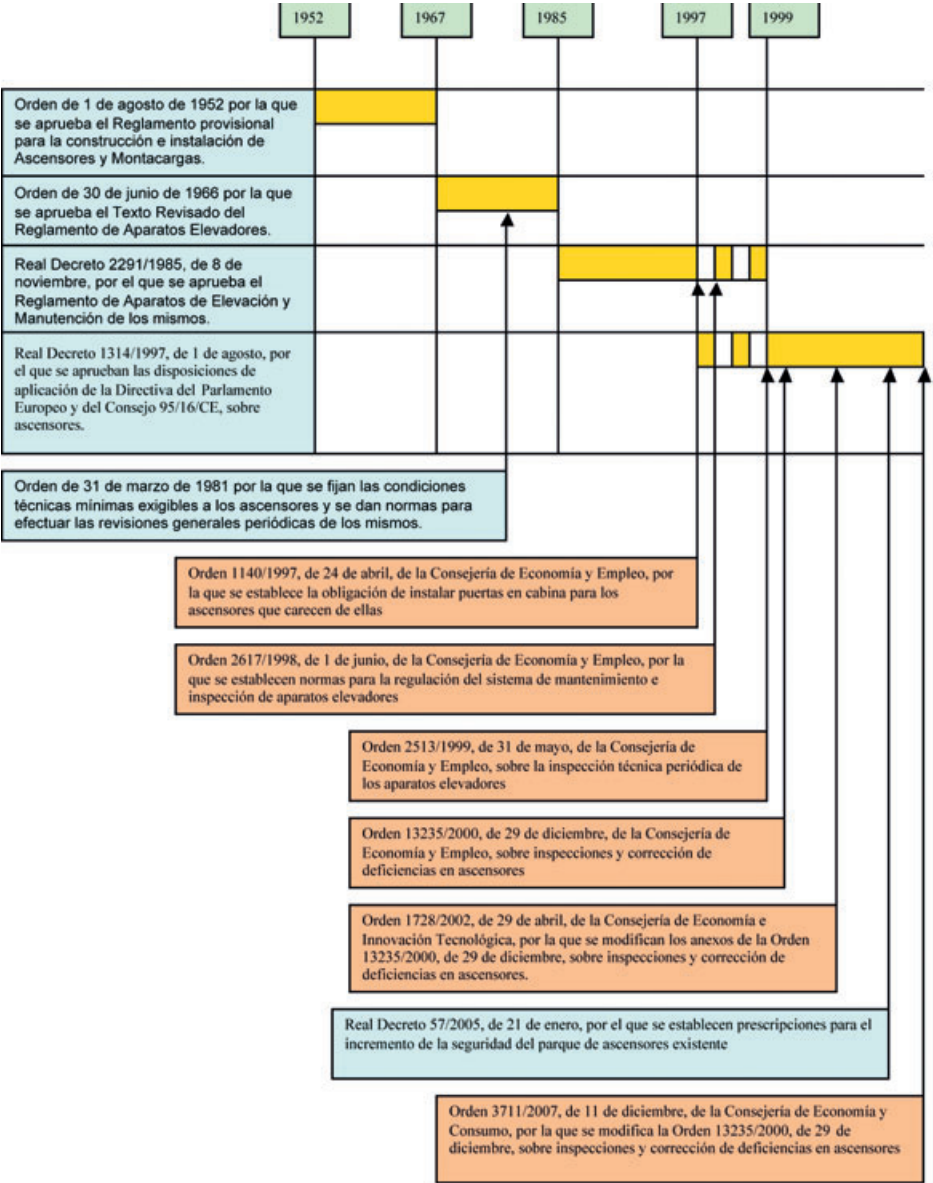


Figura 5. Evolución de la normativa

Los ascensores de última generación con alta eficiencia energética

5.1. Ascensores de última generación: ¿en qué consisten?

5.1.1. Tipos básicos de ascensores

Básicamente hay dos tipos de ascensores:

✱ Eléctricos de tracción

Se mueven por el accionamiento de una polea situada normalmente en la parte alta del hueco mediante un motor eléctrico, ayudado por un contrapeso.

El motor consume energía mientras el desequilibrio entre cabina y contrapeso sea desfavorable, pero no la consume cuando es favorable. De hecho, en algunos casos es capaz de generar una energía que se devuelve al edificio.

✱ Hidráulicos

La cabina se mueve impulsada por un émbolo o pistón accionado por aceite a presión. La presión se obtiene mediante una bomba accionada por un motor eléctrico.

Estos ascensores consumen una elevada cantidad de energía al subir. En cambio, no consumen prácticamente nada al bajar. Aún así, la ausencia de consumo en bajada no compensa el gran consumo en subida.

5.1.2. Modos más utilizados de controlar el movimiento

En los ascensores eléctricos de tracción hay dos maneras de controlar el movimiento de la cabina:

✱ **Mediante un motor de una o dos velocidades**

Los ascensores de dos velocidades realizan la maniobra de aproximación al piso de parada pasando de la velocidad normal de viaje a una velocidad reducida, accionando posteriormente el freno.

Los más antiguos, de una velocidad, ni siquiera pasan a una velocidad reducida antes de parar, arrancando y frenando bruscamente.

El motor no se controla, y sus revoluciones dependen del desequilibrio y de la dirección de viaje.

✱ **Con frecuencia y tensión variables**

Los ascensores con frecuencia y tensión variables realizan siempre el mismo diagrama velocidad-tiempo, independientemente del desequilibrio y de la dirección de viaje. De este modo, arrancan y frenan progresivamente, aumentando o disminuyendo suavemente la velocidad.

5.1.3. Máquinas de ascensor con engranajes

Las máquinas de los ascensores para viviendas, que se han comercializado hasta ahora, y que se siguen comercializando aunque cada vez menos, tienen un sistema de engranajes llamado reductor.

Los cables de acero tradicionales del ascensor tienen unos radios mínimos de curvatura elevados, lo que obliga a utilizar poleas de tracción de tamaño elevado. El reductor se hace necesario para que, a igualdad de potencia, convertir la alta velocidad y el bajo par en el eje del motor a la menor velocidad y mayor par en el eje de la polea. Estas máquinas son de gran tamaño y tienen una eficiencia energética baja debido a las pérdidas que se producen en los engranajes y son susceptibles de generar ruidos por la fricción entre los elementos metálicos.

5.1.4. Los ascensores de última generación. Máquinas de tracción directa

Los ascensores de última generación son eléctricos de tracción directa y con frecuencia y tensión variables, por lo que ya no necesitan reductor.

En los ascensores de última generación se han sustituido los tradicionales cables de tracción de acero por elementos de bajo radio de curvatura como las cintas planas de alta resistencia, Foto 1. Estas cintas son mucho más flexibles que los cables, lo que ha permitido reducir drásticamente el tamaño de las poleas de tracción y eliminar, por tanto, el reductor, lo que implica la desaparición de los engranajes responsables de las pérdidas energéticas.

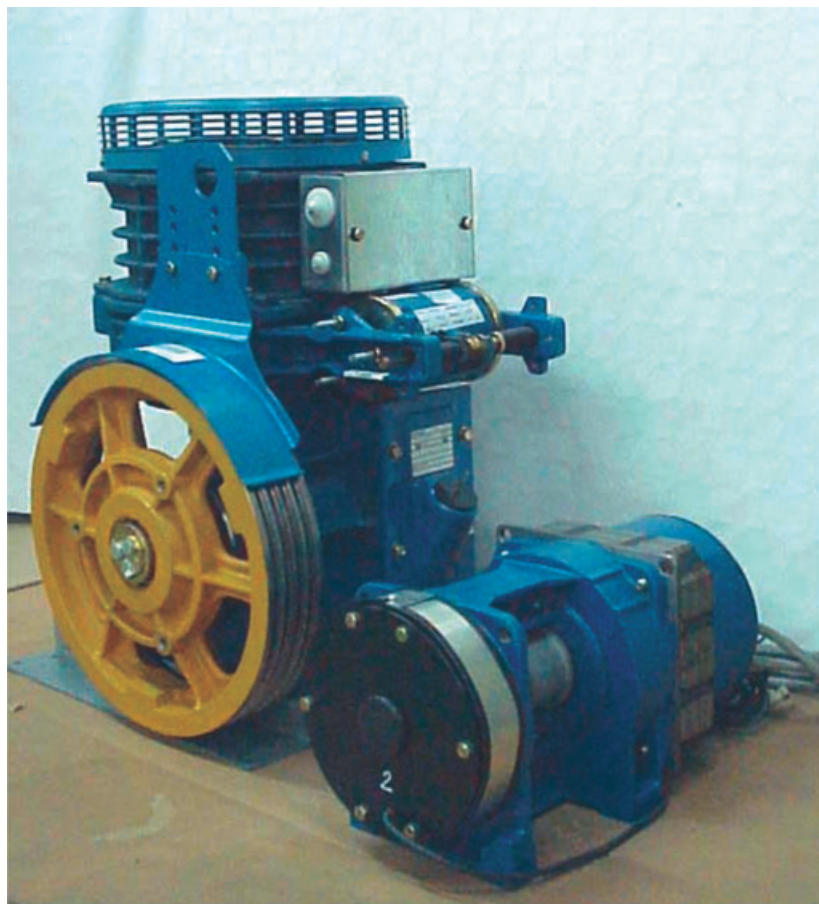


Foto 1. Cinta plana de alta resistencia. Sistema de tracción Gen2.

De poleas de aproximadamente 650 cm, se ha pasado a poleas de sólo 8 ó 10 cm. Esto permite reducir de forma espectacular el tamaño y el peso de la máquina, obteniéndose reducciones de escala de el orden de hasta 10 veces.

El motor requiere menos potencia y, por tanto, consume menos que uno convencional, además de ser energéticamente más eficiente al no tener pérdidas en los engranajes.

La reducción del tamaño de la máquina elimina también la necesidad del tradicional cuarto de máquinas, pudiéndose ubicar éste dentro del propio hueco del ascensor, con el ahorro de espacio que esto significa, Foto 2.



*Máquina tradicional
(con reductor de engranajes)
Tracción por cable de acero*

*Máquina de última generación
(sin reductor de engranajes)
Tracción por cinta plana
Sistema de tracción Gen2*

Foto 2. Máquina tradicional comparada con una de última generación.

En definitiva, un ascensor de última generación es un ascensor eléctrico con cintas planas de tracción, con frecuencia y tensión variables, sin reductor y sin cuarto de máquinas.

Este tipo de ascensores supone un importante cambio tecnológico en lo que se refiere a consumo y eficiencia energética.

- ✱ Consumen entre un 25 y un 40 % menos que los ascensores eléctricos convencionales, y en torno a un 60 % menos que los ascensores hidráulicos.
- ✱ Generan hasta diez veces menos ruido.

5.2. Ahorro en el consumo de energía y disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera

Aunque la mayor parte del ahorro de energía y de la reducción de las emisiones contaminantes se obtiene durante la vida útil del ascensor de última generación, también durante su proceso de fabricación se ahorran materias primas, energía y se reduce la emisión de residuos contaminantes.

En concreto, se utilizan 577 kg menos de recursos naturales por cada ascensor fabricado, y se ahorran 850.000 kWh al año en su proceso de fabricación.

5.2.1. Ahorro en el consumo de energía

En este análisis se consideran cuatro tipos fundamentales de ascensor:

- ✱ Ascensores hidráulicos.
- ✱ Ascensores eléctricos de dos velocidades.
- ✱ Ascensores eléctricos con frecuencia y tensión variables.
- ✱ Ascensores eléctricos con frecuencia y tensión variables, sin engranajes, con motor de imanes permanentes y cintas planas de alta resistencia; es decir, **ascensores de última generación** con alta eficiencia energética.

Las mediciones realizadas en cuanto a consumo de energía demuestran que el ascensor de última generación **ahorra hasta un 26,6 % de energía** para un uso medio en edificios de viviendas, si se compara con un ascensor con control de movimiento por frecuencia y tensión variables, según se aprecia en la Tabla 1.

TABLA 1

Capacidad del ascensor	Consumo anual en kWh		Ahorro	Ahorro en %
	Asc. de última generación	Convencional con VF		
4 personas	375	500	125 kWh al año	25,00 %
6 personas	400	535	135 kWh al año	25,23 %
8 personas	455	620	165 kWh al año	26,60 %

Cifras obtenidas a través de ensayos realizados en torre de pruebas por la Dirección de Ingeniería de Zardoya Otis, S.A. para un ascensor de tipo medio y 150.000 viajes al año.

Si se compara con un ascensor con máquina convencional y control de movimiento de dos velocidades, **el ahorro de energía sube hasta el 41,17 %** según queda reflejado en la Tabla 2.

TABLA 2

Capacidad del ascensor	Consumo anual en kWh		Ahorro	Ahorro en %
	Asc. de última generación	Convencional con 2 vel.		
4 personas	375	600	225 kWh al año	37,50 %
6 personas	400	680	280 kWh al año	41,17 %
8 personas	455	700	245 kWh al año	35,00 %

Por último, si se compara con un ascensor hidráulico, se consigue **un ahorro de energía de hasta un 63,63 %**, según se puede ver en la Tabla 3.

TABLA 3

Capacidad del ascensor	Consumo anual en kWh		Ahorro	Ahorro en %
	Asc. de última generación	Hidráulico		
4 personas	375	1.000	625 kWh al año	62,50 %
6 personas	400	1.100	700 kWh al año	63,63 %
8 personas	455	1.250	795 kWh al año	63,60 %

Gráficamente, se puede ver en las Fig. 1 y Fig. 2.

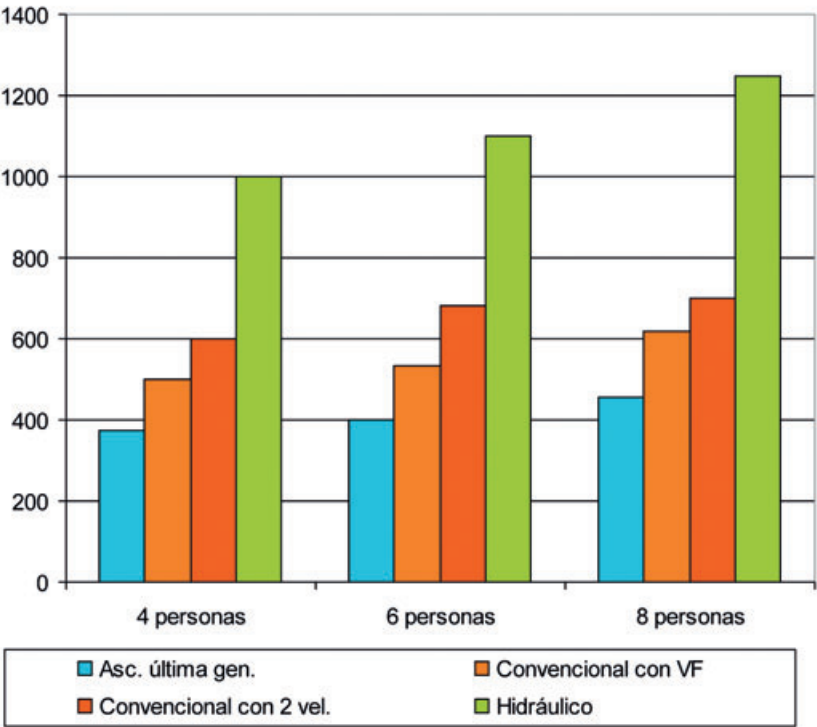
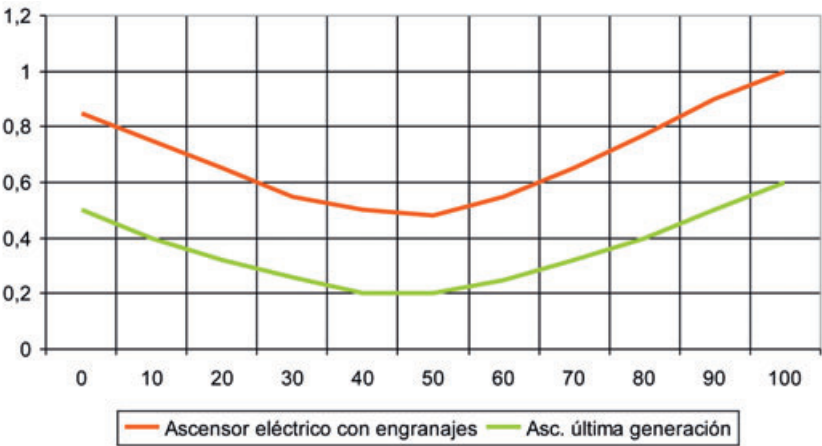


Figura 1. Consumos en kWh.



Porcentaje de la carga de cabina.
Basado en un ascensor de 630 kg a 1,0 m/s y 150 arranques/hora.

Figura 2. Energía consumida (kW/h).

Pero además hay que tener en cuenta el consumo que supone la iluminación de cabina.

La mayoría de los ascensores están equipados con dos fluorescentes de entre 20 y 40 W cada uno, por lo tanto podemos calcular una media de 60 W por ascensor.

La iluminación de cabina está permanentemente encendida, 24 horas al día y 365 días al año, lo que supone un consumo medio anual por ascensor de 525 kWh.

Con un sistema de temporizador de apagado de la iluminación de cabina cuando no haya presencia en la misma, el ahorro puede aumentar considerablemente.

Se estima que, como máximo, un ascensor medio puede ser utilizado durante seis horas diarias. En este caso, el consumo por iluminación de cabina, si está equipado con este dispositivo de ahorro, puede bajar hasta 131,4 kWh; es decir, un ahorro anual por ascensor de 393,6 kWh.

Con este dispositivo, el ahorro de energía de un ascensor de última generación respecto a los demás tipos de ascensor se incrementa hasta:

- ✱ Un 49,8 % respecto a ascensores eléctricos convencionales con frecuencia y tensión variables.
- ✱ Un 55,9 % respecto a ascensores eléctricos convencionales de dos velocidades.
- ✱ Un 67,3 % respecto a ascensores hidráulicos.

De este modo, una Comunidad de Propietarios con 2 ascensores eléctricos de 2 velocidades podría ahorrarse hasta 638 kWh al año.

5.2.2. Ahorro potencial teniendo en cuenta el parque de ascensores de Madrid

A medida que el parque de ascensores de la Comunidad de Madrid vaya migrando a esta nueva y eficiente tecnología, el impacto en ahorro energético irá siendo mayor. Para cuantificar el impacto potencial de la introducción de los

ascensores de última generación en el mercado, se ha analizado en primer lugar el parque de ascensores de Madrid.

El desglose estimado por tipo de ascensor del parque madrileño es el siguiente:

- ✱ 57 % Ascensores de 4 personas.
- ✱ 35 % Ascensores de 6 personas.
- ✱ 5 % Ascensores de 8 personas.
- ✱ 3 % Ascensores de más de 8 personas y otros.

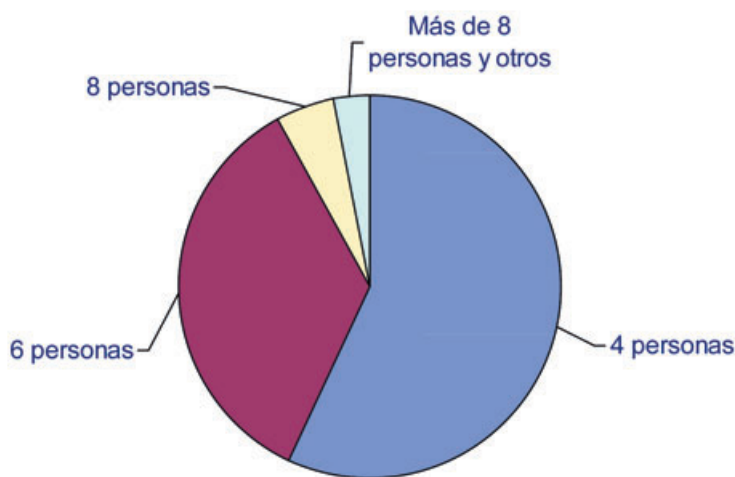


Figura 3. Desglose por tipo de ascensor del parque madrileño.

El parque total de ascensores de la Comunidad de Madrid a finales del 2011 era de 157.392 unidades, según datos de la FEEDA (Federación Española de Empresas de Ascensores).

Se considera un total de 152.670 ascensores, dado que los equipos de más de 8 personas y otros aparatos elevadores representan una mínima parte del parque madrileño y rara vez se instalan en edificios de viviendas.

De éstos el 74 % son de 1 ó 2 velocidades, el 10 % hidráulicos y el 16 % restante ascensores con frecuencia y tensión variables. Ese 16 % de ascensores con frecuencia y tensión variables se reparte entre ascensores de 6 y 8 personas, ya que prácticamente todos los de 4 son de una o dos velocidades, o hidráulicos.

Las cifras quedan, por tanto, como sigue:

- ✱ Ascensores de 4 personas: 87. 021 ascensores, de los cuales:
 - Hidráulicos: 8. 702
 - 2 velocidades: 78. 319

- ✱ Ascensores de 6 personas: 53. 434 ascensores, de los cuales:
 - Hidráulicos: 5. 343
 - 2 velocidades: 26. 718
 - Frecuencia y tensión variables: 21. 373

- ✱ Ascensores de 8 personas: 12. 215 ascensores, de los cuales:
 - Hidráulicos: 1. 221
 - 2 velocidades: 7. 941
 - Frecuencia y tensión variables: 3. 053

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se puede calcular el siguiente consumo anual:

Ascensores convencionales

- ✱ Ascensores de 4 personas hidráulicos:
 $1000 \times 8. 702 = 8.702.000 \text{ kWh}$

- ✱ Ascensores de 6 personas hidráulicos:
 $1100 \times 5.343 = 5.877.300 \text{ kWh}$

- ✱ Ascensores de 8 personas hidráulicos:
 $1250 \times 1. 221 = 1.526.250 \text{ kWh}$

- ✱ Ascensores de 4 personas con control de 2 velocidades:
 $600 \times 78.319 = 46.991.400 \text{ kWh}$

- ✱ Ascensores de 6 personas con control de 2 velocidades:
 $680 \times 26.718 = 18.168.240 \text{ kWh}$

- ✱ Ascensores de 8 personas con control de 2 velocidades:

$$700 \times 7.941 = 5.558.700 \text{ kWh}$$

- ✱ Ascensores de 6 personas con control de frecuencia y tensión variables:

$$535 \times 21.373 = 11.434.555 \text{ kWh}$$

- ✱ Ascensores de 8 personas con control de frecuencia y tensión variables:

$$620 \times 3.053 = 1.892.860 \text{ kWh}$$

Consumo anual de los 152.670 ascensores convencionales: 95.151.305 kWh.

Ascensores de última generación

- ✱ Ascensores de 4 personas:

$$375 \times 87.021 = 32.632.875 \text{ kWh}$$

- ✱ Ascensores de 6 personas:

$$400 \times 53.434 = 21.373.600 \text{ kWh}$$

- ✱ Ascensores de 8 personas:

$$455 \times 12.215 = 5.557.825 \text{ kWh}$$

Consumo anual total de 152.670 ascensores de última generación: 59.564.300 kWh.

El ahorro de energía potencial anual que puede resultar de la introducción de los ascensores de última generación: 35.587.000 kWh.

Si a esto se le suma el ahorro que se deriva de la utilización del temporizador de apagado de la iluminación de cabina:

$$393,6 \text{ kWh} \times 152.670 = 60.090.912 \text{ kWh}$$

Sumándolo a lo anterior, el **ahorro de energía** potencial anual que puede resultar de la utilización de ascensores de última generación **en la Comunidad de Madrid** es de: **95.677.912 kWh**.

Es decir, el consumo medio anual de una población de aproximadamente 25.000 habitantes. O, dicho de otra manera, **se ahorraría la energía que consume en un año Villaviciosa de Odón, o la que consumen en un año Torreldones y Manzanares el Real juntos.**

Si estos cálculos se extrapolan a toda España, teniendo en cuenta que el parque español de ascensores, según la FEEDA, es de alrededor de 995.000, de los cuales unos 965.000 tienen una capacidad de 8 personas o menos, el ahorro potencial de energía sería de 225.930.000 kWh al año.

Si a esta cifra se le suma el ahorro que se obtendría con el temporizador de apagado de la iluminación de cabina ($393,6 \text{ kWh} \times 965.000 = 379.824.000 \text{ kWh}$), resulta un **ahorro de energía** potencial anual por la utilización de ascensores de última generación **en España** de: **605.754.000 kWh.**

Es decir, el consumo medio anual de una población de aproximadamente 154.000 habitantes. O, dicho de otra manera, se ahorraría la energía que consumen en un año Las Rozas y San Sebastián de los Reyes juntos, o la que consume en un año la ciudad de Lérida.

5.2.3. Reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera

Considerando que:

- ✱ Para generar 1 kWh se emiten 0,4 kg de CO₂ a la atmósfera.
- ✱ Durante 2011 se instalaron aproximadamente en la Comunidad de Madrid unos 4.500 ascensores.
- ✱ Aproximadamente el 80 % de los ascensores que se venden en Madrid son de 6 personas.

El ahorro de energía y la disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera que se podrá conseguir cuando todos los ascensores vendidos en la Comunidad de Madrid sean de última generación, será:

- ✱ Consumo anual de 4.500 ascensores de 6 personas con control de 2 velocidades:

$$680 \times 4.500 = 3.060.000 \text{ kWh}$$

- ✱ Consumo anual de 4.500 ascensores de 6 personas con control de frecuencia y tensión variables:

$$535 \times 4.500 = 2.407.500 \text{ kWh}$$

- ✱ Consumo anual de 4.500 ascensores de última generación de 6 personas:

$$400 \times 4.500 = 1.800.000 \text{ kWh}$$

Por tanto, el potencial impacto de este tipo de ascensores por cada año de ventas es:

- ✱ Ahorro respecto a los ascensores de 2 velocidades: **1.260.000 kWh.**
- ✱ Ahorro respecto a los ascensores de frecuencia y tensión variables: **607.500 kWh.**

Y si a esto se le suma el ahorro por el temporizador de iluminación de cabina: 1.771.200

- ✱ Ahorro respecto a los ascensores de 2 velocidades: **3.031.200 kWh.**
- ✱ Ahorro respecto a los ascensores de frecuencia y tensión variables: **2.378.700 kWh.**

Esto significa que en un año **se emitirían entre 951.000 y 1.212.000 kg menos de CO₂** a la atmósfera.

Teniendo en cuenta la totalidad del parque existente de ascensores en la Comunidad de Madrid, como el ahorro de energía sería de 95.677.912 kWh, al año **se emitirían 38.271.164 kg menos de CO₂** a la atmósfera.

Y si se considera la totalidad del parque existente de ascensores en España, como el ahorro de energía sería de 605.754.000 kWh, al año **se emitirían 242.300.00 kg menos de CO₂** a la atmósfera.

5.3. Reducción de la generación de residuos contaminantes durante la vida útil del ascensor

5.3.1. Desglose de consumo de aceite de un ascensor con máquina convencional con engranajes

✱ Máquina 140 VAT (con engranajes)

Aceite LO33 (CEPSA ENGRANAJES HP 460)

Capacidad del reductor:	3 litros
Mantenimiento: Sustitución tras los primeros dos meses	3 litros
Sustitución cada 3 años (6 cambios)	
(vida estimada de máquina = 20 años)	18 litros
Volumen total de aceite en la vida de la máquina	24 litros

✱ Lubricante para guías de cabina

Aceite LO33 (CEPSA ENGRANAJES HP 460)

Volumen útil de las aceiteras: 150 cm ³ (dos unidades)	
Reposición anual en mantenimiento: 600 cm ³ (dos rellenos / año)	
Consumo en la vida del ascensor (estimada en 20 años)	12 litros

✱ Lubricante para raíles de contrapeso

Aceite HIDROLIFT 46 (CEPSA)

Volumen útil de las aceiteras: 150 cm ³ (dos unidades)	
Reposición anual en mantenimiento: 600 cm ³ (dos rellenos / año)	
Consumo en la vida del ascensor (estimada en 20 años)	12 litros

✱ Lubricante de cables de tracción

Aceite VITALUBE CABLE LUBRICANT VP-419750
(AMERICAN OIL & SUPPLY CO)

Volumen estimado en cada lubricación: 50 cm ³	
Operaciones estimadas: lubricación anual	
Consumo en la vida del ascensor (estimada en 20 años)	1 litro

TOTAL: **49 litros**

5.3.2. Desglose de consumo de un ascensor hidráulico

- * Grupo hidráulico 500 litros

- * Lubricante para guías de cabina

Aceite LO33 (CEPSA ENGRANAJES HP 460)

Volumen útil de las aceiteras: 150 cm³ (dos unidades)

Reposición anual en mantenimiento: 600 cm³ (dos rellenos / año)

Consumo en la vida del ascensor (estimada en 20 años) 12 litros

TOTAL 512 litros

5.3.3. Desglose de consumo de aceite de un ascensor de última generación

- * Máquina sin reductor No necesita lubricación

- * Lubricante para guías de cabina

Aceite LO33 (CEPSA ENGRANAJES HP 460)

Volumen útil de las aceiteras: 150 cm³ (dos unidades)

Reposición anual en mantenimiento: 600 cm³ (dos rellenos / año)

Consumo en la vida del ascensor (estimada en 20 años) 12 litros

- * Lubricante para raíles de contrapeso

Aceite LO33 (CEPSA ENGRANAJES HP 460)

Volumen útil de las aceiteras: 150 cm³ (dos unidades)

Reposición anual en mantenimiento: 600 cm³ (dos rellenos / año)

Consumo en la vida del ascensor (estimada en 20 años) 12 litros

TOTAL 24 litros

5.3.4. Reducción de residuos contaminantes

Los ascensores de última generación no necesitan que los cables de suspensión y tracción sean lubricados, ya que no utilizan cables, sino cintas planas de acero recubiertas y protegidas de la corrosión por poliuretano.

Además su máquina está dotada de rodamientos sellados que tampoco precisan ser lubricados, lo que, junto con la falta de necesidad de lubricación de los cables, supone una **reducción en la generación de residuos contaminantes del 51 %** con respecto a un ascensor eléctrico convencional y más del 95 % respecto a un ascensor hidráulico, como se aprecia en las Figs. 4 y 5.

Teniendo en cuenta que aproximadamente el 10 % del parque madrileño de ascensores está compuesto por hidráulicos y que el número potencial de ascensores susceptibles de ser sustituidos por ascensores de última generación en la Comunidad de Madrid es de 152. 670 unidades, si todas éstas incorporaran esta tecnología, **se ahorrarían 10.891788 litros de aceite** durante la vida útil de los ascensores, que no habría que producir y que tampoco se convertirían en residuos contaminantes.

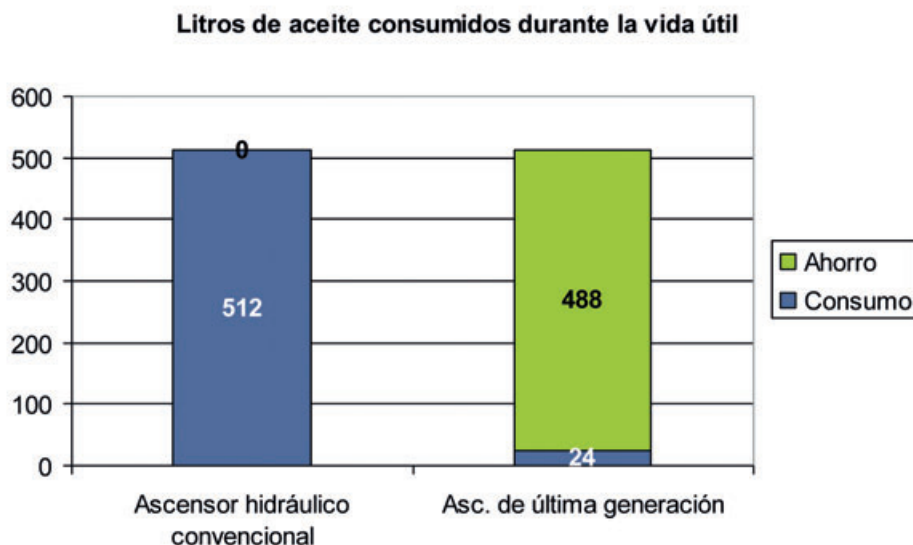


Figura 4. Consumo de aceite comparado con ascensores hidráulicos.

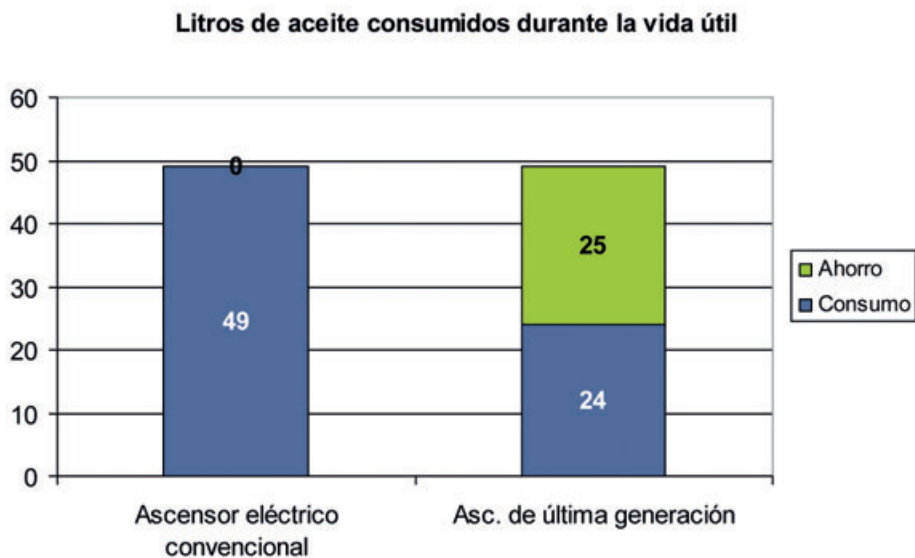


Figura 5. Consumo de aceite comparado con ascensores eléctricos.

5.4. Conclusión

Los ascensores de última generación, además de ser más silenciosos, confortables y fiables que los ascensores convencionales, son más eficientes desde el punto de vista energético y generan menos residuos contaminantes.

Ahorran entre un 25 y un 60 % de energía con respecto a los ascensores convencionales, y reducen el consumo de aceite entre un 50 y un 95 %.

Por estos motivos, cuanto mayor sea su implantación, tanto en ascensores de nueva creación, como en sustitución del parque existente, mayor será el impacto positivo en el ahorro global de energía y la protección al medio ambiente.

Las instalaciones eléctricas. Normativa y seguridad

6.1. Introducción

Es evidente la trascendencia que la energía tiene en el desarrollo económico y social de la región; no obstante, la energía eléctrica, por su carácter esencial y sus particularidades propias, adquiere un papel relevante en el contexto energético de la Comunidad de Madrid. Para garantizar la eficiente cobertura de la demanda de electricidad, es necesario disponer de adecuadas redes de transporte y distribución de energía eléctrica, que permitan poner a disposición de los consumidores el máximo valor de potencia demandada, denominada punta. En este sentido, se está dando la circunstancia que la demanda punta, que tradicionalmente venía alcanzándose en invierno, se están viendo desplazada a los meses de verano, consecuencia de la fuerte penetración de los aparatos de aire acondicionado.

Este valor de demanda, junto al de la capacidad de respuesta del sistema eléctrico, condiciona el diseño y dimensionamiento de las infraestructuras eléctricas, que se construyen precisamente para garantizar el suministro eléctrico en situaciones de máxima demanda de energía, con objeto de minimizar el riesgo de apagones en la región.

Hay que señalar que Madrid disfruta del mejor índice de calidad de suministro eléctrico total de España; también dispone de una normativa específica, la Ley 2/2007 de garantía del suministro eléctrico en la Comunidad de Madrid y el Decreto 19/2008 que la desarrolla, que introduce condiciones adicionales y compromisos rigurosos de calidad de servicio para las empresas distribuidoras en el diseño de sus redes y dota a la Administración de medios para conocer la situación del suministro eléctrico, estableciendo tiempos máximos a las empresas distribuidoras para la resolución de incidencias.

En consecuencia, la región dispone de una buena infraestructura eléctrica, que le permite, a pesar de ser una región que consume mucha más electricidad de la que produce, disponer de una garantía de suministro eléctrico para más de 3 millones de clientes, con y una red de transporte primario que consiste en un gigantesco anillo de 400 kilovoltios de alrededor de 800 km de longitud, que une 7 grandes subestaciones desde las que parten las líneas de 220 kV, con una longitud cercana a los 1.000 km que enlazan con la red de distribución. A esta columna vertebral se conecta una ma-

llada red de distribución, propiedad de las compañías distribuidoras, que constituye el nexo de unión entre la red de transporte y el consumidor final y que está formada por 177 subestaciones, cerca de 19.000 centros de transformación y aproximadamente 3.000 km de líneas de alta tensión, 12.000 km de media tensión y 30.000 km de baja.

Según los datos de 2010, recogidos por REE en su informe anual del sistema eléctrico español, la Comunidad de Madrid es la tercera comunidad de España que más electricidad consume, con 30.874 GWh/año; sólo superada por Cataluña (50.214 GWh) y Andalucía (38.059 GWh).

Hoy en día el sector energético constituye un soporte fundamental para nuestra denominada sociedad del bienestar; el creciente aumento de la calidad de vida y del consumo energético, en particular de la energía eléctrica, están condicionando permanentemente la actualización de la tecnología y de los estándares de seguridad en el uso de las instalaciones eléctricas en nuestros hogares.

Con este objetivo, el 18 de septiembre de 2002 el entonces Ministerio de Ciencia y Tecnología, procedió a actualizar las prescripciones de seguridad vigentes hasta entonces, publicando el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado mediante Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, con el que se establecen las condiciones técnicas que deben cumplir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro de baja tensión, para preservar la seguridad de las personas y los bienes, asegurar el funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.

Este Reglamento, en vigor desde el 18 de septiembre de 2003, es aplicable a las nuevas instalaciones, aunque también debe aplicarse en aquellas instalaciones que sean sometidas a modificaciones o reformas de importancia, o impliquen riesgo grave para las personas o los bienes, o produzcan perturbaciones importantes en el normal funcionamiento de otras instalaciones.

6.2. Reglamentación y normativa de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión

6.2.1. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión

El 2 de Agosto de 2002 el Consejo de Ministros aprobó el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Real Decreto 842/2002) que afecta a las instalaciones

eléctricas conectadas a una fuente de suministro de baja tensión, de manera que se preserve la seguridad de las personas y los bienes, se asegure el normal funcionamiento de dichas instalaciones, y se prevengan las perturbaciones en otras instalaciones y servicios. Además, el Reglamento aprobado pretende contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.

El Reglamento actualiza los requisitos técnicos que deben satisfacer las instalaciones eléctricas con motivo de los grandes avances tecnológicos de los últimos años, derogando el anterior Reglamento que se aprobó mediante Decreto 2413/1973.

Si bien es aplicable a las nuevas instalaciones, no obstante, y según establece el Reglamento en su artículo 2, su aplicación para las instalaciones existentes únicamente procede en el caso de modificaciones de importancia, reparaciones de importancia y ampliaciones. Las modificaciones o reparaciones de importancia son las que afectan a más del 50 % de la potencia instalada. También debe aplicarse en aquellos casos en los que el estado, situación o características de la instalación impliquen un riesgo grave para las personas o los bienes (por ejemplo, la ausencia de sistema de puesta a tierra en un edificio de viviendas) o se produzcan perturbaciones importantes en el normal funcionamiento de otras instalaciones, a juicio del órgano competente, que en el caso de la Comunidad de Madrid es la Dirección General de Industria, Energía y Minas.

Por tanto, a gran parte de las instalaciones existentes les resulta de aplicación el antiguo *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*, aprobado por el Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, el cual supuso un gran avance en materia técnica y de seguridad debido al uso cada vez más común de la electricidad en los hogares e industrias españolas y al aumento de los receptores utilizados en las instalaciones por parte de los usuarios. No obstante, la evolución tanto de los materiales empleados en las instalaciones eléctricas como de las condiciones legales, ha provocado que también este Reglamento se alejase de las bases con que fue elaborado, por lo que se ha hecho necesaria su actualización.



El vigente Reglamento mantiene el esquema del anterior, estando estructurado en un Reglamento marco, constituido por 29 artículos, y 51 *Instrucciones Técnicas Complementarias*, que desarrollan aspectos específicos y que cuentan con la novedad de su constante remisión a normas, procedentes en su mayor parte de normas europeas EN e internacionales CEI, y que constituyen prescripciones de carácter eminentemente técnico relativas básicamente a características de los materiales, que se citan sin indicar su año de edición, para facilitar su actualización.

También incluye como novedad este Reglamento, la incorporación de una *Instrucción Técnica Complementaria* (ITC-BT-51) relativa a las instalaciones de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para las viviendas y edificios, conocida como «domótica», con el objetivo de facilitar el ahorro y la eficiencia energética.

Previsiblemente, la ITC-BT-52, aún en fase de aprobación, desarrolle requisitos y condiciones técnicas básicas para las infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos, modificando algunas otras instrucciones técnicas complementarias, con la finalidad de seguir impulsando la Estrategia Integral para el Impulso del vehículo Eléctrico que presentó el Gobierno el 6 de abril de 2010.

Hay que destacar también la exigencia que el vigente Reglamento establece en su artículo 19 a las empresas instaladoras, consistente en entregar al titular de la instalación unas instrucciones generales de uso y mantenimiento, además de documentos propios de la instalación; esquema unifilar y croquis de la instalación.

El nuevo Reglamento incorpora el principio de seguridad equivalente, de forma que el proyectista puede aplicar soluciones distintas a las establecidas en las normas técnicas, siempre que quede demostrada su equivalencia con los niveles de seguridad establecidos. Por su parte, también las Comunidades Autónomas pueden aprobar soluciones diferentes, a propuesta justificada de los proyectistas, si éstas tienen un nivel de seguridad equivalente.

Las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento son:

- ✱ ITC-BT-01 Terminología.
- ✱ ITC-BT-02 Normas de referencia en el Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- ✱ ITC-BT-03 Instaladores autorizados y empresas instaladoras autorizadas.
- ✱ ITC-BT-04 Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.

- ✱ ITC-BT-05 Verificaciones e inspecciones.
- ✱ ITC-BT-06 Redes aéreas para distribución en baja tensión.
- ✱ ITC-BT-07 Redes subterráneas para distribución en baja tensión.
- ✱ ITC-BT-08 Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.
- ✱ ITC-BT-09 Instalaciones de alumbrado exterior.
- ✱ ITC-BT-10 Previsión de cargas para suministros en baja tensión.
- ✱ ITC-BT-11 Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas.
- ✱ ITC-BT-12 Instalaciones de enlace. Esquemas.
- ✱ ITC-BT-13 Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.
- ✱ ITC-BT-14 Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación.
- ✱ ITC-BT-15 Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales.
- ✱ ITC-BT-16 Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de instalación.
- ✱ ITC-BT-17 Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia.
- ✱ ITC-BT-18 Instalaciones de puesta a tierra.
- ✱ ITC-BT-19 Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
- ✱ ITC-BT-20 Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.
- ✱ ITC-BT-21 Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.
- ✱ ITC-BT-22 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobrecargas.
- ✱ ITC-BT-23 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.
- ✱ ITC-BT-24 Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos.
- ✱ ITC-BT-25 Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características.
- ✱ ITC-BT-26 Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación.

- ✱ ITC-BT-27 Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha.
- ✱ ITC-BT-28 Instalaciones en locales de pública concurrencia.
- ✱ ITC-BT-29 Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- ✱ ITC-BT-30 Instalaciones en locales de características especiales.
- ✱ ITC-BT-31 Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes.
- ✱ ITC-BT-32 Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte.
- ✱ ITC-BT-33 Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales de obras.
- ✱ ITC-BT-34 Instalaciones con fines especiales. Ferias y stands.
- ✱ ITC-BT-35 Instalaciones con fines especiales. Establecimientos agrícolas y hortícolas.
- ✱ ITC-BT-36 Instalaciones a muy baja tensión.
- ✱ ITC-BT-37 Instalaciones a tensiones especiales.
- ✱ ITC-BT-38 Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención.
- ✱ ITC-BT-39 Instalaciones con fines especiales. Cercas eléctricas para ganado.
- ✱ ITC-BT-40 Instalaciones generadoras de baja tensión.
- ✱ ITC-BT-41 Instalaciones eléctricas en caravanas y parques de caravanas.
- ✱ ITC-BT-42 Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo.
- ✱ ITC-BT-43 Instalación de receptores. Prescripciones generales.
- ✱ ITC-BT-44 Instalación de receptores. Receptores para alumbrado.
- ✱ ITC-BT-45 Instalación de receptores. Aparatos de caldeo.
- ✱ ITC-BT-46 Instalación de receptores. Cables y folios radiantes en viviendas.
- ✱ ITC-BT-47 Instalación de receptores. Motores.

- ✱ ITC-BT-48 Instalación de receptores. Transformadores y autotransformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores.
- ✱ ITC-BT-49 Instalaciones eléctricas en muebles.
- ✱ ITC-BT-50 Instalaciones eléctricas en locales que contienen radiadores para saunas.
- ✱ ITC-BT-51 Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.

Respecto a estas Instrucciones Técnicas Complementarias, merecen especial consideración:

- ✱ Las inspecciones que los Organismos de Control Autorizados deben realizar a las instalaciones cuya seguridad ofrece particular relevancia.
- ✱ Las prescripciones relativas a la protección contra contactos directos e indirectos, que han sido adaptadas a los nuevos conceptos de seguridad y protección.
- ✱ La electrificación de las viviendas, que ha aumentado en el número mínimo de circuitos, con objeto de dotar a todos los hogares de una mínima infraestructura eléctrica que haga frente a las necesidades actuales.
- ✱ La posibilidad del uso de aparatos eléctricos en lugares prohibidos hasta el momento, como bañeras o duchas de hidromasaje, cumpliendo los correspondientes requisitos de protección.

La ejecución correcta de una instalación es un factor fundamental para que ésta pueda considerarse segura. En este sentido, el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) define, de una forma bastante más precisa, el papel desempeñado y los requisitos exigidos a las *empresas instaladoras habilitadas en baja tensión*.

El Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, sustituye la figura de instalador autorizado por empresa instaladora, de forma que cualquier referencia a la figura de instalador autorizado en el Reglamento debe ser sustituida por empresa instaladora.

De esta manera, queda establecido en el Reglamento que las instalaciones eléctricas deberán ser realizadas únicamente por empresas instaladoras, que realicen, mantienen o reparan las instalaciones eléctricas en el ámbito del Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias, habiendo presentado la correspondiente declaración responsable de inicio de actividad según se prescribe en el apartado 5 de la Instrucción Técnica Complementaria BT-03, modificado por el citado Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo. Los titulares, por su parte, deberán abstenerse de intervenir en las instalaciones para modificarlas. Si son necesarias modificaciones, éstas deberán ser efectuadas por una empresa instaladora.

Por su parte, una vez que una empresa instaladora realiza cualquier actuación, debe realizar la correspondiente verificación para comprobar la correcta ejecución y funcionamiento seguro de la instalación, y emitir el correspondiente certificado de instalación eléctrica, suscrito por un instalador en baja tensión que pertenezca a la empresa, en el que se debe hacer constar que la instalación se ha ejecutado de conformidad con el reglamento y sus instrucciones técnicas complementarias, siendo, por tanto, la empresa instaladora, responsable de la correcta ejecución de la instalación y de que ésta sea segura.

Dada la importancia de su trabajo, el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* regula los requisitos técnicos y administrativos, así como los medios técnicos y humanos que se requiere a las empresas instaladoras para poder ejercer su trabajo.

Por otro lado, y de acuerdo con las modificaciones introducidas por el Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, tras la publicación de la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, se elimina la referencia al «*Certificado de Cualificación Individual de Baja Tensión*», documento mediante el cual la Administración reconocía a su titular la capacidad para desempeñar determinadas actividades en el ámbito de la baja tensión; ahora el apartado 4 regula la figura de instalador en baja tensión, quien deberá desarrollar su actividad en el seno de una empresa instaladora de baja tensión habilitada y deberá cumplir y poder acreditar ante la Administración competente cuando ésta así lo requiera que dispone de una titulación o un certificado de profesionalidad que cubre las materias objeto del Reglamento electrotécnico para baja tensión, o tener reconocida una competencia profesional adquirida por experiencia laboral, en las materias objeto del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por el 842/2002, de 2 de agosto, y de sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

El pasado 8 de abril de 2011 se dictaron por parte de la Dirección General de Industria, Energía y Minas las Instrucciones relativas a la formación que se considera válida para acreditar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la ITC-BT-03 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión para ejercer como instalador de baja tensión. Estas instrucciones han sido posteriormente modificadas el 18 de enero de 2012, recogiendo el listado de los títulos de Formación Profesional y certificados de profesionalidad que se consideran válidos para ejercer como instalador de baja tensión.

La obtención de la habilitación para ejercer como empresa instaladora en baja tensión también ha sufrido modificaciones con el Real Decreto 560/2010. Existen 2 categorías de empresas instaladoras en baja tensión: básica y especialista. Mientras que la categoría básica tiene sus competencias limitadas a parte de las instalaciones comprendidas en el REBT, la categoría especialista extiende sus competencias a todo el ámbito del REBT.

Por último, conviene mencionar la *Guía Técnica de Aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*, a la que nos remite el artículo 29 del Reglamento, y que aunque no es de carácter vinculante, establece una serie de aclaraciones a conceptos de carácter general incluidos en el Reglamento.

6.2.2. Inspección periódica de las instalaciones

Si bien las prescripciones de seguridad establecidas en el Reglamento no son de aplicación a las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, sí es aplicable sin embargo el régimen de inspecciones, aunque los criterios técnicos aplicables en dichas inspecciones serán los correspondientes a la reglamentación con la que se aprobaron.

Con carácter general el Reglamento establece en su artículo 20 la obligación de los titulares de las instalaciones de mantenerlas en buen estado de funcionamiento; no obstante, se dedica una Instrucción técnica complementaria, la ITC-BT-05, a las verificaciones e inspecciones de las instalaciones, estableciéndose la obligatoriedad de realizar inspecciones iniciales e inspecciones periódicas, cada 5 años, a instalaciones eléctricas de especial relevancia, que deben ser objeto de inspección obligatoria por Organismo de Control Autorizado.

En el caso de las instalaciones eléctricas de Comunidades de Propietarios, el Reglamento establece la obligatoriedad de realizar inspecciones periódicas cada

diez años, a todas las instalaciones eléctricas comunes de edificios de viviendas de potencia total instalada superior a 100 kW.

Esto supone que, dado que el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión entró en vigor el 18 de septiembre de 2003, todos los edificios de viviendas de potencia total instalada superior a 100 kW deben pasar una inspección de las instalaciones eléctricas comunes del edificio, por Organismo de Control Autorizado, antes del 18 de septiembre de 2013.

Dada la dificultad inherente a la identificación de edificios de viviendas de potencia total instalada superior a 100 kW, desde la Dirección General de Industria, Energía y Minas se han establecido una serie de criterios, publicados en el BOCM de 2 de agosto de 2012, que clarifican el alcance para la aplicación de las inspecciones periódicas en los edificios de viviendas de la Comunidad de Madrid.

Por ello, se considera que deberán realizar la inspección periódica de las instalaciones eléctricas comunes cada diez años los edificios destinados a viviendas que **dispongan de 25 o más suministros para viviendas** (se excluyen los suministros para otros servicios generales o resto de servicios comunes). En el caso de edificios destinados, principalmente a viviendas y que dispongan de locales se aplicará el mismo criterio, computándose también los suministros para los locales existentes.

Los servicios comunes que deben ser objeto de inspección periódica cada diez años comprenden:

- Las instalaciones de enlace (instalaciones que unen la caja o cajas generales de protección, incluida éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario, excluidas éstas).
- Las instalaciones correspondientes a los servicios generales del edificio (alimentación eléctrica de ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrados, etc).
- El resto de las posibles instalaciones comunes asociadas a los edificios de viviendas (piscina, garaje, alumbrado exterior, etc). En el caso de que estas últimas estén obligadas a realizar inspección periódica específica cada cinco años de acuerdo a su tipicidad, se procurará hacerla coincidir con la inspección decenal de las instalaciones comunes.

Por lo que se refiere al plazo en el que es exigible la inspección periódica citada, teniendo en cuenta que el Real Decreto 842/2002 entró en vigor el 18 de septiembre de 2003, se considerarán los plazos siguientes:

- Aquellas instalaciones cuya legalización sea anterior al 18 de septiembre de 2003, antes del 18 de septiembre de 2013.
- Para las legalizadas con posterioridad al 18 de septiembre de 2003, transcurridos diez años desde su fecha de legalización.
- Para las inspecciones periódicas sucesivas se considerarán diez años desde la fecha de la última inspección.

6.2.3. Legislación específica de la Comunidad de Madrid

Aunque el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión establece, en su ITC-BT-04, la documentación que deben tener las instalaciones para ser legalmente puestas en servicio, así como su tramitación ante el Órgano competente de la Administración, en el caso de las instalaciones eléctricas no industriales conectadas a una alimentación en baja tensión, la Comunidad de Madrid, en el ámbito de sus competencias, ha regulado la tramitación, puesta en servicio e inspección de estas instalaciones mediante la Orden 9344/2003, de 1 de Octubre, del Consejero de Economía e Innovación Tecnológica.

Mediante esta Orden, amparada en el Decreto 38/2002, de 28 de febrero, por el que se regulan las actividades de control reglamentario de las instalaciones industriales en la Comunidad de Madrid, se transfiere a las Entidades de Inspección y Control Industrial (EICIs), la tramitación e inspección de las instalaciones antes indicadas, que anteriormente llevaba a cabo la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

Las EICIs, son Organismos de Control Autorizados que de conformidad con el Decreto 111/1994, de 3 de noviembre, modificado por el Decreto 114/1997, de 18 de septiembre, se encuentran inscritas en el Registro de EICIs acreditadas y llevan a cabo, en el ámbito de la Comunidad de Madrid, las actividades reglamentarias de las instalaciones que fija dicha normativa.

Por otro lado, es conveniente señalar la Resolución de 14 de enero de 2004, posteriormente modificada mediante Resolución de 28 de mayo de 2009, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se publican los modelos oficiales de Memoria Técnica de Diseño y de Certificado de Instalación Eléctrica en la Comunidad de Madrid, que responden a lo indicado en la ITC-BT-04 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, que establece que el Órgano competente debe fijar dichos modelos.

Por último hay que señalar, en el ámbito de las instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia y alumbrado público, las obligaciones incluidas en la Orden 7955/2006, de 19 de diciembre, por la que se regula el mantenimiento y la inspección periódica de este tipo de instalaciones, que, entre otras, introduce la obligatoriedad de inspecciones periódicas y de disponer de un contrato de mantenimiento suscrito con una empresa instaladora en determinadas instalaciones, que se recogen en el Anexo I de la Orden, y en las que un incidente de tipo eléctrico puede suponer un aumento significativo del riesgo por sus características en cuanto a densidad de ocupación o sus difíciles condiciones de evacuación.

6.2.4. Otra reglamentación aplicable

Con la entrada en vigor del nuevo Código Técnico de Edificación (CTE), aprobado mediante Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, se introducen unas exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, incluyendo también las instalaciones eléctricas. El CTE es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). Entre otros aspectos, el CTE en su Documento Básico CTE DB-SI modifica algunas prescripciones en materia de seguridad contraincendios del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en el caso de las instalaciones comunes en edificios de viviendas, como es el caso de las centralizaciones de contadores.

Este tipo de instalaciones (centralizaciones de contadores) se están viendo además afectadas por el Plan de sustitución de los equipos de medida, que se incluyó en la Disposición transitoria de la Orden ITC/3860/2007, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008, y que ha sido modificada posteriormente mediante la Orden IET/290/2012, publicada en el BOE de 21 de febrero de 2012.

En estas disposiciones se establece la obligación de sustituir todos los contadores de medida en suministros de energía eléctrica con una potencia contratada de hasta 15 kW por nuevos equipos que permitan la discriminación horaria y la telegestión antes del 31 de diciembre de 2018.

Estas capacidades de discriminación horaria y telegestión permiten, en primer término, la lectura remota de energía y potencia en cada suministro,

la lectura remota de parámetros de calidad (interrupciones de suministro), la programación remota de tarifas y la conexión y desconexión a distancia del suministro, pudiendo a medio plazo ofrecer a los consumidores, a través de las empresas comercializadoras, ofertas diferenciadas por tramos horarios, días de la semana, etc...

Los plazos establecidos actualmente para sustituir los contadores son:

- a) Antes del 31/12/2014 deberá sustituirse un 35 % del total.
- b) Entre el 01/01/2015 y el 31/12/2016 deberá sustituirse un 35 %.
- c) Entre el 01/01/2017 y el 31/12/2018 deberá sustituirse un 30 %.

Las empresas distribuidoras están obligadas a comunicar directamente a los clientes la fecha prevista para la sustitución de sus contadores tres meses antes de dicha fecha y deben extender dicha comunicación a las correspondientes empresas comercializadoras para que tengan constancia de la sustitución de contador de sus clientes. Además, a partir del 1 de julio de 2012 las empresas distribuidoras deben poner a disposición de las empresas comercializadoras con un mínimo de un año de antelación, la fecha prevista (trimestre y año) para la sustitución del contador a los clientes.

Por último, cabe hacer mención al Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, y en concreto a su artículo 87, apartado d), por el que las empresas suministradoras podrán interrumpir el suministro en el caso de instalaciones peligrosas.

6.3. Instalaciones eléctricas en viviendas

A continuación se ofrece una visión general de las instalaciones eléctricas del interior de las viviendas y de las instalaciones de enlace de los edificios, según se definen en el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como las principales prescripciones que éste establece a las mismas.

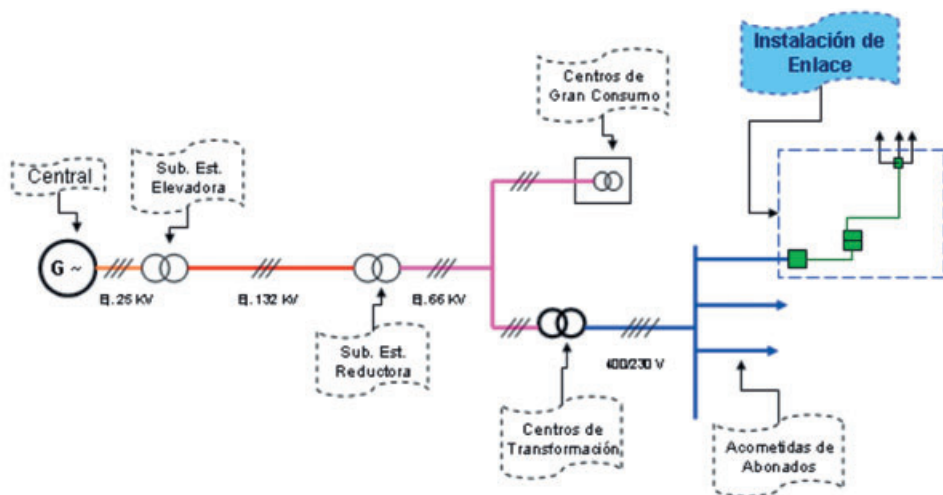


Figura 1. Esquema general de la red de distribución de energía eléctrica.

6.3.1. Instalaciones de Enlace

Las instalaciones de enlace son aquellas que unen la caja general de protección o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario, comenzando por tanto, en el final de la acometida y terminando en los dispositivos generales de mando y protección.

Las instalaciones de enlace, alimentadas desde la acometida de la empresa distribuidora, se componen de:

- ✱ Caja General de Protección (CGP).
- ✱ Línea General de Alimentación (LGA).
- ✱ Elementos para la Ubicación de Contadores (CC).
- ✱ Derivación Individual (DI).
- ✱ Caja para Interruptor de Control de Potencia (ICP).
- ✱ Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP).

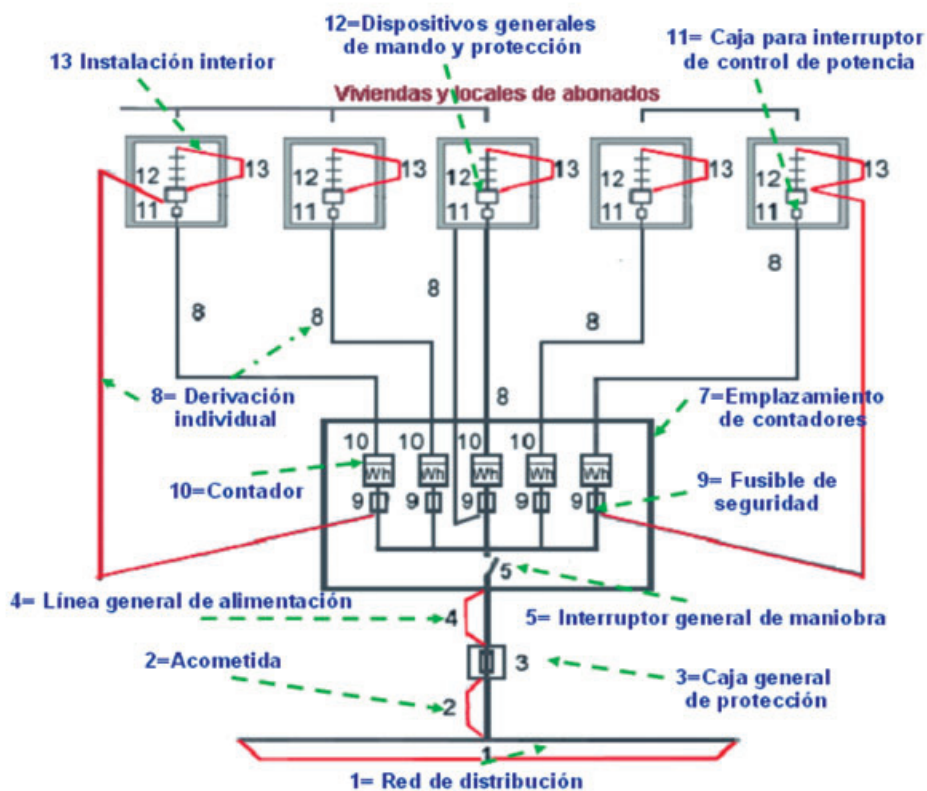


Figura 2. Instalación eléctrica de enlace en edificios de viviendas.

Acometida

Se denomina acometida a la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja general de protección. Es propiedad de la empresa distribuidora de energía eléctrica y, en general, hay una por edificio. Pueden ser aéreas o subterráneas, dependiendo del tipo de distribución de la zona.

Caja General de Protección

Son las cajas que alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación y señalan el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios, instalándose preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se decide de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

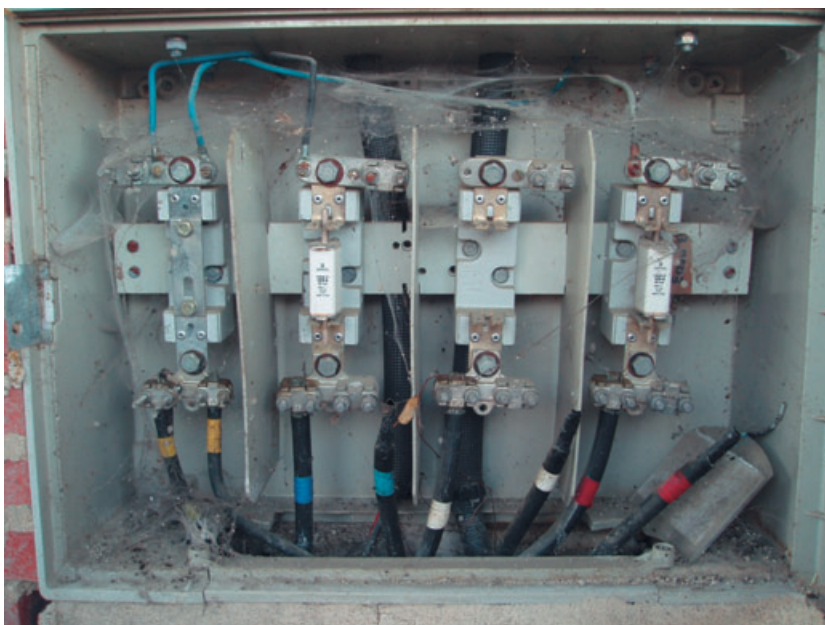


Figura 3. Caja general de protección.

Línea General de Alimentación

Es aquella que enlaza la caja general de protección con la centralización de contadores. Termina en el interruptor general de maniobra, situado en la centralización de contadores. De una misma línea general de alimentación pueden hacerse derivaciones para distintas centralizaciones de contadores. Su trazado debe ser lo más corto y rectilíneo posible, discurriendo por zonas de uso común.

Centralización de Contadores

Se define como el conjunto de equipos de medida, que estando situados en un mismo local o emplazamiento, están alimentados por una línea general de alimentación. Los contadores, y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica, pueden estar ubicados en:

- ✱ módulos (cajas con tapas precintables),
- ✱ paneles, o
- ✱ armarios.



Figura 4. Centralización de contadores.

Deben permitir de forma directa la lectura de los contadores e interruptores horarios, así como la del resto de dispositivos de medida, cuando así sea preciso.

Cada derivación individual debe llevar asociada en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalan antes del contador y se colocan en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, deben tener la adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en ese punto y deben ser precintados por la empresa distribuidora.

Los contadores pueden ir colocados de forma individual o en forma concentrada. La disposición individual se utiliza sólo cuando se trata de un suministro a un único usuario independiente o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar, como por ejemplo en viviendas unifamiliares o chalets pareados.



Figura 5. Contador individual en vivienda unifamiliar.

En el caso de colocación en forma concentrada pueden situarse en uno o varios lugares, para cada uno de los cuales ha de preverse en el edificio un armario o local adecuado para este fin, donde se colocan los distintos elementos necesarios para su instalación.

Los contadores tradicionales están siendo sustituidos por nuevos equipos electrónicos, dentro del mencionado Plan de sustitución de los equipos de medida, de acuerdo con el calendario que se aprobó mediante la Orden IET/290/2012, publicada en el BOE de 21 de febrero de 2012.

Estos nuevos contadores, con capacidad para la discriminación horaria, la telemedida y la telegestión permiten la lectura remota de energía y potencia en cada suministro, de parámetros de calidad (interrupciones de suministro), la programación remota de tarifas y la conexión y desconexión a distancia del suministro.



Figura 6. Contador electrónico monofásico para telemedida y telegestión.

En los edificios de nueva construcción, con más de 16 suministros, se reserva un local o cuarto para la centralización de contadores, que se caracteriza por:

- ✱ Se situará en planta baja, entresuelo o primer sótano, salvo cuando existan concentraciones por plantas.
- ✱ No podrá destinarse a otra utilidad ni alojar otros servicios, ni servirá de paso ni de acceso a otros locales.
- ✱ Será de fácil y libre acceso desde las zonas comunes del edificio.
- ✱ La altura del local será de al menos 2,30 m y su anchura mínima entre la pared y la parte saliente de los módulos de la pared opuesta será de 1,10 m.
- ✱ No estará expuesto a vibraciones ni a humedades.
- ✱ La resistencia al fuego del local corresponderá a lo establecido en el CTE DB-SI para locales de riesgo bajo, es decir, R 90 para la estructura portante y EI-90 para paredes y techos.
- ✱ Tendrá sumidero si la cota del suelo es igual o inferior a la de los pasillos o locales colindantes.
- ✱ Dispondrá de ventilación e iluminación suficiente.
- ✱ La puerta tendrá unas dimensiones de 2,00 x 0,70 como mínimo, abrirá hacia fuera, su resistencia al fuego será la correspondiente a locales de riesgo especial bajo y estará equipada con la cerradura que tenga normalizada la empresa distribuidora.
- ✱ Estará separado de otros locales con riesgo de incendio o explosión, o que produzcan gases corrosivos.
- ✱ Tendrá alumbrado de emergencia, y en el exterior deberá colocarse un extintor móvil de eficacia mínima 21B.



Figura 7. Contador electrónico trifásico.

Cuando el número de contadores a instalar sea igual o inferior a 16, la centralización podrá ubicarse en un armario que se destinará única y exclusivamente a este fin.

La centralización de contadores contiene los equipos de medida, los fusibles y los embarrados de protección.



Figura 8. Detalle de centralización de contadores.

Derivaciones Individuales

Se definen como las líneas que unen la centralización de contadores, y en concreto el contador o equipo de medida de cada usuario con los dispositivos privados de mando y protección que están en el interior de la vivienda o local del usuario.



Figura 9. Canalizaciones de derivaciones individuales.

Cada derivación individual debe ser totalmente independiente de las derivaciones correspondientes a otros usuarios, y en edificios destinados principalmente a viviendas deben discurrir por lugares de uso común.

Los cables deben tener una sección uniforme en todo su recorrido, no deben presentar empalmes y deben ser no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Interruptor de Control de Potencia

Es un elemento de control en forma de interruptor automático magnetotérmico, que generalmente se conecta al principio de una instalación individual y sirve para controlar la potencia demandada en cada momento. Es decir, cuando la potencia, en el global de la instalación, supera la potencia contratada por el usuario con la compañía suministradora, el ICP se dispara.



Figura 10. Interruptor de Control de Potencia (ICP) de 30 A.

6.3.2. Instalaciones interiores o receptoras

Las instalaciones interiores son aquellas que, alimentadas por una red de distribución o por una fuente de energía propia, tienen como finalidad principal la utilización de la energía eléctrica.

En viviendas, comienzan en el cuadro general de mando y protección del usuario y comprenden los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos interiores, incluido el interruptor de control de potencia, y terminan en el último punto de utilización de energía por parte del usuario.

Cuadro general de mando y protección

A él llegan los conductores de la derivación individual desde los contadores, pasando por el Interruptor de Control de Potencia. En este cuadro  se albergan los dispositivos de protección de la instalación eléctrica.



Los dispositivos generales de mando y protección del cuadro general se deben situar en viviendas junto a la puerta de entrada, y lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario. Deben estar ubicados en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde parten los circuitos interiores.

3 Un interruptor general automático (IGA) de corte omipolar, con accionamiento manual, de intensidad nominal mínima de 25 A y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.

- Se suelen colocar dentro del cuadro de distribución, al lado del IGA. Sirven para proteger a las personas y animales de contactos eléctricos indirectos.

Un contacto eléctrico indirecto es cuando una masa se ha puesto accidentalmente bajo tensión y se toca. Entonces, a través del cuerpo del animal o la persona se produce lo que se denomina una corriente de contacto.

Dependiendo del valor de esa corriente de contacto, se producen efectos patológicos más o menos graves, calambres, quemaduras, estados de shock, asfixia, fibrilación ventricular, etc.

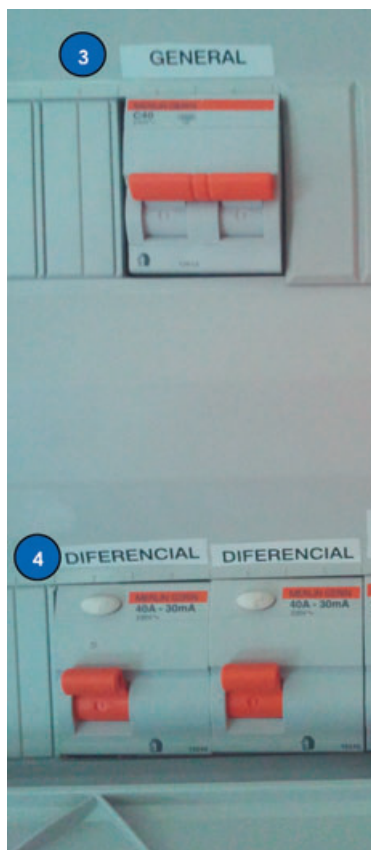


Figura 12. Interruptor General Automático (IGA) y 2 interruptores diferenciales en vivienda con 7 circuitos.

¿Cómo funciona el diferencial?

A grandes rasgos, se puede decir que el diferencial está vigilando continuamente la corriente de la fase y del neutro (en circuitos monofásicos, que son los más habituales en viviendas). Cuando éstas no son iguales, lo que ocurre es que la diferencia entre una y otra se está fugando por alguna parte de la instalación

(generalmente tierra). Cuando el valor de la intensidad de fuga es igual o superior al valor de la intensidad de sensibilidad del diferencial, entonces se dispara y desconecta la instalación.

- ✱  Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.

Los pequeños interruptores automáticos PIAs son el comienzo de los distintos circuitos de la instalación eléctrica y dotan a dichos circuitos, independientes unos de otros, de la protección necesaria para evitar deteriorar los conductores en caso de sobrecargas o cortocircuitos.



Figura 13. Pequeños interruptores automáticos (PIAs).

- ✱ Dispositivo de protección contra sobretensiones, si fuese necesario.

Electrificación de las viviendas

El diseño de la instalación eléctrica en una vivienda nueva debe responder a las necesidades previstas de consumo de electricidad: alumbrado, electrodomésticos en cocina, posible utilización de equipos de aire acondicionado o calefacción, otros receptores... En función de estas necesidades previstas se establece el grado de electrificación de la vivienda, y se diseñan las instalaciones y los circuitos interiores de la vivienda de acuerdo con este grado de electrificación.

Según la ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se establecen los siguientes grados de electrificación:

- ✱ Electrificación básica.
- ✱ Electrificación elevada.

En la electrificación básica, la potencia a prever no será inferior a 5.750 W a 230 V, y el número mínimo de circuitos en la instalación interior de la vivienda es:

Denominación	Aplicación
C_1	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar puntos de iluminación.
C_2	Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.
C_3	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno.
C_4	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y termo eléctrico.
C_5	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuarto de cocina.

Si la vivienda tiene una previsión de utilización de aparatos electrodomésticos superior o con previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire o con una superficie útil superior a 160 m², deberá considerarse una electrificación elevada, y la potencia a prever no será inferior a 9.200 W. En este caso, el número mínimo de circuitos en la instalación interior de la vivienda es:

Denominación	Aplicación
C_1	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar puntos de iluminación.
C_2	Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.
C_3	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno.
C_4	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, el lavavajillas y termo eléctrico.
C_5	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuarto de cocina.
C_6	Circuito adicional del tipo C_1 , por cada 30 puntos de luz.
C_7	Circuito adicional del tipo C_2 , por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m ² .

Denominación	Aplicación
C_8	Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando exista previsión de ésta.
C_9	Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de aire acondicionado, cuando exista previsión de éste.
C_{10}	Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de una secadora independiente.
C_{11}	Circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad, cuando exista previsión de ésta.
C_{12}	Circuitos adicionales de cualquiera de los tipos C_3 y C_4 , cuando se prevean, o circuito adicional del tipo C_5 , cuando su número de tomas de corriente exceda de 6.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables. Esta identificación se realiza por los colores que presentan sus aislamientos. Cuando existe conductor neutro en la instalación, éste se identifica por el color azul claro. Al conductor de protección se le identifica por su doble color verde-amarillo, y todos los conductores de fase se identifican por los colores marrón o negro. Cuando se considera necesario identificar tres fases diferentes, se utiliza también el color gris.

Circuitos eléctricos

El interruptor

Es uno de los mecanismos más utilizados en las instalaciones domésticas convencionales. Consta de una envolvente aislante a la cual se le dota de ciertos mecanismos eléctricos con la finalidad de poder cerrar y abrir un circuito eléctrico a voluntad, simplemente ejerciendo una presión sobre una parte de una tecla o girando una maneta. Puede adoptar dos posiciones: contacto eléctrico abierto (interruptor abierto) o contacto eléctrico cerrado (interruptor cerrado). Cuando el interruptor está abierto no deja pasar la corriente eléctrica por su contacto, por lo que si hay un receptor eléctrico asociado, éste permanecerá apagado o inactivo.

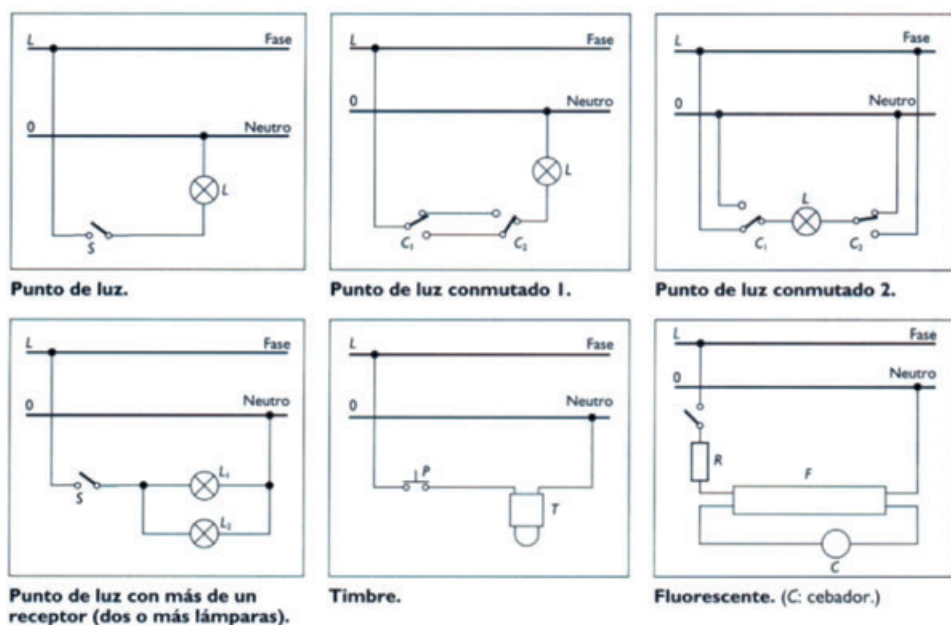


Figura 14. Esquemas de circuitos en vivienda.

Existen en el mercado distintos tipos de interruptores que se diferencian por el tipo de montaje, la intensidad nominal que pueden soportar, el número de polos, la forma constructiva y estética, o el tipo de accionamiento.



Figura 15. Interruptor.

Punto de luz

El montaje eléctrico de un interruptor más una lámpara se conoce como punto de luz simple. Para realizar correctamente este circuito hay que tener en cuenta varios aspectos:

- ✱ Protección adecuada.
- ✱ El interruptor debe cortar el conductor de la fase.
- ✱ En todos los puntos de luz debe instalarse el conductor de protección (toma de tierra).

Toma de corriente

Sobre este mecanismo recae la responsabilidad de alimentar correctamente los receptores eléctricos que se conecten así como el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica en sí.

Existen en el mercado diferentes tipos de tomas de corriente, que se diferencian por el modo de montaje, la intensidad nominal que pueden soportar, el número de polos, la forma constructiva o la estética.

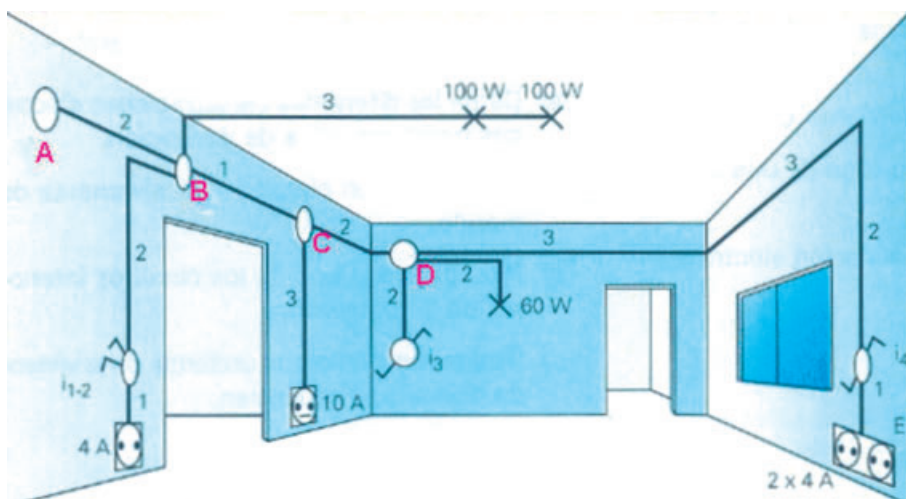


Figura 16. Instalación interior.

Unas normas básicas sobre la utilización de estos mecanismos eléctricos, pueden ser los siguientes:

- ✱ No conectar triples «ladrones», clavijas múltiples, etc.
- ✱ Comprobar el correcto estado de la envolvente.
- ✱ Utilizar las tomas de corriente para la tensión e intensidad nominal para las que ha sido construido.



Figura 17. Toma de corriente.

6.4. Puesta a tierra

Además de la instalación de la vivienda y paralela a ésta, existe una instalación denominada red de tierra a la que hay que conectar todas las carcassas y partes metálicas de los aparatos eléctricos, de manera que si existe alguna derivación la envíe a tierra y, de esta forma, proteger al usuario.

Es un elemento de seguridad de las personas y de las instalaciones.

La puesta a tierra de los edificios se realiza para conseguir que entre el terreno y las partes metálicas del edificio no haya tensiones o diferencias de potencial peligrosas. Para ello, tenemos que conseguir que la resistencia de paso a tierra electrodo-terreno sea lo menor posible para que en el caso que se produzca una derivación se evacue a tierra la corriente de falta o de defecto o las descargas de origen atmosférico.



Figura 18. Toma de tierra.

Se define como la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o conjunto de electrodos enterrados en el terreno, con el objetivo de conseguir que no existan diferencias de potencial peligroso entre las instalaciones del edificio y los equipos respecto del terreno, y dejar pasar a tierra las descargas de origen atmosférico o las corrientes de falta.

Es necesario conocer los elementos de una buena puesta a tierra, que son:

- ✱ El terreno y su resistividad. Un terreno con unos valores bajos de resistividad proporcionarán unos mejores valores de puesta a tierra.
- ✱ Tomas de tierra: se define como el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio. Consta de:
 - Electrodos: todo material conductor en perfecto contacto con el terreno, encargado de introducir en el terreno las corrientes de falta o de origen atmosférico. Pueden ser: picas, placas, cables enterrados, anillos o mallas metálicas compuestas por los elementos anteriores.
 - Líneas de enlace con los electrodos de puesta a tierra: parte de la instalación que une los electrodos con los puntos de puesta a tierra.
 - Puntos de puesta a tierra: es el elemento situado fuera del terreno y que sirve de unión entre el conductor de tierra y los conductores de protección.
- ✱ Línea principal de tierra: parte de un punto de puesta a tierra y conecta con las derivaciones de la línea de puesta a tierra.
- ✱ Derivaciones de la línea principal de tierra: son los conductores de cobre que unen la línea principal de puesta a tierra con los conductores de protección o se conectan a las masas de los aparatos y elementos metálicos de los edificios.
- ✱ Conductores de protección: son los conductores de cobre encargados de unir eléctricamente las masas de los aparatos eléctricos con las derivaciones de la línea principal de puesta a tierra.

A la toma de tierra establecida se conectará toda masa metálica importante, existente en la zona de instalación, y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores, cuando su clase de aislamiento o condiciones de instalación así lo exijan. A esta misma toma de tierra deberán conectarse las partes metálicas de los depósitos de gasóleo, de las instalaciones de calefacción general, de las instalaciones de agua, de las instalaciones de gas canalizado y de las antenas de radio y televisión.

6.5. Consejos de utilización y seguridad de las instalaciones eléctricas

6.5.1. Estado de las instalaciones eléctricas en la Comunidad de Madrid

El parque de instalaciones eléctricas en edificios de viviendas en la Comunidad de Madrid es diverso. Existen edificios que, debido a su antigüedad, fueron contruidos siguiendo normativa de seguridad que hoy en día está desfasada; por otro lado, el reciente desarrollo urbanístico ha generado un considerable parque de instalaciones con criterios de seguridad modernos y actualizados.

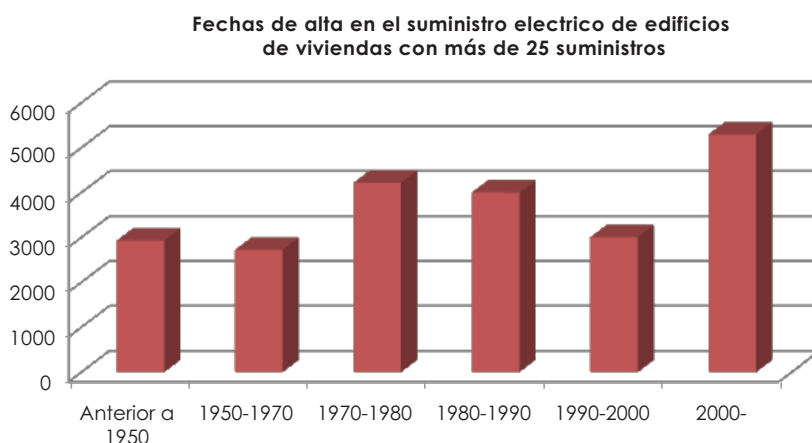


Figura 19. Antigüedad del parque de instalaciones eléctricas de edificios de viviendas con más de 25 suministros.

Antes del 18 de septiembre de 2013 todas las instalaciones eléctricas comunes de edificios de viviendas con más de 100 kW de potencia instalada tienen que haber sido objeto de una inspección periódica por Organismo de Control Autorizado, y por tanto han tenido que poner en correcto estado de funcionamiento sus instalaciones. Como se ha señalado con anterioridad, la Dirección General de Industria, Energía y Minas ha publicado unas instrucciones (BOCM del 2 de agosto de 2012) que clarifican el ámbito de aplicación y alcance de estas inspecciones, aplicándose a aquellos edificios de viviendas con 25 o más suministros (excluyendo los servicios comunes).

Con la finalidad de conocer el estado de conservación de las instalaciones eléctricas en los edificios de viviendas de la Comunidad de Madrid, evaluar su

seguridad, y así poder determinar si los incrementos experimentados en la demanda han ido acompañados de un crecimiento apropiado de la capacidad de las instalaciones receptoras que permita satisfacer esa demanda, se han venido realizando diversos análisis, incluyendo la elaboración de estudios e informes. Los resultados de estos informes han servido, no sólo para sensibilizar a los usuarios de estas instalaciones de los riesgos derivados de un estado inadecuado de las mismas y de la necesidad de su conservación, mantenimiento y actualización, sino como punto de partida para diversas actuaciones que la Dirección General de Industria, Energía y Minas ha venido llevando a cabo, y que se verán complementadas con otras, cuya finalidad última es contribuir no sólo a que las instalaciones eléctricas en los edificios de viviendas se mantengan en adecuadas condiciones de seguridad y de funcionamiento, sino también contribuir a mejorar la fiabilidad técnica y eficiencia económica de las instalaciones.

Para ello, las actuaciones se pueden resumir en las siguientes:

- ✱ Campañas informativas de los riesgos de las instalaciones eléctricas que conciencien a sus usuarios de la necesidad de contar con instalaciones eléctricas seguras.
- ✱ Jornadas de formación dirigidas al personal de las empresas instaladoras habilitadas.
- ✱ Ejecución de diversos *Plan Renove de Instalaciones Eléctricas Comunes en edificios de viviendas*, cuyo objeto ha venido siendo la actualización tecnológica y de seguridad de las instalaciones eléctricas de enlace de edificios de viviendas en el ámbito de la Comunidad de Madrid, para aumentar la seguridad y mejorar la eficiencia energética.
- ✱ Campañas de revisión del parque, en colaboración con las compañías distribuidoras, para la adecuación y renovación del parque de instalaciones eléctricas de enlace en edificios de viviendas
- ✱ Colaboración con los Ayuntamientos que consideren la necesidad de efectuar rehabilitaciones en las instalaciones eléctricas de las viviendas de sus municipios.
- ✱ Campañas de control de productos eléctricos a través de Laboratorios Oficiales, con objeto de comprobar el cumplimiento de la Normativa de producto en el mercado.

Adicionalmente, y con la obligatoriedad de realizar inspecciones periódicas cada diez años a todas las instalaciones eléctricas comunes de edificios de viviendas de potencia total instalada superior a 100 kW, las actuaciones anteriores

se complementan con campañas informativas sobre la necesidad de contar con una inspección, con resultado favorable, de las instalaciones eléctricas comunes del edificio, por Organismo de Control Autorizado, antes del 18 de septiembre de 2013, así como con campañas de vigilancia y control de estas obligaciones.

Como se indicaba en el inicio de este capítulo, se cuenta con la problemática de que aunque existe una reglamentación reciente en la materia, ésta únicamente es aplicable desde el momento de su entrada en vigor, o en el caso de que se lleven a cabo modificaciones, o se den determinadas particularidades establecidas por el Reglamento.

Muchas de estas instalaciones han sido realizadas y puestas en servicio de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico del año 1973 (Decreto 2413/1973), y algunas con reglamentos anteriores. No obstante, y de acuerdo con la experiencia y el estado actual de la tecnología, es imprescindible exigir unas condiciones mínimas de seguridad que deben tenerse en cuenta en las inspecciones periódicas de las instalaciones eléctricas comunes en edificios de viviendas cuya reglamentación de seguridad ya no esté en vigor porque ha sido sustituida por el vigente REBT.

Por ello, en las instrucciones publicadas en el BOCM de 2 de agosto de 2012 se ha establecido un protocolo de inspección tanto para las instalaciones eléctricas de enlace como para los servicios comunes en edificios de viviendas, que incluye una relación de defectos que, a juicio del órgano competente (Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid), implican un riesgo grave para las personas o los bienes, o pueden producir perturbaciones importantes en el normal funcionamiento de otras instalaciones.

Conviene recordar, una vez más, la necesidad de recurrir a empresas instaladoras habilitadas para afrontar estas modificaciones, dado que pequeñas reformas indebidamente llevadas a cabo por los propios usuarios que tratan de suplir cambios realmente necesarios, pueden suponer pérdidas importantes en las condiciones de seguridad en las que deben funcionar las instalaciones eléctricas.

6.5.2. Consejos de utilización y seguridad

Para acabar este capítulo, es importante el remarcar los problemas eléctricos con los que nos podemos encontrar en las viviendas:

- ✱ Cortocircuitos: es un fallo en un punto cualquiera de la instalación que produce un aumento muy brusco de la intensidad provocando a la vez un aumento térmico (chispa).

- ✱ Sobrecarga: se produce cuando conectamos un aparato o varios a una toma de corriente preparada para soportar cargas de menor potencia.

Un cortocircuito o una sobrecarga puede llegar a provocar un incendio.

- ✱ Contacto directo: se produce al tocar algún elemento mal aislado por el que pasa una corriente, un cable pelado o un interruptor roto, etc.
- ✱ Contacto indirecto: se produce con motivo de una avería en la instalación o en algún receptor provocando una descarga a través de algún elemento conductor como puede ser el agua o un cuerpo metálico sobre una persona o animal.

Los edificios de construcción anterior al año 1973 no disponían, por lo general, ni de diferencial ni de red de tierra, por lo que no poseían una buena protección, frente a posibles accidentes eléctricos. Hoy en día, tanto la colocación de interruptores diferenciales de "alta sensibilidad", como la existencia de sistema de puesta a tierra en los edificios constituyen medidas básicas de seguridad. Su instalación debe encomendarse a empresas instaladoras habilitadas en baja tensión.

Aún cuando dispongamos de una instalación suficientemente segura, y con más razón si nuestra vivienda es ya antigua, conviene que conozcamos una serie de consejos sencillos para que no ocurran en nuestra vivienda situaciones peligrosas:

- ✱ No se deben tocar ni interruptores, ni enchufes, ni aparatos, con las manos húmedas. Al manipular aparatos eléctricos procurar no encontrarse descalzo o con los pies húmedos, por lo que no se deben utilizar aparatos eléctricos en el baño con el cuerpo húmedo y descalzos.



Figura 20. Incorrectas conexiones en enchufes múltiples.

- ✱ Para realizar cualquier arreglo de un enchufe, aparato, etc., se debe desconectar previamente la instalación, realizando el trabajo sin tensión.
- ✱ Desconectar los aparatos antes de proceder a su limpieza.
- ✱ Renovar interruptores, tomas de corriente o cables de aparatos que se encuentren en mal estado, ya que pueden ser causa de muchos accidentes.
- ✱ Si se cambia un enchufe con toma de tierra, sustituirlo por otro igual.
- ✱ No tirar nunca del cable para desenchufar, agarrar del enchufe para no dañar el cable.
- ✱ Evitar en lo posible hacer conexiones en enchufes múltiples, utilizando un enchufe para cada aplicación, evitando la utilización de prolongadores.
- ✱ Extremar las precauciones y cuidados en aquellos aparatos de uso doméstico en los que existen altas tensiones, tales como tubos fluorescentes, TV, etc.

6.6. Bibliografía

- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. «Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51».
- Red Eléctrica de España. 2010. El Sistema Eléctrico Español.
- El libro azul de la electricidad de la Comunidad de Madrid. APIEM.
- Los mecanismos eléctricos en las viviendas. Incidencias en la seguridad de las personas y los bienes. Instituto de Prevención, Salud y Medio Ambiente. Fundación MAPFRE.
- Sanz Serrano, J. L., y Toledano, J. C.: «Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación». Thomson Paraninfo.
- García Trasancos, J.: «Electrotécnica». Thomson Paraninfo.
- Latorre Usán, S.; Navarro Márquez, J. A., y Navarro Sánchez, M. L.: «Instalaciones de enlace y centros de transformación: redes de baja tensión e instalaciones de enlace». Ceysa.

- Moreno Gil, J.; Lasso Tárraga, D., y Fernández García, C.: «Instalaciones eléctricas de interior». Thomson Paraninfo.
- Roldán Vilora, J.: «Seguridad en las instalaciones eléctricas». Thomson Paraninfo.
- Toledano Gasca, J. C., y Sanz Serrano, J. L.: «Instalaciones eléctricas de interior». Thomson Paraninfo.



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO



Medida de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España (2004/2012) puesta en marcha por la Comunidad de Madrid, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).