



Fundación de la Energía de  
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency  
Intelligent Energy Europe  
[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)



Hospitales

Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en

# Guía de Ahorro y Eficiencia Energética



## en Hospitales

Madrid Vive Ahorrando Energía



GOBIERNO  
DE ESPAÑA



MINISTERIO  
DE INDUSTRIA,  
TURISMO  
Y COMERCIO



Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía



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, Turismo y Comercio y el Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).



\*\*\*\*\*  
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA  
**Comunidad de Madrid**  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

**M**  
La Suma de Todos

# Guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales



Madrid Ahorra con Energía

Madrid, 2010



Fundación de la Energía de  
la Comunidad de Madrid



[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA  
**Comunidad de Madrid**  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

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, pero no se identifica necesariamente con las ideas u opiniones que en ellos se exponen y, por lo tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

Esta Guía es descargable en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

**[www.madrid.org](http://www.madrid.org)**

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

**[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)**

Si desea recibir más 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](mailto:dgtecnico@madrid.org)**

**Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid**

**[fundacion@fenercom.com](mailto:fundacion@fenercom.com)**

Depósito Legal: M. 41.895-2010

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

# Presentación

La Comunidad de Madrid se caracteriza por disponer, desde hace años, de una importante infraestructura sanitaria, constituida por una extensa red de hospitales generales o universitarios, de especialidades, geriátricos o terminales; así como de numerosos centros de salud y ambulatorios, clínicas y policlínicas, etc., tanto públicas como privadas.

Dentro de todos esos establecimientos, por su finalidad y características, destacan los hospitales como un grupo de edificios particularmente intensivos en el consumo de energía. No sólo porque deben estar operativos las veinticuatro horas del día y los 365 días del año, sino incluso por la constante necesidad de disponibilidad de suministro, equipamiento médico, requisitos especiales de climatización y calidad del aire y control de enfermedades.

El consumo de energía cada vez mayor y el aumento significativo de los costes de ésta han hecho que la eficiencia energética sea una constante preocupación para los proyectistas de los nuevos hospitales, pero también para los gestores de los existentes, con el fin de reducir las necesidades energéticas y, en consecuencia, ahorrar en costes de funcionamiento, sin perder en cuotas de confort o calidad.

En este contexto, la Consejería de Economía y Hacienda, en colaboración con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid y diversas empresas del sector energético y de servicios, han decidido publicar esta Guía, que abarca desde conceptos y criterios de diseño de edificios hospitalarios eficientes, pasando por nuevas tecnologías de iluminación, climatización, producción de agua caliente sanitaria, etc., hasta la implantación de los sistemas de gestión centralizados y el papel futuro de las denominadas empresas de servicios energéticos en el sector hospitalario.

Esperamos que esta humilde aportación de conocimientos sirva para mantener vivo el espíritu de la campaña **Madrid Ahorra con Energía**.

**Carlos López Jimeno**  
Director General de Industria, Energía y Minas



# Autores

## Capítulo 1. **Medidas para la eficiencia energética**

Endesa Energía. Dirección Empresas. Marketing Empresas  
[www.endesaonline.com](http://www.endesaonline.com)

## Capítulo 2. **Diseño del edificio**

D. Miguel Burgos. Director de desarrollo de negocio  
b.o.d. Arquitectura e Ingeniería, S.A.  
[www.bod.es](http://www.bod.es)

## Capítulo 3. **Ahorro de energía eléctrica en el alumbrado**

D. Santiago Julián Alcolea  
Philips División Comercial Alumbrado  
Departamento de eficiencia energética  
[www.philips.es](http://www.philips.es) / [www.alumbradoymedioambiente.es](http://www.alumbradoymedioambiente.es)

## Capítulo 4. **Ahorro de energía mediante el control eficiente de la iluminación y el control automático de la temperatura**

D. José Manuel Rodríguez  
Director de Desarrollo  
Orbis Tecnología Eléctrica, S.A.  
[www.orbis.es](http://www.orbis.es)

## Capítulo 5. **Sistemas de ahorro de agua y energía**

D. Luis Ruiz Moya  
Tecnología, Ecología e Hidroeficiencia, S.A. (Grupo TEHSA)  
[www.AhorrarAgua.org](http://www.AhorrarAgua.org) / [www.tehsa.es](http://www.tehsa.es)

## Capítulo 6. **Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética**

D. José Mª Durán  
Dpto. Comercial  
Viessmann, S.L.  
[www.viessmann.es](http://www.viessmann.es)

**Capítulo 7. Eficiencia energética en climatización para hospitales**

D. Adolfo Sanz Izquierdo

Ingeniero Superior Naval – MBA

Director de Desarrollo de Negocio de Carrier España S.L.

[www.carrier.es](http://www.carrier.es)

**Capítulo 8. La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización**

D. José María Durán

Dpto Comercial

Viessmann, S.L.

[www.viessmann.es](http://www.viessmann.es)

**Capítulo 9. Ahorro energético en la distribución hidráulica de centros hospitalarios**

D. José J. Vilchez

Director Técnico

Tour Andersson SA

[www.tourandersson.com](http://www.tourandersson.com)

**Capítulo 10. Eficiencia energética por implantación de un sistema de gestión centralizado**

D. Víctor Ibarburu

Delegado Zona Centro

Sauter Ibérica, S.A.

[www.sauteriberica.com](http://www.sauteriberica.com)

**Capítulo 11. Las empresas de servicios energéticos en el sector hospitalario**

Dalkia

D. Ignacio Esteban Blanco

Director de Desarrollo

Dalkia Energía y Servicios, S.A.

[www.dalkia.es](http://www.dalkia.es) / [www.dalkia.com](http://www.dalkia.com)

**Capítulo 12. Ayudas de la Comunidad de Madrid**

D. José Antonio González Martínez

Subdirector General de Promoción Industrial y Energética de la Dirección General de Industria, Energía y Minas

Comunidad de Madrid

[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

# Índice

<b>Capítulo 1. Medidas para la eficiencia energética</b>	17
1.1. Introducción	17
1.2. Optimización Tarifaria	19
1.2.1. Mercado liberalizado: gas y electricidad	20
1.3. Optimización de Instalaciones	20
1.3.1. Estudio del consumo	20
1.3.1.1. Consumo de energía en el sector de las clínicas y hospitales	21
1.3.1.2. Distribución del consumo energético	22
1.3.2. Parámetros de eficiencia energética	23
1.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en el sector	24
1.3.3.1. Iluminación	26
1.3.3.2. Climatización	32
1.3.3.3. Agua caliente sanitaria (ACS)	41
1.3.4. Gestión y mantenimiento energéticos	44
1.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE	46
1.3.5.1. Certificado de eficiencia energética	49
1.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado	49
1.4. Conclusiones	50
<b>Capítulo 2. Diseño del edificio</b>	53
2.1. Introducción	53
2.2. El equipo de diseño	54
2.3. El edificio	55
2.3.1. Emplazamiento	55
2.3.2. La envolvente	56
2.4. El diseño del edificio y las instalaciones	58
2.4.1. La climatización	59
2.5. Los espacios y su interrelación	61

2.6. Los materiales	63
Bibliografía	63
<b>Capítulo 3. Ahorro de energía eléctrica en el alumbrado</b>	<b>65</b>
3.1. Introducción	65
3.1.1. Antecedentes	65
3.1.2. Alumbrado en hospitales	66
3.2. Directivas, códigos, leyes y reglamentos sobre la eficiencia energética	69
3.2.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)	69
3.2.1.1. Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	70
3.2.2. Norma UNE 12464.1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores	76
3.2.3. Real Decreto 208/2005, relativo a la Directiva RAEE sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos	79
3.2.4. RoHS. Directiva sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos	80
3.2.5. Real Decreto 838/2002. Requisitos de eficiencia energética de los balastos para lámparas fluorescentes	80
3.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado en hospitales	82
3.3.1. Lámparas de fluorescencia	84
3.3.1.1. Fluorescencia trifósforo de mayor eficacia	84
3.3.1.2. Fluorescencia trifósforo de larga vida	85
3.3.1.3. Fluorescencia T5 Ø 16 mm de larga vida	87
3.3.1.4. Fluorescencia de excelente reproducción cromática	87
3.3.1.5. Comparativa de lámparas fluorescentes tubulares	88
3.3.1.6. Una lámpara para cada aplicación	90
3.3.2. Lámparas de fluorescencia compacta no integrada	91
3.3.3. Lámparas de descarga exterior	91
3.3.4. Lámparas de descarga interior	92
3.3.5. Lámparas halógenas	93

3.3.5.1. Sustitución de lámparas halógenas estándar por halógenas de bajo consumo	93
3.3.5.2. Sustitución de transformadores electromagnéticos por electrónicos	93
3.3.6. Lámparas de fluorescencia compacta integrada	94
3.3.7. Equipos electrónicos	94
3.3.7.1. Sustitución de reactancias electromagnéticas por equipos electrónicos	94
3.3.7.2. Ahorros potenciales al cambiar a equipos electrónicos en fluorescencia	96
3.3.7.3. Ahorros potenciales al cambiar transformadores electromagnéticos por electrónicos	97
3.3.8. Sistemas de control	98
3.4. Ejemplos innovadores de diseño de iluminación eficiente en diversas aplicaciones hospitalarias	100
3.4.1. Sala de tratamiento y consultas	100
3.4.2. Pasillos	103
3.4.3. Habitación de pacientes	106
Bibliografía	109

<b>Capítulo 4. Ahorro de energía mediante el control eficiente de la iluminación y el control automático de la temperatura</b>	111
4.1. Introducción	111
4.2. Control eficiente de la iluminación	111
4.2.1. Zonas exteriores y letreros luminosos	111
4.2.2. Seccionamiento de áreas	114
4.2.3. Grandes zonas de iluminación exterior	116
4.2.3.1. Ahorro por apagado parcial (doble circuito)	117
4.2.3.2. Ahorro por reactancia de doble nivel	117
4.2.3.3. Ahorro utilizando estabilizadores de tensión y reduc-	
tores de flujo luminoso en cabecera	118
4.3. Climatización	120

<b>Capítulo 5. Sistemas de ahorro de agua y energía</b>	125
5.1. Introducción	125
5.2. ¿Por qué ahorrar agua?	126

5.2.1. Otros conceptos importantes	135
5.3. ¿Cómo ahorrar agua y energía?	137
5.3.1. La primera acción: analizar los costes del agua	140
5.3.2. Acciones y consideraciones para ahorrar agua y energía	142
5.4. Tecnologías y posibilidades técnicas para poder ahorrar agua y energía	146
5.5. Clasificación de equipos	148
5.5.1. Grifos monomando tradicionales	148
5.5.2. Grifos de volante tradicionales	150
5.5.3. Grifos termostáticos	152
5.5.4. Grifos electrónicos de activación por infrarrojos	152
5.5.5. Grifos electrónicos táctiles programables	155
5.5.6. Grifos temporizados	157
5.5.7. Grifos de ducha en torres de prelavado	159
5.5.8. Grifos de fregadero en cocinas	160
5.5.9. Fluxores para inodoros y vertederos	161
5.5.10. Cabezales y regaderas de ducha	163
5.5.10.1. Duchas especiales	165
5.5.11. Inodoros (WC)	167
5.6. Consejos generales para economizar agua y energía	171
Bibliografía	177
<b>Capítulo 6. Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética</b>	179
6.1. Introducción	179
6.2. Primeras medidas para el ahorro y eficiencia energética	180
6.3. Calderas de baja temperatura	181
6.3.1. Funcionamiento de las superficies de intercambio de pared múltiple	184
6.3.2. Análisis del funcionamiento de las calderas de baja temperatura	184
6.4. Calderas de gas de condensación	186
6.4.1. Técnica de condensación	187
6.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior	188
6.4.2. Diseño de las calderas de condensación	189
6.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional	191

6.6. Conclusiones	193
<b>Capítulo 7. Eficiencia energética en climatización para hospitales</b>	195
7.1. Introducción	195
7.2. Diseño de hospitales	196
7.3. La planta frigorífica como elemento clave en la eficiencia energética. Determinación de la eficiencia estacional: análisis de las estrategias de eficiencia energética	200
7.4. Determinación de la eficiencia estacional: análisis de las estrategias de eficiencia energética	204
7.5. Conclusiones	212
Bibliografía	214
<b>Capítulo 8. La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización</b>	217
8.1. Introducción	217
8.2. Posibilidades de ahorro solar en instalaciones hospitalarias	218
8.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas. Componentes	219
8.3.1. Subsistema de Captación	220
8.3.2. Subsistema de Acumulación	224
8.3.3. Subsistema de Intercambio	226
8.3.4. Subsistema de Regulación y Control	226
8.3.5. Subsistema de Energía Auxiliar o Convencional	227
8.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica	228
8.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica	229
8.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica	230
8.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica	231
8.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica	233
8.6. Caso ejemplo: producción de ACS en un hospital mediante energía solar	234
8.6.1. Objetivo	234
8.6.2. Características de la instalación y cálculos energéticos	235

8.6.3. Ahorro de emisiones de CO <sub>2</sub>	238
8.7. Resumen de los beneficios de solarizar los edificios hospitalarios	239
<b>Capítulo 9. Ahorro energético en la distribución hidráulica de centros hospitalarios</b>	<b>241</b>
9.1. Introducción	241
9.2. El equilibrado como medida de ahorro energético	242
9.3. Distribución a caudal constante frente a caudal variable	245
9.4. Comparación de costes de bombeo	255
9.4.1. Cálculo de los costes de bombeo de distribución a caudal constante	259
9.4.2. Cálculo de los costes de bombeo de distribución a caudal variable	262
9.4.3. Resumen del ahorro de bombeo usando bombas de caudal variable	266
9.5. Conclusiones	267
Bibliografía	268
<b>Capítulo 10. Eficiencia energética por implantación de un sistema de gestión centralizado</b>	<b>269</b>
10.1. Introducción	269
10.2. Los 10 principios de la eficiencia energética	272
10.3. ¿Qué es un sistema de gestión técnica centralizada?	273
10.4. Evolución histórica de los sistemas de control de edificios	278
10.5. Sistemas abiertos: interoperabilidad e integración de subsistemas	281
10.6. Características de la demanda energética en hospitales	283
10.7. Funcionalidades de los sistemas de control de hospitales	286
10.8. La gestión técnica centralizada y la eficiencia energética	290
10.9. La gestión de mantenimiento y la eficiencia energética	293
10.10. La gestión energética en hospitales	297
10.11. Conclusiones	301
<b>Capítulo 11. Las empresas de servicios energéticos en el sector hospitalario</b>	<b>303</b>
11.1. Antecedentes	303

11.2. Necesidades de actuación	307
11.3. El sector hospitalario	309
11.3.1. Objetivos	312
11.3.2. Perímetro técnico	313
11.3.3. Actuaciones tipo	315
11.3.4. Modalidades de soluciones energéticas	318
11.4. Caso práctico	320
11.5. El futuro inmediato	324
11.5.1. Certificación energética	324
11.5.2. Certificación de edificación sostenible	326
<b>Capítulo 12. Ayudas de la Comunidad de Madrid</b>	327
12.1. Fomento del ahorro y la eficiencia energética	327
12.2. Fomento de las energías renovables	329



# Medidas para la eficiencia energética

## 1.1. Introducción

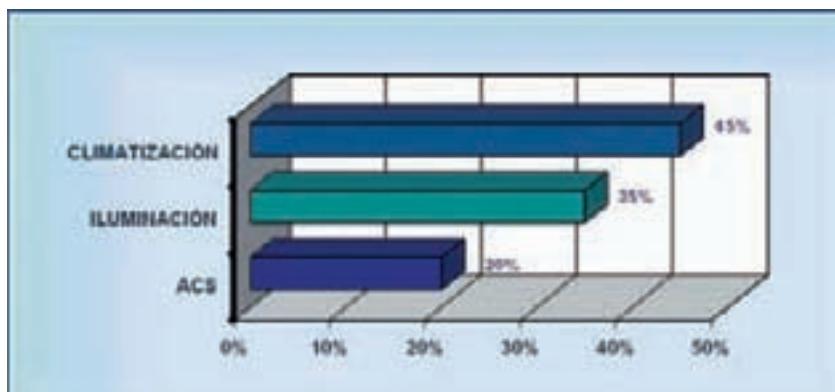
Para una correcta gestión energética de los locales dedicados al sector sanitario de clínicas y hospitales es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética, conocimiento que permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos y un ahorro tanto en el consumo como en el dimensionamiento de las instalaciones.

De la diversidad de instalaciones que puede acoger este sector, así como de los servicios concretos que en ellas se ofrecen (consultas, urgencias, quirófanos, oficinas, laboratorios, etc.) depende el suministro de ENERGÍA.



**Figura 1.** Equipamiento en el sector.

Como norma general, se puede decir que las aplicaciones que más consumo de energía concentran son climatización e iluminación.



**Media en Segmento PYMEs**

**Figura 2.** Consumo de energía de las distintas aplicaciones.

El consumo de energía, como una variable más dentro de la gestión de un negocio, adquiere relevancia cuando de esa gestión se pueden obtener ventajas que se traducen directamente en ahorros reflejados en la cuenta de resultados.

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

Para conseguir una adecuada optimización de las tarifas en la factura eléctrica, se han de identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores ahorros, en el caso de la energía eléctrica:

□ **OPTIMIZACIÓN DE TARIFA**

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 tarifaria

### □ OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES

Para conseguir una adecuada optimización de las tarifas en la factura del gas, se han de identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores



ahorros, en el caso del gas:

### TÉRMINOS EN FACTURA:

- TÉRMINO FIJO: EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN Y EL GRUPO TARIFARIO.
- TÉRMINO VARIABLE: EN FUNCIÓN DEL CONSUMO Y EL GRUPO TARIFARIO.
- IVA: 16%

$$\boxed{\text{TARIFA}} = \boxed{\text{TERMINO FIJO}} + \left[ \boxed{\text{PRECIO ENERGÍA}} \cdot \boxed{\text{CONSUMO DE GAS}} \right]$$

Legend:  
II □ LA TARIFA DEPENDE DEL CONSUMO.  
DO □ A MAYOR CONSUMO, MEJOR TARIFA.

Figura 3. Optimización tarifaria en la factura eléctrica.

### 1.2.1. Mercado liberalizado: gas y electricidad

Los aspectos más relevantes de la contratación en el mercado liberalizado son los siguientes:

- ✿ **Precio:** no está fijado por la administración y la oferta varía en cada comercializadora.
- ✿ **Elección de la comercializadora:** debe basarse en el **catálogo de servicios adicionales**, además del precio.
- ✿ **¿Cómo se contrata?:** la **comercializadora** elegida gestiona el alta del nuevo contrato.

En todo caso, se ha de tener en cuenta:

- ✿ Con el cambio de comercializadora **no** se realiza ningún corte en el suministro.
- ✿ Los contratos suelen ser anuales.
- ✿ La comercializadora gestiona las incidencias de suministro, aunque es la distribuidora la responsable de las mismas.

## 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 maquinaria con las que cuenta el sector de las clínicas y hospitales.

Para ello, es necesario conocer el consumo y cuáles son las características de las instalaciones: su actividad concreta dentro del campo de la salud, su tamaño, ubicación geográfica y tipología de construcción.

En este apartado se pretende establecer la estructura de consumo energético de los locales del sector, analizando las fuentes de energía utilizadas y los usos finales a los que se destina.

### 1.3.1.1. Consumo de energía en el sector de las clínicas y hospitales

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 clínica u hospital depende de varios factores: del tipo de servicio que ofrezca, su situación, categoría, tamaño, características de su maquinaria y equipos, etc.

En la Tabla 1 se muestra la distribución de consumo típico, aunque hay que tener en cuenta que, a nivel individual, existen grandes diferencias respecto de esta distribución, en función de los factores mencionados y, especialmente, entre clínicas pequeñas especializadas (clínicas dentales, maternidades, etc.) y hospitales de mayor tamaño con más diversidad de servicios.

**TABLA 1.** Distribución del consumo.

Instalaciones	CLÍNICAS Y HOSPITALES
	Oficinas
	Consultas
	Radiología
	Laboratorio
	Cocina
	Lavandería
	Illuminación
	ACS
	Climatización
	Otros
Aplicaciones energéticas	Electricidad
Energías	Gas
Consumo (*) Media sectorial	40.000 kWh/año
Coste (*) Media sectorial	8.400 €/año

Media en Segmento PYMEs.

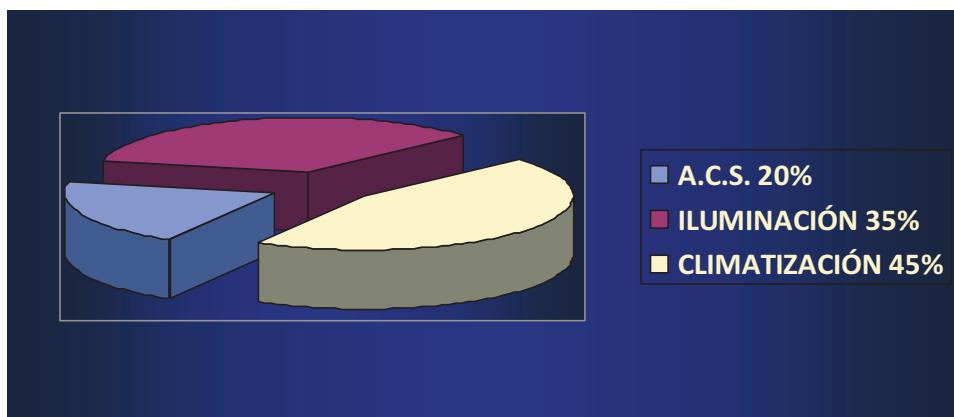
### 1.3.1.2. Distribución del consumo energético

Generalmente, los establecimientos sanitarios consumen, por una parte, energía eléctrica para su consumo en maquinaria de diagnóstico, quirófanos, equipos informáticos, alumbrado, climatización, etc.

También se están implantando, cada vez con mayor frecuencia, los equipos de climatización con bombas de calor eléctricas, que permiten el suministro de calefacción durante los meses fríos.

Por otra parte, estos centros consumen algún combustible que se utiliza para la producción de agua caliente sanitaria y para calefacción (si no se dispone de bomba de calor).

A la hora de realizar la distribución del consumo energético se observa que, debido a la gran variedad de tipos de establecimientos, situación geográfica, combustibles y fuentes de energía utilizadas, es difícil hacer una distribución estándar del consumo de energía en este sector, ya que existe una gran variedad en los porcentajes de consumo de los diferentes servicios que suministra. No obstante, en cualquier caso, el consumo energético principal de este tipo de instalaciones corresponde a la maquinaria (principalmente climatización) por su fundamental importancia en la atención sanitaria, y la iluminación por la cantidad de horas que se utiliza.



**Figura 5.** Porcentaje de consumos energéticos medios.

inversiones en ahorro energético, han de ir dirigidos a la reducción de dichos consumos (exceptuando el consumo en maquinaria que está asociado directamente al servicio de los centros sanitarios), bien mediante la utilización de tecnologías más eficientes, bien mediante la reducción de la demanda, como se verá más adelante.

### 1.3.2. Parámetros de eficiencia energética

El consumo energético de una clínica u hospital supone uno de sus gastos principales. La abundante maquinaria, la climatización y el tratamiento higiénico del aire, así como la constante iluminación, son piezas fundamentales en la rentabilidad de la eficiencia energética.

Sin embargo, no siempre un mayor consumo energético equivale a un mayor confort o a un mejor servicio. Se conseguirá un grado de eficiencia óptimo cuando el confort de los distintos ambientes y el consumo estén en la proporción adecuada.



Figura 6. Eficiencia energética.

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

A partir de estos ratios, los profesionales del sector pueden clasificar y evaluar su establecimiento 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 el sector

Para reducir el coste de los consumos de energía se puede:

- ✿ Optimizar el contrato.
- ✿ Optimizar las instalaciones.



Foto 1. Estancias de una clínica/hospital.

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 (%)
<b>Calderas (Gas/Gas-oil)</b>	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
<b>Climatización (bombas de calor)</b>	Aumento del rendimiento de la máquina y recuperación de calor para ACS.	Mediante balance energético (energía entrante = saliente).	Reducción en el consumo eléctrico. Producción de ACS para consumo.	40
<b>Motores eléctricos</b>	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 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 de la factura eléctrica.	15
Motores general	Motores alto rendimiento.	Motores especiales de alto rendimiento	Disminución del consumo eléctrico.	20
Bombas circulación fluidos (general)*	Regulación de la potencia en función de la presión.	Sondas de presión y variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico.	15
Compresores de aire	Utilización del calor sobrante de la refrigeración de los compresores.	Reutilización del aire caliente.	Reducción del consumo eléctrico/gas para la climatización. Reducción del coste en la factura eléctrica/gas.	30
<b>Iluminación: Zonas auxiliares</b>	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.	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.	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.	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.	85

### 1.3.3.1. Iluminación

La iluminación es un apartado que representa aproximadamente el 35% del consumo eléctrico dentro de una instalación del sector, dependiendo este porcentaje de varios factores: tamaño, fachada, aportación de iluminación natural, de la zona donde esté ubicada y del uso que se le dé a cada estancia dentro de la instalación.



**Foto 2.** Iluminación en pasillos de clínicas.

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 eficientes, al empleo de sistemas de control y al aprovechamiento de la aportación de la luz natural.

Además, se puede conseguir un ahorro adicional en el aire acondicionado, ya que la iluminación de bajo consumo energético presenta una menor emisión de calor.

Los elementos básicos de un sistema de alumbrado son:

- **Fuente de luz o lámpara:** es el elemento destinado a suministrar la energía lumínica.
- **Luminaria:** aparato cuya función principal es distribuir la luz proporcionada por la lámpara.
- **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 destacan las siguientes:

- **Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos (On/Off y Regulables)**

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 cómo 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 <b>convencional</b>	Luminaria con tubos fluorescentes 2x58W con balasto <b>electrónico</b>
POTENCIA ABSORBIDA	POTENCIA ABSORBIDA
Lámparas (2 x 58 W)	Lámparas (2 x 51 W)
Balasto Convencional	Balasto electrónico
TOTAL	TOTAL
116 W	102 W
30 W	11 W
146 W	113 W
DISMINUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO	22,60%

### 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.

Existen balastos electrónicos que facilitan la regulación de la intensidad de la lámpara, lo cual, a su vez, permite adaptar el nivel de iluminación a las necesidades.

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 de descarga

Las lámparas de descarga de alta presión son hasta un 35% más eficientes que los tubos fluorescentes con 38 mm de diámetro, aunque presentan el inconveniente de que su rendimiento de color no es tan bueno.

Es por ello que su aplicación resulta interesante en los lugares donde no se requiere un elevado rendimiento de color, como en las habitaciones de los pacientes, salas de espera, etc. También pueden regular su intensidad lumínica hasta un 50%, incluso existen algunas regulables hasta un 20%.

## ◆ Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas resultan muy adecuadas en sustitución de las lámparas de incandescencia tradicionales, pues presentan una reducción del consumo energético del orden del 80%, así como un aumento en la duración de la lámpara de entre 8 y 10 veces respecto a las lámparas de incandescencia.

Tienen el inconveniente de que no alcanzan el 80% de su flujo luminoso hasta pasado un minuto de su encendido.

**TABLA 4.** Equivalencia entre fluorescentes compactas e incandescentes.

Lámpara fluorescente compacta	Lámpara Incandescencia	Ahorro energético (%)
3 W	15 W	80
5 W	25 W	80
7 W	40 W	82
11 W	60 W	82
15 W	75 W	80
20 W	100 W	80
23 W	150 W	84

A continuación se expone un ejemplo práctico de la rentabilidad económica de esta medida, Tabla 5.

**TABLA 5.** Comparativa de los costes y rentabilidad entre lámparas compactas e incandescentes.

	LÁMPARA INCANDESCENCIA DE 75 W	LÁMPARA COMPACTA DE 15 W
Potencia consumida	75 W	15 W
Flujo luminoso	900 lm	960 lm
Duración	1.000 horas	8.000 horas
Precio de la energía eléctrica		0,11 €/kWh
Precio de compra estimado	0,70 €	20 €
Costes funcionamiento (8.000 horas)	71,60 €	33,20 €
AHORRO ECONÓMICO		54%
PLAZO DE AMORTIZACIÓN		3.000 horas de funcionamiento

En el siguiente ejemplo se muestra una tabla orientativa sobre el porcentaje de ahorro aproximado que se puede conseguir por sustitución de lámparas por otras más eficientes.

**TABLA 6.** Ahorro energético por sustitución de lámparas.

ALUMBRADO EXTERIOR		
SUSTITUCIÓN DE	POR	% AHORRO
Vapor de mercurio	Vapor de sodio alta presión	45%
Vapor de sodio alta presión	Vapor de sodio baja presión	25%
Halógena convencional	Halogenuros metálicos	70%
Incandescencia	Fluorescentes compactas	80%

ALUMBRADO INTERIOR		
SUSTITUCIÓN DE	POR	% AHORRO
Incandescencia	Fluorescentes compactas	80%
Halógena convencional	Fluorescentes compactas	70%

### ● **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 clínicas viejas, utilizando luminarias de elevado rendimiento, generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

### ● **Aprovechamiento de la luz natural**

El aporte de la luz natural tiene un impacto considerable en el aspecto del espacio iluminado y puede tener implicaciones importantes a nivel de eficiencia energética. Los ocupantes de un edificio generalmente prefieren un espacio bien iluminado con aporte de luz natural, siempre que se eviten los problemas de deslumbramiento (orientación correcta) y de calentamiento (doble ventana climatizada).

Los principales factores que afectan a la iluminación de un interior, mediante luz natural, 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 dar lugar a un edificio que será más eficiente energéticamente y que tendrá una atmósfera en su interior más agradable.



**Foto 3.** Iluminación natural en acceso a quirófano.

Hay que tener en cuenta que para un máximo aprovechamiento de la utilización de la luz natural es importante asegurar que la iluminación artificial se apague cuando el aporte de luz natural alcance 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 (control horario, de presencia y de luminosidad combinado con presencia).**

Un buen sistema de control de alumbrado asegura una iluminación ade-

cuada mientras sea 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, además de mantenerse los niveles óptimos de luz en función de los usos de los espacios, momento del día, ocupación, etc.

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 natural y sistemas de gestión de la iluminación.

### 1.3.3.2. Climatización

Los sistemas de climatización representan generalmente el principal apartado en cuanto al consumo energético de una instalación sanitaria. Como se ha visto, se pueden conseguir ahorros entre un 10% y un 40% gracias a la optimización de las instalaciones.

**TABLA 7.** 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	
<b>OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES</b>			
Aislamiento caldera no calorifugada			
	3	Inferior a 1,5 años	
Mejora calorifugado insuficiente			
	2	Inferior a 3 años	
<b>OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE</b>			
Aislamiento tuberías			
	5	Inferior a 1,5 años	
Descalcificación tuberías			
	5 - 7	Inferior a 3 años	
<b>CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN DEFECTUOSOS</b>			
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 clínica o de un hospital dependerá de sus características constructivas: la ubicación y orientación del edificio, los cerramientos utilizados en fachadas y cubiertas, el tipo de carpintería, el acristalamiento, las protecciones solares, etc.



**Foto 4.** Recepción de una clínica.

### ● **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 de la instalación.

Se pueden obtener ahorros del 20-30% de la energía utilizada en este apartado mediante la zonificación de la climatización, el uso de sistemas de me-

dición y control para la temperatura en cada zona, la regulación de las velocidades de los ventiladores o la regulación de las bombas de agua. Además, es recomendable el uso de un sistema de gestión central de la climatización para fijar límites y horarios de uso.



Foto 5. Control de extracción.



Foto 6. Control de regulación eléctrica.

Los sistemas de gestión centralizada permiten un control de la temperatura en función de que la sala se encuentre desocupada o sin actividad. De este modo, el sistema permite controlar los parámetros de temperatura y humedad, que son los que influyen en la sensación de confort, desde un tiempo antes del inicio de la jornada laboral, manteniendo los equipos en modo de pre-funcionamiento. Esta temperatura de espera se determina de modo que la temperatura de la habitación pueda llegar a la temperatura de confort en pocos minutos desde el inicio de la jornada.

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 en el edificio cuando las condiciones así lo permitan.

Esta medida requiere, en las instalaciones, de 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. En este caso, puede ser una manera de contrarrestar el calor emitido por la maquinaria.

Ejemplo: lavandería de 100 m<sup>2</sup>:

**TABLA 8.** Ahorros energéticos con free-cooling.

APLICACIÓN	SALA DE 100 m <sup>2</sup>
Potencia frigorífica instalada	50.000 frig/h
Horas funcionamiento free-cooling	1.600 h/año
Ahorro energético	31.000 kWh/año
Coste energía eléctrica	0,11 € kWh
<b>AHORRO ECONÓMICO</b>	<b>3.067 €/año</b>

### ● Aprovechamiento de calor de los grupos de frío

En los aparatos 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.



Foto 7. Instalación de climatización.



Foto 8. Control termostático de lavaderos.

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.

En este caso, si el centro sanitario es de gran tamaño, los equipos para la climatización serán importantes. Por ello, este ahorro puede llegar a suponer un coste cero en la producción de ACS.

#### **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, mientras que, 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.

La utilización de bombas de calor puede resultar especialmente interesante en instalaciones industriales de nueva construcción emplazadas en zonas

con inviernos suaves, ya que suponen una inversión menor que un sistema mixto de refrigeración y calefacción, y permiten, además, un ahorro de espacio y una simplificación de las operaciones de mantenimiento.

**TABLA 9.** Clasificación de las bombas de calor según el medio de origen y destino de la energía.

Según medio de origen y de destino de la energía	MEDIO DEL QUE SE EXTRAE LA ENERGÍA	MEDIO AL QUE SE CEDE ENERGÍA
	AIRE	AIRE
	AIRE	AGUA
	AGUA	AIRE
	AGUA	AGUA
	TIERRA	AIRE
	TIERRA	AGUA

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 se comparan con los equipos de calefacción convencionales.

Tanto la bomba de calor eléctrica como la de gas, emiten considerablemente menos CO<sub>2</sub> que las calderas. Una bomba de calor que funcione con electricidad procedente de energías renovables no desprende CO<sub>2</sub>.

### ◆ Optimización del rendimiento de las calderas

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 mantengan funcionando en sus niveles óptimos de rendimiento.

Se estima que la combinación de sobredimensionamiento, las pérdidas en posición de espera y el bajo rendimiento resultan un 35% inferior 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.



**Foto 9.** Sala de calderas.

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.



**Foto 10.** Quirófano.

### ● **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**

Aunque el combustible utilizado principalmente en el sector es el gas natural, aún existen instalaciones con calderas de gasóleo.

Hoy por hoy, 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.

#### **CAMBIO 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 SO<sub>2</sub> y se reducen las de CO<sub>2</sub>, responsables del efecto invernadero.
- Menor mantenimiento de la instalación.

### **1.3.3.3. Agua caliente sanitaria (ACS)**

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 en duchas y baños que reducen el caudal suministrado sin perjuicio de la calidad del suministro, también con-

lleva 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 10.** Porcentaje de ahorro de energía en una instalación de agua caliente.

ACCIONES ECONOMIZADORAS DE ENERGÍA EN LA INSTALACIÓN 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 ALMACENAMIENTO.	Variable	Inferior a 6 años.
SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS OBSOLETOS:		
Quemador (de más de 8 años).	9	Inferior a 4,5 años.
Caldera (de más de 12 años).	7	Inferior a 6 años.
Caldera y quemador.	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.

#### 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.
- Aislamiento adecuadamente las conducciones y depósitos de almacenamiento.
- Instalar grifos temporizados en lavabos y servicios de las zonas de servicios generales.
- Instalación de sistemas 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.



## Ahorro de agua

La disminución del consumo de agua no solamente redundá 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 mmca 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.



## Ahorro en bombeo

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, en la Tabla 11 se expone un ejemplo de la aplicación práctica de un variador de frecuencia a una bomba de suministro de agua.

**TABLA 11.** Ejemplo de variador de velocidad en bombeo de agua.

MÁQUINA A ACCIONAR		Bomba de agua 7,5 kW
SITUACIÓN INICIAL		
Regulación mecánica		Válvula de entrangulamiento
Régimen medio funcionamiento		70%
Horas de trabajo		2.920 horas/año
Consumo eléctrico anual		19.864 kWh/año
Coste energía eléctrica		0,092 €/kWh
Coste eléctrico anual		1.830 €/año
SITUACIÓN CON VARIADOR		
Consumo energía eléctrica		9.244 kWh/año
Coste eléctrico anual		851 €/año
AHORRO ENERGÉTICO		10.620 kWh/año
% AHORRO		53,50%
AHORRO ECONÓMICO		1.168 €/año
INVERSIÓN		2.400 €/año
AMORTIZACIÓN		2,05 años

### 1.3.4. Gestión y mantenimiento energéticos

#### ◆ Mantenimiento

El correcto mantenimiento consigue los estándares de calidad y reduce los costes energéticos. Si se realiza un mantenimiento preventivo adecuado, 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.

### Sistemas de gestión

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%.

### 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 12.** Consumo de energía final en España (ktep) en 2008.

Sector	Carbón	Productos petrolíferos	Gases	Energías renovables	Energía eléctrica	TOTAL
Industria	2.059	4.477	12.518	1.498	9.410	29.962
Transporte	0	38.529	0	610	479	39.617
Usos diversos	20	9.891	4.614	2.315	12.224	29.064
Residencial	17	5.153	3.613	2.155	5.532	16.471
Servicios	3	2.140	728	115	6.225	9.211
Agricultura	0	2.597	273	44	467	3.382
<b>TOTAL</b>	<b>2.079</b>	<b>52.896</b>	<b>17.132</b>	<b>4.423</b>	<b>22.113</b>	<b>98.643</b>

Fuente: IDAE/MITYC/INE. Datos provisionales.

(1): Excluidos usos no eléctricos.

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 1.000 m<sup>2</sup>, 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 (aporte de calor para ACS y climatización, generación y venta eléctrica).
- Calefacción o refrigeración central o urbana, cuando ésta esté disponible.
- Bombas de calor, en determinadas condiciones.

Para las construcciones 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 1.000 m<sup>2</sup>, se mejore su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos, siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable.



**Foto 11.** Paneles solares.

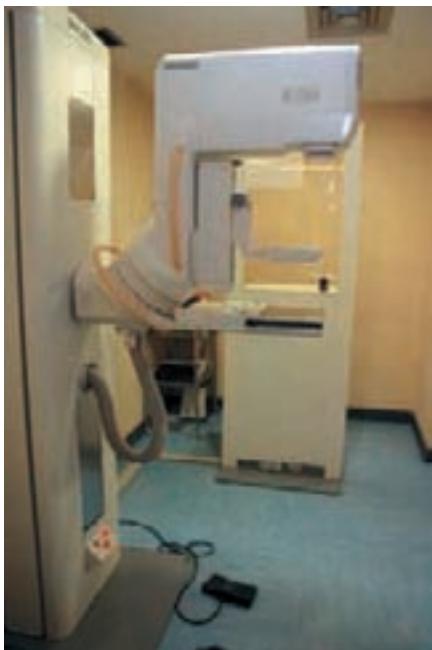


**Foto 12.** Análisis clínicos.

### **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.



**Foto 13.** Equipo de mamografía.



**Foto 14.** Equipo de ecografía.

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

La Directiva exige que se establezcan inspecciones periódicas de las calde-

ras 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 las soluciones alternativas.

Esta Directiva establecía la obligatoriedad por parte de los Estados miembros de dar cumplimiento a la misma antes del 4 de enero de 2006.

## 1.4. Conclusiones

El beneficio empresarial es el objetivo de toda actividad económica privada. El recorte de costes, en particular, los de componente fijo o semifijo, se convierte en un arma estratégica para aumentar la competitividad y el éxito de la empresa a medio y largo plazo.

Sin embargo, antes de encaminar nuestros pasos para lograr reducir los costes, es necesario pararse a pensar cuáles son las variables sobre las que se debe actuar para conseguir mayor eficacia en esta misión. Por ello, en el sector sanitario de clínicas y hospitales se debe tener en cuenta que estamos sometidos a eleva-

dos consumos energéticos. El ahorro energético que se puede conseguir con una combinación de actuaciones sobre diferentes puntos ayudará al gestor a incrementar la rentabilidad de la empresa y, a su vez, a conseguir una mejora en los efectos medioambientales producidos por la actividad.

Este capítulo recoge, aunque sea de un modo superficial e intentando evitar complicaciones técnicas excesivas, la idea de que un estudio pormenorizado de los consumos y demandas energéticas indicará las variables sobre las que hay que actuar prioritariamente, a fin de conseguir la mayor efectividad con el menor esfuerzo económico. **Esto se conseguirá con la realización de una Asesoría Energética.**

Las actuaciones recomendadas en este capítulo se han fundamentado sobre la propia tarifa energética, sobre las instalaciones 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 empresarial y es muy probable que una atenta revisión permita una selección de la tarifa más adecuada para el momento actual, que no tiene por qué ser la misma que la que se seleccionó al inicio de la actividad empresarial. 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 ayudará en la detección de oportunidades de ahorro. El ahorro producido por una adecuada selección tarifaria es inmediato y se notará 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 conseguidos con una adecuada selección tarifaria, rebajarán de modo ostensible los 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 o la microcogeneración, puede ser una opción interesante para incrementar el suministro de manera rentable reduciendo los daños medioambientales.

Por otra parte, un adecuado estudio termográfico permitirá incrementar la seguridad y la prevención y, además, se evitarán las averías antes de que éstas se produzcan y, con ello, las pérdidas energéticas y económicas subsiguientes. La termografía permite actuar fundamentalmente sobre las instalaciones eléctricas y sobre los equipos e instalaciones térmicas. Con ello, se evitan costes de oportunidad, se aumenta la eficiencia y se consiguen ahorros.

En cualquier caso, se han presentado sólo unas pocas de las posibilidades que existen en el mercado para ahorrar en la factura energética, así como para mejorar la calidad y garantizar el suministro. Por ello, Endesa identifica minuciosamente a cada uno de sus clientes y establece con ellos una relación de compromiso en la que la versatilidad de su gama de productos es la clave fundamental para ofrecer el servicio que necesiten. En este sentido, una Asesoría Energética es el vehículo más adecuado para conocer las necesidades del cliente y las posibilidades de mejora que Endesa pone a su disposición. Esta inquietud por la realización de Asesorías 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 Asesoría Energética y la puesta en marcha de las mejores consecuencias de ese estudio. Dichas recomendaciones (algunas posibilidades han sido introducidas en este capítulo) significarán de manera inmediata el ahorro en los costes energéticos de la empresa y, con ello, la mejora de la cuenta de resultados y el incremento del beneficio.

## 2.1. Introducción

El objetivo principal de la envolvente en las construcciones es proteger a los usuarios y los elementos interiores de las condiciones climáticas adversas del exterior. Esto, junto con las instalaciones, permite crear unas condiciones interiores adecuadas al uso del inmueble. El diseño de los cerramientos condicionará la energía necesaria para satisfacer estos objetivos.

En todos los edificios se debe dar solución a una ecuación con los siguientes elementos: funcionalidad, estética, coste de construcción, programa de superficies, normativa de aplicación y necesidades de instalaciones. En el caso que nos ocupa, los centros hospitalarios, esta ecuación es especialmente compleja por la variedad de usuarios y servicios.

Deben alojar servicios tan dispares como: consultas externas, hospitalización, laboratorios, urgencias, área quirúrgica, cuidados intensivos, etc.; y dar servicio a usuarios con necesidades distintas, como: trabajadores sanitarios, pacientes externos, pacientes hospitalizados, visitantes y personal administrativo.

También las exigencias de las instalaciones son mayores que en otros edificios. La climatización debe satisfacer exigencias elevadas de calidad de aire, en especial en las áreas quirúrgicas.

Hay que dar servicio a maquinaria costosa y compleja, sin olvidar que todos los servicios esenciales para la vida de los pacientes han de tener el funcionamiento garantizado, tanto ante un simple fallo en el suministro eléctrico, como en caso de catástrofe.

Otro factor a tener en cuenta en el diseño es la seguridad. Hay que proteger los bienes del hospital contra daños y robos, especialmente las drogas terapéuticas.

cas, y proteger a las personas. Se deben tener métodos de control de los pacientes violentos y procedimientos de bioseguridad para evitar la diseminación de agentes patógenos.

En este capítulo se proponen una serie de ideas que ayudan a mejorar la eficiencia energética de estos edificios. No todas serán aplicables siempre, y algunas no se podrán aplicar de forma simultánea. Será criterio del equipo de diseño aplicar las que mejor se ajusten a los objetivos y necesidades del edificio y sus usuarios.

## 2.2. El equipo de diseño

La forma convencional de hacer los proyectos es un proceso lineal. El trabajo y las responsabilidades se dividen entre los distintos participantes y cada uno se preocupa de que su trabajo sea correcto sin ver el conjunto del proyecto. Esto hace que el éxito individual de cada parte no garantice el éxito del proyecto. Además, en esta forma de trabajar la información no se comparte abiertamente, si no que en determinadas fases del diseño pasa de una parte a otra, perdiéndose conocimientos en cada traspaso de información.

El proceso de Diseño Integral del Edificio (traducción del inglés de *Integrated Building Design*), proceso que integra personas, estructuras de negocio y procedimientos desde la fase de prediseño hasta la de operación y mantenimiento del edificio, ayuda a conseguir una mayor fiabilidad de funcionamiento, reducir los costes de mantenimiento y mejorar la eficiencia energética del sistema.

La correcta definición de los objetivos y las necesidades a conseguir son factores claves para que el diseño cumpla los requerimientos que satisfagan las exigencias de los distintos usuarios y procesos con el mínimo coste. En todo momento se debe tener en cuenta, para el correcto funcionamiento del edificio, que la funcionalidad y el confort deben primar sobre el resto de criterios.

En el caso de los hospitales, el equipo interdisciplinar para el diseño del edificio debería incluir: propietarios, arquitectos, contratistas, ingenieros, mantenedores, personal médico y consultores especialistas. La clave de esta aproximación está en

que el equipo esté comprometido con el éxito del proyecto y las relaciones entre los miembros del equipo estén basadas en la confianza, compartiendo la información y la responsabilidad de los resultados. En este tipo de colaboración, cuando surgen diferencias entre distintas partes, éstas se reconocen y se tratan conjuntamente en aras de resolverlas con el mayor beneficio para el proyecto.

Un grupo que aúna conocimientos y experiencia, trabajando desde la fase del anteproyecto, consigue grandes resultados tomando decisiones cuando su incidencia sobre los resultados es máxima y el coste de implantación mínimo.

Con esta forma de trabajar no se trata de reducir el trabajado a realizar en la fase de diseño. Al contrario, se hace un esfuerzo extra en la planificación de los resultados, lo que lleva a reducir los plazos y costes de construcción, pues se reducen las incidencias en fase de obra.

## 2.3. El edificio

El diseño de un edificio va a estar condicionado, en primer lugar, por la normativa urbanística y la forma y topografía de la parcela en la que se va a construir; en segundo lugar están las necesidades que ha de cubrir el edificio en cuanto a la tipología de los espacios que necesita, su distribución y volumen; además, hay otros factores, como la imagen, y, dependiendo del uso, del equipo de trabajo y de la propiedad, criterios de sostenibilidad, fiabilidad, seguridad, etc.

### 2.3.1. Emplazamiento

La situación del edificio es un factor que influye indirectamente en el consumo energético durante la explotación. Los hospitales mueven mucha gente a diario, entre trabajadores, visitas y pacientes. Que el emplazamiento esté bien comunicado y sea accesible con comodidad mediante el transporte público o disponga de vías de comunicación que faciliten el acceso a pie o en bicicleta reducirán el consumo energético necesario para los desplazamientos a y desde el edificio.

Si el edificio se encuentra aislado y lejos de infraestructuras, llevar la energía y los diferentes suministros también supondrá mayor consumo energético.

### 2.3.2. La envolvente

En cualquier edificio, la envolvente del mismo condiciona el consumo energético de éste. La orientación, la distribución de los huecos en fachada y en cubierta y su tratamiento (elementos de sombra, vidrios de tratamiento solar, etc.), la compacidad (relación entre el volumen del edificio y el área de transmisión térmica de la envolvente;  $c=V/At$  [m]), las características de los cerramientos, etc., son los elementos que definirán el intercambio de energía entre el interior y el exterior del edificio. Cuanto mayor sea la diferencia entre las condiciones de temperatura y humedad entre el interior y el exterior, mejor deberá ser el aislamiento del edificio.

La distribución de los huecos en fachada y la distancia a éstos también condicionarán las necesidades de iluminación artificial durante las horas diurnas.

En el diseño específico de la fachada hay factores clave a considerar, como el aislamiento, la masa de los muros, la estanqueidad al aire y el factor solar de los vidrios.

Los hospitales funcionan 24 horas, 365 días al año. Disponer de cerramientos con bastante masa y con un buen aislamiento, situado en la parte exterior de los muros, aumentan la inercia térmica del edificio. Esto reduce las puntas de la instalación de climatización, al hacer que no coincida la punta de temperatura exterior y de radiación solar con las pérdidas por transmisión a través de los cerramientos.

En el aislamiento se debe prestar especial atención a los puentes térmicos. Todas las carpinterías metálicas situadas en contacto con el exterior deben disponer de elementos de rotura del puente térmico.

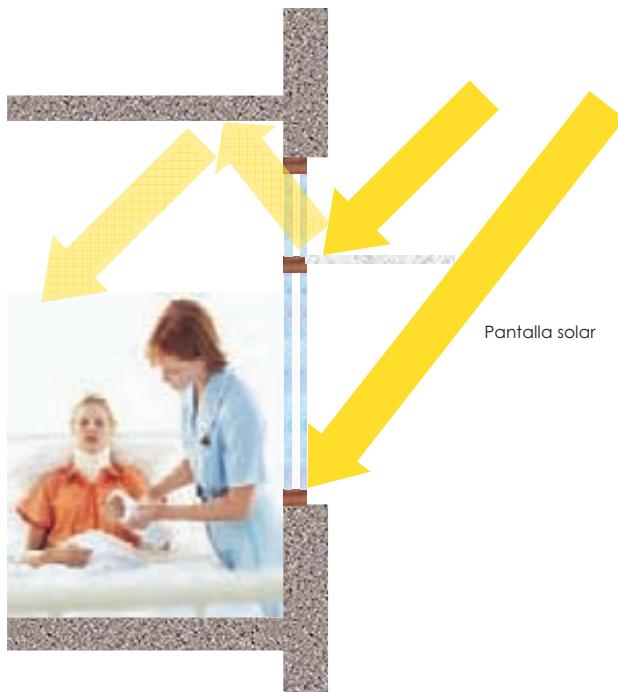
No hay que olvidar el aislamiento en zonas singulares, como encuentros de la fachada con los forjados o pilares, en los que no se debe perder la continuidad del elemento aislante.

La integración de la climatización solar pasiva en fase de diseño ayuda a reducir las necesidades de climatización del edificio. Edificios alargados, con las fachadas principales orientadas al Norte y al Sur, permiten el máximo aprovechamiento de la radiación solar mediante grandes huecos en la fachada Sur. En esta

orientación es fácil instalar dispositivos que impidan el acceso del sol al interior del edificio durante la época estival, mientras que en el invierno los rayos solares calientan el interior a través de los ventanales.

En las distintas zonas que hay en los hospitales hay algunas en las que la demanda térmica depende únicamente de las condiciones exteriores, como pueden ser las habitaciones, y otras también condicionadas por las cargas internas, como las salas de espera de ocupación elevada o salas técnicas con equipos que disipan mucho calor. Situar las primeras con orientación sur permite el máximo aprovechamiento de la climatización solar pasiva, mientras que las segundas se pueden orientar al norte, con lo que se evita sumar a la carga interna la radiación solar.

El uso de vidrios de baja emisividad o reflectantes también se deben estudiar en cada caso. Por ejemplo, los primeros, que tienen un factor de transmisión de calor bajo y cumplen con su función adecuadamente durante el invierno, pueden evitar que salga al exterior el calor que se acumula en la ventana durante el verano, debido a la radiación solar, convirtiéndose en un radiador de calor hacia el interior.



**Figura 1.** Pantalla solar para facilitar la penetración de la luz natural de forma indirecta, a la vez que protege de la radiación solar directa.

La disposición de amplios ventanales y que el edificio no sea muy ancho, permite maximizar la iluminación natural del interior. Esta fuente de luz, además de reducir el consumo eléctrico, ha demostrado acelerar la recuperación de los pacientes y mejorar la productividad y capacidad de respuesta de los trabajadores (*The Energy Efficient Hospital by Michelle Halle Stern, Sustainable Facility Magazine, Agosto 2008*).

Dispositivos como las pantallas solares, cuyo funcionamiento se representa en la Fig. 1, ayudan a introducir la luz solar hasta el interior del edificio, a la vez que sirven de elementos de sombra para eliminar la radiación solar directa.

El adecuado diseño de la jardinería, en caso de haberla, también puede ayudar. Plantar árboles de hoja caduca permite dar sombra en verano y que en invierno los rayos solares alcancen el edificio.

Otra estrategia que ayuda a reducir la energía que consume el edificio es el uso de cubiertas ajardinadas. Este tipo de cubiertas presenta las siguientes ventajas térmicas:

- Sirve como aislamiento.
- En verano ayuda a la refrigeración por la evaporación que se produce.
- Se elimina el efecto de la radiación solar directa sobre la cubierta, pues las plantas la evitan.

Otro punto a favor de estas cubiertas es que retienen o aprovechan el agua de lluvia, reduciendo el caudal de escorrentía en caso de tormenta.

## 2.4. El diseño del edificio y las instalaciones

En los centros hospitalarios hay que disponer de energía eléctrica, combustibles, aire acondicionado, comunicaciones de voz y datos, gases medicinales, agua sanitaria caliente y fría, protección contra incendios, etc.; y estos servicios, en la mayor parte de los casos, deben llegar a todos los rincones del edificio.

Los espacios que se habiliten para el paso de las instalaciones incidirán directamente en el coste de las instalaciones, tanto en la fase de construcción, como en la de explotación. La situación de los patinillos, el tamaño de los espacios y su accesibilidad afectan al consumo.

Racionalizar los espacios para cada instalación en la fase de diseño facilitará el montaje inicial, lo cual reduce el trabajo necesario para montarlo, evita desmontajes por errores de coordinación y permite optimizar los materiales, todo lo cual redunda en la energía necesaria para la construcción.

Los recorridos largos entre los puntos de producción y de consumo implican pérdidas energéticas. Aún peor que las largas distancias pueden ser los cambios de dirección, los cuales implican pérdidas puntuales elevadas. Se deben evitar los recorridos laberínticos para poder pasar las canalizaciones, coordinando los cruces entre instalaciones y buscando los caminos más directos que sea posible.

La accesibilidad de las instalaciones condiciona su posterior mantenimiento. Un elemento no accesible no se mantiene y, si es difícilmente accesible, tampoco. Esta falta de mantenimiento afecta directamente al rendimiento de la instalación, bajando las prestaciones y aumentando los consumos.

Los espacios para instalaciones deben ser accesibles y permitir la ampliación y modificación de las instalaciones a lo largo de su vida útil. También debe ser posible el desmontaje y retirada de éstas.

Entre todas las instalaciones, merece especial mención la climatización, por los espacios que necesita y su influencia en el consumo energético.

## 2.4.1. La climatización

El diseño del edificio y la instalación de climatización están estrechamente ligados, pues será aquel el que determine las condiciones de funcionamiento de ésta. La situación de los equipos de climatización, las centrales térmicas y frigoríficas, las tomas de aire exterior y las expulsiones de aire sucio, los espacios para el paso de las canalizaciones (especialmente, por su tamaño, los conductos de aire)

y los puntos de impulsión y retorno de aire tratado en el interior de los locales inciden en el rendimiento del aire acondicionado.

Se debe prestar especial atención a la disposición de las zonas de expulsión de aire y toma de aire exterior. En primer lugar, por razones obvias de salubridad, hay que disponerlas de modo que se evite la contaminación por flujos cruzados, es decir, que el aire expulsado pueda ser tomado por los equipos que introducen el aire exterior de ventilación en el edificio. Al situar las expulsiones también se tendrán en cuenta las aperturas del edificio (ventanas, terrazas, patios, etc.) y los vientos dominantes, tratando de evitar que el aire sucio incida sobre zonas de tránsito o pueda volver a entrar al edificio.

Las tomas de aire exterior también se pueden colocar de modo que se favorezca el ahorro energético. Por ejemplo, si están situadas en lugares donde los cerramientos del edificio están expuestos a la radiación solar directa y éstos acumulan calor (como cubiertas con acabados oscuros, zonas asfaltadas, etc.), el aire que se toma estará aún más caliente que el exterior. Esto puede ser beneficioso en invierno, pero perjudicial en verano.

En el interior del edificio, un correcto estudio de la difusión ayuda a reducir los caudales de aire tratado, sin reducir el confort térmico. Por ejemplo, en un acceso al hospital con zona de recepción y espera, se debe impulsar el aire en la zona ocupada y retornarlo cerca de las puertas, zona que no está ocupada y donde se puede permitir una mayor oscilación de la temperatura.

Otro beneficio de estudiar en cada caso la circulación del aire en el interior de las salas es que se puede controlar y evitar la dispersión de las partículas infeccio-contagiosas de una zona a otra ((2007) “Smart design could reduce “super bug” outbreaks”. Reporter nº 527 (publicación de la Universidad de Leeds). <http://reporter.leeds.ac.uk/527/s1.htm>).

Una zona que requiere especial atención en el diseño e integración de la climatización en los espacios es el área quirúrgica. Estas zonas funcionan con caudales de aire elevados y necesitan las máximas garantías sanitarias. Para conseguirlo funcionan con climatizadores que tratan únicamente aire exterior (no se recircula el aire extraído) y con sistemas de filtrado de alta eficacia. Los filtros utiliza-

dos y los caudales que se manejan implican que la energía necesaria para impulsar el aire en estos espacios es mayor que en otras zonas del edificio, por ello se debe cuidar la instalación de los equipos en zonas que tengan fácil acceso para tomar el aire exterior y expulsar el aire extraído y en las que los recorridos de conductos hasta las salas sea lo más directo y corto posible, evitando codos y largos recorridos en los conductos, que son zonas donde se puede acumular suciedad e implican mayor energía para el transporte del aire.

## 2.5. Los espacios y su interrelación

En el caso de los centros hospitalarios se presentan condicionantes muy específicos en el diseño del edificio en cuanto a los espacios que necesita y la relación entre ellos. Además, cada uno presenta determinadas exigencias de ventilación, condiciones termohigrométricas, suministro de energía, agua, gases medicinales, etc.

También hay que tener en cuenta que la medicina está cambiando constantemente, con tratamientos y equipos nuevos, así como las necesidades de la sociedad, donde factores como el envejecimiento de la población o la tasa de natalidad hacen variar la demanda de determinados servicios. Por ello, el diseño debe ser suficientemente flexible para absorber estas variaciones, tomando en consideración criterios de modularidad, creación de espacios lo más genéricos que sea posible y previendo espacios para las instalaciones que sean también modulares y accesibles. Todo esto hará más sencillas las reformas con los consiguientes ahorros de materiales y energía.

En la Fig. 2 se muestra de forma genérica la interrelación entre los principales espacios que componen un edificio.

El desarrollo del edificio, en altura o en horizontal, se debe estudiar con atención. Cómo se resuelvan las circulaciones en este tipo de edificios afectará directamente a la eficiencia, ya que influirá en los tiempos de traslado y en el consumo energético, especialmente cuando el transporte sea vertical, pues los ascensores son grandes consumidores de energía.

En los edificios en altura hay que evaluar la utilización de tolvas para la recolección de basuras y lencería sucia. Estos sistemas necesitan poco espacio en planta y suponen un importante ahorro de tiempo y energía.

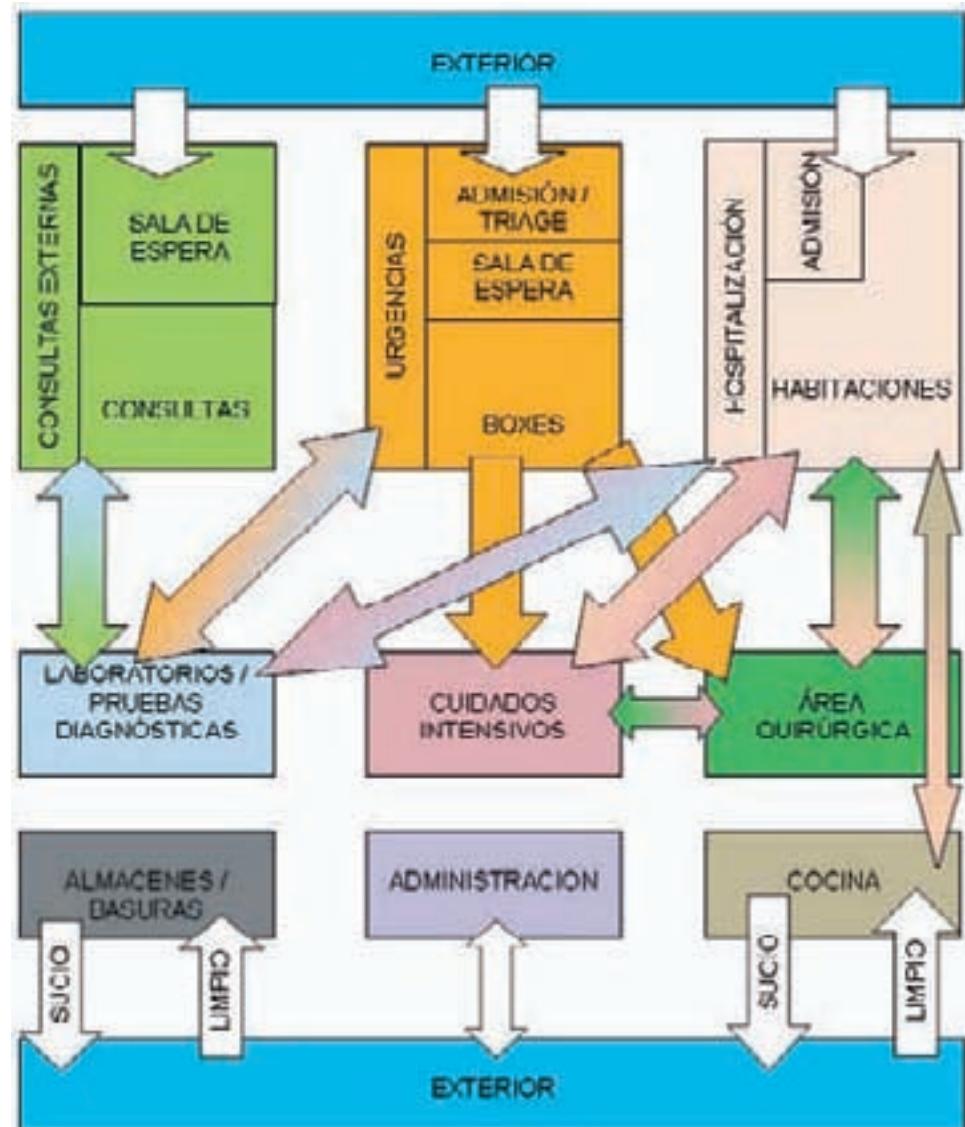


Figura 2. Interrelación entre los principales espacios de un edificio.

## 2.6. Los materiales

La selección de materiales también es clave en la sostenibilidad del edificio, teniendo en cuenta los efectos de su extracción, proceso y transporte sobre el medio ambiente. Estas actividades consumen energía, contaminan, afectan al hábitat natural y esquilman los recursos naturales.

Para reducir al máximo su consumo, se debe priorizar el aprovechamiento de las infraestructuras existentes y la reutilización de los edificios frente a la construcción de otros nuevos.

En la fase de construcción o reforma hay que tener en cuenta la posible reutilización y reciclaje de los residuos que se generan, facilitando su recogida específica.

También hay que evaluar los materiales a emplear, primando aquellos obtenidos y procesados a distancias razonables del emplazamiento (*la certificación LEED propone un radio de 800 km*), la utilización de productos reciclados o reutilizados y la de materias primas que se regeneren rápidamente.

## Bibliografía

- CARR R. F. (2009): "Hospital". Whole Building Design Guide.  
<http://www.wbdg.org/design/hospital.php>
- Green Guide for Health Care Steering Committee (2007) "Green Guide for Health Care 2.2". <http://www.gghc.org/>
- U.S. Department of Energy (2009) "Energy Smart Hospitals: Improving Design and Construction".  
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/energysmarthospitals/esh\\_improving-design.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/energysmarthospitals/esh_improving-design.pdf)



## 3.1. Introducción

### 3.1.1. Antecedentes

El agotamiento de las fuentes de energía no renovables, el ahorro monetario o el cuidado del medio ambiente son algunas de las razones por las que comenzamos a familiarizarnos con el término



eficiencia energética, pero ¿de qué se habla exactamente cuando se utiliza esta expresión? De algo tan sencillo como de la adecuada administración de la energía y, en consecuencia, de su ahorro.

La energía es algo que utilizamos a diario y constantemente desde que nos levantamos hasta que nos acostamos, pero raramente pensamos en cómo administrarla no sólo para ahorrar dinero, sino también para ayudar al medio ambiente. Y es que debemos tener claro que es la propia naturaleza la que más caro pagará todos nuestros derroches energéticos, sobre todo si se considera que un pequeño porcentaje de la energía utilizada en España proviene de fuentes renovables.

Resulta prioritario pues, reducir esta dependencia económica del petróleo y de combustibles fósiles - se trata de fuentes que poco a poco se agotan - y para ello hay dos soluciones: potenciar el uso de fuentes alternativas y renovables y, aún más importante, aprender a usar eficientemente la energía, cuestión en la que todos tenemos igual responsabilidad. El ahorro de energía se puede conseguir en cualquiera de las actividades diarias y, además, hoy día hay muchos ade-

lantos tecnológicos orientados a este fin que han obtenido buenos resultados. Se calcula que desde 1970 se ha consumido un 20% menos de energía para generar los mismos bienes.



Debido al cambio climático, el aumento del precio de la energía, la escasez de recursos naturales y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (entre los que se encuentran las de CO<sub>2</sub>), todos ellos problemas clave de nuestros días, se consideró necesario marcar unos objetivos por países, dentro del protocolo de Kyoto. Actualmente, las

emisiones de CO<sub>2</sub> en España se encuentran a unos niveles muy alejados de los necesarios para poder alcanzar el objetivo prefijado en Kyoto para el año 2012.

La industria del alumbrado posee la tecnología necesaria para conseguir ahorros energéticos y reducciones muy significativas de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Cambiando a sistemas de alumbrado energéticamente más eficientes, se pueden obtener además importantes ahorros en los costes de mantenimiento de las instalaciones. Las ventajas, por tanto, son muchas, tanto desde el punto de vista medioambiental como del financiero.

### 3.1.2. Alumbrado en hospitales

Los hospitales invierten grandes sumas de dinero en máquinas, inmovilizado fijo y personal cualificado, pero tan sólo una pequeña cantidad se invierte en una iluminación adecuada. Un buen alumbrado es de vital importancia para crear las condiciones óptimas de trabajo que se traducen en óptimas productividades y bienestar para pacientes y visitantes.

Cada lugar tiene sus propias necesidades de iluminación en cuanto a coste, calidad y tipo de iluminación necesaria para la tarea a efectuar en las instalaciones. Los gerentes desean economizar en el coste total de propiedad, y cada

vez son más conscientes de que la iluminación puede aumentar el rendimiento, concentración, productividad del personal médico, así como el bienestar de los pacientes.

La iluminación es una necesidad para conseguir servicios y procesos de calidad, tan importante como cualquier otro aspecto de la cadena. Anteriormente ya se ha indicado, pero hay que insistir en el hecho de que, por experiencia, una buena iluminación aumenta tanto la productividad como la calidad. Mediante estudios realizados se ha demostrado que un buen alumbrado:

- ✿ Aumenta el confort, la seguridad y la orientación.
- ✿ Minimiza los errores. En este punto son críticos tanto la cantidad como la calidad del alumbrado y el control del deslumbramiento.
- ✿ Mejora la efectividad, motivación y satisfacción del personal.
- ✿ Mejora la salud y el bienestar.

Como se va a comentar en este capítulo, cualquier mejora que se introduzca en la iluminación a través de tecnologías novedosas y eficientes, inmediatamente redundará en un **ahorro de económico y de mantenimiento**.



**Figura 1.** Luz funcional y agradable en horas concurridas de trabajo (izquierda) y luz de orientación y seguridad en horas tranquilas de trabajo (derecha).

El alumbrado de cada uno de los espacios ha de suministrar el nivel de iluminación adecuado para cada actividad, creando un ambiente agradable y una sensación de confort.

No se debe olvidar que se está hablando de iluminación artificial, conforme a las medidas y necesidades del hombre y, por tanto, se han de tener en cuenta los aspectos físicos y psicológicos que pueden influir en la iluminación ambiental. Por ello, no es suficiente disponer de la cantidad de luz necesaria y disponible en el lugar adecuado, sino que también se han de prever las sensaciones y las necesidades del usuario del sistema de iluminación.

Por tanto, para proceder a una correcta selección de las fuentes de luz disponibles en la amplia oferta del mercado, no sólo habrá que fijarse en las propiedades cualitativas de la luz, sino también en el consumo energético de las lámparas.

Tampoco se debe olvidar que la iluminación más económica y que mejor calidad ofrece es la iluminación natural. La combinación correcta de la iluminación natural y la artificial aportará importantes ahorros económicos y un aumento del confort.

Una buena elección del sistema de iluminación ha de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cantidad de luz (lúmenes).
- Calidad de la luz (temperatura de color, índice de Reproducción Cromática).
- Cantidad de energía consumida por lámpara (eficacia luminosa, duración).
- Diseño del sistema de iluminación (lámpara, equipo, luminaria y sistema de control).

La mejor opción será aquella que por unas mismas características de la luz obtenida consumamos una cantidad menor de kWh.

## **3.2. Directivas, códigos, leyes y reglamentos sobre la eficiencia energética**

Dados los efectos cada vez más alarmantes producidos por el cambio climático y la preocupación actual por el medio ambiente y su futuro, los gobiernos de la mayor parte de los países y, en concreto, la Unión Europea, han redactado una serie de directivas, códigos, leyes, reglamentos y normas para acomodar el consumo excesivo de los escasos recursos a las verdaderas necesidades, evaluando, limitando y primando el empleo de fuentes de energía alternativas y, sobre todo, renovables. Por otro lado, los fabricantes de aparatos que consumen energía investigan y desarrollan cómo reducir los consumos manteniendo las prestaciones de sus productos.

No debe olvidarse que, en paralelo con este deseo de ahorrar energía, coexiste una obligación, que es la de conseguir satisfacer los criterios de calidad precisos para que las instalaciones de iluminación proporcionen no sólo los niveles suficientes, sino también la satisfacción de todos aquellos parámetros que contribuyen a crear un ambiente confortable y seguro en los distintos lugares a iluminar.

### **3.2.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)**

El Consejo de Ministros, mediante el Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, aprobó el Código Técnico de la Edificación (CTE), marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad, seguridad y habitabilidad de los edificios y sus instalaciones.

El auge de la construcción en los últimos años y en décadas anteriores no siempre ha alcanzado unos parámetros de calidad adaptados a las nuevas demandas. El punto de inflexión que significó la firma del Protocolo de Kyoto en 1999 y los compromisos más exigentes de la Unión Europea con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, marcan el desarrollo de una serie de normativas que están cambiando los parámetros básicos de la construcción.

El CTE se aprueba con los objetivos de mejorar la calidad de la edificación y

de promover la innovación y la sostenibilidad, aumentando la calidad básica de la construcción según se recogía en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (LOE). Además, se han incorporado criterios de eficiencia energética para cumplir las exigencias derivadas de la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre, relativa a la eficiencia energética de edificios.

A través de esta Normativa se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se refieren tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, **el ahorro energético** o la accesibilidad a las personas con movilidad reducida.

Esta nueva Norma regula la construcción de todos los edificios nuevos y la rehabilitación de los existentes, tanto los destinados a viviendas como los de uso comercial, docente, sanitario, deportivo, industrial o sociocultural.

Dentro de esta legislación, existen distintas secciones que afectan a la iluminación de los edificios. La más importante se recoge a continuación.

### 3.2.1.1. Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Este es, sin duda, el documento que supone un mayor avance en materia de iluminación de las edificaciones. Su ámbito de aplicación son las instalaciones de iluminación de interior en:

- Edificios de nueva construcción.
- Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil de más de 1.000 m<sup>2</sup>, donde se renueva más del 25% de la superficie iluminada.
- Reformas de locales comerciales y edificios de uso administrativo donde se renueva la instalación de alumbrado.

Se excluyen, específicamente:

- Edificios y monumentos de valor histórico, cuando la aplicación de estas exigencias supongan alteraciones inaceptables para ellos.
- Construcciones provisionales para menos de 2 años.
- Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- Edificios independientes de menos de 50 m<sup>2</sup>.
- Interiores de viviendas.

Aún en estos casos, se deben adoptar soluciones, debidamente justificadas en el proyecto, para el **ahorro de energía en la iluminación**. Para la aplicación de esta sección, se establece un procedimiento de verificación, que debe incluir:

- Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (según se explica más adelante).
- Comprobación de la existencia del sistema de control y regulación que optimice el aprovechamiento de luz natural.
- Verificación de la existencia de un plan de mantenimiento.

Así mismo, en la memoria del proyecto debe incluirse la siguiente documentación justificativa:

- Para cada zona figura, junto con los cálculos justificativos, la siguiente información: índice del local (K) utilizado en el cálculo, número de puntos considerados, factor de mantenimiento previsto (Fm), iluminancia media mantenida (Em), índice de deslumbramiento unificado (UGR), índice de rendimiento del color (Ra), el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) y las potencias de los conjuntos formados por lámpara más equipo auxiliar.
- Así mismo, para cada zona debe justificarse en la memoria del proyecto el sistema de control y regulación que corresponda.

A continuación, se detalla la caracterización y cuantificación de estas exigencias:

## 1. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

Este valor se define como:

$$\text{VEEI} = \frac{\text{Potencia instalada} \times 100}{\text{Superficie iluminada (m}^2\text{)} \times \text{Iluminancia media mantenida}}$$

Las unidades son, por tanto: W/m<sup>2</sup> por cada 100 Lux.

Para este valor se establecen unos valores mínimos, diferenciándose en los edificios dos tipos de zonas: las de representación y las de no representación. Se entienden por zonas de representación aquellas donde el criterio de diseño, imagen o estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética. Por el contrario, las zonas de no representación son aquellas donde los criterios como el nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética son más importantes que cualquier otro criterio.

Analizando los sistemas actualmente utilizados para iluminación de los distintos espacios interiores de clínicas y hospitales, hay que prestar especial atención a las siguientes zonas:

### Zonas de no representación:

- Iluminación general de oficinas: en general, las luminarias más comúnmente utilizadas, tanto con tubos fluorescentes T8 como con lámparas fluorescentes compactas, cumplen con los niveles mínimos de eficiencia exigidos. Únicamente determinadas soluciones con luminarias con sistemas de iluminación indirecta no cumplen con las exigencias mínimas de 3,5 W/m<sup>2</sup> por cada 100 Lux.

Siempre se ha de prestar especial atención a que el alumbrado de acentuación se incluya en el cálculo de eficiencia, aunque no es muy habitual su uso en zonas de no representación.

- Zonas comunes: en estas zonas hay que evitar el uso abusivo de lámpa-

ras halógenas (para iluminación general), ya que harían imposible conseguir los mínimos exigidos de eficiencia. En caso de utilizar este tipo lámparas, se debe hacer para aportar luz de acentuación en puntos concretos y utilizando las tecnologías más eficientes disponibles.

### Zonas de representación:

En general, los niveles de eficiencia exigidos para las zonas de no representación se consiguen con cierta facilidad, siempre que el alumbrado no se base en lámparas incandescentes o halógenas estándar. Este tipo de iluminación es todavía habitual en determinadas oficinas, galerías de exposiciones, pequeños comercios y hoteles. Para aumentar la eficiencia, es importante utilizar lámparas con la mayor eficiencia posible, como las lámparas de bajo consumo.

**Tabla 2.1. Valores límite de eficiencia energética de la instalación**

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 Zonas de no representación	Administrativo en general	3,5
	Áreas de estaciones de transporte	3,5
	Sala de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Ateler y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospita (3)	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivor, salas técnicas y cocinas	5
	Aparcamientos	5
	Espacios deportivos (5)	5
Recintos interiores asignables a grupo 1 no descritos en la lista anterior		4,5
2 Zonas de representación	Administrativo en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supertiendas, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Cine, Comerciales (pequeñas tiendas) (8)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Religioso en general	10
	Saleones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)	10
	Tienda y pequeño comercio	10
	Zona comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
Recintos interiores asignables a grupo 2 no descritos en la lista anterior		10

## 2. Sistemas de control y regulación

Las instalaciones de iluminación deberán contar con un sistema de regulación y control.

Se prohíbe expresamente utilizar como único sistema de control el apagado y encendido en cuadros eléctricos, práctica muy habitual en la actualidad, por lo que se tendrá que instalar para cada zona, al menos, un sistema de encendido y apagado manual.

El sistema de control dispondrá, al menos, de **detección de presencia** o temporización en zonas de uso esporádico, lo que implica la obligación de instalar estos sistemas en aseos, pasillos, escaleras, aparcamientos, etc.

Además, los edificios que dispongan de una suficiente iluminación natural tendrán un sistema de **regulación** en las luminarias más próximas a las ventanas, de manera que se aproveche el aporte de luz natural.

El CTE incluye las fórmulas que permiten calcular en qué tipo de edificios es obligatoria hacer esta regulación en función de la superficie acristalada, respecto a la de la planta del edificio, la tramitancia del cerramiento acristalado y los posibles obstáculos exteriores al edificio, y que proyecten sombras sobre ellos. Se puede concluir que, en la mayoría de las configuraciones de los actuales edificios, será necesaria su instalación. Así mismo, en muchos centros hospitalarios se cuenta hoy en día con el suficiente aporte de luz natural.

Quedan explícitamente excluidas del requerimiento de regulación:

1. Las zonas comunes de edificios residenciales.
2. Las habitaciones de hospitales.
3. Las habitaciones de hoteles.
4. Tiendas y pequeños comercios.

### 3. Cálculo

Se establece que los parámetros de calidad de la instalación aceptados como mínimos son los que se establecen en la Norma UNE 12464-1, "Iluminación en lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo interiores" y en la Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos laborales.

Dentro de la Norma UNE 12464-1, hay que prestar especial interés a los valores de deslumbramiento directo (UGR) e indirecto (límite de luminancia en luminarias con flujo hacia el hemisferio inferior;  $cd/m^2 < 65^\circ$ ), ya que en las instalaciones actuales estos parámetros de calidad no suelen considerarse.

Los parámetros mínimos de cálculo que se tienen que obtener para cada zona son:

- Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- Iluminancia media mantenida ( $E_m$ ) en el plano de trabajo.
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador.

Así mismo, se deberán indicar el índice de rendimiento cromático ( $R_a$ ) y las potencias de los conjuntos lámpara-equipo auxiliar. El cálculo se puede realizar manualmente o bien mediante ordenador (por ejemplo, con el programa Dialux).

#### 4. **Productos de la construcción**

Se establecen unos valores mínimos de eficiencia de los equipos eléctricos asociados a las lámparas fluorescentes, halógenas de baja tensión y de descarga. Los valores exigidos para fluorescencia son los ya incluidos con anterioridad en el Real Decreto 838/2002 (posteriormente analizado).

Para lámparas de descarga y halógenas de bajo voltaje, se exigen unos niveles inferiores a los que ofrecen algunos fabricantes en equipos convencionales. Utilizar reactancias y transformadores electrónicos garantiza el cumplimiento de este punto, en todos los casos.

#### 5. **Mantenimiento y conservación**

El CTE obliga a elaborar un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación, de manera que se garantice el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y de la eficiencia energética.

Dicho plan contemplará los períodos de reposición de las lámparas, los de la

limpieza de luminarias, así como la metodología a emplear. Actualmente, es práctica común hacer un mantenimiento puntual de las lámparas, lo cual impide garantizar las condiciones de calidad de la instalación.

Para consultar y ampliar toda la información relativa a las normas relacionadas con el alumbrado y el Código Técnico de la Edificación aplicado al alumbrado, se puede dirigir a: [www.alumbradoymedioambiente.es](http://www.alumbradoymedioambiente.es).

### **3.2.2. Norma UNE 12464.1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores**

Esta Norma, a la que debe acudirse en el origen de todos los proyectos de iluminación para lugares de trabajo en interiores, recomienda el cumplimiento no sólo cuantitativo, sino cualitativo, de dos aspectos de la tarea visual que se resumen brevemente:

- Confort visual.
- Rendimiento de colores.

Dentro del confort visual, estarán englobados parámetros tales como la relación de luminancias entre tarea y entorno, o el control estricto del deslumbramiento producido por las fuentes de luz.

Pero lo que de verdad introduce una novedad notable, por lo que significa de mejora para el usuario de las instalaciones, es el aspecto relativo al rendimiento de colores. Esta Norma plantea la prohibición de utilizar lámparas que no cumplan con los índices mínimos de reproducción cromática.

Así, por ejemplo, se exige un índice de rendimiento en color superior a 80 ( $R_a > 80$ ) en la conocida escala de 0 a 100, para iluminar cualquier tarea visual en salas o recintos en los que la ocupación sea de gran duración o permanente, y no ocasional como podría suceder en corredores o pasillos.

Seguir estas pautas es cumplir con los mínimos exigidos en el CTE referidos a

calidad y confort visual, a la vez que se ayuda a crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.

A continuación, se muestran las tablas referidas a "Establecimientos Sanitarios".

Nº ref	Tipo de instalación, tarea y actividad	F <sub>m</sub> lux	UCR <sub>L</sub>	R <sub>s</sub>	Observaciones
1.1	Oficina de personal	500	19	80	- Toda la iluminación a nivel de suelo
1.2	Sala de espera, personal y pasillos	200	22	80	
1.3	Pasillos durante la noche	50	22	80	
1.4	Sala de personal	300	19	80	
<b>2. Salas de guardia y maternidad</b>					
2.1	Alumbrado de lectura	300	19	80	- Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes
2.2	Alumbrado general	100	22	80	- Iluminación a nivel del suelo
2.3	Exámenes simples	300	19	80	
2.4	Examen y tratamiento	1000	19	90	
2.5	Cuartos de baño y servicios	200	22	80	
<b>3. Salas de examen</b>					
3.1	Alumbrado general	300	19	90	
3.2	Examen y tratamiento	1000	19	90	
3.3	Examen ocular exterior	1000	-	90	
3.4	Pruebas de lectura y visión cromática con diagrama de vision	500	16	90	
3.5	Examen auditivo	1000	-	90	
3.6	Alumbrado general examen ocular y auditivo	300	19	90	
<b>4. Salas de escáner</b>					
4.1	Alumbrado general	300	19	80	
4.2	Escáneres con mejoradores de imágenes y sistemas de TV	50	19	80	
<b>5. Salas de parto</b>					
5.1	Alumbrado general	300	19	80	
5.2	Examen y tratamiento	1000	19	80	

6. Salas de tratamiento (general)					
Nº ref	Tipo de interior, tarea y actividad	E <sub>m</sub> lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
6.1	Dália	500	19	90	- La iluminación debe ser controlable
6.2	Dermatología	500	19	90	
6.3	Sala de endoscopio	300	19	90	
6.4	Sala de rayos	500	19	90	
6.5	Masaje y radioterapia. Baños Médicos	300	19	90	
7. Áreas de operación					
7.1	Sala preparatoria y de recuperación	500	19	90	
7.2	Sala de operación	1000	19	90	
7.3	Quirófano				- Em: 10000-100000 Lux
8. Unidad de cuidados intensivos					
8.1	Alumbrado general	100	19	90	- A nivel de suelo
8.2	Estimular implantes	300	19	90	- A nivel de suelo
8.3	Respirar y trastornos	1000	19	90	- A nivel de cara
8.4	Vigilancia nocturna	30	19	90	
9. Dentistas					
9.1	Alumbrado general	500	19	90	- El alumbrado debe estar libre de deslumbramiento para el paciente
9.2	En el paciente	1000	-	90	
9.3	Quirófano	1000	-	90	- Pueden ser necesarios valores mayores de 5000 lux
9.4	Impresión del blanco dental	5000	-	90	- Temp 4.000 K.
10. Laboratorios y farmacias					
10.1	Alumbrado general	500	19	90	
10.2	Inspección de colores	1000	19	90	- Temp 4.000 K.
11. Salas de descontaminación					
11.1	Sala de esterilización	300	22	80	
11.2	Sala de desinfección	300	22	80	
12. Sala de autopsias y depósitos mortuorios					
12.1	Alumbrado general	500	19	90	
12.2	Mesa de autopsia y mesa de disección	3000	-	90	- Pueden ser necesarios valores mayores de 5000 lux

Columna 1: recoge el **número de referencia** para cada (área) interior, tarea o actividad.

Columna 2: recoge las **(áreas) interiores, tareas o actividades**, para las que están dados los requisitos específicos. Si el (área) interior, tarea o actividad particular no está recogida, deberían adoptarse los valores dados para una situación similar, comparable.

Columna 3: da la **iluminancia mantenida**, E<sub>m</sub>, en la superficie de referencia para el (área) interior, tarea o actividad dada en la columna 2. La iluminancia media para cada tarea no debe caer del valor en tablas para cada área, independientemente de la edad y estado de la instalación. La iluminancia mantenida puede ser disminuida en circunstancias inusuales o aumentada en circunstancias críticas (trabajos de precisión).

Columna 4: cuando los **límites de UGR** (límite de Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR) son aplicables a la situación recogida en la columna 2.

Columna 5: proporciona los **índices de rendimiento de colores (Ra)** mínimos para la situación recogida en la columna 2.

Columna 6: se dan avisos y pies de nota para excepciones y aplicaciones especiales para las situaciones recogidas en la columna 2.

### **3.2.3. Real Decreto 208/2005, relativo a la Directiva RAEE sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos**

El Consejo de Ministros aprobó el Real Decreto 208/2005 el 25 de febrero de 2005, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos, con el que se pretende mejorar el comportamiento ambiental de todos los agentes (productores, distribuidores y usuarios) que intervienen en el ciclo de vida de estos aparatos y, en particular, el de aquellos agentes directamente implicados en la gestión de los residuos derivados.

Establece medidas de prevención desde la fase de diseño y fabricación de los aparatos eléctricos o electrónicos para limitar la inclusión en ellos de sustancias peligrosas. Estas medidas son exigibles a los aparatos que han salido al mercado desde el 1 de julio de 2006.

También se determina cómo gestionar estos aparatos para minimizar el impacto ambiental de sus residuos, con especial consideración de los procedentes de hogares particulares, por su porcentaje mayoritario en el cómputo total de residuos de estos aparatos. La Norma aprobada establece que los últimos poseedores podrán devolver los aparatos sin coste a los distribuidores o a las entidades locales. Posteriormente, los productores deberán hacerse cargo de ellos y proceder a su correcta gestión, bien directamente o mediante gestores autorizados.

Finalmente se establecen los requisitos técnicos tanto de las instalaciones de recepción, incluso provisionales, como los de las instalaciones de tratamiento de residuos de aparatos eléctricos o electrónicos, y se determina la información que los distintos agentes económicos deben remitir a las Comunidades Autónomas y al Registro de establecimiento industrial de ámbito estatal, así como la que éstos deben enviar al Ministerio de Medio Ambiente para su remisión a la Unión Europea.

Los productores pueden desarrollar su propio sistema de recogida, reciclado y valorización o realizar este servicio a través de un Sistema Integrado de Gestión (S.I.G.). Philips Alumbrado cuenta con la Asociación sin ánimo de lucro Ambilamp

para los residuos de lámparas ([www.ambilamp.es](http://www.ambilamp.es)) y con la Fundación Eculum para luminarias ([www.eculum.es](http://www.eculum.es)).

### **3.2.4. RoHS. Directiva sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos**

Desde el 1 de julio de 2006, son de aplicación las medidas previstas en la Directiva 2002/95/CE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, también conocida como Directiva RoHS (traspuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero), medidas que tienen un impacto significativo en las cantidades de sustancias peligrosas emitidas al medio ambiente. Complementa la Directiva RAEE reduciendo las cantidades de materiales potencialmente peligrosos contenidos en productos eléctricos y electrónicos.

Una de las principales consecuencias de la Directiva RoHS es la restricción de aquellos productos que no cumplan con las cantidades de sustancias contaminantes que en esta Directiva se especifican, así como reducir los riesgos en la manipulación de los productos en su ciclo de reciclaje.

Se prohíben las siguientes sustancias en lámparas y equipos:

- Plomo (Pb)
- Mercurio (Hg)
- Cromo hexavalente (Cr VI)
- Cadmio (Cd)
- Bifenilos polibromados (PBB)

### **3.2.5. Real Decreto 838/2002. Requisitos de eficiencia energética de los balastos para lámparas fluorescentes**

El Real Decreto 838/2002, del 2 de agosto, traspone la Directiva 2000/55/CE

que fue aprobada en el Parlamento Europeo el 18 de septiembre. Esta Directiva regula los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

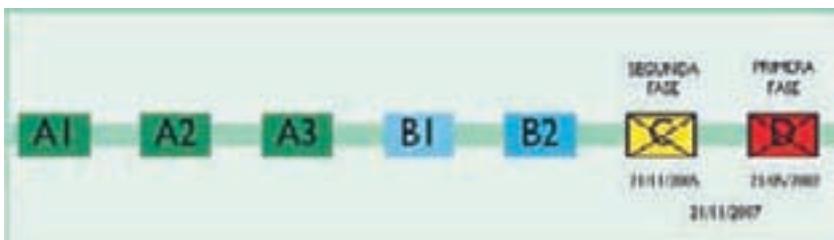
La presente Directiva tiene como objeto reducir el consumo de energía de los balastos para lámparas fluorescentes, abandonando poco a poco aquellos que sean menos eficientes, a favor de balastos más eficientes que permitan, además, un importante ahorro energético.

Esta Directiva se debe de aplicar a los balastos de fluorescencia alimentados a través de la red eléctrica. Están excluidos los balastos integrados en lámparas, balastos que, estando destinados a luminarias, han de instalarse en muebles y los balastos destinados a la exportación fuera de la Comunidad Europea.

Los balastos deben de ir con el marcado "CE". El marcado "CE" habrá de colocarse de manera visible, legible e indeleble en los balastos y en sus embalajes. Es decisión del fabricante incorporar en el balasto una etiqueta indicando el índice de eficiencia energética.

Se define como Índice de Eficiencia Energética, la potencia máxima de entrada del circuito balasto-lámpara. Existen siete niveles de eficiencia que, clasificados de mejor a peor, son:

- A1, electrónicos regulables.
- A2, electrónicos de bajas pérdidas.
- A3, electrónicos estándar.
- B1, electromagnéticos de muy bajas pérdidas.
- B2, electromagnéticos de bajas pérdidas.
- C, electromagnéticos de pérdidas moderadas.
- D, electromagnéticos de altas pérdidas.



### 3.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado en hospitales

A continuación se detallan una serie de recomendaciones de sustitución de lámparas y equipos por otros con los que se consigue una disminución notable del consumo energético, con las siguientes ventajas adicionales:

- Lámparas y equipos que ahorran energía proporcionando el mismo flujo lumínoso o mayor, mayor duración y, frecuentemente, mejorando la calidad de luz:
  - Ahorro en la factura eléctrica.
  - Mejora del bienestar de las personas y cumplimiento de la normativa vigente relacionada con la iluminación de interiores.
- Lámparas más duraderas que reducen costes de mantenimiento e interrupciones:
  - Necesidad de menos lámparas y reducción de los gastos de sustitución y mantenimiento.
  - Sustitución de lámparas con menor frecuencia. Así, con una menor tara de mantenimiento urgente, se conseguirá una mejor organización.
  - Los trabajadores no se verán importunados por sustituciones imprevistas de lámparas.
- Lámparas que crean mayor confort:
  - Creación de ambientes más agradables.
  - Realce de colores, materiales y maquinaria.
  - Creación de una iluminación que favorezca tanto la imagen como la sensación de bienestar del personal médico, pacientes y visitas.
- Lámparas y equipos que generan menos calor (reduciendo los gastos asociados a aires acondicionados hasta un 15%):

- Creación de una iluminación perfecta con escasa radiación térmica, garantizando una estancia más cómoda a empleados y pacientes.
- Ahorro en consumo eléctrico.

Las lámparas y equipos de última tecnología aportan importantes ahorros de energía y de mantenimiento. A continuación se muestra un cuadro en el que se aparecen algunas de las mejores alternativas posibles en cuanto a sustitución de lámparas y equipos, así como sus ventajas más significativas en su aplicación en hospitales.

LAMPARAS		
Solución común	Recomendación	Características y ventajas principales
<b>Fluorescencia lineal</b>		
	Ahorro	Ahorro de más del 10% de energía Herramienta cromática muy mejorada Ra: 85 Hasta un 10% más de flujo lumínico Doble vida útil: 12.000 h (EM) y 17.000 h (HF)
	Larga vida	Resistencia mecánica muy mejorada Ra: 85 Larga vida útil: 24.000 h (EM) y 47.000 h (HF) Menores costes de reposición alta fiabilidad durante su prolongada vida útil
	Mayor flujo lumínico	Reproducción cromática muy mejorada Ra: 85 Hasta un 10% más de flujo lumínico Doble vida útil: 12.000 h (EM) y 17.000 h (HF)
	Reproducción mejorada	Optimizadas para facilitar el trabajo al personal médico en el reconocimiento visual de pacientes Herramienta cromática muy mejorada Ra=90 Doble vida útil: 12.000 h (EM) y 17.000 h (HF)
	Larga vida	Doble vida útil 40.000 h (50.000 con HF)
	Reproducción mejorada	Optimizadas para facilitar el trabajo al personal médico en el reconocimiento visual de pacientes Reproducción cromática muy mejorada Ra=90
<b>Fluorescencia compacta no integrada</b>		
	Larga vida	Más del doble de vida útil: hasta 25.000 h Menores costes de reposición Alta fiabilidad durante su prolongada vida útil
	Reproducción mejorada	Más del doble de vida útil: hasta 25.000 h Menores costes de reposición Alta fiabilidad durante su prolongada vida útil
	Larga vida 4p	Doble de vida útil: hasta 32.000 h Menores costes de reposición Alta fiabilidad durante su prolongada vida útil
	Reproducción mejorada	Optimizadas para facilitar el trabajo al personal médico en el reconocimiento visual de pacientes Herramienta cromática muy mejorada Ra=90
<b>Descarga exterior</b>		
	Halógenos/rubí metálico	Ahorro energético superior al 50% Doble eficacia lumínica Mejor reproducción cromática. Ra=80 Menor vida 20%
	Sodio alta presión	Ahorro energético superior al 50% Doble eficacia lumínica Doble vida útil

Solución común	Recomendación	Características y ventajas principales
<b>Descarga inferior</b>		
<b>Halógenos metálicos de cuarzo</b>		Ahorro energético superior al 20%
		Mejor reproducción cromática, Ra: 85 - 95
		Mayor vida
<b>Halógenos</b>		
<b>Dicroica estándar</b>		Más de un 40% de ahorro energético
		Vida de la lámpara 2,5 veces superior, 5.000 h
		Menor emisión de calor
<b>Incandescencia vs. Fluorescencia compacta integrada</b>		
<b>Incandescencia</b>		Ahorro energético superior al 75%
		Vida de la lámpara hasta 15 veces superior
		Menor emisión de calor

EQUIPOS		
Solución común	Recomendación	Ventajas de la recomendación
<b>Equipos electromagnéticos</b>		Hasta un 20% de ahorro energético Posibilidad de regulación Cicloiza la vida útil de las lámparas Menor generación de ruido Mejor control visual Mejor seguridad Mayor simplicidad de montaje Mejor flexibilidad
<b>Transformador electromagnético</b>		Ahorro energético No emite ruido Mayores niveles de potencia

A continuación se describen las características y ventajas de cada uno de las lámparas y equipos recomendados.

### 3.3.1. Lámparas de fluorescencia

En este apartado se trata la sustitución de tubos fluorescentes estándar por tubos fluorescentes trifósforo de mejor reproducción cromática, mayor eficacia y mayor duración.

#### 3.3.1.1. Fluorescencia trifósforo de mayor eficacia

Se trata de una lámpara para aplicaciones de interior capaz de ahorrar respecto a una gama estándar o trifósforo, como mínimo, un 10% de energía.

Es completamente intercambiable en cualquier tipo de aplicación de interior y funciona tanto con equipos electromagnéticos como electrónicos. El flujo lumínoso es superior comparado con las gamas estándar. Una de las áreas principales de aplicación es la de hospitales y clínicas.

A continuación, se detallan los ahorros en función del tipo de lámpara:

Estándar 36W → Ahorro 32W

Sistema	Equipo	36 W	32 W	Ahorro de energía	
		T8 Estándar	T8 Ahorro	%	W
HF	A2 HF-P	36,0	32,5	-10%	-4
Inductivo	B1	42,3	27,9	-10%	-4
	C	45,0	40,7	-10%	-4
	D	48,5	43,8	-10%	-5
Induc+Capac	B	tbm	tbm		
	C	45,3	41,6	-8%	-4
	D	46,3	42,1	-9%	-4

Estándar 58W → Ahorro 51W

Sistema	Equipo	58 W	51 W	Ahorro de energía	
		T8 Estándar	T8 Ahorro	%	W
HF	A2 HF-P	56,0	50,7	-9%	-5
Inductivo	B2	67,5	61,2	-9%	-6
	C	69,6	62,6	-10%	-7
	D	75,6	68,3	-10%	-7
Induc+Capac	B	tbm	tbm		
	C	73,7	65,9	-11%	-8
	D	tbm	tbm		

Consumo del sistema a 30 °C

		T8 Estándar	T8 Ahorro	%	W
36 W/32 W	EM	46	38,9	-15%	-7
58 W/32 W	EM	75	63	-16%	-12

tbm: to be measured.

### 3.3.1.2. Fluorescencia trifósforo de larga vida

Existen multitud de factores que influyen en los costes de mantenimiento de un sistema de iluminación. En función del tipo de aplicación, el precio de compra de la lámpara puede representar tan sólo una pequeña parte de dichos costes.

Otros factores con impacto sobre el coste final son los costes de la electricidad, los de desecho de residuos, ciclos de encendido, tipos de reactancias, etc.

En el caso de determinadas aplicaciones hospitalarias (lugares donde las lámparas están 24 horas encendidas), los costes asociados a la reposición de las lámparas constituyen una partida importante: costes de trabajo de mantenimiento, número de horas y costes de desplazamiento. Además, deben tenerse en cuenta los costes indirectos derivados de las posibles alteraciones de la dinámica de trabajo en espacios críticos del hospital, costes a menudo difíciles de estimar pero que no conviene ignorar.

Las lámparas de larga vida han sido desarrolladas para garantizar una vida útil duradera. Su excelente fiabilidad permite conseguir los máximos beneficios mediante la reducción de los costes de mantenimiento. Son intercambiables con las actuales lámparas T8 estándar y pueden trabajar tanto si trabajan con electromagnéticos (EM) como con electrónicos (HF), aunque la vida útil con uno u otro equipo es diferente.

En el caso de los hospitales, el coste suele ser muy superior en el caso de las interrupciones, y no tanto por las reposiciones, debido a que no existen grandes alturas.

En los cuadros siguientes se muestran diferentes valores de la vida útil de algunas lámparas existentes en el mercado, funcionando con los equipos y ciclos de encendido más comunes:

Ciclo / Equipo	MASTER TL-D Super 80			MASTER TL-D Xtra		
	Inductivo	HF-B	HF-P/HF-R	Inductivo	HF-B	HF-P/HF-R
Ciclo 3h.: 2:45 h. encendido 15 min. apagado	12.000	10.000	17.000	24.000	19.000	47.000
Ciclo 12h.: 11 h. encendido 1 h. apagado	15.000	17.000	19.000	40.000	38.000	54.000

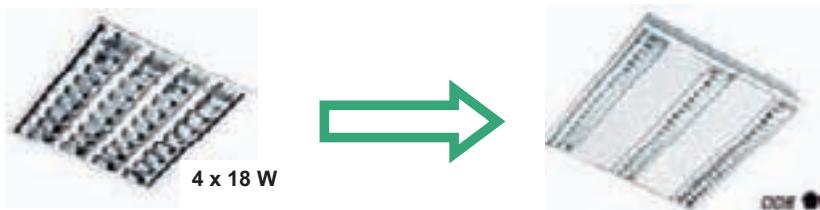
	MASTER TLS y HE		MASTER TLS HO Xtra	
	HF-P + HF-R	HF-P Xtra	HF-P + HF-R	HF-P Xtra
Ciclo 3 h.: 2:45 h. encendido 15 min apagado	19.000	22.000	30.000	45.000
Ciclo 12 h.: 11 h. encendido 1 h. apagado	23.000	25.000	40.000	50.000

### 3.3.1.3. Fluorescencia T5 Ø 16 mm de larga vida

Estas lámparas de tamaño reducido facilitan el diseño de luminarias compactas, ofrecen mayor eficacia y ahorro de energía que las lámparas estándar, proporcionan un excelente mantenimiento del flujo luminoso y poseen buena reproducción cromática.

En combinación con la luminaria adecuada, se obtiene mayor reflexión en el reflector, mejores resultados en la luminaria (optimización de la temperatura y 15% del diámetro más delgado) e incremento total de la eficiencia energética.

Sus aplicaciones en centros hospitalarios son para luminarias empotradas, montadas en superficie o suspendidas, donde sea necesario un alumbrado de alta calidad y buen rendimiento energético.



### 3.3.1.4. Fluorescencia de excelente reproducción cromática

Estas lámparas poseen un índice de reproducción cromática superior a 90. Los colores se reproducen con la misma riqueza y profundidad que a la luz del día. Además, los objetos se muestran con total naturalidad en sus colores verdaderos. Por tanto, son la opción ideal para las aplicaciones en las que el color desempeña un papel fundamental.

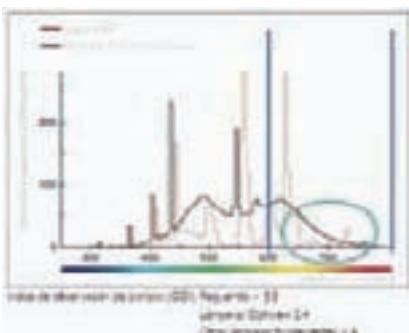


Figura 2. Índice de observación de cianosis.



Están optimizadas para facilitar el trabajo al personal médico en el reconocimiento visual de pacientes, mejorando el diagnóstico precoz de los procesos fisiopatológicos detectables por alteraciones en el color de la piel.

Uno de los aspectos más importantes del diagnóstico médico es la detección de cianosis: coloración azul de la piel de los pacientes, debida a la disminución del nivel de oxígeno en la sangre. Se ha demostrado que muchos de los cambios de color de la piel resultan visibles cuando las fuentes de luz contienen una potencia de salida apropiada en la parte roja del espectro, especialmente con longitudes de onda superiores a los 600 nm.

Habituales de uso general	Reproducción de color necesaria <sup>a</sup>
Áreas de examen y tratamiento Dermatología Salas de preoperatorio y de postoperatorio Áreas de trabajo Unidades de cuidados intensivos Áreas de estudios colorimétricos Salas de autopsia y depósitos de cadáveres	80
Laboratorios y farmacia	90

La norma UNE 12464.1 mencionada en el Código Técnico de la Edificación especifica el mínimo a cumplir en las instalaciones de alumbrado descritas y prescribe lámparas con un Ra mínimo de 80 para todas las zonas. Las lámparas usadas en áreas donde sea necesaria una correcta diferenciación entre colores deben tener un índice de reproducción de color superior a 90.

Se estima que en un hospital estas zonas suelen cubrir el 30% de la superficie total.

### 3.3.1.5. Comparativa de lámparas fluorescentes tubulares

Los requisitos de iluminación son cada vez más exigentes, especialmente en las aplicaciones profesionales. Aunque estos requisitos varían de una aplicación a otra, todos ellos tienen un aspecto en común: la necesidad de disfrutar de un coste de propiedad reducido.

A continuación se detallan las características principales de cada una de las lámparas anteriormente comentadas:

	<b>Estándar</b>	<b>Mayor flujo luminoso</b>	<b>Ahorro</b>	<b>Larga vida</b>
<b>Eficacia (Lm/W)</b>	79	90	91	90
<b>Flujo Luminoso (Lux)</b>	4.000	5.200	4.660	5.200
<b>Depreciación de flujo</b>	25%	10%	10%	10%
<b>Temperatura de color (K)</b>	6.200	4.000	4.000	4.000
<b>Índice Reproducción Cromática</b>		85	85	85
<b>Vida útil (ciclo encendido de 12 h). Equipo electromagnético (h)</b>	6.000	12.000	12.000	36.000
<b>Vida útil (ciclo encendido de 12 h). Equipo electrónico (h)</b>	8.000	20.000	20.000	55.000
<b>Contenido de mercurio (mg)</b>	8	2	2	5
<b>Etiqueta eficiencia energética</b>	B	A	A	A

A la hora de la reposición en grupo es muy importante que la depreciación de las lámparas sea mínima.

En la Fig. 3 se puede observar que la depreciación de las lámparas estándar es mucho mayor que la depreciación de las lámparas mejoradas.



**Figura 3.** Mantenimiento de flujo de lámparas.

La vida útil de las lámparas no sólo depende del ciclo de encendido, sino que está estrechamente relacionada con el tipo de balasto de funcionamiento.

### 3.3.1.6. Una lámpara para cada aplicación

Cada aplicación precisa de su solución de iluminación más adecuada, que va a depender, en gran medida, de dos costes: reposición de las lámparas fundidas y costes de interrupción.

En general, se puede decir:

Lámparas	Tipo de aplicación
<b>Estándar</b>	Lugares sin permanencia de personas. No cumple la normativa de interiores UNE 12464.1 para el interior de los hospitales.
<b>Mayor flujo luminoso</b>	Techos bajos, con pequeños costes de mantenimiento.
<b>Ahorro</b>	Techos bajos, con pequeños costes de mantenimiento. Aplicaciones de interior. Consigue un ahorro de, al menos, el 10% respecto a las anteriores.
<b>Larga vida</b>	Techos de altura media. Ambientes polvorientos. Lugares con múltiples fuentes de luz.

Debido, además, a la gran variedad de instalaciones con necesidades diversas, se aconseja, de forma general, la instalación de las siguientes lámparas:

AREAS DE APLICACION DE LAS LAMPARAS											
Alumbrado general/funcional TL-D/TL5											
Aplicación Hospital	840	Optiview	930/940	PL-L 940/950	Activiva Natural	Luz dinámica	SON PIA	PL-C/T 840	Halogenas	Master Colour	LEDs
<b>Alumbrado interior</b>											
Hall y mostrador recepción	R <sup>1</sup>								O	O	O
Oficina de personal	R <sup>1</sup>					tarea		O*1		O	O
Salas de espera y día	R <sup>1</sup>							O*1		O	O
Salas de personal	R <sup>1</sup>							O*1			
Pasillos	R <sup>1</sup>							O*1			
Salas de guardia	R <sup>1</sup>							R			
Salas de maternidad	R	O		O							
Salas de examen		R		O							
Habitación	R				R			R			
Salas de escáner	R <sup>1</sup>			R				O			
Salas de parto		R									
Salas de tratamiento	R			O		general					
Salas de operación	R			O							
Salas preoperatorias y de recuperación	R	R									
Unidad de Cuidados Intensivos	R			O							
Laboratorios y farmacias	O	R		R							
Salas de rehabilitación		R		O							
Salas de descontaminación	O	R									
Sala de autopsias y depósitos mortuorios	O	R									
Cafetería/Restaurante	O	O						O	R	O	
Cocina	R <sup>1</sup>										
<b>Alumbrado exterior</b>											
Edificio										Fachada	
Aparcamientos							R			CDO	
Jardines										CDO	
Aceras										CDO	

### 3.3.2. Lámparas de fluorescencia compacta no integrada

En este apartado se trata la sustitución de lámparas fluorescentes compactas no integradas por otras de mayor duración.

Las lámparas de 'larga vida' han sido desarrolladas para garantizar una larga vida útil en este caso también para la familia de las lámparas de fluorescencia compactas no integradas. Su excelente fiabilidad permite conseguir los máximos beneficios mediante la reducción de los costes de mantenimiento.

Son intercambiables con las actuales lámparas T8 y son compatibles tanto si trabajan con equipos electromagnéticos como electrónicos, aunque la vida con uno u otro equipo es diferente.

A continuación, se realiza una comparativa de la vida útil de las lámparas más habituales:



Ciclo / Equipo	MASTER PL-T, PL-C			MASTER PL-T Xtra, PL-C Xtra		
	Inductivo	HF-B	HF-P/HF-R	Inductivo	HF-B	HF-P/HF-R
Ciclo de 24 horas: 245 h encendido 15 min. apagado	6.500	4.500	8.000	12.000	6.000	20.000
Ciclo de 12 horas: 11 h encendido 1 h apagado	9.000	8.000	10.000	22.500	14.000	25.000
MASTER PL-E			MASTER PL-E Xtra			
Ciclo / Equipo	Inductivo	HF-B	HF-P/HF-R	Inductivo	HF-B	HF-P/HF-R
	10.000	7.500	14.000	14.000	7.000	25.000
Ciclo de 12 horas: 11 h encendido 1 h apagado	13.500	11.000	16.000	27.000	17.000	31.000

### 3.3.3. Lámparas de descarga exterior

Las lámparas de vapor de mercurio son las lámparas más ineficientes y de

menor duración para el alumbrado exterior, por lo que se trata de lámparas completamente obsoletas para cualquier aplicación profesional.

Las lámparas de sodio de alta presión son las más eficaces, pero la baja reproducción cromática las hace adecuadas únicamente para lugares sin permanencia de personas. Por ejemplo, podrían utilizarse en las áreas de parking exterior.

Las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos se consideran ideales para aplicaciones de exterior en hospitales, debido a su alta eficacia y excelente reproducción cromática. Con estas características, posibilita que las personas puedan sentirse mejor, más seguras y orientadas.



Tipo	Vapor de Mercurio	Sodio Alta Presión	Halogenuros
Eficacia	51	107	87
Flujo Luminoso	12.700	10.700	5.700
Temperatura de color	4.200	2.000	2.800
IRC	>50	25	>80
Vida media	16.000	32.000	14.000

### 3.3.4. Lámparas de descarga interior

Cada vez es más frecuente encontrar este tipo de lámparas en diferentes instalaciones hospitalarias. En función del nivel de acentuación que se requiera en la instalación, se recurre con mayor frecuencia a luminarias con lámparas de halogenuros metálicos en su interior (generalmente de doble terminal).

Principalmente, existen dos clases de lámparas de halogenuros metálicos: con quemador de cuarzo o con quemador cerámico.

Las diferencias entre ambas tecnologías se pueden resumir en:

Tipo	Halogenuro metálico cerámico SON PIA Plus 100 w	Halogenuro metálico cuarzo GDM TO 150w/942
Eficacia	86	95
Flujo Lumínoso	12.000	14.200
Temperatura de color	4.200	4.200
IRC	>80	>90
Vida media	10.500	16.000

### 3.3.5. Lámparas halógenas

#### 3.3.5.1. Sustitución de lámparas halógenas estándar por halógenas de bajo consumo

Las lámparas halógenas de bajo consumo, en su calidad de ahorradoras, reducen hasta un 40% el consumo eléctrico frente a cualquier halógena convencional, además de tener una vida más larga.

Tipo	Dicroica estándar 50 W	Dicroica ahorro 35 W
Intensidad lumínosa	1.500	2.200
Temperatura de color	3.000	3.000
IRC	100	100
Vida media útil	3.000	5.000

Al reemplazar una lámpara halógena dicroica estándar por una lámpara halógena de ahorro, se consigue:

- Más de un 40% de ahorro energético.
- Vida de lámpara 2,5 veces superior.
- Menor emisión de calor.

#### 3.3.5.2. Sustitución de transformadores electromagnéticos por electrónicos

El uso de transformadores electrónicos frente a los electromagnéticos garantiza un funcionamiento seguro, debido a sus circuitos de protección en caso de

cortocircuitos, sobrecargas y altas temperaturas. Además, el nivel de luz se mantiene siempre constante en casos de bajo voltaje o sobre voltaje.



### 3.3.6. Lámparas de fluorescencia compacta integrada

En este apartado se trata la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas de fluorescencia compactas de bajo consumo.

Las lámparas incandescentes son las lámparas más ineficientes y de menor duración, por lo que se trata de lámparas completamente obsoletas para aplicaciones profesionales.

Tipo	60 W	11 W	12 W	13 W	15 W
Flujo luminoso	710	600	510	550	875
Temperatura de color	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
IRFC	100	52	52	52	52
Vida media útil	1.000	8.000	8.000	10.000	15.000

Al reemplazar una lámpara incandescente estándar por una lámpara fluorescente compacta integrada, se puede obtener hasta:

- Ahorros energéticos superiores al 75%.
- Vida de lámpara 15 veces superior.

### 3.3.7. Equipos electrónicos

#### 3.3.7.1. Sustitución de reactancias electromagnéticas por equipos electrónicos

Además de conseguir reducciones notables de consumo eléctrico por el uso de las lámparas más adecuadas en cada caso, también se pueden lograr importantes ventajas adicionales usando equipos o balastos más eficientes.

Las lámparas fluorescentes necesitan equipos auxiliares para poder funcio-

nar. Tradicionalmente se han utilizado balastos electromagnéticos junto con arrancadores o cebadores. La gran desventaja de este tipo de sistemas es que son poco eficientes desde el punto de vista del consumo de energía.



**Figura 4.** Reactancia electromagnética y balasto electrónico.

Los balastos electrónicos presentan las siguientes ventajas sobre los electromagnéticos:

- **Ahorro energético:** es posible reducir el consumo energético hasta en un 25%. De esta manera, además de consumir menos recursos energéticos, se consigue un importante ahorro en la factura eléctrica.
- **Más vida útil de las lámparas:** se puede conseguir hasta un 50% más de vida en las lámparas. Esto se traduce en menos reposiciones de lámparas y, por lo tanto, menos residuos y consumo de materias primas. Y, por supuesto, una importante reducción en los costes de mantenimiento.
- **Menor generación de calor residual:** los balastos electrónicos funcionan a una temperatura más baja, con lo que se obtiene un ahorro en climatización.
- **Mayor confort visual:** se eliminan los parpadeos molestos y el efecto estroboscópico gracias al funcionamiento en alta frecuencia.
- **Mayor seguridad:** la desconexión automática al final de la vida de la lámpara evita los riesgos de sobrecargas y falta de confort por continuos intentos de reencendido.

- **Mayor simplicidad:** un balasto agrupa todos los componentes de un equipo de lámparas de fluorescencia, siendo más sencilla su instalación y mantenimiento.
- **Mayor flexibilidad:** los balastos regulables permiten adaptar la luz a las necesidades del momento. Los balastos DALI permiten integrar la iluminación y tener un control total de ella.

### 3.3.7.2. Ahorros potenciales al cambiar a equipos electrónicos en fluorescencia

Los ahorros potenciales dependen de la configuración de la luminaria y varián sustancialmente, pudiendo alcanzar hasta el 57% en algunos casos. Se ha elegido el caso de los equipos electromagnéticos Tipo C porque son aproximadamente el 70% del parque actual instalado.

**Fluorescencia lineal**



Configuración luminaria	Equipo electromagnético			Equipo electrónico			Ahorro		
	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Por luminaria %	Por luminaria (W)	Por lámpara (W)
1 x 18	18	10	28	16,5	2,5	19	47	9	9,0
2 x 18	18	9	45	16,5	3,5	36,5	23	8,5	4,3
3 x 18	18	19	73	16,5	4,5	54	35	19	6,3
4 x 18	18	18	90	16	5,5	69,5	29	20,5	5,1
1 x 36	36	9	45	34	3	37	22	8	8,0
2 x 36	36	18	90	33	4	70	29	20	10,0
3 x 36	36	27	135	33,5	7	107,5	26	27,5	9,2
4 x 36	36	36	180	33	8	140	29	40	10,0
1 x 58	58	12	70	51,5	4,5	56	25	14	14,0
2 x 58	58	24	140	50,5	6	107	31	33	16,5

**Fluorescencia compacta no integrada tipo**



Configuración luminaria	Equipo electromagnético			Equipo electrónico			Ahorro		
	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Por luminaria %	Por luminaria (W)	Por lámpara (W)
1 x 10	10	8	18	9,5	2	11,5	57	96,5	6,5
2 x 10	10	16	36	9,5	4	23	57	13	13,0
1 x 13	13	8	21	12	2	14	50	7	7,0
2 x 13	13	16	42	12	4	28	50	14	14,0
1 x 18	18	10	28	16,5	1,5	18	56	10	10,0
2 x 18	18	20	56	16,5	3	36	56	20	20,0
1 x 26	26	10	36	24	2	26	38	10	10,0
2 x 26	26	20	72	25,5	3	54	33	18	18,0

### Fluorescencia compacta no integrada tipo



Configuración luminaria	Equipo electromagnético			Equipo electrónico			Ahorro		
	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Por luminaria %	Por luminaria (W)	Por lámpara (W)
1 x 13	13	8	21	12	2	14	50	7	7,0
2 x 13	13	16	42	12	4	28	50	14	14,0
1 x 18	18	10	28	16,5	1,5	18	56	10	10,0
2 x 18	18	20	56	16,5	3	36	56	20	20,0
1 x 26	26	10	36	24	2	26	38	10	10,0
2 x 26	26	20	72	25,5	3	54	33	18	18,0

### Fluorescencia compacta no integrada tipo



Configuración luminaria	Equipo electromagnético			Equipo electrónico			Ahorro		
	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Por luminaria %	Por luminaria (W)	Por lámpara (W)
1 x 18	18	10	28	16	2,5	19	47	9	9,0
2 x 18	18	9	45	16	5	37	22	8	8,0
1 x 24	24	10	34	22	2,5	25	36	9	9,0
2 x 24	24	20	68	22	7	52	31	16	16,0
1 x 36	36	9	45	32,6	3,9	37	22	8	8,0
2 x 36	36	18	90	32,6	4,7	70	29	20	20,0

### 3.3.7.3. Ahorros potenciales al cambiar transformadores electromagnéticos por electrónicos

En este caso, se ha supuesto que se cambia un transformador estándar electromagnético por un transformador electrónico.

Configuración luminaria	Transformador electromagnético			Transformador electrónico			Ahorro		
	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Potencia lámpara (W)	Pérdidas equipo (W)	Potencia del Sistema (W)	Por luminaria %	Por luminaria (W)	Por lámpara (W)
1 x 20	20	8	28	20	2	22	27	6,0	6,0
1 x 30	30	8	38	30	2	32	19	6,0	6,0
1 x 35	35	8	43	35	2	37	16	6,0	6,0
1 x 45	45	8	53	45	2	47	13	6,0	6,0
1 x 50	50	8	58	50	2	52	12	6,0	6,0

### 3.3.8. Sistemas de control

El Código Técnico de Edificación (CTE) obliga a instalar un sistema de control básico, detección de presencia en ciertas zonas y sistemas de aprovechamiento de luz diurna en una gran parte de los edificios, dependiendo de su aportación de luz diurna.

Además, se prohíbe expresamente que el sistema de control de alumbrado se limite a interruptores en el cuadro eléctrico (práctica muy habitual hoy en día), siendo necesario, por lo menos, instalar interruptores accesibles por zonas.

El gasto que supone el uso de las fuentes de un edificio suele ser una parte importante de la factura del suministro eléctrico. Es muy fácil malgastar energía si el alumbrado no es eficiente, algo que suele ocurrir si se emite más luz de la que se necesita para una tarea determinada o si no se apaga la luz cuando no queda nadie en un recinto.

Los controles de alumbrado disponen de varias formas para conseguirlo, y estas técnicas pueden utilizarse de forma separada o combinada en función del sistema elegido.

- Detección de movimiento.
- Regulación en función de la luz diurna.
- Iluminancia constante.
- Control horario y por fechas.
- Registro de horas de utilización.

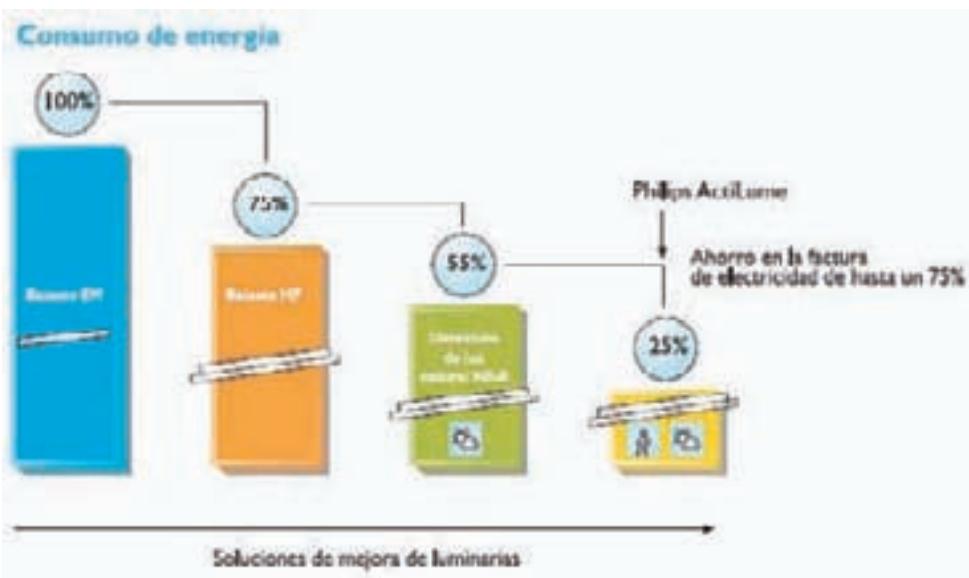
Una de las ventajas principales de la instalación de un sistema de control del alumbrado es que permite flexibilizar el aprovechamiento del espacio. A medida que pasa el tiempo, el uso del espacio va cambiando y requiere modificaciones en el diseño de los recintos. La iluminación debe ser capaz de evolucionar junto con las necesidades del hospital, en este caso, y adaptarse fácilmente a los cambios. Estos sistemas de control del alumbrado son más completos y las ventajas principales son las siguientes:

- Agrupación de circuitos de alumbrado según necesidades.

- Enlace entre luminarias para un mayor confort y seguridad.
- Prueba, monitorización y registro de luces de emergencia.
- Enlaces con otros sistemas de control del alumbrado del edificio.

Por todo esto, la elección del sistema de control de alumbrado más adecuado depende en gran medida de la aplicación concreta y los requisitos particulares de cada caso.

En la Fig. 5 se muestra un ejemplo de los ahorros potenciales con un sistema de control que combina detección de presencia y regulación en función de la luz natural.



**Figura 5.** Ahorros potenciales con sistema de control de alumbrado.

Al igual que en el caso anterior, se logran ahorros en mantenimiento mayores al trabajar con equipos electrónicos.

### **3.4. Ejemplos innovadores de diseño de iluminación eficiente en diversas aplicaciones hospitalarias**

Los hospitales están compuestos de muy diferentes tipos de salas. La mayoría de ellas no son tan diferentes desde el punto de vista del alumbrado a otros grandes edificios públicos (restaurantes, recepciones, pasillos, etc.). Muchas otras, en cambio, son completamente únicas en los entornos hospitalarios (habitación de pacientes, salas de examen, salas de escáner, salas de operación, etc.).

Iluminar correctamente tanta variedad de espacios entraña un reto importante. Para ello, el Código Técnico de la Edificación establece a cumplir, como mínimo, lo establecido en la Norma Europea de alumbrado de Interiores (UNE 12.464-1), la cual define casi 50 premisas, cada una de ellas con sus requerimientos, en algunos casos, muy diferentes.

En este apartado se muestran tres ejemplos de soluciones innovadoras y eficientes de alumbrado en entornos hospitalarios.

#### **3.4.1. Sala de tratamiento y consultas**

En este tipo de salas debe ser posible establecer diferentes escenas para adecuarse a los procesos médicos que se estén realizando en cada momento. Justo antes del inicio del tratamiento o examen, el médico debe escoger la escena que más le convenga para su tarea. Mientras que, al finalizar la prueba, es aconsejable poder cambiar a un alumbrado más calido, con excelente reproducción cromática, que no haga sentir incómodo al paciente y no interfiera en el diagnóstico correcto.

Los requerimientos de alumbrado son los siguientes:

- Nivel de luz mínimo mantenido: 500 lux de alumbrado general a nivel de suelo. 1000 lux para examen y tratamiento.
- Uniformidad: 0,3 mínima/media a nivel de suelo. 0,7 en área de examen.
- Restricción de deslumbramiento: UGRL < 19.
- Reproducción cromática y apariencia de color: Ra > 90, Tc = 3.000 - 4.000 K

- Control de alumbrado: utilizar sistemas de control del alumbrado para regular el alumbrado en función de la luz natural que entre en la estancia y/o detección de presencia. También se puede posibilitar crear diferentes escenas.

### Solución de alumbrado

Se va a estudiar una consulta tipo, donde se dispone de una camilla y una mesa en la que se debe alcanzar un alumbrado de 500 lux.

El factor de mantenimiento general usado en el proyecto será de 0,8.

Se considera que la consulta tiene mucha luz natural, con lo que se han colocado dos fotocélulas Luxsense, una para la zona de la camilla y otra para la zona de la mesa. Por lo tanto, todos los equipos de las luminarias TL5 son regulables.

En la zona de la camilla, además se han colocado luminarias con cierre de microprismas cónicos AC-MLO, con el fin de no deslumbrar en ningún momento al paciente que se encuentre tendido.

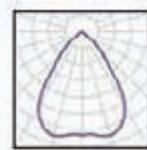
En la zona de acceso a la consulta se ha colocado un downlight de leds LuxSpace con la mitad de consumo que uno de 2x18 con equipo electrónico.

Además, con el fin de iluminar en la consulta la pared de detrás del médico, se han colocado dos Spotled que, con un consumo de 12 W, equivalen a dos halógenos de 35 W (42 W con transformador).

A continuación se muestra la información técnica de las luminarias utilizadas:

**Philips LuxSpace D00461 1xDLED-MINI4000**  
 Nº de artículo:  
 Flujo lumínico de las luminarias: 1230 lm  
 Potencia de las luminarias: 14,2 W  
 Clasificación luminaria según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 07\_100\_100\_100\_09  
 Armamento: 1 x DLED-MINI4000 (Factor de corrección 1.000).

**Philips SmartForm T9/3400 3x-TLE-14W/840 HF**  
 Nº de artículo:  
 Flujo lumínico de las luminarias: 3600 lm  
 Potencia de las luminarias: 46,0 W  
 Clasificación luminaria según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 73\_88\_155\_105\_75  
 Armamento: 3 x TLE-14W (Factor de corrección 1.000).



**Philips SmartForm TSD411 4xTLE 14W/640 HF**  
AC/AR/03

Nº de artículo:

Philips luminaria de los luminarios: 4800 lm

Potencia de los luminarios: 33.2 W

Clasificación lumínica según CIE: 100

Código CIE Flux: 75 55 55 330 40

Almacenamiento: 4 x TLE/14W (Factor de conversión: 1.000)



**Philips Spot LED 880410 3xLED-K2-U300-CW**  
MD

Nº de artículo:

Philips luminaria de los luminarios: 300 lm

Potencia de los luminarios: 12.0 W

Clasificación lumínica según CIE: 100

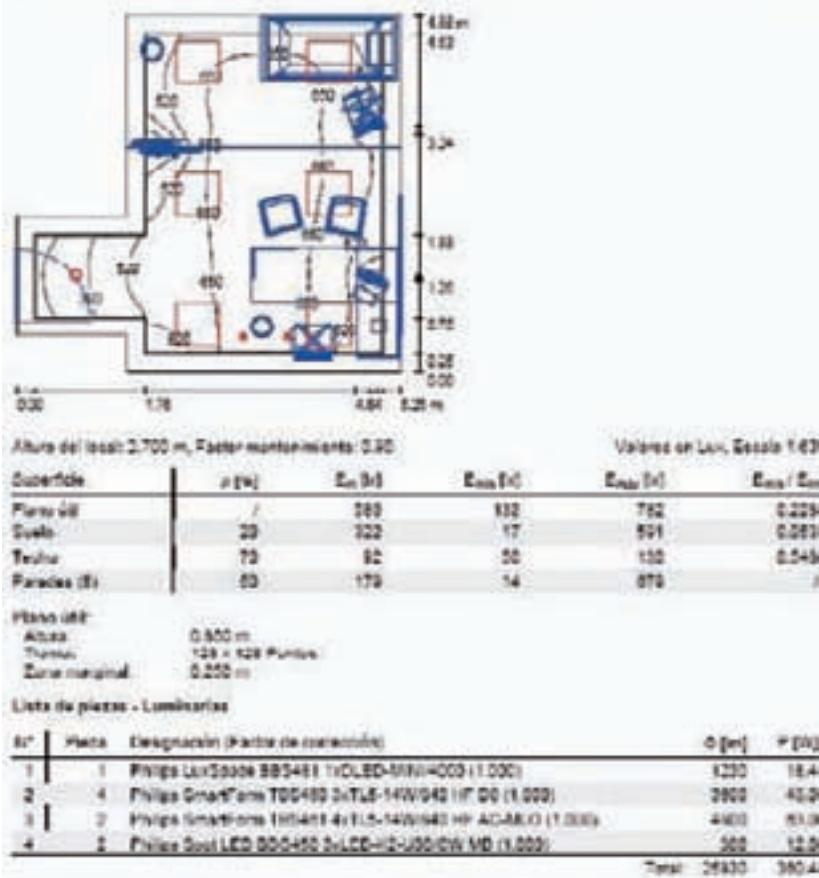
Código CIE Flux: 100 100 100 87 00

Almacenamiento: 3 x LED-H100-CW (Factor de conversión: 1.000)



### Cálculos de alumbrado:

#### Consulta / Resumen



## Procesado en 3D



### 3.4.2. Pasillos

Un alumbrado atractivo, principalmente en la entrada, puede ayudar a que el hospital parezca mucho más cálido y agradable para los visitantes.

Una solución de alumbrado armoniosa hace del entorno un lugar atractivo e inspira confianza. Las personas suelen sentirse menos intimidadas si son capaces de orientarse perfectamente.

Las zonas de entrada desde el exterior al interior del edificio pueden clasificarse en cuatro: entrada, mostrador de recepción, salas de espera y zonas de paso que llevan al resto del edificio.

En pasillos, se debe tratar, en la medida de lo posible, evitar tareas de mantenimiento que creen problemas en el normal funcionamiento del hospital. En este

caso, suele ser recomendable un alumbrado que en momentos de bajo transito de visitas, personal y pacientes, pueda regularse. Así, suelen ser recomendables lámparas de larga vida que reduzcan al máximo los costes de mantenimiento y alarguen los periodos de reemplazo.

Los requerimientos de alumbrado son los siguientes:

- Nivel de luz mínimo mantenido: 200 lux durante el día y 50 lux durante la noche.
- Uniformidad: 0,3 mínima/media sobre el suelo.
- Restricción de deslumbramiento: UGRL < 22.
- Reproducción cromática y apariencia de color: Ra > 80, Tc = 3.000 - 4.000 K. Se consideran elementos de alumbrado dinámico RGB.
- Control de alumbrado: utilizar, en la medida de lo posible, controles dependientes de la luz diurna/regulación con el fin de conseguir la mayor eficacia. Regular durante la noche hasta los 50 lux, para poder conseguir grandes ahorros.

### Solución de alumbrado

La solución de alumbrado propuesta en este caso es con *downlight* de leds LuxSpace (con la mitad de consumo que uno de 2 x 18) con equipo electrónico y una vida útil de 50.000 horas, reduciendo así el mantenimiento de forma drástica respecto a la fluorescencia lineal o las lámparas compactas no integradas.

Otra de la ventaja de los leds es que son muy fácilmente regulables, en este caso, con regulación DALI.

A continuación se muestra la información técnica de la luminaria utilizada:

#### Philips LuxSpace DDC401 1xDLED-MINI4000

Nº de artículo:

Flujo lumínoso de las luminarias: 1230 lm

Potencia de las luminarias: 18,4 W

Clasificación luminaria según CIE, 100

Código CIE Flux: 07\_100\_100\_100\_09

Arranque: 1 x DLED-MINI4000 (Factor de corrección 1.000).



## Cálculos de alumbrado

### Pasillo / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:125

Superficie	$\rho$ (%)	$E_{n,34}$	$E_{n,34} (\%)$	$E_{n,34} (x)$	$E_{n,34} / E_{n,34}$
Piso 0,0	/	208	104	228	0.793
Suelo	23	194	138	218	0.718
Techo	79	34	30	42	0.344
Paredes (4)	60	93	29	317	1
Plano Util:			UGR:	Longit.	Tran.
Altura:	0.100 m		Paredes:	13	18
Transm:	125 x 32 Puntas		Pared inferior:	13	19
Zona marginal:	0.250 m		(DE, DMH = 0.25.)		

#### Luz de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	Philips LuxSpace 887488710000 #0000000000 (1.750)		1110	18,0
Total			1110	147,3

Valor de eficiencia energética: 8.19 W/m² e 2.08 W/m²/100 h (Base: 23.79 m²)

#### Procesado en 3D



### **3.4.3. Habitación de pacientes**

El alumbrado de las áreas de los pacientes tiene una mezcla de cualidades. Además de un alumbrado funcional sobre la cama para los exámenes y tratamientos, debe existir un alumbrado que simule un ambiente cálido y hogareño, y una luminaria en la que se puedan establecer, con arreglo a las preferencias personales, un alumbrado de lectura o de socialización con las visitas.

Además, el alumbrado general del techo puede ofrecer cualidades de alumbrado dinámico en lugares con poca luz natural, donde pueda ser beneficioso.

En las zonas de paso, el alumbrado debe ser suave y fácil de controlar. Para ello, pueden utilizarse escenas preestablecidas o hacer una regulación sencilla durante la noche y el día, y considerar un alumbrado de emergencia.

Los requerimientos de alumbrado son los siguientes:

- Nivel de luz mínimo mantenido: 100 lux de alumbrado general a nivel de suelo, 300 lux para lectura y exámenes básicos, 1.000 lux para examen y tratamiento, 5 lux durante la noche para observación.
- Uniformidad: 0,3 mínimo/medio sobre el suelo. 0,7 en la zona de lectura.
- Restricción de deslumbramiento: UGRL < 19.
- Reproducción cromática y apariencia de color: Ra > 80, Tc = 3.000 - 4.000 K. Para examen y tratamiento Ra > 90.
- Control del alumbrado: utilizar sistemas de control para crear ambientes dinámicos.

Se ha de tener en cuenta que se ha de evitar una excesiva luminancia en el campo de visión del paciente.

#### **Solución de alumbrado**

A continuación se muestra la información técnica de las luminarias utilizadas.

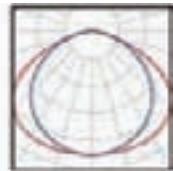
La siguiente luminaria se ha colocado detrás de la cama con el fin de crear un ambiente de luz indirecta que bañe la pared para crear un efecto relajante y agradable.

**COLOR KINETICS INCOR MOLDED PLASTIC HOUSING, ONE WH 1xTHREE WHITE LIGHT EMITTING**  
Nº de artículo:  
Flujo lumínico de las luminarias: 51 lm  
Potencia de las luminarias: 0.4 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 51\_84\_99\_100\_101  
Arranque: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000), AFFINITY LED STRIPO (HF).



La siguiente luminaria de luz indirecta se ha colocado encima de la cama para conseguir los niveles de alumbrado adecuados y no deslumbrar al paciente.

**Philips FBG103 2xPL-L25W/140 HF**  
Nº de artículo:  
Flujo lumínico de las luminarias: 5800 lm  
Potencia de las luminarias: 70.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 44\_78\_97\_100\_46  
Arranque: 2 x PL-L30W (Factor de corrección 1.000).



La siguiente luminaria se coloca cerca del suelo con el fin de conseguir la luz nocturna de observación de 5 lux.

**PHILIPS LED Wall Marker Recessed 1x2xLXNCW 230 V Asymmetrical BW**  
Nº de artículo:  
Flujo lumínico de las luminarias: 100 lm  
Potencia de las luminarias: 0.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 76  
Código CIE Flux: 18\_64\_83\_77\_15  
Arranque: 1 x 2x LXNCW (Factor de corrección 1.000).

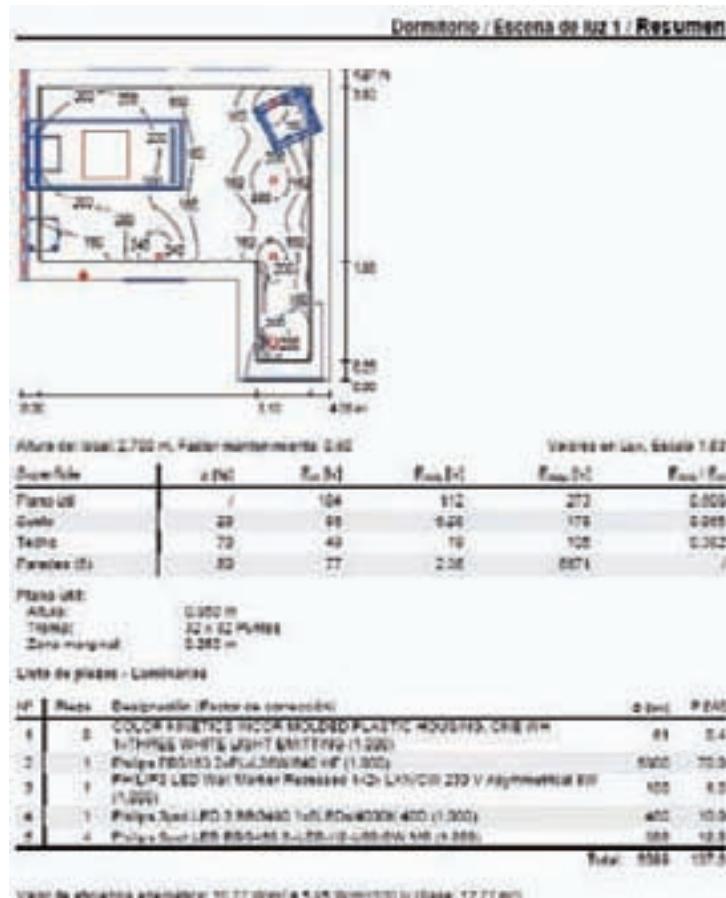


Para conseguir un alumbrado general en la habitación, se han colocado los siguientes Spotled que, con un consumo de 10 W, equivale a halógenas de 50 W (58 W con transformador).

**Philips Soot LED 3 000490 1x5LEDs/4000K 40D**  
Nº de artículo:  
Flujo lumínico de las luminarias: 450 lm  
Potencia de las luminarias: 10.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 95\_99\_100\_100\_90  
Arranque: 1 x 5LEDs/4000K (Factor de corrección 1.000).



## Cálculos de alumbrado



## Procesado en 3D



## Bibliografía

- Código técnico de la edificación de “Código Técnico de la Edificación y otras normas relacionadas con el alumbrado”.
- “Introducción al alumbrado”. Philips Ibérica.
- “Luz sobre la Norma Europea”. Philips Ibérica.
- “Manual de Iluminación”. Philips Ibérica.
- “Revista internacional de luminotecnia”. Philips Ibérica



# Ahorro de energía mediante el control eficiente de la iluminación y el control automático de la temperatura

## 4.1. Introducción

Son estos dos aspectos, la iluminación y la temperatura, donde posiblemente existan más mecanismos y posibilidades para realizar un control eficiente que derive en un significativo ahorro energético.

En este capítulo se presentan con detalle todas las posibilidades para el control de la iluminación de las oficinas, letreros luminosos, áreas de trabajo, áreas de paso y grandes áreas de iluminación exterior, para finalizar comentando los distintos dispositivos de control automático de la temperatura mediante cronotermostatos.

## 4.2. Control eficiente de la iluminación

Se puede actuar en el funcionamiento normal del ciclo de iluminación desde varios puntos: por un lado, optimizando los tiempos de encendido (en el ocaso) y de apagado (en el orto), ajustándolos exactamente a las condiciones de ahorro deseadas. Esto se realiza mediante el uso de equipos de control destinados a estas funciones, como pueden ser los interruptores crepusculares y los interruptores horarios astronómicos. Igualmente se puede actuar sobre la intensidad luminosa del alumbrado mediante la reducción del nivel luminoso.

### 4.2.1. Zonas exteriores y letreros luminosos

Los dispositivos de control de tiempos de la iluminación más sencillos son los interruptores crepusculares. Son dispositivos electrónicos capaces de conmutar un

circuito en función de la luminosidad ambiente. Para ello, utilizan un componente sensible a la luz (célula fotoeléctrica) que detecta la cantidad de luz natural que existe en el lugar de instalación, comparando este valor con el ajustado previamente. En función de esta comparación, se activa o desactiva un relé que estará conectado en la instalación con los elementos de maniobra de encendido-apagado de la iluminación. En la Foto 1 se pueden ver ejemplos de interruptores crepusculares.



**Foto 1.** Ejemplos de interruptores crepusculares.

Para un correcto funcionamiento de las instalaciones con interruptores crepusculares, éstos deben estar dotados de circuitos que incorporen histéresis, es decir, un retardo antes de las maniobras que permita eliminar fallos de encendidos o apagados debidos a fenómenos meteorológicos transitorios, tales como el paso de nubes, rayos, etc., o luces de automóviles.

Los inconvenientes del uso de los interruptores crepusculares son el difícil acceso a los mismos durante su mantenimiento o reparación, ya que normalmente se instalan en lugares de difícil acceso. Además, la polución provoca un paulatino oscurecimiento de las envolventes, por lo que a lo largo del tiempo las maniobras no se realizan en los momentos esperados.

Los equipos más avanzados para el control de la iluminación son los interruptores horarios astronómicos. Son interruptores horarios que incorporan un programa especial que sigue los horarios de ortos y ocajas de la zona geográfica donde esté instalado. Esta característica tiene la gran ventaja que no es necesaria la reprogramación manual y periódica de los tiempos de encendido y apagado. Además, tienen la posibilidad de poder retrasar o adelantar de manera uniforme estos tiempos de maniobra, consiguiendo con ello un ahorro adicional.

Estos interruptores horarios deben incorporar dos circuitos independientes, uno para el encendido y apagado total de la iluminación y otro para las órdenes de apagado durante las horas de menos tránsito. Existen modelos que permiten incorporar días especiales, en los que las maniobras son distintas debido a fiestividades, fines de semana, etc.

La integración de estos equipos digitales ha llegado hasta el punto de poder disponer de modelos con tamaño muy reducido, dos módulos de carril DIN, con sistemas de ayuda a la programación directamente sobre el visualizador y con textos en diversos idiomas.

Cabe destacar la incorporación del ajuste automático de hora verano-invierno y, sobre todo, las últimas innovaciones que facilitan enormemente la programación, ya que simplemente hay que elegir la capital de provincia más próxima al lugar de instalación y la corrección en minutos de encendido y apagado sobre el valor real de ocaja y de orto calculado por el equipo, Foto 2.



**Foto 2.** Interruptor horario astronómico con selección de ciudades.

Por último, no hay que olvidar que para que el interruptor horario no derive la ejecución de las maniobras a lo largo del tiempo, debe cumplir con una buena base de tiempos y un ajuste adecuado de su precisión de marcha.

#### 4.2.2. Seccionamiento de áreas

Cuando las zonas a iluminar se pueden seccionar en distintas áreas (pasillos, oficinas, servicios, etc.), se puede dotar a cada una de ellas de un interruptor de proximidad. Estos dispositivos son capaces de detectar el movimiento, normalmente de personas, dentro de una zona de cobertura, y encender una iluminación durante un tiempo configurado. De esta forma, el alumbrado permanece apagado cuando no es necesario.

La eficacia de estos interruptores de proximidad ha permitido disponer de una gran variedad de modelos, Foto 3.

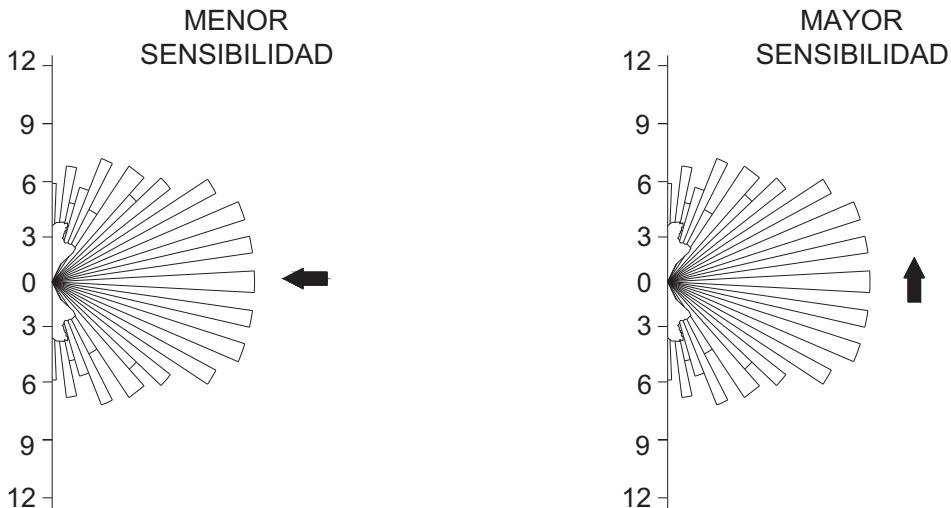


Foto 3. Ejemplos de interruptores de proximidad.

La selección del modelo más adecuado depende de los siguientes factores:

- del modo de instalación (en esquina, en superficie, en falso techo, en lugar de una lámpara dicroica, etc.);
- de la zona de cobertura (desde 120° hasta los 360° en los modelos de instalación en techo);
- del tipo de carga a controlar (de 10 a 16 A).

Los interruptores de proximidad se conocen también como PIR's (Passive Infrared), es decir, infrarrojos pasivos. Este nombre se refiere al modo de funcionamiento: sus sensores dividen el área de cobertura en sectores y la detección es efectiva cuando una fuente de calor (una persona) pasa de un sector a otro. Si la fuente de calor no atraviesa dos sectores (aunque exista movimiento) o si no hay suficiente contraste de temperatura entre lo que se mueve y la temperatura ambiente (temperatura ambiente de más de 30 °C), la detección no es efectiva. Esta situación se resuelve normalmente con una correcta selección de los lugares de instalación de los interruptores de proximidad (por ejemplo, haciendo que los sectores del sensor sean cortados por la persona que entra por la puerta).



**Figura 1.** Correcta instalación de interruptores de proximidad.

Para instalaciones en las que no es posible resolver el problema de cobertura por algún motivo o donde existen limitaciones estéticas, se han desarrollado unos modernos dispositivos cuya detección es activa, es decir, funcionan como un pequeño radar, detectando cualquier movimiento, sea cual sea el sentido del mismo o la temperatura ambiente. La detección puede atravesar pequeñas paredes o cristales, con lo que se pueden instalar en falsos techos, evitando el posible impacto visual, Foto 4.



**Foto 4.** Interruptor de proximidad activo.

#### 4.2.3. Grandes zonas de iluminación exterior

Las zonas exteriores (zonas de carga y descarga, aparcamientos, etc.) suelen iluminarse con lámparas de descarga. Los sistemas para iluminación que integran lámparas de descarga asociadas a balastos tipo serie, de vapor de sodio a alta presión (VSAP) o vapor de mercurio (VM), son muy susceptibles a las variaciones en su tensión de alimentación. Tensiones superiores al 105% del valor nominal para el que fueron diseñadas disminuyen fuertemente la vida de las lámparas y equipos, incrementando el consumo de energía eléctrica. Un incremento del 7% produce una disminución en la vida de la lámpara del 50% y un exceso de consumo del 16%. De ahí la gran importancia de estabilizar la alimentación que llega a los receptores de alumbrado.

#### **4.2.3.1. Ahorro por apagado parcial (doble circuito)**

Con este sistema se consigue reducir el consumo apagando parte de las luminarias durante un periodo de tiempo determinado, siendo el ahorro conseguido directamente proporcional al número de luminarias apagadas.

Aunque el sistema es efectivo, su mayor inconveniente es la pérdida de uniformidad lumínica. Además, en las situaciones donde siempre se apagan las mismas luminarias existe una disparidad en la vida de las lámparas. Por estos motivos, se desarrollaron los interruptores horarios astronómicos con circuitos alternativos, de forma que cada día se alterna el circuito a apagar.

#### **4.2.3.2. Ahorro por reactancia de doble nivel**

Este sistema se basa en una reactancia que permite variar la impedancia del circuito mediante un relé exterior, reduciendo la intensidad que circula por las lámparas y consiguiendo ahorros de, aproximadamente, el 40%. La orden de activación viene dada por un hilo de mando o por un temporizador interno.

Pese a evitar el problema de la falta de uniformidad lumínica, el cambio brusco de régimen normal a régimen reducido provoca una sensación de falta de luz en el usuario.

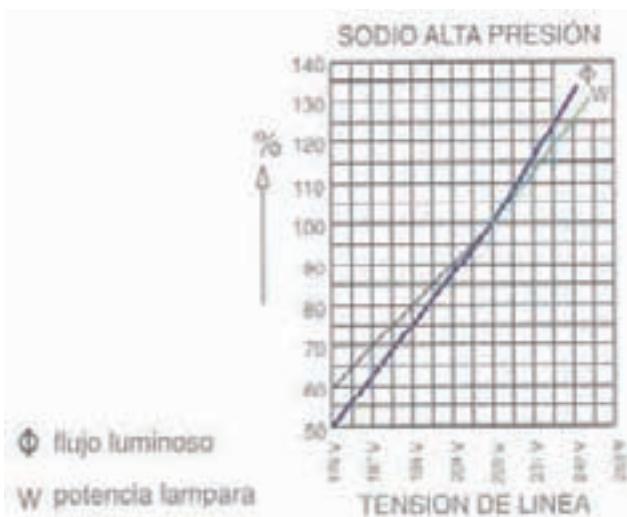
En los sistemas que incorporan un temporizador para evitar la instalación de la línea de mando, la reducción no está sincronizada y se produce a destiempo en las lámparas. En caso de un reencendido de la instalación de alumbrado cuando está en situación de nivel reducido, el temporizador inicia un nuevo retardo al volver la tensión de red, perdiéndose prácticamente el ahorro correspondiente al tiempo de régimen reducido.

Ninguno de los dos sistemas anteriormente descritos solventan los problemas de sobretensión en la red que disminuyen fuertemente la vida de las lámparas y equipos, y que provocan un gran incremento en el consumo de energía eléctrica.

#### 4.2.3.3. Ahorro utilizando estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera

La ventaja principal de estos equipos frente a las reactancias de doble nivel es que solventan los problemas producidos por la inestabilidad de la red, ya que durante las horas de régimen normal stabilizan la tensión de alimentación de la línea.

En las horas de régimen reducido disminuyen la tensión a todas las luminarias, consiguiendo un ahorro adicional. En la Fig. 2 se puede observar la incidencia de la tensión de alimentación.



**Figura 2.** Variación de la potencia y flujo luminosos en función de la tensión en una lámpara VSAP.

El hecho de estar instalados en cabecera de línea, hace que su incorporación tanto en instalaciones de alumbrado nuevas como en las ya existentes sea extremadamente sencilla (no se precisa intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado) y facilita el acceso para su mantenimiento. En la Foto 5 se puede ver un ejemplo de estabilizador-reductor de flujo.



**Foto 5.** Ejemplo de estabilizador-reductor de flujo.

La instalación de un estabilizador de tensión y reductor de flujo en cabecera de línea (en adelante reductor de flujo) evita excesos de consumo en las lumínnarias, prolonga la vida de las lámparas y disminuye la incidencia de averías, pero, para conseguir estos resultados, es necesario utilizar equipos con las más altas prestaciones, ya que, de lo contrario, las ventajas se pueden tornar en inconvenientes.

Las ventajas de los estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera de línea son:

- Prolonga la vida de las lámparas.
- Disminuye el coste de mantenimiento.
- Mantiene la uniformidad del alumbrado.
- Evita excesos de consumo (nivel nominal).
- Disminuye el consumo hasta el 40% (nivel reducido).
- Rápida amortización.
- Apto para VSAP y VM.

Las características básicas que debe cumplir cualquier reductor de flujo son las siguientes:

- Rendimiento superior al 95%.
- Reducción de consumo hasta el 40% sobre el nominal.
- Fases totalmente independientes.
- Protección por magnetotérmico en cada fase.
- By-pass por fase.
- Carga admisible del 0 al 100%.
- Mantenimiento del Cos φ.
- No introducir armónicos en la red.
- Estabilización ± 1%.
- Flujo nominal configurable.
- Flujo reducido configurable.
- Tiempo de arranque variable.
- Velocidad de cambio de nivel: 6 V/minuto aprox.

### 4.3. Climatización

Independientemente del sistema de climatización utilizado, deben instalarse equipos de control de la temperatura. Un buen control de la temperatura de consigna (la temperatura a la que se desea mantener el local o habitación), así como una adecuada elección de la temperatura de confort conlleva ahorros muy significativos (cada grado en el termostato representa un 6% de gasto).

Los cronotermostatos son dispositivos específicos para el control automático de la temperatura combinado con una programación de distintos niveles a lo largo del día o de la semana. Son una evolución de los termostatos convencionales, Foto 6, añadiendo la optimización en el consumo energético mediante la programación horaria.

Los modernos cronotermostatos disponen de, al menos, dos temperaturas programables y de varios programas independientes, lo que les permite configurar distintos programas para cada día de la semana (domingo distinto al resto de días,

por ejemplo). La resolución en la programación horaria puede llegar al detalle de los 30 minutos, lo que aporta una gran flexibilidad, Foto 7.



Foto 6. Termostato de ambiente.



Foto 7. Ejemplos de cronotermostatos.

Son interesantes también una serie de funciones auxiliares que se utilizan en determinados momentos:

- Funcionamiento manual (provocar una situación distinta a la programada sin modificar el programa), y pasa a ser un termostato normal, sin programación horaria.
- Cambio de control de aire acondicionado a calefacción.
- Ausencia prolongada durante varios días en los que se apaga el sistema pero, igualmente, sin modificar el programa. Transcurrido ese tiempo, vuelve automáticamente al programa establecido.
- El programa de mantenimiento evita que la instalación tenga largos períodos de inactividad, activándose automáticamente durante unos minutos a la semana.

Para aquellas hospitales o centros que deseen instalar un sistema de climatización y no sea viable una obra para el paso de los cables de control, existen modelos de cronotermostatos sin hilos o de radiofrecuencia. En estos casos, se dispone de un actuador de caldera que se coloca próximo a la misma, mientras que el sensor-programador de temperatura puede colocarse en el lugar del local donde se pretenda conseguir la temperatura de confort. Aprovechando la tecnología inalámbrica, algunos modelos pueden incorporar otras sondas adicionales para conocer, por ejemplo, la temperatura exterior, Foto 8.



**Foto 8.** Ejemplo de cronotermostato inalámbrico con sensor de temperatura exterior.

Para instalaciones donde el cronotermostato pueda estar al alcance del público, existe la posibilidad de bloquear el teclado para evitar manipulaciones no deseadas. También es muy práctico que el propio dispositivo actualice automáticamente el horario coincidiendo con el cambio de hora que se produce dos veces al año.

Es habitual también la posibilidad de un encendido o apagado remoto mediante un controlador telefónico (normalmente GSM), que se conecta al cronotermostato. Con un simple comando del teléfono móvil, se puede activar la climatización de forma remota.

Si la instalación permite un control independiente por zonas, existen cronotermostatos capaces de controlar, desde una unidad central, la temperatura de todas ellas, también con posibilidades de comunicación inalámbrica, Foto 9.



**Foto 9.** Ejemplo de cronotermostato con control de hasta cuatro zonas independientes.

En aquellas instalaciones más complejas, los sistemas domóticos pueden informar y controlar la temperatura por zonas. Existen varias soluciones, incluso sistemas de climatización integrales.

Por último, para un mejor seguimiento del gasto energético, es conveniente disponer la función de contador de horas de funcionamiento. Esto permite conocer el tiempo de funcionamiento de la caldera (o aire acondicionado) en función de la configuración, y optimizar los consumos simplemente modificando ligeramente las temperaturas de consigna (temperatura ambiente a la que se desea llegar).

## 5.1. Introducción

El agua es vital no sólo para la vida, sino también para el cuidado de la misma y nuestra salud, pero, además, también es importantísima para las actividades relacionadas con ella, debido al grado de higiene, limpieza y necesidad que se produce en entornos hospitalarios, médicos o clínicos, y su consumo suele ser elevadísimo en edificaciones destinados a clínicas, hospitales, centros médicos y farmacéuticos, pudiendo ser, posiblemente, el tipo de construcciones que más agua demanda.

Este tipo de centros son básicos para el desarrollo urbano de las ciudades y sus poblaciones, resultando ser uno de los pilares básicos e imprescindibles del servicio público a la sociedad, lo que provoca que se concentren gran cantidad de personas, empleados y visitas en este tipo de edificaciones, adquiriendo el centro unas necesidades hídricas por procesos alimenticios, servicios de limpiezas, demandas técnicas u operativas y funcionales, que los separan y alejan de cualquier otro tipo de inmueble consumidor de agua, resultando desproporcionadas las demandas comparativamente hablando.

Sólo para posicionarnos, un hospital como puede ser el Hospital Universitario Virgen de Las Nieves, de Granada, en el año 2002, consumió 384.947 m<sup>3</sup>, que es el equivalente al agua demandada en Madrid por 7.000 personas durante todo un año.

Esta alta demanda, exige tanto por la sociedad, mediante sus pacientes y usuarios, como por las instituciones gubernamentales, representados mediante directores, técnicos y profesionales, un posicionamiento claro y directo para atacar la reducción de consumos e implantar una serie de medidas de carácter ambiental y unos compromisos ecológicos en defensa del entorno natural, una óptima calidad del servicio y un crecimiento sostenible de nuestra sociedad.

La importancia que el agua tiene en el sector se refleja, no sólo por los gestores, los costes y presupuestos en eficiencia, sino también por los técnicos, donde, por poner un simple ejemplo, el pasado año 2009, el Congreso Nacional celebrado en Santiago de Compostela, de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria, dedicó su XXVII Seminario de Ingeniería a: “**El Agua. Usos y Gestión en Centros Sanitarios**”, realizándose por parte de los organizadores, sus miembros y ponentes un hincapié especial en las posibilidades existentes en el ahorro de agua y de la energía, como vía de sensibilización al resto de técnicos y asistentes, mediante los trabajos presentados.

Adicionalmente, el agua demandada en este tipo de centros conlleva otros conceptos asociados, como el elevado consumo energético de sus instalaciones y la cantidad de vertidos tipificados como peligrosos, que encarecen su depuración para que puedan ser vertidos a cauce.

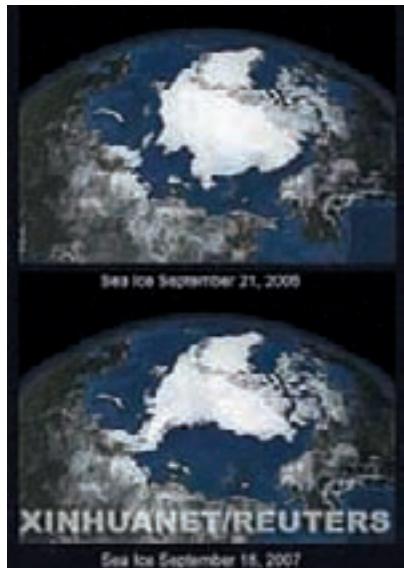
## 5.2. ¿Por qué ahorrar agua?

A nivel social, estamos tan acostumbrados a la disponibilidad de agua que, miremos donde miremos, estamos rodeados de algún tipo de medio húmedo: arroyos, ríos, lagos, mares, lluvia y nieve. Pensando en estas inmensas masas de agua, algunas personas no entienden por qué ha de escasear el agua y por qué el precio del agua potable es cada vez más caro.

Nunca habrá más agua de la que se dispone en estos momentos, pues el ciclo vital de ésta hace que cada vez escaseen más las lluvias y éstas se produzcan irregularmente, con inundaciones en algunas zonas del planeta y sequías en otras.

El calentamiento global está haciendo estragos en nuestro planeta, ahogando algunas zonas del globo y pasando por sequías dramáticas a otras. Además, el hielo de los polos se está descongelando, lo que hace que los mares varíen sus temperaturas y tanto las evaporaciones como las precipitaciones también se vean afectadas con fuertes anomalías.

En la Foto 1 se puede ver el Polo Norte, fotografiado con dos años de diferencia. (Fotos: Agencia Xinhua.)



**Foto 1.** Demostración visual del calentamiento global.

Hay que trabajar cada día más sobre una cultura de sostenibilidad y demanda racional del agua, y pensar que todos tenemos algo de responsabilidad, y más cuando disfrutamos, trabajamos y participamos en esa gran demanda, pudiendo entre todos aplicar planes, recursos, tecnologías, formación, educación y sensibilización desde nuestro quehacer diario, tanto laboral como personal.

Por desgracia, de las aparentemente inagotables reservas de agua de la Tierra, solamente se pueden emplear de forma eficiente pequeñas partes para la producción de agua potable.

El 97% de las existencias de agua de la Tierra corresponde al agua salada no potable de los océanos y mares. La mayor parte de los restantes 36 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce está aglomerada sólidamente en forma de hielo en los glaciares y en los casquetes polares de la Tierra y, cuando se deshiela, se pierde al mezclarse con agua del mar. Así, sólo queda aproximadamente el 0,5% de la totalidad de las existencias de agua para la explotación de agua potable.

Los expertos calculan que, en un futuro, el despliegue técnico para la pro-

ducción de agua potable y el consiguiente coste que esto acarrearía, aumentarán el precio considerablemente.

El agua es un elemento esencial para el bienestar pero, actualmente, y por desgracia, se asocia el mayor consumo de ésta a un mayor nivel de vida.

Según el último estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), respecto al consumo realizado en España en 2007 y publicados el 17 de julio de 2009, se obtiene que, durante ese año, se dispuso de 4.969 hm<sup>3</sup> de agua de abastecimiento público urbano (un 5,77% más que el año anterior).

De esta cantidad (*en la que no está incluida el agua utilizada en la agricultura de regadío*), un 76% se distribuyó para el consumo de familias, empresas e instituciones y para consumos municipales (un 3,4% menos que en el año 2006).

El consumo de agua de las familias españolas ascendió a 2.544 hm<sup>3</sup>, lo que representa el 67,3% del consumo total. El consumo medio se situó en 157 litros por habitante y día, un 2,7% menos que en el año 2006.

En la Tabla 1 se puede ver la evolución del consumo por comunidades autónomas en los 9 últimos años (con los últimos datos oficiales del INE).

La comunidad de Madrid viene disminuyendo su consumo desde el año 2004 por debajo de la media nacional, situándose en la actualidad en 150 litros por habitante y día, un 1,35% más que en el año anterior 2006, que fue el más bajo de su historia (148 litros/persona/día).

El valor unitario del agua (*cociente entre ingresos por el servicio realizado y el volumen de agua gestionada*) se incrementó un 19,44% de media en el año 2007, hasta situarse en 1,29 € el metro cúbico (*un céntimo más que el coste en Madrid*).

El valor unitario del abastecimiento de agua alcanzó los 0,75 €/m<sup>3</sup>, mientras que el de tratamiento de aguas residuales fue de 0,54 €/m<sup>3</sup> (*absorbiendo los tratamientos y depuración de aguas residuales una subida respecto al año anterior de más del 45,95% por el incremento en gastos de depuración y regeneración*).

**TABLA 1.** Consumo medio (l) por habitante y día en las distintas regiones de España.

Región:	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
País Vasco	125	129	140	150	149	147	151	154	142
C. F. de Navarra	126	128	134	144	152	148	147	159	150
Ceuta y Melilla	135	140	139	142	139	146	158	153	143
Islas Baleares	136	150	139	142	130	127	124	129	133
Galicia	142	159	152	155	143	131	124	128	124
Aragón	143	150	153	162	169	170	174	176	169
<b>C. de Madrid</b>	<b>150</b>	<b>148</b>	<b>159</b>	<b>171</b>	<b>166</b>	<b>166</b>	<b>171</b>	<b>176</b>	<b>176</b>
Cataluña	151	150	162	174	183	182	184	186	185
La Rioja	152	148	145	141	136	140	143	186	180
Canarias	154	141	145	147	135	134	135	139	135
Castilla y León	154	147	160	172	168	155	146	153	148
<b>España</b>	<b>157</b>	<b>160</b>	<b>166</b>	<b>171</b>	<b>167</b>	<b>164</b>	<b>165</b>	<b>168</b>	<b>165</b>
Andalucía	158	176	195	189	184	184	181	183	180
Castilla-La Mancha	163	166	174	179	184	185	200	188	184
R. de Murcia	166	166	162	161	149	146	151	145	140
P. de Asturias	185	184	180	172	161	158	155	151	149
C. Valenciana	186	185	171	178	163	158	156	166	164
Extremadura	187	183	173	178	163	165	169	156	148
Cantabria	189	201	191	187	185	182	174	188	180

Por Comunidades Autónomas, los valores más elevados correspondieron a Murcia (1,95 €/m<sup>3</sup>), Illes Balears (1,85 €/m<sup>3</sup>) y Canarias (1,69 €/m<sup>3</sup>). Por el contrario, Galicia (0,72 €/m<sup>3</sup>), País Vasco (0,87 €/m<sup>3</sup>) y Castilla-La Mancha (0,89 €/m<sup>3</sup>) presentaron los valores unitarios más bajos.

Un dato al menos paliativo de este incremento continuado de costes, es que el Canal de Isabel II (CYII), en aquellos ayuntamientos a los que les suministra el agua, practica un abono o descuento del 10% del importe del agua ahorrada respecto al año anterior (en su variable de aducción), cosa que no siendo de gran importancia, al menos da aliento a estas políticas de eficiencia.

Los mayores costes no sólo suelen venir de la aducción o consumo de agua, sino también de su vertido o depuración, donde en algunos casos, puede hasta multiplicarse por cinco la factura debido a los cánones de depuración que los

ayuntamientos aplican a las empresas contaminantes con independencia de la cantidad vertida vs consumida.

Hoy en día, hay sistemas y tecnologías de alta eficiencia en agua de fácil implementación y que aportan ventajas en todos los sentidos, resultando estas actuaciones no sólo altamente rentables para la cuenta de resultados (*pues suelen generar beneficios económicos al siguiente año de su implementación*), sino también para el medio ambiente, pues la reducción de consumos va paralela a la reducción de los residuos resultantes, reduciendo la cantidad de agua a depurar y produciendo, por lo tanto, un menor gasto por ambos conceptos.

Por desgracia, la falta de información en este sector es algo realmente grave, y la posibilidad de encontrar unos indicadores válidos es bastante difícil (*por no decir imposible*), no ya porque no existan estadísticas, sino porque ni siquiera se encuentra información de ejemplos o referencias válidas, y las existentes son mínimas y cada una de ellas planteadas con fórmulas distintas.

No obstante, hace años, cuando se le planteó al autor la necesidad de realizar una comparativa para un cliente, la única forma racional que encontró no fue la de comparar la instalación objeto de estudio con los indicadores de otros centros, sino la de ver el potencial individual de cada uno de los distintos usos que del agua se realizaba. O, dicho de otra forma, el autor no propone un indicador universal comparativo, sino evaluar cómo estamos y qué se puede ahorrar.

Centrando la gestión de la demanda en centros clínicos, hospitalarios o médicos, éstos cuentan con volúmenes de demanda de hasta **900-1.100 litros/día/cama**. Aun resultando aparentemente elevadísimos y descomunales, son propiciados por el tipo de establecimiento, fecha de construcción, volumen de usuarios y pacientes atendidos, personal y zonas verdes o servicios ofrecidos, etc.

Dependiendo del tipo de edificación y servicios ofrecidos, existen consumos sobre los que se puede actuar, como por ejemplo, los propiciados por los siguientes tipos de uso más habituales:

- Uso sanitario (Agua Caliente Sanitaria y Agua Fría de Consumo Humano).
- Riego de zonas verdes.

- Torres de refrigeración/climatización.
  - Lavandería.
  - Máquinas técnicas.
  - Servicio de alimentación.
  - Baldeo.
  - Piscinas terapéuticas.
  - Otros usos.

El potencial de reducción es variable, pero prácticamente en casi la totalidad de la demanda se puede actuar, aunque bien es cierto que las más sencillas y eficaces suelen ser las actuaciones sobre equipos sanitarios, donde se puede lograr con facilidad ahorros superiores al **40%** de media; paisajismo, donde a medio plazo es muy fácil obtener otro **25-30%**, y en el resto de actuaciones se podría cifrar entre el **8%-15%** los valores obtenibles con distintas inversiones, planes y proyectos de mejora.

Como extracto de una de las ponencias del citado XXVII Seminario de Ingeniería Hospitalaria, y para posicionar al lector de los ahorros obtenibles en consumo sanitario, en la Fig. 1 se muestra una imagen de la ponencia presentada por Dª Ana del Prado Catalina, Lic. en C. Químicas y Jefe de la Sección Ambiental y Seguridad del Hospital Universitario de La Paz, Madrid, donde muestra la eficiencia media obtenible en sus instalaciones y equipos sanitarios, y el número o peso que éstos tienen en su Hospital, dentro del Plan de Gestión Sostenible del Agua que llevan a cabo.

**Figura 1.** Datos de ahorro y prioridades de actuación

Como se aprecia en dicha Fig. 1, tanto por el número como por los ahorros obtenibles, es fácil identificar los objetivos de actuación para ahorrar agua y energía.

No obstante, ¿qué parámetros se deberían utilizar para ver la evolución de un centro, o qué indicadores mínimos se deberían de considerar?

Principalmente en instalaciones médico-sanitarias, se deberían utilizar, al menos, los indicadores de consumo en **Litros/Cama/Día** y en **Litros/Paciente/Día**, diferenciando este último e incluyendo en el cálculo los pacientes no hospitalizados.

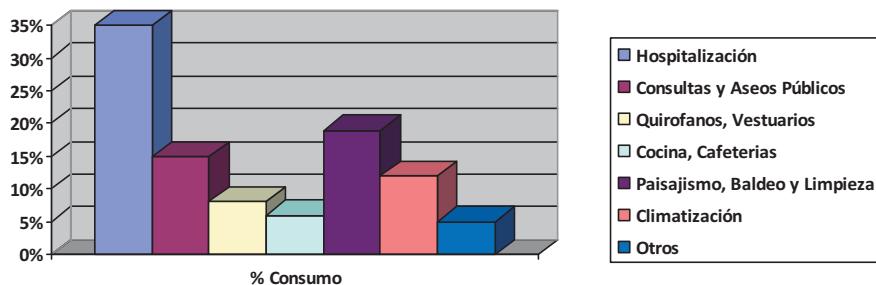
Lógicamente, hay un sinfín de indicadores adicionales que se deberían utilizar para que el análisis posea un mayor rigor científico, como el consumo por metro cuadrado construido, por visita, por empleados, por consultas realizada, por ingresos, etc.

Una de las primeras medidas a tomar por cualquier director, responsable, técnico o profesional, será la instalación de contadores en los distintos procesos y utilizaciones que del agua se realiza, ya que “no se podrá controlar aquello que se desconoce”, por lo que esta medida permitirá ir comparando los consumos, incluso con el de otras instalaciones de similares condiciones, para determinar posibles usos inadecuados, fugas y despilfarro originado por prácticas o acciones inadecuadas.

Este punto es de vital importancia y es donde algunos hospitales, clínicas y centros sanitarios, debido a su antigüedad, no adaptan sus instalaciones por lo obsoletas que son, imposibilitando el control y la generación del conocimiento de la demanda, clave del éxito para la gestión de este tipo de establecimientos.

Complejos como el Hospital Universitario de La Paz, (*buque insignia de la responsabilidad medioambiental y la gestión hospitalaria sostenible*), cuenta con instalaciones complejas que datan de más de 50 años atrás, donde la implantación de medidas de control o acceso a la medición de consumos es casi imposible y utiliza servicios externalizados de medición, a través de empresas que instalan, mantienen y controlan los consumos mediante la implantación de caudalímetros ultrasónicos no invasivos, realizando investigaciones de demanda, detecciones de

fugas, control y gestión de consumos, y facilitando un verdadero conocimiento de las instalaciones, las cuales, con el paso del tiempo y el cambio de personal, unido a la falta de documentación, provocaba que se desconocieran los destinos de algunas cañerías y tuberías, no pudiendo cortarse el servicio a éstas para poder determinar a quién afectaba o estaba destinado el suministro.



**Figura 2.** Cuadro orientativo de la distribución de consumos de agua en un Hospital.

Optimizar el consumo de agua, por lo tanto, no vendrá sólo de la reducción del consumo de la misma, sino también de las prácticas mejorables en su uso cotidiano y del análisis de las posibles técnicas y equipos existentes para su posible reutilización, reciclaje o aprovechamiento.

En resumen, **no se puede administrar lo que no se puede medir.**

Desde un punto de vista medioambiental o de calidad, no se pueden obviar los vertidos y la calidad con la que se realizan, siendo un factor crítico en la obtención de certificaciones tipo ISO 14000, 9000 o EMAS, donde un tratamiento adecuado facilita enormemente su obtención, mejorando los procesos y protocolos de los Sistemas de Gestión Medioambiental.

Obviamente, la cantidad y variedad de vertidos realizados mediante o con la intervención del agua va desde los factores físicos, biológicos y químicos, hasta los radiactivos, siendo éstos los que menos abundan, pero los más preocupantes.

Un ejemplo de aplicación de estas técnicas y tecnologías podría ser la peligrosidad y cuidados a tener con el agua de los vertidos de inodoros y urinarios de

las unidades donde se den tratamientos oncológicos o de medicina nuclear, utilizando radioisótopos en el diagnóstico y tratamiento de determinadas enfermedades.

Este tipo de tratamientos someten al paciente a una radiación de baja actividad y corta vida, de una forma controlada y puntual, o también específica, por ejemplo, mediante la ingestión de yodo radiactivo, el cual genera una serie de residuos radioactivos en el enfermo que recibe el tratamiento y que ha de evacuar principalmente mediante la orina y las heces que genera el cuerpo humano.



**Foto 2.** Inodoro separador de restos para medicina nuclear.

Estos restos han de tratarse adecuadamente, resultando no sólo peligrosos en las zonas restringidas, sino hasta en los sanitarios y sus vertidos, y, aunque su efecto va perdiendo persistencia gradualmente, requieren ser tratados antes de verterse al alcantarillado para su depuración.

En este ejemplo, la forma de tratar inicialmente los vertidos es controlar, diluir y minimizar la radioactividad en los pacientes, así como contener la contaminación lo más posible, con una buena información, formación y medios adecuados, tanto en su estancia en el establecimiento sanitario, como en el regreso a su vida cotidiana.

Estas acciones exigen mucha agua, por lo que la implementación de sanita-

rios separadores de restos sólidos y líquidos (separando las heces de la orina y trántola por separado), son la mejor opción.

Como ejemplo de información instructiva, se podrían citar las pegatinas e indicaciones diseñadas por el Hospital Universitario de La Paz, donde explican, muestran, informan y avisan de cómo actuar y utilizar estos sanitarios, a la vez que concientian al paciente del porqué.



**Figura 3.** Información y pegatinas instructivas de los inodoros de medicina nuclear.

### 5.2.1. Otros conceptos importantes

En el sector de la atención sanitaria hay muchos y variados enfoques importantes en la materia, como acotar los consumos de agua: agua de aporte como materia prima en procesos alimenticios, agua técnica de refrigeración, humectación o climatización, limpiezas, ACS y AFCH, o incluso riego, baldeo y paisajismo.

De entre los mencionados, este capítulo se centrará especialmente en el consumo de ACS y AFCH, pues son generales a cualquier tipo de establecimiento o centro, e incluyen un componente importante, que es el consumo energético para su calentamiento, que, aunque pueda parecer porcentualmente bajo, su coste quintuplica el coste del agua, resultando prioritario en este sector.

La valoración de una Guía, como lo pretende ser esta, que sirva a nivel genérico para todo tipo de empresas, clínicas, hospitales, centros médicos o de inves-

tigación, etc., fuerza a enfocar el tema desde una perspectiva muy reducida, pero generalista, con consejos globales y con actuaciones concretas y polivalentes para el sector, no pudiendo profundizar excesivamente por la cantidad y variedad de posibilidades, técnicas y equipos existentes.

Este enfoque antes comentado, consumo de AFCH y ACS, no viene ligado exclusivamente a la demanda directa de empleados y pacientes en sus necesidades cotidianas, como si de nuestro hogar se tratara, sino que, además, la atención primaria ofrecida exige niveles de limpieza, higiene y desinfección muy elevados, lo que provoca un aumento exponencial del uso del agua.

Ahorrar agua permite, casi en la misma proporción, ahorrar la energía utilizada para su calentamiento, aportando beneficios, ya no tanto económicos muy importantes, sino ecológicos, para evitar la combustión y reducir así la emisión de gases contaminantes de efecto invernadero y la eliminación de la capa de ozono, derivados todos ellos del consumo y obtención de otras energías, así como de su transformación y/o combustión.

Para hacerse una idea de estas emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de agua, se puede afirmar que la demanda en contadores de **1 m<sup>3</sup> de agua** implica unas emisiones mínimas de más de **8 kg** de **CO<sub>2</sub>**, considerando todo el ciclo de agua, es decir, aducción, distribución, acumulación y la proporción de calentamiento, consumo, canalización, depuración, reciclaje y tratamiento de vertidos, etc.

Con una simple y sencilla cuenta, cualquiera puede calcular las emisiones provocadas por el consumo de agua, simplemente mirando la factura correspondiente y multiplicando el consumo por la cifra antes indicada, pudiendo calcular también la disminución de las mismas si realiza actuaciones para economizar.

Desde el verano del año 2006 está en vigor una ordenanza municipal, que en el caso del Ayuntamiento de Madrid, obliga a toda nueva instalación, edificación o industria, con un consumo superior a 10.000 m<sup>3</sup>, y sea cual fuere su actividad, a incorporar técnicas de bajo consumo de agua, realizar un plan de gestión sostenible y ser auditado por una empresa externa que certifique que cumple la normativa y en qué grado de cumplimiento lleva su propio plan, siendo visada por

el departamento de nueva creación, denominado Oficina Azul, dependiente de la Dirección General del Agua del Ayuntamiento de Madrid.

Además, desde el pasado julio de 2008, toda edificación, establecimiento, industria, etc., deberá incorporar grifería eficiente en las áreas públicas o de elevada concurrencia, como por ejemplo, los aseos públicos, vestuarios o zonas comunes, y optimizar sus consumos en toda la instalación.

No sólo la localidad de Madrid dispone de normativas de uso y gestión sostenible del agua, infinidad de ayuntamientos, como el de Alcobendas, (que fue uno de los primeros de España), Alcalá de Henares, Collado Villalba, Torrelodones, etc., disponen de normativas al respecto y, últimamente, se están realizando infinidad de acciones y actuaciones para animar directa e indirectamente al ciudadano a cuidar y hacer un uso racional del agua.

Como se puede apreciar, cada vez más la sociedad, las autoridades y las instituciones van acotando los excesos de consumo, pues el hecho de que el agua resulte barata no quiere decir que se disponga de ella sin ninguna limitación, y cada día se irá viendo cómo el Estado, las Comunidades Autónomas y, sobre todo, las corporaciones locales, legislan a favor del crecimiento sostenible y el mantenimiento de los recursos naturales para favorecer las futuras generaciones.

### 5.3. ¿Cómo ahorrar agua y energía?

Tanto por responsabilidad social como personal, ecológica o económica, es importante saber qué hacer para reducir la demanda de agua. Este apartado persigue dar a conocer acciones, técnicas y sistemas que permitan a los responsables, directores, gestores o técnicos de este tipo de instituciones, minimizar los consumos de agua y la energía derivada de su calentamiento.

Se dispone de muchas opciones cuando se habla de ahorrar agua y energía, y esto ha de hacerse considerando infinidad de factores, desde la optimización de las facturas, pasando por la formación del personal y/o considerando los proyectos en su fase de diseño, y la realización de estudios y eco-auditorías de hidro-eficiencia, sin olvidar el mantenimiento y la implementación de medidas co-

rrectoras en aquellos puntos que son significativos, no por volumen de agua ahorrada, sino por posibilidades de ahorro existentes.

Pero la primera decisión de “hacer algo” parte de la toma de postura, lo cual suele venir precedido de haber tenido algún problema, avería, susto por el incremento de costes o facturación, o toma de conciencia de algún responsable del establecimiento o por exigencia de la administración, punto en el cual lo que hay que plantearse es cómo llevarlo a cabo.

La decisión de realizar un Plan o un Programa de reducción del consumo, se suele implementar para alcanzar distintos objetivos, entre los que se podrían destacar los siguientes:

- Disminuir el agua requerida para cada proceso, optimizando su utilización.
- Disminuir, por lo tanto, de una forma directa los residuos, obteniendo una importante reducción del impacto ambiental del inmueble, es decir, haciéndolo más respetuoso con el medio ambiente.
- Reducir los consumos adyacentes de energías derivadas de su utilización, como, por ejemplo, la energía utilizada para calentar o enfriar el agua, así como los de almacenaje y preparación.
- Disminuir los consumos de fuentes de energía fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, realizando un efectivo aporte a la sostenibilidad.
- Cumplir la legislación medioambiental en todo momento y, en la medida de lo posible, adelantarse a las disposiciones legales de futura aparición.
- Facilitar las posibles implementaciones de sistemas de gestión medioambiental, tipo ISO 14.001, EMAS, etc.
- Obtener una mejor imagen pública para la empresa o gestora de ser respetuosa con el medio ambiente, lo que la posiciona y diferencia del resto de la oferta del gremio, siendo muy apreciado por determinados sectores, sobre todo por los clientes y usuarios más exigentes, como signo de calidad.

- Y, por último, pero no por ello menos importante, la reducción de costes económicos que permitirán un mejor aprovechamiento de dichos recursos económicos en otras áreas y facilitará y aumentará los beneficios, haciendo que la empresa sea más competitiva.

Lógicamente, si además lo exige la normativa, o se desea minimizar la demanda de agua y ahorrar lo máximo posible sin sacrificar el confort y el servicio ofrecido, se deberá realizar un **Plan de Gestión y Uso Eficiente del Agua**, el cual parametrizará las necesidades, definirá programas, proyectos, actividades a desarrollar, coordinando los recursos asignados, los compromisos, y concretará el registro y seguimiento de las actuaciones, con el fin de obtener los beneficios y objetivos planteados, tanto desde la vertiente medioambiental, como de la económica, la mediática y la ejemplarizante.

Si la dirección o gerencia de un establecimiento sanitario plantea una política de reducción del consumo adecuada, deberá de plantearse, en primer lugar, la realización de un **Plan de Gestión Sostenible del Agua**, el cual ha de recoger, al menos, los parámetros básicos, información, compromisos, objetivos, planes y recursos necesarios para su logro, y planificar adecuadamente, por etapas, las posibles actuaciones a desarrollar.

Como índice de mínimos a considerar en un buen plan de gestión, se deberá considerar el siguiente índice temático:

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO.
  - Antecedentes y datos del edificio.
  - Distribución de la demanda por usos.
  - Estudio de dotaciones por unidad de consumo y día.
  - Compromiso de la dirección.
2. DESCRIPCIÓN DE REDES Y ZONAS CONSUMIDORAS DE AGUA.
  - Acometidas y redes de distribución.
  - Uso sanitario.
  - Zonas verdes.
  - Piscinas.
  - Baldeo.
  - Instalaciones contra incendios.

- Otros consumos de agua.
3. RECUPERACIÓN DE PLUVIALES.
  4. VERTIDOS.
  5. NORMATIVA GENERAL.
  6. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.
    - Estructura, responsabilidades y organigrama.
  7. PLANIFICACIÓN.
    - Puntos de control de la demanda.
    - Red de saneamiento.
    - Programación.
  8. IMPLANTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.
    - Estructura y responsabilidades.
    - Formación, sensibilización y compromiso profesional en el uso responsable del agua.
    - Comunicación.
    - Gestión del proceso y evaluación de proveedores.
    - Control operacional y plan de emergencia.
    - Control de la documentación.
  9. COMPROBACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA.
    - Control, gestión y seguimiento de los recursos y vertidos.
    - No conformidades y acciones correctivas y preventivas.
    - Registros, auditorías y revisiones.
  10. CUADRO DE INVERSIONES Y CRONOGRAMA DE ACTUACIONES.
  11. ANEXOS, PLANOS Y CERTIFICADOS.

Este documento sentará las bases de actuación, planificará los recursos y posibilitará lograr los objetivos planteados en eficiencia y ahorro, estableciendo los controles adecuados y las posibles desviaciones en los plazos marcados, recomendándose que su vida sea planteada, al menos, a 3 ó 4 años vista.

### **5.3.1. La primera acción: analizar los costes del agua**

Como primera medida, lo lógico sería optimizar los costes del agua y, aunque no en todos los ayuntamientos, este planteamiento puede realizarse, ya que es muy habitual que ayuntamientos y empresas de suministro de agua produzcan

variaciones en los costes, por los cánones y por la tarifa aplicada, en función del volumen de agua consumida y por el diámetro de las acometidas.

Por esta razón, lo primero que se tendrá que estudiar es si se puede reducir el coste del suministro, y, en segundo lugar, valorarlo antes y después de realizar un plan de hidroeficiencia en el establecimiento.

En el ejemplo siguiente, que está realizado con las tarifas del Ayuntamiento de Madrid del año 2004, se puede ver cómo sí que importa mucho la tarifa que se aplique y, aunque cada año, estas tarifas, descuentos y tramos varían, se debe al menos verificar si se está dentro de unos límites razonables.

Analizando las tarifas y costes del agua, se puede observar que los dos parámetros fundamentales se establecen en función de:

- a) Consumos trimestrales, bimensuales y mensuales.
- b) Diámetro de la acometida y contador contratado.

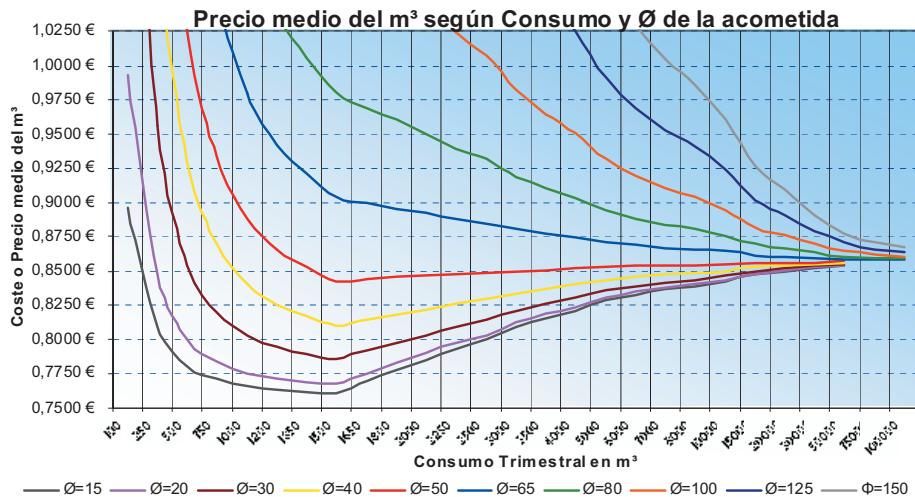
Por ejemplo, si en el histórico de facturaciones de la compañía de suministro de aguas, el consumo medio fluctuaba normalmente entre los 1.800 y los 2.300 m<sup>3</sup> por trimestre, y se dispone de un contador de 50 mm de diámetro, el coste medio del agua era de entre 0,844 € y 0,847 € por m<sup>3</sup> consumido.

Ahora bien, tras la optimización propuesta y suponiendo que el consumo total del centro se reduce en un 30% del total, las nuevas fluctuaciones darán unos consumos de entre 1.200 y 1.500 m<sup>3</sup>, por lo que el nuevo coste, sin variar la tarifa actual, se sitúa entre 0,865 € y 0,842 €, siendo este último el más económico posible para esta tarifa.

Si se observa el gráfico de la Fig. 4, se puede comprobar cómo con un mismo consumo, una vez optimizado el edificio, se podría obtener el agua en condiciones más ventajosas, es decir, más económica.

No obstante, si se decidiera cambiar de contrato por un contador más moderno (mayor precisión de la medición) y con un diámetro más optimizado a nuestro consumo, se podría hacer a uno de 30 mm de diámetro sin perder calidad del

servicio, teniendo unos nuevos costes de entre 0,794 € y 0,785 € el m<sup>3</sup>, lo que supone un ahorro de entre 0,0713 € y 0,0570 €, es decir, 85,55 € ahorrados por trimestre facturado.



**Figura 4.** Diferencias de coste por consumo en función del diámetro del contador.

Quedaría por determinar cuánto cobraría la compañía por el cambio de contador, y si es que quiere hacerlo, pues la ley no deja claro que tengan que efectuarlo, si bien es cierto que cualquier ampliación la van a realizar, pues les suele compensar que el contador trabaje por encima de su Cn (Caudal nominal) al tener un nivel de precisión inferior y el coste del m<sup>3</sup> se cobraría más caro.

### 5.3.2. Acciones y consideraciones para ahorrar agua y energía

Muchas veces se plantean actuaciones complejas, normativas internas, o campañas de concienciación excesivamente costosas, para intentar reducir los consumos que se tienen de agua y energía, cuando hay actuaciones que pasan desapercibidas por los usuarios y que, a la vez, aumentan el confort de uso.

Como ejemplo, por su elevado confort y ahorro, los perlizadores, los reducto-

res y los economizadores de agua están ampliamente extendidos en los países del norte de Europa, y ya se están utilizando desde el año 1995 en España.

Este tipo de equipos tienen por objetivo reducir drásticamente el consumo de agua en el establecimiento, tanto en agua fría como caliente. Más adelante se dedicará un amplio apartado al conocimiento y explicación de estas tecnologías.

Dentro de la infinidad de posibles acciones y temas a considerar, a continuación se detallan algunos de los más importantes que pueden servir a modo de ejemplo:

- En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS como de AFCH, hay que preocuparse de que cuando se diseñen o reformen, se considere como muy importante la eficiencia, tanto como el diseño y la ergonomía de uso, utilizando los adelantos técnicos más avanzados que en ese momento existan (ya contrastados), pues una instalación, una vez construida, será para muchos años. Tampoco hay que olvidar la facilidad de mantenimiento y sus costes.
- Prever las necesidades hídricas de producción, detectando en qué procesos se podría, mediante intercambiadores de calor o frío, aprovechar la energía de unos procesos a otros, mezclando incluso sistemas de calefacción o aire acondicionado con procesos industriales.
- Es vital la instalación de contadores (a ser posible electrónicos) que permitirán la segregación y control de consumos y fugas, adecuando los diámetros de éstos a las necesidades reales y no con márgenes de seguridad excesivos, que encarecerán la factura del agua, sin aportar nada a cambio. (En la localidad de Madrid es obligatoria su implantación en cualquier área que sea digna de segregación).
- Otro elemento a considerar es el tipo de grifería que se utilizará. Asumiendo que las actuales leyes y normas exigen que el agua en circulación por el punto más alejado de la caldera esté por encima de 50 °C, lo más probable es tener problemas y accidentes por escaldamiento de los usuarios, pudiéndose evitar con la instalación de griferías termostáticas, las cuales aumentan

el confort del usuario, no representan una inversión mucho mayor y ahorran más del 15% de la energía (siendo obligatorio en Madrid para las duchas en zonas comunes o públicas).

- Considerar la adecuación paisajística del entorno (si lo tuviera) o de las plantas de interior con un punto de vista de xerojardinería, decoración con plantas autóctonas o que consuman poco agua, utilizando, siempre que se pueda, sistemas de riego eficientes y programables para evitar la tentación humana de que si se aporta más agua crecerán más y estarán mejor.
- La reutilización y/o reciclaje de aguas grises para menesteres como los antes descritos, si no se considera en la fase de diseño o al realizar una reforma, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría al no estar preparada la estructura ni la canalización de las instalaciones. (En Madrid también es obligatorio, en proyectos de nueva planta o grandes reformas, la utilización de redes separativas para las agua grises de las negras).
- Selección de equipos y adecuación de las instalaciones de climatización al tipo de explotación que va a tener el edificio. Hay especialistas que saben exactamente cuál es el tipo más adecuado, las precauciones a tener en cuenta y las opciones más adecuadas a la hora de diseñar las instalaciones.
- Prever el aprovechamiento, canalización y recuperación del agua de las torres de ventilación y/o de condensación, para ser utilizadas para otros usos (por ejemplo, para el riego, mezclada con otras aguas) o utilizar sistemas de ósmosis inversa para su reciclado.
- Selección de equipos hidro-eficientes, a nivel de electrodomésticos, y con etiquetaje clase A, A+, A++ (estos últimos pueden generar ahorros superiores al 55% y 65%), pues está demostrado que las diferencias de inversión se amortizan muy rápidamente. Existen lavadoras y lavavajillas que consumen hasta un 60% menos de agua y un 50% menos de energía en la categoría A.
- Utilizar jabones y productos biodegradables que no contengan cloro ni fosfatos en su composición, y emplear la dosis correcta propuesta por los fabri-

cantes. Cuando sale la vajilla blanca, puede ser por la alta concentración de cal en el agua, y esto se resuelve con un aporte de sal adecuado según el fabricante, pero, sobre todo, no hay que volver a lavarlos, pues con frotarles con un paño seco es suficiente.

- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo que, además de cumplir con la normativa vigente, permitan una corrección y detección inmediata de anomalías, excesos de consumos, fugas, etc., revisando las protecciones de aislamiento de las tuberías cada seis meses y cada vez que algún operario realice algún trabajo de mantenimiento.
- Prever, programar y comprobar las temperaturas de calentamiento, acumulación y distribución del ACS, adecuándolas a la demanda de agua esperada. Es ilógico disponer de agua caliente en el fin de semana si se cierra el centro. Se debería ajustar de tal forma que el último día sólo se aporte el agua necesaria, programando su arranque para que el lunes esté preparada para su consumo.
- Supervisar mensualmente la red, a la vez que se toman las temperaturas en puntos terminales, como exige el RD. 865/2003. Comprobar si los grifos cierran adecuadamente, tienen pérdidas y/o fugas. Verificar los tanques o cisternas de inodoros, pues suelen ser los más dados a tener fugas por culpa de los flotadores de los grifos o los sistemas de cierre.
- Si se utilizan sistemas de tratamiento de agua, verificar la calidad del agua y su composición cada cierto tiempo y, sobre todo, en épocas estivales, pues la variación de su composición requerirá dosis o ciclos distintos. Aprovechar para comprobar el estado de resinas, sales, etc., de los distintos depósitos, verificando el resultado final del tratamiento.
- Realizar campañas de sensibilización ambiental dentro del centro, formando al personal para que resuelva los problemas más habituales que pueda encontrarse, demostrando a los pacientes y visitantes su sensibilidad y preocupación, lo que mejorará la imagen pública del centro.
- Instalar, prever o implementar equipos y medidas economizadoras de agua,

como las que a continuación se detallan, pues facilitarán la minimización de los gastos y consumos de agua y energía, y generarán beneficios por ahorro para toda la vida.

- Realizar un plan interno de la gestión y uso eficiente del agua y la energía. No sólo porque lo puedan solicitar (en el caso de grandes consumidores), sino por el propio interés de ver por dónde y de qué forma se puede crecer con los mínimos recursos, tanto naturales como económicos.

## 5.4. Tecnologías y posibilidades técnicas para poder ahorrar agua y energía

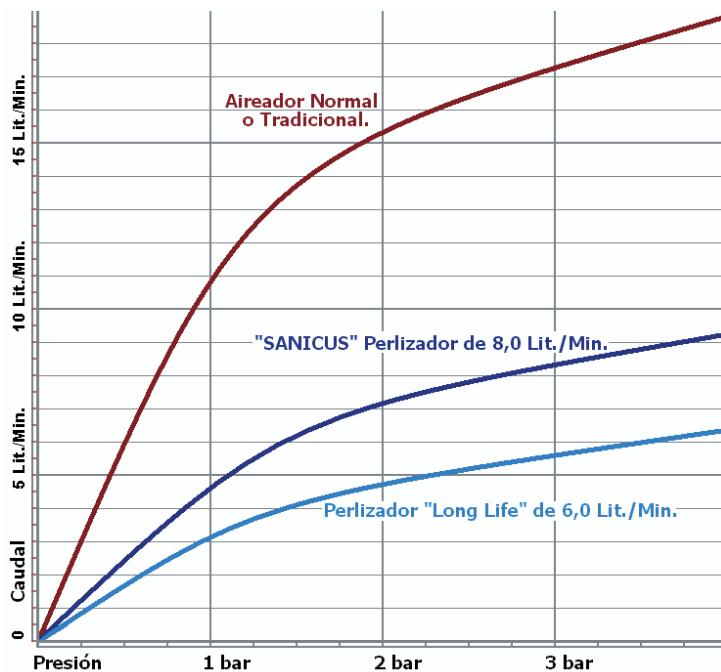
El nivel tecnológico de los equipamientos sanitarios que hoy en día están disponibles es impresionante, pero, por desgracia, muchas de estas técnicas y tecnologías no se conocen, con lo que su implementación se hace imposible.

Este apartado pretende dar un repaso a las posibilidades técnicas más exigentes y fáciles de implementar, y que más rápida amortización tienen (en cuanto a ACS y AFCH se refiere).

En la Comunidad de Madrid, cada vez hay más Ayuntamientos que exigen la incorporación de medidas economizadoras de agua en los edificios de nueva construcción, como es el caso de Madrid, Alcobendas, Alcalá de Henares, Getafe, Collado Villalba, Torrelodones, etc., donde, para obtener la licencia de obras, se necesita documentar que el proyecto incorpora grifería de bajo consumo.

En el caso de los grifos, éstos suelen llevar un filtro para evitar salpicaduras (rompeaguas o aireadores), disponiendo de tecnologías punteras, como los perlizadores y eyectores, que reducen el consumo de agua un mínimo del 50% en comparación con los equipos tradicionales, y que aportan otras ventajas, como una mayor eficacia con los jabones, por su chorro burbujeante y vigoroso, a la vez que son anti-calcáreos y anti-bloqueo, pudiendo ser sustituidos en cualquier grifería existente, aunque también hay griferías que ya lo incorporan.

En la Fig. 5, se pueden observar las curvas comparativas del consumo de un equipo tradicional y otros economizadores, domésticos (Sanicus) y profesionales (Long Life).



**Figura 5.** Consumos de griferías normales y ecológicas con perlizadores.

Las tecnologías existentes permiten acelerar el agua y crear turbulencias sin aportación de aire en los cabezales de ducha, lo cual mejora el confort al generar una sensación de hidro-masaje por turbulencias, consumiendo mucha menos agua que con los sistemas tradicionales de masaje por cantidad y presión de agua, economizando hasta el 65% del agua que consumen algunos equipos, sin pérdida ni detrimiento del servicio.

Variando la salida del agua mediante múltiples chorros muy finitos o perlizadores de altas prestaciones, se pueden disminuir los consumos de agua a caudales de 4 l/min, incluso 2 l/min, lo que puede suponer hasta un 75% de los consumos habituales. Aunque, en estos casos, se detecta a simple vista, para muchas de las funciones sanitarias es más que suficiente.

## 5.5. Clasificación de equipos

En primer lugar, hay que agrupar los distintos tipos de equipos sanitarios más utilizados a nivel de suministro de agua, en dos grandes grupos: equipos completos y accesorios o adaptadores para equipos ya existentes.

Estos últimos aportan tecnología economizadora al implementarlos sobre grifos ya en uso, teniendo un menor coste y aprovechando el equipo al que se le aplica; mientras que los primeros están pensados para obra nueva o remodelación.

Los siguientes apartados pretenden recoger la gran mayoría de las tecnologías existentes a modo de guía básica de las más difundidas y las que son más eficaces, aunque puedan resultar desconocidas.

### 5.5.1. Grifos monomando tradicionales

Siendo, hoy en día, el tipo de grifería más utilizada por excelencia, no quiere decir que no existan técnicas y tecnologías economizadoras para mejorar los consumos de agua y energía de este tipo de sanitarios, tan utilizados por todos.

El hecho de que el agua que se utiliza en un grifo monomando sea fría, no quiere decir que ésta no contenga agua calentada. Por ejemplo, en un monomando de lavabo, al estar posicionado el mando o palanca en el centro, cada vez que se abre, se consume un 50% de agua fría y un 50% de agua caliente, aunque a ésta no le da tiempo a salir por la boca del grifo.

Este problema está contrastado y demostrado, pudiendo indicar que más del 60% de los usuarios que utiliza un lavabo en un centro público, lo hace abriendo en su posición central y durante un tiempo medio inferior a 30 segundos, no agarrando la maneta, sino empujándola desde abajo hacia arriba, hasta el final del recorrido, dándole golpecitos hacia abajo para ajustar el caudal, si es que éste fuera muy elevado.

Actualmente, hay tecnologías que permiten reducir los consumos de agua de estos grifos y, a la vez, derivar los consumos de agua caliente no premeditada a consumos de agua fría. La solución consiste en la sustitución del clásico cartucho cerámico que incorporan por otro “ecológico” de apertura en frío en su posición central y en dos etapas.

Como se puede apreciar en la Foto 3, al accionar la maneta, ésta encuentra en su posición central un freno a la apertura y, además, ofrece sólo agua fría, debiendo girar la maneta hacia la izquierda para obtener una temperatura de agua más caliente. Esto ofrece ahorros generales superiores al 10% de la energía media total que suele utilizar un lavabo normal, y un ahorro de un 5% en agua, aproximadamente.



**Foto 3.** Explicación gráfica de los cartuchos ecológicos.

Este equipo, o cualquier otro tipo de grifería, ya sea de lavabo, fregadero, etc., y si tiene una edad menor de unos 20 años, además incorporará un filtro en su

boca de salida de agua, denominado filtro rompeaguas o aireador, y que tiene por objeto evitar que el agua salpique al salir del grifo.

Otra de las soluciones que existen para ahorrar agua y energía, consiste en la sustitución de este aireador por un **perlizador**, el cual, además de cumplir con el objetivo del anterior, aporta otras ventajas, como ser más eficaz con los jabones líquidos, ser más agradable y confortable, apparentar salir más agua de la que realmente sale y, por supuesto, economizar agua y la energía derivada de su calentamiento.

Estas tecnologías garantizan ahorros de un mínimo del 50%, llegando en ocasiones, y dependiendo de la presión, hasta ahorros del 70% del consumo habitual, existiendo versiones normales y antirrobo para lugares en los que preocupen los sabotajes, posibles robos o vandalismo.

La implementación de perlizadores de agua en lavabos, bidets, fregaderos, pilas, etc., reduce los consumos, convirtiendo los establecimientos en más ecológicos, amigables y respetuosos con el medio ambiente, y, por supuesto, mucho más económicos en su explotación, sin reducir la calidad y/o confort del servicio ofrecido.



**Foto 4.** Perlizadores de distintos caudales y modelos.

### 5.5.2. Grifos de volante tradicionales

Este tipo de equipos está en desuso en obra nueva, aunque sí es fácil en-

contrarlos en edificaciones con más de 15 años y todavía suelen montarse en zonas de poca utilización, como vertederos, fregaderos, etc., por su bajo precio.

Los problemas clásicos de estos equipos son los cierres inadecuados por falta de estanqueidad en las zapatas de cierre, y es habitual que haya que apretarlos mucho para que no goteen.

Hoy en día, existen técnicas para reconvertirlos en ecológicos, siendo mucho más eficaces y economizadores que un monomando tradicional. Desde el punto de vista del consumo de energía, es imposible demandar agua caliente de forma inconsciente, mientras que con un monomando sí, como se explicaba anteriormente.

Esto se puede lograr con la simple sustitución de la montura clásica de zapatillas, por otra montura cerámica que permite la apertura y cierre del agua en un sólo cuarto de vuelta, evitando los problemas de apriete y cierre inadecuados, así como sus fugas y goteos constantes.



**Foto 5.** Montura cerámica.

Es una solución muy económica cuando la grifería está bien estéticamente hablando, ya que al cambiar la montura por otra cerámica, ésta queda nueva desde el punto de vista mecánico. El ahorro está cifrado en un 10% del consumo previo.

A este tipo de equipos, y siempre que su antigüedad no supere los 15 años aproximadamente, también se le podrá implementar los perlizadores antes comentados, complementando las medidas de eficiencia y totalizando ahorros superiores al 60% sobre el estado previo a la optimización.

Por lo general, un grifo de doble mando o monoblock cerámico será más

económico y, a la vez, mucho más eficiente energéticamente hablando, que un monomando, aunque no tan cómodo.

### 5.5.3. Grifos termostáticos

Possiblemente son los equipos más costosos, detrás de los de activación automática por infrarrojos, pero también los más eficientes desde el punto de vista del consumo energético, ya que mezclan automáticamente el agua fría y caliente para lograr la temperatura seleccionada por el usuario. Aportan altísimo confort y calidad, evitan accidentes y, además de la función economizadora de energía, también los hay con equipos economizadores de agua.

Es habitual el desconocimiento de este tipo de equipos, salvo en su utilización en las duchas y bañeras, cuando en el mercado hay soluciones con grifería para lavabos, bidets, fregaderos, duchas con temporización, con activación por infrarrojos, o fregaderos de activación con el pie o antebrazo, resultando la solución ideal. Aunque requieren una mayor inversión, su rendimiento economizador es para toda la vida. Hoy en día, un grifo de ducha termostático, con mango de ducha ecológico, puede encontrarse desde 95 € y con una garantía de 5 años, por lo que ya no es tan elevada la diferencia como para no utilizarlos.

Por otro lado, aportan al centro y a los usuarios un mayor nivel de calidad, confort y seguridad, estando recomendado especialmente en todos aquellos centros donde se corra el riesgo de que el usuario pudiera quemarse por un uso inconsciente del equipo.

### 5.5.4. Grifos electrónicos de activación por infrarrojos

Son, posiblemente, los grifos más ecológicos, pues ajustan la demanda de agua a la necesidad del usuario, activando el suministro e interrumiéndolo según esté o no presente el usuario. Está demostrado que el ahorro que generan es superior al 65-70% en comparación a uno tradicional, siendo ideales cuando se utilizan dos aguas, pues el coste del suministro de agua caliente hace que se amortice mucho más rápido que con agua fría solamente.



**Foto 6.** Grifo de infrarrojos con mezclador.

El coste de este tipo de equipos varía en función del fabricante y la calidad del mismo, pues los hay muy sencillos y muy sofisticados, siendo capaces de realizar por sí solos el tratamiento de prevención y lucha contra la legionella. Existen dos técnicas muy parecidas de activación automática por detección de presencia: infrarrojos y microondas.

Estos equipos están disponibles para casi cualquier necesidad, utilizándose principalmente para el accionamiento en aseos de discapacitados y en aquellos sitios de alto tránsito (lavamanos, por ejemplo), donde los olvidos de cierre y accionamientos minimizarían la vida de los equipos normales. Está demostrado que son los equipos que mejor aprovechan los suministros, ya que los ajustan a la necesidad real del usuario, evitando el más mínimo despilfarro.

Suelen generar ahorros importantísimos, siendo en el caso de los lavamanos más del 70%, e incluso casi el 80% si incorporan perlizadores a su salida.

Se pueden utilizar para lavabos, fregaderos y duchas fijas, tanto normales como con equipos termostáticos, Foto 7. También existen versiones para inodoros y urinarios, cubriendo casi cualquier necesidad que pueda plantearse.

Las inversiones pueden llegar a ser 10 veces más costosas que un equipo tradicional, pero la eficacia, eficiencia y vida de los productos, se justifica si se desea

tener una imagen innovadora, ecológica y económicamente ajustada en los consumos, produciéndose su amortización en una media de entre los 3 y 5 años.



**Foto 7.** Grifería electrónica por infrarrojos y termostática para fregaderos y laboratorios.

Hay variaciones que abaratan las instalaciones de obra nueva con estas tecnologías, las cuales consisten en centralizar la electrónica y utilizar electroválvulas, detectores y griferías normales, por separado. El mantenimiento es mucho más sencillo y se reducen considerablemente las inversiones, a la vez que se pueden diseñar las áreas húmedas, utilizando griferías de diseño.

Recientemente, también existen adaptadores de bajo coste para no tener que cambiar o modificar la grifería en zonas de quirófanos, servicios, laboratorios y departamentos que se cambien o modifiquen con facilidad, abaratando en más de 250 a 300 € estas opciones.

Estas opciones pasan por incorporar unas servo-válvulas controladas vía Wi-Fi (Wireless Fidelity) desde un cabezal perlizador que lleva incorporado una mochila con su electrónica de infrarrojos y su batería, y que, cuando detecta la presencia de un obstáculo ante el chorro (como al introducir las manos), da la orden a las servo-válvulas de abrirse, acomodando el caudal al estricto tiempo mínimo necesario de la presencia de las manos bajo el chorro, cortándose el agua al retirarlas.

Tanto las servo-válvulas como el cabezal detector de infrarrojos, incorporan

baterías que garantizan más de 20.000 maniobras (unos 2 años a 25 actuaciones/día).



**Foto 8.** Cabezal de infrarrojos montado sobre un grifo de fregadero y las dos servoválvulas.

### 5.5.5. Grifos electrónicos táctiles programables

Sin lugar a dudas, es la grifería más moderna a nivel internacional y que, progresivamente, romperá barreras para posicionarse como una de las mejores opciones en relación calidad-precio-prestaciones, ya que incorpora las ventajas de la grifería electrónica pero operada a voluntad por el usuario, y tanto su programación como su temporización la complementan para evitar los consumos por olvidos o cierres inadecuados, automatizando esta tarea.



**Foto 9.** Imagen de la nueva grifería táctil.

Su funcionamiento no puede ser más simple y sencillo: para activar el suministro de agua sólo es necesario tocar en la cabeza del grifo con una ligera presión al tacto, y para interrumpir el suministro, volver a tocar.

Si esta última acción no se realiza, el agua saldrá hasta que, en función del tiempo programado, se acabe cerrando solo.

Está disponible con una o dos aguas, y sus características de anti-vandalismo, así como su falta de partes móviles, le hacen ideal para un sinfín de utilizaciones y usos ergonómicos.

Esta tecnología, unida a su bajo consumo, lo hacen la solución más adecuada para su instalación en zonas de alto tránsito y utilización, por su estética, robustez y durabilidad.



**Foto 10.** Detalle del cabezal táctil.

## 5.5.6. Grifos temporizados

Los equipos o grifos temporizados vienen a cubrir una de las mayores preocupaciones en lugares públicos: los daños causados por el vandalismo, la necesidad de una durabilidad elevada por su alta utilización y el exceso de consumo por el olvido de cierre.

Utilizándose casi siempre en equipos y zonas de gran uso, vienen a resolver situaciones de cierre automático a bajo coste, por ejemplo en lavamanos, bien por activación con el pie, la rodilla o la mano, debiendo de considerarse si los tiempos de activación son adecuados (por ejemplo, 6" es lo más adecuado para los lavamanos).



Foto 11. Mejoras posibles en griferías temporizadas.

En el mercado hay infinidad de fabricantes que ofrecen soluciones muy variadas. A la hora de elegir un grifo de estas características, habrá que tener en consideración los siguientes puntos:

- Caudal regulable o pre-ajustable.
- Incorporación del perlizador en la boca de salida.
- Temporización ajustada a demanda ( $\pm 6''$  en lavabos y  $\pm 20-25''$  en duchas).
- Cabezales intercambiables anti-calcáreos.
- Anti-bloqueo para lugares problemáticos o con vandalismo.

Sobre este equipamiento, y a través del propio personal especializado de mantenimiento o profesionales específicos, se pueden optimizar y regularse los consumos, minimizándolos entre un 20 y 40%, pues la gran mayoría de los fabricantes ponen tiempos excesivamente largos a los equipos, lo que genera, en muchas ocasiones, hasta tres activaciones por usuario, de entre 12 y 18" cada una, cuando con una pulsación de 6" sería ideal para evitar la salida de agua en tiempos intermedios de enjabonados, frotado y aclarado. Y, si bien es cierto que muchos usuarios los utilizan una sola vez, mojándose y aclarándose, es muy frecuente ver cómo el usuario se marcha y sigue saliendo agua.

En muchos de estos equipos, bajar el tiempo de cierre es imposible, salvo que se cambie el eje de rubí (la pieza que ofrece la temporización al grifo), existiendo en el mercado compañías especializadas en suministrar este tipo de equipos, bien como piezas sueltas o como cabezales completos.



**Foto 12.** Cabezal intercambiable de infrarrojos.

A muchos de estos grifos se les puede implementar un perlizador en la boca de salida de agua, generando unos mayores niveles de ahorro.

Otra utilización muy habitual de estos equipos es en urinarios, lavabos y duchas empotrados, donde lo más importante es que el suministro de agua se corte a un tiempo determinado y/o evitar el olvido de cerrarlos.

Recientemente, ya hay disponibles adaptadores para griferías existentes, pudiendo convertir un grifo temporizado en electrónico con activación por infrarrojos, de una forma autónoma, a bajo coste y aprovechando el cuerpo del grifo exis-

tente, simplemente cambiando el cabezal neumático por el electrónico, ya que incorpora todo en su interior, hasta las baterías.



**Foto 13.** Grifo modificado de activación por infrarrojos.

### 5.5.7. Grifos de ducha en torres de prelavado

Las zonas de cocinas o torretas de prelavado de la vajilla, o las zonas de limpieza de alimentos para su conservación, preparación o despacho, son puntos donde, posiblemente, se consume una gran cantidad de agua.

Si bien es cierto que los nuevos lavavajillas reciclan el agua del aclarado anterior para el prelavado del siguiente ciclo, ahorrando mucho agua y energía, no lo es menos que el parque de este tipo de lavavajillas es muy antiguo y que la retirada de sólidos y pre-limpieza de la loza o vajilla sigue realizándose a mano, con un consumo excesivo, principalmente porque los trabajadores tienen otras preocupaciones mayores que las de ahorrar agua y energía.

En primer lugar, es muy habitual encontrar los flexos de las torres de prelavado en muy mal estado, cuando un cambio o mantenimiento de las mismas y de los flexos de conexión rentabilizan el trabajo, ahorrando agua por fugas o usos inadecuados por parte de los trabajadores. Es muy normal fijar la salida de agua de la pistola o regadera de la torre de prelavado y marcharse a realizar otra tarea, dejando correr el agua hasta que se vuelve de nuevo, con los utensilios a limpiar debajo de la ducha, acto que hay que evitar por el descontrol de consumos.



**Foto 14.** Ejemplo de ducha ecológica de prelavado para cocinas y comedores.

Esta actitud está provocada por el exceso de trabajo o la creencia de que mientras los platos se remojan, se puede hacer otra cosa, pero, al final, se demuestra que no es válida. Por ello, se recomienda eliminar las anillas de retención de este tipo de griferías, con lo que se obliga al empleado a tener pulsado el gatillo o palanca para que salga agua, y se evita la salida continuada si no se tiene empuñada la ducha. Esto puede llegar a ahorrar más del 40% del agua que se utiliza en esta zona, que, por cierto, suelen presentar grifos que consumen entre 16 y 30 l/min.

Otra opción, muy simple y eficiente, es sustituir el cabezal de la ducha por otro regulable en caudal y ecológico, el cual permite determinar el consumo del mismo entre 8 y 16 l/min, siendo más que suficiente, y amortizándose la inversión en tan sólo unos meses.

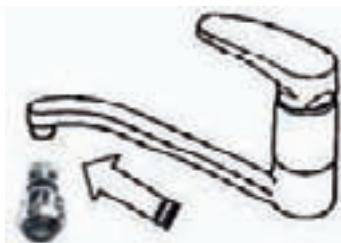
### 5.5.8. Grifos de fregadero en cocinas

En muchas localidades, y según la reglamentación sanitaria de la zona, son obligatorias determinadas características en barras, despachos y cocinas, como, por ejemplo, los lavamanos; pero, sin ser obligatorio, se puede mejorar la ergonomía de utilización de los fregaderos de estas áreas con la implantación de eyectores giratorios orientables.



**Foto 15.** Dos tipos de eyectores: de chorro y de chorro+lluvia.

Estos mecanismos permiten ahorrar más del 40% del agua y la energía que consumen habitualmente, y mejoran el confort de utilización sin sacrificar la calidad del servicio, que se ve aumentada por las distintas formas de uso, teniendo la opción de dirigir el chorro del grifo a cualquier parte del fregadero y la posibilidad de ofrecer chorro o lluvia.



**Foto 16.** Instalación del eyector.

### 5.5.9. Fluxores para inodoros y vertederos

Los fluxores vienen a ser como los grifos temporizados para los inodoros, aunque también suelen montarse en vertederos y tazas turcas. Estos equipos utilizan el mismo principio de funcionamiento que los grifos temporizados, estando pensados para sitios públicos de alto tránsito.

El mayor consumo de estos equipos y algunos problemas de suministro suelen venir dados por factores muy concretos: diseño inadecuado de la instalación o variación de la presión de suministro, así como falta de mantenimiento del propio elemento.

El diseño de una red de fluxores exige líneas de diámetros concretos y cálculos para evitar las pérdidas de carga, siendo muy frecuente su ampliación o variación, o la realización de tomas para otro tipo de sanitarios, lo que provoca que los

consumos o presiones sean inestables. En otros casos, la presión de suministro aumenta, encontrándose que los tiempos de actuación y los caudales suministrados son excesivos, incluso superiores a los 9 litros.

Otro de los problemas más habituales en estas instalaciones es la ausencia de mantenimiento de los equipos, cuando, con un simple desmontaje, limpieza y engrase con glicerinas específicas, quitando las posibles obstrucciones de las tomas, se puede hacer que el equipo esté como el primer día, ahorrando más del 30% y evitando que el eje o pistón se quede agarrotado y/o que tarde mucho en cerrar el suministro por problemas de sedimentación.

En empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro existen unos eco-pistones especiales, Foto 17, a los cuales se les modifica la curva de descarga, produciendo una descarga más intensa pero de menos tiempo, que permite economizar hasta el 35% del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre que, incluso en algunas tazas antiguas, aumenta.



**Foto 17.** Pistones ecológicos para fluxores.

En la actualidad hay fluxores de doble pulsador que permiten la descarga parcial o completa, dependiendo de la zona del pulsador que se accione, siendo la solución ideal para obras nuevas o de reforma, y, sobre todo, en los aseos de mujeres.

### 5.5.10. Cabezales y regaderas de ducha

A la hora de economizar agua en la ducha, suele ser más fácil actuar sobre la salida del agua que sobre la grifería. Con algunas de estas técnicas puede actuarse sobre duchas de activación temporizada, pero que utilizan regaderas o cabezales normales, conjugando el suministro optimizado de la salida del agua con el cierre temporizado.

Hay una primera catalogación que consistiría en el tipo de cabezal de ducha o regadera que se utiliza, con independencia de la grifería que la activa y regula, pudiendo dividirse en dos: cabezales de ducha o regaderas fijas a la pared, y mangos de ducha o teléfonos unidos a la salida de la grifería mediante un flexo.

En el primer caso, las dos actuaciones más utilizadas son las siguientes:

- Cambio de la alcachofa o regadera de ducha por otra hidro-eficiente y de hidro-masaje por turbulencias, que posibilita ahorros de hasta el 60% sobre los equipos tradicionales, siendo menor este ahorro, del orden del 35%, cuando el equipo a sustituir es un equipo pensado para sitios públicos que suele ser accionado por un grifo temporizado.
- Desmontaje del equipo, sobre todo cuando tiene múltiples chorros o tipos de suministro de agua, intercalándole en la toma un limitador de caudal que tara el volumen de agua que deja pasar por minuto, sin sacrificar el confort de la ducha. En este caso, los ahorros suelen ser menores, del orden del 25%.

En el caso de los mangos de ducha, lo más habitual es sustituirlos por otros, aunque también hay otras opciones:

- Intercalar un reductor volumétrico giratorio, que aumenta la vida del flexo, evitando torceduras y enredos, a la vez que se ahorra un 35% del agua consumida por el equipo al que se le aplica.
- Insertar en la toma de la ducha un limitador de caudal, ajustando el suministro a lo deseado. Posibilita ahorros del orden del 25%, aproximadamente, pero no valen para cualquier modelo.

- Incorporar un interruptor de caudal para disminuir el agua suministrada durante el enjabonamiento, pero sin perder la temperatura de mezcla obtenida, dejando pasar sólo una parte ínfima de agua para evitar el enfriamiento de las cañerías.



**Foto 18.** Distintas duchas y accesorios para economizar agua y energía.

- Cambiar el mango de la ducha por otro ecológico o eficiente, existiendo tres tipos, principalmente:
  - ✓ Los que llevan incorporado un limitador de caudal.
  - ✓ Los que la técnica de suministro se basa en acelerar el agua y realizarlo con múltiples chorros más finos y a mayor presión.
  - ✓ Los cabezales de ducha específicos, que suelen ser irrompibles, con suministro de agua a nivel de hidro-masaje por turbulencias, que posibilitan ahorros de hasta el 60%, aumentando el confort y la calidad del servicio ofrecido. Suelen ser más costosos, pero generan mucho más ahorro y duran toda la vida.

No hay que olvidar que estos componentes son el 50% del equipo, y una buena selección de la alcachofa o mango de ducha generará muchos ahorros, pero si se combina con un buen grifo, la mezcla será perfecta. Por lo tanto, en función de a qué tipo de servicio va dirigido el equipo, habrá que valorar si se monta en combinación con un monomando, un pulsador temporizado, un termostático o un grifo o sistema por infrarrojos, lo que posibilitará que la eficiencia se incremente sustancialmente.

Por último, hay mezclas de estas técnicas, complementando equipos normales o integrados en diseños propios de los distintos fabricantes.

### 5.5.10.1. Duchas especiales

Los inodoros son fuente de repulsa a la hora de limpiar la loza tras el uso en locales públicos, residencias u hoteles, no tanto por la limpieza por parte del usuario, sino principalmente por la utilización de las famosas escobillas para limpiar los restos sólidos, ya que es un equipo utilizado por todo el mundo y sin las debidas garantías.

Actualmente, se pueden ofrecer mejoras mucho más higiénicas que las tradicionales escobillas, como son unas pistolas conectadas a la toma del tanque o el latiguillo del inodoro, o incluso del bidet, que permite la limpieza a distancia, sin tener ningún contacto directo con los restos, por la alta presión que se puede ejercer con una ducha focal que canaliza y acelera el agua, y que, con tan sólo  $\frac{1}{2}$ -1 litro consigue limpiar la loza mucho mejor que con cualquier tipo de escobilla.



**Foto 19.** Ducha de pistola para la limpieza de restos en los inodoros.

Las ventajas son tanto para el cliente como para el establecimiento, pues se necesita mucha menos agua y está todo siempre mucho más limpio.

Además, permiten también realizar limpiezas de higiene íntima, pues cada vez son más las personas que se lavan con agua fría o templada, pero lo que realmente mejora es el mantenimiento y limpieza del baño, el plato de ducha o la bañera, etc., pudiendo los servicios de limpieza invertir mucho menos tiempo, menos agua y llegar con agua a presión a zonas que normalmente limpian a mano.



**Foto 20.** Fotografía de una ducha de alta presión para limpieza de inodoros.

También existen otro tipo de duchas, basadas en el mismo principio, para personas discapacitadas o para habitaciones gerontológicas, donde este tipo de duchas, además de consumir muy poca agua, ofrece el control de activación y cierre, conectándose normalmente a una ducha tradicional o termostática, donde el usuario solicita una temperatura a través del mando de regulación y la ducha se realiza sin tener que volver a tocar la grifería, sólo pulsando o soltando su interruptor. Además, puede dejarse fija o colgarse de la pared, como cualquier otra ducha tradicional.



**Foto 21.** Ducha con interruptor.

### **5.5.11. Inodoros (WC)**

El inodoro es el sanitario que más agua consume en la vida cotidiana, aunque no lo es por su valor energético, ya que sólo utiliza agua fría. Su descarga media (estadística) suele estar en los 9-10 litros.

Los inodoros de los aseos de señoras se utilizan tanto para micciones como para deposiciones, por lo que, si el sanitario no dispone de elementos para seleccionar el tipo de descarga, ésta sea igual tanto para retirar sólidos como para retirar líquidos, cuando éstos sólo necesitarían un 20 o 25% del contenido del tanque.

Esta circunstancia hace que toda medida que permita seleccionar si se desean retirar sólidos o líquidos en función de la utilización realizada, posibilitará ahorrar más de 60-70% del contenido del tanque o descarga.

Analizando los distintos sistemas que suelen utilizarse, y tras haber descrito anteriormente las posibilidades existentes para los fluxores (muy utilizados en la década de los 90), ahora están más de moda los sistemas de descarga empotrados y que, por norma general, acompañan a lozas de alta eficacia que suelen consumir, como mucho, 6 litros por descarga.

Casi la totalidad de los fabricantes que ofrecen cisternas o tanques empotrados, ofrecen la opción de mecanismos con doble pulsador, algo altamente recomendable, pues cada día se suele ir una media de 5 veces al WC, de las cuales 4 son por micciones y 1 por deposición. En este sentido, ahorrar agua es fácil siempre que se pueda discriminar la descarga a realizar, ya que para retirar líquidos se necesita solamente unos 2-3 litros, y el tanque completo sólo se requiere para retirar sólidos.

Esto supone que, con independencia del sistema que se elija para conseguir esta selección del tipo de descarga, si se utiliza adecuadamente, el consumo bajaría en más del 50% respecto a un inodoro con sólo descargas completas.

En el ejemplo siguiente, a nivel estadístico de una persona en cómputo diario, se obtendrían los siguientes consumos:

Tanque Normal:      5 descargas x      9 l/descarga      =      45 l/día

Tanque 2 Pulsadores:      1 descargas x      9 l/descarga      =      9 l/día  
                                4 descargas x      3 l/descarga      =      12 l/día

Diferencia:  $45 - (9 + 12) = 24$  litros ahorados, lo que supone un **53,33%**.

Lógicamente, esta demanda es a nivel estadístico, por lo que perfectamente se puede afirmar que más del 40% de estos consumos se realizan en la jornada laboral, por lo que la actuación de este ejemplo economizador en un centro hospitalario supondría un mínimo del 20% de reducción del consumo por usuario.

Las posibilidades técnicas disponibles para producir esta selección de descargas son las siguientes:

● **Tanques o cisternas con pulsador interrumpible:**

Suelen formar parte de instalaciones recientes, de unos 8-9 años de antigüedad y, exteriormente, no se diferencian de los pulsadores normales, por lo que la única forma de diferenciarlos, sin desmontar la tapa, es pulsando sobre el botón de accionamiento, y nada más iniciarse la descarga y empiece a salir el agua, pulsar hasta el fondo de nuevo, viendo si se interrumpe o no la descarga.

Si así fuera, la simple instalación de unas pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto del sanitario, a la vez que se aprovecha para realizar campaña de sensibilización y del interés del centro hacia el medio ambiente y la responsabilidad social, mejorará la imagen corporativa del centro y se ahorrará más del 30% del agua que actualmente se utiliza.

● **Tanques o cisternas con tirador:**

Al igual que el caso anterior y desde la misma época, algunos de los fabricantes más famosos empezaron a incorporar la posibilidad de que sus mecanismos de tirador pudieran interrumpirse para ahorrar agua, siendo esto muy fácil de reconocer, porque al tirar de ellos se quedan levantados y para

interrumpir la descarga hay que presionarlos hacia abajo; mientras que si se bajan ellos solos, es señal de que el mecanismo no es interrumpible y producirá la descarga completa.

Tanto a los que son interrumpibles como a los que no lo son, puede acoplárseles un contrapeso que rearma el sistema automáticamente, provocando el cierre apresurado del mecanismo, engañando al mismo y aparentando haber salido todo el agua del tanque, posibilitando ahorros de más del 60% del consumo habitual.

En cualquier caso, siempre es recomendable incorporar pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto, a la vez que se sensibiliza a los usuarios y se mejora la imagen del centro, tanto para explicar los interrumpibles como si se instalan contrapesos de acero inoxidable para automatizarlos.

#### ● **Tanques o cisternas con doble pulsador:**

Sin lugar a dudas, es la opción más ecológica y racional para el uso de los inodoros. Por desgracia, algunos fabricantes no permiten la selección y graduación del tipo de descarga. En otros casos, es complicado saber cuál es el botón que descarga una parte u otra. Incluso existen unos mecanismos que hay que pulsar los dos botones a la vez para producir una descarga completa.

En resumen, a la hora de seleccionar el mecanismo para un inodoro, habrá que valorar:

- Que esté diseñado para lugares públicos, pues la gran mayoría lo están para uso doméstico y su vida es mucho menor.
- La garantía, que debe ser de 10 años, siendo, como mínimo, de 5.
- Que los botones se identifiquen claramente y a simple vista, y que sean fáciles de usar.

Con independencia de las posibles actuaciones comentadas, será vital que las personas se responsabilicen del mantenimiento y comprueben la existencia de posibles fugas de agua, bien por la vía de que el flotador llena de más el tanque

(lo que con la simple regulación se resuelve), bien porque las gomas del mecanismo se han aleteado, endurecido o deteriorado, dejando escapar el agua por su asiento (cambiarlas es muy fácil y su coste ridículo). También será recomendable instalar pegatinas, con independencia del modelo, por las razones anteriormente citadas.



Foto 22. Mecanismo de tirador, contrapesos y mecanismo de doble pulsador.

En el mercado hay infinidad de trucos, técnicas y sistemas que consisten en reservar, ocupar o evitar la salida de un determinado nivel o capacidad de agua al utilizar la cisterna, aunque con estas técnicas se puede sacrificar el servicio ofrecido.

Por ejemplo, la inserción de una o dos botellas de agua en el interior de la cisterna. Está demostrado que, al disponer de menos agua en cada utilización (podría tratarse de un ahorro de un litro por descarga), en muchas ocasiones no se consigue la fuerza necesaria, debiendo pulsar varias veces, consumiendo el agua ahorrada en 7-8 utilizaciones.

Además, hay que añadir los problemas de estabilidad que pueden ocurrir las botellas si se caen o tumbar, evitando su cierre y que genere fugas constantes.

## 5.6. Consejos generales para economizar agua y energía

Algunos consejos generales diferenciados por áreas pueden ser los siguientes:

### **En salas de calderas, calentadores y redes de distribución:**

- Las calderas y los quemadores deben limpiarse y revisarse periódicamente por un técnico cualificado.
- Mandar inspeccionar la caldera periódicamente, destacando los siguientes puntos:
  - ✓ Las luces de alarma.
  - ✓ Signos de fugas en las tuberías, válvulas, acoples y caldera.
  - ✓ Daños y marcas de quemado en la caldera o chimenea.
  - ✓ Ruidos anormales en las bombas o quemadores.
  - ✓ Bloqueos de los conductos de aire.
- La revisión debe incluir una comprobación de la eficiencia de combustión y el ajuste de la proporción aire/combustible del quemador para obtener la eficiencia óptima.
- Indicar al técnico que maximice la eficiencia de la caldera y que le presente una hoja de ensayos con los resultados. El coste aproximado puede oscilar entre los 150 y 250 € por caldera.
- Ajustar las temperaturas de ACS para suministrar agua en función de la temperatura de cada época del año.
- Aislara las tuberías de distribución que no contribuyan a calentar las zonas de trabajo.
- Estudiar la posible instalación de un termómetro en la chimenea. La caldera necesita limpiarse cuando la temperatura máxima de los gases en la chime-

nea aumente más de 40 °C sobre la del registro del último servicio. El coste aproximado es de unos 50 €.

- Si se dispone de anillos de recirculación de ACS, medir, verificar y ajustar las proporciones de agua reciclada en los distintos horarios de demanda punta y valle a la más adecuada, que garantice el servicio con el mínimo esfuerzo de la caldera (si sus puntas son muy exageradas, valorar la implementación de un programador de maniobra que automatice los cambios de temperatura).

**En los puntos de consumo:**

- Instalar equipos termostáticos siempre que sea posible, pues aumentan el confort y ajustan el consumo energético a la demanda real.
- Los equipos temporizados son ideales cuando se trabaja con jóvenes y adolescentes, pues evita olvidos de cierre y soportan mejor el posible vandalismo.
- Instalar o implementar medidas correctoras del consumo, como perlizadores, alcachofas de ducha ecológicas, reductores volumétricos, etc., que reducirán los consumos de forma muy importante.

**En el centro:**

- Realizar campañas de sensibilización, trasmitiendo a los usuarios su preocupación por el medio ambiente. Así, se mejorará la imagen y disminuirán las facturas de los suministros.
- Diseñar y colocar pegatinas de sensibilización y uso correcto de equipos economizadores, por ejemplo, en inodoros y/o sistemas especiales.
- Promover una mayor participación en la conservación del medio ambiente por medio de actividades de educación ambiental para empleados y subcontratas, realizando campañas de educación y procesos respetuosos en su trabajo cotidiano, con ejemplos concretos, reputables y discriminatorios. Si

se hace mucho hincapié en una tendencia y/o técnica mal utilizada, la persona que lo ejecuta se sentirá mal internamente cuando la practique.

- Formar, instruir y redactar órdenes de trabajo claras y específicas para que los empleados tengan presente cómo actuar ante las distintas situaciones que puedan encontrarse.
- Solicitar la colaboración de los usuarios con notas de sugerencias, mejoras y avisos para resolver los problemas y/o averías que puedan surgir y fueran detectados por éstos, resolviéndolos inmediatamente para demostrar la preocupación por el tema y, a la vez, minimizar el impacto económico.
- Un hábito frecuente es tirar al inodoro gasas, compresas, tampones o sus envoltorios, junto con papeles o plásticos, con lo que se pueden producir ataques en tuberías, tanto de bajantes como en fosas y sifones, provocando obstrucción en las rejillas de entrada y filtros, y ocasionando diversos problemas higiénicos y mecánicos. Es recomendable que todos estos residuos vayan directamente a la basura. Para ello, además de sensibilizar a los usuarios, los centros han de poner medios para poder facilitar esta labor.

#### **En jardinería y paisajismo:**

Aunque no suele ser muy habitual disponer de zonas ajardinadas o de césped, se incluyen algunos ejemplos genéricos sobre cómo actuar en estas zonas.

- El exceso de agua en el césped produce un aumento de la materia verde, incremento de enfermedades, raíces poco profundas, desaprovechamiento de recursos y grandes facturas. Cuando se trata de regar un área verde o jardín, es preferible regar de menos que regar de más, pues se facilitará el crecimiento y enraizado de plantas, arbustos y césped, mejorando su imagen y sufriendo menos en épocas de sequía.
- La necesidad de agua en el pasto puede identificarse cuando se torna de un color verde azulado y cuando las pisadas permanecen marcadas en él, ya que la falta de agua hace que a la hoja le cueste recuperar su posición original. Lo ideal sería regar el césped justo en ese momento, ya que el de-

terioro en ese punto es mínimo y el césped, apenas recibe agua, se recupera. Regar el pasto antes de observar estos signos no proporciona beneficio alguno.

- No es recomendable regar sistemáticamente. Un programa fijo de riego no contempla las necesidades reales del césped y puede resultar perjudicial.
- La hora ideal para el riego es entre las 4:00 y las 8:00 de la mañana. A esta hora, el viento no interfiere en el riego y no hay prácticamente evaporación de agua. Una de las complicaciones que ocasiona el riego en horas de la tarde es la creciente incidencia de enfermedades. Este inconveniente puede reducirse regando únicamente cuando el césped lo necesita, y haciéndolo esporádica pero profundamente. Regar durante el mediodía no es efectivo ya que se evapora gran cantidad de agua siendo, por consiguiente, muy difícil humedecer la tierra de forma adecuada.
- El riego por aspersión produce más pérdidas que el riego por goteo o las cintas de exudación. La manguera manual también supone mucho desperdicio, pero es adecuado para aquellas plantas resistentes que se riegan manualmente de forma ocasional.
- Al diseñar y/o reformar el jardín, es recomendable agrupar las especies según su demanda de agua. De esta forma, se tendrán zonas de necesidades altas, medias y bajas. Por ejemplo, los cactus, crasas y la flora autóctona, estarían dentro de un grupo de plantas con necesidades bajas.
- Elegir especies autóctonas que, con la lluvia, puedan vivir sin precisar riego alguno, o que no se mueran en períodos largos de sequía.
- La xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90%.
- Existen hidrogeles o polímeros absorbentes del agua que posibilitan el crecimiento de las raíces mucho más extensas y, a la vez, acumulan el agua, liberándola hacia las raíces más lentamente, lo que genera un crecimiento muy superior y una fortaleza mayor de las plantas y/o el césped, con un 50% menos de riego.

- Elegir otras especies que, aunque no sean autóctonas, sean resistentes a la sequía. Ejemplos: cactus, lantana, aloes, palmeras, etc.
- Instruir, formar o exigir conocimientos al personal que cuida de la jardinería.

**En la limpieza de las instalaciones:**

- Las toallas, sábanas o trapos viejos se pueden reutilizar como trapos de limpieza. No se emplearán servilletas o rollos de papel para tal fin, pues se aumenta la cantidad de residuos generados.
- Utilizar trapos reciclados de otros procesos y absorbentes, como la celulosa usada, para pequeñas limpiezas, y productos como la arena o el serrín, para problemas de grandes superficies.
- No utilizar las mangueras para refrescar zonas pues, si están muy calientes, se evaporará el agua muy rápidamente y los cambios bruscos de temperatura pueden crear problemas de dilatación.



**Foto 23.** Máquina portátil de limpieza por agua a alta presión.

- Incorporar el jabón y/o detergentes a los recipientes después del llenado. Aunque no haga espuma, limpiará lo mismo.
- Promover medidas para ahorrar en el lavado de trapos y uniformes de personal.
- Realizar la limpieza en seco mediante: aspiración, barrido con cepillos ampollos, máquinas barredoras automáticas, etc.
- Si se necesita agua a presión para realizar la limpieza de determinada área, será preferible utilizar equipos presurizados de alta presión, que ofrecen más de 140 y 190 bares, con un caudal de agua de menos de 7 a 10 litros por minuto (equivalente a un grifo), mientras que una manguera consume más de 30 litros por minuto, lo que supone más de un 75% de ahorro.



**Foto 24.** Máquina de fregado profesional de alta eficacia y ahorro de hombre a bordo y a pie.

- La limpieza y fregado profesional también admite mejoras. Por ejemplo, existen modelos (IP Cleaning España) que disponen de fregadoras (hombre a bordo y a pie) que no sólo mejoran la eficiencia del fregado, sino que, gracias a su sistema de fregado *Micro Scrub*, permite reducir el consumo de agua en un 80% por medio del uso de un pad de microfibras. Además, el

sistema Chem Dose brinda la posibilidad de ahorrar más de un 90% de los productos químicos que suelen necesitarse. Por último, con la tecnología Energy Saber se consigue consumir un 15% menos de energía. Estas ventajas se deben a la alta velocidad de rotación del pad de microfibra, que consigue una mejor eficiencia y mejor optimización, siendo su duración diez veces mayor.

Otra de las ventajas es la de disminuir los niveles de ruido.

No hay mejor medida economizadora o medioambiental más respetuosa que aquella que no consume. Deben limitarse las demandas a lo estrictamente necesario. No hay que preocuparse de cómo ahorrar si no se consume.

## Bibliografía

- Ahorraragua.org (2006).: "Publicaciones", Web de divulgación. Madrid, España.
- Fundación Ecología y Desarrollo. (2003).: "Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en la industria". Fundación Ecología y Desarrollo. Zaragoza. España.
- HOSTEMUR. (2008).: Publicación: "Guía práctica para el Ahorro Energético e Hidroeficiencia en Hoteles". Murcia.
- IDAE. (2001).: "Ahorro de Energía en el Sector Hotelero: Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo". Madrid. España.
- Infojardin.com (2002-2007).: Web y Artículos de Jesús Morales (Ingeniero Técnico Agrícola). Cádiz. España.
- Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid. Concejalía de Medio Ambiente ([www.munimadrid.org](http://www.munimadrid.org)). Ayuntamiento de Madrid.
- Proyecto Life. (2001).: "Jornadas Internacionales de Xerojardinería Mediterránea ". WWF/Adena. Madrid. España.
- TEHSA, S.L. (2003).: "Sección de Artículos". Web de la empresa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L. Alcalá de Henares. Madrid.
- [www.aeih.org](http://www.aeih.org) (2009).: Web y Ponencias del XXVII Congreso Nacional. Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria.



## 6.1. 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 no permitía 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 °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 °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 °C, el consumo de combustible se incrementa entre un 6 y un 8%.

Con esta información se puede comprender fácilmente por qué la temperatura ambiente en los edificios era tan elevada, no era extraño alcanzar temperaturas ambiente sobre los 27 – 28 °C, y por qué el consumo de combustible era, igualmente, tan alto. Si se considera una temperatura ambiente de confort entre 20 y 22 °C como adecuada, mantener los 27 ó 28 °C descritos, implica un despilfarro de combustible de un 50%, e incluso superior, algo a todas luces excesivo.

## 6.2. Primeras medidas para el ahorro y eficiencia energética

Este excesivo gasto 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 6.1, 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 unos 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 combus-

tión, 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 misma, 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 obtiene anhídrido sulfuroso y ácido sulfúrico, extremadamente agresivos y corrosivos, como es sabido. En el caso del gas natural, la condensación produce 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.

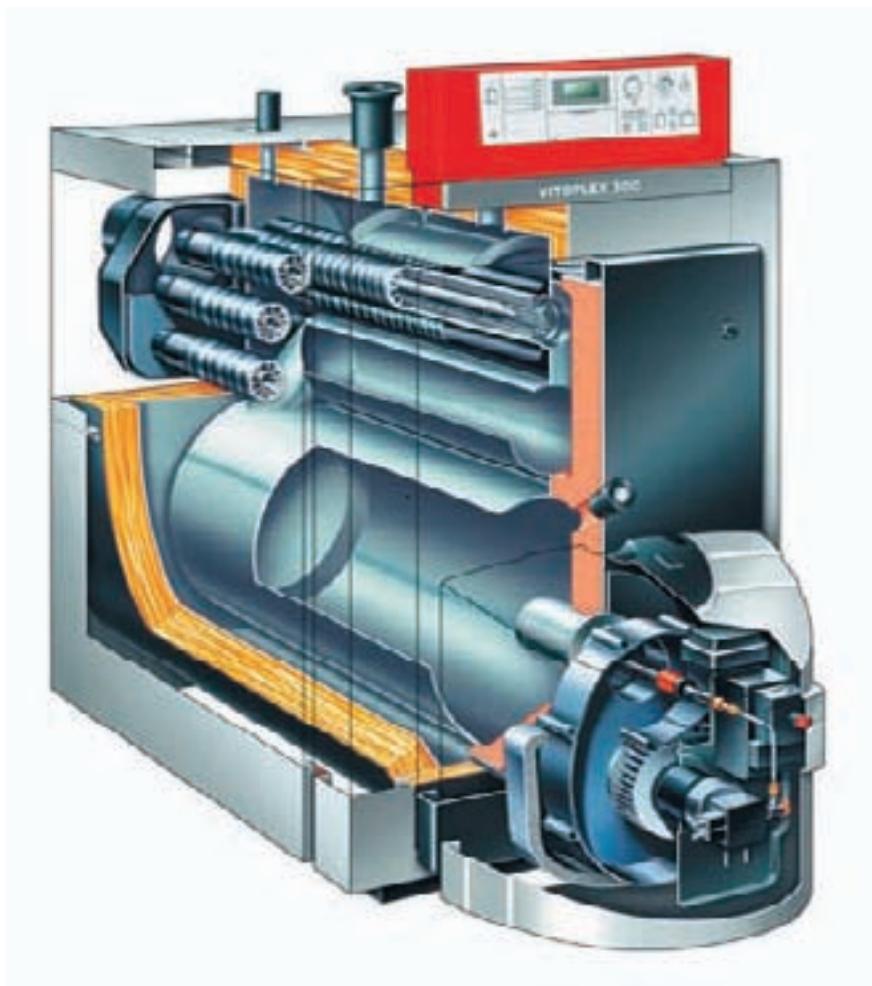
Por otro lado, conviene no olvidar que en el proceso de cambio de estado del vapor de agua producido durante la combustión, se desprende una apreciable cantidad de calor, denominado calor latente que, de poder utilizarse, representa un aprovechamiento adicional de la energía. Acerca de este principio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

### 6.3. Calderas de baja temperatura

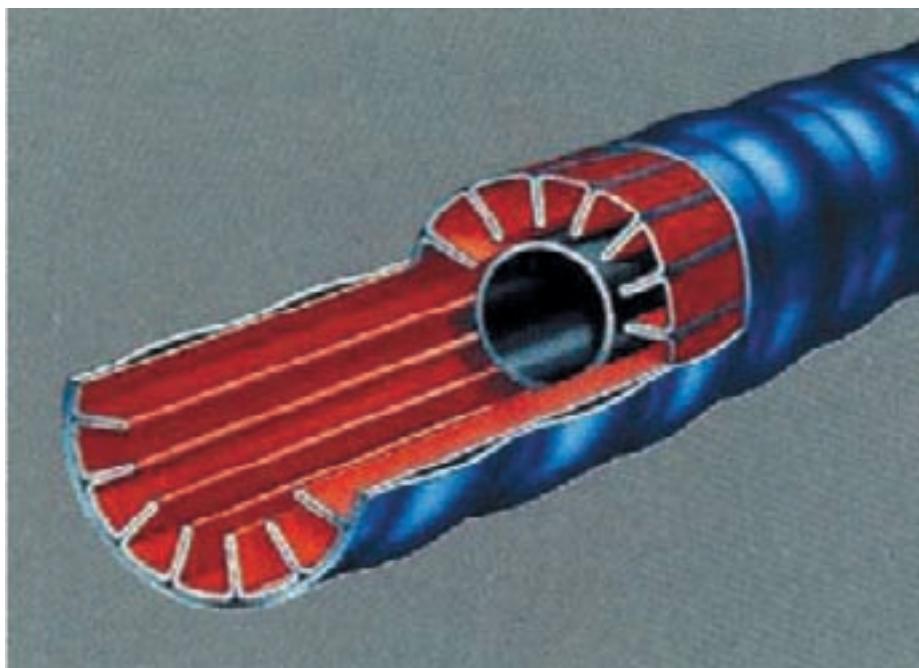
La definición oficial de este tipo de calderas, según la Directiva Europea de Rendimientos 92 / 42 / CEE es la siguiente: “Una caldera que puede funcionar continuamente con una temperatura del agua de alimentación de entre 35 y 40 °C y que, en determinadas condiciones, puede producir condensación”.

Para que estas calderas puedan trabajar 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.

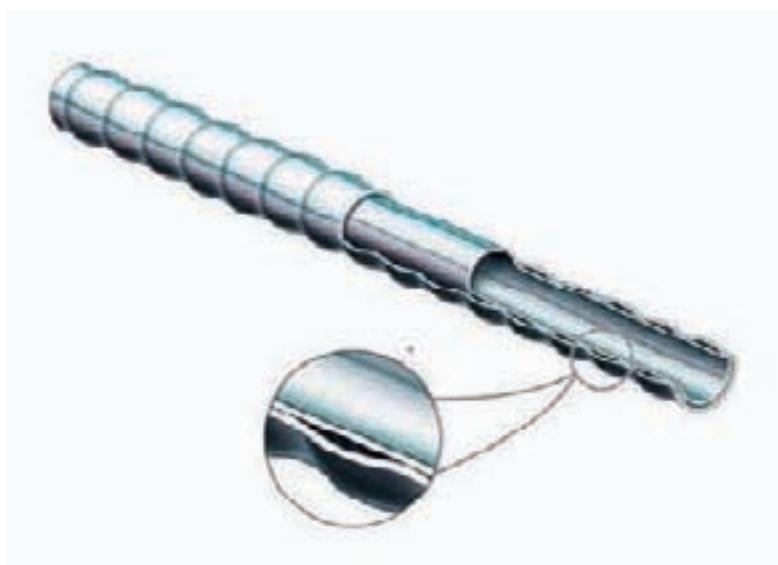
A título de ejemplo, el fabricante alemán Viessmann utiliza superficies de intercambio de pared múltiple, con cámaras de aire para la dosificación de la transmisión del calor al agua de calefacción. Los detalles constructivos de estas superficies de intercambio pueden observarse en las Figs. 1, 2 y 3.



**Figura 1.** Vista seccionada de caldera de baja temperatura de Viessmann, modelo Vitoplex 300.



**Figura 2.** Tubo Triples. Superficie de calefacción por convección de pared múltiple de la caldera Vitoplex 300.



**Figura 3.** Tubo Duplex de la caldera Vitomax 300-LT.

### **6.3.1. 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 al 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.

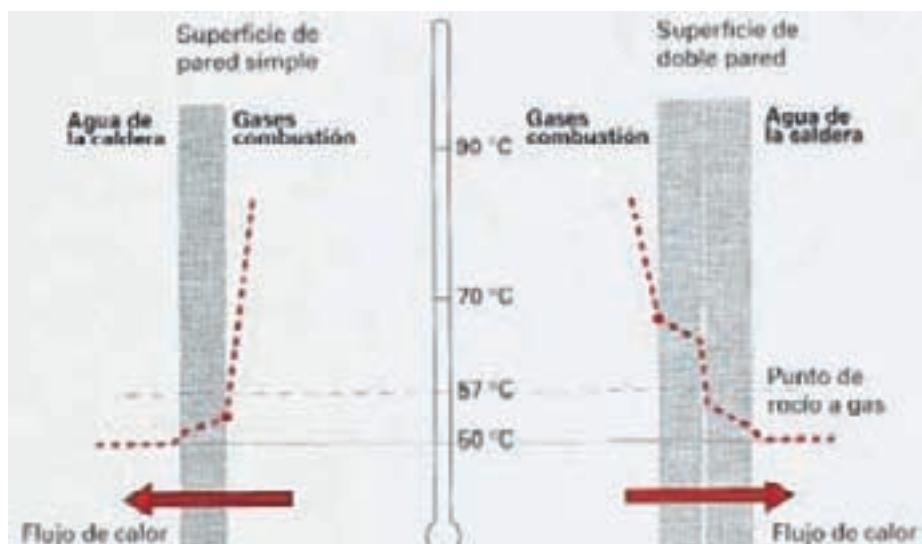
Dependiendo del volumen de calor producido y de las distintas resistencias a la transmisión de calor, se alcanzan determinadas temperaturas en las superficies de calefacción. La temperatura de la superficie en el lado de admisión de los gases de combustión no se ve influenciada por las altas temperaturas 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.

### **6.3.2. 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 según la demanda calorífica o, dicho de otra forma, de las necesidades reales.



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

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 comentado, 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 calderas.

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 en torno 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.

En 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. Con 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, aproximadamente, un 15%, o incluso superior, en función de la marca y modelo de caldera con la que se realice la comparativa.

## 6.4. 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 desperdicia 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. Así, la mayoría de las calderas de condensación de calidad 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, por lo tanto, la importancia 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.

#### 6.4.1. Técnica de condensación

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

Durante la combustión, los componentes combustibles, principalmente carbono (C) e hidrógeno (H), reaccionan con el oxígeno del aire, generando, además de calor, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Si las temperaturas en las paredes de las superficies de intercambio térmico descenden 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  $\text{CO}_2$ , reduciendo el exceso de aire. Para lograrlo, son apropiados los quemadores presurizados a gas. 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.).

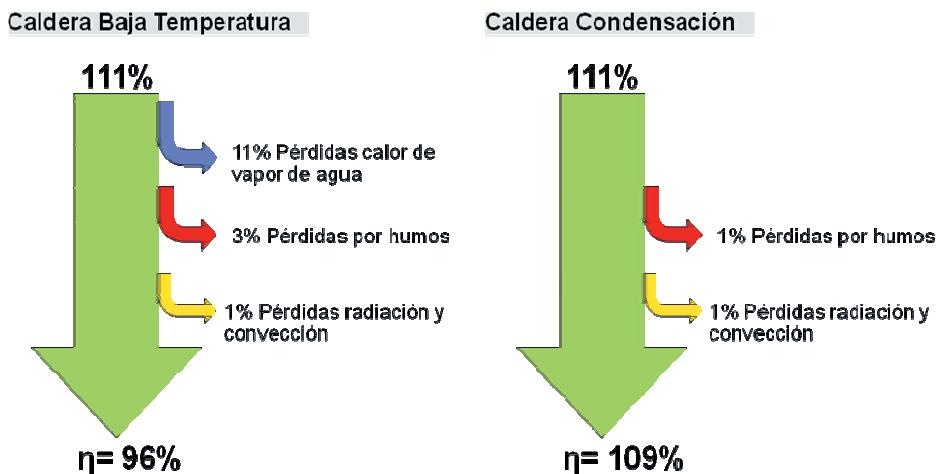


Figura 5. Ventajas de la técnica de condensación.

#### 6.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior

El Poder Calorífico Inferior (P.C.I.) define la cantidad de calor liberado 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 liberado 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 enfrián los humos hasta unos 10 °C por encima de la temperatura de retorno a la caldera, aprovechando también, de este modo, el calor sensible de los humos en mucha mayor cuantía que las calderas de baja temperatura y estándar.

En el balance total de rendimiento adicional obtenido por esta técnica habrá que considerar las dos ganancias: calor latente y calor sensible.

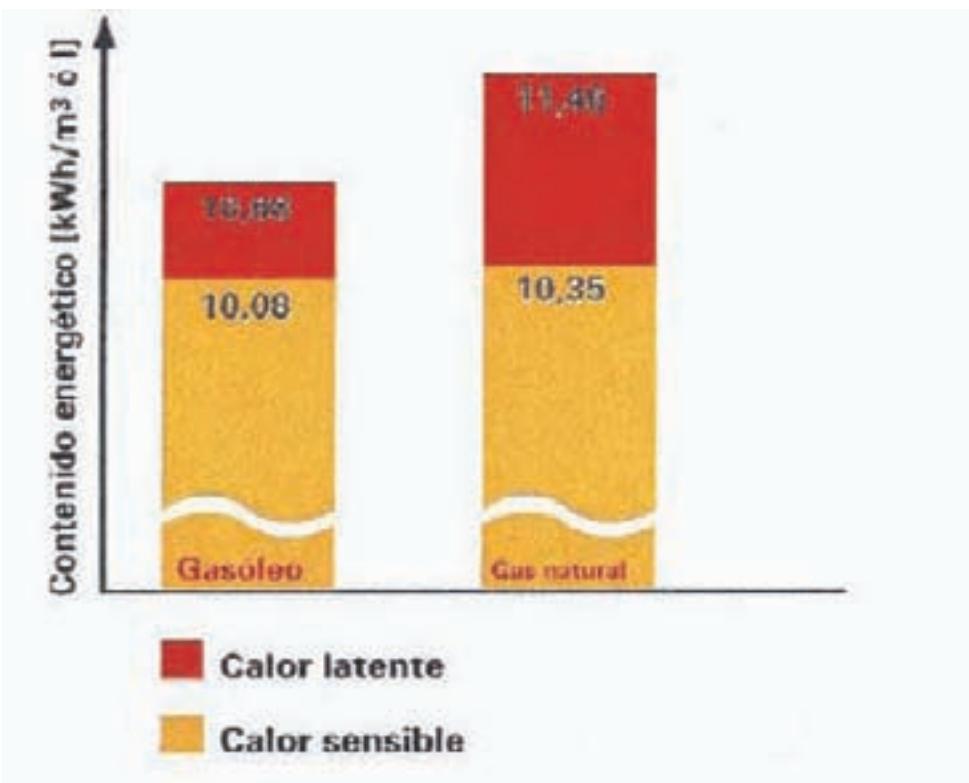


Figura 6. Contenido energético del gasóleo y del gas natural.

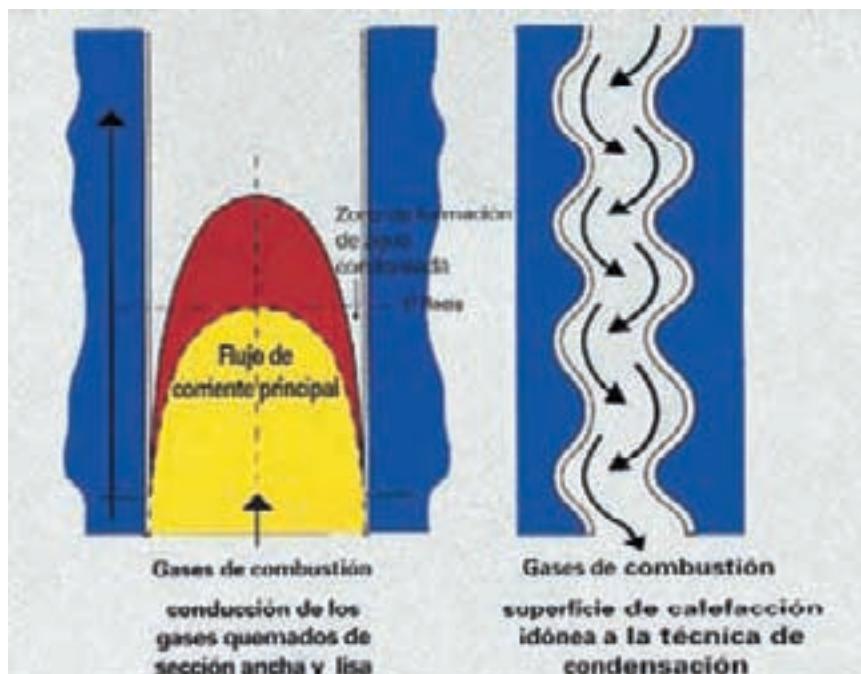
#### 6.4.2. Diseño de las calderas de condensación

El aprovechamiento de la condensación será tanto mayor cuanto más con-

dense 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, donde 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.

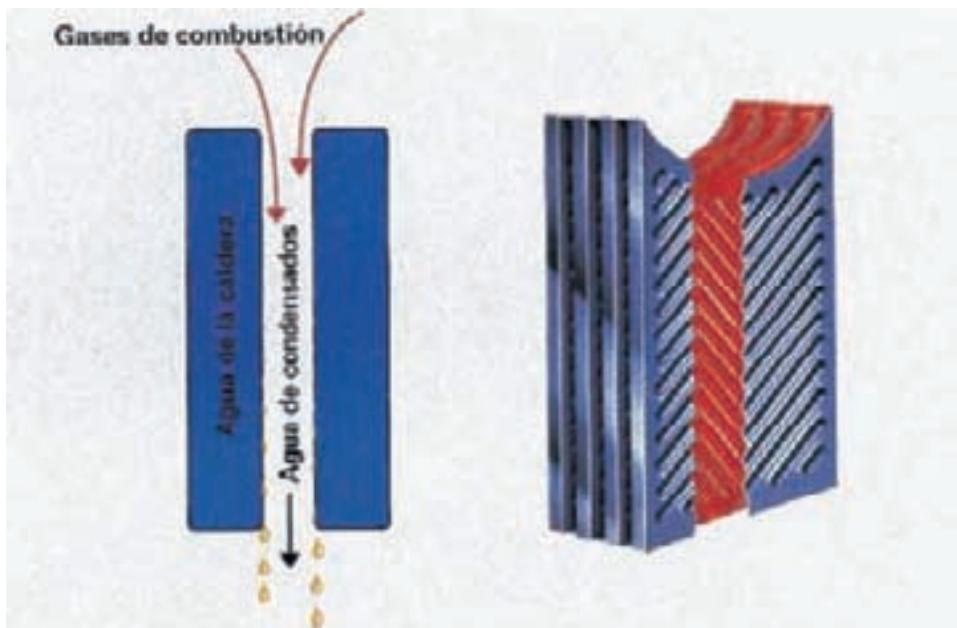
El empleo de acero inoxidable de alta aleación ofrece la posibilidad de aplicar una geometría óptima en el diseño de las superficies de intercambio térmico. Para que el calor de los gases de combustión se transfiera eficazmente al agua de la caldera, debe asegurarse un contacto intensivo de los gases de combustión con la superficie de intercambio. Para ello, existen, básicamente, dos posibilidades, Fig. 7.



**Figura 7.** 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 arremolineen 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.

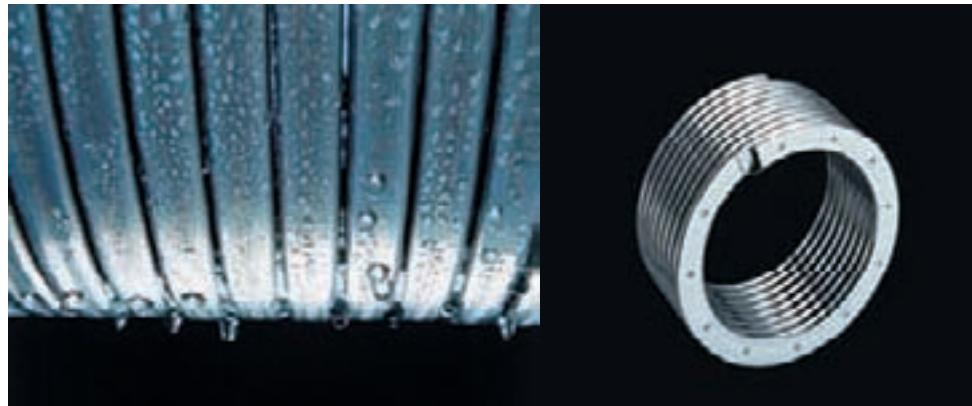
A través de las superficies onduladas y enfrentadas se consiguen continuos cambios de sección del paso de los humos de combustión, lo que evita la formación de un flujo de corriente principal que dificultaría la transmisión de calor y, por lo tanto, la condensación.



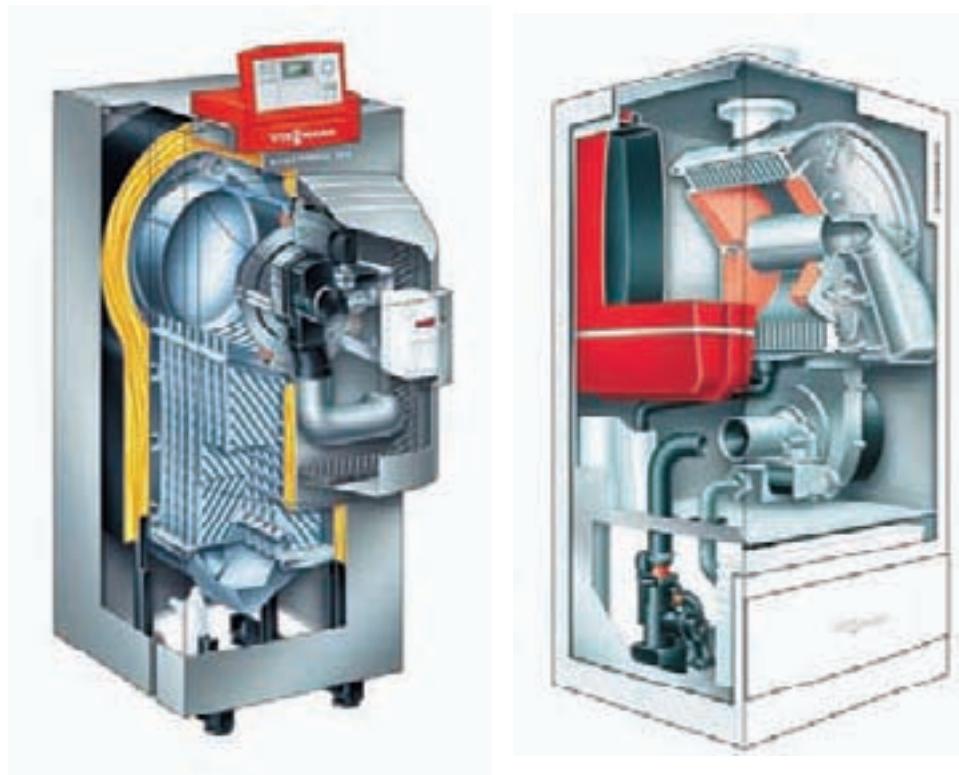
**Figura 8.** Conducción de los gases de combustión y del agua de condensados.

## 6.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional

Una caldera de calefacción se dimensiona con el objetivo de cubrir completamente la demanda de calor con la temperatura exterior de diseño. Las temperaturas de diseño para España se encuentran entre los +1 °C y los -5 °C.



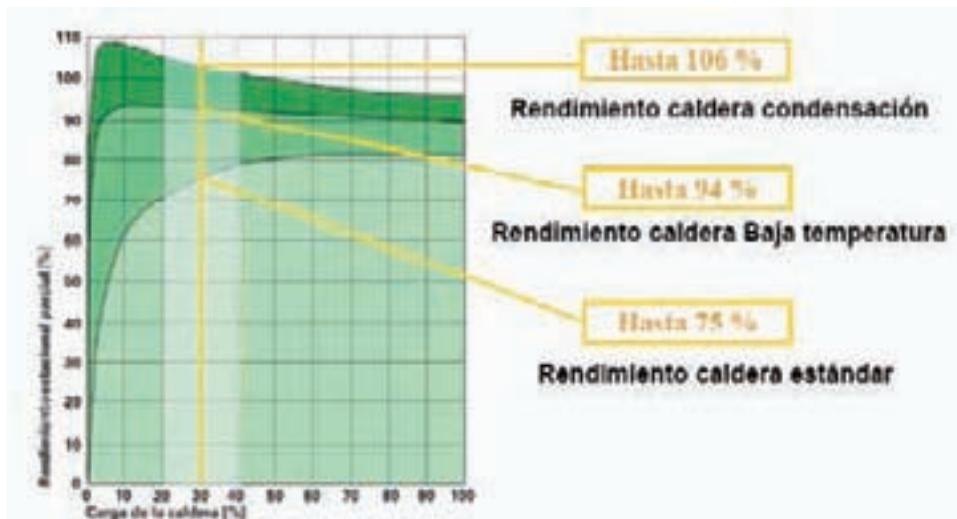
**Foto 1.** Superficie de transmisión Inox-Radial de acero inoxidable de alta aleación.



**Figura 9.** Vista seccionada de calderas de condensación a gas de Viessmann.

Temperaturas exteriores tan bajas sólo se alcanzan en escasas ocasiones, por lo que el servicio de la caldera **a plena carga** se establece durante pocos días al año.

Durante el tiempo restante, tan sólo se requiere una pequeña fracción de la potencia térmica útil, resultando la **carga media** anual entre el 20 y el 30%.



**Figura 10.** Comportamiento del rendimiento estacional de calderas de baja temperatura y de condensación con respecto a las calderas estándar.

En la Fig. 10 se aprecia claramente cómo la utilización de calderas de baja temperatura y de condensación permite obtener elevados rendimientos estacionales y, en consecuencia, reducir de manera directamente proporcional el consumo de combustible.

## 6.6. Conclusiones

La dosificación del paso de calor es, junto con una regulación adecuada, la característica constructiva que permite a las calderas de baja temperatura adap-

tar 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 utilizan una importante cantidad adicional de calor mediante el aprovechamiento, precisamente, de la condensación.

En ambos casos, el funcionamiento acorde a 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 aún 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 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 siguientes 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%

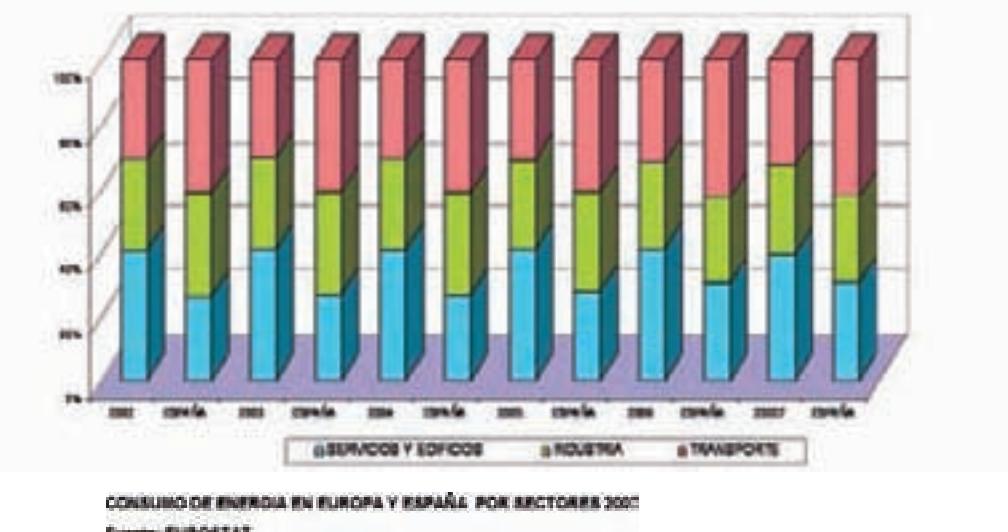
En los tres casos, los valores de rendimiento estacional se relacionan al Poder Calorífico Inferior (P.C.I.).

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 observarse que el ahorro energético que puede llegar a alcanzarse con una caldera de condensación con respecto a una estándar puede superar incluso el 30%.

## 7.1. Introducción

Los edificios representan alrededor del 40% de la energía que se demanda a nivel mundial. De este 40%, el 67% lo consumen los edificios dedicados a uso residencial. Este dato proviene del *World Business Council for Sustainable Development*, quien, además, según sus proyecciones, en 2025 el consumo de energía en los edificios podría alcanzar el 45%, con un importante incremento en las emisiones de dióxido de carbono.

En el caso europeo, de acuerdo con la información publicada por Eurostat, el consumo de energía final en edificación y servicios se ha situado en un valor medio del 40,71% durante el periodo 2002-2007. En el caso de España, este valor ha sido del 28%, Fig. 1.



**Figura 1.** Consumos de energía final por sectores. Europa-España. 2002-2007.

En los otros dos sectores en que se divide el consumo de energía final, indus-

tria y transporte, la media de la UE es de 28,07% para el primero, donde España está en un 30,67%, y un 31,16% para el segundo, frente al 41,71% de España.

Aunque en nuestro caso la proporción del transporte es muy elevada, en la hipótesis de que este parámetro tuviera el valor medio de la UE, manteniendo el de industria, estaríamos en valores del orden de la media Europea, lo que indica que debemos atender a la eficiencia de nuestros edificios al menos tanto como nuestros socios comunitarios.

## 7.2. Diseño de hospitales

Un hospital es un edificio singular en múltiples aspectos. La primera singularidad es su ocupación, 24 horas durante los 365 días del año en alerta permanente es una singularidad. Es habitual que un gran hospital esté formado por varios edificios, cada uno de ellos de gran superficie. El hospital en proyecto será un demandante neto de energía.

Cuando se diseña un edificio en general, y un hospital en particular, se deben buscar los costes más ajustados. Aquí aparece otra singularidad de los hospitales: su diseño tiene una esperanza de vida de alrededor de 50 años. Esta duración temporal radica en su capacidad de adaptación para cumplir su función, lo que supone admitir profundas reformas y, todo ello, al tiempo que se atiende a los pacientes.

Estamos viviendo una profunda transformación en los edificios dedicados a hospitales. En dicha transformación la sociedad demanda una mayor privacidad y, así, el concepto de habitación hospitalaria cambia de habitación compartida a habitación individual, con facilidades para que un familiar acompañe al enfermo.

En paralelo con las demandas sociales, caminan las demandas médicas, producidas por la continua innovación en medios de diagnóstico, innovaciones que son adoptadas con rapidez por los profesionales de la medicina. Esto provoca que el edificio dedicado a hospital debe gozar de la flexibilidad de incorporar las nuevas tecnologías desde su implantación al tratamiento de los pacientes, formando áreas muy especializadas y con diferentes necesidades.

El control de costes comienza en el proyecto y en la elección del sistema que se aplica en cada caso, y deben, a través de un proceso de benchmarking, adoptarse las mejores prácticas disponibles.

Al diseñar cualquier edificio, no se debe olvidar que su eficiencia energética comienza por la envolvente. Definida la mejor envolvente, se comienza a estudiar el diseño de las instalaciones del hospital, de manera que sean adecuadas para que el edificio pueda cumplir su función y, en este punto, se debe de tener en cuenta que para el hospital la energía es un medio y no un fin, siendo uno de los requerimientos del hospital el mantener las temperaturas adecuadas en cada una de sus áreas según su finalidad.

Por ello, un cuidadoso análisis de las necesidades de climatización es necesario y, para ello, se deben analizar las necesidades térmicas de climatización con software informático adecuado. Lo ideal en estos casos es un software que permita simular las 8.760 horas anuales.

Como se ha comentado con anterioridad, los hospitales son edificios diseñados para alcanzar objetivos muy diversos. En un hospital se desarrollan multitud de actividades que cambian a gran velocidad y, esas actividades, impactan en el diseño. El objetivo es la integración de todas ellas.

El hospital, como edificio, realiza un uso intensivo de la energía y, a pesar de lo abultado de su factura energética, ésta representa una pequeña parte de su presupuesto.

La calefacción y el agua caliente sanitaria es habitual que se produzcan con combustibles líquidos, mientras que todo lo relativo a luces y ventilación se genera con electricidad. Todo ello representa el 75% del consumo de energía del hospital (*Saving Energy Energy Efficiency in Hospital . CADDET report 2005*). El consumo de energía eléctrica en iluminación y ventilación supone más del 50% de todo el consumo del hospital.

Cada hospital es diferente de los demás, lo que supone otra singularidad. Cada hospital se diseña con un fin y con unas especialidades, y los sistemas deben de estar adaptados a la función que se pretende.

EPA (US Environment Protection Agency) ha identificado cinco estrategias para el diseño y construcción de hospitales eficientes:

- Eficiencia energética: diseño integrado de los sistemas de climatización.
- Aumentar la eficiencia del proceso del agua.
- Uso de materiales que permitan una construcción sostenible.
- Calidad del aire interior.
- Eficiencia en la iluminación, optimizando el balance entre la luz natural y la artificial.

En un acercamiento al hospital eficiente, se destacará el diseño integrado de los sistemas de climatización y, dentro de este apartado, se hará referencia a una parte de estas instalaciones: la sala de máquinas y los equipos productores de frío y su definición.

Ya se ha comentado que la eficiencia energética de un edificio comienza en la envolvente. Como frontera entre el mundo interior y el exterior del edificio, debe ser la adecuada para minimizar lo que se podría denominar el contrabando de energía hacia el exterior.

Para proceder a una selección correcta de los equipos, es necesario seguir un procedimiento metodológico que consta de una serie de etapas. En la medida que más se ajusten los cálculos a la realidad, más ajustados serán los valores previstos en el proyecto.

Estas etapas se pueden agrupar en:

1. Definición de la envolvente.
2. Análisis de las demandas de cada zona en que se divide el hospital.
3. Planteamiento de soluciones alternativas.
4. Estudio de las soluciones alternativas.
5. Elección y justificación de la solución adoptada.

Se escapa del objetivo de este capítulo el incidir en la aplicación de los códigos nacionales que puedan afectar en cada punto, por lo que se tratará la búsqueda sistemática de la mejor solución, que haga que el edificio sea más eficiente.

Se está buscando el edificio eficiente, pero ¿qué se entiende por edificio eficiente?

Se va a asignar la expresión “Edificio A más Eficiente Energéticamente que edificio B” cuando A cumple:

- ✿ La energía usada para fabricar los materiales y los medios empleados en la construcción del edificio A ha sido menor que la requerida para el edificio B.
- ✿ Los recursos escasos, como el agua, se han optimizado para causar el mínimo impacto al medio ambiente. A modo de ejemplo, en Estados Unidos, en el Hospital de la Universidad de Emory, el agua de recuperación de los climatizadores se recupera y aprovecha para reponer el agua de condensación de las torres de refrigeración [PWEPA]. La recuperación de este agua podría aplicarse en otros usos donde no sea necesario que el agua sea potable, como, por ejemplo, riego de jardines.
- ✿ Construidos los edificios y realizado el análisis del ciclo de vida de ambos, el edificio A requiere menos energía a lo largo del periodo considerado y produce menos emisiones contaminantes.

En la Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables, se encuentran varios puntos que, con toda probabilidad, incidirán en el diseño de los futuros hospitales. De hecho, ya existen proyectos en este sentido.

El 20% de la energía en 2020 debe proceder de fuentes renovables y se insta a los Estados miembros a fomentar sistemas de calefacción y refrigeración urbana a partir de energía procedente de fuentes renovables.

La Directiva apoya la producción descentralizada de energía y los beneficios que de toda índole ello supone. Apuesta por sistemas centralizados de producción de frío o calor y su posterior distribución, en forma de vapor, agua caliente o fluido caloportador adecuado, a los emplazamientos donde se realice su uso.

El carácter ejemplarizante que se pide a los Estados miembros, encuentra en

un hospital el marco adecuado para realizar sistemas centralizados de producción y, de hecho, es la forma en que se están desarrollando muchos de ellos.

### **7.3. La planta frigorífica como elemento clave en la eficiencia energética. Determinación de la eficiencia estacional: análisis de las estrategias de eficiencia energética**

Las plantas enfriadoras eléctricas son, con diferencia, el mayor consumidor de energía en muchos edificios tanto institucionales como comerciales. Su participación en el consumo eléctrico del edificio puede oscilar entre un 35% a un 50%, de ahí la importancia en el diseño, implementación y mantenimiento de estos equipos.

Los nuevos desarrollos tecnológicos permiten acceder a equipos más eficientes y a herramientas cada día más sofisticadas, para simular su funcionamiento en relación al uso particular a que se destinan.

Se pueden clasificar los puntos de avance en:

- Enfriadoras de alta eficiencia.
- Gestión de los refrigerantes.
- Utilización de software de control.
- Instalaciones con varias enfriadoras.
- Equipos centrífugos sin necesidad de sistema de purga y con variador de velocidad para ajustar la cantidad de refrigerante vehiculado, incrementando notablemente sus prestaciones. La Foto 1 muestra una unidad centrífuga con variador de velocidad.
- Sistemas informáticos para el estudio de los costes de explotación y análisis de ciclo de vida de los equipos.



**Foto 1.** Enfriadora centrífuga de alto rendimiento sin válvula de purga y con variador de frecuencia para control de la velocidad montado en la unidad. Cortesía Carrier.

Para la selección de la planta enfriadora y de los elementos terminales asociados, es necesario seguir un procedimiento metodológico por etapas. En la medida que más se ajusten los cálculos a la realidad, más ajustadas serán los valores previstos en el proyecto a los que se obtengan en la realidad.

Estas etapas se pueden agrupar en:

1. Análisis de las demandas de cada zona en que se divide el hospital.
2. Planteamiento de soluciones alternativas.
3. Estudio de las soluciones alternativas.
4. Elección y justificación de la solución adoptada.

Para definir las cargas térmicas del edificio, se utiliza un método con soporte informático. Existe una amplia variedad de métodos de cálculo, que van desde el sencillo Método de las Cargas Instantáneas, al sofisticado y complejo Método del Balance de Calor. Entre uno y otro existe una variedad muy amplia de métodos.

El resultado que se obtendrá con cada método es función de su complejidad. A mayor complejidad, más se acercará a la solución real.

En el más riguroso de ellos, el Método del Balance de Calor, para una unidad de masa se define el ratio de calor entrante y el ratio de calor que sale de esta unidad, obteniendo el ratio de energía almacenada que, posteriormente, se irá disipando. Exige un gran desarrollo matemático, por lo que existen métodos simplificados como el Método de las Funciones de Transferencia y otros métodos que utilizan algoritmos del Método del Balance Energético simplificados, que siguen aportando gran exactitud y añaden flexibilidad.

Si se desean obtener resultados de calidad, el análisis de las necesidades térmicas debe considerar:

- Los rangos de temperatura y cuándo se producen.
- La variación diaria por hora de las cargas.
- Cómo funcionan las transferencias de calor en el edificio.
- La respuesta de los sistemas de acondicionamiento y su rendimiento.
- Los detalles de la tarifa eléctrica que se va a emplear.

En este punto, se debe realizar un estudio energético del edificio, pudiendo elegir entre diferentes métodos, los cuales se pueden clasificar en:

- Métodos de Medida Única: entre ellos se pueden encontrar métodos como el de horas totales equivalentes o el de grados-día.
- Métodos de Medida Múltiple Simplificada: entre ellos está el método BIN.
- Métodos de Medida Múltiple, los cuales, a su vez, se pueden dividir en:
  - Método Reducido hora a hora.
  - Método de las 8.760 horas.

Asumiendo que se trabaja con métodos de Medida Múltiple y comparando ambas posibilidades, el Método de las 8.760 horas es superior al Método Reducido, por las siguientes razones:

- Realiza una mejor estimación de las necesidades mensuales.
- Las comparaciones tienen mayor calidad.

- El histórico de cargas es más preciso.
- Se obtienen datos de mayor calidad.
- La demanda pico es más exacta.

Calculando y analizando energéticamente el edificio, con una solución genérica, se procede a analizar cómo se comporta con diferentes sistemas alternativos.

La Directiva 2006/32/CE sobre la eficiencia final en el uso de la energía, establece en su artículo 5 "Eficiencia del uso final de la energía en el sector público", que los estados miembros deberán crear medidas ejemplarizantes a los ciudadanos y a las empresas, y deberán garantizar que el sector público adopte "una o más medidas de eficiencia energética", afectando a todos los niveles de la administración. Las medidas podrían ser legislativas, acuerdos voluntarios u otros de efecto equivalente. Pide que se utilicen, al menos, dos medidas entre las que figuran en el Anexo VI de dicha Directiva. Las medidas que se adopten deben de poder medirse, pudiendo, así, justificar que se ha alcanzado el objetivo. También permite que se estimen siguiendo el Anexo IV de la disposición. Entre las medidas de eficiencia que propone de Comunidad Europea, se encuentran medidas como:

- Actuaciones sobre los sistemas de climatización.
- Aislamiento.
- Gestión del agua.
- Iluminación.
- Generación de energía con fuentes renovables.
- Sistemas de cogeneración.

Algunas de ellas coinciden con las de EPA.

La lista no es exhaustiva y se pueden introducir otras actuaciones, siempre que se puedan medir o estimar siguiendo los procedimientos marcados.

El hospital, en muchos casos, es de titularidad pública y el anexo VI de la Directiva establece que deberán de asegurarse en las contrataciones del sector público que se consideren, al menos, dos medidas de las que figuran en el anexo VI. Entre estos requisitos se establece determinar la eficiencia en el uso de la energía

en la adquisición de equipos y permitir elegir entre varios métodos, entre los que figura el método de ciclo de vida.

Realizado todo ello, se está en condiciones de comenzar a estudiar las diferentes alternativas de las que debe de salir la solución al edificio.

## 7.4. Determinación de la eficiencia estacional: análisis de las estrategias de eficiencia energética

El continuo encarecimiento de los costes de energía está haciendo que se deba poner una extremada atención en que los sistemas que se incorporan a las instalaciones de los edificios sean de alta eficiencia energética.

La aparición de las empresas de servicios energéticos, ESE/ESCO (Directiva 2006/32/CE), enfatiza la necesidad de usar equipos de alta eficiencia, al menos una parte de su beneficio depende de ello.

Hay dos aspectos que se deben considerar para obtener una instalación eficiente:

1. Se debe comenzar con la incorporación de sistemas eficientes.
2. Se deben mantener esos sistemas de manera que no pierdan su eficiencia.

En relación con la primera de las cuestiones: ¿cómo se seleccionan los sistemas eficientes?

En general, un hospital tiene varios equipos productores, por lo que hay que enfrentarse a la pregunta ¿cuál es la eficiencia del sistema?

La eficiencia energética de las enfriadoras es uno de los aspectos importantes a considerar. Para una enfriadora aislada, se dispone de dos ratios: el americano IPLV (*Integrated Part Load Value*) y el europeo ESEER (*European Seasonal Energy Efficiency Ratio*) [XIII].

Mediante estos índices se obtiene una medida de la eficiencia de una máquina en las condiciones normalizadas de ensayo, es decir, en sus condiciones estándar, en las que raramente funcionará el equipo de manera regular.

Nos encontramos con que se desconoce el rendimiento del equipo a plena carga y se conoce el o los índices de carga parcial, siendo nuestro objetivo poder comparar, entre varias enfriadoras, el potencial de ahorro que se puede obtener cuando se presentan las condiciones particulares de la instalación en estudio.

Para resolver de forma correcta esta situación, los fabricantes deben facilitar al proyectista, no solamente los datos estandarizados de rendimientos a plena carga y ratios estacionales, sino también los mapas de funcionamiento de los equipos para que se puedan calcular el ratio de rendimiento estacional ajustado a la instalación en estudio [XIII].

Pero aún aparece otra dificultad a superar. Una vez determinados los rendimientos de un equipo adaptado a la instalación en estudio, y para finalizar, resulta que se dispone de enfriadoras.

La eficiencia de una enfriadora varía de manera significante con la carga a combatir y las condiciones de funcionamiento [IX]. Existen enfriadoras en las que su eficiencia a cargas parciales es superior a la eficiencia en carga total, y también existen casos donde sucede lo contrario.

Los índices expuestos (IPLV y ESEER) dan una indicación sobre la eficiencia de los productos en evaluación, pero deben de funcionar todas las enfriadoras previstas, combatiendo la carga de la instalación en estudio y con la mayor eficiencia.

Partiendo de un estudio como el que se ha explicado en apartados anteriores, se puede optar por dos caminos: proceder a un estudio, siguiendo [IX], que permita hallar el rendimiento estacional de la instalación objeto de estudio o usar un programa informático que realice el estudio estacional.

A continuación, se van a presentar los resultados de un estudio con un programa informático de simulación y optimización de enfriadoras, donde se parte de

unos datos de necesidades de carga que se distribuyen según los diferentes "bin". Se considera el ejemplo que se presenta que la instalación se resuelve con unidades centrífugas, una de ellas con variador de velocidad mediante variación en la frecuencia y la otra una enfriadora estándar.

El programa realiza una evaluación del ciclo de vida. La evaluación del ciclo de vida de un edificio debe de considerar todos los aspectos que se puedan encontrar que consuman energía, calefacción, ventilación, aire acondicionado, luces, superficies internas y mantenimiento, y la fabricación de los elementos que conforman el edificio y su montaje [JSELCA].

Dichos resultados son una simplificación, ya que sólo se han introducido los datos de las plantas de producción de agua fría para suministro de las unidades terminales de climatización y los resultados se refieren sólo a las unidades productoras.

Siguiendo la estructura de resultados que el programa proporciona, se facilitan dos tipos de datos:

- Datos financieros, donde se compara entre enfriadoras y se va descartando la menos favorable.
- Datos técnicos, donde se facilita el rendimiento de la instalación a cargas parciales (SPLV) y la curva de rendimiento del conjunto de equipos de acuerdo con la estrategia de control elegida.

Un análisis del ciclo de vida de los equipos proporcionará datos como los que se muestran a continuación.

A modo de ejemplo <sup>(1)</sup>, se ha ejecutado un programa de ciclo de análisis de vida y análisis de los consumos previstos de energía. Se ha considerado una situación hipotética con los siguientes datos de partida:

- Lugar: Madrid.

<sup>(1)</sup> El caso que se expone es hipotético y los números son referenciales a efectos meramente ejemplificativos.

- Necesidades frigoríficas: 8.700 kW, a 36,4 °C.
- Utilización de la instalación: 24 horas, 365 días.

#### **Soluciones estudiadas:**

- A. Solución con tres compresores centrífugos estándar de 3.000 kW/ud de capacidad nominal.
- B. Solución con tres compresores centrífugos equipados con variador de velocidad de 3.000 kW/ud de capacidad nominal.
- C. Solución con cuatro compresores centrífugos equipados con variador de velocidad de 2.500 kW/ud de capacidad nominal.
- D. Solución con dos compresores centrífugos equipados con variador de velocidad de 3.000 kW/ud de capacidad nominal y dos unidades con compresor de tornillo de 1.550 kW/ud de capacidad nominal.

Se ha considerado una solución condensada por agua, lo que no resta efecto como demostración.

Un programa informático para análisis del ciclo de vida de un sistema de climatización permitirá comparar diferentes alternativas.

Para realizar un análisis de ciclo de vida, se deben definir un conjunto de parámetros que van a ser la base de la comparativa:

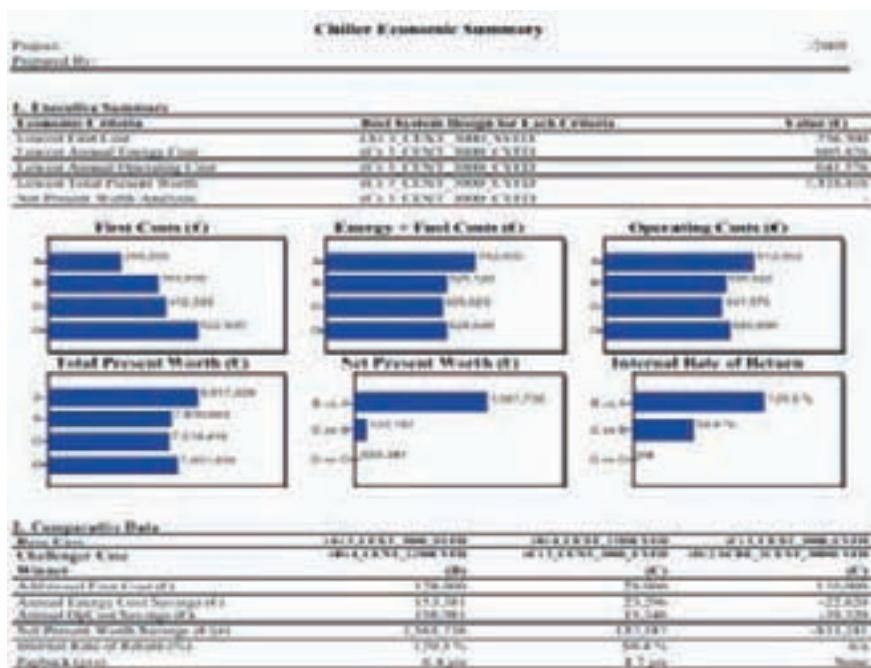
1. Definir los sistemas a comparar.
2. Definir el periodo a utilizar como Ciclo de Vida (se podrían realizar cálculos para diferentes períodos).
3. La Tasa de Retorno Interna Mínima (TRIM) que se quiere obtener para que una solución prevalezca sobre la otra.
4. El tipo de descuento, en general, ligado a las condiciones financieras del momento del estudio.
5. Determinar el valor presente neto de cada propuesta, y comprobar que se obtiene la tasa interna de retorno mínima solicitada.

- Considerar los costes de operación del equipo, incluidos seguros y tasas durante el periodo estimado.
- Considerar los costes de capital para realizar la inversión.
- Tener en cuenta los costes de los materiales para mantener los equipos adecuadamente.

En este análisis se debe considerar que el valor del dinero varía con el tiempo y considerar los conceptos de valor futuro y valor presente, calculando la tasa interna de retorno (TIR). En los casos en que el TIR > TIRM, la propuesta de cambio es aceptable.

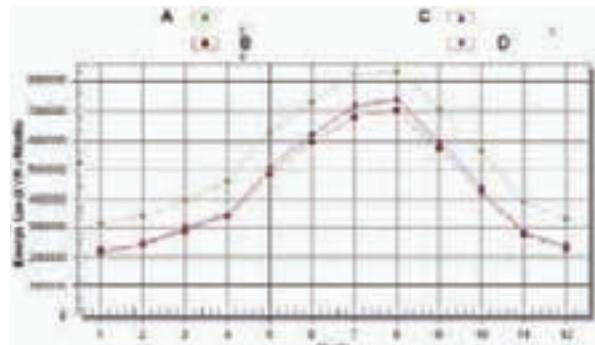
Introducidos todos estos datos y los mapas de las enfriadoras, se consiguen los informes de salida del programa informático.

En primer lugar, se obtiene un informe ejecutivo con resumen económico que se muestra en la Fig. 2.



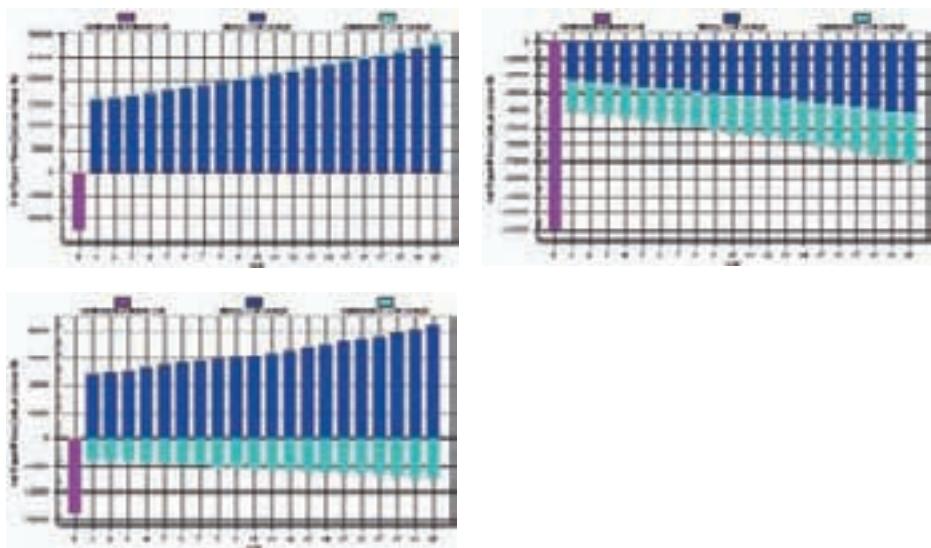
**Figura 2.** Resumen económico ejecutivo obtenido del programa C.S.O. (Fuente: elaboración propia).

El informe ejecutivo se acompaña de otros informes, como el de los consumos mensuales de energía, salida que se muestra en la Fig. 3.



**Figura 3.** Consumos eléctricos de cada uno de los sistemas analizados. (Fuente: elaboración propia).

También se obtiene en tabla gráfica de la Fig. 4 los valores del cash flow incremental por componentes.

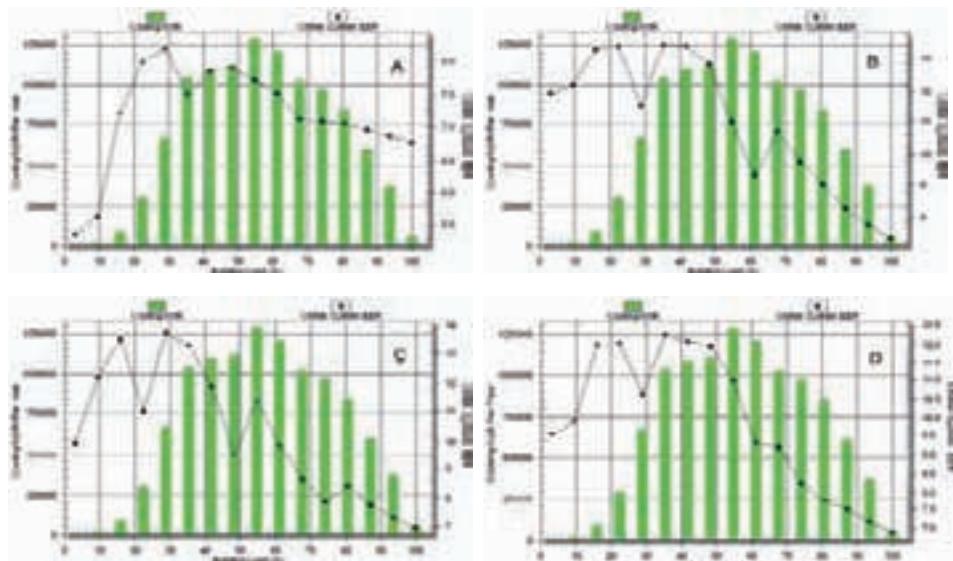


**Figura 4.** Cash flow incremental por componentes. Cuadrante superior izquierda: solución A vs. solución C. Cuadrante superior derecha: solución B vs. solución C. Cuadrante inferior izquierda: solución D vs. solución B. (Fuente: elaboración propia).

También se obtienen las necesidades de energía mensuales y su utilización. En total, se pueden obtener hasta trece informes en lo que el programa denomina área económica, donde se recogen de manera pormenorizada los diferentes datos de la instalación.

La parte económica se completa con una parte técnica, de forma que se pueden obtener, por cada sistema o grupo de equipos que se definan, hasta seis informes técnicos donde se reflejan datos de funcionamiento y rendimientos de los sistemas.

A modo de ejemplo, y para los cuatro sistemas comparados, en la Fig. 5 aparece la curva que relaciona el EER con la carga parcial en cada uno de los sistemas en que se basan los datos.



**Figura 5.** EER del sistema funcionando para la instalación propuesta para cada una de las soluciones A, B, C y D. (Fuente: elaboración propia).

Destacar de la Fig. 5 el mayor rendimiento que se obtiene de los compresores centrífugos con variador de frecuencia. Esto es debido a la ganancia que se consigue al eliminar ineficiencias del sistema. En un compresor centrífugo, la regu-

lación del refrigerante que circula cuando funciona en cargas parciales se puede realizar con álabes rotatorios que producen un estrangulamiento y, de esta forma, se vehicula la cantidad de refrigerante adecuada a la demanda, o bien se puede usar un control por variación de la velocidad de giro mediante un variador de frecuencia.

En el primer caso, con los álabes se introducen pérdidas por el estrangulamiento que se produce y, si se tiene en cuenta que por las leyes de los ventiladores, aplicables a máquinas centrífugas, la potencia absorbida es directamente proporcional a la tercera potencia de la velocidad, se intuye que la máquina de velocidad constante es menos eficiente que la de velocidad variable.

Disponer de las herramientas adecuadas conducirá a resultados más precisos.

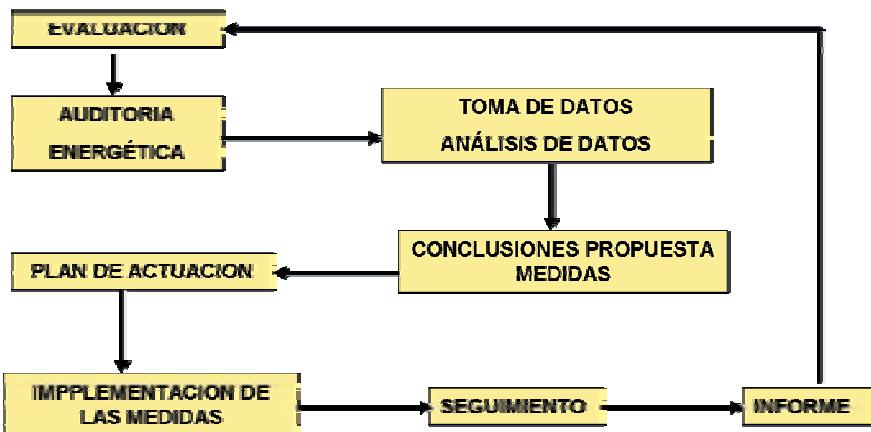
La eficiencia no acaba sólo en el diseño y selección de los equipos, todavía queda un largo camino a recorrer. Se tienen que seleccionar los equipos terminales, las conducciones de los fluidos caloportadores y, todas ellas, deben de contribuir a la eficiencia del sistema.

Los dos aspectos finales a comentar son los relativos al mantenimiento y a la medida de los resultados.

Cuando ya se han diseñado y definido los sistemas, con sus equipos principales y los elementos terminales, falta controlarlo, obtener medidas de los resultados, compararlas con las previsiones y mantener de manera adecuada las instalaciones. El sistema de control es una pieza clave en la eficiencia energética, es el cerebro que va a hacer que todo funcione de la manera prevista, el control permitirá definir, para cada recinto, los períodos de ocupación-desocupación, de forma que el funcionamiento sea lo más ajustado a las necesidades reales del edificio.

La Fig. 6 representa un proceso de medida continua de resultados. La auditoría energética debe ser permanente e integrada en los sistemas y procesos de calidad del operador de la instalación. Formalmente, la auditoría puede ser un proceso anual, la toma de datos y su análisis debe ser un proceso continuo, sistemático y de acuerdo con un protocolo estudiado para cada situación.

El análisis de los datos conducirá a unas conclusiones y a unas propuestas de medidas para corregir las deficiencias encontradas.



**Figura 6.** Esquema del proceso de medida y auditoría energética. (Fuente: Elaboración propia).

Las medidas que se vayan a implementar se reflejarán en un plan de actuación. Una vez concluida dicha implementación, se realizará un seguimiento e informes periódicos, comenzando de nuevo el proceso.

El mantenimiento es una pieza clave para conseguir que los equipos se comporten de acuerdo con las características que tenían cuando se diseñaron. El mantenimiento debe seguir las pautas recomendadas por el fabricante. Finalmente, se deben medir los resultados.

## 7.5. Conclusiones

Lo comentado hasta ahora en los diferentes apartados de este capítulo se puede resumir en nueve puntos:

1. Para construir un edificio energéticamente eficiente se debe considerar no sólo la eficiencia de los equipos en él instalados, también se debe considerar la eficiencia en los procesos de fabricación empleados para su construcción.

2. El diseño de un hospital supone realizar un edificio donde se van a desarrollar múltiples procesos, algunos de ellos que cambian o evolucionan a lo largo del tiempo. La concepción del hospital debe ser flexible para adaptarse a estos cambios, muchos de ellos provocados por los continuos avances tecnológicos en los medios de diagnóstico y tratamiento de pacientes.
3. El concepto de hospital está cambiando por la demanda de la sociedad en cuanto a privacidad. Se avanza hacia un hospital con habitaciones individuales que se acercan al concepto de hotel.
4. La eficiencia energética de cualquier edificio, y el hospital es uno de ellos, comienza por la definición de la envolvente. Definir una buena envolvente es crítico para aumentar la eficiencia, pues se logrará no sólo que se escape menos energía, sino que también se requerirá menos energía para satisfacer la demanda.
5. Definida la envolvente, se deben determinar las necesidades de cada recinto a acondicionar. Para ello, sería útil aplicar un programa hora a hora que permita analizar las 8.760 horas anuales que, posteriormente, se utilizarán para realizar el estudio energético del edificio.
6. El estudio energético se realizará analizando los sistemas alternativos a proponer y haciendo un análisis del ciclo de vida de cada alternativa. La elección debería recaer sobre la propuesta más adecuada de acuerdo con los resultados obtenidos. En general, la propuesta más eficiente es la más económica en el análisis del ciclo de vida. Esta propuesta no tiene por qué ser la más barata en inversión inicial. Sus beneficios se obtendrán al considerar el tiempo de uso y el menor consumo en el conjunto del edificio.
7. La elección del sistema de control adecuado influirá decisivamente en la eficiencia del conjunto. El control permitirá ajustar el funcionamiento al uso real.
8. Se deberá mantener la eficiencia de los equipos y elementos terminales, de ahí que la función del mantenimiento sea clave para mantener las prestaciones a lo largo del tiempo. El mantenedor debe seguir las pautas indicadas por el fabricante.

9. Se deberán evaluar los resultados obtenidos en la realidad y compararlos con las previsiones de los estudios realizados. Por ello, se deben poder medir todos los consumos energéticos del hospital. La labor de medida y comprobación es una operación continua que permitirá detectar desviaciones y corregirlas.

## Bibliografía

- Agis M. Papadoulus, Energy cost and impacts on regulating the buildings energy behaviour.
- Cómo hacer más por menos. Libro Verde de la Eficiencia Energética. 2005. Luxemburgo Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. ISBN 92-79-00014-4.
- Computer Application in HVAC System Life Cycle costing. Carrier 2007.
- Craig J. Gann. Computer Application in HVAC System Life Cycle Costing. Carrier Corporation. Syracuse.
- Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006 sobre al eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.
- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Energy cost and its Impact on Regulating Building energy Behaviour, 2007. Advances in Energy Research 1, pp 105-121, ISSN 1751\_2549.
- Energy. Yearly statistic 2007, 2009, Eurostat.
- Hitchin, R., 2008, The Seasonal Efficiency of Multi-boiler and Multi Chiller installation. Building Performance Congress.
- Junnila Seppo,, 2004 Life Cycle Assesment of Environmentally significant as-

pects o fan office building. Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research. Special Series. Vol. 2 (200j4).

- Pegues, J, 2002, The benefits of 8760 hour-by hour building energy analysis. Carrier Corporation.
- Process Water Efficiency. EPA Publication 909-F-07-01.
- Saheb, Y. 2008, Effect of the Certification on Chillers Energy Efficiency, Building Performance Congress.
- The European Greenbuilding Programme, 2006, Directrices para la gestión de la energía.
- Variable Frequency Drive, operation and application of variable frequency (VFD) technology, 2005, Carrier Corporation Syracuse, New York.
- World Business Council for Sustainable Development. 2008. Energy efficiency in buildings.



## 8.1. Introducción

El Sol nos regala su energía en forma de luz y calor. Hoy, una tecnología establecida, eficiente y no contaminante nos permite utilizarla 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.

Hace algunas décadas era lógico que la energía obtenida de la radiación solar no sustituyera a la obtenida de los combustibles convencionales debido a la ausencia de recursos técnicos y de interés en la investigación de métodos capaces de hacer competente la energía solar y, probablemente, por la falta de mentalidad social sostenible, comprometida con el medio ambiente y los recursos naturales.

En la actualidad, el Sol es una gran fuente de energía no aprovechada en su totalidad, si bien se han conseguido desarrollar tecnologías capaces de aprovechar la radiación solar de forma que ésta puede competir con los combustibles convencionales. Para la obtención de energía térmica, sobre todo cuando se trata de producir agua caliente sanitaria con temperaturas de preparación entre 45 y 60 °C, la fiabilidad de las instalaciones (y de sus componentes), los ahorros conseguidos y, en definitiva, su amortización, han sido probadas en múltiples ocasiones.

A lo largo de los últimos años, se ha iniciado el despertar del mercado solar térmico en España, con crecimientos muy significativos. Los principales mecanis-

mos 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 obligaban a la instalación de sistemas de aprovechamiento solar para la producción de agua caliente en las nuevas edificaciones y reformas integrales de las ciudades en las que habitan más del 30% de la población española (viviendas, hoteles, hospitales, centros de salud, etc.), antes incluso de la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación.

Con todo ello, el impulso de los sistemas de producción de agua caliente sanitaria con energía solar térmica, genera la necesidad de definir nuevas condiciones para el diseño, ejecución y mantenimiento de las instalaciones, principalmente en el actual escenario en el que no se encuentra una recomendación, sino una obligación, por medio del Código Técnico de la Edificación.

El sector de las instalaciones hospitalarias tiene uno de sus pilares en la utilización del Sol que realizan sus usuarios para el desarrollo de sus actividades diarias (duchas, calentamiento de agua de piscinas de agua de tratamiento, etc.). Estos usuarios cada vez exigen unos niveles de calidad y de servicios superiores y, entre las nuevas muestras de calidad que valoran, destaca el compromiso del edificio con la protección del medio ambiente. La utilización del Sol para reducir los consumos de combustible en los edificios representa, desde este punto de vista, no sólo una buena oportunidad de reducir la factura energética con rentabilidades atractivas, sino que, además, sirve de muestra del compromiso de esta tipología de instalaciones con la protección del medio ambiente. Cuando se combinan las aplicaciones solares con otras medidas de ahorro energético (sustitución de generadores convencionales de calor, aislamiento, etc.), se consiguen unas rentabilidades especialmente interesantes.

## 8.2. Posibilidades de ahorro solar en instalaciones hospitalarias

Los gastos energéticos en las instalaciones hospitalarias son uno de los gastos corrientes más significativos. Sin embargo, todavía hay un gran desconocimiento de las posibilidades de ahorro energético y económico, ya que, normalmente, las

partidas energéticas no se gestionan ni se miden separadamente. El criterio usual de selección de los equipos e instalaciones suele ser el de minimizar la inversión inicial, garantizando la seguridad de suministro de calor, sin tener muy en cuenta los consumos energéticos a posteriori.

Del análisis de las necesidades energéticas de las instalaciones hospitalarias en España, se puede afirmar que las opciones más claras, por orden de importancia, que se prevé en la utilización del Sol para reducir los consumos energéticos son:

1. Producción solar de agua caliente sanitaria.
2. Climatización solar de piscinas de tratamiento terapéutico.
3. Calefacción y refrigeración solar.

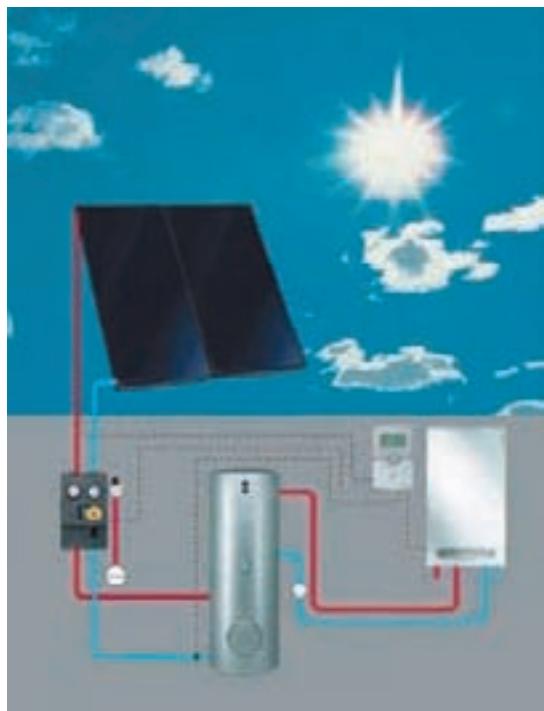
## 8.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas. Componentes

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. 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.

Con todo ello, el rendimiento anual del sistema, que será función de la tecnología empleada, dependerá principalmente de los siguientes factores:

- Colector: parámetros de funcionamiento  $h_0$  (Eficiencia Óptica, ganancia de energía solar),  $K_1$  y  $K_2$  (Pérdidas Térmicas).
- Caudal de diseño: bajo flujo y estratificación.
- Intercambiador: eficiencia.
- Tuberías: longitud, diámetro y aislamiento.
- Almacenamiento: volumen y estratificación.

- Control: diferencial de temperaturas, radiación, caudal variable, etc.
- Operación y seguridades: expansión, purgadores, válvula de seguridad, etc.
- Criterios de diseño.



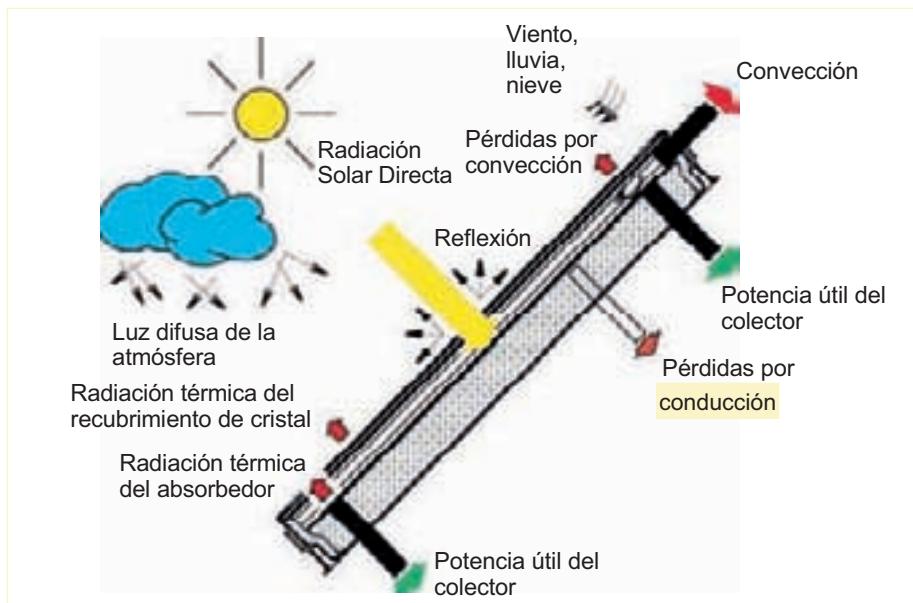
**Figura 1.** Componentes de una instalación solar.

### 8.3.1. Subsistema de Captación

El colector solar térmico es el encargado de captar la radiación solar y convertir su energía en energía térmica, de manera que se caliente el fluido de trabajo que contiene.

Toda la energía que incide sobre el colector solar no puede ser considerada como energía útil, de manera que, al mismo tiempo que se produce el calentamiento del fluido de trabajo, una parte de esta energía se pierde por conducción, convección y radiación, generándose un balance energético entre la energía incidente (en forma de radiación solar) y las pérdidas térmicas, obteniendo como resultado una potencia útil del colector solar.

Estas pérdidas de calor crecen con la temperatura del fluido de trabajo, hasta que llega un momento de equilibrio en el que se cumple que la energía captada es igual a las pérdidas, alcanzándose en ese momento la temperatura de estancamiento del colector. En la mayoría de los colectores, esta temperatura de estancamiento o de equilibrio se alcanza a unos 150 - 200 °C.



**Figura 2.** Balance energético en un colector solar.

Con todo ello, y teniendo en cuenta la ecuación de la curva que define el rendimiento de un colector solar, Fig. 3, se deduce que interesa hacer trabajar el colector a la temperatura más baja posible, siempre que ésta sea suficiente para la utilización específica en cada caso.

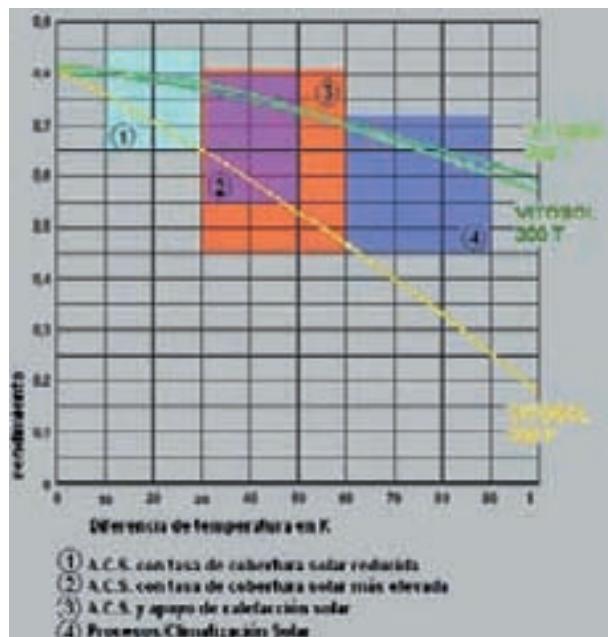
$$\eta = \eta_o - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{E_g}$$

$\eta$	= Rendimiento (Eficiencia).
$\eta_o$	= Rendimiento Óptico (eficiencia óptica).
$k_1, k_2$	= Pérdidas Térmicas; engloba pérdidas por conducción, convección y radiación.
$\Delta T$	= Diferencial de Temperaturas (entre la temperatura media de trabajo del colector y la temperatura ambiente, °C)

**Figura 3.** Ecuación de la curva de rendimiento de un colector solar

Los colectores solares son el corazón de cualquier sistema de utilización de la energía solar: absorbe la luz solar y la transforma en calor. Los criterios básicos para su selección son:

- ✿ Productividad energética a la temperatura de trabajo y coste.
- ✿ Durabilidad y calidad.
- ✿ Posibilidades de integración arquitectónica y
- ✿ Fabricación y reciclado no contaminante.



Eg: Intensidad de irradiación = 800 W/m<sup>2</sup>

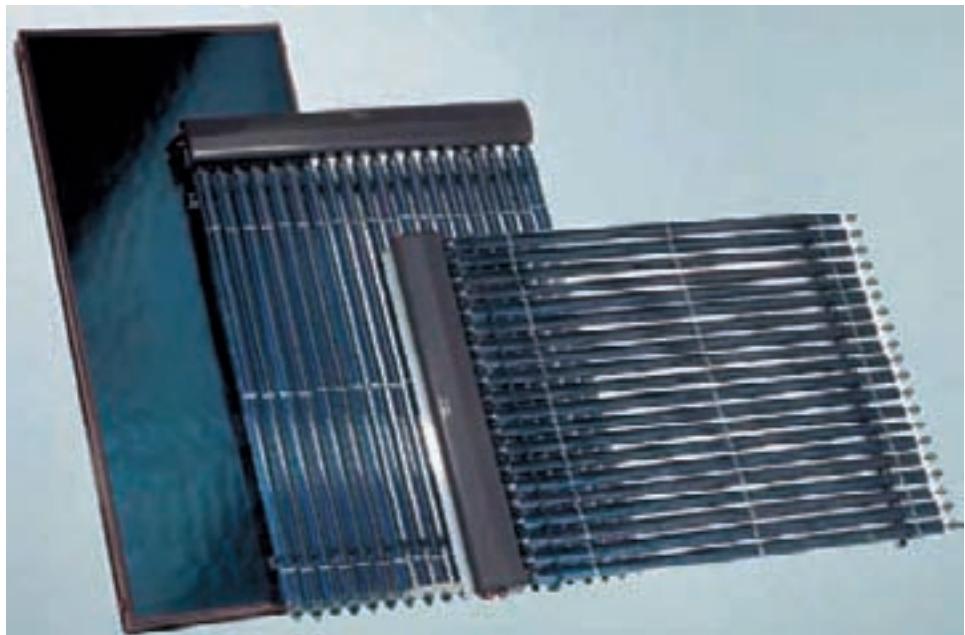
**Figura 4.** Curvas de rendimiento de colectores solares de alta eficiencia.

Dependiendo de la aplicación, el tipo de colector solar que hay que utilizar varía. Para aplicaciones que requieren un fluido a baja temperatura (<100 °C), los sistemas con colectores de placa plana son los más utilizados, seguidos por los tubos de vacío, Foto 1.

Los colectores de tubos de vacío se distinguen de los colectores planos por sus menores pérdidas térmicas (mayor rendimiento) al encerrarse el absorbente so-

lar en una cápsula de vidrio de la que se extrae el aire y por 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.



**Foto 1.** Ejemplos de tecnología.

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 sig-

nificativas en los costes del resto de los elementos del sistema solar, ya que, para un mismo aporte solar, hace falta instalar menos m<sup>2</sup> de colectores y se puede trabajar a temperaturas más altas sin repercusión en el rendimiento (bombas, tuberías, almacenamiento, intercambiadores, etc., más pequeños).

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 adecuada.

### 8.3.2. Subsistema de Acumulación

El Sol es una fuente de energía que no se puede controlar, su producción llega de forma continuada durante una media de 12 horas al día, a razón de 1.400-1.800 kWh/m<sup>2</sup> año, lo que equivale a que, por cada m<sup>2</sup>, se recibe la energía obtenida de quemar unos 165-200 litros de gasóleo, es decir, con la energía solar que llega en 5 m<sup>2</sup> se podrían suprir las necesidades térmicas anuales para acondicionar una casa de 100 m<sup>2</sup>.

Pero esta energía no llega en el preciso momento en que se necesita, sino repartida durante todas las horas de sol. Opuesta a esta producción se sitúan los perfiles de consumo de las instalaciones, que variarán en función de su uso. Por ejemplo, en las instalaciones de ACS en hospitales, se presentan tres o cuatro picos de consumo al día, mientras que en las instalaciones de calefacción el horario de funcionamiento normalmente comenzará después de las 8 de la mañana y sólo durante el invierno.

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

- El 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 acumu-

lación. 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.



**Foto 2.** Diferentes tipos de interacumuladores.

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 consigue 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.
- Conexión en serie de la 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.

### 8.3.3. Subsistema de Intercambio

La mayoría de los sistemas solares térmicos son de circuito indirecto, por lo que existe un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.

Los circuitos indirectos, es decir, instalaciones con dos circuitos, uno primario (captadores 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) y otro secundario (acumulador solar y sistema de bombeo), son de obligada utilización en zonas con riesgo de heladas (el circuito primario se llena con un líquido anticongelante) o zonas en las que la calidad del agua sea baja (aguas duras) con riesgo de incrustaciones calcáreas.

### 8.3.4. Subsistema de Regulación y Control

Se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación solar. Las estrategias de regulación y control no son complejas, de manera que suelen

consistir en un sistema de marcha-paro de una bomba en función de un diferencial de temperatura establecido en la regulación, y un sistema de control de la temperatura de un acumulador (termostato de seguridad o máxima). En instalaciones complejas, mediante el sistema de regulación y control, se pueden realizar múltiples operaciones, mejorando su rendimiento.



Foto 3. Regulación solar Vitosolic 100 y 200.

### 8.3.5. Subsistema de Energía Auxiliar o Convencional

Todas las instalaciones solares térmicas han de incluir un sistema de apoyo convencional para cubrir las necesidades de los usuarios durante los períodos en que el sistema solar no pueda cubrir toda la demanda por causas climáticas (menor radiación) o por aumento de consumo sobre el previsto inicialmente, es decir, que la demanda media anual calculada no coincide con la diaria.

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, se tendrá el sistema solar y, por otro, el sistema de apoyo convencional.

Independientemente de la tipología de sistema convencional utilizado, es muy importante la posición relativa de éste. Las distintas opciones que se pueden encontrar son:

- **En serie con el acumulador solar:** con esta configuración, el sistema de energía convencional ha de ser modulante por temperatura y resistir entradas de agua precalentada entre 60-70 °C de temperatura. El rendimiento es el más alto, ya que no afecta a la temperatura de entrada a los colectores, además de poder modular el consumo de energía convencional en función de la temperatura de entrada a la caldera, por lo que presenta mayor eficiencia.
- **En paralelo con el acumulador solar:** es la tipología más usual en sistemas domésticos termosifónicos. El conexionado es menos eficiente, ya que no se aprovecha el agua precalentada solar, sería un todo-nada. Estas calderas no aceptan agua precalentada.
- **Inmerso en acumulador en serie con acumulador solar:** con esta configuración se puede aprovechar el precalentamiento del agua solar (aún no a la temperatura de consumo) con el consiguiente ahorro energético. El conexionado es más eficiente. El acondicionamiento del acumulador convencional se realizará con caldera de gas, gasóleo, GLP o incluso con resistencia eléctrica (menor eficiencia).

## 8.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica

El objetivo básico del diseño de un sistema de aprovechamiento solar ha de ser el de 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 llevará a conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo y siempre por delante de éste.

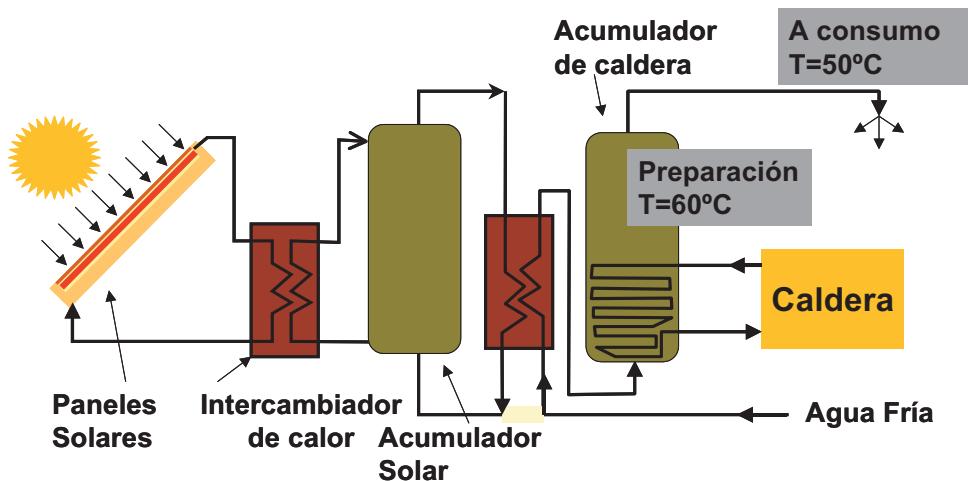
#### **8.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica**

En instalaciones compartidas por varios usuarios, como es el caso de los hospitales, la producción de ACS solar será preferiblemente centralizada, es decir, un único sistema de captación, intercambio y acumulación solar.

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 calentando por caldera se coloca 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. 5 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.



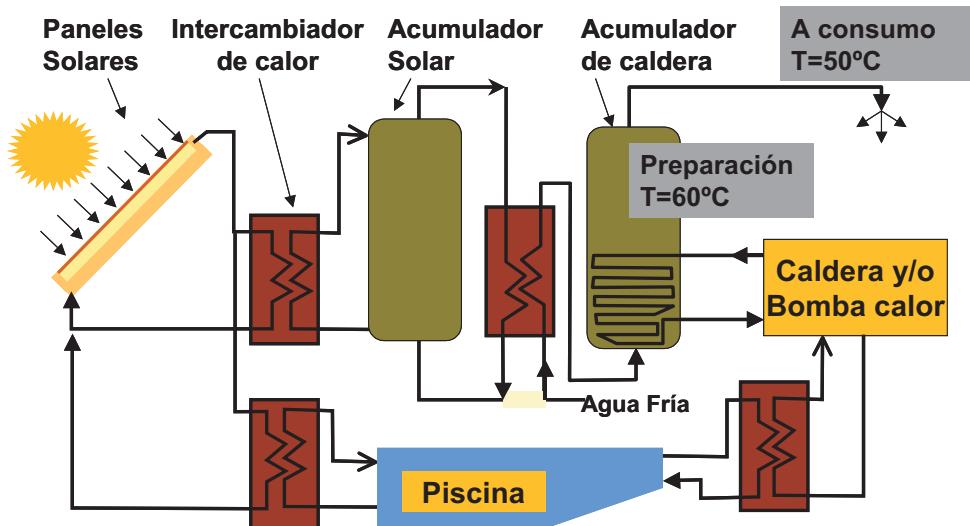
**Figura 5.** Sistemas de ACS con interacumuladores separados e intercambiador entre el acumulador solar y de caldera.

A continuación se analizan algunas de las configuraciones básicas que se pueden aplicar para la conexión del sistema solar con la instalación convencional.

#### 8.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica

Una de las aplicaciones más interesantes y eficientes de utilización de la energía solar es el calentamiento de piscinas, ya que las temperaturas requeridas son bajas y las demandas energéticas muy grandes. En el caso de piscinas cubiertas, es usual instalar como sistema de calentamiento una combinación de bomba de calor y caldera. La bomba de calor sirve como mecanismo de control de la humedad del recinto, recuperando la entalpía del aire de renovación para aportar calor al ambiente y al vaso de la piscina. En este caso, la instalación solar siempre se ha de montar en serie con la caldera, pero en paralelo con la bomba de

calor para no empeorar su rendimiento ni pararla por sobretemperatura, dando prioridad al mantenimiento de las condiciones de confort (temperatura y humedad) en la piscina. En la Fig. 6 se muestra un esquema tipo para esta aplicación.

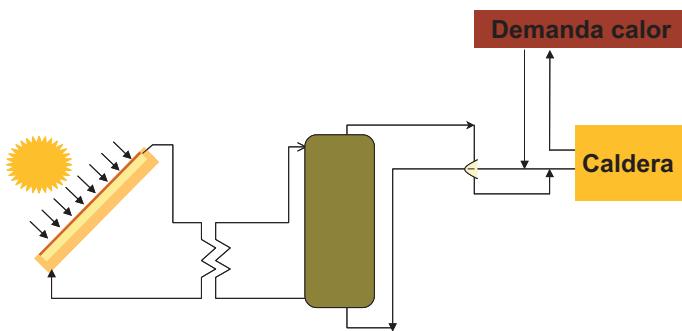


**Figura 6.** Esquema tipo de aplicación solar para ACS y piscina.

### 8.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica

En sistemas de calefacción y, en general, en circuitos cerrados, la conexión del sistema solar ha de hacerse donde se encuentre la temperatura más baja del circuito. Normalmente, este punto es el retorno de la instalación. En la Fig. 7 se muestra el esquema tipo, donde el retorno de calefacción se hace pasar por los tanques solares cuando los acumuladores solares están más calientes que el retorno y, de esta manera, se precalienta el retorno y se ahorra combustible en la caldera.

Si bien está bastante claro que el punto de conexión del sistema solar debe ser siempre el punto más frío de la instalación de calefacción, en ocasiones hay que hacer un análisis cuidadoso para poder determinar cuál es este punto.



**Figura 7.** Esquema tipo de aplicación solar para calefacción y ACS.

En instalaciones clásicas en las que existe un único colector de impulsión y otro de retorno, el punto de conexión del sistema solar será siempre entre el colector de retorno y la caldera. Para hacer la conexión, la solución más sencilla es colocar una válvula de tres vías diversora que obligue al agua de retorno de la calefacción (cuando el retorno esté mas frío que los tanques solares) a circular por la acumulación solar, donde será precalentado con la energía acumulada, para, a continuación, volver a entrar en la caldera.

En instalaciones de calefacción más complejas, decidir el punto exacto de conexión del sistema solar a calefacción puede ser menos inmediato. Por ejemplo, si existe un distribuidor menor formado por colector de impulsión y colector de retorno conectados a un colector corrido, el lugar más indicado para conectar la instalación solar no sería entre el colector corrido y el retorno de caldera, ya que este punto del retorno puede llegar a estar a una temperatura elevada. En este caso, habría que conectar el sistema solar entre el colector menor de retorno y el colector corrido.

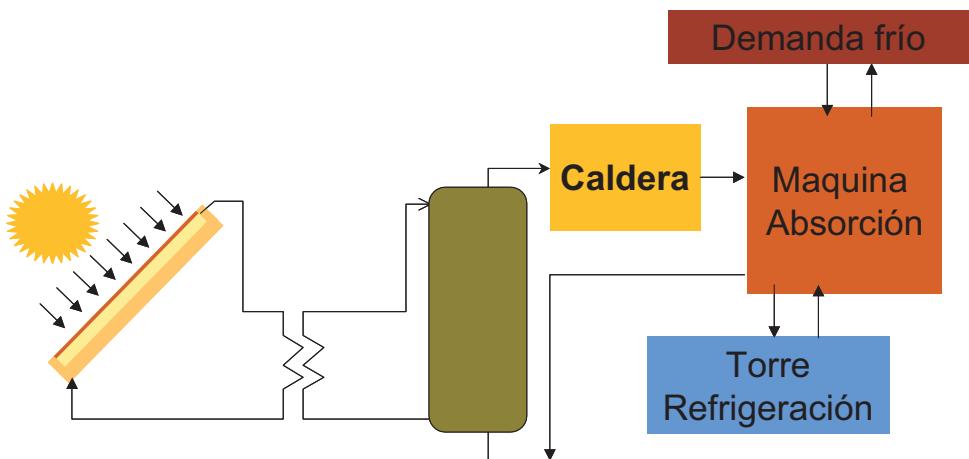
Además del correcto conexionado de los dos sistemas de producción, otro elemento muy importante para un buen rendimiento de los sistemas de calefacción con energía solar es el elemento de distribución de calor. Los sistemas solares tendrán mejor rendimiento con aquellos sistemas que trabajan con temperaturas de retorno más bajas (suelo radiante, fan-coils, sistemas de radiadores dimensionados para temperatura de impulsión de 60 °C o inferior, etc.). En este sentido, utilizar calderas que puedan trabajar con temperaturas de retorno más bajas (calderas de baja temperatura o condensación) siempre simplifica el funcionamiento de la

instalación en su conjunto, además de, por supuesto, conseguir un ahorro energético global mucho mayor.

## 8.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica

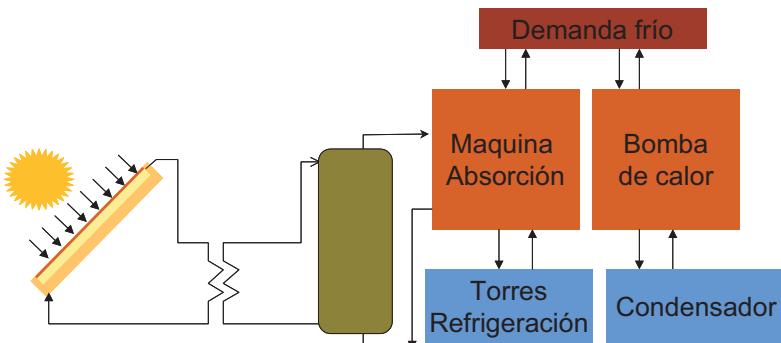
Para la aplicación del sistema solar a la producción de frío se utilizan máquinas de absorción con unas temperaturas de trabajo de 80-90 °C. Para suministrar energía a estas temperaturas a la máquina de absorción, se puede conectar el equipo al distribuidor de caldera como un consumidor más en la instalación. Connectando la máquina al distribuidor de calefacción, el apoyo del sistema solar se podrá aplicar tanto a la producción de frío como al apoyo de calefacción de forma sencilla y natural; la única diferencia entre la temporada de calefacción y de refrigeración para el sistema solar será la temperatura de retorno en cada época.

Este sistema de conexión de la máquina de absorción con el sistema solar es especialmente aconsejable en instalaciones en el que el único generador de frío es la máquina de absorción, Fig. 8.



**Figura 8.** Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con sólo máquina de absorción.

Teniendo en cuenta que las máquinas de absorción utilizables con energía solar presentan COP bajos, del orden de 0,65, y a pesar de las diferencias de coste entre el kWh térmico producido por gas o gasóleo para alimentar la máquina de absorción y el kWh eléctrico (de 2 a 3 veces más caro) para alimentar la bomba de calor, como el COP en frío de las bombas de calor suele ser superior a 3 y las inversiones iniciales suelen ser bastante inferiores, en la mayoría de los hospitales se eligen bombas de calor para cubrir las necesidades de frío. Desde este punto de vista, cuando se decide realizar una instalación solar para climatización mediante máquina de absorción, los consumos suelen ser lo suficientemente altos para que, además de la máquina de absorción, se instalen bombas de calor (enfriadoras) para la producción de frío. En este caso, la producción de frío con energía solar se realiza mediante la conexión directa del sistema solar a una máquina de absorción que solamente trabaja con energía solar, Fig. 9, ya que no es interesante, ni desde un punto de vista económico ni medioambiental, utilizar combustible en la máquina menos eficiente.



**Figura 9.** Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con máquina de absorción y apoyo de bomba de calor: modo frío.

## 8.6. Caso ejemplo: producción de ACS en un hospital mediante energía solar

### 8.6.1. Objetivo

El objetivo de este caso es mostrar el potencial que la instalación de producción de agua caliente sanitaria de un hospital en la Comunidad de Madrid tiene

para mejorar el medio ambiente, aprovechando la energía solar de manera económica y con garantía de mantener sus niveles de confort.

## 8.6.2. Características de la instalación y cálculos energéticos

El planteamiento del diseño del sistema de producción de agua caliente sanitaria ha sido el de garantizar el máximo confort y economía del usuario, compatible con el máximo ahorro energético y la protección del medio ambiente, cubriendo las necesidades energéticas mediante la combinación del sistema de producción convencional con los colectores solares.

La superficie de colectores solares seleccionada como óptima para cumplir las restricciones de confort, economía y protección del medio ambiente ha sido de 263 m<sup>2</sup>.

La cobertura de las necesidades energéticas con energía solar es del 70% de la energía total anual necesaria, evitando la emisión de grandes cantidades de gases contaminantes. A continuación, se desarrollan estos resultados.

Para el cálculo del consumo total de agua caliente sanitaria se ha partido de los siguientes datos:

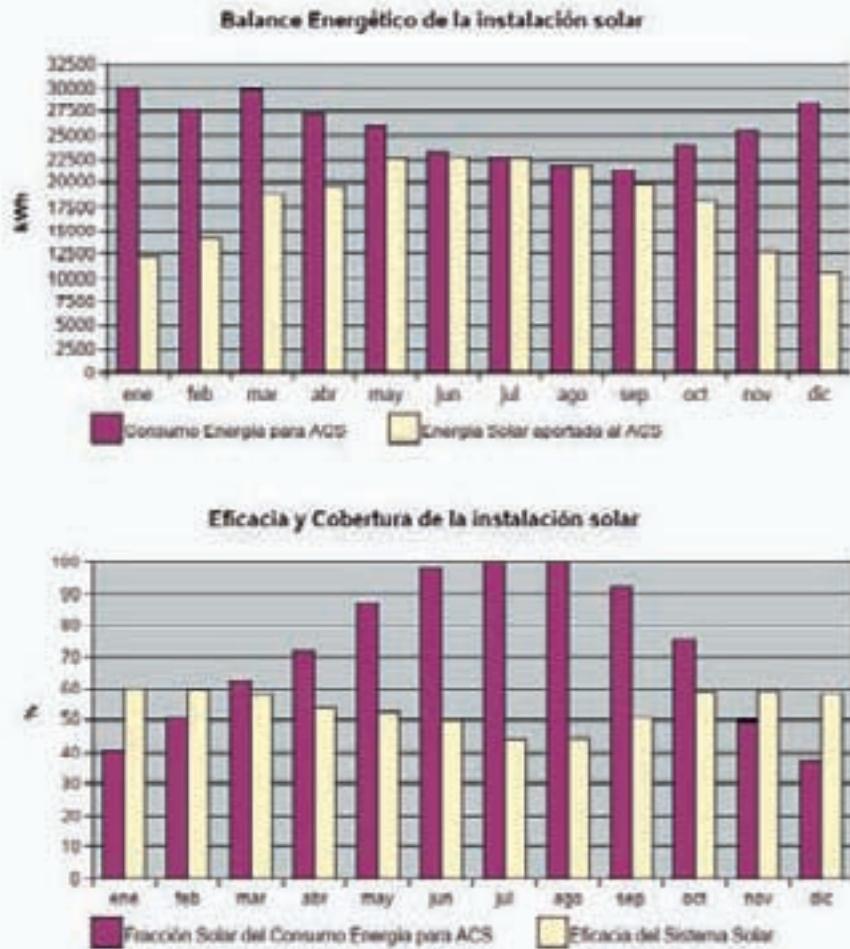
- ✿ Criterio de cálculo de la demanda: CTE.
- ✿ Consumo medio diario 22.759 l/día a 45°C.
- ✿ Según el Código Técnico de la Edificación, Madrid se encuentra en la Zona Climática IV, y para la demanda considerada se deberá llegar a suministrar un 70% de la demanda de ACS, como mínimo.

El consumo de energía estimado para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria es de 308.067 kWh/año, tal y como aparece en la columna 'Consumo Energía para ACS' de la Tabla 1.

TABLA 1. Balance energético de la instalación.

	Consumo de ACS a 45 °C	T° agua fría	Demandas de ACS	Perdidas térmicas	Consumo Energía para ACS	Radiación disponible	T° amb.	Energía Solar producida	Potencia solar	Energía solar procedente del sistema	Frecuencia solar	Efecto del consumo	Efecto campo solar	Efecto sistema solar
Mes	Litros	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	°C	kWh	kWh	kWh	%	%	%	%
Ene	705509	8.6	20003	310	30143	20327	6.2	12356	130	12226	41.9	10.6	60.1	(0.1)
Feb	637259	8.1	27304	221	23595	23433	7.3	14423	425	13698	51.2	50.8	61.4	59.7
Mar	705509	8.9	20660	341	29921	32549	9.9	19012	460	18620	63.4	52.9	50.1	57.8
Abr	682803	11.1	26969	257	27296	36164	12.1	20343	771	19270	72.1	71.8	56.1	54.1
May	705509	13.7	25033	322	25925	43169	10.1	24257	1596	23659	89.4	57.2	56.2	52.5
Jun	682803	16.4	23869	568	23237	45395	20.5	24791	2042	22949	100.4	37.9	54.1	58.1
Jul	705509	18.3	21061	837	22636	51640	26.4	25363	2065	22098	100.0	100.0	40.1	44.0
Agosto	705509	18.9	21059	520	21879	49210	24.0	24229	2339	21679	100.4	100.0	49.2	44.4
Sep	682803	18.1	21959	61	21420	38921	20.3	20915	1944	19771	90.4	72.3	53.7	59.8
OCT	705509	16.3	23753	234	23987	30395	14.7	18484	290	18094	79.8	15.4	60.1	58.8
Nov	682803	13.2	25215	301	25516	21319	9.2	12755	91	12656	50.2	19.6	50.1	59.4
Dic	705509	10.5	26250	259	26510	16074	6.5	10741	246	10495	37.2	36.8	59.4	58.1
ANUAL	8307440	13.5	202846	4222	203667	411021	14.3	227269	12234	215515	71.1	10.8	59.4	52.6
Análisis capacidad ACS: A = 300.000 litros. B = 300.000 kWh/año.														
Modelo capaz de almacenar 300.000 litros.														
NP de capitalizaciones:	73													
Otros factores: OI: 5%;	0													
Inflación (%)	3.6													
Apunte sobre el análisis empírico (Whiteman): Volumen sistema solar (m³): 176000. Volumen sistema terrestre (m³): 722.1														
Número de emisiones de CO2 (kg/m³): 55662														

## Gráficas



**Figura 10.** Balance energético y eficacia y cobertura de la instalación.

Para el cálculo de este valor se parte de las temperaturas de agua de red y de consumo, y de los litros de ACS consumidos, que se muestran en la columna 'Consumo de ACS a 45 °C' de dicha Tabla. Se toman también en consideración las pérdidas térmicas asociadas a la demanda de ACS.

Mediante el sistema solar se ahorra la energía expresada en la columna 'Energía Solar aportada al ACS', donde puede observarse que, en esta instalación,

asciende a un total de 215.615 kWh/año. Esta energía deja de ser aportada por el generador auxiliar, siendo suministrada por el sistema solar.

Expresado en porcentaje, el ahorro anual de energía para ACS gracias al sistema solar es del 70%. Este dato se muestra detallado mes a mes en la columna 'Fracción Solar del Consumo Energía para ACS' del balance energético.

La energía solar que llega a los colectores se muestra en la columna 'Radiación Disponible'. Este dato depende de la localización, así como de la orientación, inclinación y superficie total de los colectores solares. Para su cálculo se parte de datos de radiación contrastados.

### 8.6.3. Ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub>

La instalación de un sistema solar, además de ahorro energético, producirá una gran reducción de las emisiones al entorno. En la Tabla 2 se presenta el cálculo de los kg de CO<sub>2</sub> que se dejarán de emitir gracias al sistema solar.

**TABLA 2.** Reducción de emisiones.

Equivalencias de Ahorro Energético y de Reducción de Emisiones		
Combustible	Factor de conversión de CO <sub>2</sub> (kg/kWh)	CO <sub>2</sub> evitado (kg/año)
Gas Natural	55.5	50682
Ahorro comparativo con... Francia (kWh/año)	210615 evitado	
Número de toneladas - kg de CO <sub>2</sub> en 25 años <sup>a</sup>	1015140 kg/25a.	
Reducción de Emisiones en millones de toneladas de CO <sub>2</sub> evitado en 20 años <sup>b,c</sup>	8-45 millones de km	
Número de artículos equivalentes (CO <sub>2</sub> acumulado en 20 años)	10430 artículos	
Hectáreas de bosques equivalentes (CO <sub>2</sub> acumulado en 20 años) <sup>c,d</sup>	439 hectáreas	

<sup>a</sup>EMEP/CORINAR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (ENAP, 2017).

<sup>b</sup> Comisión Europea. Objetivo 2020.

<sup>c</sup> ECCM Edinburgh Centre for Carbon Management.

## 8.7. Resumen de los beneficios de solarizar los edificios hospitalarios

Los principales beneficios son:

- ✿ Reducir la factura energética.
- ✿ Pagar las inversiones con parte de los ahorros.
- ✿ Mejorar el medio ambiente urbano.
- ✿ Mejorar la imagen de las instalaciones hospitalarias.

El principal factor que está limitando su desarrollo es:

- ✿ Falta de contabilidad de costes energéticos.

y los que lo están favoreciendo:

- ✿ Preocupación medioambiental.
- ✿ Las demandas energéticas son grandes y en fase con la disponibilidad del Sol, lo que conduce a instalaciones solares eficientes y con rentabilidades muy interesantes, especialmente al contabilizar los beneficios ambientales y de imagen pública.



## 9.1. Introducción

Los últimos avances en tecnología de equipos y sistemas tienen un impacto importante en el ahorro energético y la consiguiente reducción de costes de explotación debidos a la climatización, pero hay que cuidar no sólo la eficiencia de los equipos de producción de frío y calor, sino también la eficacia con que se distribuye la energía por toda la instalación, desde la central de producción hasta el último terminal.



**Figura 1.** Hospital Puerta de Hierro, Majadahonda.

La característica fundamental de los diferentes sistemas utilizados en hospitalares es que el objetivo final es el máximo confort del enfermo y del personal sanitario para favorecer un adecuado tratamiento y recuperación en el caso de los primeros y un adecuado desempeño de sus funciones en el caso de los últimos, añadiendo ahora la premisa del menor coste posible, es decir, ahorro sin renunciar al confort.

Para conseguir que se cumplan las condiciones de confort, las unidades terminales y climatizadores encargados de combatir la carga térmica generada por la instalación o las pérdidas de calor de la misma han de proporcionar la energía necesaria en los locales climatizados.

En instalaciones con distribución hidráulica para hospitales, la energía necesaria llega a los citados terminales en forma de agua fría para refrigeración, agua caliente para calefacción y ACS.

Los caudales de agua destinados a este cometido deben ser los correctos, sin sobrecaudales y sin subcaudales. En esto consiste la primera condición para un correcto equilibrado hidráulico: conseguir que lleguen a todos los elementos consumidores los caudales de diseño.

La normativa es clara al respecto, el nuevo RITE establece la necesidad de equilibrado de las instalaciones hidráulicas, único medio para conseguir que circulen los caudales de diseño por todos y cada uno de los terminales.

## 9.2. El equilibrado como medida de ahorro energético

Una instalación a caudal constante o variable de agua, consume más energía cuando está desequilibrada. El desequilibrio provoca un importante exceso de caudal en las unidades más cercanas a la bomba de circulación, mientras que las más lejanas o más desfavorecidas por su propia pérdida de presión, reciben poco o incluso nulo caudal, según la fórmula básica:

$$q = Kv \cdot \sqrt{\Delta p}$$

donde  $q$  es el caudal,  $\Delta p$  es la variación de presión y  $Kv$  es el coeficiente característico total del circuito hidráulico o de una sola válvula o elemento, dependiendo del nivel de análisis. Como recordatorio, el coeficiente  $Kv$  es inversamente proporcional a la resistencia al paso del fluido por un elemento. A mayor resistencia, menor  $Kv$  y viceversa.

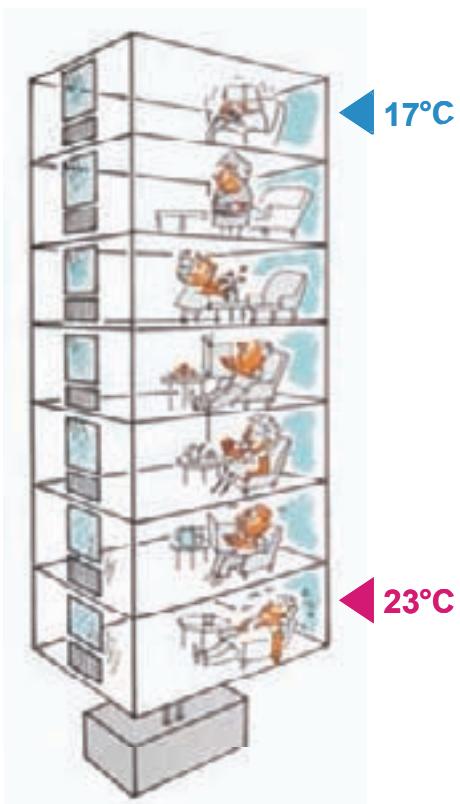
El efecto neto es un incremento del caudal de agua total en la instalación, aunque, como se puede demostrar, falta el caudal necesario en muchas unidades terminales, ya que hay un exceso de presión en las más próximas y una escasa presión diferencial en las últimas.

El impacto en el consumo es todavía mayor para solventar el problema de las unidades terminales que no reciben su caudal de diseño por estar en zonas desfavorecidas. En lugar de proceder al equilibrado, como sería lo lógico, se tiende a aumentar el caudal de la bomba secundaria, lo que provoca un mayor consumo. Conviene recordar que el consumo de la bomba es proporcional al caudal  $q$  y a la altura manométrica  $\Delta H$ :

$$C_b = k \cdot q \cdot \Delta H$$

El sobrecaudal en el circuito secundario provocado por el desequilibrio hidráulico agrava los problemas de incompatibilidad entre los caudales de pro-

ducción y distribución y en segundo lugar, los usuarios de zonas desfavorecidas tienden a establecer puntos de consigna en sus reguladores de temperatura más elevados en invierno y más bajos en modo verano, provocando aumentos en el consumo de entre un 7%-12% en calor y un 15 -18% en modo frío por cada grado de temperatura de diferencia.



**Figura 2.** Sistema de calefacción con desequilibrio hidráulico. Los usuarios desfavorecidos se "hielan" mientras que los que reciben sobrecaudales se "asan", por el exceso de emisión de sus terminales.

El equilibrado de la instalación consiste en añadir pérdidas de presión calculadas en los circuitos más favorecidos (iguales a las diferencias en longitud más las diferencias entre los diversos elementos) para conseguir los caudales de diseño en todas y cada una de las unidades terminales.

Como es lógico, esto debe realizarse con las mínimas pérdidas de carga posibles en las válvulas de equilibrado, es decir, 3 kPa para la válvula de equilibrado del circuito más desfavorable (para poder medir con buena precisión) y la diferencia respecto a la más desfavorable en el resto de válvulas.

La instalación también podría estar equilibrada creando, por ejemplo, 23 kPa en la válvula del circuito más desfavorecido, pero la altura de la bomba aumentaría en 20 kPa, con el correspondiente aumento en el consumo:

$$C_b = k \cdot q \cdot (\Delta H + 20 \text{ kPa})$$

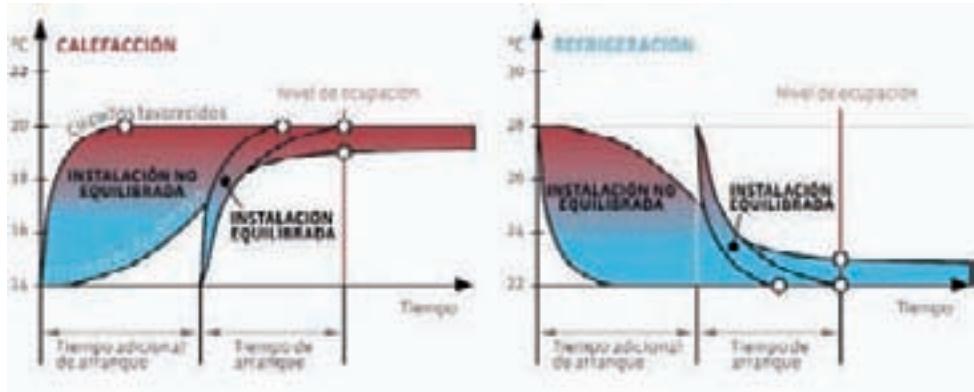
El equilibrado permite optimizar la puesta en marcha del edificio. Si la instalación está desequilibrada, el tiempo de puesta en marcha se alarga innecesariamente, creando la necesidad de arrancar con gran anticipación el sistema para evitar que cuando los usuarios ocupen sus puestos o camas, no se den las necesarias condiciones de confort.

La puesta en funcionamiento después de cada parada programada es un tema a considerar seriamente. Si existe desequilibrio en un sistema de caudal constante, habrá zonas en las que nunca se satisfarán las condiciones de confort, por muy temprano que se arranque la instalación.

Si esto ocurre en un sistema de caudal variable, dado que la mayoría de las válvulas de control están totalmente abiertas, se generarán sobrecaudales que crearán una caída excesiva de la presión en algunos sectores de la tubería, con subcaudales en los sectores menos favorecidos del sistema.

Los circuitos menos favorecidos no reciben el caudal adecuado hasta que los circuitos favorecidos alcanzan el valor prefijado del termostato (siempre y cuando los valores prefijados hayan sido bien elegidos), permitiendo que sus válvulas de control comiencen a regular. Por esta razón, la puesta en funcionamiento es un

proceso dificultoso que lleva más tiempo del esperado. Es costoso en términos de consumo de energía. Una puesta en funcionamiento no uniforme impide en la práctica la gestión de un controlador central y cualquier tipo de optimización.



**Figura 3.** Comparación de tiempos de puesta en marcha de sistemas equilibrados respecto a sistemas con desequilibrio hidráulico. Una instalación desequilibrada debe arrancar más temprano, aumentando el consumo de energía.

### 9.3. Distribución a caudal constante frente a caudal variable

La disminución del precio de los sistemas de variación de frecuencia-velocidad de motores eléctricos ha popularizado su uso en todos los campos, incluyendo el sector de la climatización. La idea consiste en adecuar la velocidad de giro de la bomba a la demanda energética.

El ahorro que se consigue mediante el uso de bombas de velocidad variable en la distribución del agua se centra en los siguientes aspectos:

1. Evitar sistemas de bombeo sobredimensionados.

En el cálculo de las bombas de distribución resulta relativamente fácil conocer el caudal que deben bombear, ya que será la suma de los caudales de las unidades terminales a las que abastecen (multiplicado por un factor de

simultaneidad, si es posible su utilización). Por el contrario, la altura manométrica que deben proporcionar es más difícil de calcular, ya que existen muchos elementos difíciles de evaluar (pérdidas de carga de las unidades terminales, codos, "T", conexiones, etc). Es, por tanto, frecuente y comprensible que la altura manométrica de estas bombas esté sobredimensionada en valores que pueden estar fácilmente en el 20%-30% del valor teórico calculado. Además, los fabricantes de bombas sólo pueden ofrecer una gama escalonada en la que no es fácil encontrar exactamente la bomba calculada, por lo que no existe otro remedio que elegir una bomba mayor. Por ambos motivos, es frecuente encontrarse con bombas cuyas alturas manométricas para sus caudales de diseño están sobredimensionadas en un 40%-50%.

Cuando se utilizan bombas de velocidad constante, el exceso de altura manométrica se destruye mediante la pérdida de carga adicional en una válvula de equilibrado. No debemos olvidar que el consumo de una bomba es proporcional a su caudal y a su altura manométrica.

Mediante el uso de bombas de velocidad variable es posible reducir la frecuencia de la bomba para que proporcione exactamente la altura manométrica real necesaria, reabriendo la válvula sin desperdicio alguno de energía.

2. En las instalaciones a caudal constante de agua, el caudal de distribución es siempre el mismo (suma de caudales de las unidades terminales), ya que el uso de válvulas de 3 vías hace que el agua que no deba pasar por las baterías, circule por el by-pass, y su caudal se mantenga constante independientemente de las cargas de las zonas a climatizar.

En instalaciones a caudal variable, las válvulas de 2 vías impiden el paso total o parcial del agua a las baterías, por lo cual el caudal se reduce cuando lo hacen las cargas de las zonas a climatizar. Por tanto, el consumo de bombeo ( $C_b = k \times q \times \Delta H$ ) disminuye al disminuir el caudal que proporciona la bomba.

Cuando un ingeniero consultor adopta un sistema de distribución de agua para una instalación de aire acondicionado o calefacción, que sea a cau-

dal variable o constante lo decide tras evaluar y analizar las ventajas e inconvenientes de una distribución frente a otra.

A continuación, se definen ambos conceptos:

- Distribución de agua fría o caliente a caudal constante.

Se considera caudal constante en una instalación cuando, cualquiera que sea la carga térmica, el caudal de agua permanece constante. Se consigue usando válvulas de control en los elementos terminales que cuenten con una derivación (by-pass) cuando no sea necesario que circule agua por el terminal que no registra demanda térmica. A este tipo de válvulas de control se las denomina válvulas de tres vías. Algunas consecuencias de esta definición son las siguientes:

- El caudal es constante y la diferencia de presión (presión diferencial) creada por la bomba de circulación en cualquier punto de la instalación no varía con el tiempo.
- El caudal en el bucle (circuito) de producción es siempre menor que en el bucle de consumo. Esto colleva que tanto las temperaturas de impulsión como de retorno de agua sean variables en el tiempo en cualquier punto de la instalación.

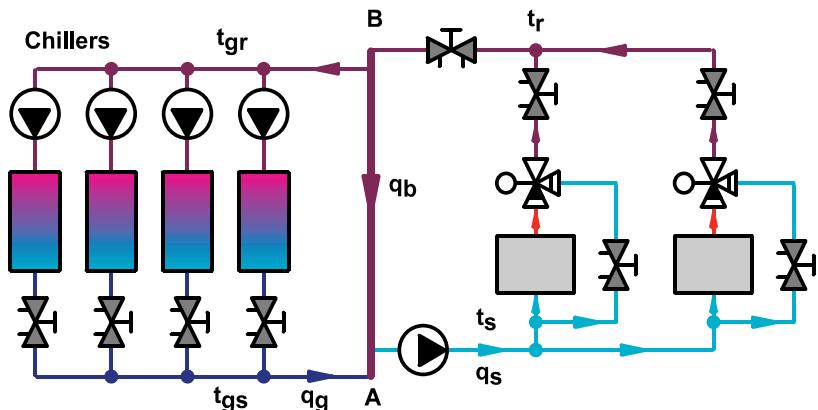
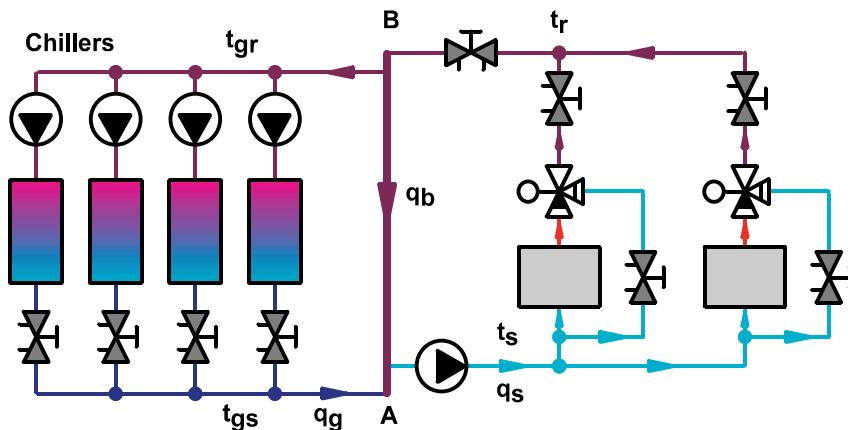


Figura 4. Esquema típico de instalación de caudal constante.

- ◆ Distribución de agua fría o caliente a caudal variable.

Se considera caudal variable en una instalación cuando el caudal a través de las unidades terminales y a través de los ramales de distribución es variable en función de la carga térmica. Se consigue simplemente usando válvulas de control que corten o modulen el paso de agua, sin vía de by-pass, denominadas válvulas de dos vías. Así mismo:

- El caudal es variable y la diferencia de presión creada por la bomba de circulación varía en todos los puntos, incrementándose cuando baja el caudal.
- El caudal en el bucle (circuito) de producción puede optimizarse para ser igual (no importa que sea mayor) que en el bucle de consumo. Esto conlleva que la temperatura de impulsión y de retorno de agua sean constantes en el tiempo.



**Figura 5.** Esquema típico de instalación de caudal variable.

Comparado con un sistema de distribución a caudal constante, el caudal variable presenta las siguientes ventajas:

1. La compatibilidad de caudales descrita anteriormente.
2. La temperatura de impulsión del agua constante, mínima en frío y máxima en calor, al adaptarse de una forma más uniforme los caudales de producción y consumo.

3. Como ventaja más valorada, el sistema de distribución a caudal variable de agua permite ahorrar energía de bombeo frente al de caudal constante. De una parte, por bombear solamente el caudal de agua que demanda la instalación y, de otra, porque éste sistema permite que la bomba nunca resulte sobredimensionada.
4. Cuando la instalación está calculada teniendo en cuenta un factor de simultaneidad de uso, permite reducir tanto la potencia instalada en el sistema de producción como la de las bombas secundarias, además de los diámetros de las tuberías de distribución (en caudal constante, el factor de simultaneidad solamente es aplicable a la potencia instalada en la producción).
5. Como se ha visto, puede llegarse a las condiciones de confort más rápidamente si, como requisito indispensable, la instalación está equilibrada.

Los condicionantes para un correcto diseño de una instalación de caudal variable son los siguientes:

- Caudal mínimo de las bombas.

En caudal constante, la bomba trabaja siempre con el mismo caudal. En caudal variable, la bomba puede hacerse inestable por debajo de cierto valor de caudal y, además, es necesario garantizar un caudal mínimo de protección de la bomba (que se refrigerará a partir del agua que pasa por ella). La solución puede ser dejar algunas válvulas de 3 vías, poniendo una válvula de control al final de línea que abra cuando la frecuencia del control del variador reduzca a su vez las revoluciones de la bomba. La instalación de estos elementos al final de los ramales corrige además otro defecto de las instalaciones a caudal variable, que se comenta a continuación.

- Temperatura del agua en la red de distribución.

En caudal constante, las pérdidas o ganancias de calor entre dos puntos de la instalación por transmisión en las tuberías suelen ser casi despreciables, ya que el caudal es constante y relativamente elevado.

En caudal variable, cuando se reduce demasiado el caudal en las tuberías o cuando todas las válvulas de control de los terminales de un ramal cierran

totalmente, el agua se “estanca” en ese ramal, resultando una elevación o disminución de la temperatura local. Al abrir de nuevo una o varias de las válvulas puede transcurrir un tiempo relativamente largo durante el cual esos terminales reciben agua fuera de temperatura, causando inestabilidad en el sistema de control.

Además, el volumen de agua estancada conlleva un gasto energético adicional al tener que ser enfriado o calentado nuevamente.

En las instalaciones de caudal variable ha de existir (debido a este efecto) un depósito de inercia para amortiguar estas variaciones.

● Ubicación adecuada del sensor de presión diferencial.

El sensor de presión diferencial con el que se controla el variador de frecuencia suele colocarse habitualmente entre la aspiración y la descarga de la bomba. Es el punto donde se garantiza que cualquier circuito tiene, como mínimo, la presión diferencial necesaria y, por tanto, su caudal de diseño. Pero, energéticamente hablando, es el punto donde menos energía se ahorra, ya que se mantiene siempre constante la altura manométrica de diseño (y, por tanto, máxima) de la bomba.

En la mayoría de los casos, la ubicación del sensor en el centro (de presiones) de la instalación proporciona unos resultados muy buenos. A cargas parciales, cuando la pérdida de carga en las tuberías disminuye, mantener constante la presión diferencial en el centro de la instalación permite reducir considerablemente la altura de la bomba (25-35%) y, por tanto, el consumo de bombeo. Es cierto que en estas condiciones los circuitos más próximos a la bomba pueden no recibir una presión diferencial inferior, que deberá determinarse si es aceptable en cada instalación.

● Variaciones de la presión diferencial.

La presión diferencial, o la diferencia de presiones creada por la bomba de circulación, es el “motor” para el movimiento del agua dentro de las tuberías de la instalación.

El agua atraviesa un circuito o un terminal con el caudal adecuado si existe a la entrada de éste una adecuada diferencia de presiones. El dimensionando de la bomba de circulación tiene en cuenta la pérdida de presión de las tuberías hasta el terminal más alejado, como ya sea ha comentado.

En caudal constante, la presión diferencial aplicada a los circuitos es esencialmente constante, ya que las pérdidas de carga en las tuberías también lo son por ser constante el caudal que pasa por ellas.

En caudal variable, la presión diferencial aplicada a los circuitos es variable, ya que, como el caudal que circula por las tuberías es variable, también lo es la pérdida de carga en ellas.

Por lo tanto, si

$$q = Kv \times \sqrt{\Delta p}$$

cuando  $q' = q/2$ , es decir, cuando solamente están abiertos la mitad de los terminales, se tendría:

$$\Delta p' = \Delta p \times (q/2 / q)^2 = \frac{1}{4} \Delta p$$

Y si  $q'' = q/10$  (sólo 10% abiertos), entonces  $\Delta p'' = 1/100 \Delta p$ .

Es decir, se transmite prácticamente toda la presión de la bomba,  $\Delta H$ , a los últimos terminales. La presencia del sensor de presión diferencial o su ubicación no modifican este hecho. Una vez fijado su valor de consigna, la presión trasladada a un terminal será:

$$\Delta H_{\text{terminal}} = \Delta H - (1/100 \Delta p)$$

que se transmitirá a bajas cargas térmicas/bajos caudales.

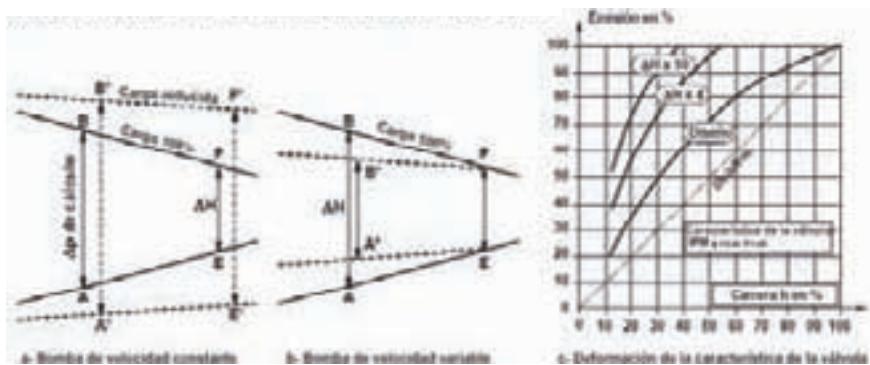
Esta circunstancia puede crear problemas de controlabilidad (lo que se denomina baja autoridad en las válvulas de control), así como ruido y dificultad para que las válvulas cierren contra presiones elevadas. No obstante, este

possible problema puede ser fácilmente evitado con el uso de estabilizadores de presión en ciertos puntos (verticales, plantas, etc.) de la instalación.

La peor autoridad para la válvula de control se produce cuando el caudal en la distribución es mínimo. En estas condiciones, la válvula está sometida prácticamente a toda la altura manométrica de la bomba. Si su autoridad se hace inferior a 0,25, puede oscilar aleatoriamente entre las posiciones extremas de apertura y cierre.

De ahí que se defina la segunda condición hidráulica: conseguir que no existan grandes variaciones de la presión diferencial que distorsionen las características de las válvulas de control.

Cuando las variaciones de presión sean importantes y afecten al buen funcionamiento, la solución es estabilizar la presión diferencial en ciertos puntos de la instalación, normalmente montantes o ramales, mediante el uso de válvulas estabilizadoras de presión diferencial. Estas válvulas mantienen una presión diferencial constante en los puntos donde se instalan, independientemente de las variaciones de presión diferencial que puedan existir aguas arriba de ellas, en las válvulas de control de los circuitos terminales sean mucho menores.



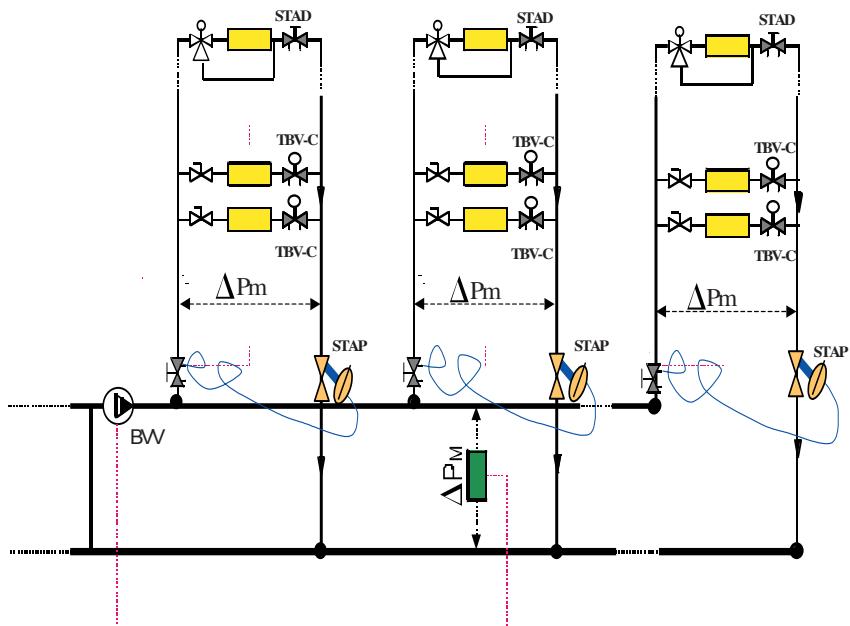
**Figura 6.** Variación de presión diferencial. Impacto sobre las características de la válvula de control.

Mediante los controladores de presión diferencial instalados al principio del ramal vertical, Fig. 7; es posible reducir la potencia de bombeo hasta la estrictamente requerida.

La técnica consiste en realizar el equilibrado con la bomba girando a una frecuencia de 50 Hz. Se ajustan los estabilizadores de los respectivos circuitos, aumentando su presión diferencial de consigna, hasta que el caudal de proyecto circule por la válvula de medida. Una vez ajustados todos los controladores STAP y con el medidor de caudal en la más alejada, se reduce gradualmente la velocidad de giro de la bomba, hasta que se detecta una ligera reducción en este caudal. Cuando se ha restituido, la correspondiente velocidad será aquella de máxima demanda. De este modo, se limita la frecuencia de rotación y no corresponderá a los 50 Hz, eliminando así el sobredimensionado de la bomba.

Además, simultáneamente se habrá consignado el valor para el sensor de presión diferencial que comanda la bomba,  $\Delta P_m$ , pues es la presión diferencial de máxima demanda y, por lo tanto, la que la bomba debe mantener.

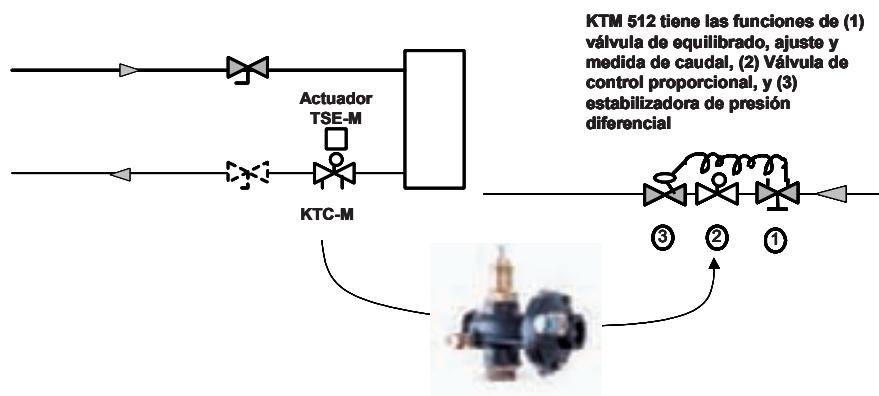
Otra posibilidad con un reducido coste es la instalación de controladores de presión diferencial locales según se muestra en la Fig. 8.



**Figura 7.** Estabilización de la presión diferencial y optimización de la potencia de bombeo.

El procedimiento de equilibrado es muy simple:

- Abrir totalmente la válvula de control.
- Ajustar la presión diferencial de consigna en el controlador de presión hasta obtener el caudal de diseño (caso de instalar las tres válvulas).
- O, simplemente, ajustar en el selector el Kv de la válvula.



**Figura 8.** Estabilizador local de presión diferencial con válvula de control proporcional incluida.

Con esta técnica, la válvula de control nunca resulta sobredimensionada puesto que el caudal de diseño se consigue siempre con la válvula totalmente abierta. La autoridad de la válvula es siempre próxima a 1. Como los caudales son correctos en cada unidad terminal, no se requiere ningún procedimiento de equilibrado ni otras válvulas en otros puntos, salvo con fines de diagnóstico.

Combinando estos controladores de presión diferencial con una bomba de velocidad variable, se garantizan las mejores condiciones requeridas por el sistema de control, pudiendo reducirse energía de bombeo sin ningún riesgo, ni desde el punto de vista de la inestabilidad del bucle, ni de generación de ruidos.

Es un recurso a aplicar en instalaciones hospitalarias donde se quiera abordar la transformación del sistema de distribución de caudal constante a caudal

variable, sin tener que afectar gravemente al trazado de tuberías para insertar los estabilizadores de presión diferencial.

Simplemente se sustituyen las viejas válvulas de control de tres vías por los nuevos dispositivos. Se recomienda conservar los finales de ramales con válvulas de tres vías con el fin de "mantener la circulación" mínima para la bomba y, a la vez, proporcionar el máximo grado de confort, reduciendo tiempos de espera y ahorrando energía al evitar que se tenga que calentar o enfriar el volumen de agua que se ha quedado inmovilizada.

En conclusión, mediante estabilizadores de presión y con las disposiciones descritas para el caudal mínimo, puede acometerse el proyecto e instalación de un sistema de caudal variable con la garantía total de obtener los beneficios esperados.

## 9.4. Comparación de costes de bombeo

Para que los datos sean representativos, se van a realizar los cálculos para una instalación concreta. Los parámetros de esta instalación serán los siguientes:

Temperatura de impulsión del agua ( $T_i$ ):	7 °C
Temperatura de retorno del agua ( $T_r$ ):	12 °C
Temperatura ambiente a mantener ( $T_a$ ):	24 °C
Caudal de proyecto ( $q_p$ ):	400 m <sup>3</sup> /h
Altura manométrica de proyecto ( $\Delta H_p$ ):	20 m.c.a.
Sobredimensionado de altura de bomba:	20%
Altura real de bomba instalada ( $\Delta H_i$ ):	24 m.c.a.
Presión diferencial en el último circuito ( $\Delta p_f$ ):	8 m.c.a.
Eficiencia máxima del motor ( $\eta_M$ ):	0,85
Eficiencia máxima de la bomba ( $\eta_B$ ):	0,8
Horas de funcionamiento al día (h/día):	18
Días de funcionamiento al año (día/año):	365
COP de unidad enfriadora (COP <sub>UE</sub> ):	3
Coste de la energía eléctrica (€/kWh):	0,1 €/kWh

### ◆ Consumo de una bomba

El consumo de una bomba ( $C_B$ ) es directamente proporcional al caudal y a la altura manométrica, e inversamente proporcional al rendimiento ( $\eta$ ). El rendimiento se puede descomponer a su vez en dos rendimientos, el eléctrico del motor ( $\eta_M$ ) y el mecánico de la bomba ( $\eta_B$ ).

$$C_B = \frac{q \times \Delta H}{367 \times \eta_M \times \eta_B}$$

con  $C_B$  en kW,  $q$  en  $m^3/h$  y  $\Delta H$  en m.c.a.  $\eta_M$  y  $\eta_B$  son los coeficientes de eficiencia (adimensionales).

En instalaciones con distribución a caudal constante de agua, el caudal, la altura manométrica y los rendimientos son constantes, por lo que el consumo de bombeo será constante e independiente de las variaciones de las cargas térmicas del edificio a climatizar.

Por el contrario, en instalaciones con distribución a caudal variable de agua, el caudal varía reduciéndose a cargas parciales y la altura manométrica puede mantenerse constante o reducirse, según la estrategia de control que se utilice. Sin embargo, tanto el rendimiento eléctrico como el mecánico se reducen según lo hacen el caudal y la altura manométrica.

Por último, hay que tener en cuenta el calor que el motor eléctrico cede al fluido ( $\eta_M \times C_B$ ). En calefacción “ayuda” a las unidades de producción, pero en refrigeración supone una carga adicional importante que las enfriadoras deben compensar. Es necesario e importante considerarlo para obtener el “coste real de bombeo”, que será la suma del coste propio de la bomba más el derivado de enfriar el agua que la bomba “calienta”.

A continuación, se va a evaluar el ahorro de bombeo que se consigue en caudal variable, teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente.

### ◆ Cargas y caudales en instalaciones a caudal variable

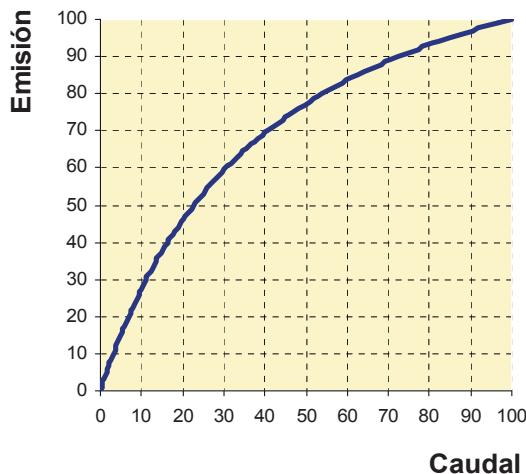
Está claro que en las instalaciones tanto a caudal constante como variable,

la mayor parte del tiempo las cargas son muy inferiores a las máximas de diseño. Para los cálculos que se van a realizar, se estimarán los siguientes valores de cargas y porcentajes de tiempo en que se producen.

Carga térmica	% del tiempo de funcionamiento
100%	5%
75%	15%
50%	55%
25%	30%
0%	0%

Cuando la carga total de la instalación es, por ejemplo, del 75%, no significa que todas las unidades terminales estén demandando el 75% de sus cargas máximas respectivas, sino que existirán algunas demandando el 100%, otras el 0%, y otras diferentes valores intermedios. También se estimarán esos valores para las diferentes cargas arriba indicadas.

Los caudales en las unidades terminales no varían linealmente con la carga sino que siguen la curva típica de un intercambiador, Fig. 9. Se tienen que evaluar, por tanto, los caudales para cada valor de carga.



**Figura 9.** Curva teórica caudal-emisión.

Esta curva varía en función del coeficiente de efectividad térmica ( $\phi$ ) que, a su vez, depende de las temperaturas de impulsión, retorno y ambiente. Para 7 °C, 12 °C y 24 °C, respectivamente,  $\phi$  será igual a 0,294 y los caudales para las cargas arriba indicadas en las unidades terminales serán los siguientes:

Carga térmica	% del tiempo de funcionamiento	Caudal para % de carga térmica en U.T.
100%	5%	100%
75%	15%	46,9%
50%	55%	22,7%
25%	30%	8,9%
0%	0%	0%

A continuación, se va a calcular el caudal de bombeo en función de la carga térmica de la instalación, partiendo de los datos anteriormente expuestos.

#### ● Con carga térmica de la instalación 100%.

	%	Caudal	Caudal ponderado
U.T. con carga térmica 100%	100%	100%	100%
U.T. con carga térmica 75%	0%	46,9%	0%
U.T. con carga térmica 50%	0%	22,7%	0%
U.T. con carga térmica 25%	0%	8,9%	0%
U.T. con carga térmica 0%	0%	0%	0%
Caudal ponderado total:		100%	

#### ● Con carga térmica de la instalación 75%.

	%	Caudal	Caudal ponderado
U.T. con carga térmica 100%	25%	100%	25%
U.T. con carga térmica 75%	50%	46,9%	23,4%
U.T. con carga térmica 50%	20%	22,7%	4,6%
U.T. con carga térmica 25%	10%	8,9%	0,9%
U.T. con carga térmica 0%	2,5%	0%	0%
Caudal ponderado total:		53,9%	

● Con carga térmica de la instalación 50%.

	%	Caudal	Caudal ponderado
<b>U.T. con carga térmica 100%</b>	5%	100%	5%
<b>U.T. con carga térmica 75%</b>	20%	46,9%	9,4%
<b>U.T. con carga térmica 50%</b>	50%	22,7%	11,4%
<b>U.T. con carga térmica 25%</b>	20%	8,9%	1,8%
<b>U.T. con carga térmica 0%</b>	5%	0%	0%
Caudal ponderado total:			27,5%

● Con carga térmica de la instalación 25%.

	%	Caudal	Caudal ponderado
<b>U.T. con carga térmica 100%</b>	2,5%	100%	2,5%
<b>U.T. con carga térmica 75%</b>	5%	46,9%	2,3%
<b>U.T. con carga térmica 50%</b>	10%	22,7%	2,3%
<b>U.T. con carga térmica 25%</b>	55%	8,9%	4,9%
<b>U.T. con carga térmica 0%</b>	27,5%	0%	0%
Caudal ponderado total (*):			15%

(\*) Aunque el caudal resultante es inferior al 15%, se ha considerado este valor como mínimo para protección de la bomba.

#### 9.4.1. Cálculo de los costes de bombeo de distribución a caudal constante

##### a) Con bomba sobredimensionada.

Al estar la bomba sobredimensionada, será necesario utilizar una válvula que cree una pérdida de carga equivalente al exceso de altura manométrica de la bomba. Esto supone un consumo de energía adicional que puede evitarse, como se verá en el siguiente apartado.

La potencia necesaria de la bomba será:

$$P_B = \frac{q_p \times \Delta H_t}{367 \times \eta_M \times \eta_B} = \frac{400 \times 24}{367 \times 0,85 \times 0,80} = 38,47 \text{ kW}$$

La energía consumida por la bomba en un año será:

$$E_B = P_B \times \text{horas/día} \times \text{días/año} = 38,47 \times 18 \times 365 = 252.733 \text{ kWh/año}$$

El coste de la energía de bombeo en un año será, por lo tanto:

$$C_{EB} = E_B \times €/\text{kWh} = 252.733 \times 0,1 = 25.273 €/\text{año}$$

Para calcular el coste real de bombeo, se tiene que calcular el coste de enfriar el calor que cede al agua la bomba. Este calor será igual a  $\eta_M \times P_B$ .

La potencia consumida por una unidad enfriadora para compensar este calor será:

$$P_E = \frac{\eta_M \times P_B}{\text{COP}_{UE}} = \frac{0,85 \times 38,47}{3} = 10,90 \text{ kW}$$

La energía consumida por la unidad enfriadora en un año será:

$$E_E = P_E \times \text{horas/día} \times \text{días/año} = 10,90 \times 18 \times 365 = 71.608 \text{ kWh/año}$$

El coste de la energía de bombeo en un año será, por lo tanto:

$$C_{EE} = E_E \times €/\text{kWh} = 71.608 \times 0,1 = 7.161 €/\text{año}$$

El coste real de energía de bombeo será:

$$C_{REB} = C_{EB} + C_{EE} = 25.273 + 7.161 = 32.434 €/\text{año}$$

**b) Con bomba no sobredimensionada (con variador de frecuencia).**

Incluso aunque la instalación funcione a caudal constante de agua con válvulas de 3 vías, es posible ahorrar energía mediante la utilización de un variador de frecuencia que haga trabajar a la bomba con la altura manométrica de diseño,

no teniendo que degradar energía de bombeo mediante el uso de válvulas que creen una pérdida de carga.

La potencia necesaria de la bomba será:

$$P_B = \frac{q_p \times \Delta H_t}{367 \times \eta_M \times \eta_B} = \frac{400 \times 20}{367 \times 0,85 \times 0,80} = 32,06 \text{ kW}$$

La energía consumida por la bomba en un año será:

$$E_B = P_B \times \text{horas/día} \times \text{días/año} = 32,06 \times 18 \times 365 = 210.611 \text{ kWh/año}$$

El coste de la energía de bombeo en un año será, por lo tanto:

$$C_{EB} = E_B \times €/\text{kWh} = 252.733 \times 0,1 = 21.061 \text{ €/año}$$

La potencia consumida por una unidad enfriadora para compensar el calor que la bomba cede al agua será:

$$P_E = \frac{\eta_M \times P_B}{\text{COP}_{UE}} = \frac{0,85 \times 32,06}{3} = 9,08 \text{ kW}$$

La energía consumida por la unidad enfriadora en un año será:

$$E_E = P_E \times \text{horas/día} \times \text{días/año} = 9,08 \times 18 \times 365 = 59.673 \text{ kWh/año}$$

El coste de la energía de bombeo en un año será, por lo tanto:

$$C_{EE} = E_E \times €/\text{kWh} = 59.673 \times 0,1 = 5.967 \text{ €/año}$$

El coste real de energía de bombeo será:

$$C_{REB} = C_{EB} + C_{EE} = 21.061 + 5.967 = 27.028 \text{ €/año}$$

El uso de un variador de frecuencia permite, por lo tanto, ahorrar 5.406 €/año, o, lo que es lo mismo, un 16,67% del consumo de bombeo.

#### **9.4.2. Cálculo de los costes de bombeo de distribución a caudal variable**

En las instalaciones a caudal variable de agua se controla el variador de frecuencia por medio de un sensor de presión diferencial que puede ubicarse en diferentes lugares de la distribución, con ventajas e inconvenientes en cada caso. Lo más habitual suele ser colocar el sensor al principio de la distribución, entre aspiración y descarga de la bomba, manteniendo constante la presión diferencial entre esos dos puntos. Es la opción “más segura”, ya que se garantiza siempre que cualquier unidad terminal recibe, como mínimo, su caudal de diseño, pero es la opción que menos energía ahorra, si bien el ahorro respecto al caudal constante es, como se verá, muy importante.

También se van a calcular los costes de bombeo manteniendo constante la presión diferencial en “el centro” de la distribución, entendiendo por centro el punto donde el valor de la presión a máxima demanda es la media entre la altura de la bomba y la presión diferencial disponible para el último circuito. Esta opción suele ser muy interesante, ya que ahorra más energía y, aunque no se garantiza siempre el caudal de diseño en todas las unidades terminales a cargas parciales, la emisión de potencia suele estar en torno o por encima del 90%. No obstante, en este caso es necesario calcular y analizar estos valores para decidir si es factible o no.

Existen otras ubicaciones para el sensor de presión diferencial (al final de la distribución o en el punto donde la autoridad de las válvulas de control es igual para el primer y último circuito) que no se van a calcular en este capítulo, ya que resultan menos interesantes en sus prestaciones o excesivamente complejas.

- a) **Cálculo de los costes de bombeo manteniendo constante la presión diferencial al principio de la distribución.**

Si se mantiene constante la presión diferencial al principio de la distribución, la altura manométrica de la bomba se mantendrá constante e igual a la de dise-

ño, por lo que el ahorro obtenido será por reducción de caudal y por no sobredimensionado de la altura de la bomba, pero no por reducción de ésta.

Para calcular el coste de bombeo se deben tener en cuenta los porcentajes de funcionamiento y los caudales ponderados anteriormente calculados para las diferentes cargas, calculando los consumos y costes como suma de los de cada una de éstas. Hay que considerar que los rendimientos disminuyen al disminuir el caudal.

Los caudales de bombeo para las diferentes cargas térmicas serán:

Carga térmica	Caudal (%)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
100%	100,00%	400,00
75%	53,88%	215,50
50%	27,52%	110,10
25%	15,00%	60,00

Las horas de funcionamiento al año para las distintas cargas térmicas serán:

Carga	%tiempo operación	Horas operación/año
100%	5%	329
75%	15%	986
50%	55%	3.614
25%	30%	1.971

El coste de energía de bombeo ( $C_{EB}$ ) en un año será:

Carga térmica	Caudal m <sup>3</sup> /h	ΔH m.c.a	η <sub>M</sub>	η <sub>B</sub>	kW P <sub>B</sub>	Horas/año	kWh E <sub>B</sub>	Coste kWh	C <sub>EB</sub>
100%	400,00	20	0,85	0,80	32,06	329	10.531	0,1 €/kWh	1.053 €/año
75%	215,50	20.	0,75	0,72	21,75	986	21.433	0,1 €/kWh	2.143 €/año
50%	110,10	20	0,6	0,62	16,13	3.614	58.281	0,1 €/kWh	5.828 €/año
25%	60,00	20	0,5	0,45	14,53	1.971	28.643	0,1 €/kWh	2.864 €/año
TOTAL C <sub>EB</sub> :									11.889 €/año

El coste derivado del calor cedido por el bombeo al agua ( $C_{EE}$ ) será:

Carga térmica	$\eta_M$	kW $P_B$	COP <sub>UE</sub>	kW $P_E$	Horas / año	kWh $E_E$	Coste kWh	$C_{EE}$
100%	0,85	32,06	3	9,08	329	2.984	0,1 €/kWh	298 €/año
75%	0,75	21,75	3	5,44	986	5.358	0,1 €/kWh	536 €/año
50%	0,6	16,13	3	3,23	3.614	11.656	0,1 €/kWh	1.166 €/año
25%	0,5	14,53	3	2,42	1.971	4.774	0,1 €/kWh	477 €/año
								TOTAL $C_{EE}$ : 2.477 €/año

El coste real de energía de bombeo será:

$$C_{REB} = C_{EB} + C_{EE} = 11.889 + 2.477 = 14.366 \text{ €/año}$$

La distribución a caudal variable permite, por tanto, ahorrar 18.068 €/año, o, lo que es lo mismo, un 55,71% del consumo de bombeo si la distribución fuese a caudal constante.

a) **Cálculo de los costes de bombeo manteniendo constante la presión diferencial en el “centro” de la distribución.**

Si se mantiene constante la presión diferencial en el “centro” de la distribución, la altura manométrica de la bomba se irá reduciendo a cargas parciales, al hacerlo de la misma manera las pérdidas de carga en las tuberías (de forma cuadrática con el caudal), que permiten llegar al centro de la distribución con la presión diferencial de diseño partiendo de una altura de bomba notablemente inferior. El ahorro que se obtiene será por reducción de caudal, por no sobredimensionado de la altura de la bomba y también por reducción de ésta.

Los caudales y horas de funcionamiento anuales serán los mismos que en el apartado anterior.

La altura necesaria en la bomba, en función de la carga y el caudal, para mantener constante la presión diferencial en el centro de la instalación será:

$$\Delta H_B = \Delta p_C + (\Delta H_P - \Delta p_C) * dP_{TUBERIAS} (\%)$$

siendo  $\Delta p_C$  la presión a mantener en el centro de la instalación (en este caso 14 m.c.a, por ser la media de 20 y 8) y  $dP_{TUBERIAS} (%)$  el porcentaje que representan las pérdidas de carga en las tuberías frente a las de proyecto.

Carga térmica	Caudal (%)	dP <sub>TUBERIAS</sub> (%)	Δpc	ΔH <sub>B</sub>
100%	100,00%	100,00%	14 m.c.a.	20,0 m.c.a.
75%	53,88%	29,03%	14 m.c.a.	15,7 m.c.a.
50%	27,52%	7,58%	14 m.c.a.	14,5 m.c.a.
25%	15,00%	2,25%	14 m.c.a.	14,1 m.c.a.

El coste de energía de bombeo ( $C_{EB}$ ) en un año será:

Carga térmica	Caudal m <sup>3</sup> /h	ΔH <sub>B</sub> m.c.a.	η <sub>M</sub>	η <sub>B</sub>	P <sub>B</sub> kW	Horas/año	E <sub>B</sub> kWh	Coste kWh	C <sub>EB</sub>
100%	400,00	20,0	0,85	0,80	32,06	329	10.531	0,1 €/kWh	1.053 €/año
75%	215,50	15,7	0,65	0,7	20,32	986	20.021	0,1 €/kWh	2.002 €/año
50%	110,10	14,5	0,5	0,55	15,77	3.614	56.979	0,1 €/kWh	5.698 €/año
25%	60,00	14,1	0,45	0,42	12,23	1.971	24.099	0,1 €/kWh	2.410 €/año
								TOTAL C <sub>EB</sub> :	11.163 €/año

El coste derivado del calor cedido por el bombeo al agua ( $C_{EE}$ ) será:

Carga térmica	η <sub>M</sub>	P <sub>B</sub> kW	COP <sub>UE</sub>	P <sub>E</sub> kW	Horas/año	E <sub>E</sub> kWh	Coste kWh	C <sub>EE</sub>	
100%	0,85	32,06	3	9,08	329	2.984	0,1 €/kWh	298 €/año	
75%	0,65	20,32	3	4,40	986	4.338	0,1 €/kWh	434 €/año	
50%	0,50	15,77	3	2,63	3.614	9.496	0,1 €/kWh	950 €/año	
25%	0,45	12,23	3	1,83	1.971	3.615	0,1 €/kWh	361 €/año	
								TOTAL C <sub>EE</sub> :	2.043 €/año

El coste real de energía de bombeo será:

$$C_{REB} = C_{EB} + C_{EE} = 11.163 + 2.043 = 13.206 \text{ €/año}$$

La distribución a caudal variable permite, por lo tanto, ahorrar 19.228 €/año, o, lo que es lo mismo, un 59,28% del consumo de bombeo si la distribución fuese a caudal constante.

Comparado con el caso anterior, el ahorro es de 1.160 €/año adicionales, nada despreciables siempre que las prestaciones no se vean excesivamente alteradas.

En este ejemplo, a carga reducida la altura de la bomba es de 14,1 m.c.a., es decir, un 70,5% de la altura de proyecto. Para una altura de un 70,5%, el caudal será un 84% del caudal de diseño (puesto que la pérdida de carga es proporcional al cuadrado del caudal), y esto supone una emisión de potencia de un 94,7% que se puede considerar suficiente para las unidades terminales más próximas a la bomba.

#### **9.4.3. Resumen del ahorro de bombeo usando bombas de caudal variable**

Los cálculos realizados anteriormente se pueden resumir en la siguiente tabla:

	Coste real de bombeo anual	Ahorro (€)	Ahorro (%)
<b>Caudal constante <math>\Delta H</math> sobredimensionada:</b>	32.434 €/año	---	---
<b>Caudal constante <math>\Delta H</math> no sobredimensionada:</b>	27.028 €/año	5.406 €/año	16,67%
<b>Caudal variable <math>\Delta P</math> constante en la bomba:</b>	14.366 €/año	18.068 €/año	55,71%
<b>Caudal variable <math>\Delta P</math> constante en "el centro":</b>	13.206 €/año	19.228 €/año	59,28%

Si bien los cálculos se han realizado para una instalación y funcionamiento concretos que pueden diferir de los de otras instalaciones, es posible sacar una serie de conclusiones que se consideran interesantes:

- El sobredimensionado de la altura manométrica de la bomba a caudal constante supone un aumento importante en el consumo, por lo que conviene considerar siempre la utilización de un variador de frecuencia aunque la instalación no sea a caudal variable.
- Las instalaciones a caudal variable de agua permiten un ahorro muy importante en los costes de bombeo en comparación con las de caudal constante, superior, en la mayoría de los casos, al 50%.

- Si, además, se coloca el sensor de presión diferencial en el centro de la distribución, el ahorro es aún mayor, aunque hay que estudiar la idoneidad previamente para que la instalación pueda funcionar sin pérdida considerable de prestaciones.

## 9.5. Conclusiones

Los sistemas de control más sofisticados también tienen en cuenta el consumo por bombeo y ventilación. La reducción de los mismos tiene también un impacto importante en la reducción del consumo global. En el ejemplo considerado anteriormente, el consumo de bombeo del sistema de caudal constante es un 12% del consumo total de climatización, siendo entre un 14-18% del consumo de refrigeración y entre un 4-7% del consumo de calefacción.

El mantenimiento de una altura manométrica constante es ciertamente la aplicación más frecuente para las bombas de velocidad variable.

Para una instalación con control proporcional en refrigeración, el trabajo de bombeo a caudal variable reduce en un 18% el consumo de la correspondiente bomba a velocidad constante, con un 50% de consumo de agua, que equivale a una demanda media de energía superior al 70% de la instalada.

Para que, efectivamente, puedan obtenerse ahorros significativos, debe ubicarse correctamente la sonda de presión diferencial en la distribución. El punto central resulta ser el que más ventajas posee.

El factor  $C = \Delta p_{circuito} / \Delta p_{bomba}$  proporciona un criterio útil en la determinación del número de sensores y su posición a instalar en un sistema a caudal variable de agua. Los controladores locales de presión diferencial permiten optimizar la potencia de bombeo, facilitan el equilibrado y mejoran la autoridad de las válvulas de control.

Cada día los controladores son más y más sofisticados, pero la válvula de control con un simple vástago móvil y un orificio de paso determinará la efectivi-

dad de la instalación. Si funciona en modo todo o nada, nuestro maravilloso controlador PID se convertirá, así mismo, en un "todo o nada". Es decir, el cuello de botella del bucle de control es su válvula.

El caudal variable en la distribución no es precisamente el mejor para los bucles de control, pues la presión diferencial varía grandemente afectando a las prestaciones de las válvulas de control.

Para evitar oscilaciones en la temperatura ambiente, las válvulas de control deben ser correctamente dimensionadas, con una autoridad suficiente y una curva característica adecuada. Desafortunadamente, esta selección no es fácil y, además, la presión diferencial disponible es casi siempre desconocida. Después de cuidadosos cálculos, las válvulas de control adecuadas no están disponibles comercialmente con el K<sub>vs</sub> requerido y, consecuentemente, muchas de ellas están sobredimensionadas.

La situación mejora con bombas de velocidad variable en la distribución. La autoridad de las válvulas de control es más estable. La solución consiste en mantener constante la presión diferencial aplicada a las válvulas mediante controladores locales. Así se compensa cualquier sobredimensionado y se mantiene la autoridad con valores próximos a la unidad.

## Bibliografía

1. ASHRAE Hand book of HVAC Applications.: ASHRAE Inc, N.York, E.E.U.U.
2. Código técnico de la Edificación.
3. "Control Handbook", 1992. Per Göran Persson, Tour & Andersson AB.
4. "L'Equilibrage Hydraulique Global", 1983. Robert Petitjean, Tour & Andersson AB.
5. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), BOE 207, 29 de Agosto de 2007.

## 10.1. Introducción

Actualmente la Eficiencia Energética es una de las principales preocupaciones de todos los países, implicando tanto a administraciones como a empresas y ciudadanos. Coinciden múltiples factores económicos-político-sociales, como son: la escasez de recursos naturales, el incremento desaforado de la demanda mundial de los países desarrollados y emergentes (China, India, Brasil, etc.), el encarecimiento de los recursos fósiles (especialmente el petróleo), el compromiso global con el cambio climático (reducción del nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> como causante del efecto invernadero), etc.

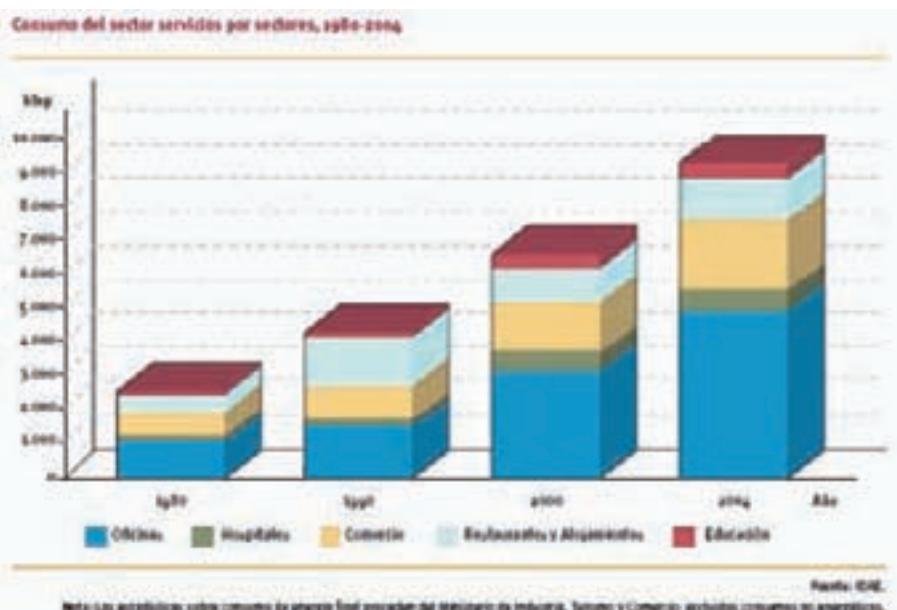


Todo ello está motivando compromisos internacionales y nacionales que impulsan gran variedad de actuaciones multisectoriales.

En el sector de la edificación específicamente, destacan el desarrollo de la legislación aplicable (Código Técnico de la Edificación, nuevo RITE Reglamento de Instalaciones Técnicas de la Edificación, Certificación Energética de Edificios, etc.), ayudas o subvenciones públicas para remodelación de edificios existentes, inversión en desarrollo tecnológico, aplicación de fuentes renovables, etc.

Según los datos del IDAE (ver Plan de Acción 2008-2012, de Julio 2007), el sector de la edificación terciaria, no residencial, representa el 7% del total del consumo energético nacional (7.330 ktep en 2005), con una tasa de crecimiento del 5% anual.

La distribución de consumos entre los sectores de la edificación terciaria son como sigue:

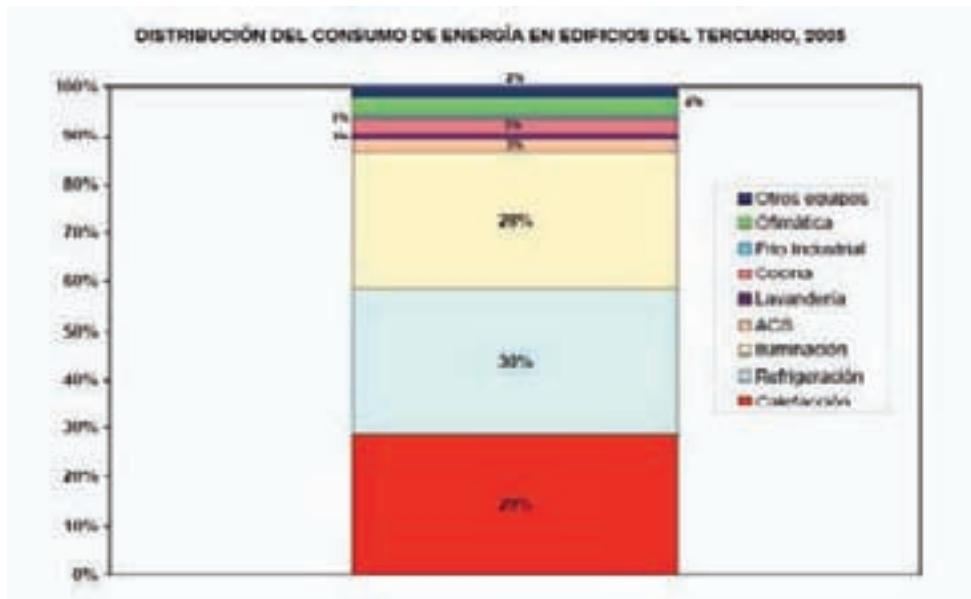


**Figura 1.** Distribución de consumo energético por sectores de edificación terciaria.  
(IDAE Plan de Acción 2008-2012, v. Julio 2007).

La distribución de consumos ponderados por usos en la edificación terciaria son tal y como se reflejan en la Fig. 2.

Es significativo que “entre los tres consumidores más importantes se llevan el 87% del consumo de energía del sector: refrigeración (30%), calefacción (29%) e iluminación (28%)”.

En la coyuntura actual, en el marco de una crisis global y generalizada, cobra especial relevancia el ajustar los costes operativos aplicando medidas de Eficiencia Energética, tanto para propiedades públicas como privadas.



**Figura 2.** Distribución de consumo ponderado por usos de edificación terciaria.  
(IDAE Plan de Acción 2008-2012, v. Julio 2007).

El sector hospitalario no es ajeno a esta situación y, por tanto, también está comprometido en la reducción del consumo energético, por tratarse de un sector extremadamente sensible dadas sus especificidades, analizadas en el Capítulo Nº 6.

Los hospitales son centros de consumo energético elevado, constante e ininterrumpido (365 días/año; 24 horas/día) que deben garantizar el cuidado, confort y seguridad de los usuarios (pacientes, visitantes, personal médico y de servicios).

Para tan exigente tarea, los gestores de los edificios precisan de herramientas apropiadas, como son los Sistemas de Gestión Técnica Centralizada (SGTC) o en inglés *Building Management Systems* (BMS). Hoy en día no es concebible un moderno centro hospitalario sin SGTC.

En el presente capítulo se exponen las funcionalidades operativas que un SGTC aporta a la gestión segura del edificio y se presentan modernas soluciones específicas para la Eficiencia Energética, presentando parámetros en la reducción de consumos alcanzables procedentes de casos reales.

## 10.2. Los 10 principios de la eficiencia energética

La Eficiencia Energética de un edificio no la aporta un producto o servicio concreto, sino que es la resultante de un conjunto de múltiples medidas y criterios incorporados a lo largo de toda la vida útil de este edificio, desde su concepción en fase arquitectura, en el desarrollo del proyecto constructivo (tanto de obra civil como de instalaciones electro-mecánicas) y por supuesto durante la fase de gestión, que incluye tanto el mantenimiento como la renovación de las instalaciones.

Por tanto, es un compromiso que debe implicar a todos los profesionales de las diferentes especialidades que participan en un edificio, desde su concepción hasta su demolición, tanto empresas de servicios como fabricantes de materiales y/o equipos.



**ECO<sup>10</sup>** es el decálogo que describe los 10 principios de eficiencia energética:

1. Centralizar y visualizar la información relevante de consumos energéticos con las tecnologías más avanzadas.
2. Comparar de forma analítica y crítica, los consumos energéticos con valores de referencia internos y externos.
3. Evaluar los comportamientos energéticos estáticos y dinámicos de forma personalizada para cada edificio y teniendo en cuenta todos los costes durante el ciclo de vida del edificio.
4. Aplicar las fuentes de energías renovables, considerando los factores ecológicos y económicos.
5. Minimizar drásticamente las emisiones de CO<sub>2</sub> asegurando una protección sostenible del medio ambiente para el futuro.
6. Emplear equipos y materiales certificados oficialmente (eu.bac: "European Building Automation Controls Association"), de rendimientos garantizados, y aplicar soluciones innovadoras técnicamente.
7. Interconectar todas las instalaciones técnicas del edificio, mediante sistemas de automatización abiertos y flexibles.

8. Armonizar las tecnologías de la envolvente del edificio, la gestión técnica y la ingeniería de sistemas.
9. Implicar a los usuarios hacia una uso responsable de las instalaciones, incrementando la sensibilidad por el consumo de energía.
10. Asegurar la reducción de los costes de explotación.

El programa de eficiencia energética ECO<sup>10</sup> está perfectamente alineado con las nuevas normativas que regulan el sector (RITE, CTE, CEE, etc.).

ECO<sup>10</sup> es el programa que asegura el control energético sistemático de las instalaciones de los edificios mediante el siguiente proceso:

- Recogida de INFORMACIÓN (centralización de consumos, comparación con valores estandarizados del sector e históricos propios, etc.).
- ANÁLISIS de los datos.
- Elaboración de CONCLUSIONES.
- Definición de un PLAN DE ACCIÓN que establece las medidas adecuadas para optimizar la gestión del edificio según sus necesidades en cada momento.

Este es el proceso que engloba la Gestión Energética del edificio, que asegure la minimización de las emisiones y la reducción de costes operativos del total del edificio.

### 10.3. ¿Qué es un sistema de gestión técnica centralizada?

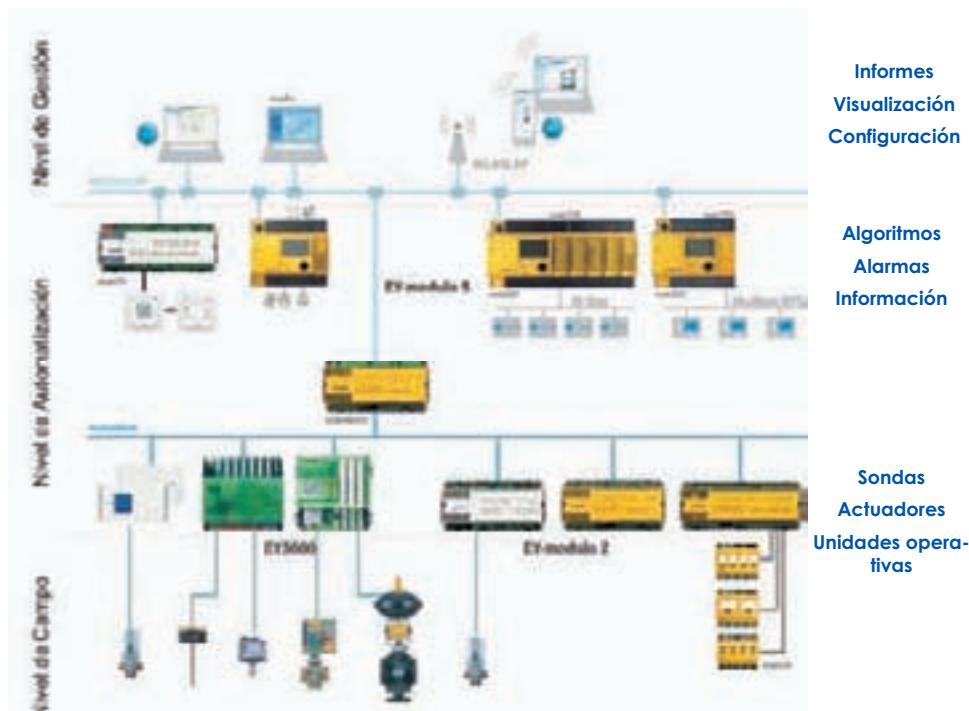
Según la publicación "Técnicas de la regulación y gestión de energía en edificios" de la Asociación Española de Fabricantes e Importadores de Aparatos y Sistemas para la Automatización de Edificios (AFISAE) de 1992:

"Denominamos Gestión Técnica Centralizada de Edificios, a aquellos sistemas que nos permiten gestionar y supervisar las diferentes instalaciones existentes en un edificio de forma integrada para conseguir las condiciones de confort deseadas en cada momento de forma eficiente y precisa, y que en caso de proble-

mas en las instalaciones, envíen las correspondientes alarmas (o avisos) para que el servicio de mantenimiento tome conciencia del problema y actúe adecuadamente".

Por tanto, el SGTC incluye los equipos e instalaciones de *Hardware* y *Software* que configuran las instalaciones técnicas de un edificio: climatización, ACS, iluminación, transporte vertical / horizontal, detección de incendios, analizadores de redes, contadores de energía, etc.

Un sistema de gestión se estructura en tres niveles jerárquicos: Nivel de campo, Nivel de automatización y Nivel de gestión, Fig. 3.



**Figura 3.** Estructura jerárquica SGTC.

- **Nivel de Campo:** incluye todos los elementos de medición (sensores de temperatura, humedad relativa, presión, CO<sub>2</sub>, etc.) que comunican los valores

reales al nivel inmediato superior, así como un conjunto de mecanismos (actuadores, servomotores, etc.) que recibirán las órdenes de este Nivel de Automatización y accionarán convenientemente los equipos (válvulas, compuertas, variadores de frecuencia, etc.) para la maniobra de la maquinaria electromecánica (calderas, enfriadoras, bombas de distribución, climatizadores, fancoils, etc.).

La conexión física de los elementos de Campo con sus correspondientes controladores del Nivel de Automatización puede realizarse mediante cableado independiente, vía bus de comunicación o inalámbrica por radiofrecuencia.



**Foto 1.** Estación de bombeo.

- **Nivel de automatización:** alberga los controladores que procesan las señales recibidas de los equipos "pasivos" de campo y, mediante los algoritmos de control programados, generan las señales de salida que gobiernan los equipos de campo "activos" que actúan sobre los equipos de actuación de las instalaciones. Opcionalmente los controladores pueden registrar históricos

de las diferentes variables controladas. Estos autómatas se comunican entre sí y con el nivel jerárquico superior - Nivel de Gestión - a través de un bus de comunicaciones.

Este bus de comunicaciones consta del medio físico por el que “viaja” la información (bus a dos hilos, red LAN - Local Area Network - Ethernet, radiofrecuencia, etc.) y del protocolo de comunicaciones, es decir, el “idioma” en el que se comunican los controladores entre sí y con el nivel de gestión. Estos protocolos pueden ser propios de los fabricantes de equipos o estándar de mercado (BACnet, LONworks, KNX-EYB, ModBus, DALI, M-Bus, etc.).

- **Nivel de gestión:** En el puesto central se dispone el software SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) para la supervisión de control y adquisición de datos. Es decir, recoge y almacena los datos de los controladores, recibidos por el/los buses de comunicación, y representan la información en forma de listas o en forma gráfica en tiempo real.

Los programas SCADA son interface (HMI – *Human Machine Interface*) a través del cual el operador de la instalación visualiza los parámetros de la instalación, recibe los avisos o alarmas de las incidencias, y modifica los parámetros de regulación según las necesidades.



**Figura 4.** Lay-out en planta de un edificio.

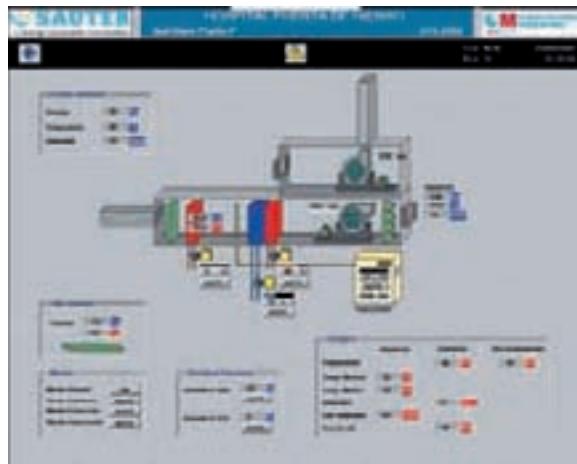


Figura 5. Pantalla de un climatizador.

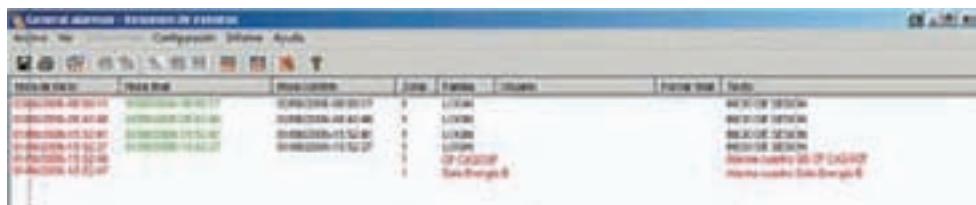


Figura 6. Listado Alarmas.



Figura 7. Gráfico de históricos.

Los SGT se instalan en cualquier tipo de edificio y son imprescindibles en edificios terciarios (hospitales, aeropuertos, hoteles, centros comerciales, museos, laboratorios, centros de Procesado de Datos - CPDs, edificios de oficinas, edificios de investigación y educación, etc.). Hoy en día todo tipo de edificios de tamaño medio-grande incorporan un SGTC. Para edificios residenciales o sector doméstico existen equipos domóticos, escalados a sus necesidades, con los mismos principios de funcionamiento.

## 10.4. Evolución histórica de los sistemas de control de edificios

En su origen los sistemas de mando y control de instalaciones consistían en botoneras ON/OFF manuales y locales ubicados en paneles "a pie" de equipo.

La implantación generalizada del control zonal aparece a inicios del siglo XX con la tecnología neumática. Mediante la manipulación de aire presurizado y tratado (filtrado y deshumidificado), sofisticados elementos transmisores y convertidores realizaban incipientes funciones de control a Nivel Automatización.

Posteriormente aparecieron los relés electroneumáticos y/o electrónicos, que significaron un tipo de control eléctrico, con lógicas programables ubicados en cuadros eléctricos locales o por zonas.

Sobre 1950 surgen los primeros controladores electrónicos con mayores posibilidades de estrategias de control para los equipos neumáticos, mediante sofisticados algoritmos.

La aparición de los SGTC propiamente dichos se remonta a finales de los años 60, mediante la tecnología digital, aparecen los "autómatas" o PLC (Programmable Logic Controller) que reemplazan los tableros de reles. Esto supuso un gran avance tecnológico, pues suponía poder conocer estados, valores reales y alarmas desde un puesto central, inclusive poder modificar consignas.

El uso de "pilotos" luminosos sobre panel mural (ver Foto 2 Panel azul), con representación de alarmas en consola central, y mediante un display se visualiza-

ban los valores de consignas y reales de las variables controladas. Los históricos se obtenían de modo gráfico en un registrador de plumillas.



**Foto 2.** Sistema EY200  
(SAUTER 1965).

En los años 80, gracias a los avances de la electrónica y la aparición de los primeros microcomputadores, se introduce el concepto de bus de comunicaciones y sistema propiamente “centralizado”. En pocos años el salto tecnológico fue significativo, Foto 3, dado que ya se podían obtener valores de consigna y reales, así como estados e históricos en una pantalla de “ordenador”. La comunicación con la instalación se realizaba través de un bus de comunicaciones muy similar al actual.



**Foto 3.** Sistema EY1200  
(SAUTER 1980).

Posteriormente el desarrollo de los SGTC ha avanzado muy en paralelo con los sistemas informáticos y las comunicaciones. Hoy en día, la concepción más extendida es la de utilizar un PC de prestaciones estándar como Puesto Central. Los SCADA de gestión existentes en el mercado se han uniformizado, aportando similares funcionalidades en información gráfica 2D y 3D, gráficos dinámicos que representan el estado de la instalación y gestión de alarmas en tiempo real, opciones de comunicación remota (envío de SMS, email, etc.) y de telegestión a través de Internet.

En la actualidad, el medio físico por el que se transmite la información más utilizado es la red de área local (LAN) Ethernet para comunicación interna de los edificios y conexión a Internet, pues permite la telegestión.

La última tecnología en controladores - Nivel Automatización - son potentes CPUs, con configuración modular para la combinación idónea de tarjetas de entradas / salidas - digitales / analógicas, con protocolo standard BACnet y conectividad Ethernet, que incorporan servidor Web en el propio equipo, Foto 4, el cuál permite realizar tareas de supervisión y gestión directamente, sin necesidad de disponer de un SCADA, desde cualquier PC con conexión directa o vía Internet, desde cualquier lugar, únicamente requiriendo la dirección IP y la identificación de usuario / contraseña.



**Foto 4.** Controladores EY-modulo 5 (SAUTER 2008).

## 10.5. Sistemas abiertos: interoperabilidad e integración de subsistemas

El SGTC de un edificio debe permitir la gestión coordinada de diversas instalaciones para conseguir una mayor Eficiencia Energética. Es lo que se denomina INTEGRACIÓN de subsistemas: que desde el mismo SCADA que gobierna el sistema HVAC, también se pueda controlar otras instalaciones técnicas (iluminación, accesos, detección de incendios, etc.).

Todos aquellos equipos que comuniquen en un mismo protocolo, independientemente del fabricante, podrán intercambiar información entre ellos de forma directa, mientras que aquellos equipos que utilicen protocolos diferentes y / o propietarios deberán utilizar algún elemento intermedio (*gateway*) para poder intercambiar la información.

En la actualidad los principales protocolos Estándar son: BACnet, LONWorks, TCP/IP, Modbus, Mbus, OPC, KONNEX, DALI, etc.

- ✿ BACnet: es el protocolo estándar abierto no propietario más aceptado en USA y de mayor proyección en Europa. Fue desarrollado por la asociación ASHRAE específicamente para el control y automatización de edificios.
- ✿ LONWorks: (*Local Operating Networks*), con el protocolo LONtalk estándar propietario, bajo licencia de la empresa Echelon Corp., fue especialmente desarrollado para el control del Nivel de Campo (sondas, actuadores y microcontroladores en red).
- ✿ TCP/IP: (*Transmisión Control Protocol / Internet Protocol*) Protocolo estándar de comunicación entre ordenadores vía Internet.
- ✿ Modbus: protocolo de origen industrial desarrollado por la empresa Modicon para su gama de PLCs (controladores lógicos programables) y convertido en un protocolo de comunicaciones estándar especialmente utilizado para la integración de equipos individuales (variadores de frecuencia, analizadores de redes, etc.).

- Mbus: protocolo estándar (*Meter-bus*) especialmente diseñado para la lectura de elementos de medición, tales como contadores de energía.
- OPC: (*OLE for Process Control*) estándar de comunicación de bases de datos que permite la intercomunicación e integración de sistemas en el Nivel de Gestión.
- KONNEX: KNX-EIB (*Konnex – European Installation Bus*) es un estándar europeo que garantiza la compatibilidad de los sistemas electrónicos domóticos en edificios de los diferentes fabricantes.
- DALI: (*Digital Addressable Lighting Interface*) estándar europeo para la comunicación de sistemas de control electrónico de iluminación, desarrollado por los principales fabricantes del sector.

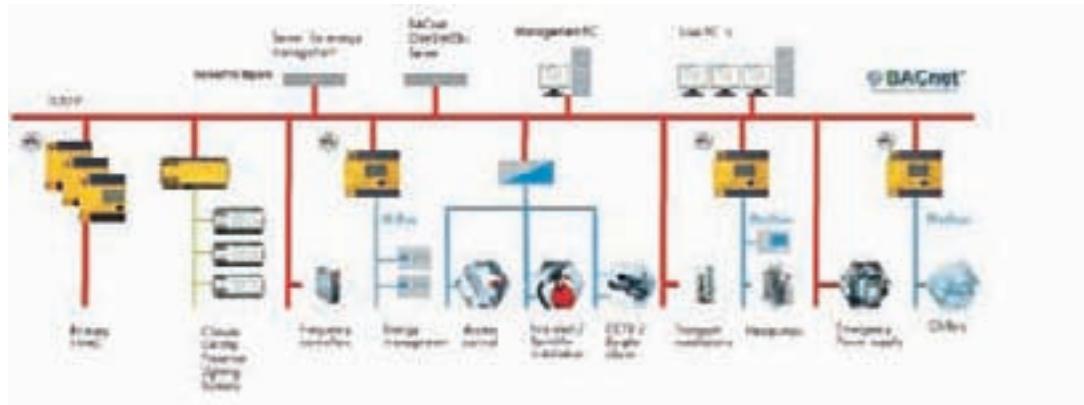
Para llevar a cabo una integración directa es necesario utilizar sistemas abiertos de gestión. Se considera "abierto" aquel sistema que es capaz de comunicar con otro/s sistema/s de forma bidireccional, con o sin presencia de pasarelas externas, o gateways. La integración puede darse a dos niveles: vía protocolos de comunicación o en el SCADA de gestión.

- Sistema abierto vs. Protocolo de comunicación: (Fig. 8) la integración se realiza dentro de un mismo subsistema del edificio (HVAC, iluminación, etc.), pudiendo intercomunicar elementos de diferentes fabricantes.



**Figura 8.** Sistema abierto vs. Protocolo de comunicación.

- Sistema abierto vs. Software de Gestión: el software de gestión abierto nos permitirá la integración de múltiples subsistemas pudiendo cada uno de estos disponer de un protocolo de comunicación en Bus diferente del resto, pues la integración se realiza en cabecera o Nivel de Gestión.



**Figura 9.** Sistema abierto vs. Software de Gestión: novaPro Open de SAUTER.

## 10.6. Características de la demanda energética en hospitales

El sector hospitalario es extremadamente sensible a la Eficiencia Energética, no únicamente por la coyuntura y tendencias generales como son el encarecimiento de las energías o el compromiso medioambiental, sino también por sus características propias, pues los hospitales son centros de:

- Elevada demanda de energía anual y puntual.
- Suministros energéticos estables e ininterrumpidos (365 días/año - 24 horas/día).
- Estricto control de la calidad del aire interior y control de enfermedades.
- Equipamiento médico sofisticado de elevada potencia instalada, muy sensible a perturbaciones de red.

- Implantación intensiva y generalizada de las tecnologías de la información en el seguimiento clínico.

Todos los requerimientos mencionados no son alternativos sino que es preciso satisfacerlos todos ellos, al cien por cien y de forma permanente, a lo largo de la vida útil de los edificios.

Los hospitales deben garantizar el cuidado, confort y seguridad de sus usuarios (pacientes, visitantes, personal médico y de servicios) que requieren soluciones de control especiales con niveles de consumo energético superiores al de otros tipos de edificios, como son:

- Zonas comunes con condiciones controladas de temperatura, humedad y calidad del aire interior.
- Salas con mayor necesidad de renovación de aire (quirófanos, cuidados intensivos y laboratorios).
- Salas que precisan presurización específica mediante las instalaciones de HVAC:
  - ✓ En sobrepresión para evitar la transmisión de infecciones vía aérea: quirófanos, laboratorios y salas de cuidados intensivos
  - ✓ En depresión y luces UV para controlar contagio de enfermedades: en salas de cuarentena.
- Salas a temperatura inferior: ortopédicas, cámaras, etc.
- Máquinas de ventilación de superiores potencias precisadas por la instalación de filtros de aire HEPA de alta eficacia, que evitan la propagación de infecciones.
- Tratamientos térmicos periódicos de las instalaciones de ACS para prevenir brotes de Legionela.
- Zonas con puntas de consumo: cocinas, lavanderías, etc.



**Foto 5.** Vista de un quirófano moderno.

La interrupción de las condiciones controladas bajo estos niveles de exigencia puede comportar graves perjuicios para el centro hospitalario, como son:

- Malestar y quejas de los usuarios.
- Propagación de infecciones entre enfermos, visitas, personal médico y/o de servicios.
- Interrupciones de tratamientos médicos.
- Interrupciones en los servicios no médicos: restaurante, lavandería, tiendas, etc.
- Pérdidas de información de los sistemas informáticos (historiales clínicos, listas de espera, etc.).
- Elevados costes operativos.
- Deterioro de la imagen del centro.

Los centros hospitalarios son complejos que precisan gran variedad de insu-

mos o suministros externos. Estudios sectoriales desglosan los promedios de consumos según los siguientes datos basados en porcentaje de coste, Tabla 1.

**TABLA 1.** Distribución promedio del coste de consumo por tipo de instalación.

Distribución aproximada del coste de consumo por tipo de instalación	
Climatización (ACS + Calefacción + Refrigeración)	40-60%
Iluminación	20-30%
Otros (Cocina + Lavandería + Elevadores + ...)	10-15%

## 10.7. Funcionalidades de los sistemas de control de hospitales

Es bastante común que los SGTC estén preparados para realizar un gran abanico de funcionalidades, pero muchas de ellas estén desaprovechadas por no estar implementadas de inicio o por desconocimiento del usuario, inclusive por el personal de gestión o conducción de las instalaciones (p.e. uso exclusivo de termostatos programables locales).

El conocimiento de estas aplicaciones de control será imprescindible para obtener el máximo rendimiento del edificio y optimizar los consumos energéticos. Estas "buenas prácticas" se pueden desglosar en tres niveles:

### APLICACIONES DE CONTROL BÁSICAS:

Incluyen un conjunto de soluciones técnicas basadas en la programación diferenciada según criterios de zonificación o por horario / calendario, desglosadas en:

- **Control zonificado:** programación según calendario / horario predefinido, con niveles de climatización e iluminación específicos para cada zona de los edificios.
- **Control estacional:** ajuste automático por programación de calendario de

las consignas del HVAC preestablecidas para temperatura ambiente durante invierno ( $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) y verano ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ).

- **Control ocupacional:** ajuste de las condiciones de confort según la carga o demanda ocupacional (más / menos - frío / calor) y ajuste de las condiciones latentes para momentos de no ocupación.
- **Control de presencia:** ajuste de las condiciones de la sala o zona a partir de la detección de movimiento (iluminación, clima, etc.) o, en zonas restringidas, mediante tarjeta de acceso.
- **Control calendario:** ajuste por programación del paro / arranque de instalaciones en periodos de laborables, vacaciones y festivos.
- **Control horario:** ajuste por programación de las condiciones según turnos-horarios (laborable, nocturno, servicios limpieza / mantenimiento, desocupado / guardia seguridad).

#### APLICACIONES DE CONTROL AVANZADO:

Son aplicaciones de control que permiten actuar sobre los equipamientos en respuesta a las condiciones variables internas y / o externas, como son:

- **Control lumínico:** actúa y regula según la intensidad lumínica exterior (posición de persianas, regulación "dimerizada" de iluminación interior zonificada, etc.).
- **Control por escenas:** programación predefinida (iluminación y climatización) según la actividad que se desarrolle en la sala.
- **Control pasillos:** ajuste de iluminación constante en pasillos y zonas comunes con iluminación natural según intensidad lumínica exterior.
- **Control de calidad de aire:** regulación de la entrada de aire exterior según nivel de CO<sub>2</sub> en sala.

- **Control cajas VAV:** ajuste del caudal de aire de impulsión de cajas VAV según la carga de la sala.
- **Control térmico de ACS:** ajuste de las condiciones térmicas según la temperatura exterior. Permite reducir pérdidas energéticas en las redes hidráulicas de los edificios.
- **Control centrales de producción:** modificación de los parámetros de operación de las centrales de frío y calor según la carga de los edificios.
- **Limitación de demanda:** ajuste de consignas en puntas de demanda energética.
- **Control auto-adaptativo:** auto-ajuste de horarios de arranque y paro de las instalaciones para obtener las condiciones de confort programadas en los momentos preestablecidos, con compensación de las inercias térmicas de los edificios frente a las condiciones externas.
- **Control predictivo:** los controladores con webserver integrado permiten ajustar la programación horaria de instalaciones (p.e. solar térmica) según las condiciones climáticas predictivas facilitadas vía un *link* a webpage de previsión meteorológica.



**Figura 10.** Modulo de control predictivo moduWeb (SAUTER 2009).

## APLICACIONES DE CONTROL INTEGRADO:

Son aplicaciones de control que permiten gestionar de forma coordinada diferentes equipos y subsistemas técnicos de los edificios, por integración de sistemas. Sin duda el control integrado aporta múltiples posibilidades para la gestión energética eficiente de un hospital. Seguidamente se exponen algunos ejemplos:

- **Control Eléctrico:** supervisión del suministro eléctrico, mediante la integración de analizadores de redes. El control integrado permite reaccionar frente a sobreconsumos en horas punta, filtración de armónicos que evitan sobrecalefamiento de cuadros, pérdidas o disparos de térmicos, etc.
- **Control de Equipamiento:** supervisión y control de ciertos equipos con importante trascendencia en la optimización de consumos, como son los variadores de velocidad (en ventiladores del sistema HVAC, en bombas de ACS, etc.), entre otros.
- **Control Integrado de Subsistemas:** supervisión y control en un mismo interfaz gráfico o SCADA de diferentes subsistemas técnicos, como son: climatización (HVAC), ACS, iluminación, detección de incendios, control de accesos, elementos de transporte, etc.

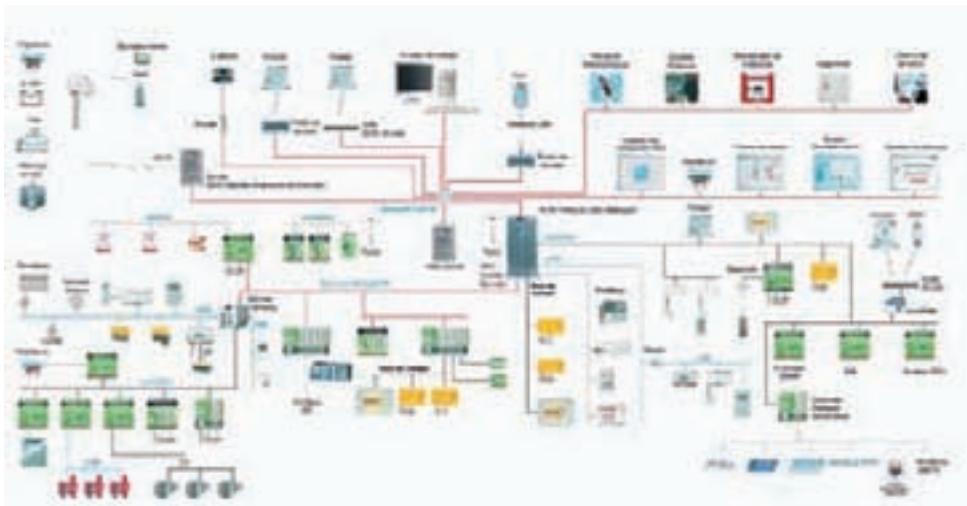


Figura 11. Arquitectura de un SGTC integrando diversos subsistemas.

- **Gestión Avanzada de Alarms:** emisión on-line de alarmas críticas a destino remoto (vía correo electrónico, mensajes SMS, avisos en "busca", etc.). Algunas aplicaciones permiten que el gestor técnico acceda a la visualización de pantallas o datos en formatos adaptados para PDAs o teléfonos móviles.
- **Control Centralizado:** supervisión y control de todas las instalaciones desde un mismo puesto central, ya sea local, remoto o deslocalizado vía internet.

## 10.8. La gestión técnica centralizada y la eficiencia energética

Un óptimo uso de los SGTC disponibles en los centros hospitalarios permite, en muchos casos sin inversiones suplementarias, llevar a cabo una eficiente gestión energética de las instalaciones. Para ello es preciso que el equipo gestor o conductor de las instalaciones sea profesional formado en las especialidades técnicas de su responsabilidad (control y regulación, programación, comunicaciones, electricidad, climatización e hidráulica).

Es relevante diferenciar las funciones de gestor o conductor del sistema de las funciones de gestor de mantenimiento, pues son actividades, especialidades y responsabilidades complementarias pero diferentes, con importantes ventajas en el caso de que sean realizadas por diferentes empresas.

Diversos estudios estiman que el ahorro energético mínimo que se puede conseguir con un sistema de Gestión Técnica Centralizada está en torno al 15-20%.

¿Qué medidas se pueden implementar desde el SGTC para mejorar la Eficiencia Energética manteniendo el confort de los usuarios y el correcto funcionamiento de las instalaciones?

En promedio los sistemas de climatización (HVAC) e iluminación representan aproximadamente el 60% del consumo de un edificio; por tanto, éstos son los que influirán en mayor medida en la optimización energética global.

### **Medidas de optimización sobre el sistema de climatización:**

- Ajuste de temperaturas de consigna. Diversos estudios (e.g. "Guía práctica de la energía" IDAE. 2004) confirman que:
  - *El subir 1 °C la temperatura de consigna de calefacción representa 5% - 7% de incremento de consumo energético.*
  - *El reducir 1 °C la temperatura de consigna de refrigeración representa 8% - 10% de incremento de consumo energético.*
- Cambio automático de temperatura de consigna mediante las opciones de programación básica descritas en el apartado 10.7 (control zonificado, estacional, ocupacional, de presencia, calendario y horario), de forma que en todo momento se esté climatizando según las necesidades reales.
- Control de apertura de ventanas, interactuando sobre la climatización con cambio automático a "temperatura consigna reducida" o incluso desconexión del clima por detección de ventana abierta en la zona.
- Programación horaria de las máquinas de producción y distribución (climatizadores, enfriadoras, bombas, etc.) por control zonificado, estacional, ocupacional, de presencia, calendario y horario.
- Control de máquinas en centrales de producción y distribución (climatizadores, enfriadoras, bombas, etc.) según las necesidades reales de carga de los edificios.
- Integración del control de los sistemas de generación de energías renovables (placas solares térmicas, geotermia, etc.), cogeneración y energías de distrito (*district heating*) dentro del sistema de gestión.
- Gestionar el mando alternativo de máquinas enfriadoras y bombas de calor supone un 2% de ahorro energético.
- El control digital de entalpía y humedad en el aire para un *freecooling* supone un 2% de ahorro energético.

### **Medidas de optimización sobre el sistema de iluminación:**

- Control de persianas o lamas parosoles según la intensidad lumínica exterior, por control zonal, presencial, calendario y horario.
- Control del sistema de iluminación de pasillos, zonal por escenas, por detección de presencia, etc. Ver Capítulo 7.
- Control de iluminación de fachadas y rótulos luminosos por intensidad lumínica real exterior.
- Instalación de luminarias de bajo consumo y mantenimiento eficiente.

Con la adopción de estas medidas de optimización en sistemas de Climatización e Iluminación y un SGTC se pueden alcanzar importantes ahorros energéticos potenciales, Tabla 2.

**TABLA 2.** Ahorro estimado por implementación de CTGE.

Potencial de ahorro por implementación de GTCE	
Climatización (ACS + Calefacción + Refrigeración)	15-20 %
Iluminación	10-20%

Existen organizaciones que establece unos rangos generales de potencial de ahorro energético según acciones concretas aplicadas a los sistemas de iluminación y climatización, Tabla 3.

### **Caso práctico: Hospital Fuenlabrada**

#### Características del Hospital Fuenlabrada (Madrid):

- Superficie: 65.000 m<sup>2</sup>.
- Camas: 406 Uds.
- Quirófanos: 11 Uds.
- Puntos de Control: 15.000 Uds.

El Hospital de Fuenlabrada (Madrid) es un ejemplo real donde la completa

**TABLA 3.** % Objetivos de reducción de consumos s/ LONMARK.

Basic automation function	Potential saving	Positive factors of influence
<b>Potential saving in lighting energy</b>		
Constant lighting control (C-LC) (occupancy dependent, with dimming)	35-50%	++ Good supply of daylight ++ Good level of illumination (>300 lux) ++ Particularly efficient with LED
Automatic lighting control (occupancy & time-dependent, with dimming)	20-40%	++ Good supply of daylight ++ Good level of illumination
Zone responsive switch boxes	3-8%	++ Good supply of daylight
Programmed start/adjustment (P-SA)	10-12%	++ Good supply of daylight ++ Particularly efficient with LED
<b>Potential saving in heating and cooling energy</b>		
Time programme for heating/cooling systems	5-10%	++ Early operation period for heating ++ Low building mass
Occupancy programme	3-10%	++ Occupant of absence during non-occupant period for heating
Weather monitoring	3-10%	++ Low building mass
Free night time cooling	No benefit	++ Utilisation of outside air must be possible
Nominal consumption	No benefit	++ Possible for all types of cooling systems
Thermal insulation for winter protection (heating)	5%	++ Good supply of daylight ++ External walls protected

implementación de un SGTC junto con la gestión profesionalizada de las instalaciones y un correcto mantenimiento han comportado importantes reducciones de consumo eléctrico (27,98%, 8.073 kW-h/año) y consiguiente ahorro de coste energético de las instalaciones, valorados en 375 k€/año.

**TABLA 4.** Tasas de optimización energética en Hospital Fuenlabrada (Madrid).

Concepto	Año 2005	Año 2008	% variación
Electricidad (M kWh/año)	14,505	12,046	-16,95%
Gas (M€ kWh/año)	14,348	8,735	-39,12%
TOTAL (M kWh/año)	28,853	20,780	-27,98%

## 10.9. La gestión de mantenimiento y la eficiencia energética

Un correcto mantenimiento es fundamental para conseguir el máximo rendi-

miento operativo y energético de los equipos e instalaciones electromecánicas, incluidos los elementos de hardware y software del SGTC, por lo que conviene llevar a la práctica el Plan de Mantenimiento del hospital de forma permanente durante toda la vida útil del edificio.

Los equipos, con su uso, sufren deterioros, fallos, desgastes, bloqueos, pérdida de calibración, fugas o pérdidas, funcionamiento fuera de sus condiciones de diseño, etc. Todas éstas casuísticas repercuten en el consumo energético agregado de los edificios.

Por tanto, aunque redundante, resulta clarificador insistir en que sin un mantenimiento eficaz del SCTC y de todas las instalaciones electromecánicas, el rendimiento energético de los edificios irá disminuyendo, aparecerán problemas operativos, interrupciones de servicio, quejas de los usuarios (enfermos, visitas, personal médico y/o de servicios), sobrecostes y deterioro de la imagen del centro hospitalario.

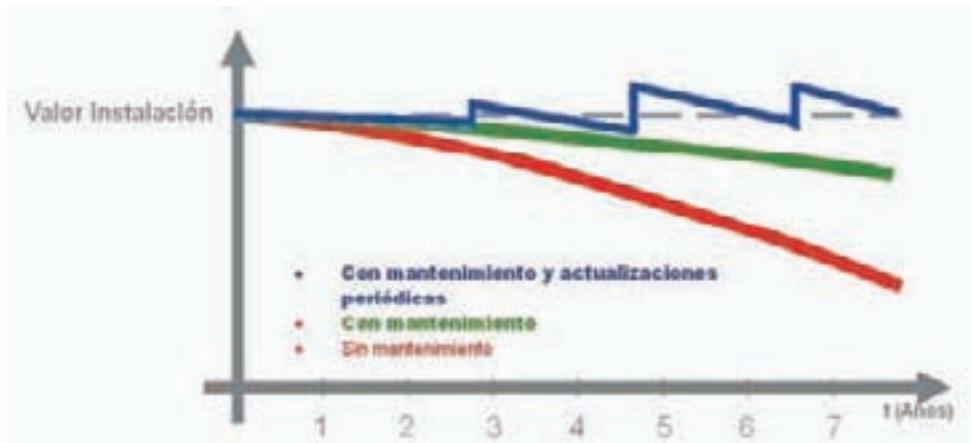
En el caso de los centros asistenciales cabe recalcar la trascendencia de un mantenimiento eficaz dadas las específicas necesidades y peculiaridades de este tipo de edificios (ver Capítulo 6).

En los centros sanitarios de titularidad pública y gestión privada (total o parcial), un deficiente mantenimiento puede comportar penalizaciones económicas, reflejadas en las condiciones contractuales, por deficiencias de calidad y disponibilidad.

En la Fig. 12 se representa la evolución del valor de las instalaciones de un edificio a lo largo de los años en el caso de que no se realice mantenimiento, se realice un mantenimiento eficaz o juntamente con éste se lleven a cabo actualizaciones periódicas requeridas por el deterioro de equipos y amortización de activos.

Genéricamente se diferencian tres tipos de mantenimiento: mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

- **Mantenimiento correctivo:** intervenciones no sistemáticas originadas por la detección de anomalías, reparación o substitución de elementos desgasta-



**Figura 12.** Evolución del valor de las instalaciones en función del mantenimiento.

dos o averiados, que comporten interrupciones de servicio, funcionamiento fuera de los parámetros deseados o en condiciones que puedan generar perjuicios de las instalaciones y usuarios.

- **Mantenimiento preventivo:** inspecciones sistemáticas de equipos e instalaciones para la verificación de su correcto funcionamiento, que evitan la aparición de averías e interrupciones de servicio, mantienen su rendimiento operativo y alargan la vida útil.
- **Mantenimiento predictivo:** previsión o detección de fallos anticipadamente a su aparición, permitiendo corregir disfunciones sin prejuicios del servicio. Se utilizan instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas (p.e. análisis de lubricantes, termografías de equipos eléctricos, etc.).

Un SGTC permite dar información relevante al gestor de mantenimiento, tanto para acciones correctivas (incidencias de paros, fallos, etc.), como de planificación de mantenimiento preventivo (p.e. filtros sucios, temperaturas de consigna incorrectas, etc.), e inclusive aporta datos para un mantenimiento predictivo (p.e. tiempos de funcionamiento de equipos como bombas o ventiladores, etc.).

Adicionalmente un SGTC permite comunicarse con un software específico de gestión de mantenimiento o GMAO, compartiendo las bases de datos.

El mantenimiento correctivo de un SGTC implica generalmente un paro prolongado de las instalaciones, con los consiguientes perjuicios que dicha interrupción de servicio puede conllevar en un hospital. Por tanto, es especialmente aconsejable llevar a cabo un correcto y continuado mantenimiento preventivo.

Para el desarrollo de un correcto mantenimiento correctivo de un hospital, es muy recomendable disponer de un stock de seguridad *in situ* de los elementos considerados necesarios, habituales y críticos de los equipos electromecánicos, así como un servicio con garantía de cobertura permanente (365 días/año - 24 horas/día). Todo mantenimiento correctivo debe llevarse a cabo de forma rápida y precisa, puesto que en muchos casos están relacionadas con un paro de las instalaciones. El SGTC permite informar al gestor de mantenimiento, de forma rápida y concisa, sobre las incidencias ocurridas.

Actualmente es posible realizar acciones de mantenimiento preventivo y predictivo desde el Nivel de Automatización y Nivel de Gestión de un SGTC de forma remota vía Web, es decir, por telegestión.

Incluso en el caso de que los equipos e instalaciones hospitalarios estuvieran correctamente diseñados y construidos desde el proyecto original, gestionados y operados por profesionales capacitados e inclusive con una gestión de mantenimiento eficaz, sufren desgastes y deterioros, obsolescencia tecnológica, desfase frente a los requerimientos operativos, cambios de usos, etc. Por tanto, es preciso acometer actualizaciones periódicas que garanticen su óptimo y eficiente comportamiento. Los cambios tecnológicos son especialmente dinámicos para el hardware y software, intensivo y crítico en este tipo de edificios.

En la Tabla 5 se evalúan las tasas de ahorro en consumos eléctricos para climatización e iluminación como consecuencia de un mantenimiento eficaz de las instalaciones.

**TABLA 5.** Ahorro energético por un mantenimiento eficaz.

Potencial de ahorro por mantenimiento adecuado	
Climatización (ACS + Calefacción + Refrigeración)	10-20%
Iluminación	10-20%

Dado el sofisticado nivel tecnológico de las instalaciones de control de los SGTC, y las actuaciones de optimización de sistemas integrados e interrelacionados, es recomendable confiar la conducción de las instalaciones a personal técnico especialista, específicamente formado y con experiencia en las áreas de su responsabilidad (control y regulación, programación, comunicaciones, electricidad, climatización e hidráulica). Es aconsejable segregar y contratar a empresas independientes los servicios de gestión / conducción de los servicios de mantenimiento. De esta forma la propiedad, pública o privada, dispone de información veraz sobre el estado y comportamiento del hospital, a la vez que se consiguen mayores resultados cualitativos y cuantitativos con menores ineficiencias, designadas las responsabilidades claramente definidas.

Con la implementación de un SGTC, con climatización e iluminación integrados, más un mantenimiento eficaz, se pueden estimar unas tasas de ahorro potencial recogidas en la Tabla 6.

**TABLA 6.** Estimación potencial de ahorros energéticos en climatización e iluminación.

Potencial de ahorro	Implementación SGTC	Mantenimiento Eficaz	Total ahorro potencial
Climatización (ACS + Calefacción + Refrigeración)	15-20%	10-20%	25-40%
Iluminación	10-20%	10-20%	20-40%

Por todo lo expuesto, es obvio que sin un mantenimiento eficaz es inviable conseguir una gestión energética eficiente.

## 10.10. La gestión energética en hospitales

El gasto energético de un edificio viene determinado por muchos factores: tipo y eficiencia de los sistemas instalados, combustibles suministrados, eficacia del mantenimiento, las condiciones térmicas del edificio, el tipo de actividades que se desarrollan en él, su grado de ocupación y funcionamiento, la dimensión, ubicación geográfica, climatología y respuestas constructivas, condicionantes personales (hábitos de los usuarios), envejecimiento o edad del edificio y sus instalaciones, etc.

La normativa vigente relativa a la certificación energética categoriza los edificios en virtud de su rendimiento energético (kWh/año, kWh/m<sup>2</sup>, kgCO<sub>2</sub>/año, kgCO<sub>2</sub>/ m<sup>2</sup>).

Equivalencias energéticas:

1 kWh eléctrico = 0,510 kgCO<sub>2</sub>

1 kWh térmico de gasoil = 0,264 kgCO<sub>2</sub>

1 kWh térmico de gas natural = 0,201 kgCO<sub>2</sub>

1 kWh térmico de biomasa = 0,000 kgCO<sub>2</sub>

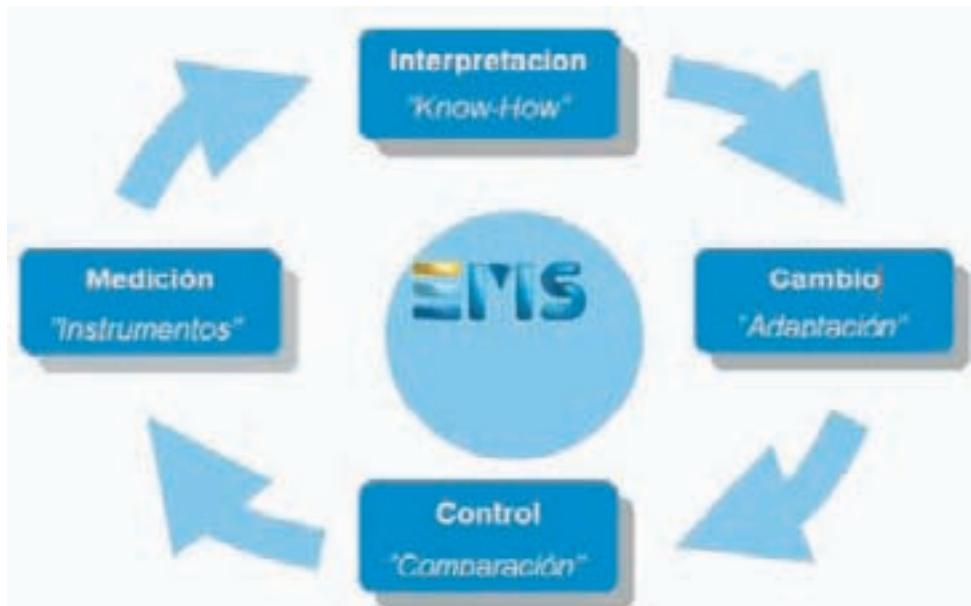
1 TEP (Tonelada Equivalente de Petróleo) = 11.622 kWh

Para una metódica aproximación a la Gestión Energética se recomienda seguir los siguientes pasos iterativos:

- MEDIR y registrar los consumos energéticos por zonas mediante los instrumentos adecuados.
- INTERPRETAR los datos obtenidos con el Know-How experto y profesional del Gestor Energético.
- CAMBIAR o modificar las condiciones del sistema (ver Aplicaciones de Control Básicas, Avanzadas e Integradas en Capítulo 7) de acuerdo con el Plan Energético específico de cada edificio.
- CONTROLAR los resultados obtenidos, compararlos con otros edificios similares y con valores de referencia (benchmarking) para extraer conclusiones.
- Y, posteriormente... volver a MEDIR - INTERPRETAR - CAMBIAR - CONTROLAR - .... de forma iterativa.

El seguimiento de la Eficiencia Energética de un edificio no es un trabajo puntual, sino que debe realizarse de forma regular y continuada.

Actualmente existen módulos de software específicos para la gestión energética, integrables en los SGTC con bases de datos compartidas, imprescindibles para la Gestión Energética de los edificios.



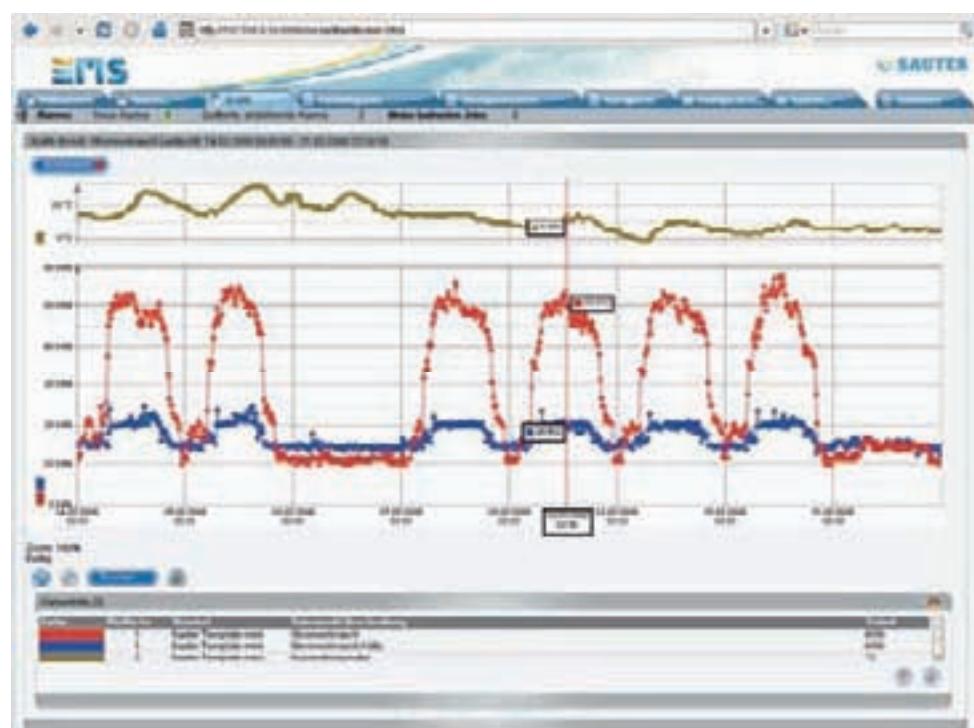
**Figura 13.** Proceso de Gestión Energética.

Energy Management System facilita informes temporales (diarios - semanales - mensuales - anuales) de los diferentes consumos y equivalencia económica, por centros o zonas; presenta históricos de consumos del mismo edificio; extrae ratios (kwh/m<sup>2</sup>, etc.); compara ratios con otros edificios similares o versus valores de referencia y aporta datos normalizados con respecto a las condiciones ambientales.

EMS facilita la representación gráfica y en tiempo real del comportamiento energético del edificio respecto a un valor de referencia (de diseño, promedio del sector, objetivo marcado por dirección, etc.). Es por tanto una Auditoria Energética de los edificios permanente y en tiempo real.

EMS facilita los históricos de consumos de los edificios y comparativas con otros centros similares (benchmarking) que permiten evaluar su funcionamiento energético y establecer objetivos de mejora más ambiciosos.

Esta herramienta aporta la información de consumos de forma útil y adaptada para aquellos centros que imputan costes o facturaciones de suministro de servicios por centros de beneficio o departamentos a empresas o profesionales "externos".



**Figura 14.** Pantallas EMS (SAUTER 2008).

Para la conducción y gestión energética de hospitales es recomendable la labor de un equipo experto; sin embargo, éste no es el único implicado. La dirección del hospital debe conocer que el pretender la Eficiencia Energética requiere de la colaboración de los usuarios (enfermos, visitas, personal médico y/o de servicios), por lo que es recomendable editar guías o carteles con informaciones claras y concisas (uso de termostatos de habitaciones / quirófanos, apertura ventanas, etc.).

## 10.11. Conclusiones

En la coyuntura actual de encarecimiento de la energía, es preciso implementar medidas que aseguren un perfecto funcionamiento de las instalaciones sanitarias con los óptimos costes de explotación, y específicamente los relevantes consumos energéticos.

El sector hospitalario está especialmente implicado e interesado en reducir sus necesidades energéticas, y precisa herramientas específicas, como son los SGTC y EMS, que muestren el nivel y calidad en la Gestión Energética de los edificios.

Hoy en día está ampliamente aceptada la necesidad de un mantenimiento eficaz para garantizar los óptimos resultados de las instalaciones a lo largo de la vida útil de los edificios. Pero nos enfrentamos a nuevas y superiores exigencias, en un marco de constante evolución tecnológica; por tanto, en un hospital o centro asistencial es recomendable disponer de los servicios de un personal especializado para la conducción de las instalaciones y la gestión energética.

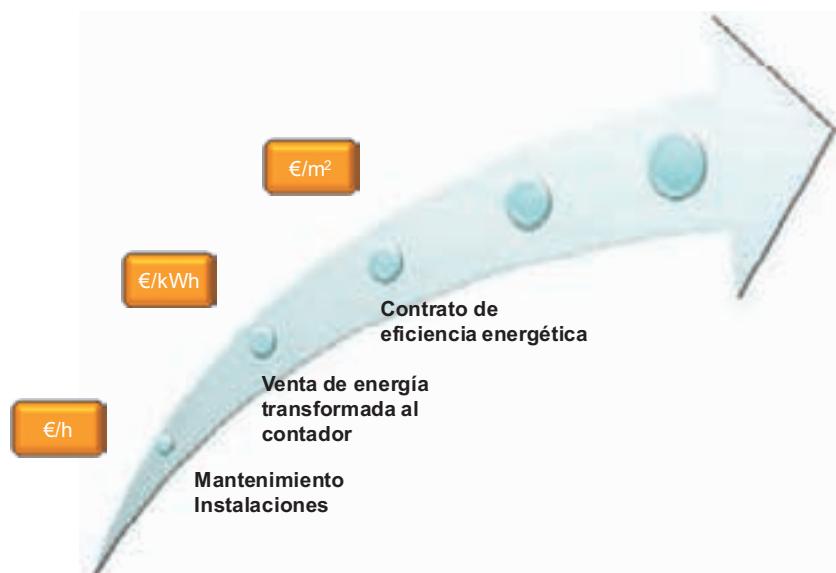
Con todo ello podremos reducir los costes de explotación por consumo energético durante toda la vida útil de los edificios.



## 11.1. Antecedentes

Si bien es verdad que hace más de diez años de la existencia de empresas de servicios que, además de prestar servicios tradicionales como el mantenimiento de instalaciones, gestionaban la energía transformada en esas instalaciones, no ha sido hasta la creación del nuevo escenario de la Eficiencia Energética en la Europa de los 27, cuando se ha establecido un marco de actuación para la Empresas de Servicios Energéticos.

La evolución de estas empresas de servicios a lo largo de los años se puede observar en la Fig. 1.



**Figura 1.** Evolución de las empresas de servicios energéticos. (Fuente: © Dalkia).

Este nuevo escenario está basado en el marco legislativo siguiente:

- Libro Blanco, 1997 (EE.RR., aportación del 12% de Renovables de la Energía Primaria).
- Libro Verde, 2005 (Eficiencia Energética, "Cómo hacer más con menos").
- Directiva 2001/77/CE (Electricidad Renovable).
- Directiva Europea Triple 20:
  - Elevar la contribución de las energías renovables al 20% del consumo.
  - Reducir un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero.
  - Reducir un 20% el consumo de energía primaria.
- Directiva 2002/91/CE (Eficiencia Energética de los Edificios).
- Directiva 2006/32/CE (Eficiencia del uso final de la Energía y Servicios Energéticos).

La transposición de estas dos últimas Directivas Europeas ha dado lugar a la siguiente legislación:



Según la Directiva Europea 2006/32 se define la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos y, en concreto, de la Empresa de Servicios Energéticos (ESE) de la siguiente manera:

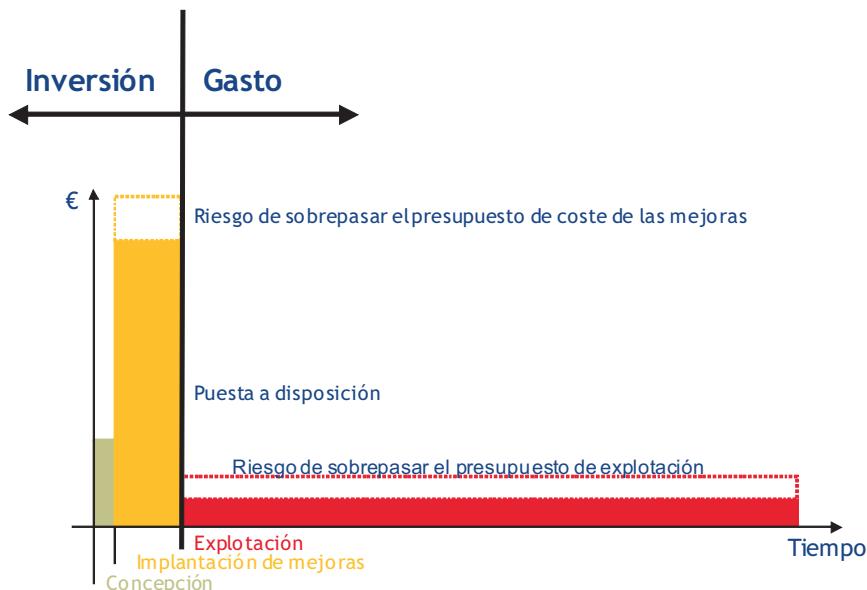
**■ Persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario y afronta cierto grado de riesgo económico al hacerlo.**

**■ El pago de los servicios prestados se basará (en parte o totalmente) en la potencia de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenidos.**

Es, por tanto, una empresa que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia, y que asume un riesgo económico y una responsabilidad sobre su mejora.

En cuanto al riesgo económico, frente al modelo tradicional en que el usuario asume el riesgo de concepción y de inversión de las mejoras, en este nuevo modelo es la ESE la que asume el riesgo de la inversión y lo difiere como gasto a lo largo de la duración del contrato de servicios energéticos.

En los gráficos de las Figs. 2 y 3 se puede apreciar la diferencia entre ambos modelos:

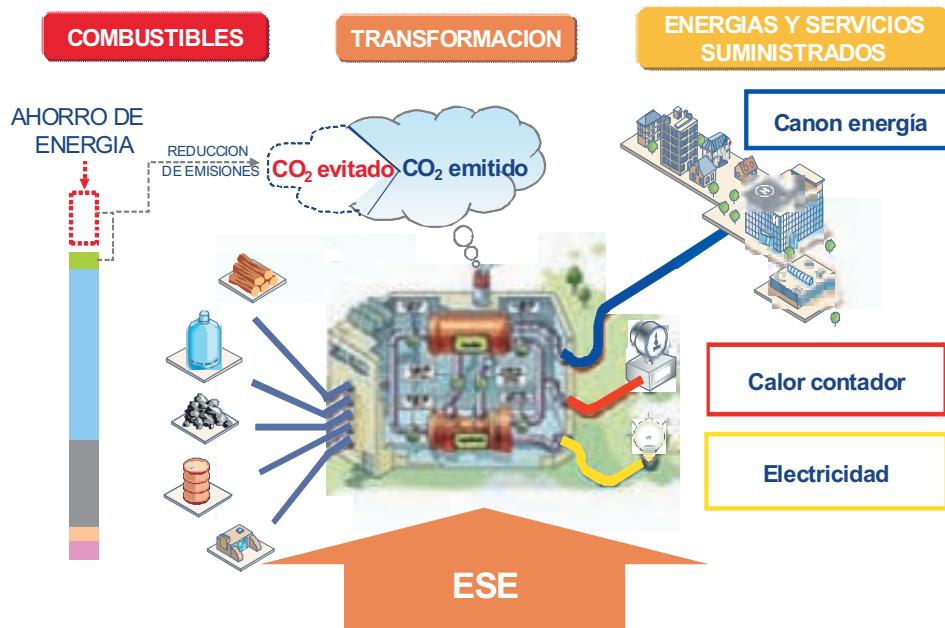


**Figura 2.** Riesgo económico. Modelo de contratación tradicional. (Fuente: © Dalkia).



**Figura 3.** Riesgo económico. Modelos de contratación de Servicios Energéticos (ESE). (Fuente: © Dalkia).

La responsabilidad que asume una ESE es sobre la transformación de las energías primarias, asegurando un rendimiento, tal y como se indica en la Fig. 4.



**Figura 4.** Actuaciones de las empresas de servicios energéticos. (Fuente: © Dalkia).

La ESE propone un modelo de gestión que integra un conjunto de servicios y prestaciones complementarias, asegurando la optimización de la calidad y la reducción de los costes energéticos:

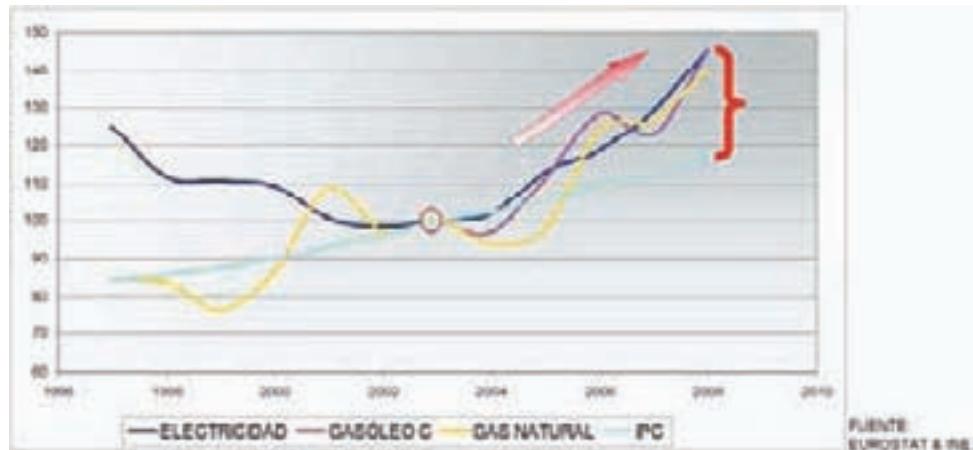
- Compra y gestión de las energías primarias en el marco de un mercado generalizado.
- Operación y mantenimiento, controlando y adecuando las necesidades energéticas.
- Realización de las inversiones en mejoras totales y parciales.
- Valorización del patrimonio mediante compromisos de garantía total.



**Figura 5.** Modelo de gestión de una ESE. (Fuente: © Dalkia).

## 11.2. Necesidades de actuación

Para reforzar la necesidad de una solución energética, en la Fig. 6 se presenta un gráfico sobre la evolución de los precios de los distintos suministros energéticos, respecto a la evolución del IPC.



Del gráfico anterior se deduce la necesidad de optimizar los consumos según el Plan de Acción 2004-2012, de acuerdo a las Iniciativas del Gobierno E4 (2005-2007) y E4+ (2008-2012), así como el Plan de Activación de julio de 2008 y el Plan de Acción Empresas de Servicios Energéticos.

Las previsiones de ahorro para los diferentes planes son los que se indican en la Fig. 7.



Figura 7. Previsión de consumo en el horizonte del Plan de Acción 2008-2012. (Fuente: © Dalkia).

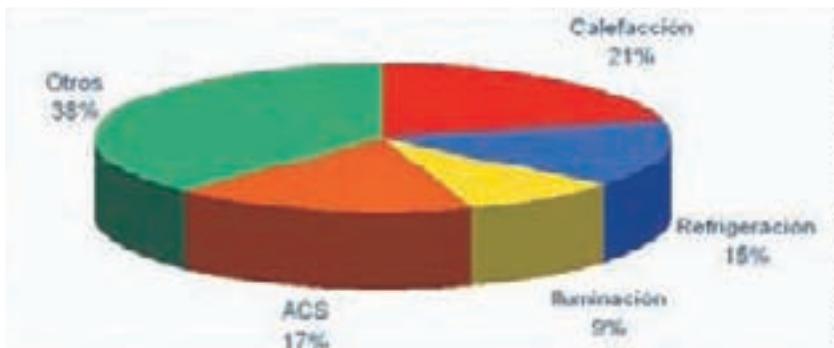
### 11.3. El sector hospitalario

Aunque los gastos energéticos de un centro hospitalario suponen un porcentaje mínimo frente a otros gastos (entre 0,5% y 1% para los gastos de combustible, y entre 1% y 2% para los gastos de electricidad), la situación actual, junto con las características que se indican a continuación, hacen a este sector un sector estratégico dentro del campo de actuación de las ESE's:

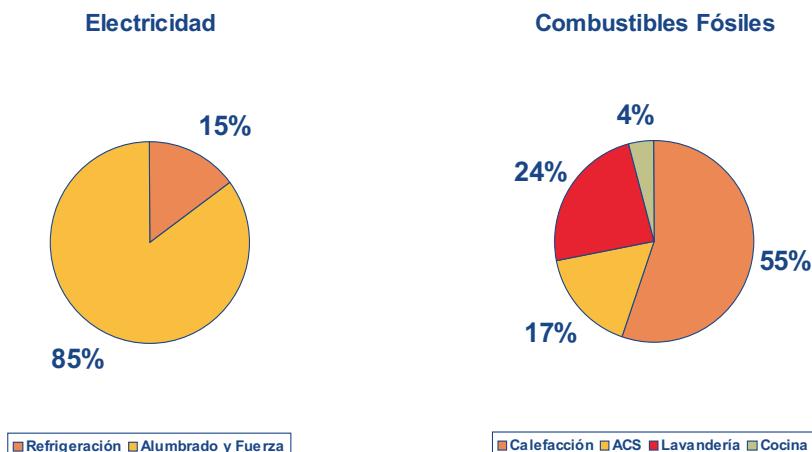
- Son grandes consumidores de diferentes tipos de energía.
- Poseen consumos estables a lo largo del tiempo y con tendencia a incrementarse, debido a la mejora del confort de los usuarios, así como la implantación de nuevo equipamiento de electromedicina.
- Existe un elevado número de centros con posibilidades de optimización, debido a la antigüedad de las instalaciones.
- Existencia de otras prioridades de inversión de las gerencias de los centros.
- Existencia de instalaciones centralizadas de frío y calor.
- Política de construcción de nuevos centros hospitalarios, donde se hace imprescindible el establecimiento de Planes de Eficiencia Energética desde la etapa de diseño y construcción.
- Ejemplo para el entorno.



Como complemento a lo indicado anteriormente, se adjuntan los gráficos de las Figs. 8 y 9.



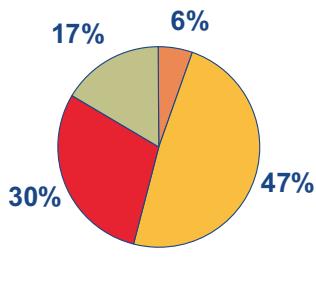
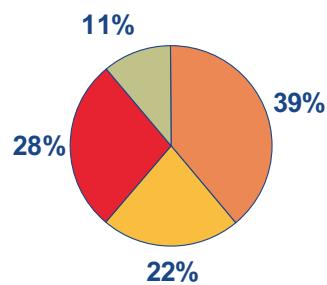
**Figura 8.** Balance energético hospital tipo. (Fuente: Unión Fenosa).



**Figura 9.** Necesidades energéticas de un hospital por tipo de energía primaria. (Fuente: © Dalkia).

Las soluciones energéticas no siguen un modelo rígido, siempre han de ser soluciones personalizadas. Como ejemplo se muestra la Fig. 10 donde se comparan las necesidades térmicas del hospital tipo de Castilla y León y el hospital tipo de Andalucía.

Como indicativo de la importancia de este sector, en la Tabla 1 aparece un listado de los hospitales y centros de salud existentes.

**Hospital Castilla y León****Hospital Andalucía**

**Figura 10.** Comparativa de las necesidades térmicas de un hospital tipo en Castilla y León y un hospital tipo en Andalucía. (Fuente: © Dalkia).

**TABLA 1.** Hospitales y centros de salud. (Fuente: © Dalkia).

	Hospitales Públicos		Hospitales Privados		Total Hospitales		Centros de Salud
	Hospitales	Camas	Hospitales	Camas	Hospitales	Camas	Centros
Andalucía	43	16.481	61	6.024	104	22.505	1.488
Aragón	20	4.419	10	1.064	30	5.483	118
Asturias	9	3.182	11	1.041	20	4.223	209
Cantabria	5	1.461	4	709	9	2.170	150
Castilla La Mancha	19	5.146	12	559	31	5.705	592
Castilla y León	16	7.383	24	2.047	40	9.430	239
Cataluña	42	12.058	161	20.905	203	32.963	324
Com. Valenciana	33	10.460	28	2.532	61	12.992	756
Extremadura	12	3.909	10	453	22	4.362	105
Galicia	16	7.992	31	2.641	47	10.633	482
Islas Baleares	11	2.416	12	1.301	23	3.717	57
Islas Canarias	14	4.797	25	2.956	39	7.753	241
La Rioja	3	852	2	124	5	976	23
Madrid	26	13.582	51	7.770	77	21.352	193
Navarra	6	1.379	7	1.039	13	2.418	196
País Vasco	18	5.929	26	2.534	44	8.463	107
Región de Murcia	11	3.232	16	1.485	27	4.717	75
<b>TOTAL</b>	<b>304</b>	<b>104.678</b>	<b>491</b>	<b>55.184</b>	<b>795</b>	<b>159.862</b>	<b>5.355</b>

### **11.3.1. Objetivos**

Hoy en día, cualquier centro hospitalario consciente de la situación actual tiene los siguientes retos:

● **Mejorar el confort de los ocupantes:**

- Garantizar un nivel de temperatura.
- Asegurar la disponibilidad de las instalaciones.
- Intervenir rápidamente en caso de disfuncionamiento.

● **Preservar la salud de los ocupantes:**

- Garantizar la adecuación de la calidad del aire.
- Prevenir el riesgo de legionella.
- Cumplir la normativa sanitaria y medioambiental.

● **Optimizar la factura energética y los costes de explotación:**

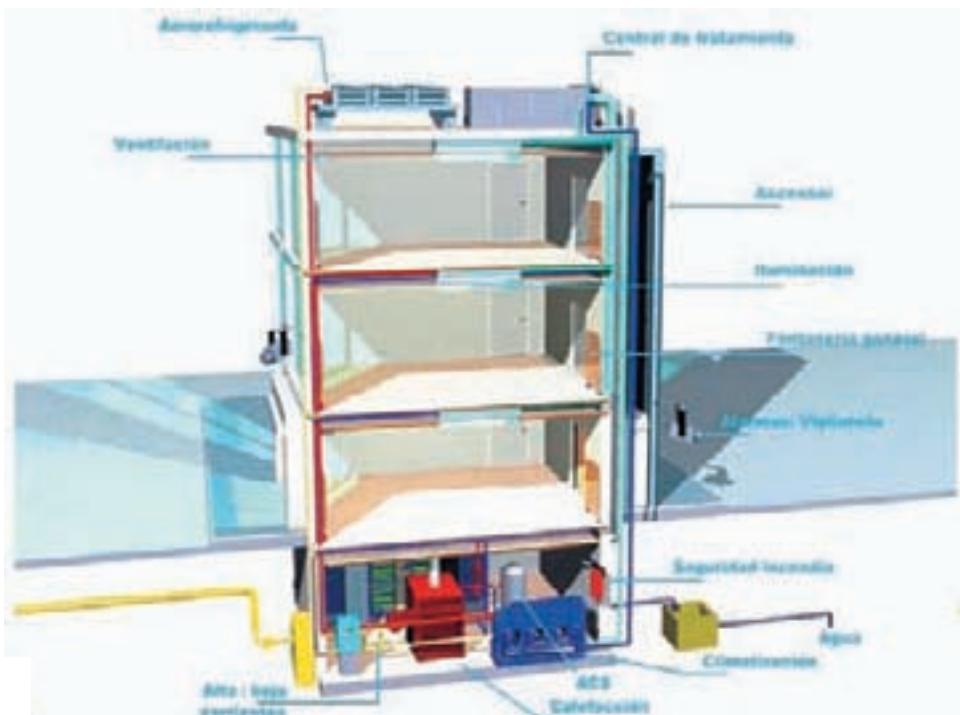
- Controlar el consumo de energía.
- Adaptar las instalaciones en función de la evolución de las necesidades.
- Anticiparse al envejecimiento del material.
- Sustituir las instalaciones vetustas, modernizándolas y adaptándolas a las nuevas reglamentaciones técnicas, sanitarias y medioambientales.

- **Valorizar el patrimonio.**
- **Preservar el medio ambiente.**

Por lo tanto, el objetivo de las ESE's es la optimización del suministro de fluidos energéticos para que el centro hospitalario pueda dedicarse a su actividad principal.

### 11.3.2. Perímetro técnico

El perímetro de actuación de una ESE dentro de un centro hospitalario se puede observar en la Fig. 11.



**Figura 11.** Perímetro de actuación de una ESE en un hospital. (Fuente: © Dalkia).

Y, en particular, para cada uno de las dependencias, se tiene lo siguiente:



#### ZONAS TÉCNICAS



Esterilización

Salas limpias y zonas con atmósfera controlada

Climatización

Vacio médico

Frio



#### HABITACIONES



Calefacción y climatización

Salas limpias

Vacio médico



#### PRODUCCIÓN DE ENERGÍA



Calefacción y climatización

Cogeneración

Suministro eléctrico  
garantizado

Vacio médico



#### FUNCIONES LOGÍSTICAS



Climatización

Vapor

Frio



### 11.3.3. Actuaciones tipo

La optimización energética de toda instalación se produce con la conjunción de medidas de mejora de la eficiencia energética del edificio y la correcta determinación de una modalidad de suministro energético.

El consumo de energía de toda instalación es función de dos términos; por una parte, de la demanda energética requerida para mantener las condiciones de confort en el interior de los locales, y, por otra, del rendimiento de los sistemas empleados para satisfacer esa demanda.

La mejora de la eficiencia energética ha de hacer hincapié, desde el lado de la demanda, en reducir la energía requerida y, desde el lado de las instalaciones, en que sean las más idóneas y que su funcionamiento sea el más eficiente posible.



#### **La demanda energética.**

Entre los aspectos que intervienen en la potencial reducción de la demanda de energía se encuentran:

- Características constructivas. Se ha de tener en cuenta la orientación y características de la envolvente del edificio en cuanto a aprovechamiento solar pasivo, sombras, niveles de aislamiento térmico, calidad de los cerramientos, infiltraciones de aire, etc., con el fin de proponer medidas que reduzcan las pérdidas por las fachadas más desfavorecidas y que mejoren la captación solar pasiva en aquellas orientaciones más favorables durante el ciclo de climatización, disponiendo de los elementos necesarios que eviten la radiación solar directa en los meses de verano.
- Renovación de aire. Representa un factor fundamental en la sensación de confort por parte de los ocupantes respecto a olores y saturación del aire. Se ha de tener en cuenta la calidad del aire interior, la forma en que se realiza la renovación del aire, la localización de las tomas exteriores, la eficiencia del sistema y la posibilidad de empleo de renovación natural.

- Iluminación. Se han de verificar los niveles de iluminación existentes y las posibilidades de aprovechamiento de luz natural, con la consiguiente reducción de iluminación artificial.

### **Rendimiento de los sistemas.**

Respecto a los sistemas empleados en satisfacer la demanda energética, los apartados sobre los que se debe incidir son:

- Climatización. Se ha de tener en cuenta el potencial de mejora del sistema de climatización mediante la puesta a punto o sustitución de equipos por otros energéticamente más eficientes, la modificación de los parámetros de funcionamiento en cuanto a temperaturas de consigna, horarios, etc. Se comprobarán las posibilidades de modificación de la disposición constructiva de la instalación en los equipos generadores, red de distribución y elementos terminales, zonificación, equilibrado de circuitos, etc. Este tipo de reforma se planteará conjuntamente con una reforma del sistema de regulación y control de la instalación.

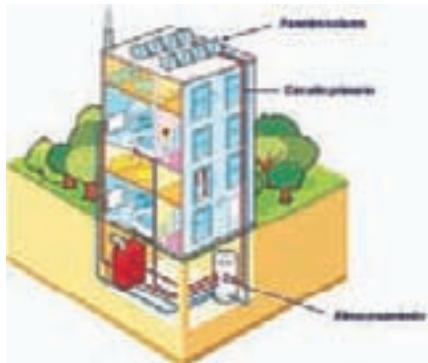
En el caso de emplear climatizadores, se evaluarán las posibilidades de optimización de la recuperación de la energía del aire de extracción, la utilización del enfriamiento gratuito si las condiciones exteriores lo permiten y, en general, la mejora del índice de renovaciones sin aumento del consumo de energía.

- Iluminación. Se ha de tener en cuenta el potencial de reducción del consumo eléctrico mediante la reducción de potencia por empleo de sistemas más eficientes, regulación del flujo luminoso en función del nivel de iluminación natural y mediante actuaciones en la gestión de la iluminación como horarios, sectorización, etc.
- Otros sistemas. En función del tipo de demanda a satisfacer se estudiará la viabilidad de utilización de tecnologías no convencionales.

A tal fin, las actuaciones tipo que una ESE ha de llevar a cabo son:

● Utilización de energías renovables.

- Solar térmica.



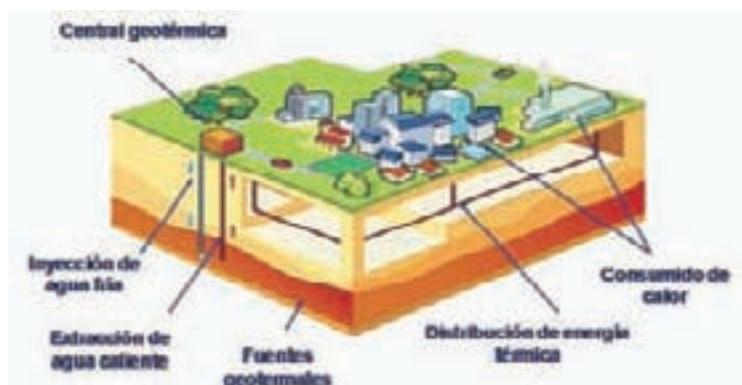
- Solar fotovoltaica.



- Biomasa.



- Geotermia.



De forma coordinada, se ha de tener en cuenta para cada una de las fuentes de energía utilizadas las características del suministro en aspectos de logística de almacenamiento, garantía de suministro y precio de mercado o tarifa vigente en la explotación de la instalación, y, en general, la adecuación de las condiciones de suministro contratadas respecto de los parámetros reales de funcionamiento de la instalación.

- Incremento de la potencia por adecuación a nuevas necesidades.
- Adecuación a normativa de las instalaciones de producción.
- Centralización de la producción de energía útil.
- Utilización de sistemas multienergía.
- Reingeniería de procesos O&M.
- Gestión de la demanda.

#### 11.3.4. Modalidades de soluciones energéticas

Las ESE's pueden ofrecer las siguientes modalidades de soluciones energéticas:

- **Modelo “Chauffage” o Modelo Francés:** modelo similar al descrito por el IDAE en el Modelo de Contrato de Servicios Energéticos de Edificios de las Administraciones Públicas, Fig. 12.

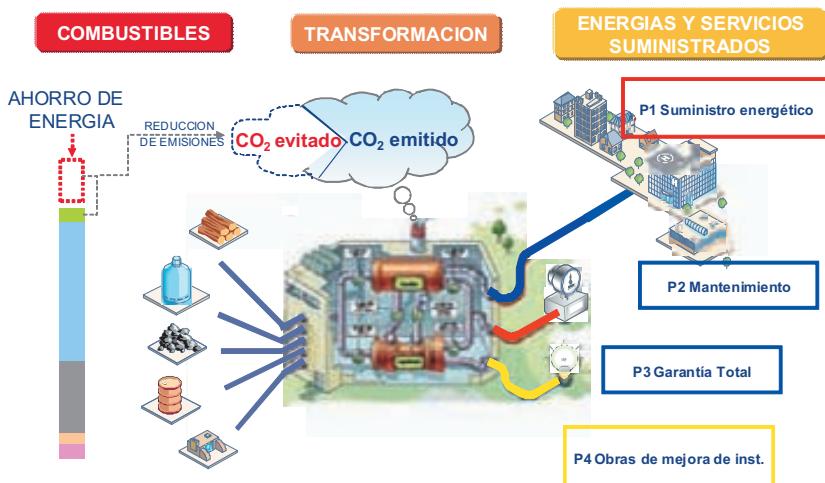


Figura 12. Modelo Francés. (Fuente: © Dalkia).

- **Modelo Ahorros Compartidos:** se consiguen unos ahorros económicos derivados de ahorros energéticos y se reparten entre el cliente y la ESE.

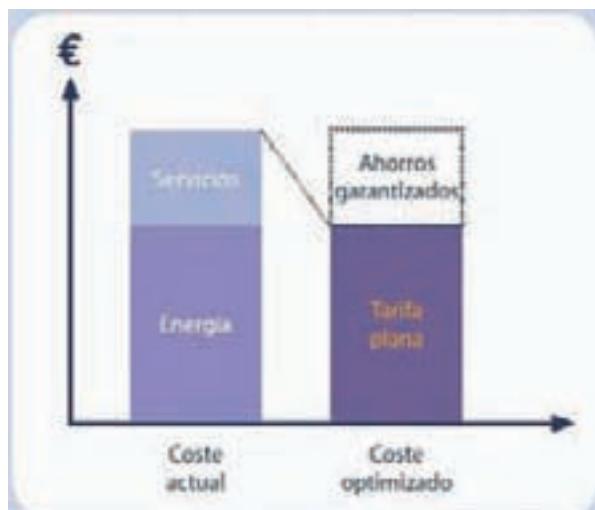
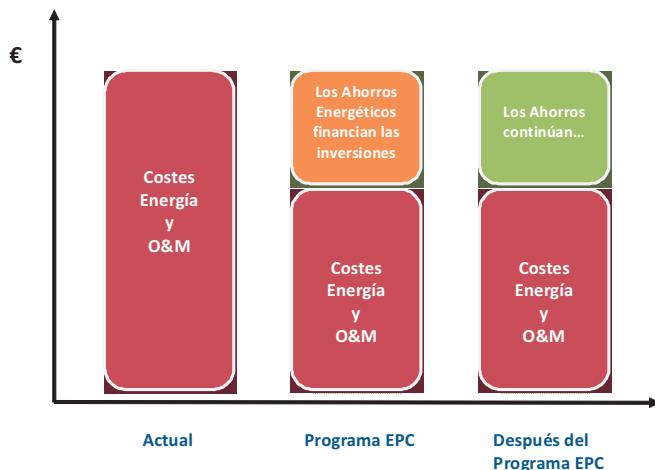


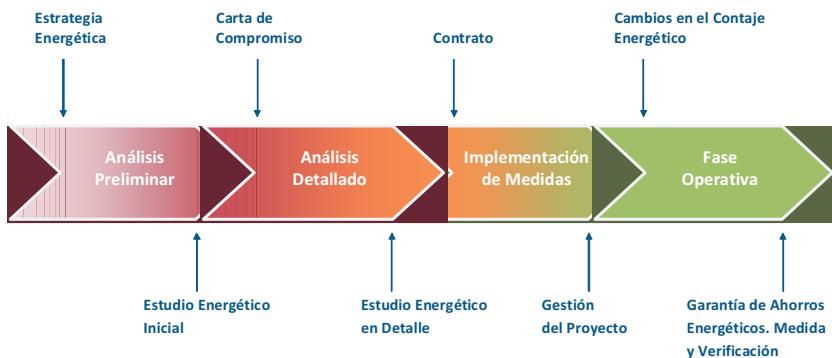
Figura 13. Modelo de Ahorros Compartidos. (Fuente: © Dalkia).

- **Energy Performance Contracting o Contrato de Rendimiento Energético (EPC):** la ESE ofrece un Project Finance energético, esto es, se realiza un estudio financiero-energético y se propone una Solución Energética en la que se

toman las propias instalaciones del edificio para financiar una mejora energética, consiguiendo ahorros económico tras el *payback* del proyecto.



**Figura 14.** Modelo de Contrato de Rendimiento Energético. (Fuente: © Dalkia).



## 11.4. Caso práctico

Se presenta a continuación un caso real de actuación de una ESE en el sector hospitalario.



**Figura 16.** Centro hospitalario. (Fuente: © Dalkia).

● **Características del centro hospitalario:**

- Conjunto hospitalario compuesto de 8 edificios.
- Superficie total construida: 163.239 m<sup>2</sup>.
- Población de referencia: 1.440.000 personas.
- Número de camas: 1.557.

● **Necesidades del centro hospitalario:**

- Redimensionamiento de las instalaciones para el volumen actual y previsión de futuro crecimiento.
- Reforma de las instalaciones actuales por adaptación a normativa legal.
- Nuevos sistemas de producción de fluidos térmicos.
- Utilización de fuentes de energía renovable.
- Optimización de consumos.

A la vista de los modelos existentes, el centro hospitalario optó por el siguiente modelo de gestión:

Gestión privada de los recursos mediante contrato administrativo especial:

- Es un contrato de servicio de suministro y de obras.
- Existe la ocupación privada de dominio público (**concesión**).

Estableciéndose los siguientes aspectos:

**Objeto de la concesión:**

- Construcción de tres centrales de producción de energía solar térmica.
- Mejora y aplicación de las centrales y subcentrales existentes.
- Explotación de las instalaciones de producción de fluidos:
  - ⇒ Vapor industrial para lavandería y esterilización.
  - ⇒ Agua sobrecaleñada para calefacción y energía auxiliar de ACS.
  - ⇒ Agua caliente sanitaria de producción solar.
  - ⇒ Agua fría para climatización.

**Actuaciones de mejora energética y medioambiental:**

- Puesta en servicio de tres centrales de producción de energía solar térmica.
- Sustitución de aquellas enfriadoras de menor eficiencia y que utilizaban R22 como refrigerante, por otras de alta eficiencia.
- Sustitución completa de los grupos térmicos de quemador de gasóleo por quemadores de gas.
- Adecuación de la planta de cogeneración para mejorar su eficiencia.
- Modernización del grupo de torres de enfriamiento.
- Eliminación de los depósitos subterráneos de combustible líquido.
- Instalación de nueva caldera de vapor ajustada a la demanda real.

#### Contrato de Eficiencia Energética a 10 años:

- Suministro de energía: frío, calor, vapor, solar térmica (P1).
- Conducción y mantenimiento de las instalaciones (P2).
- Garantía total de los equipos instalados (P3).
- Obras de mejora (Inversión de 3.000 k€) (P4).



Foto 1. Central de producción de energía solar térmica.

El ahorro energético es el que se representa en la Fig. 17.



Figura 17. Ahorro energético en centro hospitalario. (Fuente: © Dalkia).

## 11.5. El futuro inmediato

Al comienzo de este capítulo se presentaba un diagrama de la evolución de las empresas de servicios hasta el momento actual. En el diagrama de la Fig. 18 se indica la evolución en los próximos años.

No se hablará de contratos de eficiencia energética, sino de contratos que permitan mejorar o mantener la certificación energética de un determinado edificio, y, posteriormente, de contratos que permitan mejorar la certificación en sostenibilidad.



**Figura 18.** Evolución de las empresas de servicios energéticos en el futuro. (Fuente: © Dalkia).

### 11.5.1. Certificación energética

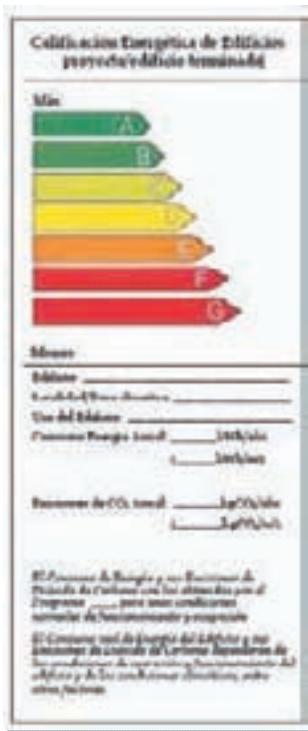
En relación con la certificación energética, es importante definir los siguientes conceptos:

- **Calificación energética**: expresión del consumo de energía que se estima

necesario para satisfacer la demanda energética de un edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

- **Certificación energética:** proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación energética obtenida con el proyecto y el edificio acabado, y que conduce a la expedición de un certificado de eficiencia energética.

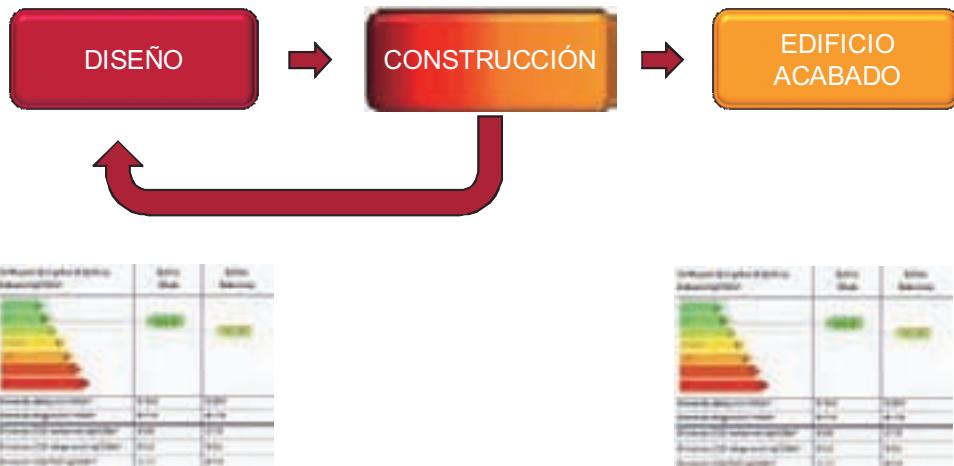
Todos los edificios de titularidad pública o privada que presten servicios públicos a un número importante de personas y que, por consiguiente, sean frecuentados habitualmente por ellas, con una superficie útil total superior a 1.000 m<sup>2</sup>, exhibirán de forma obligatoria, en lugar destacado y claramente visible por el público, la etiqueta de eficiencia energética.



**Figura 19.** Etiqueta de eficiencia energética. (Fuente: © Dalkia).

En este sentido, se incluyen expresamente los edificios de uso sanitario, en concreto con un máximo de 6 años para todos los hospitales.

En la Fig. 20 se muestra un esquema del proceso de certificación.



**Figura 20.** Esquema del proceso de certificación. (Fuente: © Dalkia).

### 11.5.2. Certificación de edificación sostenible

Más allá de la eficiencia energética, se está contemplando la sostenibilidad ambiental. Se evalúan aspectos como energía/emisiones, materiales empleados, residuos, gestión del agua, bienestar, ubicación y transporte público, utilizándose diferentes sellos, Fig. 21.



**Figura 21.** Certificación de edificación sostenible. (Fuente: © Dalkia).

## 12.1. Fomento del ahorro y la eficiencia energética

- Convocatoria anual.
- Convocatoria de 2009: Orden de 30 de noviembre de 2009, del Consejero de Economía y Hacienda (BOCM de 18.12.09)
- Gestionada a través de IMADE.
- Todo tipo de beneficiarios.
- Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:
  - Auditorías energéticas en sectores industriales:
    - ⇒ 75% de la inversión subvencionable.
    - ⇒ Máximos:

Consumo energía final (tep/año) por establecimiento	Valor máximo neto de ayuda (€)
> 60.000	22.500
> 40.000 – 60.000	18.000
> 20.000 – 40.000	15.000
> 10.000 – 20.000	12.750
> 6.000 – 10.000	10.500
> 4.000 – 6.000	9.000
< 4.000	7.500

- Sustitución de equipos e instalaciones industriales en grandes empresas:  
⇒ 22% a 30% de la inversión subvencionable.
- Mejora de la eficiencia energética de instalaciones térmicas de edificios existentes:  
⇒ 22% a 30% de la inversión subvencionable.  
⇒ Auditorías 50% condicionado a ejecución.
- Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de iluminación interior de edificios existentes:  
⇒ 22% de la inversión subvencionable.  
⇒ Máximo: 10.000 € viviendas y 50.000 € otros usos.  
⇒ Auditorías 50% condicionado a ejecución.
- Renovación de instalaciones de alumbrado público exterior existentes:  
⇒ 40% de la inversión subvencionable.
- Estudios, análisis de viabilidad y auditorías de instalaciones de alumbrado exterior existentes:  
⇒ 50% de la inversión subvencionable.  
⇒ Máximo: 25.500 € en municipios de hasta 100.000 habitantes y 50.000 en el resto.
- Auditorías energéticas en cogeneraciones existentes en empresas industriales o del sector terciario:  
⇒ 50% de la inversión subvencionable.  
⇒ Máximo: 9.000 €.
- Plantas de cogeneración de alta eficiencia en los sectores no industriales:  
⇒ 10% de la inversión subvencionable.  
⇒ Máximo: hasta 200.000 €.
- Plantas de cogeneración de pequeña potencia:

⇒ 10% a 30% de la inversión subvencionable.

● Cuantías máximas:

- Personas físicas: 200.000 €.
- Empresas, empresarios autónomos, instituciones sin ánimo de lucro y otras entidades que desarrollen una actividad económica: 200.000 € en tres años (regla de mínimis).
- Resto de beneficiarios: 500.000 €.

● Dotación presupuestaria 2009:

- 7.660.450 €.

● Plazo de solicitudes:

- 2 meses a partir de la publicación en el BOCM.

● Plazo de ejecución:

- Del 1 de enero del año correspondiente al 30 de septiembre del año siguiente.

## 12.2. Fomento de las energías renovables

- Convocatoria anual.
- Convocatoria de 2010: Orden de 11 de junio de 2010, del Consejero de Economía y Hacienda (BOCM de 24.06.10).
- Todo tipo de beneficiarios.

- ◆ Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:
  - Solar térmica (excepto piscinas privadas e instalaciones obligatorias por Código Técnico Edificación u Ordenanzas municipales): 375 €/m<sup>2</sup> para refrigeración y 260 €/m<sup>2</sup> para el resto.
  - Solar fotovoltaica no conectada a red: 3,5 €/Wp con acumulación y 3 €/Wp sin acumulación.
  - Biomasa y residuos: 30%.
  - Geotérmica: 30% del coste de referencia.
  - Instalaciones mixtas: cuantía proporcional.

Para Ayuntamientos de menos de 10.000 habitantes, la cuantía de la subvención será del 50% de la inversión subvencionable.

- ◆ Cuantía máxima de las ayudas:
  - 70% de la inversión en todos los casos, y:
    - 200.000 € para personas físicas.
    - 200.000 € en tres años para empresas.
    - 300.000 € para resto de beneficiarios.
- ◆ Dotación presupuestaria 2010:
  - 2.350.000 €.
- ◆ Plazo de presentación de solicitudes:
  - Un mes a partir de la publicación en el BOCM.
- ◆ Período de realización de la inversión (convocatoria 2010):
  - Desde el 15 de octubre de 2008 hasta el 20 de noviembre de 2010.