

Deportivas

Guía de Eficiencia Energética



Guía de Eficiencia Energética en Instalaciones



en Instalaciones Deportivas

Madrid Vive Ahorrando Energía



Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid



CONSEJERÍA DE DEPORTES
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Dirección General de Industria, Energía y Minas
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y CONSUMO
Comunidad de Madrid
www.madrid.org



Guía de eficiencia energética en instalaciones deportivas



Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2008



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

www.madrid.org

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

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

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

Presentación

En la estrategia energética de la Comunidad de Madrid juega un papel central, por un lado, la promoción de la eficiencia energética, al objeto de aumentar la competitividad de las empresas e infraestructuras existentes y de minimizar el impacto ambiental que supone el uso de energía, y, por otro lado, el fomento de las fuentes renovables de energía y, muy especialmente, la energía solar, tanto térmica como fotovoltaica. Estas líneas estratégicas están en concordancia con los objetivos de la política energética nacional y europea, y con el cumplimiento de los compromisos del Protocolo de Kyoto.

La Comunidad de Madrid dispone de un gran número de instalaciones deportivas, cuyo uso y disfrute implican una demanda continua de agua y energía. Dicho gasto debe realizarse con criterios de racionalidad, tanto por parte de los usuarios como por los responsables de mantenimiento y conservación, que deben incorporar las últimas innovaciones tecnológicas más eficientes.

En este sentido, es importante tomar conciencia de la importancia que supone el gasto de agua y de energía, que representan dos de los capítulos más relevantes de los costes de toda instalación.

Por todo ello, la Consejería de Economía y Consumo, en colaboración con la Consejería de Deportes, han decidido publicar esta Guía para informar a los responsables técnicos y a otros profesionales relacionados con el sector de las ventajas de la adopción de medidas para la mejora de la eficiencia energética y de los incentivos existentes para ello.

Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas

Autores

- Capítulo 1. **Medidas para la eficiencia energética**
Endesa. Dirección Empresas. Marketing Empresas.
www.endesaonline.com
- Capítulo 2. **Instalaciones interiores con iluminación eficiente**
Philips División Comercial Alumbrado
www.philips.es / www.alumbradoymedioambiente.es
- Capítulo 3. **Instalaciones exteriores con iluminación**
Departamento de Proyectos de Iluminación
INDAL, S.L.
www.indal.es
- Capítulo 4. **La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización**
Departamento de Energía Solar
Viessmann, S.L.
www.viessmann.es
- Capítulo 5. **Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética**
Departamento Técnico
Viessmann, S.L.
www.viessmann.es
- Capítulo 6. **Energía solar fotovoltaica**
Luis C. Blanco Machón
Servicio de Asistencia a Proyectos. Madrid. Schüco
www.schueco.es
- Capítulo 7. **Sistemas de ahorro de agua y energía**
D. Luis Ruiz Moya
Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L (Tehsa)
www.AhorrarAgua.org
- Capítulo 8. **Ahorro energético en la climatización de instalaciones deportivas**
Dpto. de Marketing & Dpto. Técnico.
Carrier España S.L.
www.carrier.es
- Capítulo 9. **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

Índice

Capítulo 1. Medidas para la eficiencia energética	15
1.1. Introducción	15
1.2. Optimización tarifaria	16
1.2.1. Mercado liberalizado: gas y electricidad	18
1.3. Optimización de instalaciones	18
1.3.1. Estudio del consumo	18
1.3.1.1. Consumo de energía en instalaciones deportivas	19
1.3.1.2. Distribución del consumo energético	19
1.3.2. Parámetros de eficiencia energética	23
1.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en instalaciones deportivas	24
1.3.3.1. Iluminación	26
1.3.3.2. Calefacción y aire acondicionado	32
1.3.3.3. Agua caliente sanitaria	39
1.3.4. Gestión y mantenimiento energéticos	43
1.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE	45
1.3.5.1. Certificado de eficiencia energética	47
1.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado	48
1.4. Conclusiones	48
Capítulo 2. Instalaciones interiores con iluminación eficiente	53
2.1. Introducción	53
2.2. Directivas, códigos, leyes y reglamentos sobre la eficiencia energética	54
2.2.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)	55
2.2.1.1. Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	56
2.2.2. Norma UNE 12464-1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores	70
2.2.3. Norma UNE 12193: Norma Europea relativa a "Iluminación de instalaciones deportivas"	72
2.2.4. Real Decreto 208/2005, relativo a la Directiva RAEE sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos	75
2.2.5. RoHS. Directiva sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos	77
2.2.6. Real Decreto 838/2002. Requisitos de eficiencia energética de los balastos para lámparas fluorescentes	78
2.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado	82
2.3.1. Fase de proyecto	84
2.3.1.1. Predeterminación de los niveles de iluminación	84
2.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación	85
2.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación	90

2.3.2. Ejecución y explotación	91
2.3.2.1. Suministro de energía eléctrica	91
2.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados	91
2.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados	92
2.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados	92
2.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial	92
2.3.3. Mantenimiento	93
2.3.3.1. Previsión de operaciones programadas	93
2.3.3.2. Respeto a la frecuencia de reemplazo de los componentes	94
2.3.3.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos	94
2.3.3.4. Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos	95
2.4. Ejemplos prácticos: diseño de iluminación eficiente en un polideportivo, una piscina cubierta y un gimnasio	95
2.4.1. Polideportivo	96
2.4.2. Piscina cubierta	99
2.4.3. Gimnasio	102
Capítulo 3. Instalaciones exteriores con iluminación eficiente	105
3.1. Introducción	105
3.2. Casos prácticos	106
3.2.1. Campo de fútbol	107
3.2.1.1. Clase de alumbrado I – Nivel de competición	107
3.2.1.2. Clase de alumbrado II – Nivel de entrenamiento	109
3.2.2. Pista de atletismo	111
3.2.2.1. Clase de alumbrado I – Nivel de competición	111
3.2.2.2. Clase de alumbrado II – Nivel de entrenamiento	113
3.2.3. Pista de tenis	114
3.2.3.1. Clase de alumbrado I – Nivel de competición	114
3.2.3.2. Clase de alumbrado III – Nivel recreativo	117
3.2.4. Pista de pádel	118
3.2.4.1. Clase de alumbrado II – Nivel de entrenamiento	118
3.2.4.2. Clase de alumbrado III – Nivel recreativo	120
3.2.5. Pista polideportiva	121
3.2.5.1. Clase de alumbrado III – Nivel recreativo	122
Capítulo 4. La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización	125
4.1. Introducción	125
4.2. Posibilidades de ahorro solar en instalaciones deportivas	126
4.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas. Componentes	127
4.3.1. Subsistema de captación	128
4.3.2. Subsistema de acumulación	132
4.3.3. Subsistema de intercambio	133
4.3.4. Subsistema de regulación y control	134
4.3.5. Subsistema de energía auxiliar o convencional	134
4.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica	136
4.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica	136

4.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica	138
4.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica	138
4.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica	140
4.6. Caso ejemplo: producción de ACS y climatización de piscina en polideportivos mediante energía solar	141
4.6.1. Objetivo	141
4.6.2. Características de la instalación y cálculos energéticos	142
4.6.3 Ahorro de emisiones de CO ₂	145
4.7. Resumen de los beneficios de solarizar los edificios de las instalaciones deportivas	146
Capítulo 5. Tecnologías de calefacción de alta eficiencia energética	149
5.1. Introducción	149
5.2. Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética	150
5.3. Calderas de Baja Temperatura	151
5.3.1. Funcionamiento de las superficies de intercambio de pared múltiple	153
5.3.2. Análisis del funcionamiento de las calderas de Baja Temperatura	154
5.4. Calderas de Gas de Condensación	155
5.4.1. Técnica de condensación	156
5.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior	157
5.4.2. Diseño de las calderas de Condensación	158
5.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional	160
5.6. Conclusiones	161
Capítulo 6. Energía solar fotovoltaica	163
6.1. Introducción	163
6.2. Energía solar fotovoltaica en instalaciones deportivas	164
6.3. Generación eléctrica por energía solar fotovoltaica	165
6.3.1. ¿Cómo se genera la energía eléctrica?	166
6.3.2. Variables eléctricas de los módulos solares	167
6.3.3. Constitución de los módulos solares	168
6.3.3.1. Módulos estándar	168
6.3.3.2. Módulos vidrio-vidrio	169
6.3.4. Montaje y conexión eléctrica de los módulos solares	170
6.3.5. Efectos adversos sobre el campo fotovoltaico	171
6.3.5.1. Efectos de sombras	171
6.3.5.2. Efectos de la temperatura	172
6.4. Transformación e inyección en red de la energía fotovoltaica generada	172
6.4.1. Inversor de conexión a red	173
6.4.2. Protecciones eléctricas	174
6.4.2.1. Protecciones en corriente continua. Aguas arriba del inversor	174
6.4.2.2. Protecciones en corriente alterna. Aguas abajo del inversor	175

6.4.3. R.D. 1663/00	175
6.5. Experiencias y aplicaciones	180
Capítulo 7. Sistemas de ahorro de agua y energía	183
7.1. Introducción	183
7.2. ¿Por qué ahorrar agua?	184
7.2.1. Por el coste del agua	189
7.2.2. Por el coste de la energía	191
7.2.3. Por implementación de un Plan de Reducción del Consumo de Agua	192
7.2.4. Para disminuir las emisiones de CO ₂	193
7.3. ¿Cómo ahorrar agua y energía?	194
7.3.1. Acciones y consideraciones previas para ahorrar agua y energía	195
7.4. Posibilidades técnicas para ahorrar agua y energía	198
7.5. Equipos economizadores de agua y energía	199
7.5.1. Grifos monomando tradicionales	201
7.5.2. Grifos de volante tradicionales	203
7.5.3. Grifos termostáticos	205
7.5.4. Grifos electrónicos	206
7.5.4.1. De activación por infrarrojos	206
7.5.4.2. De activación táctil	207
7.5.5. Grifos de ducha y torres de prelavado en cocinas, comedores y cafeterías	210
7.5.6. Grifos temporizados	211
7.5.7. Fluxores para inodoros y vertederos	213
7.5.8. Regaderas, cabezales y mangos de duchas	215
7.5.9. Inodoros (WC)	218
7.5.9.1. ECO-WC: Inodoros ecológicos	221
7.5.10. Nuevas técnicas sin agua	223
7.5.11. Tecnología para las redes de distribución	225
7.6. Técnicas de control y aprovechamiento del agua	228
7.6.1. Aprovechamiento del agua de lluvia	229
7.6.1.1. Captadores de agua de lluvia para tejados	230
7.6.1.2. Captadores de agua de lluvia para bajantes y canalones	231
7.6.1.3. Reutilización del agua de piscinas	232
7.6.1.4. Cloración salina. Sistema de ahorro de agua	233
7.6.2. Hidrogeles y retentores de agua para la tierra	234
7.7. Consejos generales para economizar agua y energía	236
Capítulo 8. Ahorro energético en la climatización de instalaciones deportivas	243
8.1. Introducción	243
8.2. Diseño y utilización de las instalaciones	243
8.3. Tecnología del ciclo frigorífico aplicable al ahorro energético	248
8.3.1. Ahorro energético por el avance tecnológico en nuevos equipos	249
8.3.2. La bomba de calor: una máquina frigorífica como fuente de calor	251

8.3.3. Recuperación de calor para producción de agua caliente en unidades de condensación por aire	255
8.3.4. Ahorro energético con válvulas de expansión electrónica y economizadores	258
8.3.5. Ahorro energético con turbina de expansión	259
8.3.6. Cogeneración más unidades de producción de agua fría por ciclo de absorción	260
8.4. Utilización de sistemas de control de ahorro energético más eficaces	264
8.4.1. Gestión de componentes del sistema: cambio de modo de operación	264
8.4.2. Gestión del enfriamiento gratuito por aire exterior (IT 1.2.4.5.1) y de la recuperación de calor (IT 1.2.4.5.2)	265
8.4.3. Gestores energéticos para distribución de agua fría con múltiples enfriadoras	268
8.5. Consideraciones finales	270
Capítulo 9. Ayudas de la Comunidad de Madrid	275
9.1. Fomento del ahorro y la eficiencia energética	275
9.2. Fomento de las energías renovables	277

1.1. Introducción

Para una correcta gestión energética de las instalaciones deportivas es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética, conocimiento que nos permita un mejor aprovechamiento de nuestros recursos y un ahorro tanto en el consumo como en el dimensionamiento de las instalaciones.

De la diversidad de instalaciones que puede acoger el sector, así como del catálogo de servicios que en ellas se ofrece depende el suministro de ENERGÍA.



Figura 1. Tipología de instalaciones deportivas.

Las aplicaciones que más consumo de energía concentran son: Agua Caliente Sanitaria (ACS) y Climatización.

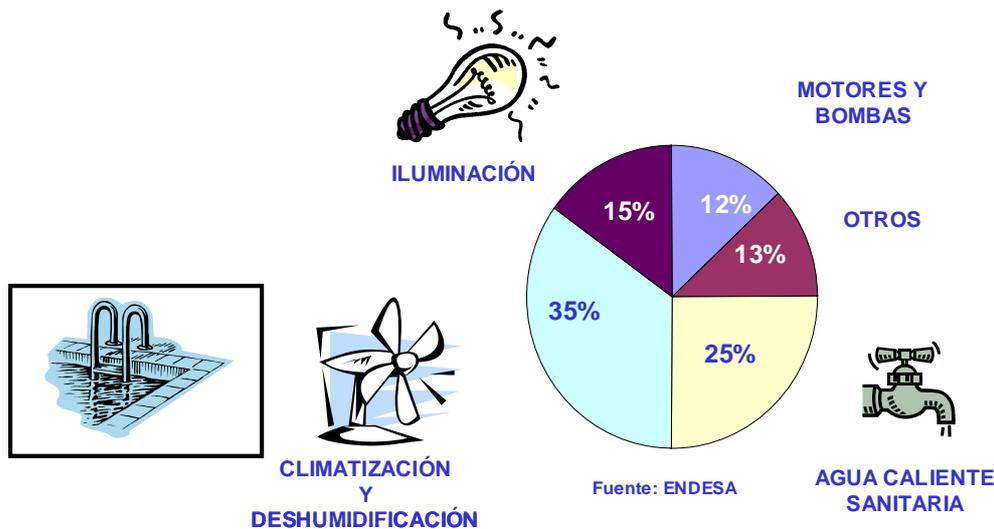


Figura 2. Porcentaje de consumo de energía de las distintas aplicaciones.

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 coste de la energía y, por lo tanto, maximizar el beneficio.

❑ OPTIMIZACIÓN DE TARIFA

REVISIÓN DE LOS CONTRATOS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA.

- ELECTRICIDAD
- GAS

❑ OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES

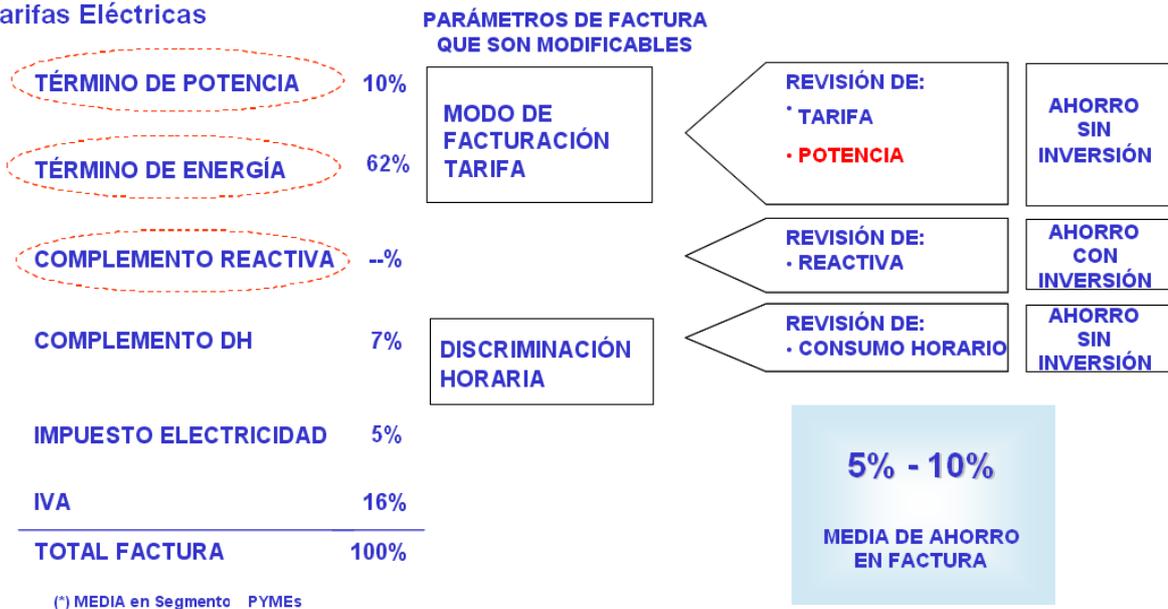
ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES.

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

1.2. Optimización tarifaria

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

Tarifas Eléctricas



Tarifas de Gas



- La compañía distribuidora deberá ajustar la tarifa en función de nuestro nivel de consumo anual.
- La tarifa más económica, será la correspondiente a cada nivel de consumo ya que optimiza los precios del término fijo y el término variable.

Tarifas integrales

T.1	$C \leq 5.000 \text{ kWh}$
T.2	$5.000 < C \leq 50.000 \text{ kWh}$
T.3	$50.000 < C \leq 100.000 \text{ kWh}$
T.4	$C > 100.000 \text{ kWh}$

Figura 3. Optimización tarifaria en electricidad y gas.

1.2.1. Mercado liberalizado: gas y electricidad

Los aspectos más relevantes de la contratación en el Mercado Libre son los siguientes:

- ❁ Precio: el precio no está fijado por la administración y la oferta varía en cada comercializadora.
- ❁ Elección: la elección de la comercializadora debe basarse no sólo en el precio, sino también en la atención, calidad, asesoramiento y servicios adicionales.
- ❁ ¿Cómo se contrata?: se debe contactar con la COMERCIALIZADORA elegida y ella 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 con las que contamos en este sector.

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

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

1.3.1.1. Consumo de energía en instalaciones deportivas

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 los diferentes elementos consumidores, demandada por una instalación deportiva, depende de varios factores: del tipo de instalación, de su situación, categoría, servicios que ofrece, etc.

En la Tabla 1 se muestra la distribución de consumo típico en instalaciones deportivas.

TABLA 1. Distribución del consumo en instalaciones deportivas.

	INSTALACIÓN DEPORTIVA
Instalaciones	Salas de gimnasio Vestuarios Canchas interiores Piscina climatizada
Aplicaciones energéticas	Climatización de piscina Deshumidificación Iluminación ACS
Energías	Electricidad Gasoil Gas
Consumo (* Media sectorial)	800.000 kWh/año
Coste (* Media sectorial)	94.074 €/año

1.3.1.2. Distribución del consumo energético

Generalmente las instalaciones deportivas consumen, por una parte, **energía eléctrica**, para su consumo en alumbrado, bombeo de agua, aire acondicionado, maquinaria eléctrica, etc. También se están implantando, cada vez con mayor frecuencia, las bombas de calor eléctricas, que permiten el suministro de calefacción durante los meses fríos. Por otra parte, a veces las instalaciones

deportivas consumen algún otro **combustible**, que se utiliza para la producción de agua caliente para calefacción (si no dispone de bomba de calor), para la producción de agua caliente sanitaria para la calefacción de la piscina cubierta (si se dispone de ella), etc.

A la hora de realizar la distribución del consumo energético en este sector, 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.

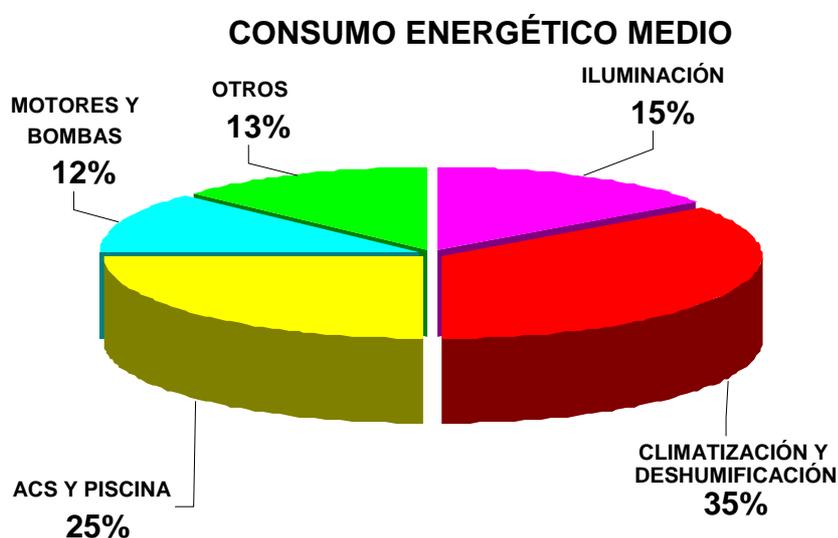


Figura 4. Porcentaje de consumos energéticos medios.

Como se puede ver son, sin duda, las partidas de **calefacción** y **aire acondicionado** las principales consumidoras de energía de una instalación deportiva, por lo tanto, los principales esfuerzos de los empresarios a la hora de realizar inversiones en ahorro energético, han de ir dirigidos a la reducción del consumo de climatización, bien mediante la utilización de tecnologías más eficientes o bien mediante la reducción de la demanda.

Consumo de energía eléctrica.

Como se ha mencionado anteriormente, el consumo de energía eléctrica, es generalmente la principal partida del consumo energético en una instalación

deportiva. Este consumo de energía eléctrica es variable a lo largo del año, presentando generalmente una demanda ligada al grado de ocupación e influenciada también por la demanda de aire acondicionado.

En la Fig. 5 se muestra la curva de demanda de energía eléctrica a lo largo del año para una instalación deportiva con las siguientes características:

Horario para el público: 7:00 h a 23:00 h	16 h / día
Apertura semanal: lunes a sábado	6 días / semana
Apertura instalaciones / año:	11 meses / año
Horas funcionamiento / año:	4.500 h / año

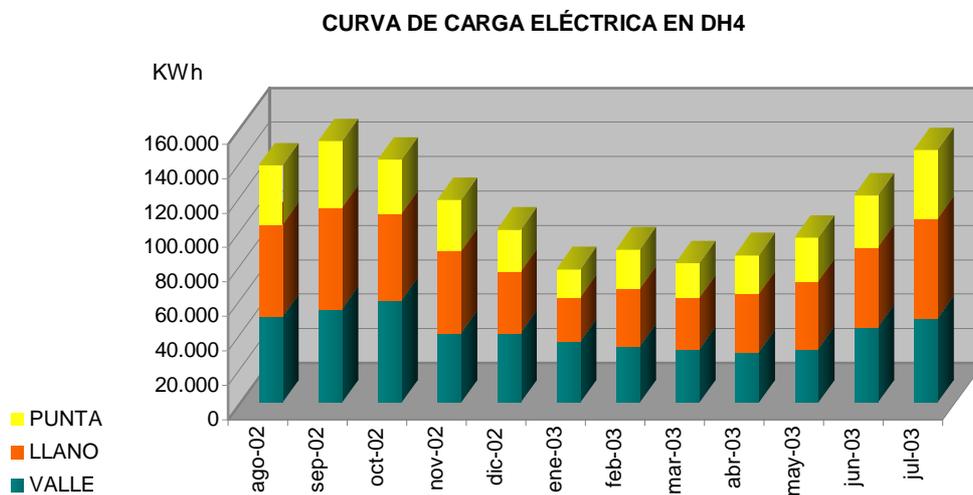


Figura 5. Consumos eléctricos mensuales según periodos.

Consumo de energía térmica.

Los principales servicios que, generalmente, requieren de un suministro térmico, son los siguientes:

- ✿ Calefacción, sobre todo en duchas, vestuarios y otras dependencias donde la temperatura de confort es elevada.
- ✿ Agua caliente sanitaria (ACS).
- ✿ Piscina climatizada.

En la Tabla 2 se muestra lo que podría ser un cuadro de necesidades tipo para instalaciones deportivas.

TABLA 2. Necesidades tipo de instalaciones deportivas.

Datos de Partida ACS (DTIE 1.01)												
Consumo unitario:		33,5					l/día*ducha					
Unidad de consumo:		ducha										
Número de duchas:		616					duchas					
Consumo diario:		20.662					l/día					
Temperatura media del agua fría:		12,3					°C					
Tª de suministro del agua caliente:		50,0					°C					
Perfil de consumo:		variaciones diarias horarias de consumo; Utilización 7 días por semana;										
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
100	100	100	100	100	100	50	0	50	100	100	100	
Recirculación del ACS:		Si										

Datos de Partida Calentamiento AGUA de piscina		
Tipo de piscina	Cubierta	
Temperatura objetivo agua	28	°C
Temperatura ambiente	30	°C
Humedad Relativa	60	%
Superficie	525	m ²
Método de cálculo necesidades	Según ISO 12596	

Por lo general, estas demandas se satisfacen mediante el uso de calderas de agua caliente, aunque también se pueden usar bombas de calor y reducir así el consumo. En aquellas instalaciones deportivas donde la demanda de calefacción se suministra mediante el empleo de bombas de calor eléctricas, no se consume combustible para este fin.

La demanda térmica de las instalaciones deportivas es también variable a lo largo del año, y en los meses de invierno es cuando generalmente se produce mayor demanda, debido a la utilización de la calefacción del edificio.

Los datos de los cálculos que aparecen en la Tabla 3 se han ajustado teniendo en cuenta los datos de consumo de combustible proporcionados por el cliente (en kg de GLP):

TABLA 3. Consumos de combustible en instalaciones deportivas.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
9184	6466	6684	4930	5088	3976	1378	0	2809	4304	6890	6731	55260

1.3.2. Parámetros de eficiencia energética

Por su particular finalidad, una instalación deportiva es un área de recreo creada para desarrollar diferentes actividades con requerimientos físicos diferentes. La energía, en sus distintas formas, es utilizada en muchas de las aplicaciones para contribuir a crear un ambiente confortable.

Por otra parte, no siempre un mayor consumo energético equivale a un mayor confort o a un mejor servicio. Se conseguirá un grado de eficiencia óptima 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 así como de combustible y agua, se pueden obtener los ratios de consumo energético de la instalación deportiva.

A partir de estos ratios, los profesionales del sector pueden clasificar 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 instalaciones deportivas

La creciente preocupación por el confort en los establecimientos deportivos y la necesidad de dar respuesta a las crecientes demandas de los usuarios, han producido un incremento considerable en el consumo energético de los mismos traducido en un notable aumento de la participación de la factura energética en la estructura de costes.

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

- ❁ Optimizar el contrato.
- ❁ Optimizar las instalaciones.

A continuación se presentan algunas posibilidades de mejoras para optimizar el consumo de las instalaciones.

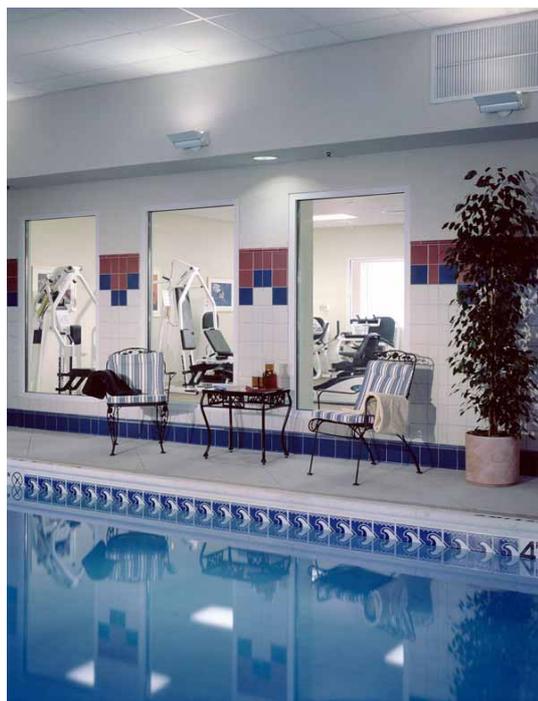


Foto 1. Piscina climatizada.

TABLA 4. Mejoras potenciales y estimación del ahorro en sistemas de equipamiento.

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Calderas	Optimización de la combustión.	Mediante análisis de la composición de los humos de escape.	Ahorro en combustible. Reducción de la factura.	15
	Aprovechamiento de calores residuales.	Recuperación de calor de humos según combustible.	Utilización del calor sobrante para ACS/calefacción.	25
	Automatización de purgas.	Sistema automático de purgado.	Mejora del rendimiento de la instalación.	10
	Reinyección de condensados.	Equipamiento especial.	Ahorro de agua y combustible.	15
Climatización (bombas de calor)	Aumento del rendimiento de la máquina y recuperación de calor para ACS.	Limpieza, instalación de variadores de frecuencia, recuperadores de calor.	Reducción en el consumo eléctrico. Producción de ACS para consumo.	40
Motores eléctricos en general	Disminución de la potencia de arranque (Mediante curva de arranque controlado por rampa).	Instalación de variador de frecuencia.	Optimización de la potencia de contrato, reduciendo el coste de la factura.	15
	Aumento del rendimiento.	Motores especiales de alto rendimiento.	Reducción del consumo eléctrico.	
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
Bombas circulación agua piscinas*	Reducción del consumo.	Eliminación de suciedad y obturación de los filtros de arena. Utilización de variadores de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico.	15
	Reducción del importe.	Utilizar sólo en horas valle (discriminación horaria adecuada en contrato eléctrico).	Consumo sólo con energía eléctrica más barata.	43
Bombas agua climatización*	Optimización del consumo eléctrico, según la diferencia de temperatura ida y retorno.	Sondas de temperatura 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. Intercambiadores de calor.	Reducción del consumo eléctrico /gas para la climatización.	30
Máquinas de frío industrial*	Reaprovechamiento del calor que se lanza a la atmósfera, para ACS, climatización, etc.	Reutilización del aire caliente.	Reducción del consumo eléctrico.	15
		Colocación de intercambiadores de calor.	Reducción del consumo eléctrico.	25
Evaporadores en cámaras frigoríficas y de congelación	Automatizar el desescarhe.	Medición automática del hielo en las aletas de los evaporadores. Puesta en marcha de las resistencias.	Reducción del consumo eléctrico.	3
Iluminación: zonas auxiliares	Reducción del tiempo de uso.	Incorporando temporizadores/detectores de presencia.	Reducción del consumo eléctrico.	60
Lámparas dicróicas	Reducción del consumo eléctrico (reducción de la potencia).	Cambio por lámparas dicróicas IRC de menor potencia.	Reducción del consumo eléctrico.	80
Iluminación exterior	Reducción del consumo y mejora del rendimiento.	Cambio de las luminarias y de las lámparas por otras más eficientes en función de la distancia, uso del espacio, etc.	Reducción del consumo eléctrico.	40

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Iluminación interior (fluorescentes)	Reducción del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio de las reactivancias convencionales por balastos electrónicos de alta frecuencia.	Disminución del consumo eléctrico y de la potencia.	20
Iluminación interior (incandescencia)	Reducción del consumo y mejora del rendimiento.	Cambio a las lámparas de bajo consumo.	Disminución del consumo eléctrico y de la potencia.	85
Agua fría	Reducción consumo general.	Instalación de limitador de caudal.	Reducción del consumo de agua.	20
Piscinas	Reaprovechamiento del agua para riego.	Tratamiento con filtros de arena y de carbón activo.	Ahorro en el consumo de agua. Reducción del coste en la factura de agua.	10
Agua caliente	Reducción del consumo de ACS.	Sustitución de los grifos convencionales por grifos monomando especiales o con regulación de temperatura.	Reducción del consumo de agua, energía eléctrica y/o gas para calentarla.	15
Piscinas climatizadas exterior	Evitar pérdidas térmicas.	Cubrir la piscina con lona por la noche.	Ahorro en consumo de Gas / Gas-Oil. Reducción en el coste de la factura energética.	5
Lavaplatos y lavavajillas industrial	Evitar gasto en calentar el agua.	Utilización de agua pre-calentada por la recuperación de las máquinas frigoríficas y calderas.	Reducción del consumo eléctrico o gas.	25

* También se les puede aplicar las medidas enfocadas a motores eléctricos en general.

1.3.3.1. Iluminación

La iluminación es un apartado que representa un elevado consumo eléctrico dentro de una instalación deportiva, dependiendo su porcentaje de su tamaño, del uso principal a que se destina, y del clima de la zona donde está ubicado. Este consumo puede oscilar en torno a un 15%.



Foto 2. Instalaciones deportivas.

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

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

Además puede haber un ahorro adicional si la instalación deportiva tiene 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 luminica.
- ❁ 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 se destacan las siguientes:

❁ **Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos**

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

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

En la Tabla 5 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 5. Comparación entre balasto convencional y balasto electrónico.

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

La tecnología de los balastos energéticos de alta frecuencia permite, además, la regulación de la intensidad de la lámpara, lo cual, a su vez, sirve para adaptar el nivel de iluminación a las necesidades existentes.

BALASTOS ELECTRÓNICOS

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

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

En el caso de instalación nueva, es recomendable a la hora de diseñar el alumbrado tener en cuenta la posibilidad de colocar luminarias con balasto

electrónico, ya que en este caso el coste de los equipos no es mucho mayor y se amortiza con el ahorro que produce.

Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga al 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 zonas deportivas interiores o en las piscinas climatizadas.

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.

TABLA 6. 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

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

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

TABLA 7. 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	0,092 €/kWh	
Precio de compra estimado	0,60 €	18 €
Costes funcionamiento (8.000 horas)	61,47 €	19,44 €
AHORRO ECONÓMICO	66%	
PLAZO DE AMORTIZACIÓN	2.800 horas de funcionamiento	

Seguidamente se muestra una tabla orientativa sobre el porcentaje de ahorro aproximado que se puede conseguir por sustitución de lámparas por otras más eficientes:

TABLA 8. 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 instalaciones viejas, utilizando luminarias de elevado rendimiento generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

Aprovechamiento de la luz diurna

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

Los principales factores que afectan a la iluminación de un interior, mediante luz diurna, son la profundidad del espacio, 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 origina un edificio que será más eficiente energéticamente y que tendrá una atmósfera en su interior más agradable.

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

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

de la luz incidente, mientras que los colores oscuros pueden llegar a reflejar menos de un 10% de la luz incidente.



Foto 3. Aprovechamiento de luz diurna en instalaciones deportivas.

☀ **Sistemas de control y regulación**

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

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

1.3.3.2. Calefacción y aire acondicionado

Los sistemas de calefacción y climatización representan generalmente el principal apartado en cuanto al consumo energético de una instalación deportiva. Como hemos visto, podemos encontrar ahorros entre un 10% y un 40% gracias a la optimización de las instalaciones.

TABLA 9. Porcentaje de ahorro de energía en instalaciones de calefacción.

AHORROS DE ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN		
MEJORAS	AHORRO DE ENERGÍA (%)	AMORTIZACIÓN
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES: <ul style="list-style-type: none"> - Aislamiento caldera no calorifugada. - Mejora calorifugado insuficiente. 	3 2	Inferior a 1,5 años. Inferior a 3 años.
OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE: <ul style="list-style-type: none"> - Aislamiento tuberías. - Descalcificación tuberías. 	5 5-7	Inferior a 1,5 años. Inferior a 3 años.
CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN DEFECTUOSOS.	3-5	Inferior a 4,5 años.
CAMBIOS DE ELEMENTOS DE REGULACIÓN OBSOLETOS O DEFECTUOSOS: <ul style="list-style-type: none"> - Quemador. - Caldera. - Caldera y quemador. 	9 7 16	Inferior a 3 años. Inferior a 6 años. Inferior a 6 años.

Características constructivas

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

Control y regulación

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

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

de las velocidades de los ventiladores o la regulación de las bombas de agua.

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

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

Free-cooling

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

Esta medida requiere 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.

Aprovechamiento del calor de los grupos de frío

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



Foto 4. Condensador de un grupo de frío.

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

✿ **Recuperación de calor del aire de ventilación**

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

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

✿ **Bombas de calor**

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

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

TABLA 10. Clasificación de las bombas de calor.

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

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

La bomba de calor tiene también una buena aplicación en la climatización de piscinas cubiertas, ya que permite reducir el caudal de ventilación necesario, con el consiguiente ahorro energético.

Mediante la bomba de calor, el aire húmedo de la piscina se enfría en el evaporador, de forma que este enfriamiento produce la condensación del exceso de la humedad del aire. Posteriormente el aire frío y seco es calentado en el condensador y es introducido de nuevo en el recinto de la piscina. El excedente de calor de la bomba se utiliza para el calentamiento del agua del vaso y para la calefacción de los locales contiguos como vestuarios o duchas.

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, aunque requieren un mayor mantenimiento y un lugar adecuado para una ventilación correcta y aislamiento del ruido correcto.

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

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

Aunque está menos extendido, también se pueden usar las bombas de calor para calentar el agua de las piscinas y el ACS para calefactar con un consumo inferior al de las calderas de gas tradicionales.



Optimización del rendimiento de las calderas

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

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

Se estima que la combinación de sobredimensionamiento, 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 5. Calderas para agua caliente.

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



Calderas de baja temperatura y calderas de condensación

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

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

Las calderas de condensación están diseñadas para recuperar más calor del combustible quemado que una caldera convencional, y en particular, recupera parte del calor que se perdería por la chimenea 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**

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 SO₂.
- Menor mantenimiento de la instalación.

1.3.3.3. Agua caliente sanitaria

Las necesidades de agua caliente sanitaria (ACS) representan una parte importante del consumo energético de las instalaciones deportivas. Junto al consumo derivado de la piscina supone un 25% del cómputo de consumo energético.

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 conlleva 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.



Foto 6. Equipamiento de agua caliente en vestuarios.

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 11. 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.
- Aislar 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 redundará en una distribución del gasto por este concepto, sino que además conlleva un ahorro energético importante:

- En caso de tratarse de agua caliente sanitaria, reducir su consumo supone reducir el consumo de energía necesaria para calentarla.
- Cuando hay bombeo interno del agua, reducir su consumo supone disminuir el consumo eléctrico de las bombas, al tener que mover menos cantidad.

El consumo de agua debido a las pérdidas en la instalación debe ser eliminado ya que suponen un gasto adicional de agua y tiene las consecuencias indicadas en el párrafo anterior.

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.

La Tabla 12 recoge los consumos de agua por persona y día para los usos más frecuentes, una estimación del coste anual por ambos conceptos (agua y energía) y el posible ahorro económico anual que se obtendría con la aplicación de las anteriores medidas.

TABLA 12. Ahorro económico de los diferentes sistemas de agua.

	DUCHA	LAVABO	WC	TOTAL
Consumo diario por persona (litros)	200	50	72	322
Consumo anual (m ³)	55	14	20	88
Energía necesaria (kWh)	1.643	411	0	2.053
Coste agua (€/año)	49	12	18	79
Coste energía (€/año)	98	24	0	122
COSTE TOTAL (€/año)	156	36	18	201
Ahorro estimado	50%	40%	50%	40-50%
AHORRO ECONÓMICO (€/año)	78	16	9	103



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 variadores de frecuencia. Mediante la aplicación de reguladores de velocidad a los motores que accionan las bombas se pueden conseguir ahorros de hasta el 40-50% del consumo eléctrico de los mismos.

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

TABLA 13. Ejemplo variador de velocidad en bombeo de agua.

MÁQUINA A ACCIONAR	Bomba de agua 7,5 kW
SITUACIÓN INICIAL	
Regulación mecánica	Válvula de estrangulamiento
Régimen medio funcionamiento	70%
Horas de trabajo	2.920 horas/año
Consumo eléctrico anual	19.864 kWh/año
Coste energía eléctrica	0,092 €/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	979 €/año
INVERSIÓN	2.050 €/año

En el caso de los bombeos que llenen depósitos es muy importante programarlos de modo que funcionen únicamente en las horas valle; cuando la energía es más barata. Si no fuese posible únicamente con las horas valle se debe intentar evitar el uso en horas punta, más caras. El beneficio generado de esta acción no es únicamente económico, sino también medioambiental

1.3.4. Gestión y mantenimiento energéticos

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

necesidad de un mantenimiento correctivo y como resultado se obtendrá un mejor rendimiento de la instalación, una reducción de costes y una mejor calidad de servicio.

Como consecuencia de un mal funcionamiento de las instalaciones se pueden producir consumos excesivos de energía. Por ello, se debe establecer un programa regular de mantenimiento.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

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

Por otra parte, las nuevas técnicas de comunicación permiten la implantación de sistemas de gestión de energía y otros más sofisticados como los sistemas expertos que son capaces de gestionar gran cantidad de datos y controlar las instalaciones. Cuando se instala un sistema de gestión o un sistema experto, el objetivo es obtener un uso más racional de las instalaciones, ahorrar energía, reducir mano de obra, reducir averías y prolongar la vida útil de los equipos como medidas

principales. Estos sistemas expertos son capaces de controlar el consumo de energía optimizando los parámetros de forma que se obtenga un mínimo coste energético.

Normalmente, el sistema de gestión está basado en un ordenador y en un software de gestión. No obstante, el elemento del programa debe ser siempre el operador o persona encargada de la gestión energética.

BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

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

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

En el caso de las instalaciones deportivas, estos sistemas de gestión informatizada no están necesariamente limitados a un solo local, ya que un mismo sistema puede gestionar distintos establecimientos situados en lugares alejados.

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

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

TABLA 14. Demanda final de energía de la UE por sectores y combustible en 1997
(Mtep).

Demanda final de energía por sectores y combustibles	Edificios (vivienda+ terciario)	Demanda final total de energía	Industria	Demanda final total de energía	Transporte	Demanda final total de energía	TOTAL	Demanda final total de energía
Combustibles sólidos	8,7	0,9%	37,2	4,0%	0,0	0,0%	45,9	4,9%
Petróleo	101	10,8%	45,6	4,9%	283,4	30,5%	429,9	46,2%
Gas	129,1	13,9%	86,4	9,3%	0,3	0,0%	215,9	23,2%
Electricidad (14% procedente de energías renovables)	98	10,5%	74,3	8,0%	4,9	0,5%	177,2	19,0%
Calor derivado	16,2	1,7%	4,2	0,5%	0,0	0,0%	20,4	2,2%
Energías renovables	26,1	2,8%	15	1,6%	0,0	0,0%	41,1	4,9%
TOTAL	379,04	40,7%	262,72	28,2%	288,6	31,0%	930,4	100,0%

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

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

DIRECTIVA 2002/91/CE

- 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 m², la Directiva establece que se considere y se tenga en cuenta la viabilidad técnica, medioambiental y económica de sistemas alternativos como:

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

Para los edificios 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 m², se mejore su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos, siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable.



Foto 7. Instalación deportiva.

1.3.5.1. Certificado de eficiencia energética

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

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

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

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

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

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

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

La inspección incluirá una evaluación del rendimiento del aire acondicionado y de su capacidad comparada con la demanda de refrigeración del edificio. Se asesorará a los usuarios sobre la sustitución del sistema de aire acondicionado, las mejoras que se pueden aportar o soluciones alternativas.

Esta Directiva establece la obligatoriedad por parte de los Estados miembros de dar cumplimiento a dicha norma desde el 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 los 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, las instalaciones deportivas deben tener en cuenta que están sometidas a elevados 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 su actividad.

En este capítulo se ha recogido, intentando evitar complicaciones técnicas excesivas, la idea de que un estudio pormenorizado de consumos y demandas energéticas nos indicará las variables sobre las que hay que actuar prioritariamente, a fin de conseguir la **mayor efectividad con el menor esfuerzo económico**.

Las actuaciones recomendadas en este documento 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 nos permita una selección de tarifa más adecuada para el momento actual, que no tiene por qué ser la misma que la que se seleccionó 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 nos ayudará en la detección de oportunidades de ahorro. El ahorro producido por una adecuada selección tarifaria es inmediato y lo notaremos en la primera factura.

El siguiente punto en cuestión es el de las instalaciones: depuración de piscinas, climatización, deshumidificación del ambiente, etc., son acciones específicas de las instalaciones deportivas que consumen energía. Hemos podido observar que sobre los múltiples equipamientos con los que cuenta este sector es posible actuar de forma individualizada para conseguir unos ahorros parciales y un alargamiento del periodo de vida de los equipos.

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

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

Por otra parte, un adecuado **estudio termográfico** nos permitirá incrementar la seguridad y la prevención pero además evitaremos las averías antes de que éstas se produzcan y con ello las pérdidas energéticas y económicas subsiguientes. La termografía nos permite actuar fundamentalmente sobre las instalaciones eléctricas para detectar problemas y actuar antes de que se agraven y sobre los equipos e instalaciones térmicas para, a parte de problemas, detectar fugas de frío y calor con su correspondiente pérdida de energía y dinero.

Es evidente que en el sector servicios, la calidad y seguridad del suministro eléctrico es pieza fundamental para garantizar el nivel de satisfacción exigido por nuestros clientes. El eliminar las perturbaciones, disminuirlas o evitar sus consecuencias nos dará un nivel de calidad en el suministro adecuado. El uso de grupos electrógenos nos proporcionará la seguridad de poder responder a la demanda energética en las temidas ocasiones en que por diversas causas sea interrumpido el suministro. Por razones obvias de calidad y por la propia legislación es necesario para seguridad del usuario de nuestros servicios el que determinados establecimientos cuenten con estos equipos.

También hemos insistido en la necesidad de compensar la energía reactiva gracias a la instalación de baterías de condensadores, ya que con estas no sólo conseguiremos ahorros en la factura energética, sino que además aumentaremos la capacidad de nuestra instalación eléctrica y mejoraremos la tensión de la red y contribuiremos a mejorar el medio ambiente.

En cualquier caso, hemos conocido sólo unas pocas de las posibilidades que existen en el mercado para ahorrar en nuestra factura energética, así como para mejorar la calidad y garantizar el suministro. Una **Auditoría Energética** es el vehículo más adecuado para conocer nuestras limitaciones, nuestras necesidades reales y las posibilidades que ENDESA pone a nuestra disposición. Esta inquietud por la realización de **Auditorías Energéticas** es compartida por el propio Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y departamentos de industria de las comunidades autónomas que ocasionalmente establecen 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 **Auditorías Energéticas** y la puesta en marcha de las mejoras consecuencia de estos estudios. Dichas mejoras –algunas posibilidades han sido introducidas en este documento- 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 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 se debe 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, ya que 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 adelantos 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 las que se encuentran las de CO₂), todos ellos problemas clave de nuestros días, se consideró necesario marcar unos objetivos por países, dentro del protocolo de Kyoto. Actualmente, las emisiones de CO₂ 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 CO₂. Cambiando a sistemas de alumbrado energéticamente más eficientes, se pueden obtener importantes ahorros en los costes de mantenimiento de las instalaciones. Las ventajas, por tanto, son muchas, tanto desde el punto de vista medioambiental como financiero.

2.2. 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.

A continuación se detallan una serie de normativas de obligado cumplimiento que afectan directamente al alumbrado en general, y algunas otras normas concretas para el alumbrado deportivo.

2.2.1. 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 CO₂, 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 regulará 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 nueva legislación, existen distintas secciones que afectan a la iluminación de los edificios. La más importante se recoge a continuación.

2.2.1.1. Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Este es, sin duda, el documento que supondrá 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 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- ✿ Reformas de locales comerciales y edificios de uso administrativo donde se renueve 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 m².
- ✿ 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:

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

Las unidades son, por tanto: W/m² 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, 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, en el caso de instalaciones deportivas hay que prestar especial atención a las siguientes zonas:

Zonas de no representación:

- a) Iluminación general de oficinas: en general, las luminarias más comúnmente utilizadas, tanto con tubos fluorescentes T8 (siempre que sean gama 80 -trifósforo-) como con lámparas fluorescentes compactas, cumplen con los niveles mínimos de eficiencia exigidos. Únicamente determinadas soluciones de luminarias con sistemas de iluminación indirecta no cumplen con las exigencias mínimas de 3,5 W/m² 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.

- b) Zonas comunes: en estas zonas hay que evitar el uso abusivo de lámparas halógenas (para iluminación general), ya que harían imposible conseguir los mínimos exigidos de eficiencia. En caso de utilizar este tipo de 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.

En los hoteles y hostelería también es habitual la instalación de luminarias de diseño decorativo que incorporan difusores opales de vidrio o tela. Este tipo

de luminarias no se deberá utilizar para hacer la iluminación general, ya que imposibilitará obtener las eficiencias mínimas exigidas. En todo caso, en el interior de estas luminarias, ayudará el sustituir cualquier fuente de luz halógena o incandescente por lámparas fluorescentes compactas.

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 de oficinas, será necesaria su instalación. Así mismo, en muchos centros comerciales y polideportivos cubiertos, 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; $\text{cd/m}^2 < 65^\circ$), ya que en las instalaciones actuales estos parámetros de calidad suelen no ser considerados.

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 conjunto lámparas – 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 periodos 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.

TEXTO OFICIAL DEL B.O.E.

1. Generalidades.

1.1. Ámbito de aplicación.

1.- Esta sección es de aplicación a las instalaciones de iluminación interior en:

- a) Edificios de nueva construcción.
- b) Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1.000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- c) Reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación.

2.- Se excluyen del ámbito de aplicación:

- a) Edificios y monumentos con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando el cumplimiento de las exigencias de esta sección pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
- b) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a 2 años.
- c) Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- d) Edificios independientes con una superficie útil total inferior a 50 m².
- e) Interiores de viviendas.

- 3.- En los casos excluidos en el punto anterior, en el proyecto se justificarán las soluciones adoptadas, en su caso, para el ahorro de energía en la instalación de iluminación.
 - 4.- También se excluyen de este ámbito de aplicación los alumbrados de emergencia.
- 1.2. Procedimiento de verificación.
 - 1.- Para la aplicación de esta sección, debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:
 - a) Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) en cada zona, constatando que no se superan los valores límite consignados en la Tabla 2.1.
 - b) Comprobación de la existencia de un sistema de control y, en su caso, de regulación, que optimice el aprovechamiento de la luz natural, cumpliendo lo dispuesto en el apartado 2.2.
 - c) Verificación de la existencia de un plan de mantenimiento que cumpla con lo dispuesto en el apartado 5.
 - 1.3. Documentación justificativa.
 - 1.- En la memoria del proyecto, para cada zona figurarán, junto con los cálculos justificativos, al menos:
 - a) El índice del local (K) utilizado en el cálculo.
 - b) El número de puntos considerados en el proyecto.
 - c) El factor de mantenimiento (Fm) previsto.
 - d) La iluminancia media horizontal mantenida (Em) obtenida.
 - e) El índice de deslumbramiento unificado (UGR) alcanzado.
 - f) Los índices de rendimiento de color (Ra) de las lámparas.
 - g) El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) resultante en el cálculo.
 - h) Las potencias de los conjuntos de lámpara más equipo auxiliar.
 - 2.- Así mismo, debe justificarse en la memoria del proyecto, para cada zona, el sistema de control y regulación que corresponda.
2. **Caracterización y cuantificación de las exigencias.**
 - 2.1. Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI).
 - 1.- La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_m}$$

P la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W];
 S la superficie iluminada [m²];
 E_m la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

- 2.- Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona, dentro de uno de los dos grupos siguientes:
- Grupo 1: Zonas de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
 - Grupo 2: Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, es preponderante frente a los criterios de eficiencia energética.
- 3.- Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la Tabla 2.1. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

2.2. Sistemas de control y regulación.

- 1.- Las instalaciones de iluminación dispondrán, para cada zona, de un sistema de regulación y control con las siguientes condiciones:
- Toda zona dispondrá, al menos, de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización.

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
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Aparcamientos	5
	Espacios deportivos (5)	5
	Recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
2 Zonas de representación	Administrativo en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros Comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Religioso en general	10
	Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones,	
	salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
	Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10

(1) Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recibidor, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.

(2) Incluye la instalación de iluminación del aula y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas de práctica de ordenador, música, laboratorios de lenguaje, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas de clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y salas de manualidades.

(3) Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.

(4) Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de exámenes generales, salas de emergencia, salas de escáner y radiología, salas de examen ocular y auditivo, y salas de tratamiento. Sin embargo, quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentistas, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios, y otras salas que, por su actividad, puedan considerarse como salas especiales.

(5) Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderíos de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento como de competición, pero no se incluyen las instalaciones de iluminación necesarias para las retransmisiones televisadas. Los graderíos serán asimilables a zonas comunes del grupo 1.

(6) Espacios destinados al tránsito de viajeros, como recibidor de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de mostradores de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de congresos, etc.

(7) Incluye la instalación de iluminación general y de acento. En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc., se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.

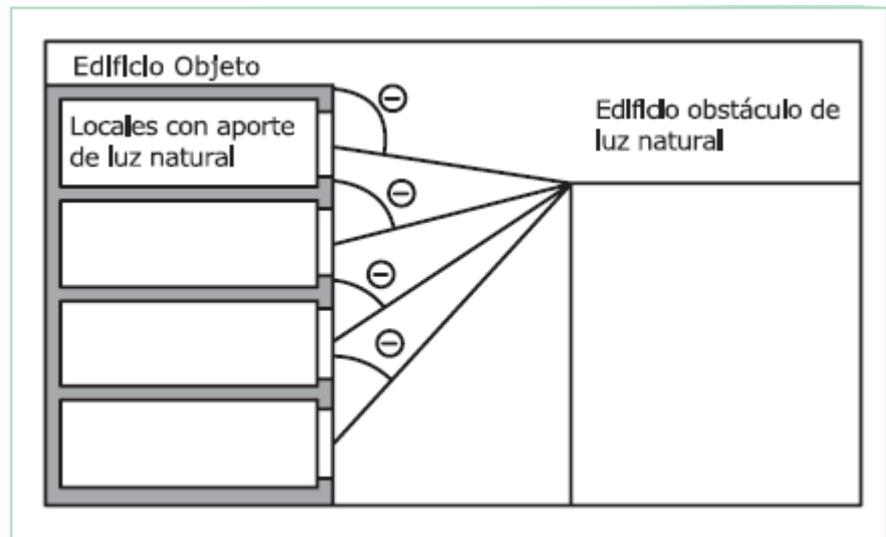
(8) Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público, como recibidor, recepción, restaurante, bar, comedor, auto-servicio o buffet, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.

(9) Incluye la instalación de iluminación general y de acento de recibidor, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

b) Se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural que regulen el nivel de iluminación en función de su aporte, en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, en los siguientes casos:

i) En las zonas de los grupos 1 y 2 que cuenten con cerramientos acristalados al exterior, cuando éstas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

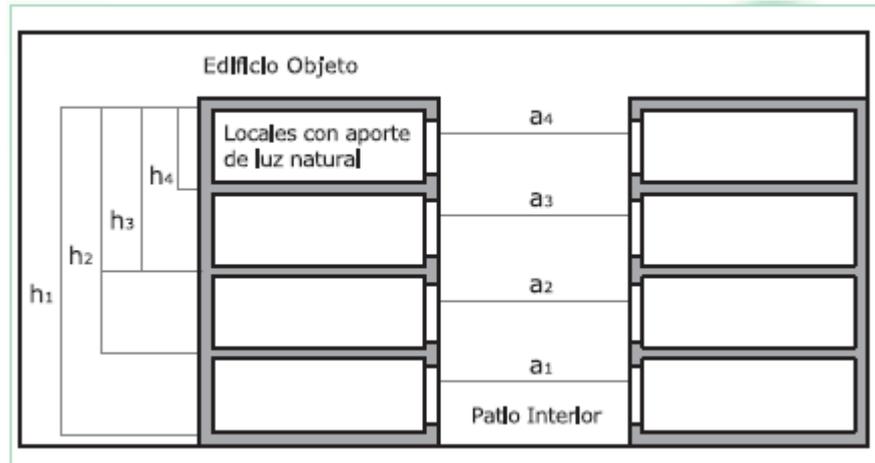
- El ángulo θ sea superior a 65° ($\theta > 65^\circ$), siendo θ el ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo, medido en grados sexagesimales.



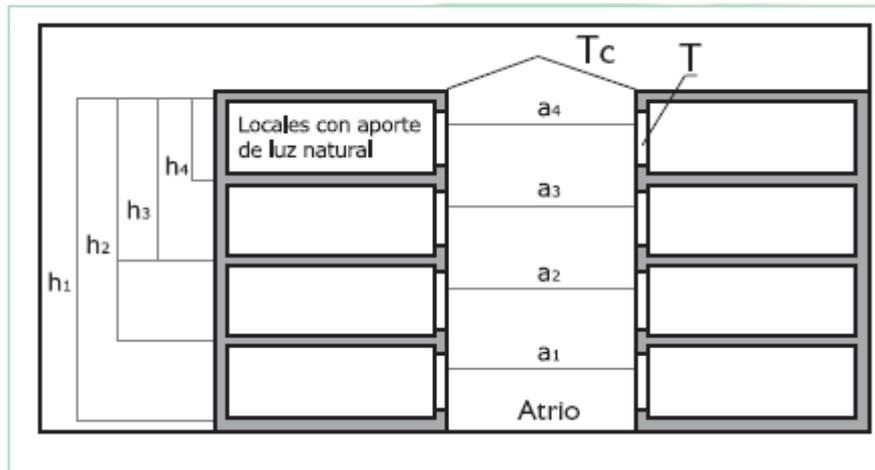
- Se cumpla la expresión $T(A_w/A) > 0,07$ siendo:
T: coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local, en tanto por uno.
 A_w : área de acristalamiento de la ventana de la zona [m^2].
A: área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [m^2].

ii) En todas las zonas de los grupos 1 y 2 que cuenten con cerramientos acristalados a patios o atrios, cuando éstas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- En el caso de patios no cubiertos, cuando éstos tengan una anchura (a_i) superior a dos veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre el suelo de la planta donde se encuentre la zona en estudio y la cubierta del edificio.



- En el caso de patios cubiertos por acristalamientos, cuando su anchura (a_1) sea superior a $2/T_c$ veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre la planta donde se encuentre el local en estudio y la cubierta del edificio, y siendo T_c el coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de cerramiento del patio, expresado en tanto por uno.



- Se cumpla la expresión $T(A_w/A) > 0,07$ siendo:
 - T : coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local, en tanto por uno.
 - A_w : área de acristalamiento de la ventana de la zona [m^2].
 - A : área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) [m^2].

Quedan excluidas de cumplir las exigencias de los puntos i e ii anteriores, las siguientes zonas de la Tabla 2.1:

- Zonas comunes en edificios residenciales.

- Habitaciones de hospital.
- Habitaciones de hoteles, hostales, etc.
- Tiendas y pequeño comercio.

3. Cálculo.

3.1. Datos previos.

- 1.- Para determinar el cálculo y las soluciones luminotécnicas de las instalaciones de iluminación interior, se tendrán en cuenta parámetros tales como:
 - a) El uso de la zona a iluminar.
 - b) El tipo de tarea visual a realizar.
 - c) Las necesidades de luz y del usuario del local.
 - d) Índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura).
 - e) Las reflectancias de las paredes, techo y suelo de la sala.
 - f) Las características y tipo de techo.
 - g) Las condiciones de la luz natural.
 - h) El tipo de acabado y decoración.
 - i) El mobiliario previsto.
- 2.- Podrá utilizarse cualquier método de cálculo que cumpla las exigencias de esta sección, los parámetros de iluminación y las recomendaciones para el cálculo contenidas en las zonas de referencia.

3.2. Método de cálculo.

- 1.- El método de cálculo utilizado, que quedará establecido en la memoria del proyecto, será el adecuado para el cumplimiento de las exigencias de esta sección y utilizará como datos y parámetros de partida, al menos, los consignados en el apartado 3.1, así como los derivados de los materiales adoptados en las soluciones propuestas, tales como lámparas, equipos auxiliares y luminarias.
- 2.- Se obtendrán, como mínimo, los siguientes resultados para cada zona:
 - a) Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
 - b) Iluminancia media horizontal mantenida (E_m) en el plano de trabajo.
 - c) Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador.

Así mismo, se incluirán los valores del índice de rendimiento de color (Ra) y las potencias de los conjuntos de lámpara más equipo auxiliar utilizado en el cálculo.

- 3.- El método de cálculo se formalizará bien manualmente o a través de un programa informático que ejecutará los cálculos referenciados obteniendo, como mínimo, los resultados mencionados en el punto 2 anterior. Estos programas informáticos podrán establecerse, en su caso, como Documentos Reconocidos.

4. Productos de construcción.

4.1. Equipos.

- 1.- Las lámparas, equipos auxiliares, luminarias y resto de dispositivos, cumplirán lo dispuesto en la normativa específica para cada tipo de material. Particularmente, las lámparas fluorescentes cumplirán con los valores admitidos por el Real Decreto 838/2002, de 2 de agosto, por el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.
- 2.- Salvo justificación, las lámparas utilizadas en la instalación de iluminación de cada zona tendrán limitadas las pérdidas de sus equipos auxiliares, por lo que la potencia del conjunto de lámpara más equipo auxiliar no superará los valores indicados en las Tablas 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1. Lámparas de descarga			
Potencia total del conjunto (W)			
Potencia Nominal de lámpara (W)	Vapor de mercurio	Vapor de sodio de alta presión	Vapor halogenuros metálicos
50	60	62	—
70	—	84	84
80	92	—	—
100	—	116	116
125	139	—	—
150	—	171	171
250	270	277	270 (2,15A) 277 (3A)
400	425	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)

NOTA: Estos valores no se aplicarán a los balastos de ejecución especial tales como secciones reducidas o reactancias de doble nivel.

Tabla 3.2 Lámparas halógenas de baja tensión	
Potencia nominal de lámpara (W)	Potencia total del conjunto (W)
35	43
50	60
2x35	85
3x25	125
2x50	120

4.2. Control de recepción en obra de productos.

- 1.- Se comprobará que los conjuntos de las lámparas y sus equipos auxiliares disponen de un certificado del fabricante que acredite su potencia total.

5. Mantenimiento y conservación.

- 1.- Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación VEEI, se elaborará en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento, la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo, en ambas, la periodicidad necesaria. Dicho plan también deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

NORMAS DE REFERENCIA

1. Parámetros de iluminación.

- 1.- A efectos del cumplimiento de las exigencias de esta sección, se consideran aceptables los valores de los distintos parámetros de iluminación que definen la calidad de las instalaciones de iluminación interior, dispuestos en la siguiente Normativa:
 - a) UNE 12464-1: 2003. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores. (Véase siguiente apartado)
 - b) Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo, que adopta la Norma UNE 12464, y ha sido elaborada en virtud de lo dispuesto

en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, y en la disposición final primera del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, que desarrollan la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

c) Norma UNE 12193: Iluminación de instalaciones deportivas.

2. Recomendaciones.

1.- UNE 72112 Tareas visuales. Clasificación.

2.- UNE 72163 Niveles de iluminación. Asignación de Tareas.

2.2.2. Norma UNE 12464-1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores

En el ámbito de la Unión Europea, el Parlamento y el Consejo redactaron y publicaron en el año 2002 la Directiva 2002/91/CE relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios, de aplicación obligatoria en los países miembros (entre los cuales se encuentra España), una vez transcurrido el período transitorio de adecuación correspondiente.

Esta Directiva impulsa la consecución de la mayor eficiencia energética posible en todas y cada una de las instalaciones que concurren en un edificio, entre las cuales se encuentra la iluminación. Tal y como se indica en sus capítulos, se trata de reducir los consumos excesivos de energía hasta en un 22%, obligando a la adopción de medidas de ahorro y recuperación energética, y se aconseja la sustitución de ciertas fuentes de energía escasas y contaminantes por otras renovables y menos agresivas con el medio ambiente.

Inmersos en el cumplimiento de dicha Directiva, en nuestro país se están desarrollando múltiples esfuerzos enfocados a la consecución de dicha mejora energética en las instalaciones de alumbrado, constituyendo, de este modo, una seria y responsable respuesta a las peticiones que surgen de todos los ámbitos de la sociedad.

Pero no debe nunca 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 lugares de trabajo.

Afortunadamente, en septiembre de 2002, se aceptó la redacción, por parte de la Comisión de Normalización Europea, de la Norma UNE 12464-1 relativa a "Iluminación de los lugares de trabajo en interior", por lo que, a finales de mayo de 2003, han tenido que ser retiradas todas aquellas normas nacionales que pudieran entrar en conflicto con la nueva Norma.

Esta nueva 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, el control estricto del deslumbramiento producido por las fuentes de luz o, incluso, el modo de evitar deslumbramientos reflejados en las pantallas de ordenadores.

En un aspecto más materialista, se describe, de modo muy detenido, la importancia de la utilización de factores de mantenimiento correctos a emplear en las instalaciones de alumbrado, teniendo en cuenta las pérdidas propias de envejecimiento de los componentes o el ensuciamiento de sus superficies ópticas.

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.

Como todo el mundo probablemente conoce, existen una serie de fuentes de luz, masivamente empleadas en la iluminación de interiores por razones exclusivamente crematísticas, que no cumplen con unos índices mínimos de reproducción cromática, y lo que esta Norma plantea es la prohibición de dichas fuentes de luz en iluminaciones de tareas visuales.

Así, por ejemplo, se exige un $R_a > 80$ 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.

Estas prescripciones, recogidas convenientemente en esta nueva Norma, contribuirán a diseñar y ejecutar instalaciones de iluminación en interiores mucho más “humanas” y protectoras de la calidad de vida y condiciones de trabajo en el quehacer cotidiano.

Cabe pensar que hay que felicitarse porque la Comisión Europea de Normalización y los países de la Unión Europea hayan refrendado los deseos de los usuarios de las instalaciones satisfaciendo sus ya antiguas reivindicaciones en cuanto al tratamiento de los colores y del confort visual, además de la seguridad.

Los requisitos de iluminación se determinan con el fin de satisfacer tres necesidades humanas básicas:

- ✿ Confort visual, en el que los trabajadores tienen una sensación de bienestar. De un modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de la productividad.
- ✿ Prestaciones visuales, en el que los trabajadores son capaces de realizar sus tareas visuales incluso en circunstancias difíciles y durante períodos más largos.
- ✿ Seguridad.

2.2.3. Norma UNE 12193: Norma Europea relativa a “Iluminación de instalaciones deportivas”

A esta Norma debe acudir en el origen de todos los proyectos de iluminación de instalaciones deportivas. Recomienda el cumplimiento no sólo cuantitativo (iluminancias y uniformidades), sino también cualitativo (deslumbramiento y rendimiento de colores).

La Norma UNE 12193 indica los niveles de iluminación de las instalaciones deportivas en función del uso, determinando tres clases basándose en el nivel de competición:

- ✿ Alumbrado Clase I: Competición del más alto nivel. Competiciones nacionales e internacionales. Normalmente acude un gran número de espectadores y los recintos son grandes.
- ✿ Alumbrado Clase II: Competición a nivel medio. Partidos de competición regional y local.
- ✿ Alumbrado Clase III: Entrenamiento general, educación física y actividades recreativas.

En las tablas que se muestran a continuación aparecen, para cada deporte, las recomendaciones mínimas de niveles de iluminación y de uniformidad, así como los niveles mínimos de calidad de la luz, en términos de reproducción cromática (Ra). En el caso de deportes en el exterior, se indica el nivel de deslumbramiento máximo.

Para eventos no televisados, dichas recomendaciones son las siguientes:

RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN INTERIOR PARA EVENTOS NO TELEVISADOS

Clase	Iluminación Horizontal	Uniformidad Min/Med	Rendimiento Cromático	Valoración de brillo
Aikido, Baloncesto, Ciclismo, Fistball, Fútbol, Balonmano, Jujitsu, Judo, Karate, Netball, Lucha Sambo, Deportes escolares (Educación Física), Sumo, Taekwondo, Voleibol y Lucha.				
I	750	0,7	>60	n/a
II	500	0,7	>60	n/a
III	200	0,5	>20	n/a
Boxeo				
I	2.000	0,8	>80	n/a
II	1.000	0,8	>80	n/a
III	500	0,5	>60	n/a
Nota: La iluminancia vertical a 1,5 m debería ser de >50% de Eh.				
Atletismo, Baile, Deportes Ecuestres, Gimnasia, Deportes sobre ruedas y Escalada en paredes				
I	500	0,7	>60	n/a
II	300	0,6	>60	n/a
III	200	0,5	>20	n/a
Nota para escalada en paredes: clase I 500 luxes, vertical. Clase II: 300 luxes, vertical. Clase III: 200 luxes, vertical				
Natación (Deportes acuáticos)				
I	750	0,7	>60	n/a
II	500	0,7	>60	n/a
III	300	0,5	>20	n/a
Nota: para saltos de trampolín, se debería tener en cuenta la uniformidad vertical. Clase I: 0,8 Eh / Ev. Clase II: 0,5 Eh / Ev. Clase III: 0,5 Eh / Ev.				
Tenis				
I	750	0,7	>60	n/a
II	500	0,7	>60	n/a
III	300	0,5	>20	n/a
Nota: los valores se refieren al "área de juego total", según la definición de la ITF.				

Badminton, Críquet, Redes de Críquet, Esgrima, Hockey, Patinaje sobre hielo, Raquetball, Squash y Tenis de Mesa					
I	750	0,7	>60		n/a
II	500	0,7	>60		n/a
III	300	0,7	>20		n/a
Nota: en el caso del esgrima de clase I 500 luxes, vertical. Clase II: 300 luxes, vertical. Clase III: 200 luxes, vertical. Red de críquet, clase I: 1500 luxes (0,8). Clase II: 1000 luxes (0,8). Clase III: 750 luxes (0,8)					
Billar					
I	750	0,8	>80		n/a
II	500	0,8	>80		n/a
III	500	0,8	>80		n/a
Deportes de Bochas (Petanca)					
I	300	0,7	>60		n/a
II	200	0,7	>60		n/a
III	200	0,5	>20		n/a
Bolos, Tiro con Arco y Tiro.					
I	200	0,5	>60		n/a
II	200	0,5	>60		n/a
III	200	0,5	>60		n/a
Iluminancia vertical					
Bolos	Pins	Blanco a 25 m	Blanco a 50 m	Uniformidad min/med	
I, II, III	500	1000	2000	0,8	
Valores verticales y horizontales: todos los niveles de iluminancia que se muestran son valores medios.					

Si hay retransmisión televisiva, se debe asegurar que una cámara recibe suficiente luz procedente de la zona en la que se quiere captar la imagen, por lo que es necesario especificar y medir los niveles de iluminación hacia cada posición de cámara seleccionada. El propósito de estimar la iluminación hacia un conjunto de cámaras es asegurarse de que cada cámara recibe suficiente iluminación para la parte del terreno de juego que cubre.

Los valores mínimos para las retransmisiones televisadas se muestran en la siguiente tabla:

Eventos importantes								
	Iluminancia horizontal	Uniformidad Min/Med	Uniformidad Min/Max*	Iluminancia vertical	Uniformidad Min/Med	Uniformidad Min/Max	Rendimiento cromático	Valoración de brillo
TVAD	1500-3000	0,8	0,7	2200	0,7	0,6	>90	<50
Cámara lenta	1500-3000	0,8	0,6	1800	0,7	0,5	>80	<50
Cámara fija	1500-3000	0,8	0,6	1400	0,7	0,5	>80	<50
Cámara móvil	1500-3000	0,8	0,6	1200	0,5	0,3	>80	<50
Ratios de iluminancia vertical y horizontal medias: se recomienda que el ratio de iluminancia horizontal (campo de juego) esté entre el 0,75 y el 1,5 de la iluminancia vertical de las cámaras. En caso de haber TVAD, los valores de iluminación horizontal y vertical de las otras cámaras deben de ser iguales que los del TVDA.								
Eventos nacionales								
	Iluminancia horizontal	Uniformidad Min/Med	Uniformidad Min/Max*	Iluminancia vertical	Uniformidad Min/Med	Uniformidad Min/Max	Rendimiento cromático	Valoración de brillo
Cámara	1000-2000	0,7	0,5	1000	0,6	0,4	>80	<50

Tan importante son los niveles de iluminación como el de uniformidad. También se deben calcular los niveles de iluminación verticales. Las medidas se deben tomar 1,5 m por encima del terreno de juego, salvo deportes de natación, donde se medirá al nivel del agua.

2.2.4. 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.

El Real Decreto incorpora al derecho español las Directivas europeas 2002/96/CE, de 27 de enero de 2003, y la Directiva 2003/108/CE, de 8 de diciembre de 2003.

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.

El Real Decreto aprobado, concreta las operaciones de su tratamiento, que deben ajustarse a las mejores técnicas disponibles, en el sentido indicado por la ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación.

En aplicación del principio “quien contamina paga”, el productor debe hacerse cargo de los costes de la gestión, incluida la recogida desde las instalaciones de almacenamiento temporal establecidas por los entes locales o desde los distribuidores, de los residuos que se generen tras el uso de los aparatos eléctricos o electrónicos que se hayan puesto en el mercado a partir del 13 de agosto de 2005. A partir de esa fecha, los aparatos que se pusieron en el mercado se marcaron para identificar a su productor y para constatar que habían sido puestos en el mercado después de dicha fecha. Así, se etiquetaron con el símbolo indicativo de la necesaria recogida selectiva y diferenciada del resto de residuos urbanos, según el estándar europeo desarrollado para este fin.

Así mismo, se prevé la financiación de los costes de gestión de los residuos procedentes de productos puestos en el mercado antes del 13 de agosto de 2005. En los aparatos puestos en el mercado a partir de la entrada en vigor del Real Decreto, los productores deberán informar a los usuarios sobre la repercusión de los costes de gestión de los aparatos existentes en el mercado antes de dicha fecha, siendo esta información especificada en la factura. Esta obligación podrá mantenerse hasta el 13 de febrero de 2011, con algunas excepciones en las que puede mantenerse hasta el 13 de febrero de 2013.

De conformidad con lo dispuesto en el RD 208/2005, el fabricante especificará en sus facturas la información relativa a la repercusión en el precio de sus productos de los costes de gestión de los aparatos puestos en el mercado antes del 13 de agosto de 2005, cuando devengan residuos.

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 establecimientos industriales 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) y con la Fundación Ecolum para luminarias (www.ecolum.es).

2.2.5. 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 (transpuesta 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).
- ✿ Difeniléteres polibromados (PBDE).

La Directiva RoHS afecta tanto a las lámparas como a los equipos y, conjuntamente con la Directiva RAEE, tiene un impacto significativo en las cantidades de sustancias peligrosas emitidas al medio ambiente. Se ha de tener en cuenta que las lámparas incandescentes y halógenas, a diferencia de la Directiva RAEE, sí están incluidas en RoHS.

La Normativa sobre el mercurio y el plomo contempla algunas exenciones en iluminación, basadas en los niveles que se utilizan actualmente en el sector (ver tabla siguiente relativa a exenciones en iluminación de la Directiva RoHS). La razón

es que se requiere algo de mercurio para que las lámparas de descarga en gas funcionen eficientemente, así como la ausencia de alternativas técnicas industriales al plomo en determinadas categorías de producto. Una de las principales consecuencias de la Directiva RoHS es la restricción de los productos de baja calidad.

Sustancia	Aplicaciones	Exención Máx. valor
Mercurio	Compactas Integradas y No Integradas	< 5 mg
	Lámparas fluorescentes rectas (fines generales)	< 10 mg
	Halofosfatos (lámparas estándar)	< 5 mg
	Trifosfatos vida normal (Gama 80)	< 8 mg
	Trifosfatos vida prolongada (Xtra/Xtreme)	Exento
	Fluorescentes para fines especiales	Exento
	Lámparas HID (compactas)	Exento
Plomo	Vidrio de arrancadores y tubos fluorescentes	Exento
	Soldaduras de alta temperatura de fusión (Pb>85%)	Exento
	Piezas cerámicas electrónicas (por ejemplo, en excitadores)	Exento

2.2.6. 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.

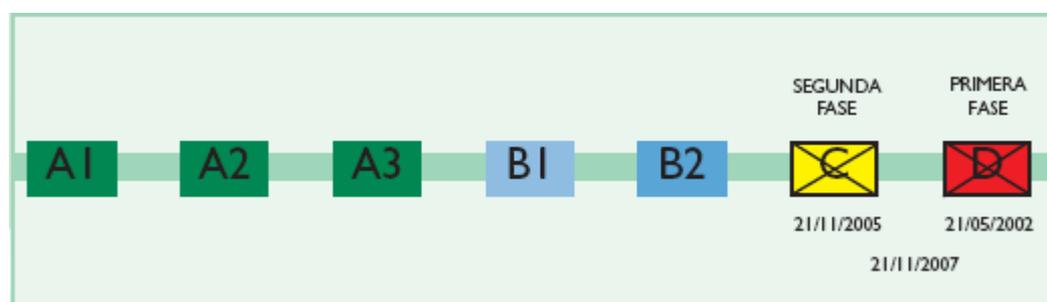
Esta Directiva se debe aplicar a los balastos de fluorescencia alimentados a través de la red eléctrica. Están excluidos los balastos integrados en lámparas, los

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 deber 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.



Esta última es función de la potencia de la lámpara y del tipo de balasto. Por lo tanto, la potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara para un tipo de balasto determinado, se define como la potencia máxima del circuito balasto-lámpara con distintos niveles para cada potencia de lámpara y para cada tipo de balasto.

Para calcular la potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara de un tipo determinado de balasto, habrá que situarlo en la categoría adecuada de la lista siguiente:

<i>Categoría</i>	<i>Descripción</i>
1	Balasto para lámpara tubular
2	Balasto para lámpara compacta de 2 tubos
3	Balasto para lámpara compacta plana de 4 tubos
4	Balasto para lámpara compacta de 4 tubos
5	Balasto para lámpara compacta de 6 tubos
6	Balasto para lámpara de tipo 2 D

En el siguiente cuadro se establece la potencia máxima de entrada de los circuitos balasto-lámpara expresada en W:

Potencia de lámpara (W)			CLASE						
	50 Hz.	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
GRUPO 1	15	13,5	9	16	18	21	23	25	>25
	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	30	24	16,5	31	33	36	38	40	>40
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
	38	32	20	38	40	43	45	47	>47
	58	50	29,5	55	59	64	67	70	>70
GRUPO 4	70	60	36	68	72	77	80	83	>83
	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
GRUPO 4	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
GRUPO 4	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
	10	9,5	6,5	11	13	14	16	18	>18
	13	12,5	8	14	16	17	19	21	>21
GRUPO 4	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
GRUPO 4	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
	10	9	6,5	11	13	14	16	18	>18
	16	14	8,5	17	19	21	23	25	>25
GRUPO 4	21	19	12	22	24	27	29	31	>31
	28	25	15,5	29	31	34	36	38	>38
	38	34	20	38	40	43	45	47	>47

En las tablas anexas se muestra, de forma rápida y sencilla, cómo comprobar la potencia total del sistema (lámpara + balasto). La primera columna indica el tipo de lámpara, mientras que las dos siguientes indican el consumo de la lámpara, bien trabajando a 50 Hz o bien trabajando con balasto de alta frecuencia. Las columnas con las distintas clases de balastos indican el consumo total del sistema (lámpara + balasto). Para los balastos de clase A1, A2 y A3, se toma como potencia de la lámpara los datos de la columna HF y, para el resto de clases, los de la columna 50 Hz.

Potencia de lámpara (W)			CLASE						
	50 Hz.	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
TL-D	15	13,5	9	16	18	21	23	25	>25
	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	30	24	16,5	31	33	36	38	40	>40
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
	38	32	20	38	40	43	45	47	>47
	58	50	29,5	55	59	64	67	70	>70
	70	60	36	68	72	77	80	83	>83
PL-L	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
PL-F	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	24	22	13,5	25	27	30	32	34	>34
	36	32	19	36	38	41	43	45	>45
PL-C	10	9,5	6,5	11	13	14	16	18	>18
	13	12,5	8	14	16	17	19	21	>21
	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
PL-T	18	16	10,5	19	21	24	26	28	>28
	26	24	14,5	27	29	32	34	36	>36
PL-Q	10	9	6,5	11	13	14	16	18	>18
	16	14	8,5	17	19	21	23	25	>25
	21	19	12	22	24	27	29	31	>31
	28	25	15,5	29	31	34	36	38	>38
	38	34	20	38	40	43	45	47	>47
PL-S	5	4,5	4	7	8	10	12	14	>14
	7	6,5	5	9	10	12	14	16	>16
	9	8	6	11	12	14	16	18	>18
	11	11	7,5	14	15	16	18	20	>20
TL-MINI	4	3,4	3,5	6	7	9	11	13	>13
	6	5,1	4	8	9	11	13	15	>15
	8	6,7	5	11	12	13	15	17	>17
	13	11,8	8	15	16	17	19	21	>21
TL-E	22	19	12	22	24	28	30	32	>32
	32	30	18,5	35	37	38	40	42	>42
	42	32	19,5	37	39	46	48	50	>50

Para las lámparas que trabajan únicamente con balastos electrónicos de alta frecuencia, se utiliza la siguiente tabla:

	Potencia de lámpara (W)	CLASE						
	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
TL-5	14	9,5	17	19				
	21	13	24	26				
	24	14	26	28				
	28	17	32	34				
	35	21	39	42				
	39	23	43	46				
	49	29	55	58				
	54	31,5	60	63				
	80	47,5	88	92				
TL-5 CIRCULA	22	14	26	28				
	40	24	45	48				
	55	32,5	61	65				

2.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado

La luz es una necesidad humana elemental y una buena luz, por lo tanto, es esencial para el bienestar y la salud.

La iluminación debe servir a tres objetivos fundamentales:

- ❁ Cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual.
- ❁ Crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.
- ❁ Racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible.

Las instalaciones de iluminación de las distintas dependencias deben estar dotadas de sistemas que proporcionen un entorno visual confortable y suficiente, según las tareas y actividades que se desarrollen. Aplicando criterios de calidad adecuados al diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación, se obtendrán los resultados de confort visual requeridos, garantizando la máxima eficiencia energética y, por lo tanto, los mínimos costes de explotación.

En una instalación de alumbrado, se pueden encontrar problemáticas específicas, tales como:

- ❁ Luminarias que producen deslumbramientos directos o indirectos.
- ❁ Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación, tanto por defecto como por exceso.

Por otro lado, es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta eficacia luminosa (lumen/vatio), unidas al uso de sistemas de control y regulación cuando sea posible, y adecuados a las necesidades del

espacio a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética.

Conociendo los requisitos generales del usuario, es posible determinar los criterios de alumbrado para cada uno de los diferentes espacios: pasillos, áreas de mesas de trabajo, salas de reunión, zonas de descanso, etc.

La calidad de la luz (nivel de iluminación, reproducción de color, temperatura de color y grado de deslumbramiento) ha de ser siempre suficiente para garantizar un rendimiento visual adecuado de la tarea en cuestión. El rendimiento visual de una persona depende de la calidad de la luz y de sus propias "capacidades visuales". En este sentido, la edad es un factor importante, ya que con ella aumentan las necesidades de iluminación.

Los efectos estimulantes de la luz son reconocidos por casi todo el mundo. No sólo los distintos efectos de la luz solar, sino también los efectos de la luz en los entornos cerrados. Existen estudios que sugieren que la luz repercute positivamente en la salud de las personas.

Una iluminación de baja calidad puede requerir un mayor esfuerzo y/o un mayor número de errores o accidentes, con la consiguiente disminución de las capacidades de actuación. Las causas son, con frecuencia, el escaso nivel de iluminación, el deslumbramiento y las relaciones de luminancia mal equilibradas en el lugar, o el consabido parpadeo de los tubos fluorescentes que funcionan con equipos convencionales.

Está demostrado que muchos tipos de errores y accidentes se podrían evitar si se mejorara la visibilidad aumentando el nivel de iluminación, mejorando la uniformidad, evitando deslumbramientos o instalando balastos electrónicos para evitar el efecto estroboscópico o parpadeo.

A continuación, se analizan cuáles son las fases de una instalación de alumbrado en las que se puede ahorrar energía en cantidades muy considerables, analizando detenidamente dónde, cómo y cuándo adoptar las medidas más eficaces para llevar a la práctica la consecución del ahorro deseado.

2.3.1. Fase de proyecto

En esta fase, se debe prestar una especial atención a elegir y cuantificar aquellos criterios realmente fundamentales para conseguir una instalación de iluminación eficiente y de alta calidad. De entre todos los parámetros cuantitativos y cualitativos, hay que prestar una especial atención a:

- ✿ La predeterminación de los niveles de iluminación.
- ✿ La elección de los componentes de la instalación.
- ✿ La elección de sistemas de control y regulación.

2.3.1.1. Predeterminación de los niveles de iluminación

Deben tenerse muy en cuenta las necesidades visuales del observador tipo, convenientemente recogidas en las recomendaciones y normas relativas a tareas visuales a realizar por el ser humano. En resumen, todo se reduce a la apreciación de un objeto contra un fondo, ya sean objetos físicos, letras u otros elementos.

A) Niveles de iluminación mantenidos

Cuando se realiza el proyecto de iluminación, normalmente se establece un nivel de Iluminación inicial superior, según los ciclos de mantenimiento, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias, así como de la posibilidad de ensuciamiento de las mismas. Con el tiempo, el nivel de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en luminarias, paredes, techos y suelos.

Se deben realizar ciclos de mantenimiento y limpieza para mantener un nivel de iluminación adecuado a las actividades que se realizan. Se tendrán que sustituir las lámparas justo antes de alcanzar este nivel mínimo, asegurando, así, que la tarea se pueda realizar según las necesidades visuales.

Por supuesto, se satisfarán otros criterios cualitativos simultáneamente, tales como la reproducción de colores, el color aparente de la luz, el ambiente en

que se encuentren las personas en su interior, el control del deslumbramiento, la simultaneidad con la luz natural, etc.

B) Tiempo de ocupación del recinto

En una tarea visual que se desarrolla dentro de un recinto cerrado, el tiempo de ocupación tiene mucho que ver con el consumo de energía eléctrica. Así, la permanencia de la instalación encendida cuando no hay personas dentro de dicho recinto es uno de los mayores despilfarros energéticos.

C) Aportación de luz natural

Deberá estudiarse la superficie abierta, la orientación respecto al sol, la proximidad de otros edificios, en resumen, todo aquello que suponga una aportación de luz natural, que no sólo es vital desde el punto de vista psicológico, sino sobre todo desde el punto de vista de ahorro de energía.

D) Flexibilidad de la actividad que se realice

El análisis de los supuestos de partida no debe despreciar nunca la realización de actividades variadas en una misma sala, para lo que será preciso flexibilizar la instalación y no duplicarla o triplicarla.

2.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación

Otro de los elementos básicos en la fase de proyecto es el proceso de estudio y elección de los elementos componentes, tales como las fuentes de luz, los equipos eléctricos precisos para el funcionamiento de las fuentes de luz y las luminarias.

En cualquier caso, cuando se comparan sistemas que son equivalentes en términos luminotécnicos, el análisis de costes hace la elección más sencilla. Al realizar tal análisis, se debe calcular no sólo el coste inicial, sino también los costes de explotación previstos (energía y mantenimiento de la instalación), entre otras razones, porque los costes de la energía son uno de los factores más importantes del coste global de la instalación.

Para realizar un análisis de costes, se necesitan los siguientes datos:

- Número y tipo de luminarias/proyectores necesarios.
- Precio de la luminaria/proyector.
- Número y tipo de lámparas necesarias.
- Precio de la lámpara y equipo auxiliar.
- Consumo por luminaria/proyector, incluyendo las pérdidas de los equipos.
- Tarifas de electricidad.
- Vida útil de la lámpara.
- Horas de funcionamiento anual de la instalación.
- Financiación y amortización.

A) Lámparas

Además de por sus características cromáticas, tanto de reproducción de colores como de apariencia de su luz, las lámparas se diferencian, sobre todo en términos de eficiencia energética, por un parámetro que la define: la eficacia luminosa, o cantidad de luz (en lúmenes) dividida por la potencia eléctrica consumida (en vatios). Nada mejor que una gráfica como la de la Fig. 1 para representar de una forma simple y rápida la diferencia entre las distintas fuentes de luz artificial.

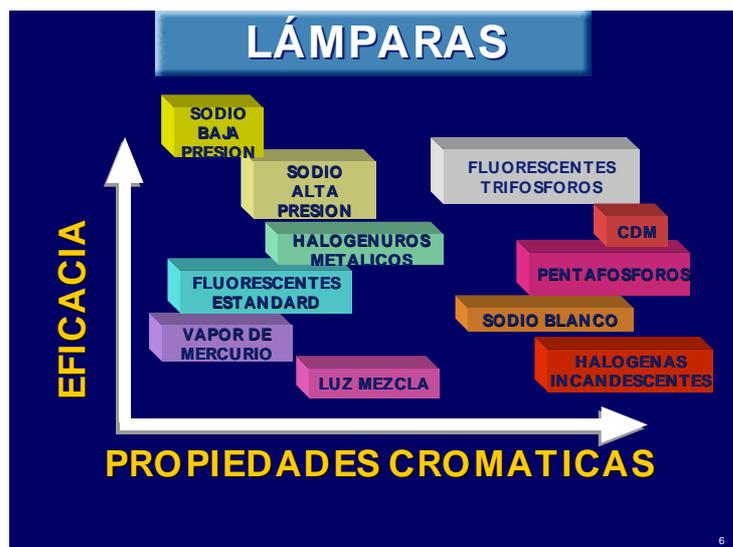


Figura 1. Cuadro comparativo de eficacia de las lámparas.

Es importante para las prestaciones visuales y la sensación de confort y bienestar, que los colores del entorno, de los objetos y de la piel humana se

reproduzcan de forma natural, correctamente y de tal modo que haga que las personas parezcan atractivas y saludables.

Para proporcionar una indicación objetiva de las propiedades de rendimiento en color de una fuente luminosa, se ha definido el Índice de Rendimiento en Color (Ra o I.R.C.). El Ra se obtiene como una nota de examen, siendo resultado de la comparación de 8 o 14 colores muestra. Un 100 significa que todos los colores se reproducen perfectamente, y conforme se aleja de 100, se puede esperar una menor definición sobre todos los colores.

Ra < 60	Pobre
60 < Ra < 80	Bueno
80 < Ra < 90	Muy Bueno
Ra > 90	Excelente

Las lámparas con un índice de rendimiento en color menor de 80 no deberían usarse en interiores en los que las personas trabajen o permanezcan durante largos períodos.

La "apariencia de color" o "temperatura de color" de una lámpara se refiere al color aparente (cromaticidad) de la luz emitida. La luz blanca puede variar desde tonalidades cálidas a frías, en función de las sensaciones psicológicas que producen.

Para las aplicaciones generales, la Comisión Internacional de Iluminación divide las fuentes de luz en tres clases, según su temperatura de color:

Blanco Cálido	Tc < 3.300 K
Blanco Neutro	3.300 K < Tc < 5.300 K
Blanco Frío	Tc > 5.300 K

La elección de apariencia de color es una cuestión psicológica, estética y de lo que se considera como natural. La elección dependerá del nivel de iluminancia, colores del espacio y objetos del mismo, clima circundante y de su aplicación.

B) Balastos

Las lámparas incandescentes y las halógenas directas a red, son las únicas que no necesitan de un equipo auxiliar (transformador o reactancia o balasto electrónico) para funcionar. Las lámparas de descarga se utilizan en combinación con diferentes tipos de balastos. Éstos pueden ser electrónicos (también llamados electrónicos de alta frecuencia) o electromagnéticos. Bajo la categoría de balastos electromagnéticos se encuentran los de cobre-hierro tradicionales para lámparas fluorescentes. Estos balastos deben combinarse con cebadores y, habitualmente, con condensadores de corrección del factor de potencia.

Los balastos electrónicos ofrecen numerosas e importantes ventajas en comparación con los balastos electromagnéticos tradicionales:

- ❁ Las pérdidas de potencia en los balastos tradicionales (electromagnéticos) oscilan entre un 6-7% hasta un 20%, mientras que en los balastos electrónicos puros son de 0 vatios.
- ❁ Ahorros de coste debidos a la reducción del consumo de energía en, aproximadamente, un 25%, por la duración de la lámpara considerablemente mayor y por la reducción notable de los costes de mantenimiento.
- ❁ Al confort general de la iluminación se añade que no producen parpadeos y que un interruptor de seguridad automático desconecta el circuito al acabar la vida de la lámpara, evitando los intentos de encendido indefinidos. El encendido de la lámpara rápido y fluido está garantizado, y se evita el potencialmente peligroso efecto estroboscópico.
- ❁ Mayor seguridad mediante la detección de sobrecargas de voltaje, una temperatura de funcionamiento significativamente inferior y, en la mayoría de los tipos, un control de protección de la tensión de red de entrada.

- Mayor flexibilidad. Con los balastos de regulación, las instalaciones con lámparas fluorescentes pueden regularse, lo que permite el ajuste de los niveles de iluminación de acuerdo a las preferencias personales, además de proporcionar un ahorro adicional de energía.
- Las unidades de balasto electrónico son más ligeras y relativamente sencillas de instalar, comparadas con los balastos electromagnéticos, y requieren menos cableado y componentes de circuito (no hay cebadores).
- El funcionamiento de los balastos electrónicos a alta frecuencia, por encima de 16 kHz, hace aumentar la eficacia del tubo en un 10%.

Los balastos electrónicos de precaldeo calientan los electrodos antes de aplicar la tensión de arranque. El precalentamiento del electrodo de la lámpara es posible en todas las lámparas fluorescentes. El precalentamiento tiene dos ventajas:

- Los electrodos de la lámpara sufren muy poco con cada arranque.
- La tensión de arranque necesaria es inferior que en un circuito de arranque frío.

Por lo tanto, con el precaldeo se pueden realizar tantas conmutaciones como sea necesario.



Figura 2. Algunos tipos comunes de balastos electrónicos.

C) Luminarias

La eficiencia energética de las luminarias está basada en el máximo aprovechamiento del flujo luminoso emitido por la lámpara, con un tope del 100%, pero que, en casos muy especiales, se aproxima al 90%, como máximo. A esta eficiencia contribuyen de modo muy importante el tamaño físico de la lámpara (cuanto más se aproxima a un foco luminoso puntual mayor será su eficiencia dentro de un sistema óptico).

No obstante, no hay que olvidar que, además de estas prestaciones iniciales, las luminarias tienen como exigencia su conservación el mayor tiempo posible, ya sea evitando el ensuciamiento interno del sistema óptico, o evitando la degradación de las superficies reflectoras, transmisoras o refractoras.

Los deslumbramientos pueden provocar cansancio y dolores oculares, pudiendo llegar a producir irritación de ojos y dolores de cabeza. Se debe tener especial atención al deslumbramiento en aquellos lugares donde la estancia es prolongada o donde la tarea es de mayor precisión.

El Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR), es el nuevo sistema que la Comisión Internacional de Iluminación recomienda para determinar el tipo de luminaria que debe usarse en cada una de las aplicaciones, atendiendo a la posibilidad de deslumbramiento que ésta puede provocar, debido a la construcción de la óptica y la posición de las lámparas. El sistema utiliza una serie de fórmulas para determinar, en función de la luminaria, la posición de instalación de la misma, las condiciones del local, y nivel de iluminación, y el posible deslumbramiento producido en los ojos de una persona que esté presente en el local. El resultado final es un número comprendido entre 10 y 31, siendo mayor el deslumbramiento cuanto más alto sea el valor obtenido.

2.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación

Además del conjunto formado por lámpara, balasto y luminaria, que debe ser lo más eficiente posible, hay una serie de dispositivos, denominados genéricamente sistemas de regulación y control, que tratan de simplificar y

automatizar la gestión de las instalaciones de alumbrado. Entre los diferentes sistemas, se pueden destacar:

- ✿ Sistemas automáticos de encendido y apagado.
- ✿ Sistemas de regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor, pulsador, mando a distancia, etc.
- ✿ Sistemas de regulación de la iluminación artificial de acuerdo con la aportación de luz natural a través de acristalamientos de diversa índole.
- ✿ Sistemas de detección de presencia o ausencia para encender o apagar la luz, o incluso regular su flujo luminoso.
- ✿ Sistemas de gestión centralizada, automatizada o no.

2.3.2. Ejecución y explotación

Esta fase de la instalación posee una importancia decisiva a la hora de respetar todos aquellos principios que han justificado la decisión de una solución en la fase de proyecto. Para ello, se requiere prestar una atención especial a una serie de circunstancias y datos que se enumeran en los siguientes apartados.

2.3.2.1. Suministro de energía eléctrica

La comprobación y revisión de la existencia de subtensiones o sobretensiones justifica la toma de medidas eléctricas de la red de suministro, tanto durante la fase de ejecución inicial, como durante la explotación de la instalación, pues, aunque el Reglamento de Verificación admite tolerancias de $\pm 7\%$ en las tensiones nominales de alimentación, una sobretensión de un 10% puede provocar un exceso de consumo energético de hasta un 20%, además del acortamiento muy significativo de la vida de la lámpara y del balasto.

2.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados

No deberán tolerarse las deficiencias de los niveles de iluminación proyectados, ni los excesos. Las primeras pueden dar origen a la realización defectuosa de la tarea visual. Los segundos pueden representar consumos excesivos innecesarios, directamente proporcionales a la eficacia luminosa de las lámparas empleadas en la instalación.

2.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados

Hay que respetar al máximo las soluciones de Proyecto pues, aunque la tendencia a equiparar componentes y soluciones esté muy extendida en función de las diferencias de precios de adquisición que, a veces, son muy importantes, las consecuencias de una falta de respeto del Proyecto puede dar lugar a pérdidas energéticas como consecuencia de los incumplimientos de los parámetros de calidad que, ocasionalmente, pueden involucrar incluso la renovación de la instalación en un plazo de tiempo inferior al de su amortización.

2.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados

Barajando las posibilidades que se han mencionado en la fase de Proyecto, se trata de comprobar que dichos supuestos se cumplen en la realidad, es decir, que las zonas iluminadas que fueron así proyectadas soportan una actividad similar a aquella para la que se diseñaron. De acuerdo con ello, utilizando alguno o varios de los sistemas enunciados, se pueden llegar a ahorros energéticos de consumo del orden de hasta un 50%.

2.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial

La regulación del flujo luminoso para compensar la aportación de la luz natural que penetra por las zonas abiertas, Fig. 3, puede conducir a ahorros enormes de consumo de energía eléctrica, evaluables según la orientación y superficie abierta. Ningún edificio con aportación de luz natural debería proyectarse sin regulación del flujo luminoso o apagado de las fuentes más próximas a los espacios abiertos. Esto se recoge perfectamente en los últimos comentarios dentro del Código Técnico de la Edificación.

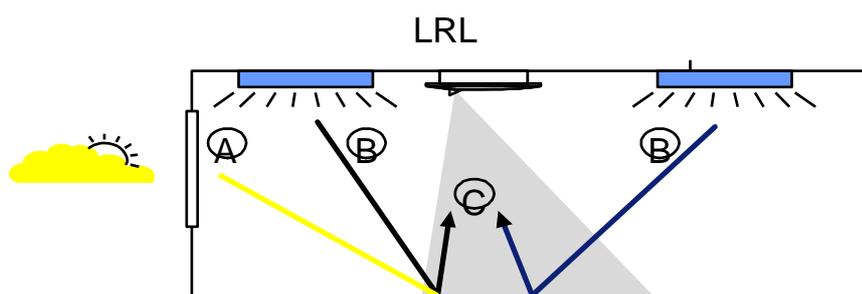


Figura 3. Combinación de luz natural y luz artificial mediante control por célula.

2.3.3. Mantenimiento

No por ser la última fase es la menos importante. El capítulo de mantenimiento es el conjunto de todos aquellos trabajos, programados u ocasionales, que sirven para conservar el funcionamiento de la instalación y las prestaciones de la misma dentro de los límites que se consideraron convenientes en la fase de Proyecto, y que se tratan de respetar en la fase de Ejecución y Explotación. Así pues, habrá que prestar una atención especial a los siguientes métodos operativos.

2.3.3.1. Previsión de operaciones programadas

Las tareas de mantenimiento, tales como la reposición de lámparas, la limpieza de las luminarias, la revisión de los equipos eléctricos y del resto de componentes de la instalación, requiere una organización que, dependiendo de las condiciones de suciedad o limpieza de la zona a iluminar, de la duración de vida de las lámparas y de las solicitudes a que estén sometidas éstas y los equipos, suponga la adopción de una frecuencia de mantenimiento. Cuando estas tareas se realizan de forma general o por zonas, con un *planning* establecido, se denominan operaciones programadas.

Con estas operaciones programadas se puede llegar a ahorros equivalentes a lo que supondría el coste del 50% de las operaciones casuales u ocasionales, es decir, cuando se tiene que acudir apresuradamente para reemplazar una lámpara o componente que ha fallado.

El mantenimiento comprende el reemplazo regular de lámparas y otros componentes con duración limitada, así como el reemplazo temporal de elementos deteriorados o estropeados. Contribuye, además, a un consumo eficaz de la energía y evita costes innecesarios. Las lámparas pueden reemplazarse individualmente o todas al mismo tiempo (reemplazo en grupo).

Aparte de las lámparas que fallen prematuramente, es mucho mejor cambiar la totalidad al mismo tiempo. Así se evitan grandes diferencias de flujo luminoso entre lámparas nuevas y antiguas.

El reemplazo individual se hace necesario si la contribución del punto de luz en cuestión es indispensable. Se emplea en instalaciones al exterior con pequeña cantidad de lámparas o para alumbrados de emergencia y seguridad.

El mantenimiento de la instalación de alumbrado debe tenerse en cuenta ya en la etapa de diseño de la misma, debiéndose prevenir con certeza que las luminarias sean fácil y económicamente accesibles para el mantenimiento y cambio de lámparas.

Cuando se cambian las lámparas, hay que tener especial cuidado en que las luminarias vayan equipadas con el tipo correcto. La instalación eléctrica deberá comprobarse y cualquier elemento desaparecido o estropeado será repuesto de nuevo.

2.3.3.2. Respeto a la frecuencia de reemplazo de los componentes

Una de las normas más estrictas en el mantenimiento de una instalación es que se respeten las frecuencias marcadas para las operaciones programadas pues, en caso de no cumplirse, pueden llegar a cometerse errores tales como el de que las lámparas se vayan apagando y haya que recurrir a las operaciones de recambio casuales, o que el consumo se mantenga en un máximo para conseguir resultados inferiores a los necesarios.

2.3.3.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos

Uno de los problemas más frecuentes que se observa en el mantenimiento de algunas instalaciones es que, al realizarse las tareas de reposición, ya sea casual o programada, se sustituyen elementos de un tipo por otros similares pero de diferentes prestaciones. Esto que es tan evidente en el color de la luz de las lámparas, y que se aprecia a simple vista, no es tan visible en los componentes del equipo eléctrico, pudiendo reemplazarse unos elementos por otros que no sean los correctos y den origen a fallos en la instalación. Obviamente, el cuidado que se exige en todas estas acciones tiene un rendimiento muy favorable, pues la instalación se comporta adecuadamente a lo largo de toda su vida, consiguiéndose los ahorros para los que fue proyectada.

2.3.3.4. Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos

A pesar de la publicación de la Directiva Europea RAEE para la recogida y reciclaje de sustancias o componentes tóxicos empleados en material eléctrico, y aunque parece que no guarda relación con la eficiencia energética propiamente dicha, las tareas encaminadas a cumplir con esta Directiva permitirán conseguir resultados muy convenientes para la conservación del medio ambiente, al tiempo que obligará a los fabricantes a sustituir componentes considerados como peligrosos, por otros alternativos.

Como conclusiones de este apartado, se ha pretendido recoger, de una forma breve pero completa, el abanico de posibilidades que pueden barajarse en las instalaciones de iluminación de recintos interiores para conseguir la mayor eficiencia energética y ahorro de consumo posibles que, evidentemente, se traducirá en una menor producción de dióxido de carbono y de otros contaminantes a la atmósfera, como consecuencia de la reducción de la producción de energía que se habrá ahorrado.

Por último, resaltar el enorme interés de todos los expertos en iluminación en este país, y en el mundo, por desarrollar instalaciones cada vez más eficientes energéticamente.

2.4. Ejemplos prácticos: diseño de iluminación eficiente en un polideportivo, una piscina cubierta y un gimnasio

A la hora de invertir en una instalación de alumbrado, no sólo se debe tener en cuenta la inversión inicial, el coste de lámparas + luminarias + equipos y el coste de la instalación, sino que también se deben considerar los siguientes costes:

- Costes de reemplazo de las lámparas: mano de obra y precio de la lámpara.
- Costes energéticos: consumo energético del sistema (precio del kWh).
- Costes de mantenimiento: suma de los costes laborales, los costes operacionales y los costes por alteración o interrupción producida.

Todos estos costes, que se pueden englobar dentro de lo que se denomina Coste Total de Propiedad, se pueden reducir de las siguientes formas:

- ✿ Reduciendo el coste de la instalación.
- ✿ Utilizando lámparas de mayor vida útil (lámparas de larga duración).
- ✿ Utilizando equipos energéticamente más eficientes (balastos electrónicos).
- ✿ Utilizando sistemas de control que permitan un uso racionalizado de la luz.

Los criterios luminotécnicos a tener en cuenta para realizar un proyecto de alumbrado son:

- ✿ Iluminancia: evalúa la cantidad de luz que incide sobre una determinada superficie, ya sea horizontal o vertical, y se define como el flujo luminoso incidente (medido en lúmenes) sobre un plano, dividido por su superficie (expresada en m²). La unidad de medida es el lux (lumen/m²). Existen dos tipos de iluminancia según la superficie en la que se mida: iluminancia horizontal (E_{hor}) e iluminancia vertical (E_{vert}).
- ✿ Iluminancia media: valores medios de la iluminancia en una superficie determinada (E_m).
- ✿ Uniformidad: relación entre las iluminancias mínima y máxima sobre una superficie (E_{mín}/E_{máx}). Este parámetro indica la homogeneidad en los niveles de iluminación de una superficie, evitando la sensación de "manchas", y que toda la superficie tenga unos niveles de iluminación homogéneos.

Además de estos criterios luminotécnicos, se tendrán en cuenta los definidos anteriormente:

- ✿ Índice de Rendimiento en Color (I.R.C. o Ra).
- ✿ Temperatura de color.
- ✿ Índice de Deslumbramiento Unificado (U.G.R.).

2.4.1. Polideportivo

Se va a estudiar un polideportivo cubierto compuesto por tres canchas de baloncesto contiguas, con la opción de que se puedan separar mediante cortinas.

El estudio se hará suponiendo que es de clase II (competición de nivel medio) y de clase III (entrenamiento general).

El factor de mantenimiento general usado en el proyecto será 0,80.

Una vez realizado el correspondiente estudio luminotécnico, el número de luminarias a usar y la potencia total del conjunto, usando lámparas de halogenuros de 400 W, será:

Código	Ctad.	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Pot. (W)	Flujo (lm)
A	59	MNF300 /6 + Malla de protección	1 * HPI-TP400W	423.3	1 * 35000

Código	Factor de mantenimiento	
	Luminaria	Lámpara
A	0.85	1.00

Potencia total instalada: 24.97 (kW)

Número de luminarias por encendido:

Encendido	Código luminarias	Potencia (kW)
	A	
Clase III	30	12.70
Clase II	59	24.97

Número de luminarias por disposición:

Disposición	Código luminarias	Potencia (kW)
	A	
Grupo Aux Base	45	19.05
Grupo1	14	5.93
Grupo2	0	0.00

Los resultados del cálculo, dentro de lo que marca la Norma, serán:

Encendidos:

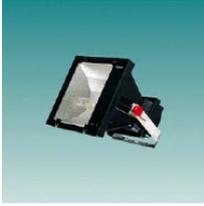
Código	Encendido
1	Clase III
2	Clase II

Cálculos de (l)luminancia:

Cálculo	Encendido	Tipo	Unidad	Med Min/Med	Min/Máx
Baloncesto Izq Clase III	1	Iluminancia en la superficie	lux	270	0.77 0.66
Baloncesto Centr ClasIII	1	Iluminancia en la superficie	lux	271	0.80 0.69
Baloncesto Drch ClasIII	1	Iluminancia en la superficie	lux	271	0.81 0.70
Baloncesto Izq Clase II	2	Iluminancia en la superficie	lux	570	0.74 0.60
Baloncesto Centr Clase II	2	Iluminancia en la superficie	lux	541	0.72 0.57
Baloncesto Drch Clase II	2	Iluminancia en la superficie	lux	576	0.72 0.55

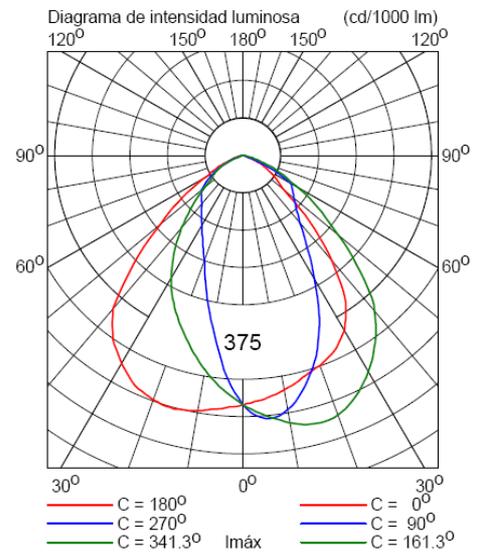
A continuación se muestra la información técnica de las luminarias utilizadas en el proyecto (proyectores simétricos):

MNF300 /6 + Malla de protección 1xHPI-TP400W/643

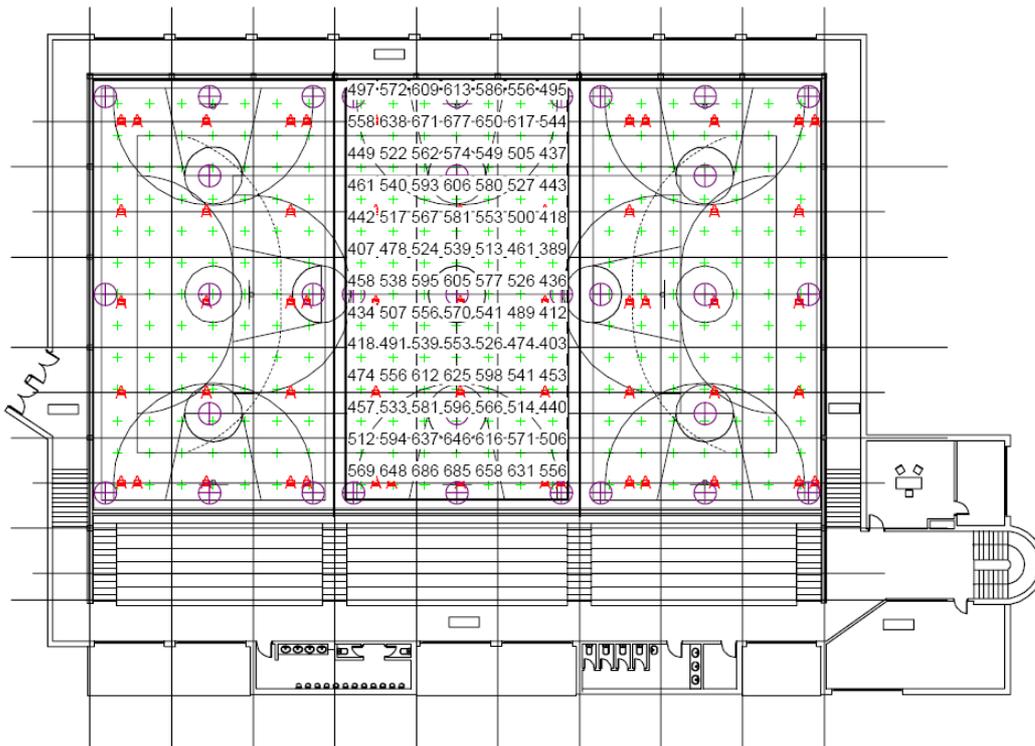


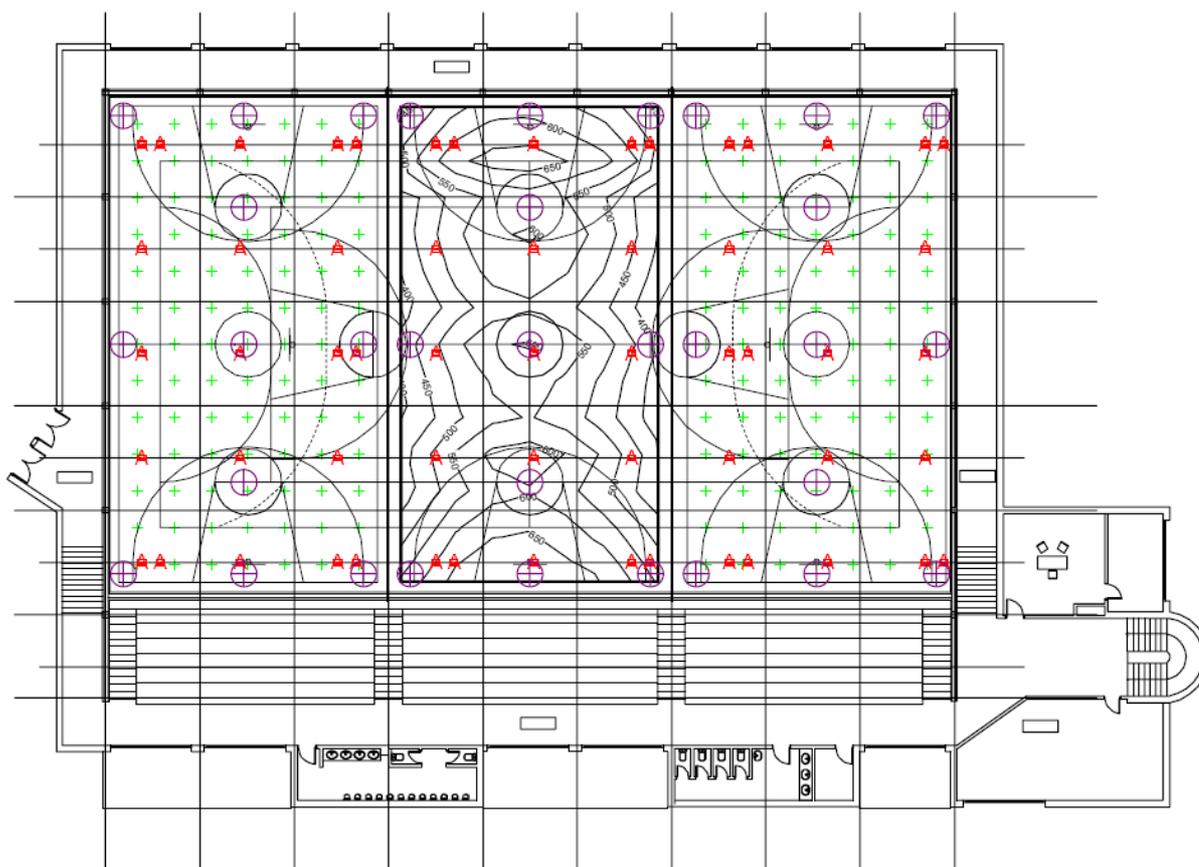
Coeficientes de flujo luminoso
 DLOR : 0.82
 ULOR : 0.00
 TLOR : 0.82
 Balasto : Standard
 Flujo de lámpara : 35000 lm
 Potencia de la luminaria : 423.3 W
 Código de medida : LVW0766500
 Factor mantenimiento luminaria : 0.85
 Factor mantenimiento lámpara : 1.00

Nota: Esta luminaria es una versión especial del código de medida mencionado.



En las siguientes figuras se muestran los valores obtenidos del estudio para la pista de baloncesto central suponiendo clase II. La primera de las figuras representa la tabla gráfica con los valores de iluminancia en la superficie (medidos en lux), mientras que en la segunda se muestran las curvas ISO:





2.4.2. Piscina cubierta

Según la Norma de iluminación de Instalaciones deportivas (UNE 12193), la iluminación será uniforme y de manera que no dificulte a los usuarios, debiendo cumplirse los siguientes niveles mínimos de iluminación:

	E_m lux	E_{min}/E_m	R_a
Exterior: Competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo	200	0,5	> 60

Las dimensiones consideradas para la piscina y los resultados obtenidos tras los cálculos correspondientes, se reflejan en la siguiente tabla:

VISTA 3D

Ubicación: Exterior

Medidas: Largo 36,57 m

Ancho 18,29 m

VISTA SUPERIOR, APUNTAMIENTOS

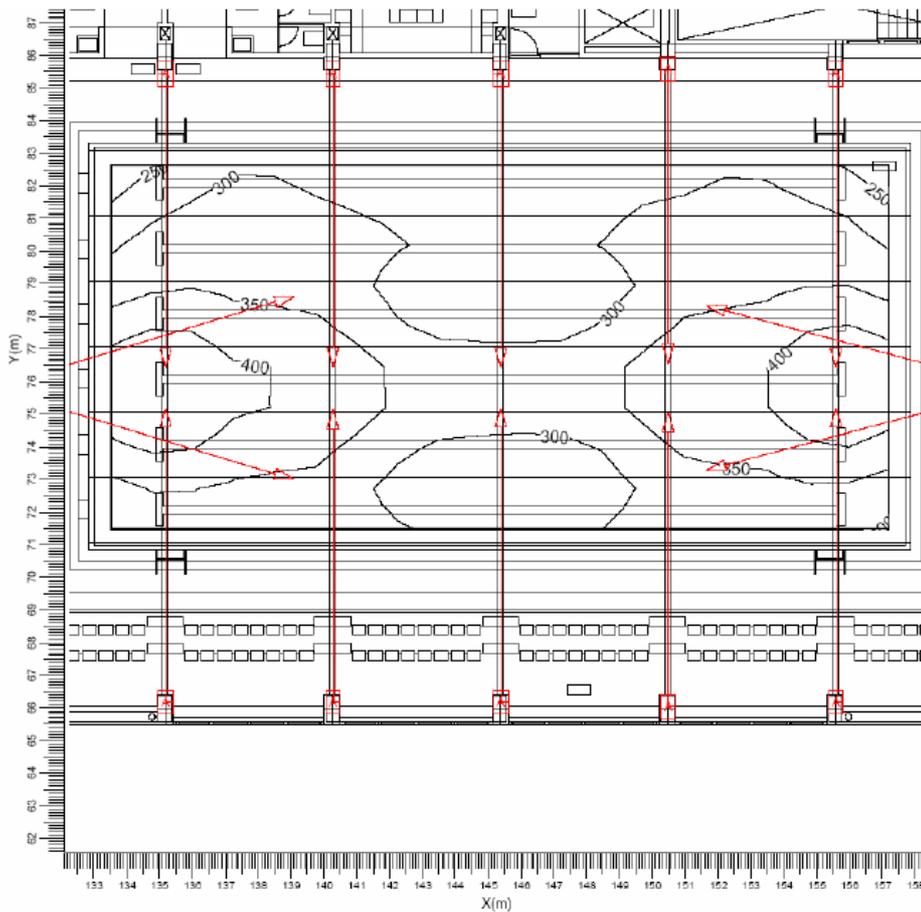
Cálculos de (l)luminancia:

Cálculo	Encendido	Tipo	Unidad	Med Min/Med	Min/Máx
Vaso Piscina Principal	1	Iluminancia en la superficie	lux	329	0.64 0.47

Luminarias del proyecto

Código	Ctad.	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Pot. (W)	Flujo (lm)
A	14	MVP506 A/59	1 * HPI-TP 250W SG	327.0	1 * 23000

La representación gráfica de las curvas ISO resultantes del estudio son las siguientes:



A continuación se describen cada uno de los elementos proyectados para el estudio en cuestión:

✿ Lámparas.

Las lámparas de descarga de alta intensidad son las más idóneas para aplicaciones de exterior y, hoy en día, en alumbrado deportivo, por sus elevadas prestaciones energéticas, de duración de vida y de flujo luminoso, son las más utilizadas.

Dentro de la gama de lámparas de descarga, las de halogenuros metálicos son la mejor opción para el alumbrado deportivo por tener una buena reproducción cromática ($R_a > 60$), lo que permite una buena distinción de la pelota y los jugadores, creando una atmósfera idónea para la práctica del deporte. Además, presentan una eficacia luminosa muy buena, superior a 80 lumen/W.

Estas lámparas tardan un tiempo (entre 2 y 5 minutos) en alcanzar el 100% de su flujo luminoso. Otro detalle importante es la incapacidad de estas lámparas para reencender en caliente en caso de fallo de suministro, por lo que es necesario esperar unos minutos hasta que se enfríen y vuelvan a encenderse.

LAMPARAS		
14	MASTER HPI-T PLUS 250 W/645 Tipo: Halogenuros Metálicos Potencia: 250 W Ra: 65 Temperatura de color: 4500 K Vida útil: 8000 horas	
LUMINARIAS		
14	PHILIPS Optiflood MVF506 A/59 1xHPI-TP 250w/645 Flujo luminoso de la lámpara: 23000 lm Potencia de la luminaria: 327 W Número de lámparas: 1HPI-T PLUS 250 W/645 Equipo eléctrico: Estándar montado en el proyector Óptica: Asimétrica Inclinación máxima para evitar deslumbramientos $I_{max} 60^\circ$ Clasificación: IP 65.	

✿ Luminarias.

Se eligen proyectores asimétricos para ser instalados en la zona perimetral de la piscina y no sobre la misma. Así, se evitan posibles deslumbramientos,

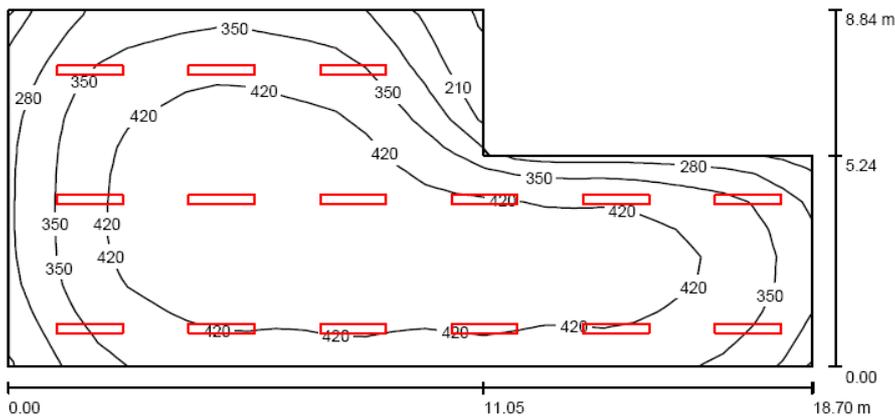
menor coste de mantenimiento por la mayor accesibilidad y mayor seguridad.

2.4.3. Gimnasio

En la tabla siguiente se recogen los niveles mínimos de iluminación que deberán cumplirse según la Norma UNE 12464-1, así como las dimensiones y resultados del estudio de un gimnasio:

	E_m lux	UGR	R_a
Salas de deporte, gimnasios	300	22	80

Medidas: Largo 18,7 m
Ancho 8,84 m
Altura 4,45 m



Altura del local: 4.450 m, Altura de montaje: 4.450 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:133

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	391	135	482	0.35
Suelo	20	360	162	441	0.45
Techo	70	88	46	111	0.52
Paredes (6)	50	195	58	474	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 27 x 13 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.35
 E_{min} / E_{max} : 0.28

Luminarias-Lista de piezas

Tipo	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	15	Philips MAXOS 4MX091 +4MX092 F +4MX093 L-F WH 2xTL-D58W/830 (1.000)	10000	111
total:			150000	1665

Valor de eficiencia energética: $12.08 \text{ W/m}^2 = 3.09 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 137.81 m^2)

Los elementos recomendados para casos de este tipo son:

☀ Lámparas.

Se ha elegido, como lámparas, tubos fluorescentes por las ventajas que presentan: larga vida útil, reencendido instantáneo, muy buena reproducción cromática, muy buena eficiencia energética y, además, son regulables (esta última característica es muy importante si se tiene aportación de luz natural).

☀ Luminarias.

Se ha optado por un sistema de suspensión debido a la altura de la sala, que también puede ser instalado con carriles de máxima calidad que se adaptarían de manera óptima a las necesidades de un gimnasio. Se pueden situar las luminarias en intervalos fijos o variables para optimizar la iluminación y la flexibilidad ante posibles cambios.

LAMPARAS		
30	<p>MASTER TL-D Super 80 58 W/830</p> <p>Tipo: Tubos fluorescentes trifósforos (Gama 80) Potencia: 58 W Ra: > 80 Temperatura de color: 3000 K Vida útil (con HF-P): 17000 horas</p>	
LUMINARIAS		
15	<p>PHILIPS MAXOS 4MX091 + 4MX092 F + 4MX093 L-F WH 2XTL-D 58W/830</p> <p>Flujo luminoso de las luminarias: 10000 lm Potencia de las luminarias: 111 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Número de lámparas: 2 x TL-D 58 W Equipo: Balasto Electrónico con precaldeo (HF-P) Reflector: Simétrico de haz ancho en acero galvanizado lacado en blanco Sistema Óptico: Óptica de aluminio lama blanca</p>	

☀ Equipos.

Se ha elegido un balasto electrónico con precaldeo (HF-P). Es mejor opción frente a los equipos electromagnéticos convencionales, debido a los importantes ahorros energéticos que conllevan.



Sistemas de control.

Se optan por sistemas de control que midan la aportación de luz natural. En combinación con balastos electrónicos regulables (HF-R), producen grandes ahorros.

Bibliografía

1. Código Técnico de la Edificación de “Código Técnico de la Edificación y otras Normas relacionadas con el alumbrado”.
2. “Introducción al alumbrado”. Philips Ibérica.
3. “Luz sobre la Norma Europea”. Philips Ibérica.
4. “Manual de Iluminación”. Philips Ibérica.
5. “Revista internacional de luminotecnia”. Philips Ibérica.

3.1. Introducción

Como continuación de los aspectos relacionados con la iluminación eficiente, y para complementar el capítulo anterior de iluminación interior, en este capítulo se va a tratar la iluminación de las instalaciones de exterior que pueden aparecer en un complejo deportivo. En general, la iluminación debe ser uniforme y de manera que no dificulte a los jugadores.

Entre los diferentes aspectos que condicionan los procesos de diseño de las instalaciones de alumbrado exterior, se pueden enumerar:

- ✿ Condicionantes de eficiencia energética.
- ✿ Necesidad de alumbrado.
- ✿ Integración del alumbrado. Equilibrio estético con el entorno.
- ✿ Condicionante geográfico, social, cultural, turístico, histórico, etc.
- ✿ Condicionantes temporales y horarios.
- ✿ Condicionantes cualitativos.
- ✿ Condicionantes económicos.



Foto 1. Columna de una instalación deportiva.

Las instalaciones de exterior conllevan la responsabilidad no sólo de que la luz no penetre en los hogares de las inmediaciones, sino también de que no ilumine el cielo. En ambos casos, la luz dispersa perturba la vida de las personas y constituye un derroche energético.

Es evidente la necesidad de un buen alumbrado que aporte los beneficios exigidos en cada área y procure un eficaz consumo energético, mínimo impacto ambiental y una aceptable inversión. Para conseguir este “buen alumbrado” se deben analizar, y buscar el equilibrio, entre los diferentes aspectos que influyen en el diseño de las instalaciones de alumbrado.

Un sistema de alumbrado energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación.

En la eficiencia de la iluminación influyen:

- ✿ Eficiencia energética de los componentes (lámparas, luminarias, equipos auxiliares).
- ✿ Uso de la instalación (régimen de utilización, utilización de sistemas de regulación y control, aprovechamiento de la luz natural).
- ✿ Mantenimiento (limpieza, reposición de lámparas).

La estructura de este capítulo se basará en una serie de ejemplos prácticos o fichas que engloben la mayor parte de los diferentes tipos de instalaciones deportivas que se pueden encontrar en este tipo de centros. Así, se estudiarán casos de la iluminación a instalar en un campo de fútbol, una pista de atletismo, una pista de tenis, una pista de pádel y una pista polideportiva.

3.2. Casos prácticos

La definición de las características luminotécnicas en instalaciones deportivas está basada en la Norma UNE-EN-12193.

3.2.1. Campo de fútbol

	Área de referencia		Nº de puntos de cuadrícula	
	Longitud (m)	Anchura (m)	Longitud	Anchura
Área principal	100 a 110	64 a 75	19 a 21	13 a 15
Área total	108 a 118	72 a 83	21	13 a 15

Dimensiones de estudio de zona de juego: 105 x 70 m

Número de puntos de cuadrícula: 21 x 15

3.2.1.1. Clase de alumbrado I – Nivel de competición

Iluminancia horizontal		GR	Ra
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}		
500	0,70	50	60



Foto 2. Campo de fútbol.

Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZL
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	2.000 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	220.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	48 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	99.840 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	18 m
NÚMERO DE COLUMNAS	6 ud (8 proyectores por ud)

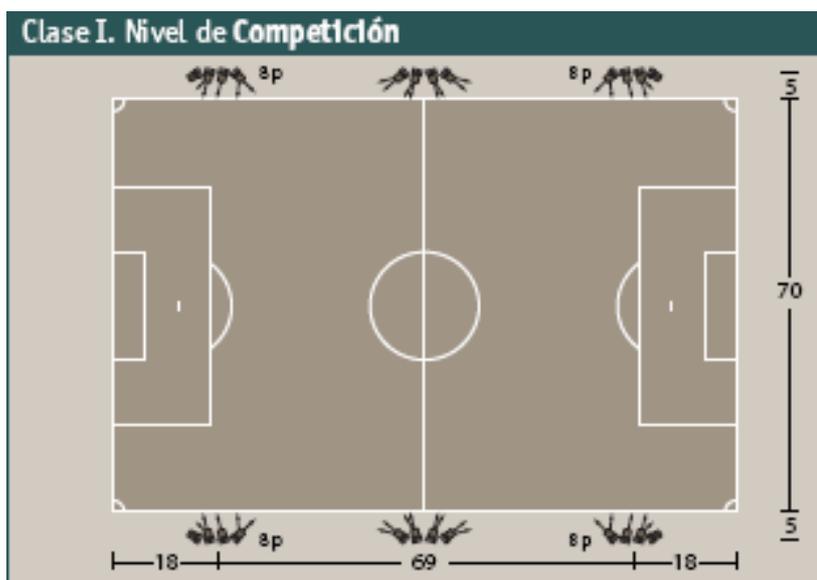


Foto 3. Proyector IZL-60.

Valores de proyecto obtenidos:

Iluminancia horizontal			
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}	GR	Ra
550	0,73	42	65

Esquema de instalación:



3.2.1.2. Clase de alumbrado II – Nivel de entrenamiento

Iluminancia horizontal			
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}	GR	Ra
200	0,60	50	60

Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZL
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	2.000 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	220.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	18 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	37.400 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	16 m
NÚMERO DE COLUMNAS	6 ud (3 proyectores por ud)

Valores de proyecto obtenidos:

Iluminancia horizontal			
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}	GR	Ra
210	0,68	46	65

Esquema de instalación:

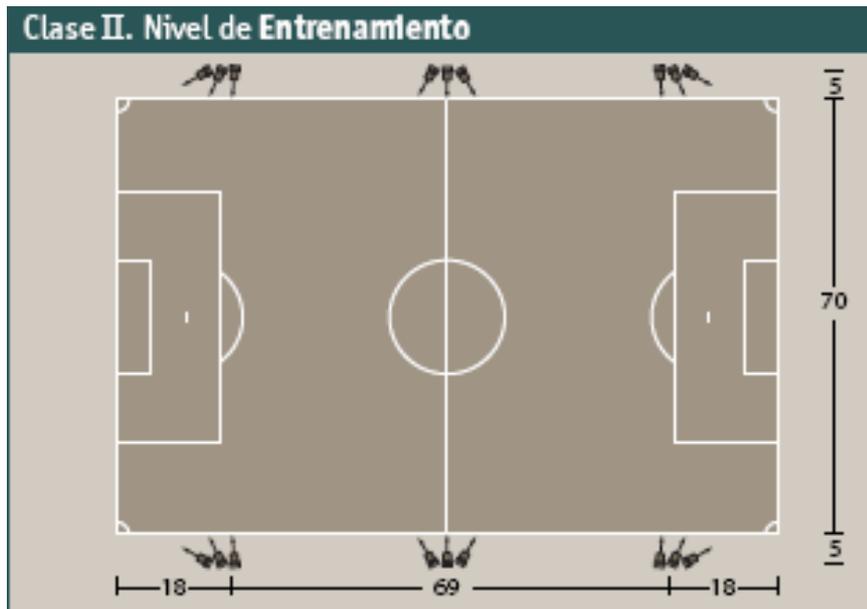


Foto 4. Tipos de columnas.

3.2.2. Pista de atletismo

	Área de referencia		Nº de puntos de cuadrícula	
	Longitud (m)	Anchura (m)	Longitud	Anchura
Campo	150	80	23	13
Pista de 400 m	100	4,9 a 9,8	21	3

Dimensiones de estudio área de actividad: 177 x 93 m

Número de puntos de cuadrícula: 23 x 13

3.2.2.1. Clase de alumbrado I – Nivel de competición

Iluminancia horizontal		GR	Ra
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}		
500	0,70	50	60

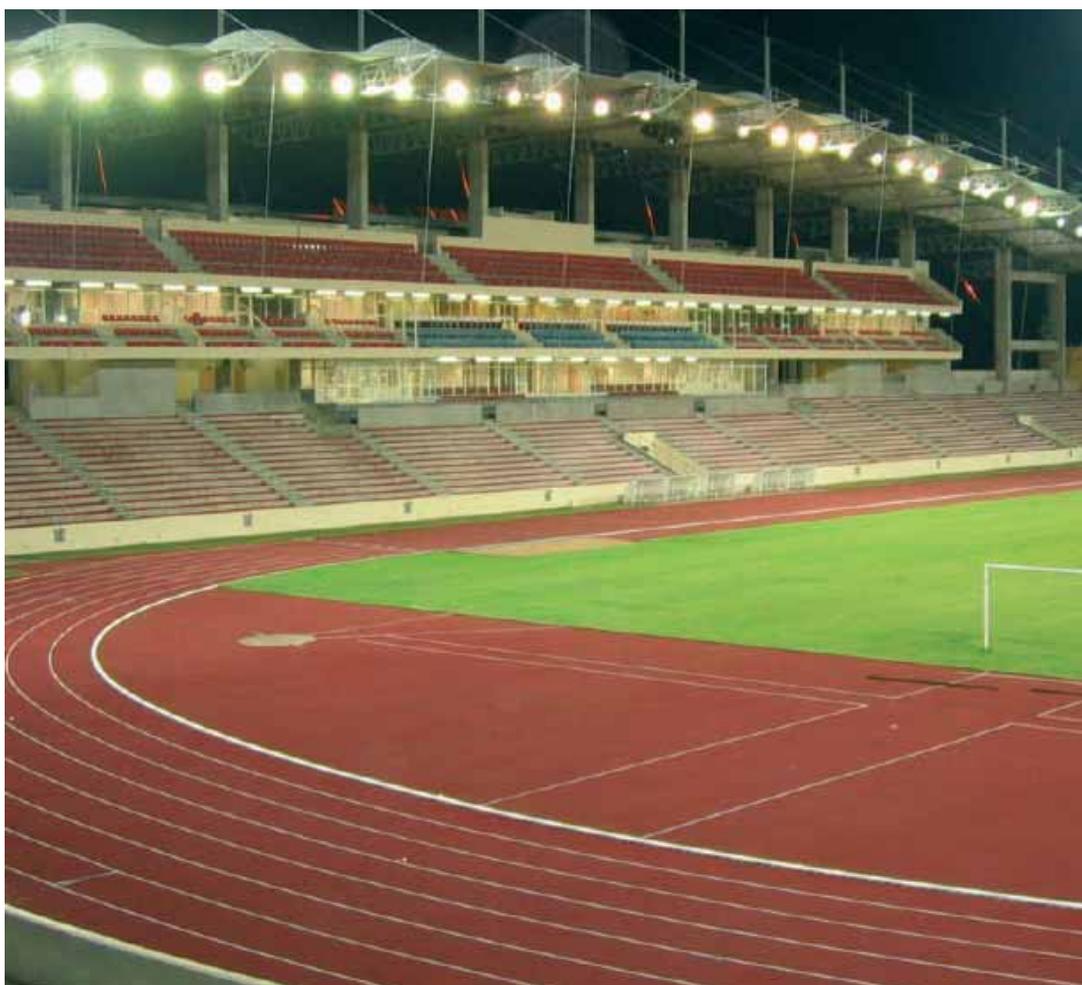


Foto 5. Pista de atletismo.

Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZM
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	2.000 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	220.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	90 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	187.200 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	20 m
NÚMERO DE COLUMNAS	6 ud (15 proyectores por ud)

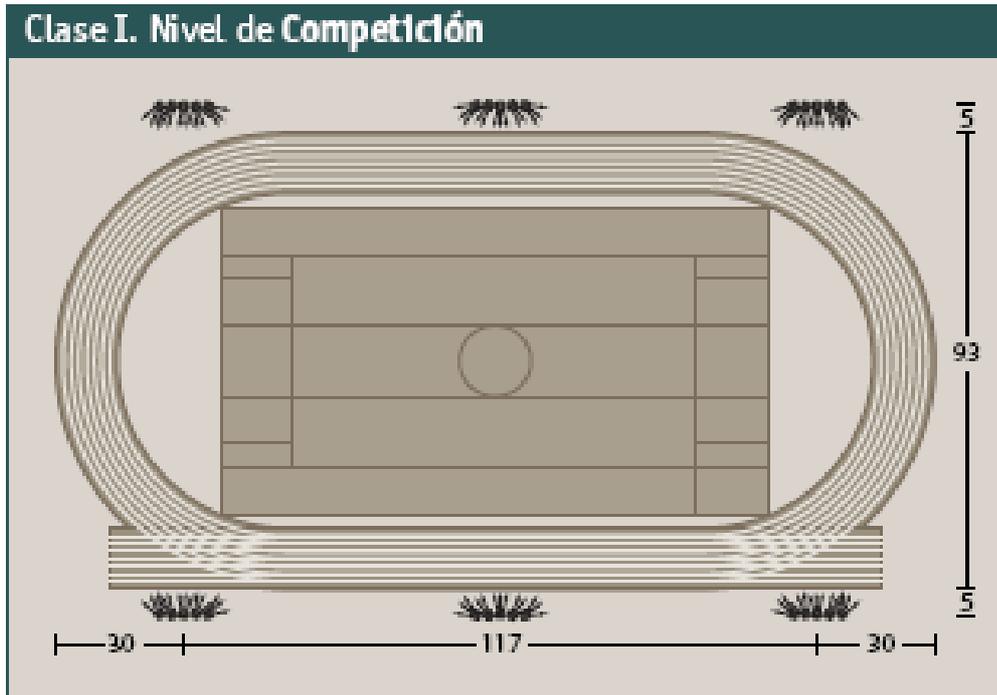


Foto 6. Proyector IZM.

Valores de proyecto obtenidos:

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
530	0,70	50	65

Esquema de instalación:



3.2.2.2. Clase de alumbrado II – Nivel de entrenamiento

Iluminancia horizontal		GR	Ra
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}		
200	0,50	55	60

Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZL
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	2.000 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	220.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	36 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	74.880 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	20 m
NÚMERO DE COLUMNAS	6 ud (6 proyectores por ud)

Valores de proyecto obtenidos:

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
230	0,56	52	65

Esquema de instalación:



3.2.3. Pista de tenis

	Área de referencia		Nº de puntos de cuadrícula	
	Longitud (m)	Anchura (m)	Longitud	Anchura
Área total	36	18	15	7

Dimensiones de estudio zona de juego 36 x 18 m

Número de puntos de cuadrícula: 15 x 7

3.2.3.1. Clase de alumbrado I – Nivel de competición

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
500	0,70	50	60



Foto 7. Pista de tenis.

Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZL
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	1.000 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	100.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	8 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	8.400 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	12 m
NÚMERO DE COLUMNAS	4 ud (2 proyectores por ud)

Valores de proyecto obtenidos:

Iluminancia horizontal			
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}	GR	Ra
520	0,80	40	65

Esquema de instalación:

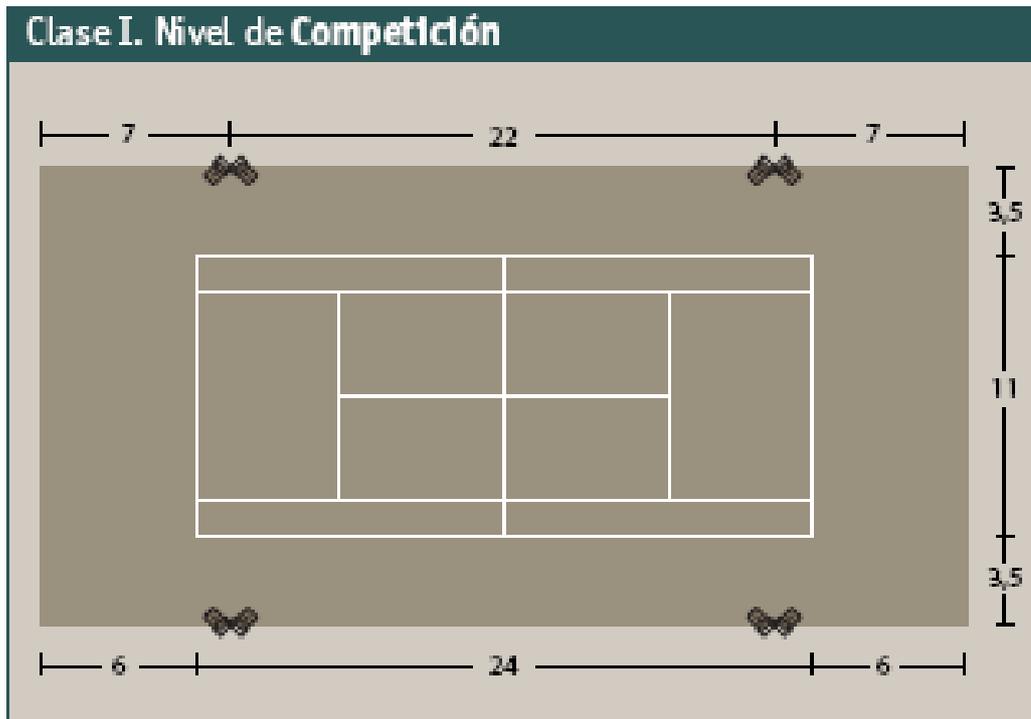


Foto 8. Tipos de columnas.

3.2.3.2. Clase de alumbrado III – Nivel recreativo

Iluminancia horizontal			
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}	GR	Ra
200	0,60	55	20

Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZR-AD
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	400 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	35.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	8 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	3.360 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	10 m
NÚMERO DE COLUMNAS	4 ud (2 proyectores por ud)

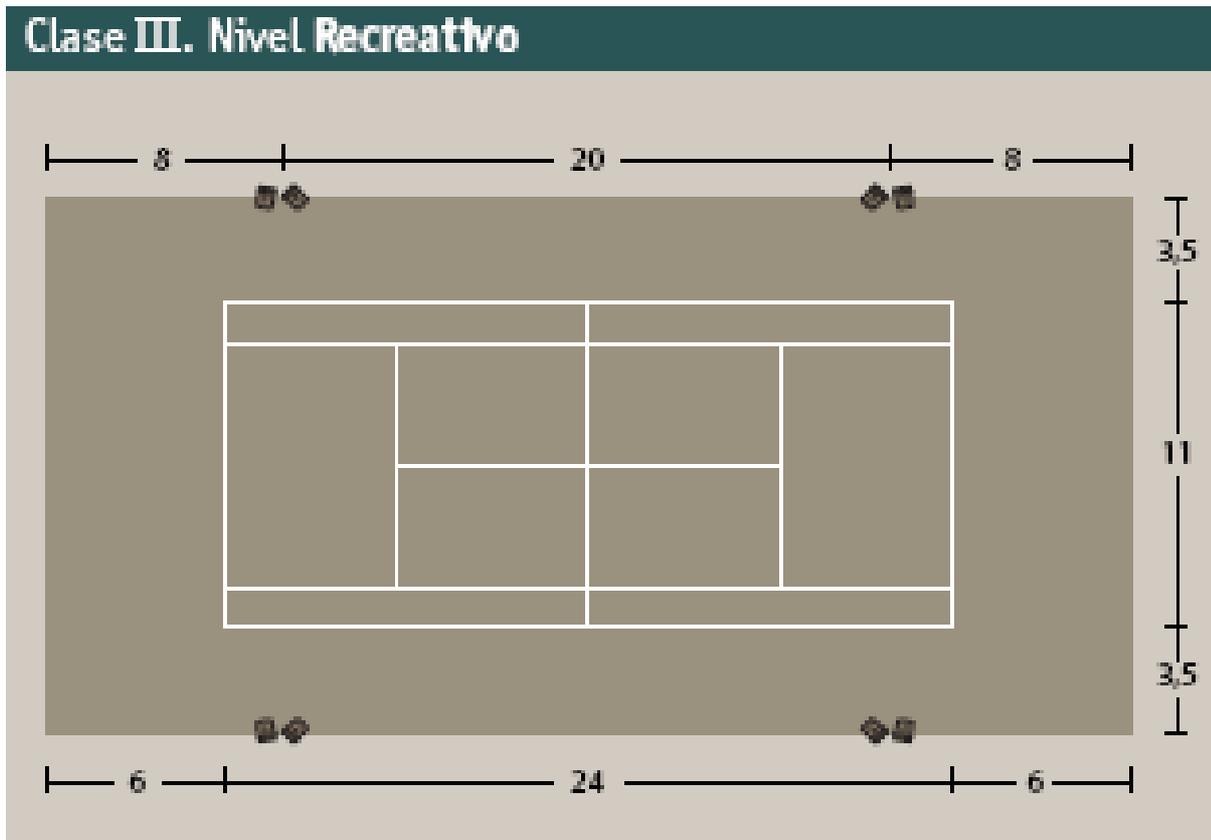


Foto 9. Proyector IZR.

Valores de proyecto obtenidos:

Iluminancia horizontal			
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}	GR	Ra
210	0,80	40	65

Esquema de instalación:



3.2.4. Pista de pádel

	Área de referencia		Nº de puntos de cuadrícula	
	Longitud (m)	Anchura (m)	Longitud	Anchura
Área total	20	10	15	7

Dimensiones de estudio zona de juego 20 x 10 m

Número de puntos de cuadrícula: 15 x 7

3.2.4.1. Clase de alumbrado II – Nivel de entrenamiento

Iluminancia horizontal			
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}	GR	Ra
500	0,70	50	60



Foto 10. Pista de pádel.

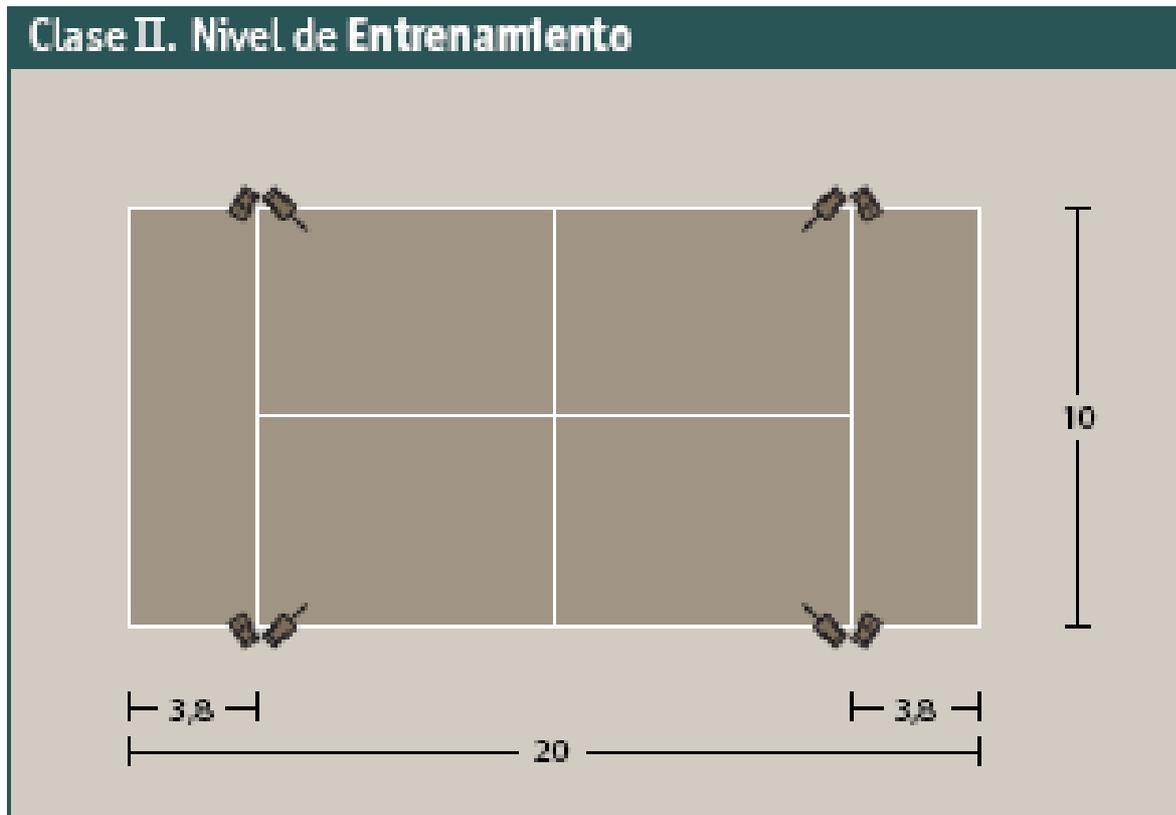
Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZR-AD
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	400 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	35.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	8 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	3.360 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	6 m
NÚMERO DE COLUMNAS	4 ud (2 proyectores por ud)

Valores de proyecto obtenidos:

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
520	0,71	40	65

Esquema de instalación:



3.2.4.2. Clase de alumbrado III – Nivel recreativo

Iluminancia horizontal		GR	Ra
E_{med} (lux)	E_{min} / E_{med}		
300	0,70	50	60

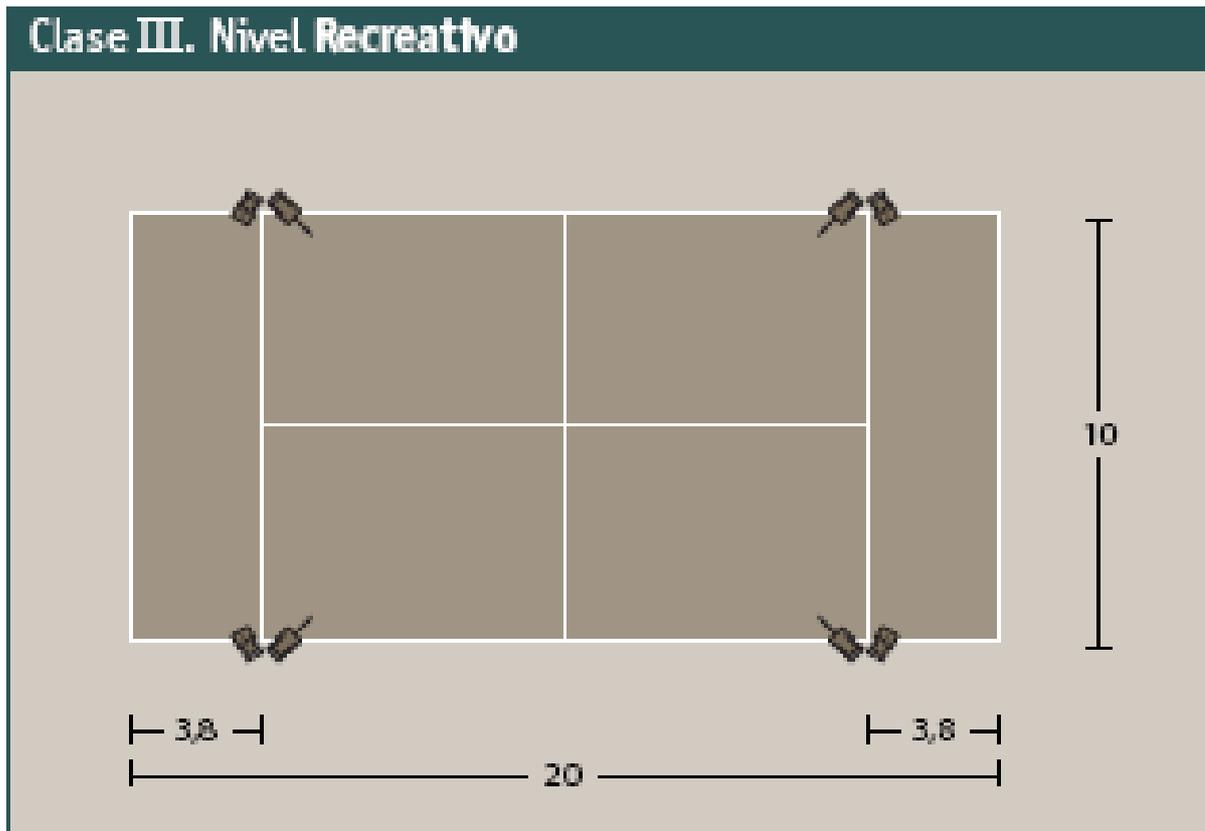
Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZR-AD
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	250 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	23.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	8 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	2.200 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	6 m
NÚMERO DE COLUMNAS	4 ud (2 proyectores por ud)

Valores de proyecto obtenidos:

Iluminancia horizontal		GR	Ra
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}		
300	0,71	40	65

Esquema de instalación:



3.2.5. Pista polideportiva

	Área de referencia		Nº de puntos de cuadrícula	
	Longitud (m)	Anchura (m)	Longitud	Anchura
Área total	45	35	9	7
Área balonmano	40	20	9	7
Área baloncesto	28	15	9	7

Dimensiones de estudio zona de juego 45 x 35 m

Número de puntos de cuadrícula: 9 x 7

3.2.5.1. Clase de alumbrado III – Nivel recreativo

- Área total.

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
100	0,50	55	20

- Área balonmano.

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
100	0,50	55	20

- Área baloncesto.

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
200	0,70	55	20



Foto 11. Pista polideportiva.

Datos de proyecto:

MODELO PROYECTOR	Indal IZR-AD
TIPO DE LÁMPARA	Halogenuros metálicos doble terminal
POTENCIA DE LÁMPARA	400 W
FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARA	35.000 lm
NÚMERO DE PROYECTORES	12 ud
POTENCIA TOTAL INSTALADA	5.040 W
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0,80
ALTURA DE COLUMNA	10 m
NÚMERO DE COLUMNAS	6 ud (2 proyectores por ud)

Valores de proyecto obtenidos:

- Área total.

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
120	0,70	40	65

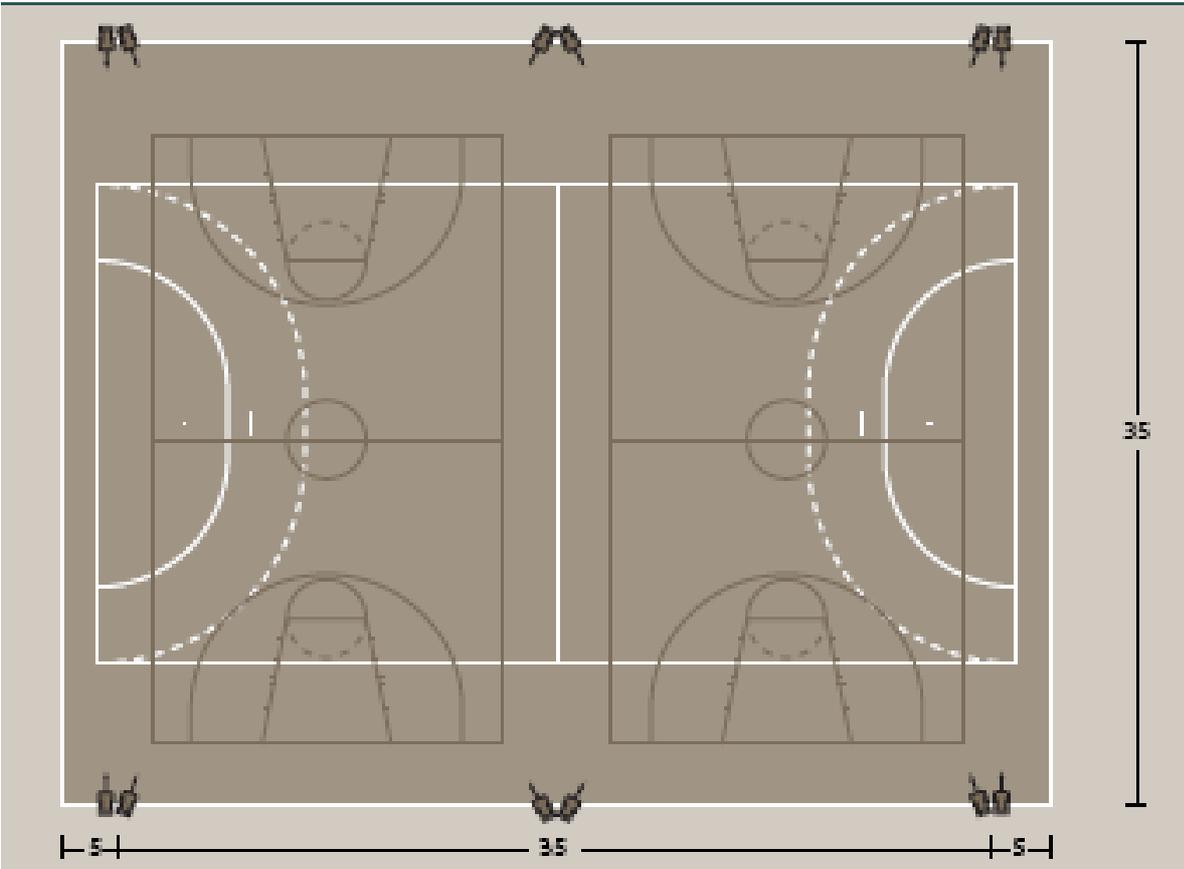
- Área balonmano.

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
130	0,70	40	65

- Área baloncesto.

Iluminancia horizontal			
E _{med} (lux)	E _{min} / E _{med}	GR	Ra
150	0,75	45	65

Esquema de instalación:



La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización

4.1. Introducción

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

Quizás hace algunas décadas, era lógico que la energía obtenida de la radiación solar no se sustituyera por la obtenida de los combustibles convencionales, debido a la ausencia de recursos técnicos y del interés en la investigación de métodos capaces de hacer competente la energía solar con la energía de los combustibles 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. En estos casos, la fiabilidad de las instalaciones (y de sus componentes), los ahorros conseguidos y, en definitiva, la 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 mecanismos que explican este despertar solar están ligados tanto al crecimiento del interés

social por la protección del medio ambiente, como a una actitud mucho más activa por parte de las Administraciones -tanto Ayuntamientos, como Comunidades Autónomas y Administración Central- que han abierto líneas de subvención mucho más generosas y que están introduciendo elementos de obligatoriedad solar dentro de las regulaciones de su competencia: las Ordenanzas Solares de los Ayuntamientos de Barcelona, Madrid, Sevilla, Burgos, etc., obligaban a la instalación de sistemas de aprovechamiento solar para la producción del agua caliente en las nuevas edificaciones -y reformas integrales- de las ciudades en las que habitan más del 30% de la población española (viviendas, hoteles, polideportivos, 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 de las Ordenanzas Solares y el Código Técnico de la Edificación.

El sector de las instalaciones deportivas tiene uno de sus pilares en la utilización del Sol que realizan sus usuarios para un desarrollo de las actividades diarias (duchas, calentamiento de piscinas, 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.

4.2. Posibilidades de ahorro solar en instalaciones deportivas

Los gastos energéticos en las instalaciones deportivas son 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 siempre 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 deportivas en España, se puede afirmar que las opciones más claras -por orden de importancia- que se prevé de la utilización del Sol para reducir los consumos energéticos son:

1. Producción solar de agua caliente sanitaria.
2. Climatización solar de piscinas cubiertas y descubiertas.
3. Calefacción y refrigeración solar.

4.3. 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 η_0 (eficiencia óptica, ganancia de energía solar) y U_L (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.

4.3.1. 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 calienta el fluido de trabajo que ellos contienen.

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.

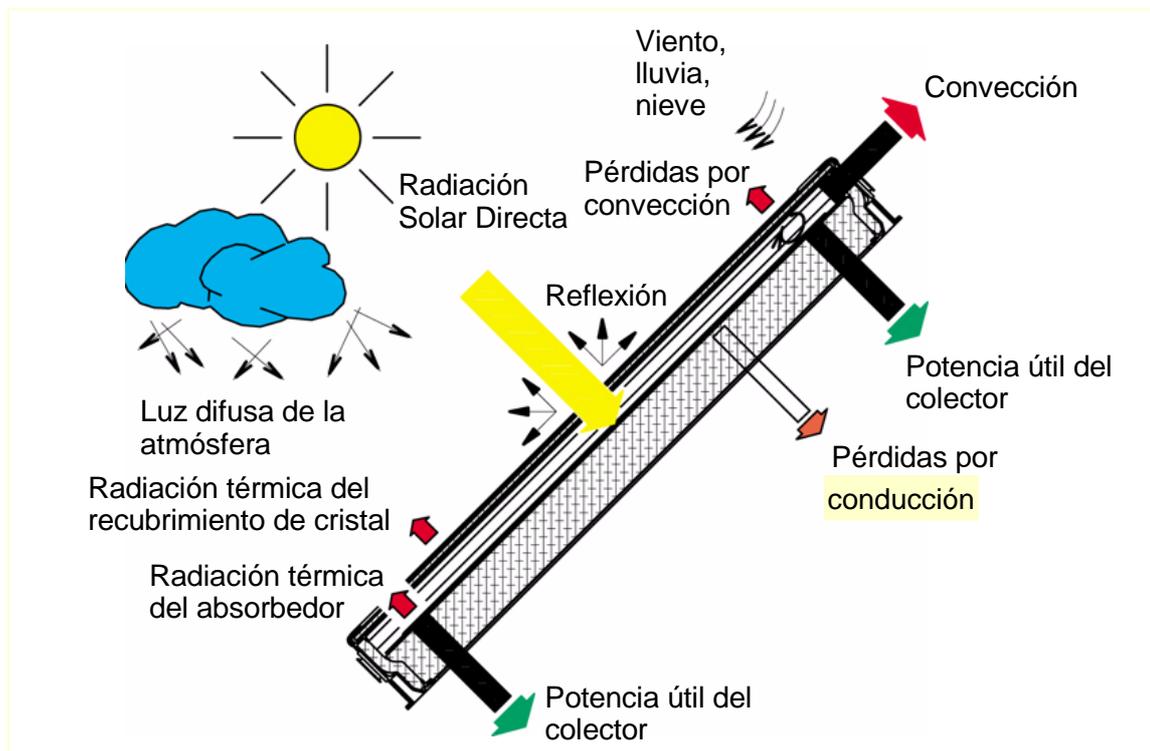


Figura 2. Balance energético en un colector solar.

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.

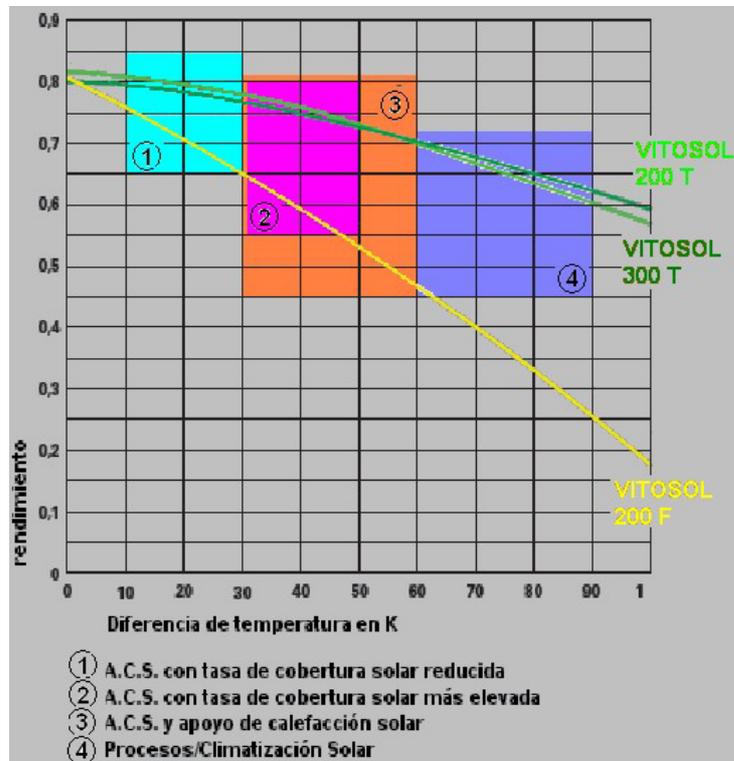
$\eta = \eta_0 - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{E_g}$	<p>η = Rendimiento (eficiencia). η_0 = Rendimiento óptico (eficiencia óptica). k_1, k_2 = Pérdidas térmicas; engloba pérdidas por conducción, convección y radiación. ΔT = Diferencial de temperaturas (entre la temperatura media de trabajo del colector y la temperatura ambiente, °C) E_g = Radiación solar, W/m².</p>
---	--

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 seleccionarlo son:

- ☀ Productividad energética a la temperatura de trabajo y coste.

- ☀ Durabilidad y calidad.
- ☀ Posibilidades de integración arquitectónica.
- ☀ Fabricación y reciclado no contaminante.



Eg: Intensidad de irradiación = 800 W/m²

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 solar 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.

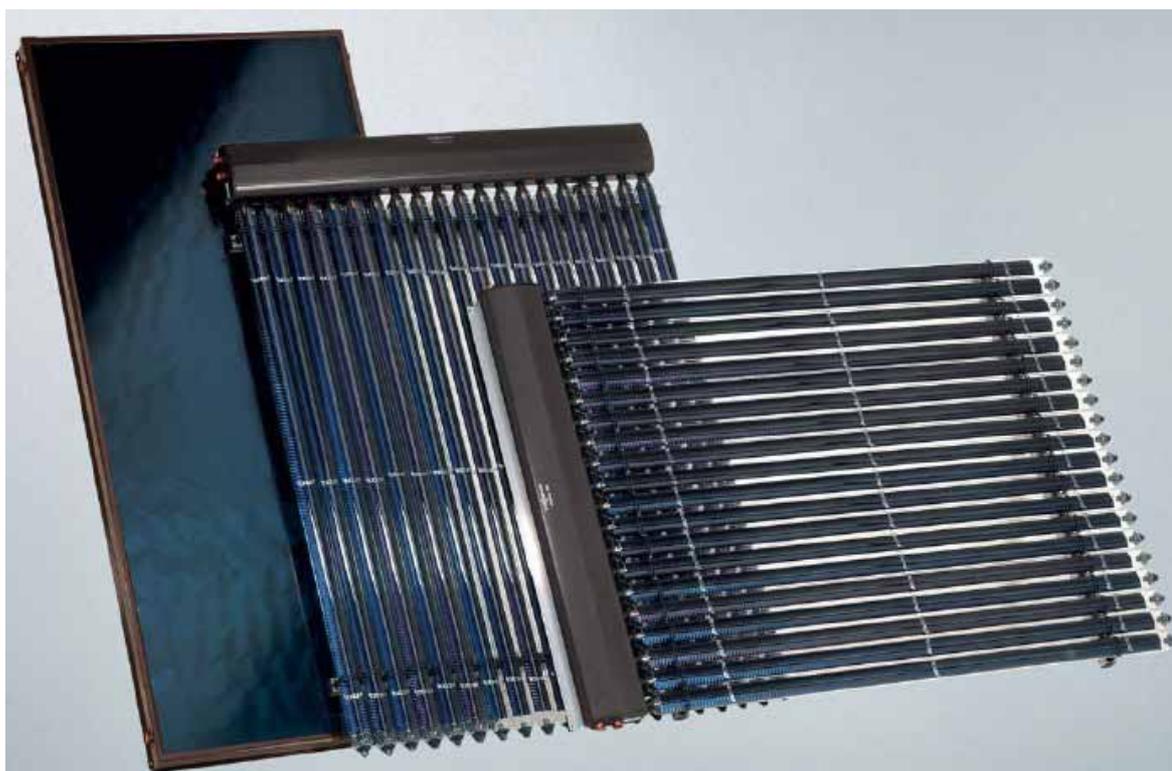


Foto 1. Ejemplos de tecnología.

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 significativas en los costes del resto de los elementos del sistema solar, ya que, para un mismo aporte solar, hacen falta instalar menos m² de colectores y se puede trabajar a temperaturas más altas sin repercusión en el rendimiento (bombas, tuberías, almacenamiento, intercambiadores, etc., más pequeños).

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.

4.3.2. 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/m² año, lo que equivale a que, por cada m², se recibe la energía obtenida de quemar unos 165-200 litros de gasóleo. Es decir, con la energía solar que llega en 5 m², se podrían suplir las necesidades térmicas anuales para acondicionar una casa de 100 m².



Foto 2. Acumuladores.

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 encuentran los perfiles de consumo de las instalaciones, que variarán en función de su uso. Por ejemplo, en las instalaciones de ACS en viviendas, se observan dos-tres picos de consumo al día; en las instalaciones de calefacción, el horario de funcionamiento, normalmente, comenzará después de las 12 del mediodía y sólo durante el invierno, etc.

Para conseguir acoplar la producción del sistema solar con el consumo de la instalación, siempre se necesitará 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 acumulación. La mayor heterogeneidad del perfil de consumo también hará que sea necesaria una acumulación mayor.

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

Otro factor de gran influencia en el rendimiento del sistema solar será la estratificación térmica de la acumulación. A mayor estratificación, mayor será el rendimiento de la instalación solar. La estratificación térmica de la acumulación hace posible que la temperatura de entrada al colector solar sea lo más baja posible, lo que mejora su rendimiento. Esta estratificación se puede conseguir en mayor o en menor grado en función de las medidas de diseño que se tomen. Como medidas básicas se deben adoptar las siguientes: utilización de depósitos verticales y conexión en serie de 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.

4.3.3. 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.

4.3.4. 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 el de marcha-paro de una bomba en función de un diferencial de temperatura establecido en la regulación, y en el 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.

4.3.5. 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 coincida 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 del sistema convencional utilizado, es muy importante su posición relativa. Las distintas opciones que se pueden encontrar son:

- ❁ **Inmerso en el acumulador solar:** para esta configuración existen dos posibilidades en función del tipo de energía convencional utilizada, es decir, resistencia eléctrica (de menor eficiencia en tanques monovalentes) o gas natural, GLP, gasóleo, etc., mediante otro serpentín sumergido en la parte superior del acumulador (mayor eficiencia en tanques bivalentes esbeltos, en los que la estratificación se mantenga, de manera que la caldera sólo debe poder actuar sobre el 50% del volumen del tanque).
- ❁ **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. El rendimiento es el más alto, ya que no afecta a la temperatura de entrada a los colectores, además, al poder modular el consumo de energía convencional en función de la temperatura de entrada a la caldera mural, presenta mayor eficiencia.
- ❁ **En paralelo con el acumulador solar:** es la tipología más usual en sistemas domésticos termosifónicos. Es un conexionado menos eficiente, ya que no se

aprovecha el agua precalentada solar. En este sentido, 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. Se trata de un conexionado más eficiente. El acondicionamiento del acumulador convencional se realizará con caldera de gas, gasóleo, GLP o incluso con resistencia eléctrica (menor eficiencia).

4.4. 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 conduce a conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo, y siempre por delante de éste.

4.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica

En instalaciones compartidas por varios usuarios, 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 calentado 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 ha separado el circuito de agua de consumo y el de extracción de agua caliente solar mediante un intercambiador, para evitar la necesidad del tratamiento anti-legionella en el acumulador solar.

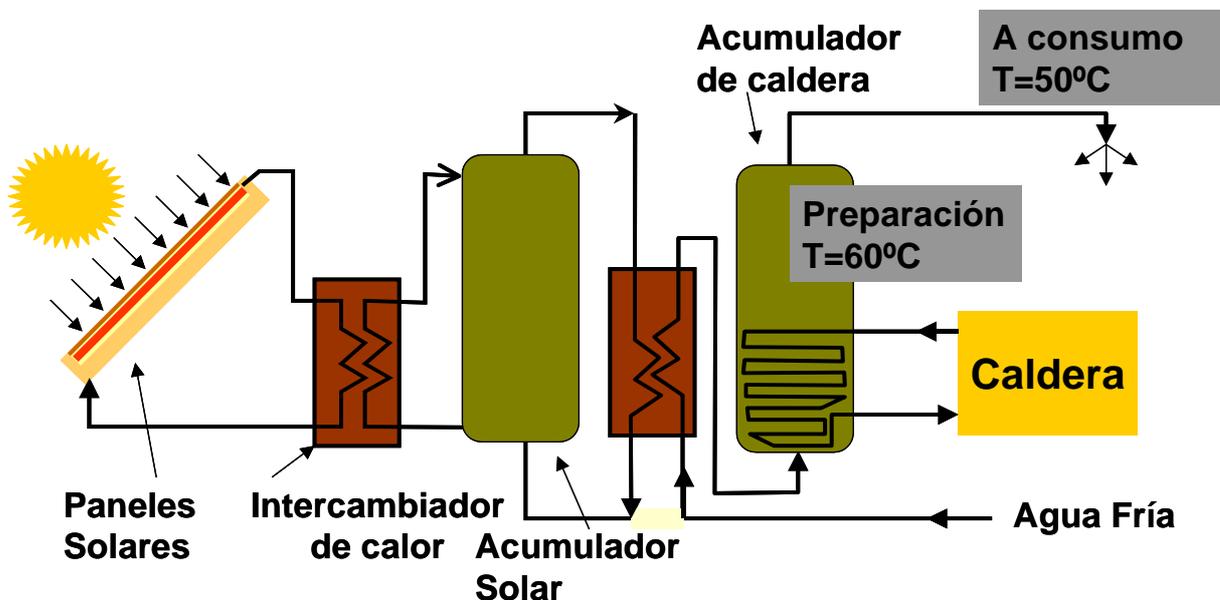


Figura 5. Sistemas de ACS con interacumuladores separados e intercambiador entre el acumulador solar y de caldera.

4.4.2. 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 sobretensión, 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.

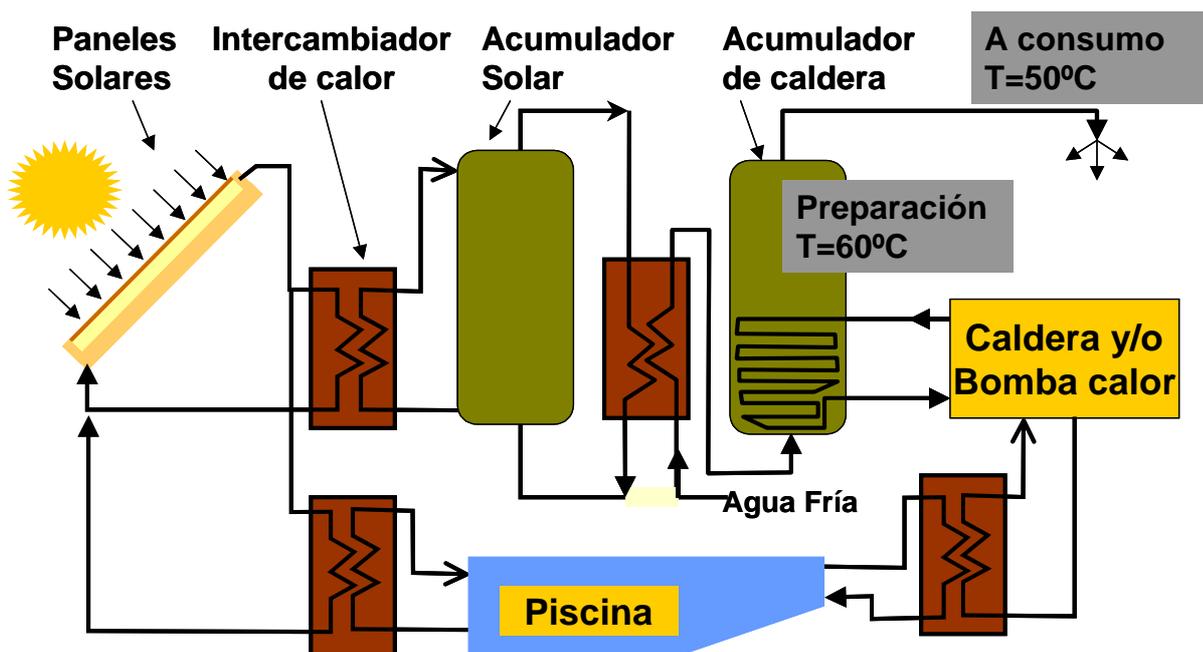


Figura 6. Esquema tipo de aplicación solar para ACS y piscina.

4.4.3. 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: el retorno de calefacción se hace pasar por los tanques solares cuando los acumuladores están más calientes que el retorno y, de esta manera, se precalienta el retorno y se ahorra combustible en la caldera.

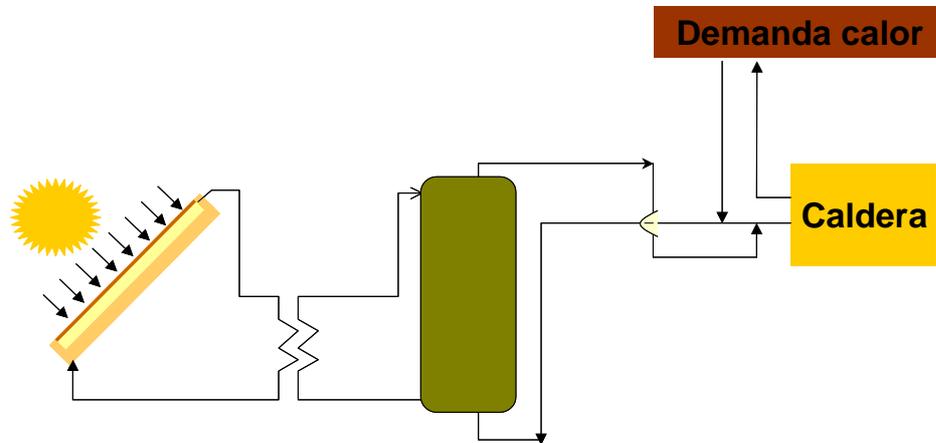


Figura 7. Esquema tipo de aplicación solar para calefacción y ACS.

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 de la instalación para poder determinar cuál es este punto. 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 más 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 del 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.

4.5. 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. Conectando 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.

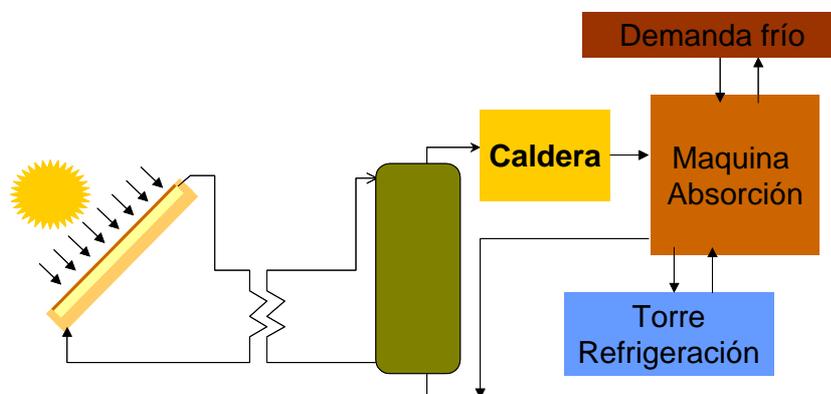


Figura 8. Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración sólo con máquina de absorción.

Teniendo en cuenta que las máquinas de absorción utilizables con energía solar presentan COP bajos, del orden de 0,65, 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, la mayoría de los centros suelen elegir bombas de calor para cubrir sus necesidades de frío. Desde este punto de vista, cuando se decide instalar 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.

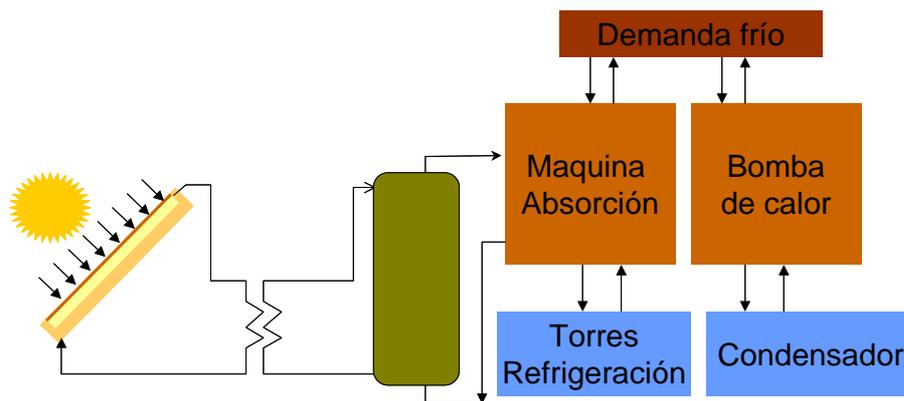


Figura 9. Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con máquina de absorción y apoyo de bomba de calor: modo frío.

4.6. Caso ejemplo: producción de ACS y climatización de piscina en polideportivos mediante energía solar

4.6.1. Objetivo

El fin de este caso práctico es mostrar el potencial que tiene la instalación de producción de agua caliente sanitaria y calentamiento del vaso de piscina de un polideportivo en la Comunidad de Madrid, para mejorar el medio ambiente

aprovechando la energía solar de manera económica y con garantía de mantener sus niveles de confort.

4.6.2. Características de la instalación y cálculos energéticos

El planteamiento del diseño del sistema de producción de agua caliente sanitaria y calentamiento del vaso de piscina, 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 Viessmann.

La superficie de colectores solares seleccionada como óptima para cumplir las restricciones de confort, economía y protección del medio ambiente ha sido de 412 m². La cobertura de las necesidades energéticas con energía solar es del 61,4% de la energía total anual necesaria, evitando la emisión de grandes cantidades de gases contaminantes. A continuación se desarrollan los 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: 5.000 l/día a 60 °C.
- ✿ Según el Código Técnico de la Edificación, Madrid se encuentra en Zona Climática IV, y para la demanda considerada se deberá llegar a suministrar un 60% de la demanda de ACS, como mínimo.

El consumo de energía estimado para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria es de 104.544 kWh/año, tal y como se muestra en la Tabla 1, en la columna 'Consumo energía para ACS'.

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 60 °C' de la misma tabla. También se consideran 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 apreciarse que, en esta instalación, asciende a un total de 68.504 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 A.C.S. gracias al sistema solar es del 65,5%. Este dato se muestra detallado mes a mes en la columna 'Fracción solar del consumo energía para ACS' de la Tabla 1.

La demanda de energía necesaria para el mantenimiento de la temperatura del agua del vaso en el periodo de servicio de la piscina, se obtiene del balance resultante del cálculo de las pérdidas térmicas con el entorno (641.092 kWh), las necesidades de calentamiento del agua de reposición (221.787 kWh), la recuperación de calor obtenida del aire de renovación del recinto (caso de recintos con climatización del ambiente) y/o agua de reposición (303.221 kWh).

La demanda de calor de los vasos de las piscinas es de 559.658 kWh/año, valor que aparece en la columna 'Demanda de calor del vaso de la piscinas a $T^a > 28,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ', resumiendo el cálculo mes a mes. En este sentido, hay que señalar que los datos de piscina cubierta son resultado de realizar una media de tamaños y temperaturas de tres piscinas diferentes, que se suponen ponderadas y que ha sido facilitada por el cliente.

Mediante el sistema solar se ahorra la energía expresada en la columna 'Energía solar aportada a la piscina' que, en esta instalación, asciende a un total de 339.559 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 en el vaso de la piscina gracias al sistema solar es del 60,7%. Este dato se muestra detallado mes a mes en la columna 'Fracción solar de la demanda de calor del vaso'. Este porcentaje expresa la relación entre la energía solar aportada a las piscinas y el calor necesario para mantener la temperatura ponderada deseada en los vasos.

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 colectores solares. Para su cálculo se parte de datos de radiación contrastados.

Para el caso de piscina cubierta, según el CTE, en Madrid se deberá aportar un 60% de la demanda de la misma.

TABLA 1. Balance energético de la instalación solar. Polideportivo en Boadilla.

Mes	Consumo de ACS a 60 °C	Tª agua fría	Demanda de ACS	Pérdidas Térmicas Demanda de ACS	Consumo Energía para ACS	Demanda de Calor del vaso de la piscina a T>28.8°C	Energía Solar aportada al ACS	Energía Solar aportada a la piscina	Fracción Solar de la Demanda de ACS	Fracción Solar del Consumo Energía para ACS	Fracción Solar de la Dem. de calor del vaso	Tª media de servicio de la piscina
	Litros	°C	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	%	%	%	°C
ene	154998	8.6	9247	357	9604	51203	5849	13108	63.3	60.9	25.6	29
feb	139998	8.1	8443	436	8879	47741	5372	18046	63.6	60.5	37.8	29.1
mar	155001	8.9	9198	630	9828	52435	6644	25431	72.2	67.6	48.5	29.2
abr	150001	11.0	8542	470	9012	49482	6254	30283	73.2	69.4	61.2	29.3
may	155001	13.7	8331	471	8802	49899	5237	39520	62.9	59.5	79.2	29.7
jun	150001	16.4	7593	644	8237	44368	6598	39221	86.9	80.1	88.4	29.8
jul	155001	18.3	7502	548	8050	42684	6464	42343	86.2	80.3	99.2	30.2
ago	155001	18.9	7392	557	7949	41322	6335	38925	85.7	79.7	94.2	30.1
sep	150001	18.1	7305	508	7813	42706	5172	35788	70.8	66.2	83.8	29.8
oct	155002	16.0	7927	517	8444	44926	4264	29696	53.8	50.5	66.1	29.4
nov	150001	13.2	8152	431	8583	44272	5802	14654	71.2	67.6	33.1	29
dic	154998	10.5	8906	438	9344	48620	4513	12544	50.7	48.3	25.8	28.9
Anual	1825004	13.5	98538	6006	104544	559658	68504	339559	69.5	65.5	60.7	0

Mes	Demanda Total de Energía	Radiación disponible	Tª amb.	Energía Solar Producid.	Pérdidas Térmicas Produc. Solar	Energía Solar aportada Total	Fracción Solar Demanda Total de Energía	Eficacia del Campo Solar	Eficacia del Sistema Solar	
	kWh	kWh	°C	kWh	kWh	kWh	%	%	%	
ene	60807	36210	6.2	19621	664	18957	31.2	54.2	52.4	
feb	56620	41743	7.3	24080	662	23418	41.4	57.7	56.1	
mar	62263	57982	9.9	33123	1048	32075	51.5	57.1	55.3	
abr	58494	64422	12.1	37512	975	36537	62.5	58.2	56.7	
may	58701	76898	16.1	47789	3032	44757	76.2	62.1	58.2	
jun	52605	80865	20.5	49838	4019	45819	87.1	61.6	56.7	
jul	50734	91996	24.4	56690	7883	48807	96.2	61.6	53.1	
ago	49270	87751	24.0	52924	7664	45260	91.9	60.3	51.6	
sep	50519	69351	20.3	43737	2777	40960	81.1	63.1	59.1	
oct	53369	54792	14.7	34726	766	33960	63.6	63.4	62.0	
nov	52855	37976	9.2	21152	696	20456	38.7	55.7	53.9	
dic	57964	32197	6.5	17674	617	17057	29.4	54.9	53.0	
Anual	664202	732183	14.3	438866	30803	408063	61.4	59.9	55.7	
Área de captación (m2): A =				412.1	Volumen acumulación solar (litros): V =				5000	
Modelo captador: /litosol 200 T SD2 3m²					Volumen solar específico (l/m2): V/A =				12.1	
Nº de captadores:				130						
Orientación (°Sur; O+; E-):				0	Aporte solar anual específico (kWh/m2):				990.2	
Inclinación (°):				25	Ahorro de emisiones de CO₂ (kg/año):				95919	

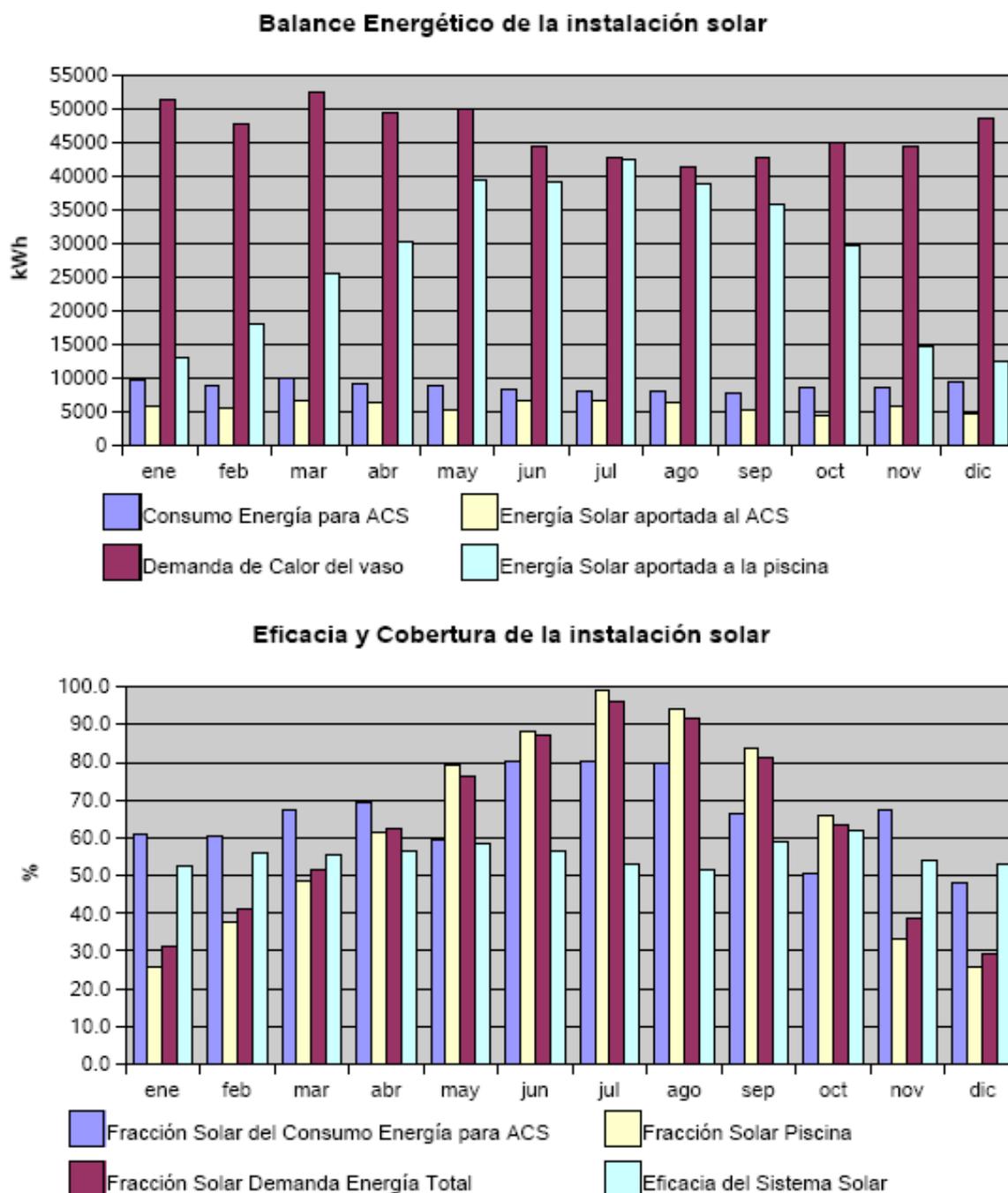


Figura 10. Gráficos del balance energético y de la eficacia y cobertura de la instalación solar. Polideportivo en Boadilla.

4.6.3 Ahorro de emisiones de CO₂

La instalación de un sistema solar, además de ahorro energético, producirá una gran reducción de las emisiones producidas al entorno. En la Tabla 2 se

presenta el cálculo de los kg de CO₂ que se dejarán de emitir gracias al sistema solar.

TABLA 2. Emisiones evitadas de CO₂. Polideportivo en Boadilla.

Polideportivo en Boadilla
Equivalencias de Ahorro Energético y de Reducción de Emisiones

Combustible	Factor de emisión de CO ₂ * (kg/GJ)	CO2 evitados kg/año
Gas Natural	55.5	95919
Ahorro energético anual - Energía (kWh/año)	408063 kWh/año	
Ahorro de emisiones - kg de CO2 en 20 años *	1918380 kgCO2	
Reducción Emisiones en millones de km equivalentes de coches nuevos (CO2 evitado en 20 años) **	15.99 Millones de km	
Número de árboles equivalentes (CO2 acumulado en 20 años) ***	34880 árboles	
Hectáreas de bosques equivalentes (CO2 acumulado en 20 años) ***	8.3 hectáreas	

*EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97)

** Comision Europea. Objetivo 2005

*** ECCM Edinburgh Centre for Carbon Management

4.7. Resumen de los beneficios de solarizar los edificios de las instalaciones deportivas

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 deportivas.

El principal factor que limita su desarrollo es:

- ☀ Falta de contabilidad de costes energéticos.

y los que lo favorecen:

- ✿ Preocupación medioambiental.
- ✿ Las demandas energéticas son grandes y en fase con la disponibilidad de Sol, lo que conduce a instalaciones solares eficientes y con rentabilidades muy interesantes, especialmente al contabilizar los beneficios ambientales y de imagen pública.

5.1. 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 impedía que las calderas existentes, calderas Estándar, adaptaran su temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación o, mejor dicho, a la demanda real. No era extraño hablar de temperaturas de ambiente muy elevadas en el interior de los edificios en pleno invierno, e incluso de aliviarlas mediante la ventilación natural, es decir, abriendo las ventanas.

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

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

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

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

Con esta información 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 o 28 °C descritos, implica un despilfarro de combustible de un 50%, e incluso superior, a todas luces una absoluta aberración.

5.2. Primeras medidas para el ahorro y la eficiencia energética

Semejante despilfarro de combustible obligó a las autoridades de toda Europa a emprender acciones dirigidas al ahorro energético. Concretamente en España, en 1979 se redactan las I.T.I.C. (Instrucciones Técnicas para las Instalaciones de Calefacción), que tienen como principio fundamental, "la racionalización de la energía". Con la publicación de esta Normativa, el avance fue espectacular en materia de ahorro energético. Para evitar los perniciosos efectos de lo relatado en el punto 5.1, 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 o 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 combustión, valor en el cual el vapor de agua producido durante la combustión condensa y humedece la superficie de intercambio térmica del cuerpo de caldera. Esta temperatura es de 48 °C para el funcionamiento con gasóleo, y de 57 °C para

el gas natural. Por sí sola, 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. En el caso del gas natural, la condensación producirá ácido carbónico, también altamente corrosivo.

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

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

5.3. 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 una caldera de Baja Temperatura de Viessmann, modelo Vitoplex 300.

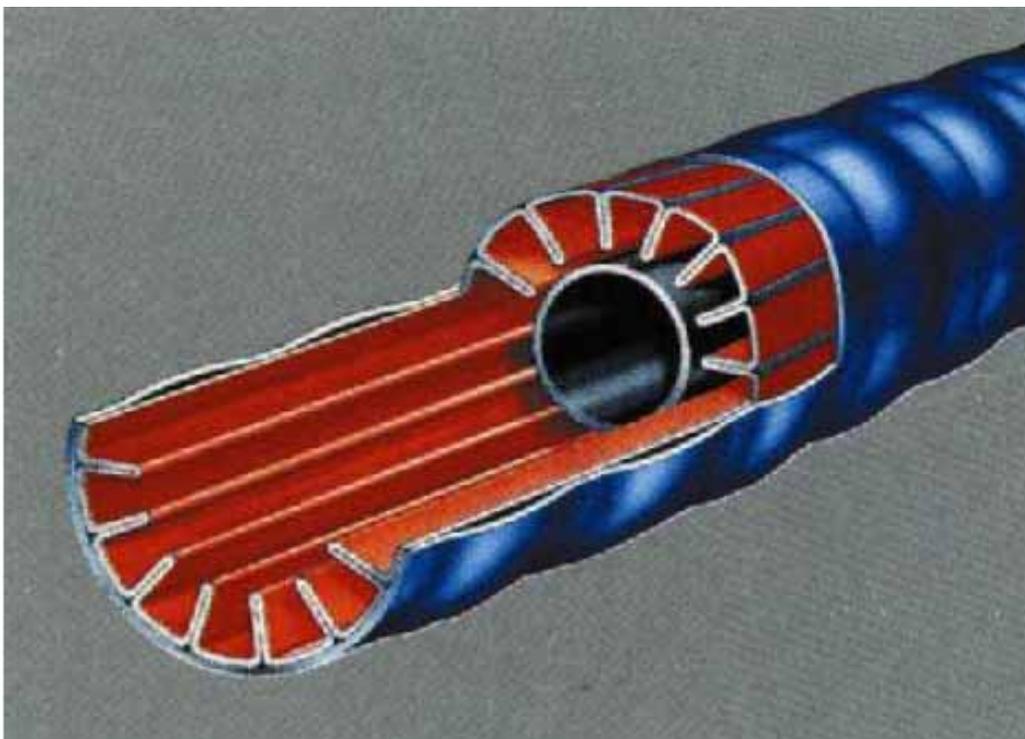


Figura 2. Tubo Triplex. Superficie de calefacción por convección de pared múltiple de la caldera Vitoplex 300.

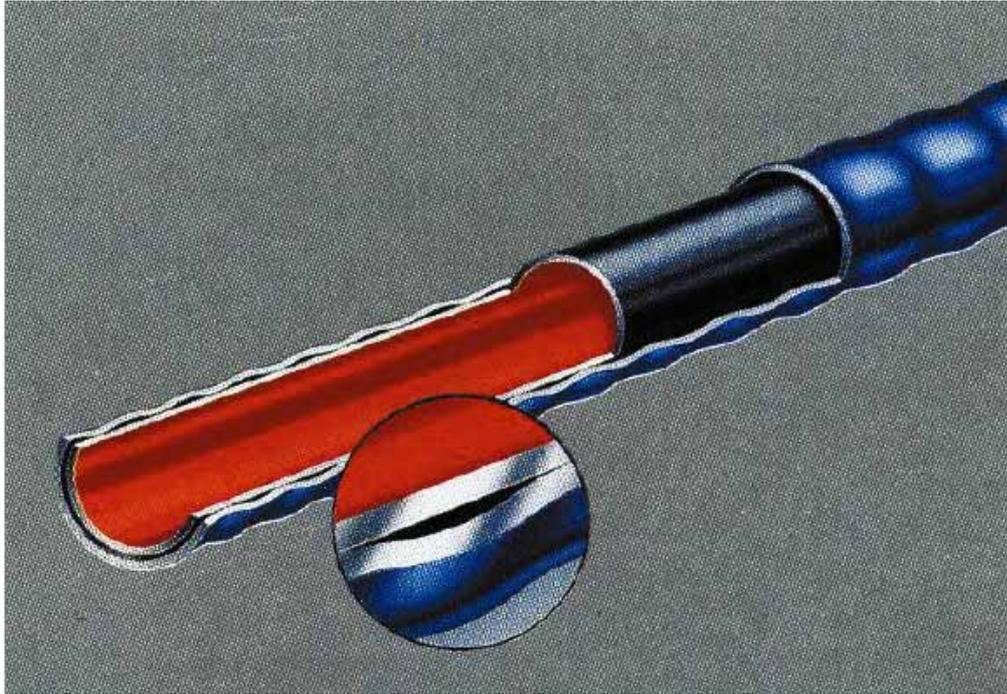


Figura 3. Tubo Duplex de la caldera Vitomax 300.

5.3.1. 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.

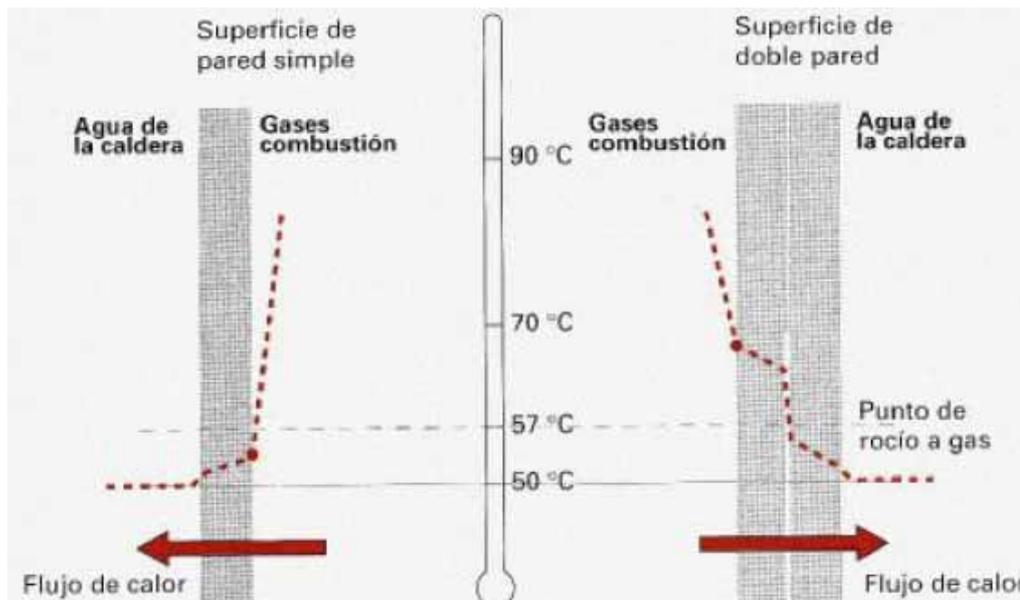


Figura 4. Funcionamiento de superficies de calefacción de pared simple y de pared múltiple.

5.3.2. 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.

En la curva característica de calefacción de un edificio se aprecia que, a cada temperatura, corresponde una temperatura de impulsión determinada. Como ya se ha explicado anteriormente, de otro modo, la temperatura ambiente del edificio se incrementaría cuando la temperatura exterior ascendiera y no se

redujera en paralelo la del agua de caldera. Esta curva de calefacción se adaptará a cada edificio, considerando su ubicación geográfica, pérdidas del edificio, orientación, etc., pudiendo, por lo tanto, “construir” una curva de calefacción a la medida de cada necesidad.

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

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

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

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

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

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

5.4.1. 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 (CO₂) y vapor de agua (H₂O).

Si las temperaturas en las paredes de las superficies de intercambio térmico descienden por debajo del punto de rocío del vapor de agua, éste se 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 CO₂, reduciendo el exceso de aire. Para lograrlo, son apropiados los quemadores presurizados a gas, mientras que en los quemadores atmosféricos, debido al mayor exceso de aire, el punto de rocío se sitúa a temperaturas inferiores, con lo que el aprovechamiento de la condensación de los gases de combustión es peor.

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

Resulta 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.).

5.4.1.1. El Poder Calorífico Inferior y el Poder Calorífico Superior

El Poder Calorífico Inferior (P.C.I.) define la cantidad de calor liberada tras una combustión completa cuando el agua que contienen los gases de combustión está en forma de vapor. El Poder Calorífico Superior (P.C.S.) define la cantidad de calor 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 enfrían 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 las calderas Estándar. En el balance total de rendimiento adicional obtenido por esta técnica, habrá que considerar las dos ganancias: calor latente y calor sensible.

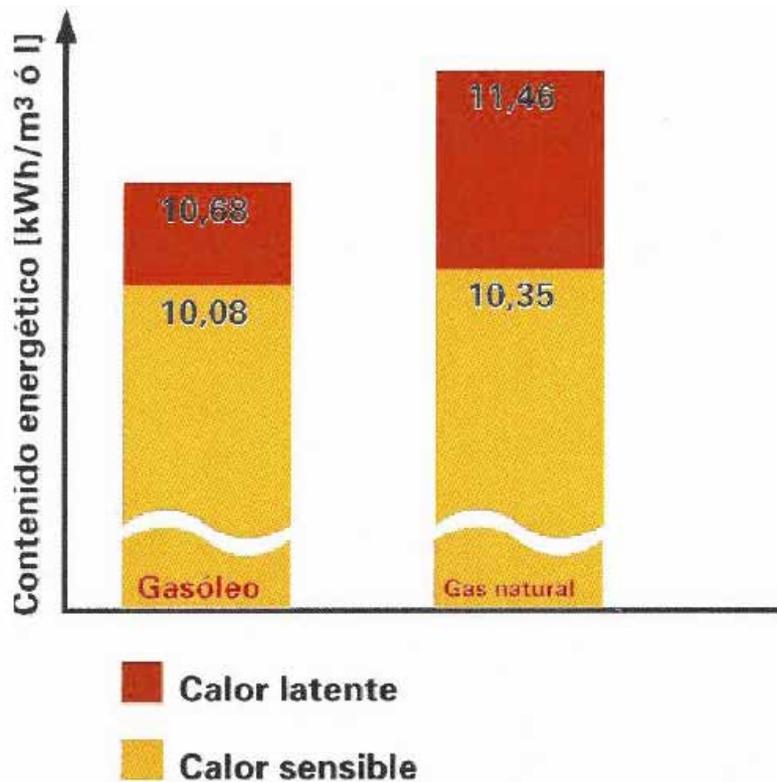


Figura 5. Contenido energético del gasóleo y el gas natural.

5.4.2. Diseño de las calderas de Condensación

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

El empleo de acero inoxidable de alta aleación ofrece la posibilidad de aplicar una geometría óptima en el diseño de las superficies de intercambio térmico. Para que el calor de los gases de combustión se traspase 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.

Las superficies de calefacción pueden concebirse de forma tal que los gases de combustión se arremolinen continuamente, evitando así la creación de un flujo de corriente principal de mayores temperaturas. Por otro lado, los tubos lisos no son adecuados para este fin. Deben crearse puntos de desvío y variaciones en su sección transversal.

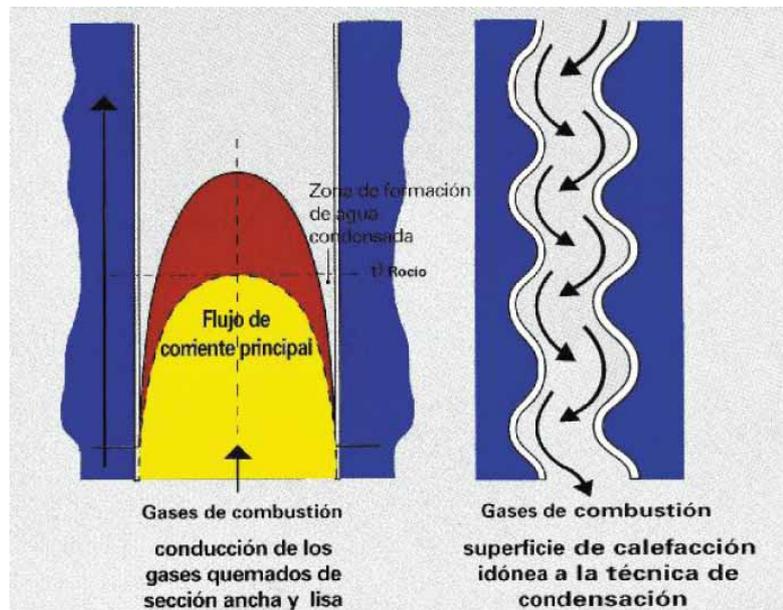


Figura 6. Requisitos físicos para los pasos de humos de mayor diámetro-superficie de calefacción Inox-Crossal.

A través de las superficies onduladas y enfrentadas, se consiguen continuos cambios de sección del paso de los humos de combustión, lo que evita la formación de un flujo de corriente principal, que dificultaría la transmisión de calor y, por lo tanto, la condensación.

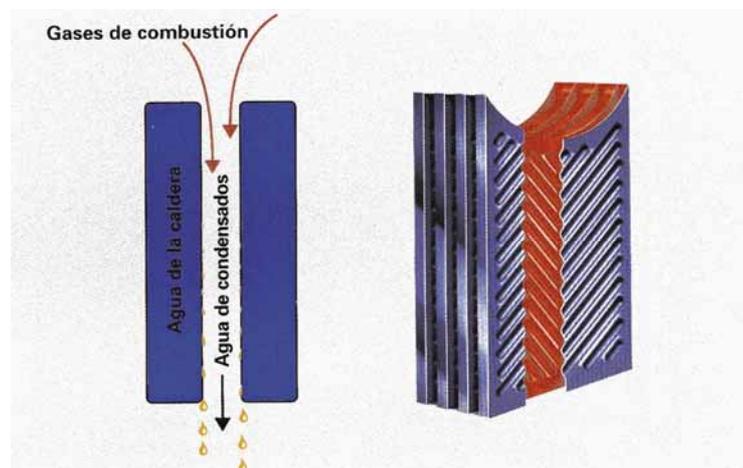


Figura 7. Conducción de los gases de combustión y agua condensados.

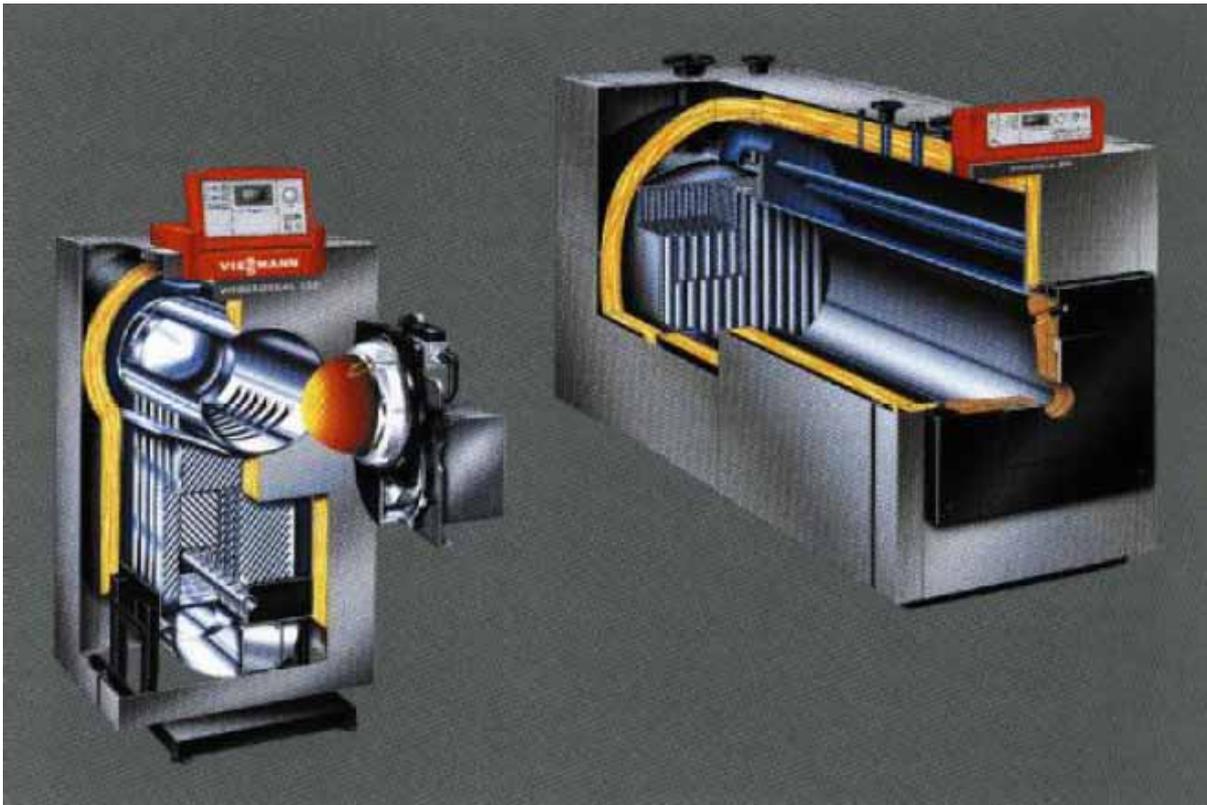


Figura. 8. Vista seccionada de calderas de Condensación a gas de Viessmann, modelo Vitocrossal 300.

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

5.5. Comparativa de valores de rendimiento estacional

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

Las modernas calderas de Baja Temperatura y Condensación, por el contrario, muestran un comportamiento del rendimiento estacional muy diferente.

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

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

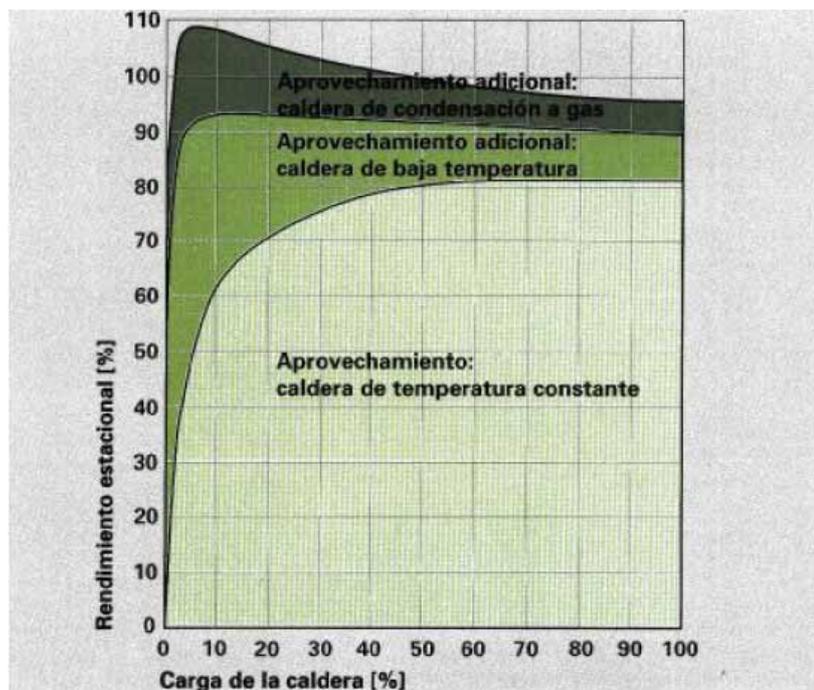


Figura 9. Comportamiento del rendimiento estacional de calderas de Baja Temperatura y de Condensación con respecto a las calderas Estándar.

5.6. Conclusiones

La dosificación del paso de calor es, junto con una regulación adecuada, la característica constructiva que permite a las calderas de Baja Temperatura adaptar la temperatura de funcionamiento a las necesidades reales de la instalación, sin

que se produzcan en su interior condensaciones ácidas perjudiciales para la caldera.

Las calderas de condensación producen una importante cantidad adicional de calor mediante el aprovechamiento, precisamente, de la condensación

En ambos casos, el funcionamiento según 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 las permite obtener los mayores rendimientos estacionales y las convierte en el máximo exponente de ahorro y eficiencia energética.

Como resumen, se puede partir de los 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%.

6.1. Introducción

La integración de sistemas de producción eléctrica por medios fotovoltaicos en edificación es uno de los retos más interesantes ante los que se encuentran promotores, arquitectos, constructoras, ingenieros, instaladores eléctricos, Administración y, en general, todos los agentes implicados en el completo y correcto desarrollo de los proyectos de edificación que están actualmente en marcha.

Los motivos para que dichos agentes tengan la oportunidad de afrontar y aprovecharse de los beneficios del reto fotovoltaico en edificación son cuatro, principalmente:

- ✿ La generación eléctrica limpia y distribuida, próxima a los lugares de consumo y primada conforme al RD 661/07, que persigue el cumplimiento de los compromisos medioambientales adquiridos por el Estado y un mejor aprovechamiento de los recursos propios, como es el Sol.
- ✿ Obtención de una mejor calificación en la obtención de los necesarios certificados de eficiencia energética, conforme al RD 47/07.
- ✿ Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación, que prevé la incorporación de aporte de energía eléctrica fotovoltaica a la red eléctrica general en el anexo HE 05 para ciertos tipos de edificios, o bien sustitución de parte del aporte al agua caliente sanitaria que prevé el anexo HE 04.
- ✿ Dotar al edificio de una envolvente diferenciadora e innovadora que lo convierta en emblemático desde el punto de vista estético, en el seno de un desarrollo urbanístico nuevo o integrado en uno ya existente.



Foto 1. Lamas fotovoltaicas. Una forma de integración arquitectónica con generación de electricidad y protección solar del interior. Centro de Estudios del Alzheimer de la Fundación Reina Sofía.

6.2. Energía solar fotovoltaica en instalaciones deportivas

Si bien las instalaciones deportivas no están sujetas a la obligatoriedad de disponer de sistemas solares fotovoltaicos según el Código Técnico de la Edificación, existen, además de los mencionados en el apartado anterior, diversos motivos adicionales para su idoneidad.

Las instalaciones deportivas disponen de grandes superficies de cubierta que permiten la generación de electricidad fotovoltaica y su posterior inyección en la red de distribución general.

Ciertos municipios de la Comunidad de Madrid tienen entre sus estrategias la incorporación de sistemas solares fotovoltaicos en sus instalaciones municipales, entre ellas las deportivas.

Los clubes deportivos privados pueden rentabilizar notablemente sus cubiertas con la facturación a la compañía eléctrica por generación eléctrica fotovoltaica.



Foto 2. Fachada fotovoltaica. Piscina municipal.

6.3. Generación eléctrica por energía solar fotovoltaica

Una instalación fotovoltaica tiene por objetivo producir energía eléctrica a partir de la energía procedente del Sol.

Esta generación eléctrica, sin emisión de contaminantes, se produce como resultado de la captación de la energía solar y su transformación directa en energía eléctrica de corriente continua, como consecuencia de un proceso físico interno de los módulos solares, llamado efecto fotovoltaico.

Las células fotovoltaicas que componen los módulos solares fotovoltaicos son los dispositivos en los cuales se produce este efecto.

La energía eléctrica generada en los módulos es en corriente continua. Para transformarla en corriente alterna apta para su inyección en la red de distribución, es necesario su paso a través de un dispositivo electrónico llamado inversor de conexión a red.

Los inversores de conexión a red garantizan la calidad de la energía eléctrica que se inyecta en la red de distribución, con el fin de que las compañías eléctricas y los usuarios de la red no sufran problemas de distribución como consecuencia de este aporte eléctrico.

Adicionalmente, como en cualquier circuito eléctrico, se deben incluir las protecciones magnetotérmicas y diferenciales correspondientes que exigen las compañías eléctricas.

6.3.1. ¿Cómo se genera la energía eléctrica?

Las células fotovoltaicas están formadas, fundamentalmente, por silicio. Este material es modificado químicamente para dar lugar a dos estructuras químicas con comportamientos eléctricos opuestos entre sí. Semiconductor tipo p (carga positiva) y semiconductor tipo n (carga negativa).

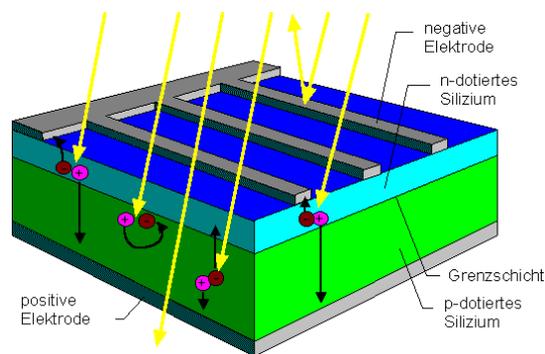


Figura 1. Sección de célula fotovoltaica.

Con la unión física de estas dos estructuras, y en presencia de luz procedente del Sol, estas dos estructuras químicas juntas se comportan como una pila eléctrica, generando una diferencia de potencial o voltaje. Dicho voltaje se puede extraer a través de unas piezas metálicas llamadas electrodos, negativo y positivo.



Foto 3. Módulos solares compuestos por células fotovoltaicas sobre estadio de fútbol.

6.3.2. Variables eléctricas de los módulos solares

La energía eléctrica generada es proporcional a la irradiancia incidente, es decir, a la energía luminica procedente del Sol, pero también depende de otros parámetros, como son la temperatura de la célula, la temperatura del ambiente, la velocidad y dirección del viento, entre otros. En resumen, la producción energética de los módulos solares es muy variable.

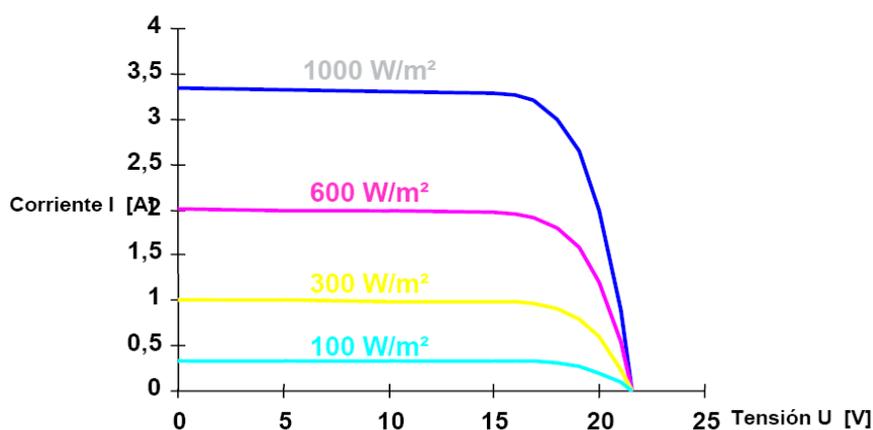


Figura 2. Curvas características típicas de módulos solares para distintas irradiancias (energía solar).

La curva de funcionamiento I-U (Intensidad - Voltaje) define las variables eléctricas de los módulos fotovoltaicos:

- ✿ Intensidad o corriente máxima (I_{sc}): es la que aparece si se cortocircuitan los terminales positivo y negativo ($U = 0 \text{ V}$).
- ✿ Voltaje o tensión máxima (U_{oc}): es la que aparece si se mide el valor entre terminales positivo y negativo en vacío.
- ✿ Potencia máxima (P_{mpp}): potencia máxima que puede generar un módulo fotovoltaico. $P = I \times U$.

La máxima potencia aparece para valores de I y U que se sitúen en la zona curva del gráfico mostrado en la Fig. 2.

Con objeto de poder comparar curvas características de distintos fabricantes, se han definido unas condiciones estándar de medida:

- ❁ Irradiancia: 1.000 W/m².
- ❁ Temperatura: 25 °C.
- ❁ Velocidad de viento: 1 m/s.
- ❁ AM (valor referente al espectro de luz): 1,5.

6.3.3. Constitución de los módulos solares

Hay dos tipos de módulos solares:

- ❁ Estándar.
- ❁ Vidrio-vidrio.

6.3.3.1. Módulos estándar

Los módulos estándar presentan los siguientes componentes:

- ❁ Vidrio: vidrio templado con alto coeficiente de transmisividad a la radiación incidente (del orden de 95%).
- ❁ Cubierta posterior: lámina delgada opaca de polímero, normalmente tedlar.
- ❁ Encapsulante: polímero transparente que aloja las células fotovoltaicas.
- ❁ Marco: perfil de aluminio que sella el módulo.
- ❁ Caja de conexiones: caja que aloja los terminales eléctricos del módulo, de donde sale el cableado de conexión.

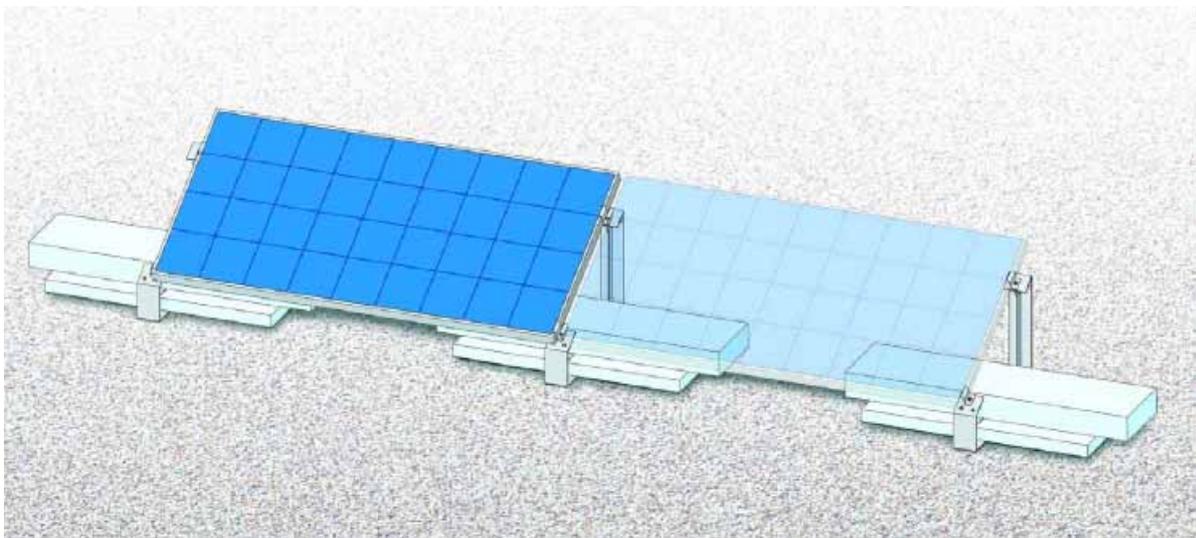


Figura 3. Solución para módulo estándar instalado en azotea.

6.3.3.2. Módulos vidrio-vidrio

Los módulos vidrio-vidrio presentan los siguientes componentes:

- ❁ Vidrio: vidrio templado con alto coeficiente de transmisión de la radiación incidente (del orden de 95%).
- ❁ Cubierta posterior: vidrio templado. Las posibilidades de este vidrio trasero son mayores que las del vidrio delantero, ya que no se interpone entre las células y el Sol. Puede estar ahumado, ser de seguridad, encerrar una cámara de aire o gas aislante, etc.
- ❁ Encapsulante: polímero transparente que aloja las células fotovoltaicas.
- ❁ Marco: el marco es el propio de la estructura que lo soporta, ya que, a efectos de montaje, es como el doble vidrio de una ventana.
- ❁ Conexiones eléctricas: las conexiones eléctricas pueden incluirse en una caja que aloja los terminales eléctricos del módulo, o bien salir directamente del doble vidrio a través del encapsulante.

Los módulos vidrio-vidrio permiten el paso de luz entre las células al estar compuestos de vidrio tanto anterior como posterior.



Foto 4. Integración fotovoltaica en lucernario.

6.3.4. Montaje y conexión eléctrica de los módulos solares

El montaje de módulos se realiza sobre diversos tipos de soportes y estructuras dependiendo del tipo de cubierta que tenga el edificio y del grado de integración que se desee aportar.

Elemento	Colector de agua caliente	Módulo fotovoltaico	Colector de aire caliente	Acrystalado	Lumbrera/ventana	Aislamiento térmico transparente
Construcción						
En cubierta plana						
Sobre tejado inclinado						
En voladizo						
Integrado en el tejado						
Tejado sinérgico						
En fachada						

Figura 4. Posibilidades de integración en edificios.

La estructura, además, va a aportar al campo de módulos solares fotovoltaicos la inclinación y orientación que optimiza el coste de montaje y los beneficios de producción fotovoltaica.

La conexión eléctrica del conjunto de módulos solares que constituyen el campo fotovoltaico se realiza formando series o ramas de dichos módulos solares, conectando el terminal positivo de un módulo con el negativo del siguiente, hasta enlazar un número de módulos apto para ser, a su vez, conectados al inversor de conexión a red. En el tipo de conexión descrito, los valores de voltaje o tensión de los módulos se suman hasta alcanzar un resultado que esté dentro del rango de entrada de tensión del inversor de conexión a red.

Todas estas ramas del campo fotovoltaico conforman asociaciones eléctricas de tipo paralelo que atacan el o los inversores de conexión a red. En asociaciones eléctricas de este tipo se suman las intensidades o corrientes para obtener una resultante.

En cualquier sistema eléctrico, la corriente es la responsable de las pérdidas de potencia según la siguiente expresión:

$$P_p = R \times I^2$$

Por lo tanto, se puede concluir que es conveniente alcanzar con asociación en serie los mayores valores de tensión que admita el inversor de conexión a red, a fin de obtener la potencia necesaria con el menor porcentaje de pérdidas posible, es decir, con mejor rendimiento eléctrico para una misma sección de cable.

$$P = I \times U$$

6.3.5. Efectos adversos sobre el campo fotovoltaico

Dos de los aspectos que pueden generar problemas de producción y que se deben controlar en una instalación fotovoltaica son:

- ✿ Efectos de sombras.
- ✿ Efectos de la temperatura.

6.3.5.1. Efectos de sombras

En aplicaciones donde las asociaciones en serie son tan protagonistas como es en el caso de un sistema solar fotovoltaico (hay que tener en cuenta que las células fotovoltaicas están asociadas en serie, formando típicamente dos ramas en cada módulo solar y, a su vez, los módulos solares están también conectados en serie), la influencia de lo que ocurra en cada pequeña unidad de esa serie es enorme en el conjunto, ya que afecta a toda la serie.

Así, en un sombreado parcial de un módulo que afecte a una sola célula, esa célula no sólo va a dejar de producir energía eléctrica, haciendo caer la

producción de toda la serie, sino que, además, va a convertirse en una resistencia eléctrica que podría consumir potencia y convertirse en un punto caliente (*Hot Spot*).

6.3.5.2. Efectos de la temperatura

Los aumentos de la temperatura tienen un resultado negativo en los sistemas eléctricos-electrónicos en general, y en los fotovoltaicos en particular.

En la siguiente gráfica se puede ver una ilustración de este efecto:

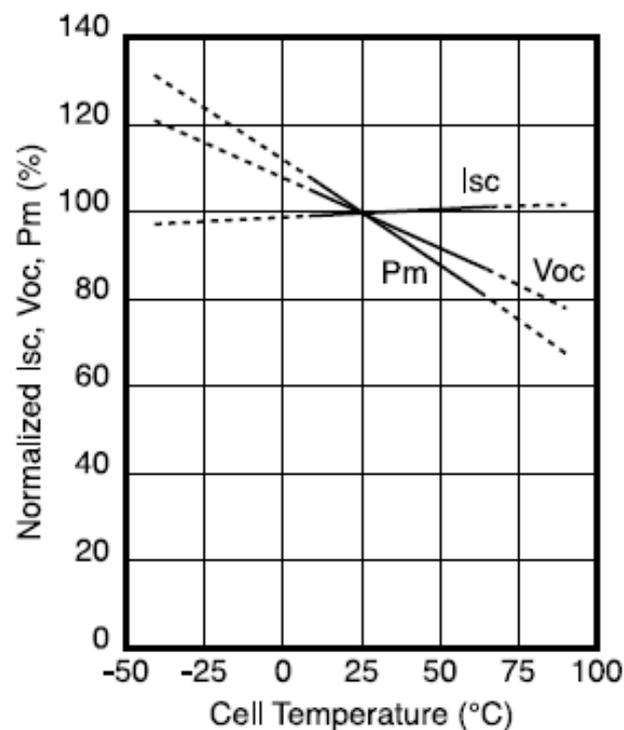


Figura 5. Variación típica de las variables eléctricas con la variación de la temperatura.

6.4. Transformación e inyección en red de la energía fotovoltaica generada

Los pasos que siguen a la generación eléctrica consisten en transformar y acondicionar la energía generada en energía apta para inyectar en red, así como incorporar las protecciones precisas.

6.4.1. Inversor de conexión a red

El inversor de conexión a red es el dispositivo encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna, así como de adaptarla para que sea de la calidad exigida por las compañías eléctricas y por las Administraciones Públicas competentes.

Es importante remarcar que, cualquier inversor que se comercializa en España, debe cumplir con las Normativas que regulan la inyección de energía eléctrica en la red de distribución.

Los inversores de conexión a red se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ✿ Inversores centrales o de gran potencia.
- ✿ Inversores de pequeña potencia.

Los inversores centrales o de gran potencia aglutinan, en una sola máquina, la transformación y acondicionamiento de energía eléctrica. Tienen entrada en corriente continua, procedente de los módulos solares, y salida en corriente alterna trifásica. Su potencia es desde 10 kW hasta 1.000 kW.

Los inversores de pequeña potencia tienen entrada en corriente continua y salida en corriente alterna monofásica. Existen en el mercado inversores monofásicos de más de 10 kW.

Se debe tener en cuenta que los inversores monofásicos deben conectarse de forma que, a partir de 5 kW, se trabaje con una conexión trifásica y que no se admiten desfases de más de 5 kW.

La ventaja principal de los inversores de gran potencia trifásicos es que simplifican la instalación general, especialmente la de cableado.

Por su parte, los inversores de pequeña potencia presentan la ventaja de minimizar riesgos en la inversión por avería, ya que, en caso de producirse, sólo dejará de funcionar una parte de la instalación.

Otra clasificación de los inversores podría ser:

- ✿ Inversores con transformador.
- ✿ Inversores sin transformador.

Los inversores con transformador son los más habituales en el mercado español. Tienen como principal ventaja que garantizan por medios mecánicos, es decir, con el transformador, la separación absoluta del lado de corriente continua y la red de distribución, conforme a lo exigido por la legislación en vigor.

Los inversores sin transformador tienen mejores rendimientos, al no sufrir pérdidas magnéticas en el transformador. Sin embargo, la necesaria separación entre el circuito de corriente continua y la red eléctrica de distribución se asegura por medios electrónicos, con un vigilante diferencial que mide la corriente de ida y de vuelta, y que provoca la desconexión en caso de diferencias.

Este sistema no ha sido aceptado por ciertas compañías eléctricas que operan en la Comunidad de Madrid.

6.4.2. Protecciones eléctricas

Es necesaria la incorporación de protecciones eléctricas que garanticen el correcto funcionamiento de la instalación, la seguridad de que la red de distribución no quedará perjudicada por la inyección de energía eléctrica y, por supuesto, la de usuarios y mantenedores.

6.4.2.1. Protecciones en corriente continua. Aguas arriba del inversor

Si bien los inversores de conexión a red incorporan autoprotecciones, es necesario poder desconectarlos del campo fotovoltaico por medio de interruptores de corriente continua para la potencia adecuada, o bien por fusibles seccionadores.

6.4.2.2. Protecciones en corriente alterna. Aguas abajo del inversor

Una vez que se ha transformado la corriente continua de los inversores en corriente alterna apta para su inyección en red, se debe tratar este flujo de corriente con las protecciones típicas y necesarias de cualquier instalación de baja tensión conforme a la Normativa eléctrica básica, fundamentalmente REBT, y a la Normativa en vigor propia de cada compañía eléctrica.

6.4.3. R.D. 1663/00

Toda la legislación técnica y el modo en que se conecta a red de distribución puede consultarse en el RD 1663/00.

El artículo 11, 12 y 13 se refieren a las protecciones y calidad eléctrica.

Artículo 11.- Protecciones.

El sistema de protecciones deberá cumplir las exigencias previstas en la reglamentación vigente. Este cumplimiento deberá ser acreditado adecuadamente en la documentación relativa a las características de la instalación a que se refiere el artículo 3, incluyendo lo siguiente:

- 1. Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.*
- 2. Interruptor automático diferencial con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.*
- 3. Interruptor automático de la interconexión para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.*

4. *Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente).*
5. *Estas protecciones podrán ser precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones a las que hacen referencia los artículos 6 y 7.*
6. *El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.*
7. *Podrán integrarse en el equipo inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y en tal caso las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste. En este caso sólo se precisará disponer adicionalmente de las protecciones de interruptor general manual y de interruptor automático diferencial, si se cumplen las siguientes condiciones:*
 - a) *Las funciones serán realizadas mediante un contactor cuyo rearme será automático, una vez se restablezcan las condiciones normales de suministro de la red.*
 - b) *El contactor, gobernado normalmente por el inversor, podrá ser activado manualmente.*
 - c) *El estado del contactor (ON/OFF), deberá señalizarse con claridad en el frontal del equipo, en un lugar destacado.*
 - d) *En caso de que no se utilicen las protecciones precintables para la interconexión de máxima y mínima frecuencia y de máxima y mínima tensión mencionadas en este artículo, el fabricante del inversor deberá certificar:*
 - d.1) *Los valores de tara de tensión.*
 - d.2) *Los valores de tara de frecuencia.*
 - d.3) *El tipo y características de equipo utilizado internamente para la detección de fallos (modelo, marca, calibración, etc.).*

- d.4) *Que el inversor ha superado las pruebas correspondientes en cuanto a los límites establecidos de tensión y frecuencia.*

Mientras, que de acuerdo con la Disposición final segunda del presente Real Decreto, no se hayan dictado las instrucciones técnicas, se aceptarán a todos los efectos los procedimientos establecidos y los certificados realizados por los propios fabricantes de los equipos.

- e) *En caso de que las funciones de protección sean realizadas por un programa de software de control de operaciones, los precintos físicos serán sustituidos por certificaciones del fabricante del inversor, en las que se mencione explícitamente que dicho programa no es accesible para el usuario de la instalación.*

Artículo 12.- Condiciones de puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.

La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como de las masas del resto del suministro.

Artículo 13. Armónicos y compatibilidad electromagnética.

Los niveles de emisión e inmunidad deberán cumplir con la reglamentación vigente, incluyéndose en la documentación mencionada en el artículo 3 los certificados que así lo acrediten.

Disposición adicional única. Aplicación de Normativa supletoria

En todo lo no previsto por el presente Real Decreto, las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión se registrarán por el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre y por los reglamentos y demás disposiciones en vigor que les resulten de aplicación. No obstante, no les resultará aplicable la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 5 de septiembre de 1985 sobre normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5.000 kVA y centrales de autogeneración eléctrica.

Las instalaciones fotovoltaicas no vendrán obligadas a cumplir otros requisitos técnicos que los que vengan exigidos por la Normativa a que se refiere el párrafo anterior.

El artículo 10 se refiere a la medida y facturación.

Artículo 10.- Medidas y facturación.

- 1. Cuando existan consumos eléctricos en el mismo emplazamiento que la instalación fotovoltaica, éstos se situarán en circuitos independientes de los circuitos eléctricos de dicha instalación fotovoltaica y de sus equipos de medida. La medida de tales consumos se realizará con equipos propios e independientes que servirán de base para su facturación.*

El contador de salida tendrá capacidad de medir en ambos sentidos, y en su defecto se conectará entre el contador de salida y el interruptor general, un contador de entrada. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa distribuidora, será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica. En el caso de instalación de dos contadores no será necesario contrato de suministro para la instalación fotovoltaica.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto los de entrada como los de salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora.

El instalador autorizado sólo podrá abrir los precintos con el consentimiento escrito de la empresa distribuidora. No obstante, en caso de peligro pueden retirarse los precintos sin consentimiento de la empresa eléctrica; siendo en este caso obligatorio informar a la empresa distribuidora con carácter inmediato.

2. *La colocación de los contadores y de los equipos de medida y en su caso de los dispositivos de conmutación horaria que se pudieran requerir, y las condiciones de seguridad estarán de acuerdo a la MIE BT O15.*

Los puestos de los contadores se deberán señalar de forma indeleble, de manera que la asignación a cada titular de la instalación quede patente sin lugar a confusión. Además se indicará, para cada titular de la instalación, si se trata de un contador de entrada de energía procedente de la empresa distribuidora o de un contador de salida de energía de la instalación fotovoltaica.

Los contadores se ajustarán a la Normativa metrológica vigente y su precisión deberá ser como mínimo la correspondiente a la de clase de precisión 2, regulada por el RD 875/1984, de 28 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento para la aprobación de modelo y verificación primitiva de contadores de uso corriente (Clase 2) en conexión directa, nueva, a tarifa simple o a tarifas múltiples, destinadas a la medida de la energía en corriente monofásica o polifásica de frecuencia 50 Hz.

3. *Las características del equipo de medida de salida serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia nominal de la instalación fotovoltaica se encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo.*
4. *Cuando el titular de la instalación se acoja al modo de facturación que tiene en cuenta el precio final horario medio del mercado de producción de energía eléctrica, definido en el apartado 1 del artículo 24 del Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre (BOE del 30), serán de aplicación el Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica, y sus disposiciones de desarrollo.*

6.5. Experiencias y aplicaciones

En sus años de trayectoria como fabricante y distribuidor de energía solar, Schüco ha trabajado en multitud de proyectos de energía solar en instalaciones deportivas.

Por lo emblemático del proyecto, que combina las dos versiones de energía solar, térmica y fotovoltaica, se destaca la Piscina de La Unión (Murcia).

La instalación se compone de un total de 204 módulos solares fotovoltaicos de la marca Schüco modelo S 165 SP de 165 Wp de potencia.

Los inversores empleado son de la marca SMA modelo SMC 5000 de 5.000 W cada uno.



Foto 5. Cubierta de piscina municipal en La Unión (Murcia).

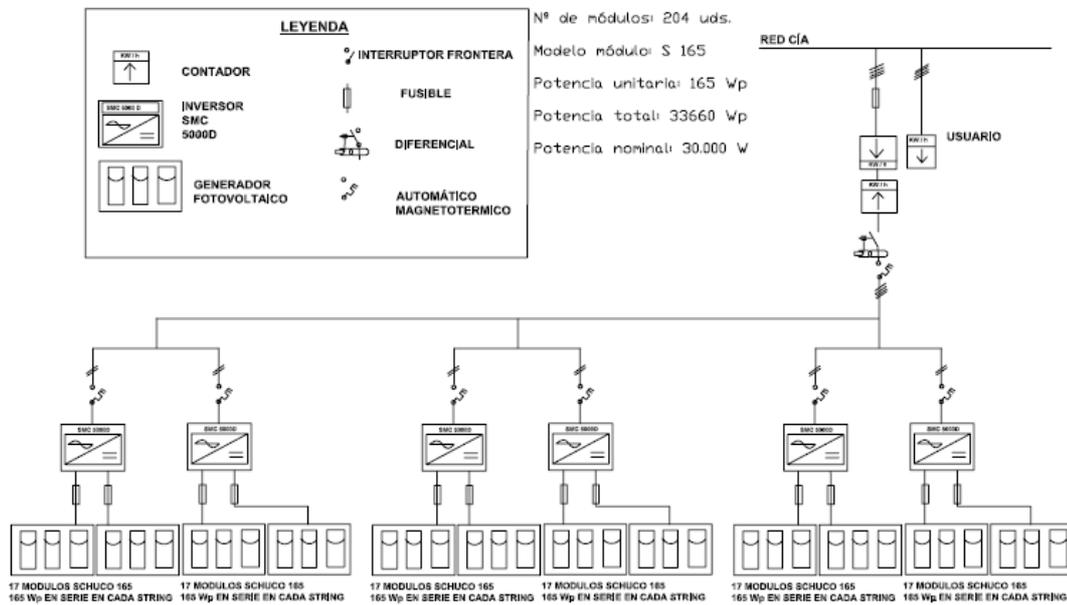


Figura 6. Esquema eléctrico de la piscina de La Unión.

Bibliografía

1. ANTHONY, F. y otros (2006): "Fotovoltaica para profesionales". Solarpraxix Consolar.
2. R.D. 1663/00.
3. R.D. 47/07.
4. Documentación interna de Schüco.

7.1. Introducción

Actualmente, se viven los años más secos y poco lluviosos de nuestra reciente historia, y nunca, hasta ahora, se habían sufrido sequías en zonas del país como Galicia, donde, en pleno invierno, se han producido cortes de agua en algunas poblaciones de esta Comunidad Autónoma por falta de agua acumulada en los pantanos para el suministro sanitario de agua potable.

Este síntoma anacrónico, denota que el cambio climático, el aumento desmesurado de la demanda y el uso irracional de la misma, hace que cada vez sea máspreciado este vital líquido imprescindible para la vida cotidiana.

Por ello, no sólo hay una preocupación social por el crecimiento sustentable, sino también por minimizar los desmesurados consumos que se realizan, entrando nuestros políticos a legislar en la materia con preceptos que delimitan, regulan y sancionan el futuro uso de nuestros recursos naturales.

Ejemplo de esta preocupación es la aparición de leyes, como la que acaba de aprobar el Ministerio de Medio Ambiente, que regula el aprovechamiento, reciclaje, recuperación, reutilización y depuración de nuestras aguas (Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas), facilitando o intentando mejorar la calidad de las mismas para un mejor y mayor aprovechamiento, o también la ley 6/2006 de 21 de julio, por la que la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, establece un Incremento de Medidas de Ahorro y Conservación del Agua en su región, limitando y tarando, por ley, los consumos máximos de los aparatos sanitarios. (Esta es la primera ley existente en el país, a nivel autonómico, que obliga a legislar a los ayuntamientos en esta materia y delimita el consumo máximo del equipamiento sanitario).

Este último ejemplo se complementa, además, con una ley de acompañamiento que subvenciona con un 20% la adquisición, por parte de los

particulares, de equipos economizadores para sus viviendas, siendo la primera vez que pasa en nuestro país.

Otro buen ejemplo de esta inquietud, podría ser el Ayuntamiento de Madrid, el cual, y a través de su "Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid", se hace eco de la demanda social y se posiciona como la primera gran ciudad del mundo que ataca la totalidad de las posibles actuaciones a realizar, y utiliza la gestión de la demanda como instrumento de la gestión integrada del agua en la ciudad, lo que le permite tener en consideración a todos los agentes y planificar una política estratégica de crecimiento sostenible, empezando por los propios edificios municipales y servicios a la ciudad y, especialmente entre ellos, los centros o instalaciones deportivas.

Llegados a este punto, cualquier empresario, institución u organización que gestione o mantenga una instalación deportiva del índole que fuera, sabrá o conocerá los altos consumos que este tipo de centros poseen, no sólo por la cantidad o volumen de población que los utilizan, sino también por los elevados consumos que se realizan de agua, debido al riego, baldeo, limpieza y, principalmente, al consumo sanitario de la misma.

Este último tiene, además, un componente adicional, que es el consumo de energía derivado de la utilización, calentamiento y consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS), por lo que ser eficiente en la demanda de agua ayudará también a reducir el consumo de energía, la cual suele suponer más del 20% del total de la utilizada en este tipo de instalaciones o centros.

A través de esta Guía se verá y conocerá cómo se pueden reducir y minimizar los consumos de agua sin merma del confort, ni detrimento del servicio ofrecido a los usuarios.

7.2. ¿Por qué ahorrar agua?

Se mire a donde se mire, 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. 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 manera que sólo queda, aproximadamente, el 0,5% de la totalidad de las existencias de agua para la explotación de agua potable.

Si bien es cierto que se dispone de tecnologías para desalar agua, no lo es menos que el coste de realizar dicha acción es muy elevado e incorpora un alto consumo energético, por lo que, resolviendo un problema, se están generando otros nuevos, a la vez que tampoco resuelve problemas del interior de la Península.

Los expertos calculan que, en un futuro, el despliegue técnico para la producción de agua potable y el consiguiente coste que esto acarreará, aumentarán el precio considerablemente. Esto, unido a las Directivas de la Unión Europea, confirma que, en los dos próximos años (2010), se debería pagar el agua al coste real, dejando de ser, como lo es en la actualidad, un precio político o subvencionado, según la zona.

Durante el año 2005¹, en España se distribuyeron por las redes públicas de abastecimiento urbano 4.873 hm³ de agua, según la encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua que lleva a cabo el INE todos los años. De esta cantidad, un 82,1% (4.002 hm³) se distribuyó para el consumo de familias, empresas, consumos municipales, etc. Las pérdidas aparentes de agua (fugas, roturas, averías, errores de medida, fraudes, etc.) se estimaron en el 17,9% del agua total distribuida por dichas redes.

En la Tabla 1 se puede ver la evolución del consumo por Comunidades Autónomas en el período 1999-2005 (con los últimos datos oficiales del INE).

¹ Encuestas del agua 2005. INE. 17 de octubre de 2007.

TABLA 1. Consumo medio (l) en el período 1999-2005 por habitante y día en España.

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

El consumo de agua potable de las familias españolas ascendió a 2.673 hm³, lo que representó el 66,8% del consumo total. El consumo medio se situó en 166 litros por habitante y día, un 2,9% menos que los 171 litros del año 2004. Por comunidades, Andalucía tuvo el consumo medio más elevado (195 l) y Navarra el más bajo (134 l).

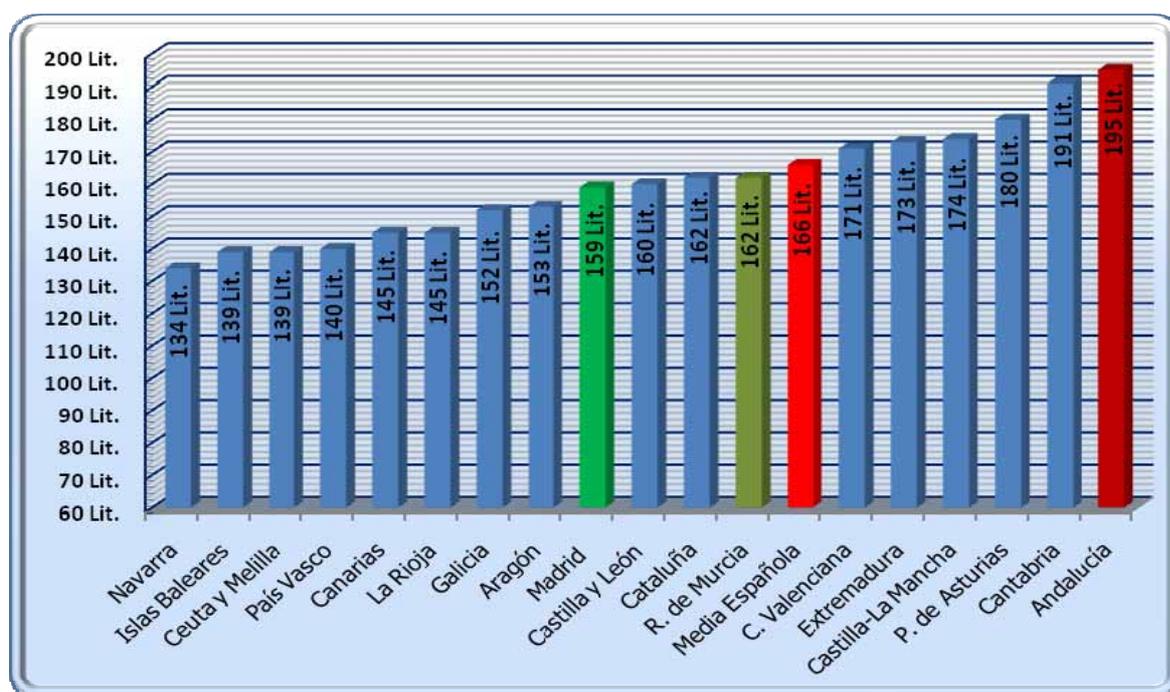


Figura 1. Consumo medio por habitante y día en las distintas CC. AA (2005).

Todas las Administraciones se están tomando muy en serio el minimizar los consumos de agua, aunque es cierto que hay tres Comunidades Autónomas que están capitalizando dichos esfuerzos, y a muy corto plazo éstos empezarán a ofrecer sus resultados.

Hay que destacar a la Comunidad de Madrid, y en especial al Ayuntamiento de la capital, que fue pionero en implementar las ordenanzas más exhaustivas, concretas, detalladas y profesionales que se pueden ver hoy en día a nivel mundial, siendo la primera gran ciudad en generar una obligatoriedad en las nuevas construcciones y en grandes consumidores ya existentes, que obliga a implementar medidas correctivas del consumo. No existe ninguna otra gran ciudad en el mundo que ataque el problema con una visión tan clara, que empieza por mirar sus propias instalaciones y adecuar de cara al futuro la ciudad para aprovechar al máximo toda gota de este preciado vital líquido.

También destaca la Comunidad Autónoma de Cantabria que, a través de su Consejería de Medio Ambiente, ha regalado más de 500.000 economizadores de agua (entre perlizadores, eyectores, reductores volumétricos para las duchas, etc.), con lo que ha conseguido que una de cada cuatro familias de esta Región instalara gratuitamente equipos de ahorro de agua y energía en sus hogares, y que más de 3.500 establecimientos hosteleros recibieran dichos equipos para sus establecimientos, resultando la campaña masiva más grande organizada a nivel mundial. En los próximos años demostrará el potencial que este tipo de acciones genera.

Por último, señalar las acciones que la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia está llevando a cabo, y en especial el Ente Público del Agua de la Región, que ha promulgado la primera ley a nivel autonómico que obliga a todas las Administraciones Municipales a desarrollar ordenanzas en materia de eficiencia y ahorro de agua, estableciendo unos niveles máximos de consumo, y fomentando la implementación de este tipo de medidas mediante legislaciones y ordenanzas tipo, así como leyes de acompañamiento para subvencionar la implantación de este tipo de medidas correctoras.

Este apartado se centra en la eficiencia de instalaciones de ACS y AFCH, pues son generales a cualquier tipo de edificación, centro o instalación deportiva,

pretendiendo centrar el tema y aportar una serie de posibles puntos de actuación como catálogo de soluciones.

En muchos casos de este tipo de centros, se realizan actividades muy profesionalizadas o concretas, donde no se podrá reducir el volumen del consumo de agua, pero esto no quiere decir que no pueda aprovecharse. De hecho, las grandes técnicas de ahorro también están basadas en el reciclaje de estas aguas, aprovechando las mismas una y otra vez, y evitando consumos energéticos, por ejemplo, por trasvase de procesos de intercambio de calor o frío, o de reutilización o reciclaje para otros procesos, como pueden ser de riego o baldeo.

La valoración de una Guía, como lo pretende ser ésta, que sirva a nivel genérico para todo tipo de instalaciones y centros deportivos, lleva a enfocar el tema desde una perspectiva más reducida y generalista, con consejos generales y actuaciones concretas y polivalentes a toda clase de actividades deportivas que se impartan o practiquen en los centros.

Sobre este enfoque, uno de los puntos donde más se incide es el del consumo de agua fría de consumo humano (AFCH) y agua caliente sanitaria (ACS), que no suele estar ligado directamente a la actividad del centro o instalaciones, pero que representa una parte importantísima del mismo.

Hoy en día, hay sistemas y tecnologías de alta eficiencia, de fácil implementación y que aportan ventajas en todos los sentidos, dando como resultado unas 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 de reutilización.

También se realizará un repaso a las posibilidades técnicas existentes para el reciclaje, captación de aguas de lluvia y aprovechamiento o recuperación de agua para otras actividades.

7.2.1. Por el coste del agua

El coste del agua es, prácticamente, un precio político, que no representa el valor real del agua en suministro, y las Directivas de la CE obligan a que dicho coste aumente de forma gradual para sufragar las nuevas infraestructuras que se necesiten, repartiendo la carga de las mismas proporcionalmente al consumo, y no como en la actualidad, que se sufraga con impuestos.

El valor unitario del agua (cociente entre el importe de las tasas de abastecimiento de agua más las tasas/cánones de saneamiento de aguas residuales y el volumen de agua distribuida para consumo) se incrementó un 2,1% en el año 2005, hasta alcanzar los 0,98 €/m³.

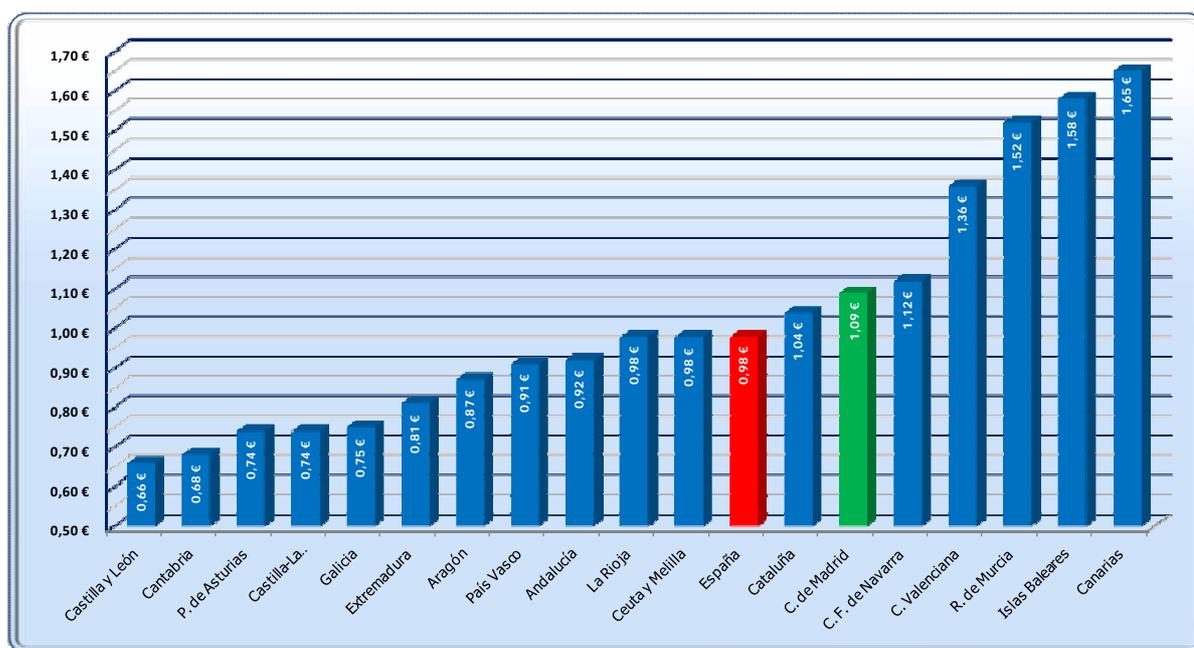


Figura 2. Coste del agua en las distintas CC. AA.

El valor unitario del abastecimiento de agua alcanzó los 0,67 €/m³, mientras que el de saneamiento de aguas residuales (alcantarillado y depuración) fue de 0,31 €/m³.

En la Tabla 2 se pueden observar los distintos valores del precio del agua por Comunidades Autónomas, y la evolución del coste en el período 1999-2005.

TABLA 2. Coste medio (€/m³) del agua en el período 1999-2005 por CC.AA.

Región:	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999
Castilla y León	0,66	0,61	0,53	0,49	0,46	0,42	0,42
Cantabria	0,68	0,69	0,60	0,55	0,53	0,53	0,46
Castilla-La Mancha	0,74	0,63	0,57	0,52	0,48	0,44	0,35
Principado de Asturias	0,74	0,65	0,65	0,59	0,54	0,51	0,45
Galicia	0,75	0,78	0,62	0,61	0,60	0,54	0,50
Extremadura	0,81	0,72	0,73	0,76	0,74	0,72	0,60
Aragón	0,87	0,82	0,66	0,62	0,59	0,59	0,55
País Vasco	0,91	0,83	1,15	1,14	1,09	1,12	1,06
Andalucía	0,92	0,94	0,79	0,69	0,64	0,59	0,58
La Rioja	0,98	0,96	0,54	0,44	0,42	0,41	0,30
Ceuta y Melilla	0,98	0,91	0,74	0,68	0,63	0,58	0,53
España	0,98	0,96	0,86	0,81	0,77	0,73	0,69
Cataluña	1,04	0,92	1,04	0,98	0,91	0,94	0,90
Comunidad de Madrid	1,09	1,00	0,86	0,81	0,76	0,69	0,68
Com. Foral de Navarra	1,12	1,11	0,73	0,63	0,59	0,60	0,45
Comunidad Valenciana	1,36	1,20	0,83	0,78	0,71	0,66	0,62
Región de Murcia	1,52	1,41	1,08	1,08	1,12	1,12	0,99
Islas Baleares	1,58	1,31	1,42	1,48	1,45	1,32	1,24
Canarias	1,65	1,64	1,68	1,67	1,66	1,58	1,55

Por Comunidades Autónomas, los valores más elevados en 2005 correspondieron a Canarias (1,65 €/m³), Baleares (1,58 €/m³) y Región de Murcia (1,52 €/m³). Por el contrario, Castilla y León (0,66 €/m³), Cantabria (0,68 €/m³), Castilla La Mancha (0,74 €/m³) y Asturias (0,74 €/m³) presentaron los valores unitarios más bajos.

Como puede apreciarse en algunas zonas, como Castilla y León, por un euro se pueden obtener más de 1.515 litros de agua, mientras que, por ese mismo euro, en otras zonas, sólo pueden obtenerse 606 litros. Esta comparativa se realiza sin considerar la calidad de las aguas servidas, ya que está demostrado que los niveles de calidad del agua de las zonas de la meseta o interior de la Península son mejores que las costeras o isleñas.

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

7.2.2. Por el coste de la energía

Como ya se ha comentado, el consumo de agua lleva aparejado, en muchas ocasiones, un componente muy elevado de energía utilizada para su bombeo, calentamiento o recirculación, por lo que disminuir los consumos de agua lleva implícito la reducción del consumo de energía, casi en la misma proporción.

Para obtener una valoración básica del consumo energético inherente a la demanda de ACS, se plantean distintas alternativas, optando el autor por la Guía editada por el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) para el Ministerio de Economía que, mediante su Secretaría General de Turismo, en colaboración con el Ministerio de Ciencia y Tecnología, editaron la publicación "Ahorro de Energía en el Sector Hotelero: Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo", dentro de la serie "Eficiencia y Ahorro Energético", en enero de 2001, y a fecha de hoy, sigue no sólo sirviendo como referencia, sino también como aval para la instalación del tipo de medidas que en esta Guía se proponen.

Esta Guía marca pautas de cómo realizar un cálculo de los costes y amortización de este tipo de equipos.

Con 1 kWh de energía calorífica se puede incrementar 1 °C la temperatura de 859,8 l de agua. Para obtener 1 m³ de agua caliente, con un salto térmico o incremento de temperatura de 1 °C, se necesitan, por lo tanto, 1,163 kWh.

Para determinar el volumen de energía invertida en calentar 1 m³ de agua, se parte de unos costes de materia prima², que son los siguientes:

✿	Coste energético de calentar con gas natural:	0,0468 €/kWh
✿	Coste energético de calentar con gasóleo C:	0,0583 €/kWh
✿	Coste energético de calentar con electricidad:	0,0909 €/kWh

El calentamiento o incremento en 1 °C de temperatura de 1 m³ de agua tiene un coste, dependiendo de la energía utilizada, de 1,163 x coste de la energía.

Suponiendo una entrada de agua fría a 12 °C de media, para su distribución y uso se necesita calentarla, al menos, a unos 75 °C para poder acumularla y

² Costes energéticos del 1^{er} semestre del año 2005 (Según ENERGUÍA).

distribuirla a una temperatura media superior a los 55 °C (salto térmico de 63°). Por lo que, aproximadamente, y tras los cálculos de calentamiento, factores, pérdidas, etc., el coste de calentamiento de 1 m³ agua para su distribución con el correspondiente salto térmico, según la energía utilizada, sería el siguiente:

- ✿ 3,429 €/m³ con gas.
- ✿ 4,272 €/m³ con gasóleo C.
- ✿ 6,660 €/m³ con electricidad.

Estos costes pueden dar al lector una idea de lo importante que es la energía en los costes de explotación de una instalación o centro deportivo, ya que ésta viene a representar de 3 a 6 veces el coste del agua, recordando que entre un 38% y 65% del agua que se consume en un centro deportivo, es agua caliente.

Hasta la fecha, y salvo algunos profesionales aislados y algunas cadenas o centros deportivos concretos que valoran la importancia del conocimiento del gasto energético, la gran mayoría de establecimientos del sector no dispone de contadores de ACS, sólo de agua fría, y suelen ser a la acometida, desconociendo por completo el uso y reparto que se realiza del agua, e imposibilitando la disponibilidad de información para la toma de decisiones y detección de fugas, pérdidas, excesos de consumo, averías, etc.

Es vital disponer de una buena información para poder acometer cualquier plan de ahorro o eficiencia, recomendando la instalación de contadores, como mínimo, mecánicos (costes de 45 a 280 € dependiendo del calibre), aunque preferiblemente electrónicos (costes de 160 a 690 € dependiendo del calibre), pues posibilitan la captación, acumulación, gestión e informatización, sin tener que leer físicamente los mismos, y posibilitando una valiosísima información sobre consumos, demandas y eficiencia del edificio.

7.2.3. Por implementación de un Plan de Reducción del Consumo de Agua

Un Programa de Reducción y Uso Eficiente del Agua para cualquier centro, instalación o edificación, se implementa para alcanzar distintos objetivos, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- ✿ Disminuir el agua requerida para cada proceso, optimizando su utilización.
- ✿ Por lo tanto, disminuir de una forma directa los residuos, obteniendo una importante reducción del impacto ambiental del inmueble, es decir, haciéndolo más respetuoso con el medioambiente.
- ✿ 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 protección de la naturaleza.
- ✿ Cumplir la legislación medioambiental aplicable en todo momento y, en la medida de lo posible, adelantarse a las disposiciones legales de futura aparición.
- ✿ Demostrar con el ejemplo, pues un porcentaje altísimo de este tipo de centros pertenecen a corporaciones municipales, entidades autonómicas o asociaciones, las cuales, además, tienen una misión social y ejemplarizante, facilitando referencias a los ciudadanos de cómo se pueden tomar medidas correctoras para hacer un uso más racional y sostenible del agua.
- ✿ Facilitar las posibles implementaciones de sistemas de gestión medioambiental, tipo ISO 14001, EMAS, etc.
- ✿ Obtener una mejor imagen pública para la gestora de ser respetuosa con el medioambiente, lo que la posiciona y diferencia del resto de la oferta del sector, siendo muy apreciado por determinados sectores y usuarios, pero, principalmente, por los clientes y usuarios más exigentes, como signo de calidad.
- ✿ Ayudar a la sociedad directa e indirectamente, facilitando el crecimiento sostenible y aportando un granito de arena vital para futuras generaciones.
- ✿ Reducir los costes económicos que permitirán un mejor aprovechamiento de dichos recursos en otras áreas más necesitadas, facilitando y aumentando los beneficios por ahorro generado, haciendo posibles otros planes y programas.

7.2.4. Para disminuir las emisiones de CO₂

Por todo lo anterior, ahorrar agua permite, casi en la misma proporción, ahorrar la energía utilizada para su calentamiento, aportando beneficios ya no

tanto económicos y muy importantes, sino ecológicos, para evitar la combustión y reducir, así, la emisión de gases contaminantes, el efecto invernadero y la eliminación de la capa de ozono.

Para hacerse una idea de estas emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de agua, se pueden cifrar en un mínimo de 0,537 kg de CO₂ por cada m³ de agua en línea de contadores, considerando estas emisiones en su ciclo integral, es decir, aducción, distribución, acumulación, consumo, canalización, depuración, reciclaje y tratamiento de vertidos, etc. (no incluyendo el consumo energético de producción en los casos de desalación).

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

7.3. ¿Cómo ahorrar agua y energía?

Tanto por responsabilidad social, como personal, ecológica y económica, es importante saber qué hacer para reducir la demanda de agua en una instalación o centro deportivo, y este apartado persigue dar a conocer acciones, técnicas y sistemas que permitan a los directores, gestores y técnicos de este tipo de instalaciones, minimizar los consumos de agua y energía.

Muchas veces se plantean actuaciones complejas, normativas internas, campañas de concienciación excesivamente costosas y trucos para intentar reducir los consumos 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 reductores y los economizadores de agua, están ampliamente extendidos en los países del norte de Europa, y ya se están utilizando, desde 1995, en España, en campañas municipales, hoteles, residencias, hospitales, gimnasios y empresas españolas, principalmente en las zonas costeras e insulares. 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 dedica un amplio apartado al conocimiento y explicación de estas tecnologías.

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, a la realización de estudios y eco-auditorías de hidro-eficiencia, sin olvidar el mantenimiento y la implementación de medidas correctoras en aquellos puntos que son significativos, no por volumen de agua ahorrada, sino por posibilidades de ahorro existentes.

Muchas veces se considera que un edificio, por ser nuevo, ha de ser eficiente, y no siempre es así, siendo éstos, en la gran mayoría de los casos, mucho más derrochadores que los antiguos, al diseñarse con vistas al futuro.

La meta a perseguir en este tipo de planes y proyectos no es sólo minimizar los consumos, sino también ver en qué se puede aprovechar, captar o reutilizar el agua invertida en otros procesos, incluso cómo evitar su utilización mediante equipos y tecnologías más modernas, que ya ni siquiera utilizan agua, y que no tienen por qué ser un deterioro del servicio ofrecido o una variación de utilización sustancial de las instalaciones.

7.3.1. Acciones y consideraciones previas para ahorrar agua y energía

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

- ✿ En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS como de AFCH, hay que valorar que, cuando se diseñen o reformen, se considere como muy importante la eficiencia, tanto como el diseño y la ergonomía de uso. Se deben utilizar los adelantos técnicos más avanzados que existan (ya contrastados), pues una instalación, una vez construida, será para muchos años. No 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, incluso mezclando sistemas de calefacción o aire acondicionado, con procesos industriales o de servicio del edificio.
- ❁ Si en la fase de diseño, o al realizar alguna reforma, no se considera la reutilización y/o reciclaje de las aguas grises, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría, al no estar preparada la estructura ni la canalización del edificio para ello. Si se incluye en el proyecto, el coste será mínimo y aparecerán una serie de ventajas:
 - Por ejemplo, si se diseña un edificio nuevo, se ha de tener en cuenta la realización de dos circuitos de suministro de agua. Uno se puede llamar de agua pura y otro de agua reciclada para el abastecimiento de los inodoros o WC, la cual se obtiene de recolectar, decantar y filtrar el agua de los lavabos, duchas y bajantes de los tejados, pudiendo conseguir un ahorro de agua superior al 30% para toda la vida y con una inversión bajísima. Esta medida permite aprovechar casi el 95% del agua utilizada en esos procesos, pudiendo usarse también para regar, una vez que se haya dejado posar durante un par de días.
 - Otro ejemplo sería recuperar y acumular el agua sobrante de rebosaderos y reposición de los vasos de las piscinas, obteniendo, por norma general, agua suficiente y gratuita de por vida para los urinarios e inodoros. Únicamente se necesita filtrar el agua (ya está clorada), y bombearla y repartirla separadamente del agua de consumo humano.
- ❁ Es muy interesante la instalación de contadores (a ser posible electrónicos), que permitan la segregación y control de consumos y fugas, adecuando los diámetros a las necesidades reales, y no con márgenes de seguridad excesivos que encarezcan la factura del agua sin aportar nada a cambio.
- ❁ La captación del agua de lluvia a través de pavimentos porosos y filtrantes, recolectores de aguas de escorrentía, la interceptación de bajantes o canalones de desagüe de tejados o la acumulación de excedentes del agua de piscina a través de rebosaderos independientes, permitirá en el futuro el aporte de aguas de segunda calidad para procesos o demandas donde no se requiera el agua de boca tratada y con un coste mucho más elevado.

- ❁ Otro elemento a considerar es el tipo de grifería utilizada. 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 gracias a su fácil y rápida regulación, generando un ahorro del 4-5% de agua.
- ❁ Considerar la adecuación paisajística del entorno o de las plantas de interior (si las tuviera) con un punto de vista de Xerojardinería o decoración con plantas autóctonas y con bajo consumo de agua, utilizando, siempre que se pueda, sistemas de riego eficientes y programables para evitar la tentación de que si se aporta más agua crecerán más y mejor.
- ❁ 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 idóneo, las precauciones a tener en cuenta y las opciones más adecuadas a la hora de diseñar las instalaciones. En este sentido, es recomendable prever el aprovechamiento, canalización y recuperación del agua de las torres de ventilación y/o de condensación, para ser utilizada en otros usos.
- ❁ Selección de equipos hidro-eficientes para el centro deportivo a nivel de electrodomésticos, y con etiqueta clase "A", pues está demostrado que las diferencias de inversión en este tipo de establecimientos se amortizan muy rápidamente. Existen lavadoras y lavavajillas que consumen hasta un 60% menos de agua y un 50% menos de energía.
- ❁ Utilizar jabones y productos biodegradables que no contengan cloro ni fosfatos en su composición, y utilizar la dosis correcta propuesta por los fabricantes. En el caso que la vajilla salga blanca, puede ser por la alta concentración de cal en el agua, que se resuelve con un aporte de sal adecuado, según el fabricante, pero, en cualquier caso, no hay que volver a lavarlos, pues con frotarlos con un paño seco será 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 debe 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 grifería, a la vez que se toman las temperaturas en puntos terminales, como exige el RD. 865/2003. Comprobar si todos los elementos cierran adecuadamente o tienen pérdidas y/o fugas. Verificar, principalmente, 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, principalmente, 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 establecimiento, centro o instalación deportiva, formando al personal para que resuelva los problemas más habituales que pueda encontrarse, demostrando a los clientes y visitantes su sensibilidad y preocupación por el tema, lo que mejorará la imagen pública del centro.

7.4. Posibilidades técnicas para ahorrar agua y energía

El nivel tecnológico existente hoy en día, permite disponer de infinidad de soluciones, que van desde las mezclas tecnológicas de césped sintético (con la misma sensación, tacto y olor que los verdaderos), hasta equipos sanitarios, como los urinarios, que ya ni siquiera requieren agua para su utilización, es decir, no sólo reducen el consumo, sino que, en algunos casos, lo eliminan.

En la gran mayoría de los casos, los responsables de este tipo de centros o instalaciones se encuentran con un problema de desconocimiento tecnológico, pues es imposible, hoy en día, estar a la última en estas materias, lo que unido, algunas veces, al miedo de las nuevas tecnologías o su aceptación social, hacen

que no se implementen técnicas que están largamente extendidas en otras zonas, países o sectores.

Este apartado pretende dar un repaso a las posibilidades técnicas más exitosas y fáciles de implementar, tanto a nivel de obra o reforma mayor, como de accesorios o equipos de fácil implementación y que más rápida amortización tienen (en referencia a economizadores de agua, para ACS y AFCH).

Desde el punto de vista técnico, se repasan los dos puntos de vista antes mencionados, empezando por la implantación de medidas correctoras de bajo coste y de utilización, tanto en proyectos de obra nueva, como en instalaciones ya existentes.

En otros apartados, se verán técnicas y soluciones donde las inversiones suelen ser mayores, pero no menos interesantes, aunque su periodo de amortización es más largo.

7.5. Equipos economizadores de agua y energía

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.

Antes de desarrollar estos aspectos, hay que hacer una mención específica a la Normativa que, a fecha de hoy, se ha quedado obsoleta y entra en contradicción con infinidad de medidas economizadoras que otras Normas proponen. De hecho, y en concreto las Normas de Clasificación Hidráulica de las Griferías (UNE 19-707-91 y UNE 19-703-91), exigen unos caudales mínimos de servicio exagerados, que hacen que, por ejemplo, un monomando de lavabo ecológico de última generación que consuma 4,6 l/min, no pueda comercializarse.

A su vez, otras Normativas favorecedoras de la eficiencia y el ahorro, como la Legislación Catalana en materia de distintivos ambientales, califica las griferías

ecológicas a aquellas que están por debajo justo de lo que las Normas UNE indican. Por ejemplo, el Departamento de Medioambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya, en su Resolución MAH/1603/2004, de 21 de mayo, por la que se establecen los criterios medioambientales para el otorgamiento del distintivo de garantía de calidad ambiental a los productos y a los sistemas que favorecen el ahorro de agua, establece que los límites razonables para el consumo de una ducha fija o móvil serán de 10 l/min para presiones inferiores a 3 bar, y de 12 l/min para presiones superiores a 3 bar.

En el caso de los grifos de lavabo, bidet o fregaderos, estos límites son de 8 l/min y de 9 l/min, dependiendo de si la presión es inferior o superior a 3 bar, límites más que altos para las tecnologías existentes hoy en día.

En estos últimos tiempos, se está demandando, y cada vez se debate más, la necesidad de una Normativa que regule o califique la eficiencia de los consumos sanitarios, visto que es posible ofrecer la misma o mayor calidad de servicio y confort con un menor consumo de agua y energía, lo que ayudaría a la selección del equipo o grifo más adecuado para una instalación, de tal forma que la etiqueta complemente no sólo la calidad y caudal del servicio ofrecido, sino también lo respetuosa que ha sido su fabricación, medioambientalmente hablando.

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 Alcobendas, Alcalá de Henares, Collado Villalba, Getafe, etc., donde, para obtener la licencia de obras, se necesita documentar que el proyecto incorpora grifería de bajo consumo.

En el caso del Ayuntamiento de Madrid, a través de su "Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid", se pone especial atención no sólo a los consumos que habrán de tener los sanitarios que se instalen en cualquier clase de edificio (determinando caudales y características a través de su nueva Normativa), sino que también se precisan los distintos programas de actuación y las pautas a seguir para, a partir de un plan muy detallado, poder garantizar en el tiempo el abastecimiento y el crecimiento sostenible del municipio.

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, no estando todas las existentes, pero sí las más importantes o extendidas.

7.5.1. Grifos monomando tradicionales

Siendo, actualmente, 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 consume un 50% de agua fría y un 50% de agua caliente, aunque a ésta no le dé tiempo a llegar a salir por la boca del grifo.

Este problema está contrastado y demostrado, indicando que más del 60% de los usuarios que utiliza un lavabo en un centro público, lo hace abriéndolo 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.

Hoy en día, 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.

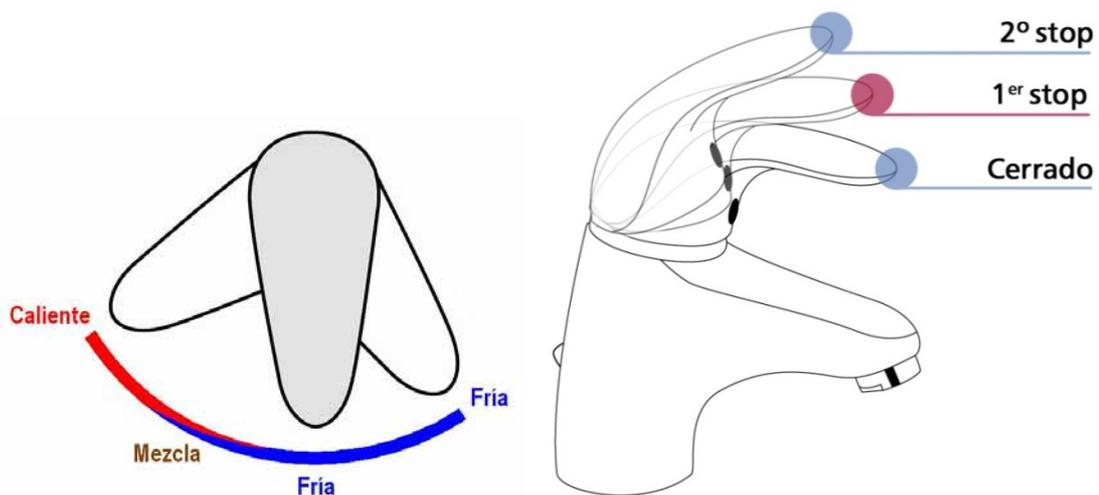


Figura 3. Explicación gráfica de los Cartuchos Ecológicos.

La solución consiste en la sustitución del clásico cartucho cerámico por otro "Ecológico" de apertura en frío en su posición central y en dos etapas, y con freno de apertura.

Como se puede apreciar en la Fig. 3, al accionar la maneta, ésta se 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.

Este mecanismo 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.

Sobre 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, incorpora 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 anterior, aporta otras ventajas, como ser más eficaz con los jabones líquidos, ser más agradable y confortable, aparentar 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, como mínimo, un 50%, llegando, en ocasiones, y dependiendo de la presión, hasta ahorros del 70% del consumo habitual. Existen versiones normales, y antirrobo para lugares en los que preocupen los sabotajes, posibles robos o vandalismo.

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

Las tecnologías existentes permiten acelerar el agua y crear turbulencias sin aportación de aire en cabezales de ducha, que mejoran 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, actualmente, consumen algunos equipos, sin pérdida ni detrimento del servicio, Fig. 4.

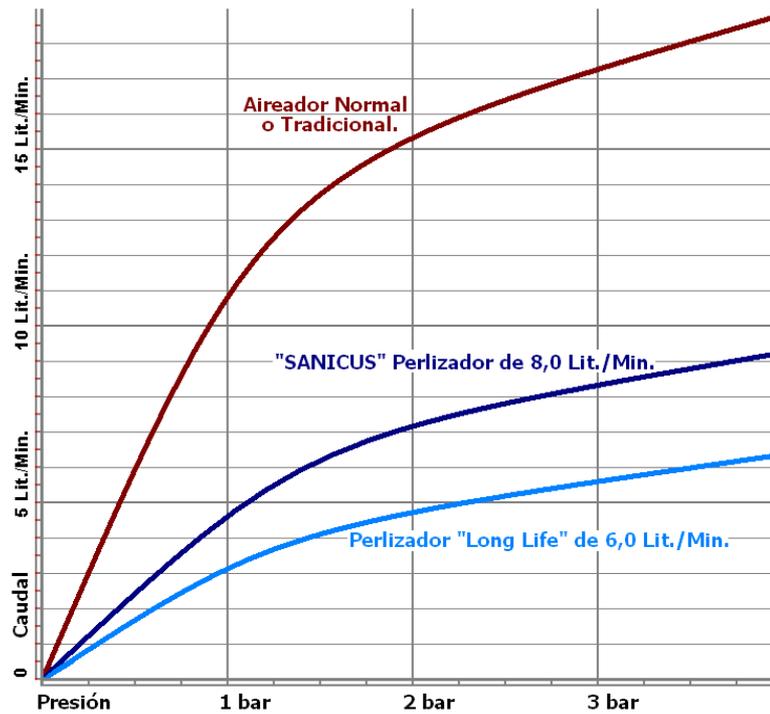


Figura 4. Consumos de griferías normales y ecológicas con perlizadores.



Foto 1. Perlizadores de distintos caudales y modelos.

No se deben confundir los perlizadores con aireadores o filtros con reducción o limitación volumétrica, pues estos últimos pueden sacrificar el confort.

7.5.2. Grifos de volante tradicionales

Este tipo de equipos está en desuso en obra nueva, aunque sí es fácil encontrarlos en edificaciones con más de 15 años, y todavía suele 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 zapatas 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, y las fugas y goteos constantes.



Foto 2. Monturas cerámicas.

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

A este tipo de equipos, y siempre que sean más jóvenes de unos 15 años, también se les podrán implementar los perlizadores antes comentados, complementando las medidas de eficiencia y totalizando ahorros superiores al 60% sobre el estado previo.

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.

7.5.3. Grifos termostáticos

Posiblemente, son los equipos más costosos, detrás de los de activación automática por infrarrojos, pero, a la vez, 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 de vida o servicio ofrecido, 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 duchas y bañeras, a pesar de que en el mercado existen soluciones para lavabos, bidet, 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. Actualmente, un grifo de ducha termostático, con mango de ducha ecológica, puede encontrarse desde 75,00 € 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, como el caso de centros de asistencia, residencias, etc.



Foto 3. Grifería termostática empotrada.

7.5.4. Grifos electrónicos

Son, posiblemente, los más ecológicos, pues ajustan la demanda de agua a la necesidad del usuario, activando el suministro e interrumpiéndolo según esté o no presente el usuario.

Está demostrado que el ahorro que suelen generar 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. 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 ellos mismos el tratamiento de prevención y lucha contra la legionella. Existen dos técnicas muy parecidas de activación automática por detección de presencia: infrarrojos y microondas. A continuación, se desarrollan los primeros.

7.5.4.1. De activación por infrarrojos

Estos equipos están disponibles para casi cualquier necesidad, utilizándose, principalmente, para el accionamiento en aseos de discapacitados y en aquellos sitios de alto tránsito, 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.



Foto 4. Grifería electrónica minimalista para lavabo por infrarrojos, de dos aguas.

Existen versiones para lavabos, fregaderos y duchas fijas, tanto normales como con equipos termostatizados. 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.

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. Se recomiendan, principalmente, cuando el uso sea muy elevado, más de 80-100 utilizaciones diarias.

7.5.4.2. De activación táctil

La más alta tecnología en grifería ecológica de cierre automático es, además, anti-vandálica y representa una alternativa mejorada de los grifos temporizados conocidos hasta ahora. Cuando se deseaba un grifo de máximo

ahorro y de cierre automático, o se elegía grifería electrónica de infrarrojos o no existía otra alternativa que utilizar grifos temporizados neumáticos. La tecnología TEHSAPRES viene a cubrir una necesidad intermedia en el mercado sanitario, ya que reúne las ventajas de los grifos anti-vandálicos pero a un bajo coste y con funciones desconocidas hasta la fecha.

La tecnología utilizada, de activación por tacto, permite la activación y desactivación del suministro a voluntad (cosa que el resto no permite), a la vez que se puede programar su cierre automático para cuando el usuario no lo cierre.



Foto 5. Grifería temporizada táctil.

Es la solución ideal para los lavabos de pequeño tamaño de aseos públicos, donde una grifería tradicional o temporizada estándar ocuparía mucho espacio y resultaría incomoda su utilización.

Es una solución rentable, durable y confiable, que viene a mejorar los grifos temporizados mecánicos o neumáticos y a un menor coste que los sistemas de infrarrojos, con ventajas que no tienen ninguno de los anteriores, no sólo por su apertura y cierre manual o voluntario, sino también por su programación de cierre involuntario (programable por el instalador entre 1'' y 60''), evitando el consumo por olvido de cierre del equipo.



Foto 6. Grifo Electrónico Temporizado Táctil.

La tecnología piezoeléctrica se basa en la piezoelectricidad, que se trata de un fenómeno que tienen algunos cristales que, al aplicarle una fuerza exterior y deformarlos, producen diferencia de potencial. Esta tensión generada, muy rápida y potente, se utiliza para comandar la electrónica de control del equipo.

Su fuerza, estabilidad, durabilidad y sencillez, hacen que la utilización de cristales de cuarzo para estas funciones piezoeléctricas, permitan funciones que, hasta ahora, no eran posibles en la grifería y que, gracias a su miniaturización, hoy en día aparecen en el mercado.

El equipo está pensado para ser activado por tacto con una ligerísima presión o toque con la palma de la mano, un dedo o cualquier otra cosa, de tal forma que, al hacerlo, el equipo inicie el suministro de agua, pudiendo cortarse en cualquier momento con otro toque. Si no se cerrara, él sólo lo haría al tiempo programado (6-8 segundos, en origen).

Las especificaciones técnicas son las siguientes:

- ✿ Grifería temporizada de tiempo programable.
- ✿ Fácil programación por el instalador o personal de mantenimiento.
- ✿ Reprogramable, según necesidades.
- ✿ Apertura y cierre manual o voluntario por tacto.
- ✿ Tiempos de suministro de agua programables de 1" a 60".
- ✿ Indicador de batería baja y bloqueo de apertura.
- ✿ Construcción en latón macizo y acabado en cromo brillo.

- ✿ Abastecimiento de agua fría o premezclada.
- ✿ Temperatura máxima del agua de 70 °C.
- ✿ Presión de funcionamiento entre 0,5 bar y 8 bar.
- ✿ Alimentador de baja tensión de 9 V o baterías (6 x 1,5 V AA).
- ✿ Ciclo de vida de las baterías de más de 500.000 maniobras.
- ✿ Protección de la caja de las baterías mediante IP65 impermeable.

7.5.5. Grifos de ducha y torres de prelavado en cocinas, comedores y cafeterías

Uno de los puntos de las zonas comunes de un edificio o centro deportivo donde se consume más agua es, sin lugar a dudas, la zona de lavado de la vajilla o cocina. (Cuando exista y excluyendo las zonas de duchas o aseos).

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 lavavajillas es muy antiguo y que la retirada de sólidos y pre-limpieza de la 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 los mismos y de los flexos de conexión, rentabilizan el trabajo, ahorrando agua por fugas o usos inadecuados por parte de los trabajadores. Es muy normal, por parte de los empleados, dejar fija 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 vuelven de nuevo, con los platos situados debajo de la ducha muy limpios y el resto sin mojar.

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 le obliga al empleado a tener pulsado el gatillo o palanca para que salga agua, evitando la salida continuada si no se tiene

empuñada la ducha. Con esta acción se puede llegar a ahorrar más del 40% del agua que se utiliza en esta zona, que, por cierto, suelen tener grifos que consumen entre 16 y 30 litros por minuto.



Foto 7. Ejemplo de ducha ecológica de prelavado para cocinas y comedores.

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 litros por minuto, siendo más que suficiente, y amortizándose la inversión en tan sólo unos meses.

7.5.6. Grifos temporizados

Los equipos o grifos temporizados vienen a cubrir 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 cerrar la grifería.

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. Ofrecerá un caudal aparentemente mayor, con mucha menos agua, y siendo más eficaz con el jabón líquido, que suele ser el más usado en centros públicos.
- ✿ Temporización ajustada a la demanda (6'' en lavabos y 20-25'' en duchas).
- ✿ Cabezales anti-calcáreos intercambiables de fácil mantenimiento.
- ✿ Anti-bloqueo, para lugares problemáticos o con vandalismo.
- ✿ Anti-golpe de ariete, en lugares con problemas de presión.
- ✿ De accionamiento o pulsación suave, para ser utilizado por niños o mayores.

También será vital que dispongan de certificaciones, distintivos o ensayos que demuestren que los consumos están dentro de los parámetros que se podrían denominar "ecológicos" y que, para cada uno de los distintos tipos de consumo, el caudal de agua a suministrar por ciclo o pulsación sea menor de:

- ✿ 0,6 litros para lavabos.
- ✿ 4,1 litros para duchas.
- ✿ 9,0 litros para inodoros.
- ✿ 0,9 litros para pulsadores temporizados de urinario.

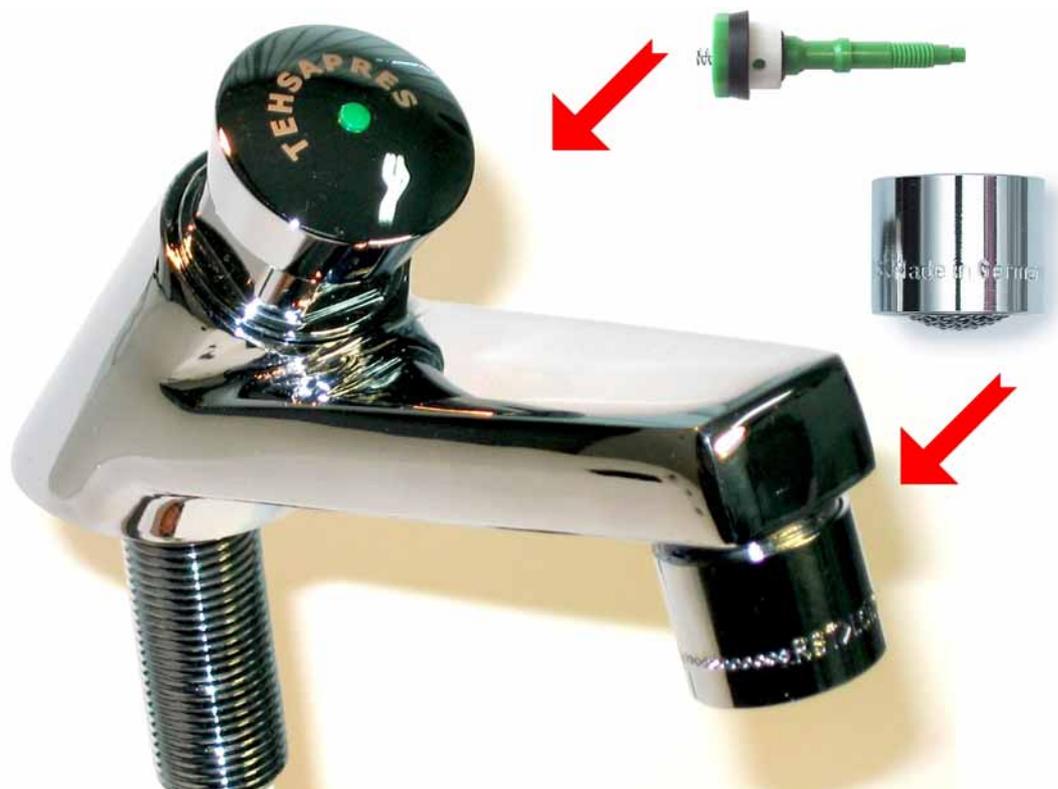


Foto 8. Mejoras posibles en griferías temporizadas.

Sobre este equipamiento, y a través del personal especializado de mantenimiento o de los profesionales específicos, pueden optimizarse y regularse los consumos, minimizándolos entre un 20% y un 40%, pues la gran mayoría de los fabricantes pone 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.

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

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

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

7.5.7. 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.

Por lo general, los fluxores requieren unas características especiales para su instalación, teniendo que tener presente que no se pueden conectar a un mismo ramal o línea, fluxores y grifería tradicional, por las altas presiones con las que se trabajan, la velocidad del agua y el posible golpe de ariete que se puede producir en su uso, lo que, unido a las pérdidas de carga, generaría graves problemas de uso y confort en la instalación.

Todo lo anterior hace obligatorio el cálculo y diseño de una red especial, distinta y separada, calculada a tal efecto, cuando se deseen utilizar fluxores, cosa cada vez más habitual cuando se recuperan aguas grises y se reciclan para este tipo de servicios, pues son fáciles de implementar y generan ahorros de por vida.

El mayor consumo de estos equipos, y algunos problemas de suministro, suelen venir dados por factores muy concretos, como el diseño inadecuado de la instalación, la variación de la presión de suministro y la 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 con que los tiempos de actuación y los caudales suministrados son excesivos, incluso superiores a los 14 litros.



Foto 9. Pistones ecológicos para fluxores.

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 por sedimentación y/o que tarde en exceso en cerrar el suministro.

Existen, en empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro, unos eco-pistones especiales como los que aparecen en la Foto 9, a los cuales se les modifica la curva de descarga, produciendo una descarga más intensa pero de menor tiempo, que permite economizar hasta el 35% del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre que, en algunas instalaciones antiguas, incluso aumenta.

En la actualidad, hay fluxores de doble pulsador, permitiendo 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, pues éstas utilizan el inodoro para micciones y deposiciones, requiriéndose mucha menos agua para el primer caso que para el segundo.

7.5.8. Regaderas, cabezales y mangos de duchas

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. Con el cambio de cabezal se puede disminuir el consumo, como mínimo, en un 20%.

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.

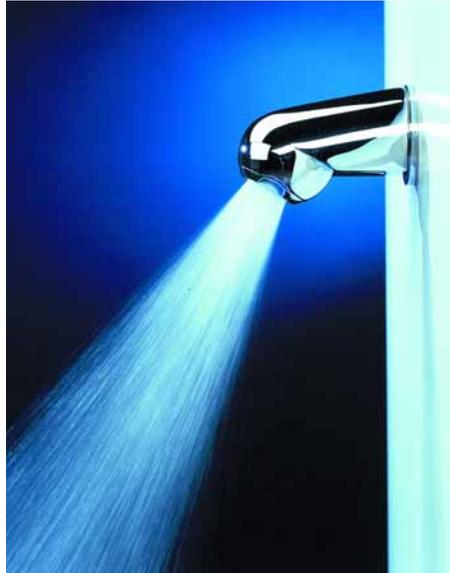


Foto 10. Ducha ecológica de pared de alta eficacia (hidromasaje por turbulencias).

En la Tabla 3 se muestran las soluciones o acciones más habituales en duchas fijas o de pared.

TABLA 3. Soluciones más habituales para reducir el consumo en duchas fijas.

Tipo de equipo y solución	Ahorros generados	Imagen del equipo
Cambio de alcachofa o regadera	30% - 65%	
Intercalar un reductor volumétrico fijo a la entrada	20% - 35%	
Intercalar un limitador volumétrico en el tubo o cuerpo de entrada	15% - 20%	

En el caso de los mangos de ducha, lo más habitual es sustituirlos por otro, aunque también hay otras opciones que se especifican en la Tabla 4.

TABLA 4. Soluciones más habituales para reducir el consumo en mangos o duchas de teléfono.

Tipo de equipo y solución	Ahorros generados	Imagen del equipo
Cambio del mango de ducha por otro con técnicas de aceleración del agua e hidromasaje por turbulencias	50% - 60%	
Cambiar el mango de ducha por otro de altas prestaciones por aceleración del agua y múltiples funciones de suministro	40% - 50%	
Intercalar un reductor volumétrico giratorio entre el grifo y el flexo	25% - 40%	
Intercalar un regulador de caudal giratorio entre el grifo y el flexo del mango de ducha	15% - 25%	
Intercalar un interruptor de caudal giratorio entre el grifo y el flexo del mango de ducha	15% - 20%	
Intercalar a la entrada del mango un limitador de caudal. (Sólo es válido para algunos modelos)	15% - 20%	

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

instala en combinación con un monomando, con un pulsador temporizado, con un termostático o con un grifo o sistema por infrarrojos, lo que posibilitará que la eficiencia se incremente sustancialmente. Tampoco hay que olvidar la Normativa u Ordenanza local, que determina dicha mezcla en lugares de uso público.

7.5.9. Inodoros (WC)

El inodoro es el sanitario que más agua consume en la vida cotidiana o a nivel doméstico e, incluso, público, aunque no lo es por su valor energético, ya que sólo utiliza agua fría. Su descarga media, suele ser de 9-10 litros. Cuando se utilizan fluxores, esta cifra suele ser superior, pudiendo llegar a los 18 litros de algunos equipos americanos).

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 será igual tanto para retirar sólidos como para retirar líquidos, cuando éstos se podrían eliminar con tan sólo un 20 ó 25% de agua.

Toda medida que permita seleccionar si se desean retirar sólidos o líquidos, en función de la utilización realizada, permitirá ahorrar más del 40% 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 por 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 necesitan solamente unos 2-3 litros, y el tanque completo sólo se requiere para retirar sólidos.

Lógicamente, esta demanda es a nivel estadístico, por lo que perfectamente se puede afirmar que se ahorrará más del 40% del consumo del centro o edificio, y si éste es de uso público, este ahorro será mayor, pues cuantas más personas lo utilicen, más probabilidades hay de que el uso sea por necesidad de realizar micciones.

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 medioambiente y la responsabilidad social, mejorará la imagen corporativa del centro y se ahorrará más del 30% del agua que actualmente se utilice.

Este hecho de poder interrumpir la descarga es desconocido por la gran mayoría de los usuarios.

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 instalar 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 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 en los que hay que pulsar los dos botones a la vez para producir una descarga completa.

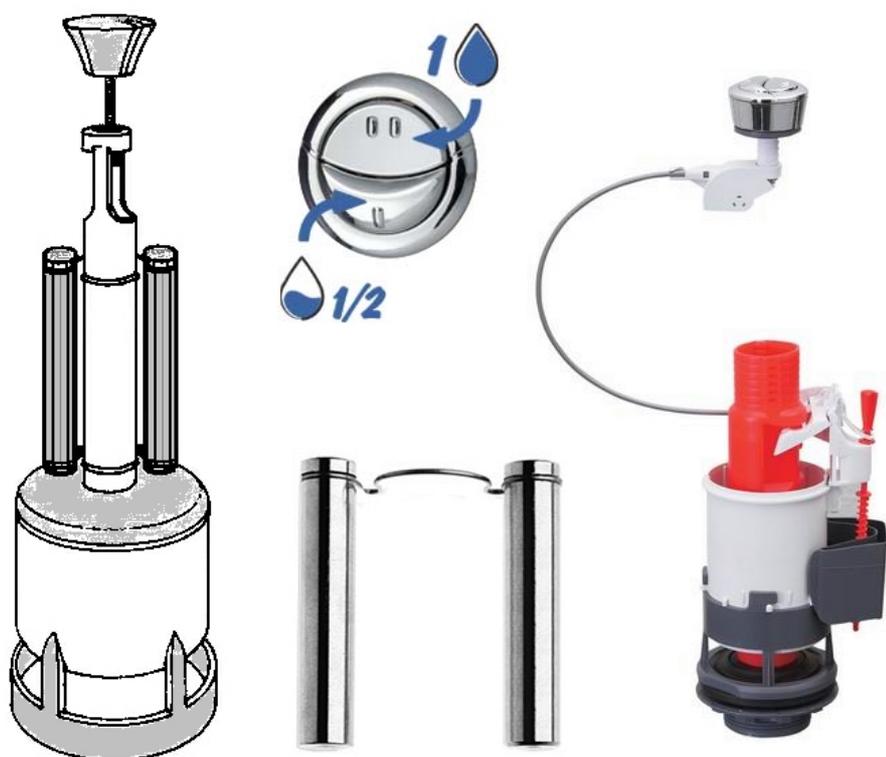


Foto 11. Mecanismo de tirador, contrapesos y mecanismo de doble pulsador.

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

- ✿ El 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.
- ✿ El que los botones se identifiquen claramente y a simple vista, y que sean fáciles de actuar.

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 muy bajo). También será recomendable instalar pegatinas por las razones anteriormente comentadas.

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 sumar los problemas de estabilidad que pueden ocasionar las botellas si se caen o se tumban, evitando el cierre y generando fugas constantes.

7.5.9.1. ECO-WC: Inodoros ecológicos

La particularidad esencial de esta nueva gama de inodoros estriba en su bajo consumo de agua, ya que sólo utilizan 2,3 litros por descarga, es decir, un 62% menos que cualquier otro equipo existente en el mercado, superando el 74% de ahorro si se compara con uno tradicional, y hasta el 81% si se compara con algunos americanos.

Hasta ahora, lo máximo que se podía hacer para ahorrar agua en los inodoros, era dotarlos de un sistema de doble pulsador para discriminar entre micciones y deposiciones, lo cual, sobre un sistema tradicional, permite importantes ahorros, pero, hoy en día, se sigue investigando y aún se puede ahorrar más.



Foto 12. Distintos modelos de ECO-WC con descarga máxima de 2,3 litros.

En la Tabla 5 se realiza una comparativa de los consumos medios estadísticos de un par de aseos públicos donde, en total, entren unas 25 personas al día, entre hombres y mujeres, y 5 de ellas lo utilicen para deposiciones y, el resto, para micciones. Además, se supone que usan adecuadamente la botonera de doble pulsador.

TABLA 5. Tipo de sanitario, consumo anual, ahorros en agua y porcentaje de ahorro comparativo.

	Cons. Año	CTA-10L	ITB-9L	ITB-6L	ITBDP-9L	ITBDP-6L	ECO-WC
CTA-10L	73.000		10%	40%	46%	64%	77%
ITB-9L	65.700	7.300 Lit. Menos		33%	40%	60%	74%
ITB-6L	43.800	29.200 Lit. Menos	21.900 Lit. Menos		10%	40%	62%
ITBDP-9L	39.420	33.580 Lit. Menos	26.280 Lit. Menos	4.380 Lit. Menos		33%	57%
ITBDP-6L	26.280	46.720 Lit. Menos	39.420 Lit. Menos	17.520 Lit. Menos	13.140 Lit. Menos		36%
ECO-WC	16.790	56.210 Lit. Menos	48.910 Lit. Menos	27.010 Lit. Menos	22.630 Lit. Menos	9.490 Lit. Menos	

CTA-10L	Cisterna de tanque alto de 10 litros de carga del Tanque.
ITB-9L	Inodoro Tradicional de 9 Litros de carga del Tanque.
ITB-6L	Inodoro Moderno de 6 Litros de carga del Tanque.
ITBDP-9L	Inodoro Tradicional de 9 Litros con Doble Pulsador
ITBDP-6L	Inodoro Moderno de 6 Litros con Doble Pulsador
ECO-WC	ECO-WC, Inodoro con 2,3 Litros por descarga

En la columna de color rojo, se indican los consumos anuales de cada equipo. En los cuadros amarillos se relaciona el ahorro (%) que ofrece el equipo indicado en la columna sobre el indicado en la fila. Por el contrario, en los cuadros

verdes se relaciona el ahorro (l) generado por el equipo de la fila sobre el indicado en la columna.

Además de ser el sistema de menor consumo de agua del mercado gracias a su sistema de eyección aerodinámica de agua a presión realizando la descarga con tan sólo 2,3 litros, las ventajas principales de estos equipos son:

- ✿ Su elevado y rápido proceso de recarga, siendo mucho más silencioso que cualquier otro, al incorporar un tanque dentro de otro de loza.
- ✿ Diseñado especialmente para evitar fugas y pérdidas de agua mediante un sistema especial de pistón.
- ✿ Capacidad de retirar elementos flotantes, aspecto que suele ser difícil con algunos modelos tradicionales.
- ✿ Diseño moderno e innovador, con tapa integrada y freno neumático de caída.
- ✿ Pulsador único central de grandes dimensiones, por lo que es de fácil accionamiento para discapacitados.
- ✿ Mantenimiento similar a cualquier otro inodoro.
- ✿ Entradas de agua y desagüe inferiores. La distancia de pared a eje de desagüe es de 21 cm (normalizado).

7.5.10. Nuevas técnicas sin agua

Hoy en día, existen tecnologías que permiten eliminar la necesidad de utilizar el agua para procesos sanitarios, como es el caso de los mingitorios o urinarios, los cuales se utilizan tres veces más que los inodoros, y que son un gran foco de consumo.

En la actualidad, se pueden encontrar urinarios secos, sin necesidad de utilizar o consumir agua. Su tecnología consiste en una serie de cartuchos donde se

recoge la orina, la cual atraviesa un líquido aceitoso que actúa a modo de trampa de olores, sellando los posibles gases de evacuación o desagüe y evitando los malos olores.

En la siguiente fotografía se puede ver la imagen y el funcionamiento de uno de los modelos más utilizados en el mercado americano.



Foto 13. Mingitorio seco.

Esta tecnología sólo requiere mantenimiento en cuanto a limpieza diaria de las paredes de la loza con un trapo impregnado en un líquido de limpieza que no daña la trampa de olores, ya que si se utiliza agua u otros agentes, se estropearía o perdería sus cualidades.

Este mantenimiento requiere una revisión cada cierto tiempo, en función del uso, para reponer la parte de líquido sellante que pudiera haberse perdido o deteriorado, y para la sustitución del cartucho cuando sea necesario (según algunos fabricantes, cada año).

Para ciertas instalaciones o centros deportivos que se utilizan tan sólo unos días pero muy intensamente, como pueden ser estadios o campos de fútbol, estos equipos pueden ser válidos, teniendo los técnicos que valorar las ventajas e inconvenientes dependiendo del personal de limpieza y de mantenimiento que se tenga en la instalación, además de considerar la amortización.

7.5.11. Tecnología para las redes de distribución

El consumo de agua y la energía derivada de su calentamiento se ve muy afectado por los circuitos de reparto, tanto en su diseño, protección, diámetro, caudal y, por supuesto, por la presión de trabajo, lo que hace que todos estos factores juntos influyan extraordinariamente en la gestión del agua y, por lo tanto, en el consumo adecuado o excesivo. A continuación se describe cómo se podrían optimizar las instalaciones de un centro deportivo, con zonas comunes y/o zonas de vestuarios, duchas, etc.

La energía utilizada en los diversos y variados procesos requiere, en muchos casos, el calentamiento del agua, por lo que optimizar su calentamiento o enfriamiento, así como adecuar las temperaturas y caudales a los requeridos, será una forma directa de reducir los costes de producción.

La utilización de mezcladores termostáticos para lograr agua a una temperatura determinada, las sondas y termostatos que permiten detectar cambios sustanciales de temperatura, los medidores de nivel de líquidos, así como un sinfín de técnicas que existen en el mercado, deben ser analizadas por los responsables o técnicos de mantenimiento de estas instalaciones, para determinar de qué forma se puede disminuir el consumo de agua y energía en la instalación.

En primer lugar, a la hora de analizar un circuito de reparto y suministro, debe considerarse que, si es de agua caliente, dicho circuito deberá ser lo más corto posible y, si la distancia es elevada desde el punto de calentamiento al último de consumo, convendrá realizar un anillo de recirculación para evitar que se derroche agua hasta que salga caliente, y minimizar los tiempos de espera hasta que empiece a llegar con la temperatura adecuada.

Este anillo conviene que sea lo más corto posible y que se alimente de agua caliente, la sobrante del retorno (como agua más fría) y la toma que llega del calentador o acumulador. De esta forma, el anillo conseguirá fácilmente la temperatura prefijada como tope de demanda, evitando accidentes o escaldamientos. La composición ideal sería introducir un mezclador termostático, con aporte de retorno, como el que aparece en la Fig. 5, donde el agua no

consumida retorna al mezclador aportándose como agua fría para que, al mezclarse con la caliente, se pueda ofrecer agua a la temperatura deseada.

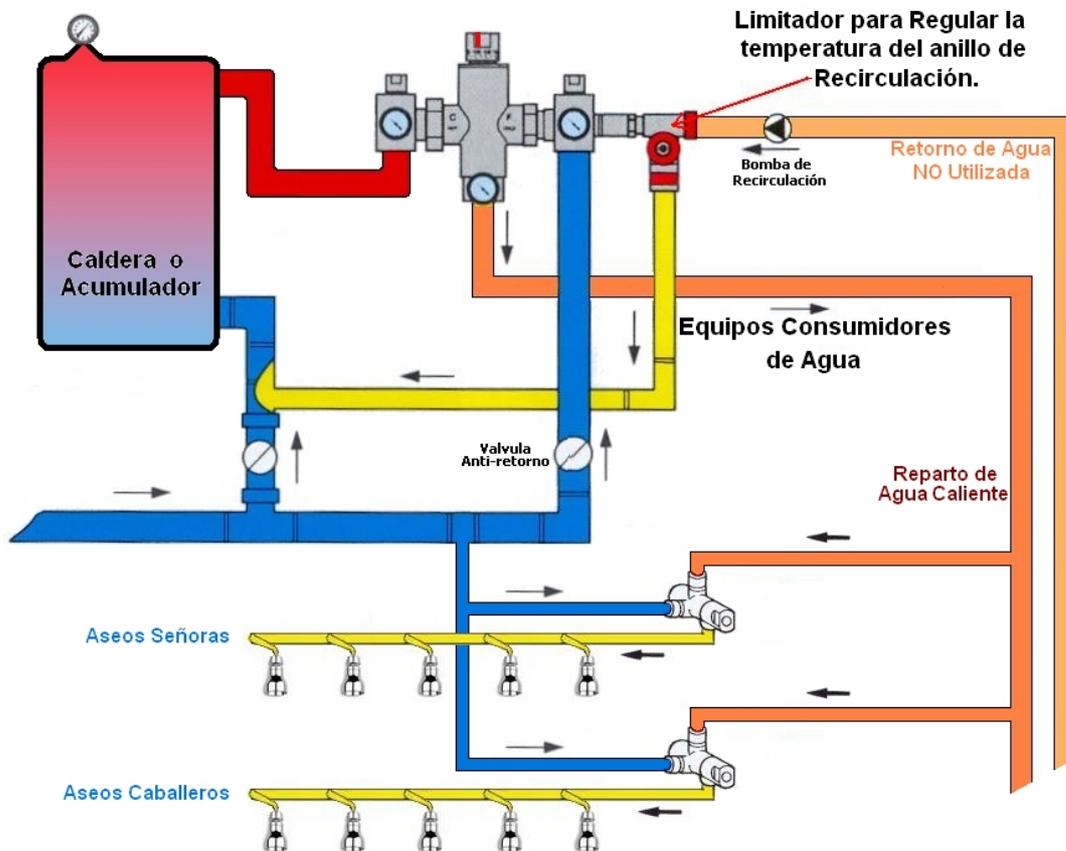


Figura 5. Circuito optimizado de termostatación del agua caliente con anillo de recirculación.

La eficacia de este circuito es máxima, tanto si la grifería ofrece capacidad de regulación al usuario como si es agua premezclada sin posibilidad de que el usuario seleccione la temperatura (muy utilizado con griferías temporizadas), siendo recomendable, en este segundo caso, incluir un mezclador termostático para ajustar la temperatura con mayor precisión, tanto en verano como en invierno, pues la diferencia de temperatura varía en más de 10 °C de una época a otra.

De cara al cumplimiento del RD 865/2003, el agua caliente que alimenta al mezclador ha de poder alcanzar, al menos, los 70 °C para poder realizar los tratamientos de mantenimiento y de choque. El anillo de recirculación ha de poder alcanzar los 60 °C en su retorno o en cualquiera de los puntos de salida.

La instalación de anillos de recirculación con aprovechamiento del agua de retorno y los mezcladores termostáticos posibilitan ajustar la cantidad de agua consumida a la mínima necesaria. El aprovechamiento energético es el máximo posible, ofreciendo ahorros energéticos superiores al 16% sobre sistemas tradicionales y minimizando la demanda de agua que, tradicionalmente, se derrocha con otros sistemas en la espera a que salga a la temperatura que el usuario desea.

Con independencia de las temperaturas de uso y de la red de distribución, otro de los puntos de alto consumo de agua y energía está motivado por la presión de los circuitos y las pérdidas de carga cuando se consume agua simultáneamente en varios puntos.

En el primer caso, un exceso de presión provoca un aumento del consumo de agua que puede cifrarse perfectamente en un 15% por cada incremento de presión de 1 bar, considerando como presión media 2,5 bar.

Por ejemplo, una ducha tradicional consumirá, de media, unos 12,5 litros/minuto a 1,5 bar, unos 16 litros/minuto a 2,5 bares y unos 18,5 litros/minuto a 3,5 bar de presión.

Como se puede observar, un mismo equipo consumirá más o menos en función de la presión a la que se efectúa el suministro. Para resolver esta situación, es recomendable instalar reguladores de presión, pues las líneas de reparto han de considerar los caudales necesarios para que, en simultaneidad, puedan suministrar todo el agua que se demanda, aunque, por lo general, los técnicos, ingenieros y arquitectos utilizan fórmulas estandarizadas que se alejan de la realidad, existiendo un porcentaje elevadísimo de exceso de presión, con lo que esto supone de incremento del consumo.

Por lo tanto, no se debe bajar la presión general que, en algunos casos, es una solución válida, sino intercalar en los ramales finales de distribución los citados reguladores, que ajustarán la presión a la deseada, permitiendo diferenciar zonas donde se requiera más o menos, y sin que esto afecte a líneas bien calculadas o adecuadas.

Estas medidas son recomendables tanto para agua fría como para agua caliente, pues es muy habitual que exista una diferencia de presión entre una línea de suministro y otra (desequilibrio de presiones), lo que puede provocar problemas muy graves en la calidad del servicio ofrecido debido a inestabilidad de la temperatura, quejándose los usuarios de que tan pronto sale fría como, al instante, muy caliente, o de que se tiene que estar constantemente regulando la temperatura.

Esto se debe a la invasión del agua con mayor presión en el circuito de suministro contrario, ocupando y enfriando la cañería hasta que se equilibran las presiones, y llegando bruscamente el agua original una vez que se ha consumido la que había invadido la cañería contraria, con el consiguiente sobresalto del usuario por el cambio de varios grados de la temperatura.

La solución pasa por equilibrar las presiones o, si no se pudiera, instalar válvulas anti-retorno en las griferías, pues es donde se mezcla este agua y donde se produce el paso de una cañería a otra.

Este problema, además de ser muy grave en cuanto a la calidad del servicio ofrecido, hace que se consuma mucha más agua y que los tiempos de espera en regulación sean mayores, pudiendo aumentar el consumo de agua en más del 10%. Por lo tanto, atajarlo aportará beneficios tanto económicos como de calidad en el servicio ofrecido a los usuarios de las instalaciones.

Por último, no se debe olvidar que una mala protección o un recubrimiento inadecuado o inexistente de la red de distribución de agua caliente, puede generar pérdidas superiores a un 10% del rendimiento del circuito, por lo que su protección y mantenimiento correctos serán claves para reducir la factura energética del centro.

7.6. Técnicas de control y aprovechamiento del agua

Hasta ahora, se han visto algunas posibilidades técnicas para ahorrar agua y energía. A continuación, se estudiará cómo se pueden controlar los consumos y detectar problemas, excesos de consumo o fugas, y cómo captar o reutilizar el agua para otras aplicaciones donde no se requiera la misma calidad.

La racionalización y el consumo responsable del agua no ha de limitarse sólo a la disminución de consumos, sino que ha de enfocarse desde un punto de vista de aprovechamiento en cualquier área o de posibles actuaciones que permitan el aprovechamiento, reutilización o reciclaje.

7.6.1. Aprovechamiento del agua de lluvia

En muchas ocasiones, no se es consciente de la cantidad de agua que se puede obtener de las cubiertas de los tejados de los centros o instalaciones deportivas. Para hacerse una idea, la media de precipitaciones en la ciudad de Madrid es de unos 436 litros al año³ por metro cuadrado. En otras palabras, unos 43,6 m³ por cada 100 m² de tejado o área con capacidad de captar y canalizar las lluvias producidas. Con un factor de aprovechamiento de 0,85 se tendrían unas posibilidades reales de aprovechar más de 37 m³ de agua en otros procesos, como el riego de praderas o zonas verdes, baldeo, etc., sin requerir ningún tipo de tratamiento, salvo el filtraje.

Si el área de la cubierta es extensa, como suele ser el caso de polideportivos, este agua potencial, que se podría captar y canalizar a uno o varios depósitos, permitiría, con un sistema básico de filtración y desinfección, su reutilización en inodoros y urinarios o fluxores, o su uso en riego, baldeo, climatización, lavandería, etc. Este agua es ideal para dichos servicio por la ausencia de calcita y dragonita, dañinas para los circuitos, y por tener un pH neutro.

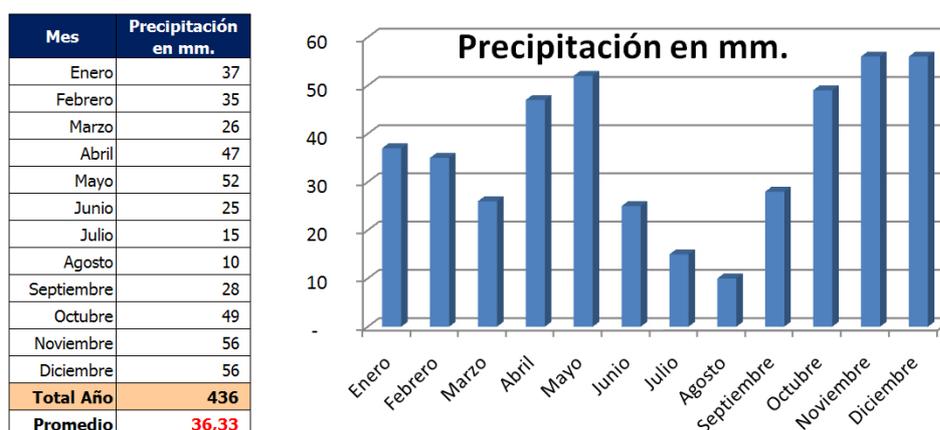


Figura 6. Estadísticas de precipitaciones en la zona de Madrid (Barajas).

³ Fuente: Instituto Nacional de Meteorología www.inm.es. Datos estadísticos climatológicos (período 1971-2000).

Para ello, puede enterrarse un depósito, o bien realizarlo de ladrillo en la superficie, pues se suelen disponer de áreas extensas en los centros o instalaciones deportivas, debiendo canalizar y captar el agua de techos o bajantes de los canalones, obra que, por otra parte, suele ser fácil de realizar.

7.6.1.1. Captadores de agua de lluvia para techos

Los techos, al igual que sirven para la implantación y utilización de espacio para las nuevas tecnologías como receptores vía satélite, antenas, paneles solares, grupos de climatización, etc., pueden y deberían, de cara al futuro, ser utilizados como captadores de agua de lluvia. Al existir suelos porosos y transitables que canalizan el agua limpia a desagües de evacuación, también podría dirigirse a aljibes o depósitos para su aprovechamiento.

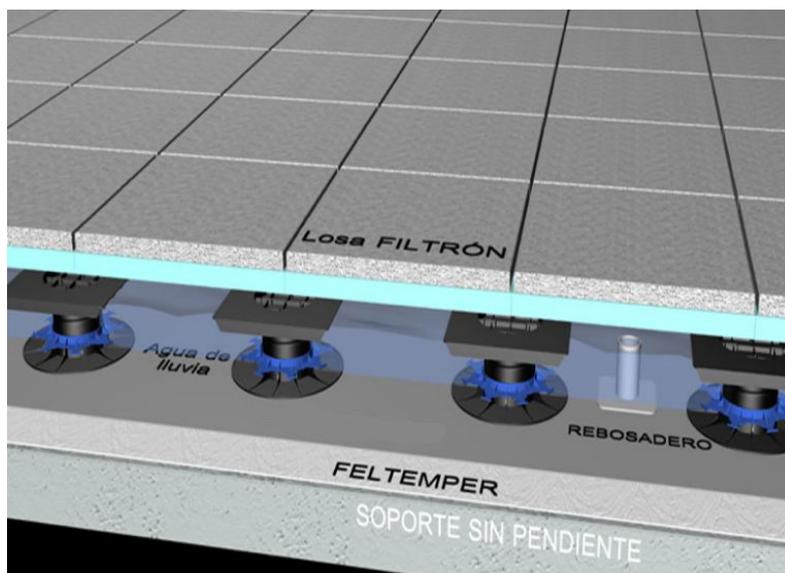


Figura 7. Suelo poroso.

Existen empresas que ofrecen soluciones de depósitos bajo cubierta que aíslan y protegen al edificio y que, además, posibilitan captar y acumular el agua de las precipitaciones que se produzcan. Así, se mejora el aislamiento y la climatización, a la vez que se dispone de aljibes simples autoregulados.

Al igual que se bombea agua a depósitos en altura a utilizar cuando se corta el suministro, también se podría disponer de aguas de lluvia para otro tipo de servicios que no requieran ningún tratamiento para su aprovechamiento.

7.6.1.2. Captadores de agua de lluvia para bajantes y canalones

De los tejados tradicionales suelen bajar tuberías, por el exterior de las fachadas, tras recoger el agua de la lluvia caída y circulante por los canalones que, a través de bajantes, bien van a parar a la acera del edificio o a las arquetas o colectores del alcantarillado de la zona.

Este agua puede ser captada a muy bajo coste y sin apenas obras en muchos establecimientos, e incluso almacenarse, tras ser filtrada, y utilizarse con sistemas de flotabilidad que, prácticamente sin coste de tratamiento (más allá del de mantenimiento y bombeo), permitirían su utilización para procesos donde no se requiera la calidad del agua de boca, pero que, por su pureza y ausencia de cal, es mucho más rentable que tratar agua de pozos, etc.



Foto 14. Interceptor para bajante.

Los clásicos canalones o bajantes de muchos edificios pueden interceptarse con este tipo de equipos y utilizarse para captar agua de lluvia, por poca que sea, pudiendo ser filtrada por el mismo equipo, aprovechando la propia bajante para conducirla a un depósito, bidón, etc. Desde este almacén, se puede utilizar para regar, lavar la ropa, alimentar maquinaria de aire acondicionado, alimentar inodoros, etc.



Figura 8. Ejemplo de colector, filtro, depósito y sistema de bombeo de aguas de lluvia.

7.6.1.3. Reutilización del agua de piscinas

Por imperativo legal, periódicamente hay que reponer un porcentaje de agua de los vasos de las piscinas (variable según la Comunidad Autónoma de que se trate), y este agua que, normalmente, va al desagüe junto con la de los rebosaderos, podría perfectamente aprovecharse para otros usos.

Por el mero hecho de introducirse en el vaso de las piscinas, se evacuan hasta varios metros cúbicos de agua, principalmente en cursos, clases o actividades colectivas, que luego hay que rellenar y que, en muchas piscinas antiguas, se vierten directamente al desagüe a través de los rebosaderos.

En el mismo sentido, el agua de reposición podría servir perfectamente para, una vez interceptada y acumulada en un depósito o aljibe con el fin de filtrarla y tratarla, realizar un uso sanitario, como podría ser el de los inodoros o urinarios, o esperar un par de días para que el cloro desaparezca y se pueda utilizar para regar jardines o limpiezas de viales.

7.6.1.4. Cloración salina. Sistema de ahorro de agua

Tradicionalmente, las piscinas públicas se suelen desinfectar con el uso de cloro líquido, granulado o gas. Pero el almacenaje, transporte y aplicación del cloro químico está desapareciendo en muchos países debido a los problemas medioambientales. Además, el precio del cloro está asociado a la alta cotización internacional de los productos químicos.



Foto 15. Clorador salino.

La cloración salina viene a posicionarse no sólo como una vía de tratamiento del agua en piscinas, sino también como un sistema de ahorro de agua, con las siguientes ventajas:

ES UN SISTEMA SANO:

El agua salina es un antiséptico natural que inhibe la formación de bacterias y algas, actuando para la piel del bañista de una manera natural. Su baja concentración salina, similar a la lágrima del ojo humano, evita los trastornos oculares y dermatológicos producidos por el sistema tradicional.

ES UN SISTEMA SEGURO:

No utiliza productos químicos, por lo que no hay riesgo de intoxicación. La única materia prima utilizada es la sal. No necesita almacenamiento, lo que elimina el riesgo de incendio o explosión. Desaparece el ambiente corrosivo de las salas de depuración y los malos olores en piscinas cubiertas. Además, el personal de

mantenimiento trabaja en mejores condiciones (Según Normativa de almacenamiento de productos químicos RD 379/2001 ITC MIE-APQ-3).

ES UN SISTEMA ECOLÓGICO:

La sal permanece en el agua en un proceso cerrado y permanente, que permite mantener el agua sin cambiarla durante varios años.

ES UN SISTEMA ECONÓMICO:

Se obtiene un ahorro del 80% en el mantenimiento y un 100% en productos químicos (al carecer de ellos). Una vez amortizado el equipo, el coste de producción es un 90% menor frente al del cloro tradicional.

ES UN SISTEMA EFICAZ:

El sistema de cloración salina produce, por electrólisis, hipoclorito sódico y otros agentes sanitarios, como ozono, oxígeno y oxidrilo radical, inhibiendo la formación de bacterias y algas, con ventajas adicionales como:

- ✿ Favorece el bronceado por su contenido de yodo en la sal.
- ✿ Elimina la irritación de la piel, siendo innecesaria la ducha después del baño.
- ✿ Protege el cabello y no destiñe los trajes de baño.
- ✿ Se eliminan el olor y sabor desagradables del cloro tradicional.
- ✿ Es automático, es decir, se enciende el equipo y se ajusta la producción de cloro requerida.
- ✿ No necesita obra civil y se puede adaptar a cualquier sistema de depuración.

En resumen, es el tratamiento ideal para mantener el agua en el vaso varios años sin cambiarla, con independencia del tamaño de la misma.

7.6.2. Hidrogeles y retentores de agua para la tierra

Está demostrado que hasta un 70% del agua que llega al suelo, se pierde por filtración y evaporación. La función principal de este tipo de productos, respecto al

ahorro del agua, consiste en que, tras el riego o lluvia, el agua, los abonos y estimuladores de crecimiento, son absorbidos y almacenados por sus polímeros, formando una especie de micropantanos en la zona de las raíces, estableciendo, de esta forma, una gran reserva de agua y nutrientes para las plantas.

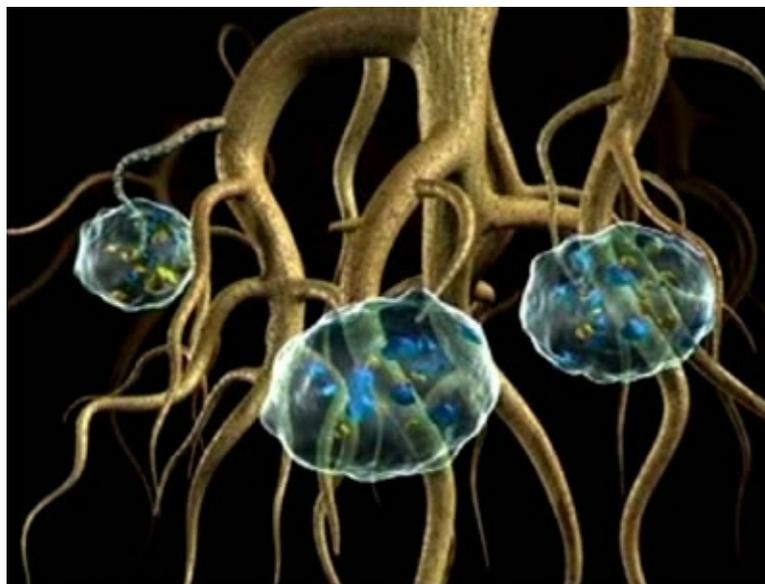


Foto 16. Simulación del funcionamiento de un hidrogel.

Cuando las plantas necesiten agua y nutrientes, la absorberán sin dificultad de las reservas almacenadas en los polímeros. Cuando nuevamente se riegue o llueva, los polímeros se volverán a cargar de agua evitando su pérdida por filtración y/o evaporación. Este proceso se repite durante muchos años.

Su aplicación consiste en mezclarlo en la dosis recomendada con la tierra o sustrato, y poner esta mezcla a la profundidad de las raíces de las plantas.

En la actualidad se pueden encontrar en el mercado hidrogeles o retentores con mezclas de hasta 23 componentes, entre polímeros absorbentes, distintos tipos de abonos, estimuladores del crecimiento, lava volcánica, etc., consiguiendo reducir hasta el 70% del uso de agua y la frecuencia de riegos, así como limitar la utilización de recursos escasos, mejorar el sustrato y airearlo, estimular el crecimiento, vigorizar las plantas y disminuir los gastos de conservación y mantenimiento.

Posiblemente, uno de los mejores productos sea Terracottem, no sólo por la cantidad de agua que es capaz de retener, sino por la mezcla de componentes que contiene.

7.7. Consejos generales para economizar agua y energía

Los expertos en asesoramiento empresarial utilizan como técnica de incentivar al personal o empleados responsables de estos departamentos técnicos, la reducción de las facturas energéticas y de suministros para plantearles retos de reducción que, de lograrse, se traducirían en incrementos de sus pluses productivos.

De igual forma, hay que premiar e incentivar a los empleados a que planteen ideas de cómo mejorar o aprovechar las áreas en las que trabajan y dominan. No hay que olvidar que la industria de maquinaria, en general, evolucionó gracias a que los técnicos de mantenimiento que se desplazan a las empresas a realizar su conservación, escuchan y buscan soluciones y mejoras a los problemas e ideas que les plantean los empleados que las utilizan en los procesos de su trabajo diario, recogiendo y aprovechando todo ese *know how* para su propio conocimiento y mejora de los equipos.

No es fácil llevar a cabo este tipo de iniciativas en instalaciones de la administración, pero hay que estar atentos a las ocasiones que se brindan para hacerlo y si, por ejemplo, se realiza una campaña de promoción o de sensibilización, se guarden o prevean una serie de iniciativas internas que permitan también participar al personal funcionario o contratado, e incluso de las subcontratas, para que, mediante concursos de ideas, premiar las propuestas que realicen.

Algunos consejos específicos por áreas pueden ser los siguientes:

En salas de calderas y 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.
-
- ✿ Inspeccionar el tanque de expansión y alimentación periódicamente. Si se oye la entrada de agua a través de la válvula de llenado, es que el sistema tiene fugas.
 - ✿ Si se sospecha que hay fugas, llamar inmediatamente a un especialista para que las arregle.
 - ✿ 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 100 y 200 € por caldera.
 - ✿ Estudiar la posible instalación de un termómetro en la chimenea. La caldera necesita limpiarse cuando la temperatura máxima de los gases en la chimenea aumente más de 40 °C sobre la del registro del último servicio. El coste aproximado es de unos 40 €.
 - ✿ Ajustar las temperaturas de ACS para suministrar agua en función de la temperatura de cada época del año.
 - ✿ Aislar las tuberías de distribución que no contribuyan a calentar las zonas de trabajo.
 - ✿ 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, para garantizar 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 u oficinas

- ✿ 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.
- ✿ Realizar campañas de sensibilización, transmitiendo a clientes y empleados su preocupación por el medioambiente. Así, se mejorará la imagen y disminuirá 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.
- ✿ 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 detectadas por los clientes, 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, plásticos y profilácticos, con lo que se pueden producir atascos en tuberías, tanto de bajantes como en fosas y sifones, provocando obstrucciones 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

- ✿ El exceso de agua en el césped produce aumento de 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 la imagen y sufriendo menos en épocas de sequía.
- ✿ La necesidad de agua en el pasto puede identificarse cuando se torna de 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, debido a que el deterioro 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 aspersion produce más pérdidas que el riego por goteo o las cintas de exudación. La manguera manual también supone mucho desperdicio, pero es adecuada 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, pueden vivir sin precisar riego alguno.
- ✿ La xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90%.
- ✿ 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

- ✿ Realizar la limpieza en seco, mediante aspiración, barrido con cepillos amplios, máquinas barredoras automáticas, etc.
- ✿ Incorporar el jabón y/o los detergentes a los recipientes después del llenado. Aunque no haga espuma, limpiará lo mismo.
- ✿ Promover medidas para ahorrar en el lavado de prendas, utensilios y toallas.
- ✿ 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.
- ✿ No barrer canchas descubiertas con mangueras. Utilizar cepillos de amplias dimensiones en seco.

No hay mejor medida economizadora o medioambiental más respetuosa que aquella que no consume. Se deben limitar las demandas a lo estrictamente necesario. No habrá que preocuparse de cómo ahorrar, si no se consume.

En resumen, todas las inversiones propuestas a nivel de consumo sanitario, suelen ser muy rentables. De hecho, por la experiencia del autor, lo normal es que se amorticen en el mismo ejercicio debido a los ahorros de agua y energía generados

y, en dos años, si sólo se considera el consumo de agua ahorrada. En este sentido, no se incluyen las propuestas de reutilización y reciclaje de agua, las cuales dependerán del tamaño y obra a realizar.

Bibliografía

1. IDAE. (2001): "Ahorro de Energía en el Sector Hotelero: Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo" Madrid, España.
2. Proyecto Life. (2001): "Jornadas Internacionales de Xerojardinería Mediterránea". WWF/Adena. Madrid, España.
3. Fundación Ecología y Desarrollo. (2002): "Guía practica de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y servicios públicos". Bakeat. Bilbao, España.
4. Fundación Ecología y Desarrollo. (2003): "Catálogo de Buenas Prácticas. Uso eficiente del agua en la ciudad" ECODES. Zaragoza.
5. Fundación Ecología y Desarrollo. (2003): "Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en la industria". Fundación Ecología y Desarrollo. (Zaragoza), España.
6. Fundación Ecología y Desarrollo. (2001): "Guía de Ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en los centros educativos". Fundación Ecología y Desarrollo. (Zaragoza), España.
7. Infojardin.com (2002-2005): Web y Artículos de Jesús Morales (Ingeniero Técnico Agrícola), (Cádiz) España.
8. TEHSA, S.L. (2003): "Sección de Artículos", Web de la empresa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L. Alcalá de Henares (Madrid), España.
9. Ahorraragua.com (2004): "Eco-Artículos", Web de la compañía. Madrid, España.
10. Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid, Concejalía de Medio Ambiente (www.munimadrid.org). Ayuntamiento de Madrid.
11. Guía de Ahorro energético en Gimnasios (2005): Publicación de La dirección General de Industria y Energía de la Comunidad de Madrid y ASOMED. Madrid, España.
12. Hidroeficiencia en el sector Hotelero. (2007): Editado por HOSTEMUR. Murcia, España.

Ahorro energético en la climatización de instalaciones deportivas

8.1. Introducción

El presente capítulo tiene por objetivo enunciar y presentar las principales líneas de actuación orientadas al incremento de la eficiencia energética en las instalaciones de climatización en general, incidiendo especialmente en aquellas de uso deportivo.

Estas líneas de actuación, asociadas en múltiples ocasiones aspectos y desarrollos Normativos, se agrupan en tres áreas fundamentales:

- ✿ Diseño y utilización de las instalaciones.
- ✿ Mejora de la eficiencia energética en el ciclo de refrigeración.
- ✿ Utilización de sistemas de control de ahorro energético más eficaces.

Se tratarán de ampliar estos tres apartados y de cuantificar el impacto de las mejoras propuestas en los costes de las instalaciones.

8.2. Diseño y utilización de las instalaciones

El confort humano está basado en el control de cinco variables fundamentales:

- ✿ Temperatura.
- ✿ Humedad.
- ✿ Velocidad del aire.
- ✿ Calidad ambiental (IAQ).
- ✿ Nivel sonoro.

Adicionalmente, en las instalaciones deportivas se dan un conjunto de peculiaridades específicas:

- ✿ Gran número de personas en poco espacio. La concentración se puede dar incluso en muy pocas horas (se entenderá aquí que el capítulo se centrará en la climatización de las instalaciones deportivas cerradas, por lo que no se incluyen aquellas que desarrollan sus actividades al aire libre, p.e. los estadios).
- ✿ Gran actividad física. Gran carga de calor sensible y latente.
- ✿ Gran emisión de componentes volátiles orgánicos (de origen humano).

Todo ello contribuye a la necesidad de aportar un significativo volumen de aire exterior para evitar acumulación de olores. El tratamiento de esa mayor cantidad de aire exterior ha de hacerse con un especial cuidado, para no afectar negativamente a alguna de las otras cuatro variables de confort.

El actual Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE 07: vigente desde el 29 de Febrero de 2008) establece de una forma clara los requisitos de caudal mínimo de aire exterior de ventilación (IT 1.1.4.2.3), necesario para alcanzar las categorías de calidad de aire interior indicadas en la IT 1.1.4.2.2.

Salvo en el caso de las piscinas, las instalaciones deportivas requerirán de una calidad de aire IDA 3 (aire de calidad media). Dado que es posible clasificar estas instalaciones como "locales con elevada actividad metabólica" y como "espacios no dedicados a la ocupación humana permanente", se optará por determinar el caudal mínimo de ventilación según dos posibles métodos:

- ✿ Método directo por concentración de CO₂, siendo necesario establecer la concentración mínima de CO₂ en 800 ppm.
- ✿ Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie, siendo necesario establecer un ratio mínimo de ventilación de 0,55 dm³/s·m².

Este aire exterior necesitará de un nivel de filtración específico (IT 1.1.4.2.4), función de la calidad del aire exterior (esta calidad se estructura en cinco niveles según la concentración de partículas sólidas y de contaminantes gaseosos, desde el nivel ODA 1 al ODA 5).

Así mismo, estos niveles de ventilación requerirán de la consiguiente extracción del aire “viciado” interior, al objeto de mantener las instalaciones en el régimen de presión requerido. Este aire extraído será objeto del necesario aprovechamiento energético (IT 1.2.4.5.2).

En el caso del nivel sonoro, las instalaciones deportivas no son una excepción a las Normativas locales. Como cualquier lugar de actividad pública, deben respetar niveles que no alteren el normal desarrollo de los ciclos de sueño vigilia del vecindario.

Las condiciones que han de cumplirse en el exterior son las recogidas en la Tabla 1.

TABLA 1. Niveles sonoros en exterior.

Tipo de área	Presión sonora máxima (dBA)	
	7:00 a 23:00	23:00 a 7:00
Residencial (V. unifamiliares) (1)	55	45
Residencial (Ed. en altura) (1)	55	45
Comercial (2)	65	55
Rotacional deportiva (2)	65	55
Industrial (3)	70	60

- (1) Área levemente ruidosa (tipo II)
- (2) Área tolerablemente ruidosa (tipo III)
- (3) Área ruidosa (tipos IV).

Por otra parte, se recomiendan una serie de niveles para el normal desarrollo de la actividad en los locales interiores colindantes al local emisor, no pudiendo éste último transmitir unos niveles sonoros superiores a los señalados en la Tabla 2.

TABLA 2. Niveles sonoros en interior colindante.

ACTIVIDAD	NIVEL RECOMENDADO Db (A) noche/día
Residencial	30 - 35
Hoteles	30 - 40
Cultural: salones conferencias y exposiciones, cines, teatros, etc.	30 - 30
Restaurantes y cafeterías	45 - 45
Despachos profesionales y aulas docentes	30 - 40
Oficinas	45 - 45
Comercio	55 - 55
Industria	55 - 60
Hospitales Habitaciones	25 - 30
Religiosa	30 - 30

La atenuación del nivel sonoro es un factor a tener en cuenta en cualquier proyecto. Al menos ha de pensarse que deben proveerse espacios para medidas de corrección del nivel sonoro ante un eventual endurecimiento de la Normativa. En el exterior, las medidas son:

- ❁ Ventiladores y compresores de bajo nivel sonoro.
- ❁ Cerramientos acústicos.

En el interior son:

- ❁ Buen aislamiento de Ventiladores y compresores (antivibradores).
- ❁ Buenas prácticas de instalación de conductos.

Hay una enorme variedad de formas con las que propietarios, consultores e instaladores abordan el proyecto, y ésta depende, fundamentalmente, de las prioridades que estos participantes fijen. Para unos será importante el confort de usuarios, para otros puede ser servidumbres de colocación de equipos, etc., e inevitablemente para algunos sólo tendrá importancia el coste.

Las prioridades y las subsiguientes decisiones limitan el camino a seguir para resolver el proyecto, por ejemplo, la falta de una estructura en cubierta adecuada puede llevar a la necesidad de evitar plantas centrales de energía. La falta de

espacios de paso de tuberías puede provocar que no sea posible un sistema centralizado de ningún tipo ya sea todo aire o a través de *fancoils*.

La solución es, como siempre, el trabajo en común entre arquitectos, consultores de ingeniería e instaladores para, en las diversas fases del proyecto, conseguir un adecuado compromiso entre la necesidad de reducir costes y proporcionar el nivel de confort deseado.

Sin embargo, y una vez discutidos todos estos pormenores, ha de llegarse a tres decisiones importantes que, de no mantenerse invariables, provocarían retrasos en el desarrollo e incluso mal funcionamiento en la futura instalación:

- ✿ Elección del sistema de climatización: todo aire, todo agua, aire-agua, o incluso un sistema de distribución de refrigerante en caso de no poder adoptarse ninguno de los anteriores, por condicionantes arquitectónicos o de uso del edificio.
- ✿ Selección del tipo de plantas de producción de agua fría y caliente.
- ✿ Selección de la ubicación de las mismas, concediendo las suficientes servidumbres de paso de tuberías y conductos de aire, para distribución de aire en cada espacio o aportación de aire exterior.

De la decisión primera se obtienen las condiciones del fluido que ha de ser usado para la climatización del edificio, es decir, ¿qué cantidades de aire o agua, y a qué temperatura han de circular?

Después, el edificio ha de dividirse en zonas donde el sistema de distribución de agua y el sistema de control han de ser capaces de garantizar el confort a lo largo de todo el año.

Conociendo la zonificación del edificio, las cargas de frío y calor han de comprobarse para conocer la cantidad de agua que ha de llegar a cada una de ellas y en qué momento ha de llegar este volumen.

Esto lleva a la selección de los terminales de zona tipo *fancoil*. Tanto el sistema de distribución de agua como los terminales, contribuyen a la pérdida de presión en el circuito de agua, que ha de vencerse con la presión disponible del sistema de bombeo.

En resumen, los primeros pasos del diseño de una instalación condicionan fuertemente el impacto económico posterior.

8.3. Tecnología del ciclo frigorífico aplicable al ahorro energético

Las líneas de actuación sobre la tecnología frigorífica quedan englobadas dentro de la actual tendencia de incremento de la Eficiencia Energética en los Sistemas de Climatización.

Esta tendencia está íntimamente relacionada con dos fenómenos técnicos, sociales y normativos, como son la preocupación por la protección del medio ambiente y la consecución de un desarrollo sostenible.

Estos fenómenos tiene dos pilares fundamentales: la eliminación de los riesgos de destrucción de la capa de ozono y la reducción de las emisiones de gases origen del efecto invernadero:

- ✿ El primer aspecto se recoge en la Normativa Comunitaria y Nacional, y que tiene su principal origen en el Reglamento CEN 2037/2000 (heredero del Protocolo de Montreal), asociado a la eliminación de gases con capacidad de destrucción de la capa de Ozono.
- ✿ El segundo aspecto, de máxima vigencia en nuestros días, esta asociado a los compromisos adquiridos en el Protocolo de Kyoto. La reducción significativa de emisiones estará relacionada a una manifiesta disminución del consumo energético, hecho este que solo será viable con desarrollos de tecnologías de máxima eficiencia energética.

Dos son las líneas de actuación seguidas en el campo de los desarrollos tecnológicos enfocados a la optimización del ciclo frigorífico:

- ✿ Los denominados mecanismos de optimización:
 - Empleo de nuevas tecnologías y nuevos materiales en el diseño y construcción de compresores e intercambiadores de calor.
 - Implantación de la bomba de calor.
 - Aplicación de válvulas de expansión electrónica (EXV) y de los economizadores.
 - Desarrollo de turbinas de expansión en enfriadoras de tipo centrífugo.
 - Cogeneración en las instalaciones que utilicen sistemas basados en el ciclo de absorción.
 - Optimización de los sistemas de control y gestión de unidades e instalaciones.

- ✿ Los denominados mecanismos de ahorro:
 - Recuperación de calor para la producción de agua caliente en unidades de condensación por aire.
 - *Freecooling* (enfriamiento gratuito por aire exterior) en el lado de aire.
 - Recuperación sobre el aire de extracción.
 - *Freecooling* en el lado de agua.

A continuación se muestran algunos de estos mecanismos.

8.3.1. Ahorro energético por el avance tecnológico en nuevos equipos

En general, todos los equipos de climatización han incrementado su eficiencia energética, como muestra la Fig. 1. El esfuerzo por incrementar la eficiencia de las unidades de climatización ha dado sus frutos:

- A través de mejores materiales, con mayores coeficientes de transferencia de calor, especialmente en los intercambiadores agua-refrigerante.
- A través de compresores más simples y eficientes, caso del compresor scroll con sólo tres piezas móviles o de tecnología invertir.
- A través de baterías de aire de tecnología MCHX (microcanales).

Ejemplo:

Equipo compacto de cubierta		<u>1980</u>	<u>2007</u>	
Cap.Frig.	50 kW	Eficiencia	2,6	2,8
		Consumo plena carga	19,2	17,9 kW
	2.100	Horas operación año	40.384,6	37.500,0 kWh
	0,01	€/kWh	403,8	375,0 €
		Ahorro		7%

El sencillo cálculo en un equipo compacto puede ilustrar el ahorro en climatización que un equipo nuevo representa respecto a una unidad que cuente con veinte años de edad:

Incremento de eficiencia kW/kW

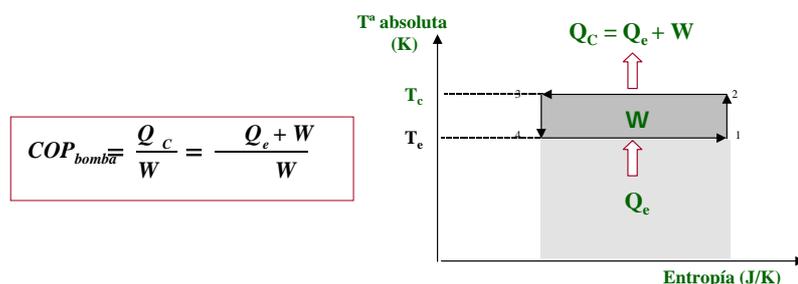
	1980		2007	Aplicación
• Equipos Split	2,3		3,3 (VRF)	Pequeños locales
• Equipos Compactos Verticales, Cubierta	2,6		2,8	Áreas convenciones, banquetes o grandes gimnasios (Requieren gran caudal de Ventilación)
• Enfriadoras aire-agua:	2,7		3,4 (4,5 a carga parcial)	Sistemas de agua fría / caliente equipos terminales de agua para hoteles, grandes centros deportivos
• Enfriadoras agua-agua:	3,0		5,0	Grandes Complejos
• Enfriadoras Centrifugas:	5,0		7,0 (12,5 a carga parcial con vibrador)	

Figura 1. Evolución de la eficiencia energética en los equipos de climatización.

8.3.2. La bomba de calor: una máquina frigorífica como fuente de calor

En la Fig. 2 se puede ver el diagrama de concepto de una máquina frigorífica, en este caso una máquina frigorífica cuyo efecto aprovechable consiste en el traslado de la energía desde el foco frío al foco caliente, es decir una "bomba de calor". La formulación termodinámica realizada por Carnot, científico y político francés de finales del siglo XVIII, usaba fluidos ideales. La representación del ciclo de Carnot sobre el diagrama presión/entalpía de un fluido frigorífico real, muestra las variaciones de estado y propiedades termodinámicas en una máquina frigorífica real, aunque de una forma simplificada, despreciando o modelizando los efectos de pérdida o ganancia de calor y pérdida de carga (disminución de la presión) debidas al rozamiento por el desplazamiento de los fluidos dentro de la máquina.

Ciclo de Carnot



$$COP_{bomba} = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_e + W}{W}$$

Figura 2. Ciclo bomba de calor.

Los elementos que componen una máquina frigorífica de ciclo de compresión y las funciones que realizan son las siguientes:

- ❁ Intercambiador evaporador: extrae el calor Q_e del foco frío (área punteada del diagrama T-Entropía).
- ❁ Compresor: aporta el trabajo W (área rayada del diagrama T-Entropía).
- ❁ Intercambiador condensador: cede el calor Q_c al foco caliente (área rayada del diagrama T-Entropía).
- ❁ Válvula de expansión.
- ❁ Válvula de inversión de ciclo (sólo bombas de calor).

- ✿ Elementos de control y seguridad (electromecánicos o, gracias al avance de la técnica, en su mayoría electrónicos).

Se puede deducir que existe un calor potencialmente aprovechable, Q_c , en una cantidad equivalente al efecto frigorífico producido en el foco frío, Q_e , más el equivalente en calor del trabajo "recibido" por el fluido, W . A diferencia del caso teórico enunciado por Carnot, este equivalente en calor del trabajo es ligeramente menor que el trabajo comunicado a la máquina, debido a que existen una serie de pérdidas del proceso eléctrico y/o mecánico, y pérdida de calor del compresor hacia el ambiente.

Volviendo al ciclo de Carnot, se define el coeficiente de eficiencia energética (COP: capacidad/consumo) teniendo en cuenta ahora que el efecto útil buscado es el calor en el condensador.

El coeficiente se verá afectado por las temperaturas del refrigerante: a mayor temperatura de condensación (producciones de agua caliente con mayor temperatura), la eficiencia será menor. Cuanto menor sea la temperatura del foco frío (evaporación), es decir, menor temperatura del agua o del aire exterior, el rendimiento será menor.

Las temperaturas del fluido frigorífico dependen, entre otras variables, de las temperaturas de los fluidos de intercambio en evaporador y condensador, existiendo, lógicamente, diferencias en la temperatura entre el fluido de trabajo y los fluidos de intercambio, debidas al diseño del intercambiador de calor (equicorriente o contracorriente, superficies secundarias de intercambio que induzcan elevada turbulencia, velocidades de los fluidos, materiales de construcción de los intercambiadores, etc.). La presión de trabajo de los intercambiadores está íntimamente relacionada con la elección del fluido de trabajo, puesto que, por las características del ciclo frigorífico, la mayor parte del proceso de intercambio se realiza con un fluido de trabajo compuesto de dos fases, líquido y vapor, y, si se desprecian los efectos de pérdida de carga del fluido en los intercambiadores, en teoría se tendrá una presión de saturación constante y una temperatura prácticamente constante.

En el ciclo real, la relación de compresión del ciclo en funcionamiento de bomba de calor es mucho mayor que en funcionamiento como refrigerador, ya que la temperatura de evaporación en el caso de trabajar como bomba de calor es inferior, al trabajar precisamente, en la mayoría de los casos, con bajas temperaturas exteriores o bajas temperaturas de agua.

La segunda consideración es que, al requerir temperaturas de agua o aire caliente que hagan posible un rendimiento óptimo de los emisores de calor, la temperatura de condensación debe ser elevada (superior a 50° C), y existe una clara tendencia a bajar conforme baja la temperatura de evaporación. El resultado es que las bombas de calor no pueden mantener altas temperaturas de salida de agua o de aire cuando existe una baja temperatura exterior.

Existe un factor adicional que afecta al COP (coeficiente de eficiencia energética) de una bomba de calor. Con temperaturas del foco frío cercanas a 0° C, la temperatura de la superficie del evaporador será inferior a la temperatura de congelación del agua y, por lo tanto, el vapor de agua condensado sobre la misma se congelará, siendo necesarios unos períodos de desescarche para no perder la capacidad de transferencia de calor del citado evaporador.

Ello produce no sólo la ausencia de efecto calorífico en el foco caliente durante dichos períodos, sino incluso, en el desescarche por inversión del ciclo, un efecto frigorífico en el foco que se desea calentar. Por lo tanto, en dichas condiciones, la potencia calorífica neta, llamada también potencia calorífica integrada (en las unidades que se prueban bajo estándares europeos se incluye la potencia calorífica integrada durante el periodo de una hora), será inferior a la potencia calorífica instantánea, siendo el COP también menor.

Estas limitaciones constituyen el flanco débil de estos sistemas. Sin embargo, la Normativa ya recoge, con el fin de contribuir al ahorro energético, que la distribución de agua caliente con destino a calefacción reduzca sus temperaturas. Los sistemas de bomba de calor, salvo en climas extremos, permiten cumplir estas condiciones siempre y cuando se dimensionen adecuadamente, de acuerdo a las necesidades de calefacción para la temperatura de diseño del edificio.

En este sentido, viene siendo habitual la selección de bombas de calor a través de las necesidades de refrigeración sin prever otros sistemas de calefacción suplementarios para las ocasiones en que la capacidad de la bomba de calor sea inferior a la demanda. Esto ha traído como consecuencia una cierta desconfianza hacia los sistemas de bomba de calor, ya que se creaban situaciones de no confort en los usuarios. Por el contrario, al sobredimensionar los sistemas auxiliares, se está encareciendo la inversión para el sistema, con lo cual se enmascararían los efectos de ahorro en la instalación.

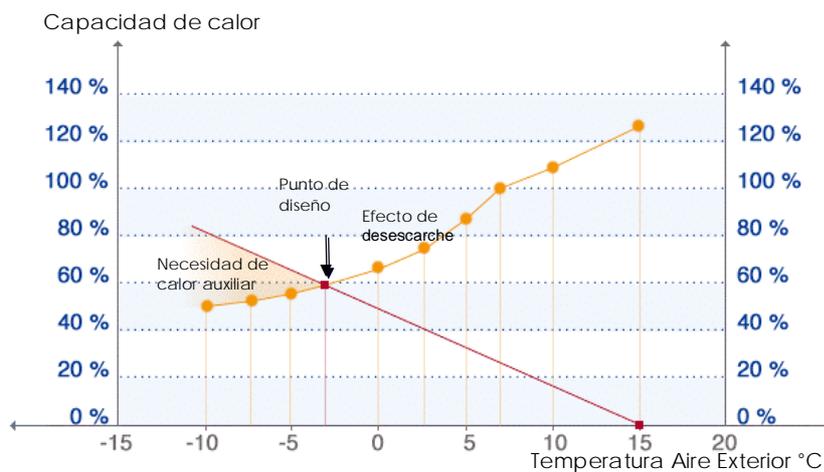


Figura 3. Elección del punto de diseño de una bomba de calor.

En la Fig. 3 se ha representado, de una forma simplificada, la evolución de la capacidad de una bomba de calor (aire-agua o aire-aire) en función de la temperatura exterior. Se puede ver que esta capacidad va disminuyendo progresivamente (recordar la fórmula del rendimiento de Carnot), y que se hace más acusado en cuanto aparece el fenómeno de formación de hielo en las baterías y el necesario desescarche.

Si la temperatura de diseño para la localidad coincide con el punto de corte entre ambas curvas, no sería preciso dotar a la instalación de calor suplementario, ya que (dependiendo del percentil usado para la temperatura de diseño) sólo se dejan de cubrir las necesidades de un porcentaje muy pequeño de horas al año.

En cambio, si la temperatura de diseño es inferior a la definida por el punto de corte, será preciso dotar a la instalación de una fuente de calor suplementaria para poder atender las necesidades caloríficas de la instalación.

Como es natural, un correcto diseño de cerramientos ayuda al proyectista a reducir las necesidades caloríficas de la instalación y la capacidad de la unidad que cumple con las condiciones de diseño. Puesto que, al realizar el cálculo energético de una instalación, no se computan todas las cargas internas y efectos de acumulación de calor en la estructura de los edificios, las necesidades caloríficas reales se reducen notablemente, representando un factor de seguridad añadido.

8.3.3. Recuperación de calor para producción de agua caliente en unidades de condensación por aire

La utilización del aire como medio de condensación presenta como ventaja la simplificación de los circuitos hidráulicos de las instalaciones, llevando las unidades al exterior. Por supuesto, las unidades condensadas por aire con condensador o condensadores de recuperación presentan esta ventaja.

Las posibilidades de recuperación van desde la simple recuperación de gases calientes hasta la recuperación del 50% o del 100% del calor total rechazado por la unidad.

En las primeras generaciones de sistemas de recuperadores, y por razones técnicas de control de carga de refrigerante y presión de condensación, los diseños más extendidos contaban con los recuperadores en serie con las baterías condensadoras.

En las generaciones actuales, y al objeto de reducir carga de refrigerante del sistema (lo que redundaría en una disminución del impacto directo de los gases de efecto invernadero), se opta por la implantación de los sistemas de recuperación en paralelo con las baterías de aire.

Las unidades con recuperadores del 100% suelen contar con válvulas solenoides de cierre activadas por el cambio de modo de funcionamiento (de frío a frío más recuperación), que se encargan de cerrar el paso de refrigerante a las baterías del condensador, realizando una purga de refrigerante de parte o todas ellas, según el diseño de cada fabricante, con el fin de "llenar el recuperador" y

realizar la condensación en el mismo. Puesto que el intercambiador recuperador está dimensionado para disipar el 100% del calor total, la unidad funciona en su zona óptima cuando ambas cargas, frigorífica y calorífica, llegan a su máximo simultáneamente.

La recuperación de calor en condiciones normales no afecta de modo significativo al rendimiento de la unidad, comparado con el de una enfriadora convencional. Por ejemplo, con 35° C exteriores, la temperatura saturada de condensación será, aproximadamente, de 52° C. Si se desea obtener agua a, precisamente, esta temperatura, el punto de consigna fijado en el control para la temperatura saturada de condensación deberá ser de 57° C, con lo cual habrá una ligera, pero apreciable, reducción de la capacidad frigorífica de la unidad (de 3 a 5%), y un incremento del consumo eléctrico (de 4 a 6%). Estas dos características han de tenerse en cuenta a la hora de realizar el balance económico de la instalación.

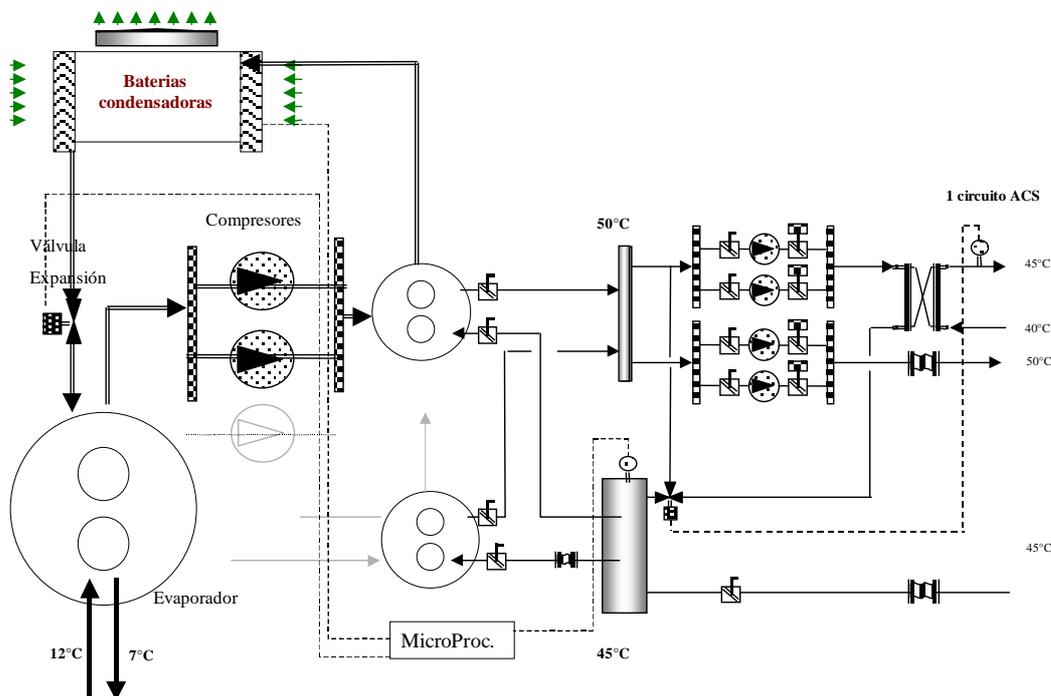


Figura 4. Circuito de recuperación en una unidad aire-agua.

En el caso de los recuperadores de gases calientes, la recuperación de calor no suele ir más allá del 20% del calor total rechazado. En estas unidades, el control de condensación de la unidad es realizado igual que en una unidad estándar, a

través de las etapas de ventilación con las que cuente la máquina. Al estar en serie el condensador, siempre se encuentra expuesto a la acción del gas caliente, por lo que es altamente aconsejable un flujo constante de agua a través del mismo.

La rentabilidad de estas instalaciones de recuperación está garantizada en edificios que cuentan con importantes cargas de frío (no cubiertas con enfriamiento gratuito) simultaneadas con cargas de calor importantes.

En el caso de instalaciones hosteleras, ha sido muy habitual la instalación de una pareja de unidades, una solo frío y otra frío con recuperación, o una enfriadora con recuperación más una bomba de calor reversible, destinando el calor de recuperación para la obtención de agua caliente sanitaria. Una aplicación similar sería posible en el caso de instalaciones de uso deportivo.

Incluso en grandes estadios cubiertos, con grandes cargas frigoríficas en momentos de gran aforo, en los que no existen cargas de calor en forma de agua caliente sanitaria, sería posible aplicar el calor recuperado a la climatización de zonas VIP (de menor carga frigorífica o incluso con necesidades de calor), salas de retransmisión, suelo radiante en zonas comunes de techos de altura elevada, etc.

Una variante a este principio de recuperación de calor la representan las piscinas climatizadas cubiertas. La enorme carga latente generada por la evaporación dentro del local del agua caliente (en torno a 26-28° C) ha de ser combatida mediante mecanismos de enfriamiento y deshumidificación. En estos casos, el mecanismo de deshumidificación implica el enfriamiento del aire y su posterior calentamiento al objeto de reducir la humedad relativa. Bajo estas premisas, la producción simultánea de frío y calor (por recuperación) es extremadamente útil.

Adicionalmente, el calor rechazado en el equipo de enfriamiento puede ser usado (conjuntamente con los paneles solares, que son de obligado uso en algunas localidades o Comunidades Autónomas) para el calentamiento del vaso de la piscina. En piscinas de uso invernal, este sistema puede complementar e, incluso, sustituir ventajosamente a la aportación solar.

En relación a estas aplicaciones de recuperación de calor, un factor negativo son sus bajas temperaturas de utilización. Éstas dan lugar a la proliferación de la bacteria *Legionella Neumophila*, tristemente conocida. El tratamiento de los circuitos con productos anticorrosión (que evitan la formación de depósitos "alimento" de las colonias de *Legionella*) y, sobre todo, la limpieza periódica con compuestos germicidas (básicamente cloro son inhibidores) complementada con choques térmicos¹, son la mejor forma de lucha contra la bacteria. De esta forma, pueden seguir usándose, en condiciones de salubridad, estos desarrollos de optimización de energía que representan las unidades de recuperación de calor.

8.3.4. Ahorro energético con válvulas de expansión electrónica y economizadores

Las válvulas de expansión pueden ser de tipo termostático o electrónico. En ambos tipos se regula el paso de refrigerante dependiendo de las condiciones de trabajo. En las válvulas de expansión de tipo termostático se controla el flujo de refrigerante basándose en un solo parámetro, el recalentamiento del gas a la salida del evaporador.

La válvula de expansión electrónica, por el contrario, presenta una enorme facilidad de adaptación a todas las condiciones, pudiendo incluso fijarse límites diferentes para aplicaciones muy diversas, o permitiendo (con cambios en el *software*) el trabajo con diferentes gases refrigerantes. Constan de un motor de múltiples pasos. La regulación, de hasta 15.000 pasos, permite la adaptación a múltiples condiciones de carga y temperatura de los fluidos, redundando en que es posible disminuir la diferencia de presiones entre condensador y evaporador con el fin de reducir el trabajo del compresor.

En el ejemplo, Fig. 5, puede verse cómo el rendimiento, COP, de una unidad con el mismo tipo de compresores e intercambiadores mejora drásticamente con la simple incorporación de las válvulas de expansión electrónica, al permitir ese acercamiento entre presiones de evaporación y condensación. Puesto que una

¹ En cumplimiento del Real Decreto sobre Prevención de infección por Legionella.

unidad funciona más del 80% de sus horas de operación a cargas inferiores al 75% de su potencia de diseño, puede verse el enorme beneficio que supone para un usuario el disfrutar de bajo coste en la producción de frío.

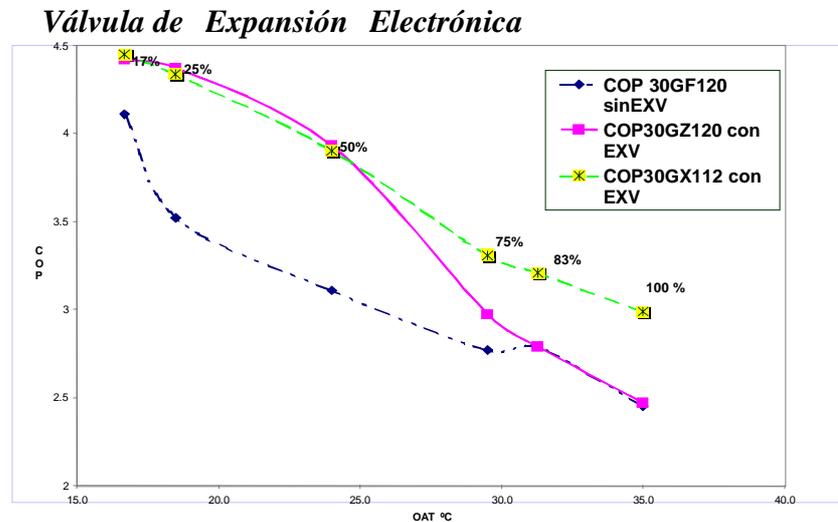


Figura 5. Efecto de la válvula de expansión electrónica sobre el rendimiento.

El uso conjunto de las válvulas de expansión electrónicas con economizadores aporta también un notable ahorro energético. Consisten en un intercambio de calor entre la línea de líquido y una línea de gas enfriada en este proceso, introducida en una etapa intermedia de compresión. Esta refrigeración del compresor de tornillo incrementa su potencia en un 8 –10%.

Con estas medidas, la eficiencia energética de las unidades enfriadoras aire-agua se incrementa en casi 0,5 puntos. Esto se traduce en un ahorro del 2% anual en los costes de todo el edificio.

8.3.5. Ahorro energético con turbina de expansión

Un último refinamiento técnico es el uso de la turbina de expansión. El elevado caudal de refrigerante a alta presión tiene una energía potencialmente aprovechable. La turbina de expansión es capaz de soportar el empuje de la mezcla bifásica líquido-gas, y ayuda al movimiento del compresor centrífugo, reduciendo el consumo del motor eléctrico. La eficiencia se incrementa hasta valores de 7 kW frigoríficos por cada kW eléctrico consumido.

Sin embargo, estos dos avances tecnológicos sólo se están aplicando para unidades de gran capacidad frigorífica, para más de 300 kW frigoríficos en el caso de las válvulas de expansión electrónica, y para unidades de más de 2.000 kW frigoríficos en el caso de las turbinas de expansión. En el caso de las instalaciones deportivas, esta tecnología estaría relacionada con los sistemas de climatización instalados en grandes estadios, canchas cubiertas (caso del Palacio de los Deportes de la Comunidad de Madrid, renovado recientemente con nuevas plantas enfriadoras de tornillo con válvulas de expansión electrónica) o ciudades deportivas que llegan a grandes capacidades, por lo que su aplicación es limitada.

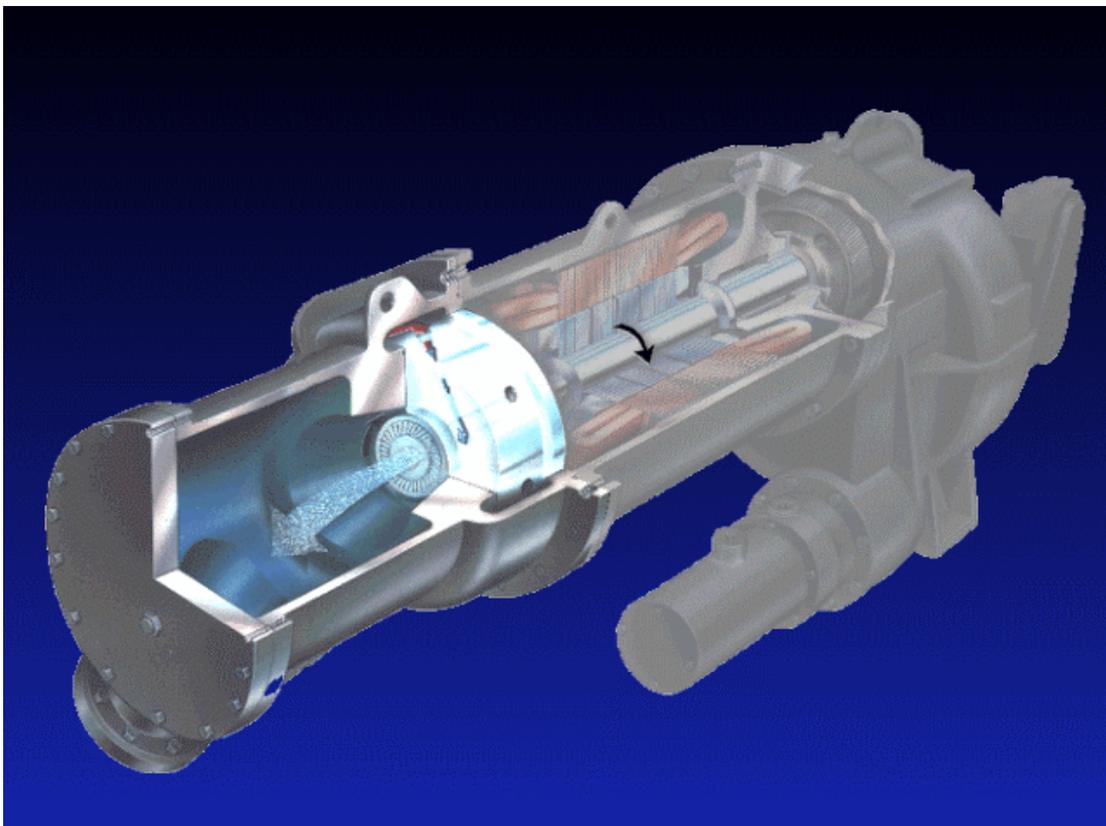


Figura 6. Turbina de expansión en unidades centrifugas.

8.3.6. Cogeneración más unidades de producción de agua fría por ciclo de absorción

El uso de unidades de ciclos de absorción ha sido un medio muy usado para el incremento del rendimiento total de las instalaciones de cogeneración, al usar el

calor residual, de otra forma rechazado, para la producción de frío. En los sistemas de cogeneración se suelen emplear motores térmicos o turbinas para la producción eléctrica. Normalmente sobra calor: agua sobrecalentada o vapor que se puede aprovechar en una máquina de absorción para refrigeración (también existen máquinas con quemador directo).

La unidad enfriadora de agua por absorción funciona mediante un ciclo de absorción, utilizando como energía impulsora el calor, como refrigerante el agua y como absorbedor una sal, generalmente bromuro de litio (también existen máquinas con amoníaco-agua).

Dado que la máquina de absorción utiliza calor como fuente de energía, su mayor aplicación aparece cuando existe una fuente barata de calor en forma de vapor o bien en forma de agua caliente:

- ✿ En zonas de combustible barato.
- ✿ Donde las tarifas de energía eléctrica sean muy elevadas.
- ✿ Donde exista vapor o agua caliente como subproducto de otras fases de fabricación.
- ✿ Donde exista una caldera y no se aproveche durante el verano.

También es posible aplicar los ciclos de absorción con instalaciones de energía solar, con la gran ventaja de utilizar la energía solar en periodos de máxima radiación (verano) y, por lo tanto, con unos costes muy bajos. Los desarrollos actuales permiten utilizar unidades que requieren agua a temperaturas no superiores a 80° C, frente a la situación anterior, en la que hacía falta llegar a 87° C o 90° C (temperaturas donde la energía solar con colectores planos adolecía de un muy bajo rendimiento).

Como ventajas más importantes se pueden indicar las siguientes:

- ✿ Ausencia de vibraciones y partes móviles.
- ✿ Mínimo coste de mantenimiento.
- ✿ Vida útil muy elevada.

Sin embargo, fundamentalmente debido a la regresión del negocio de la cogeneración, se ha producido la disminución de la instalación de unidades de absorción. En las grandes instalaciones el dominio pasa a ser de nuevo de las unidades con compresor centrífugo.

La disminución de las ayudas estatales a la cogeneración, el incremento de precio del gas y peores condiciones de venta de los cogeneradores a las compañías eléctricas, ha sido la causa de la caída de las ventas de los equipos de absorción asociados a las instalaciones de cogeneración.

El precio en mercado de la unidad de absorción, entre 1,5 y 2,5 veces el de una unidad centrífuga de capacidad equivalente, unido a los adversos efectos de los factores expuestos anteriormente, va a hacer difícil la justificación económica de estos proyectos. La aplicación en hoteles, precisados de sencillez de instalación y mantenimiento, ha sido muy limitada en este campo.

No obstante, la Normativa Técnica para implantar, de forma obligatoria, la producción de agua caliente por energía solar en hoteles y en viviendas de nueva construcción, las Normativas de ahorro energético² y la implantación de mejores sistemas de ayudas, pueden impulsar de nuevo esta tecnología y permitirán salir del *impass* que impide a España contar seriamente con la energía solar como un recurso fundamental para el ahorro y la optimización energética en todo tipo de instalaciones.

La aplicación de colectores con producción a alta temperatura podría proporcionar, así mismo, energía térmica a máquinas de absorción para suministrar agua fría a los sistemas de acondicionamiento de aire, con lo que el doble uso del sistema de colectores, podría reducir extraordinariamente el periodo de amortización del sistema.

² Línea de financiación ICO-IDAIE para proyectos de energías renovables y eficiencia energética, año 2004 (Plan de Fomento de Energías Renovables en España, Madrid 1 de marzo de 2004).

Orden 98/2005, de 13 de enero, de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid, por la que se regula la concesión de ayudas para la promoción de las energías renovables y del ahorro y la eficiencia energética para el período 2005-2007.

En el caso de los hoteles, la producción de ACS a través de sistemas de colectores solares puede provocar sensibles ahorros de energía, sobre todo en aquellos que, por su mayor uso en verano, pueden tener un sistema de acumulación que almacene durante el día el agua para su posterior consumo durante las últimas horas de la tarde, el perfil típico de consumo de un hotel situado en zona turística o en la costa.

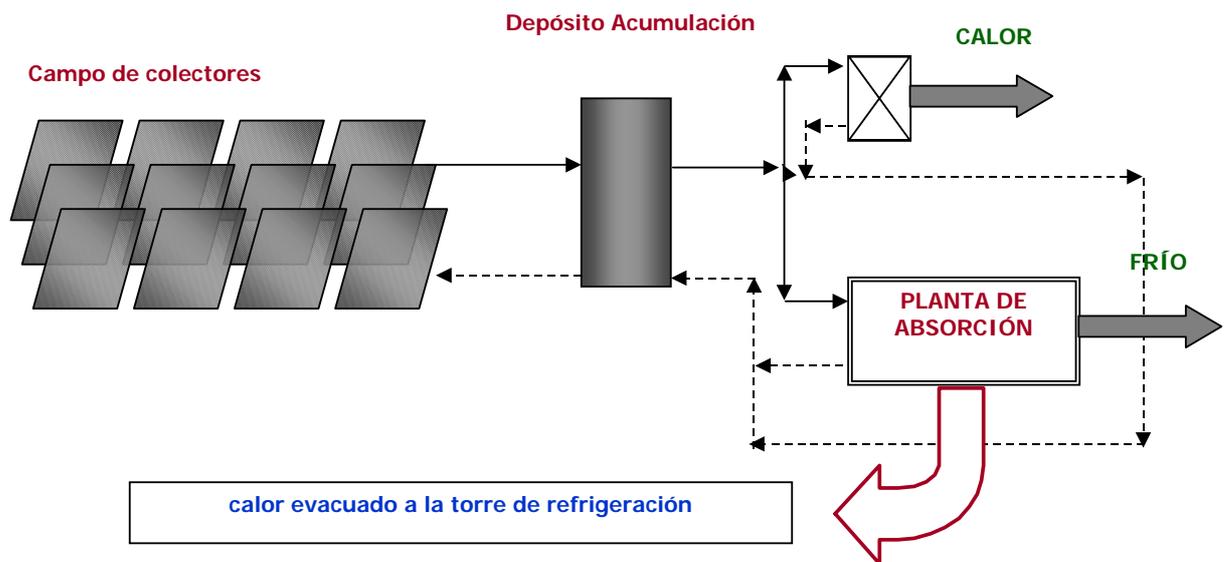


Figura 7. Aplicación de un sistema de acumulación de agua caliente por energía solar para ACS y refrigeración mediante máquina de absorción.

El razonamiento anterior, aplicable a instalaciones hoteleras, sería extensible sólo a instalaciones deportivas que conlleven el alojamiento de deportistas, instructores, etc. Tal caracterización sólo se da de forma constante en los centros deportivos de alto rendimiento o durante un corto periodo de tiempo en las instalaciones de tipo "Villa Olímpica". En estos casos, pueden encontrarse importantes ahorros durante los periodos de operación, al obtener simultáneamente energía calorífica a bajo coste tanto para ACS como para el sistema de climatización por absorción.

Podría ser un factor distintivo para presentar de nuevo una candidatura olímpica basada en criterios de ahorro energético y desarrollo sostenible.

8.4. Utilización de sistemas de control de ahorro energético más eficaces

En las instalaciones deportivas se dan horarios de ocupación muy variables, puesto que, casi siempre, se siguen horarios de ocio de los usuarios (instalaciones privadas como gimnasios, clubes de deportes de interior, artes marciales, baloncesto, voleibol, paddle, etc.) u horarios escolares. Esto hace necesario prever una adecuación del sistema a las condiciones de confort, pensando en la acumulación en breve espacio de tiempo de la carga térmica por ocupación e iluminación (muy importante en el caso de canchas de deportes con afluencia de público).

Sin un sistema adecuado de gestión, tanto los deportistas como el público sentirán, de alguna manera, un "recibimiento" frío o demasiado caluroso, o para irse "caldeando" el ambiente o congelando durante el transcurso del juego. Un sistema de climatización sobredimensionado, error muy común en este tipo de proyectos, no conseguirá tampoco mantener unas adecuadas condiciones de confort durante la celebración deportiva.

8.4.1. Gestión de componentes del sistema: cambio de modo de operación

Un sistema de control convencional sobre un bucle de distribución de agua de dos tubos necesita de un control de cambio de modo de operación, con un criterio que ha de definirse cuidadosamente.

El criterio en función de temperatura exterior ha sido seguido ampliamente, y suele ser válido para aquellas zonas en que la carga térmica debida a las condiciones exteriores (bien sea por transmisión y ventilación) es preponderante respecto a la carga térmica debida a las cargas internas (iluminación, equipos, personas, etc.). Sin embargo, deja sin resolver el problema de la radiación solar o el

efecto de “vidrio frío” en edificios con muros cortina, o el caso de las instalaciones deportivas, con gran influencia de la carga interna.

La solución, en cualquiera de los casos, es realizar un cálculo detallado con programas informáticos que analicen no sólo las cargas térmicas punta, sino la evolución de las mismas durante todas las horas del año, con el fin de establecer cuándo ocurren los cambios de modo de funcionamiento.

Los cambios calor/frío en diferentes orientaciones del edificio son más propensos a presentarse en las estaciones intermedias, y es muy aconsejable prestar especial cuidado a estas situaciones, por las consecuencias de disconfort que pueden provocarse.

Sin embargo, la mejor gestión se obtiene con los modernos sistemas de gestión de la instalación por demanda real. Computando la “votación” que cada zona hace de su necesidad real y con algoritmos de control de la evolución de la temperatura en esas zonas, se pueden gestionar de una forma bastante fiable los cambios de modo de funcionamiento.

Expresando el modo de funcionamiento en términos electorales, el sistema recuenta los “votos” en cada instante, y conoce la “intención de voto” futura. De esta forma, se consigue prever el modo de funcionamiento más idóneo en el instante actual y el modo más eficaz de adaptarse a la futura demanda, aprovechando la inercia térmica del bucle de agua para favorecer un cambio más rápido de modo de operación.

8.4.2. Gestión del enfriamiento gratuito por aire exterior (IT 1.2.4.5.1) y de la recuperación de calor (IT 1.2.4.5.2)

Tras la entrada en vigor del RITE 07, se han potenciado los requisitos para la implantación de sistemas de enfriamiento gratuito por aire exterior (denominados *freecooling*).

Bajo el anterior RITE (ITE 02.4.6), la decisión de incorporar *freecooling* se asociaba al régimen de operación del sistema de climatización, por lo que en la decisión del proyectista incidían aspectos tales como las condiciones climatológicas de la zona en que se ubicara el edificio, la radiación solar absorbida por la envolvente del mismo y las cargas internas de ocupación, iluminación y las aportadas por otros consumidores energéticos.

Bajo el actual RITE, los sistemas de climatización todo-aire con capacidad de enfriamiento superior a 70 kW, dispondrán de un subsistema de enfriamiento gratuito por aire exterior (IT 1.2.4.5.1).

Por lo tanto, los sistemas todo-aire deberán incorporar los dispositivos necesarios para efectuar la comparación del contenido energético (temperatura o entalpía) del ambiente interior y del ambiente exterior, al objeto de determinar si el enfriamiento del primero debe llevarse a cabo mediante el ciclo de compresión o mediante la introducción de aire exterior debidamente filtrado.

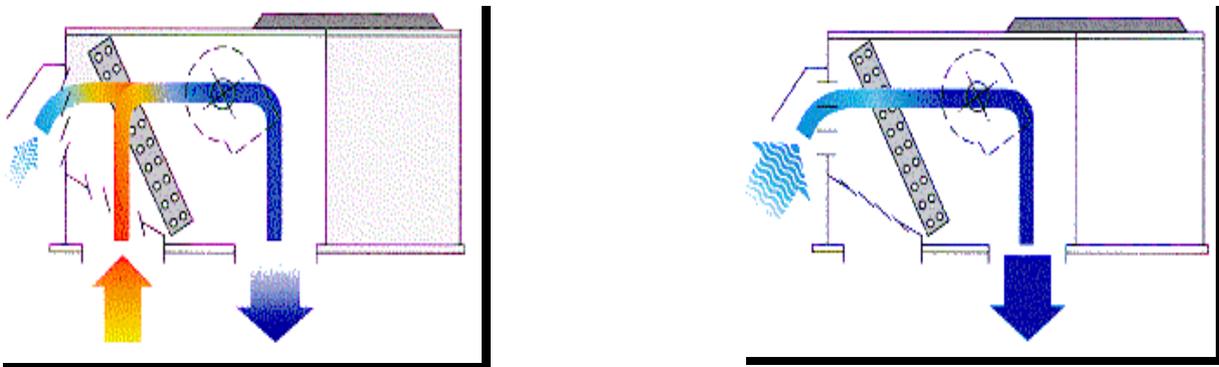


Figura 8. Entrada de aire de ventilación y utilización con enfriamiento gratuito.

Cuando en los sistemas de climatización se encuentre desactivado el *freecooling*, el aire exterior necesario para establecer la mínima ventilación de los locales vendrá definido por lo ya detallado en el apartado 8.2 del presente capítulo. Citando el Reglamento de Instalaciones Térmicas: "El Aire Exterior Mínimo

de Ventilación, tanto en lo que se refiere a su cuantía y como en lo relativo a su calidad y nivel de filtrado, quedará establecido en la Instrucción Técnica IT 1.1.4.2.”

Al objeto de mantener las instalaciones en el requerido nivel de presión, como resultado de la introducción de aire exterior será preciso establecer los necesarios niveles de extracción.

El aire expulsado al exterior (extraído) por medios mecánicos puede ser utilizado para el tratamiento térmico, por recuperación de energía, del aire nuevo que se aporte desde el exterior para ventilación.

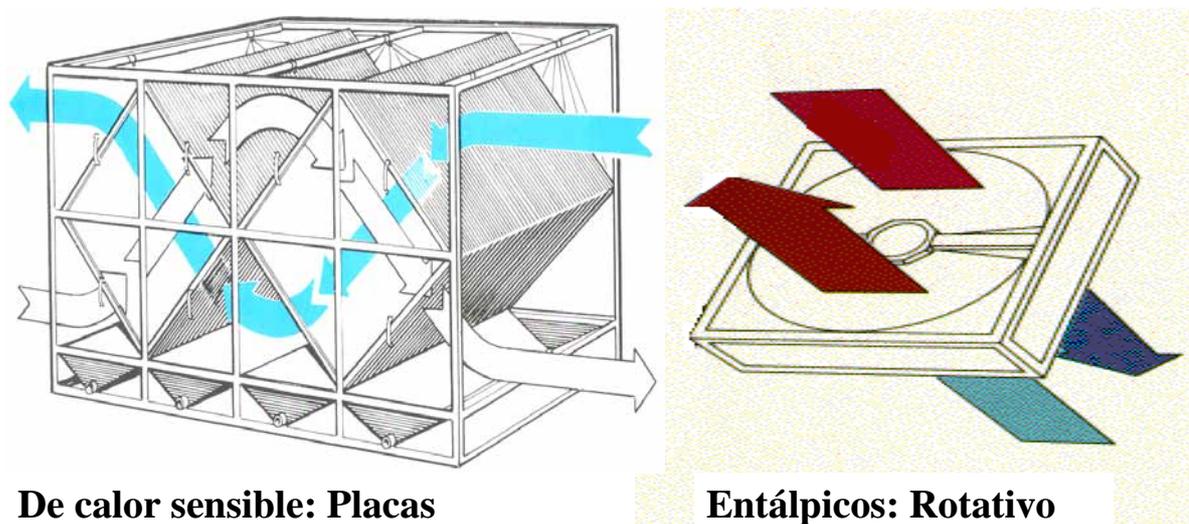


Figura 9. Tipos de intercambiadores recuperadores de calor.

De acuerdo al Reglamento de Instalaciones Térmicas:

- Las condiciones de recuperación energética, tanto en lo que se refiere a su eficiencia y como en lo relativo a sus condicionantes, quedará establecido en la Instrucción Técnica IT 1.2.4.5.2.
- Cuando el caudal expulsado por medios mecánicos sea mayor que 0,5 m³/s, será obligatorio recuperar la energía del mismo.

Nuevamente se han potenciado los requisitos para la implantación de sistemas de recuperación y se ha incrementado la eficiencia de los mismos (estableciendo unos valores superiores, al menos, en 10 puntos porcentuales a los anteriores). Así, en el anterior Reglamento (ITE 02.4.7) se establecía la potestad del diseñador para evaluar la necesidad del subsistema de recuperación basado en el régimen de funcionamiento del sistema de climatización, y se especificaba una eficiencia mínima del 45%.

Así, en el apartado 3 de la mencionada Instrucción Técnica IT 1.2.4.5.2, se detalla la matriz de eficiencia energética mínima (%) y pérdida de presión máxima, en función del caudal de aire exterior introducido y las horas anuales de operación del sistema.

En paralelo, en el apartado 2 se establece la necesidad de un enfriador adiabático cuando la recuperación se lleve a cabo con el sistema de climatización trabajando en modo refrigeración.

El uso de este tipo de dispositivos en una instalación de tipo deportivo, bien sea un gimnasio en horario de tarde invernal o una gran cancha de baloncesto, puede permitir un ahorro energético de hasta un 25% en el caso del enfriamiento gratuito, y de un 20% en el caso del recuperador de calor de aire exterior, que, además, permite al proyectista disminuir la potencia de los equipos instalados, con un ahorro adicional en los costes de inversión de hasta un 10%.

8.4.3. Gestores energéticos para distribución de agua fría con múltiples enfriadoras

Existen muchas posibilidades de ahorro energético en la disposición de varias unidades en paralelo, muy usada en grandes edificios (grandes hospitales, centros comerciales, palacios de congresos). La aplicación está, por lo tanto, limitada a las grandes instalaciones deportivas con plantas centralizadas de producción de agua fría y caliente.

Ahora también está de moda este tipo de montaje en instalaciones de menores dimensiones, gracias a la inclusión por algunos fabricantes de algoritmos de control capaces de manejar estos grupos como si de una única enfriadora/bomba de calor se tratase.

Sin embargo, las posibilidades de conectar múltiples unidades de producción plantea problemas de regulación complejos.

El requisito fundamental es proveer una temperatura estable y razonablemente baja a las unidades terminales, haciendo que el sistema se comporte como una sola máquina (una máquina "virtual"). Para evitar la mezcla de agua entre unidades que funcionan y unidades en espera, es necesario proveer de medios, en forma de válvulas o bombas, que eviten el paso de agua por las unidades no activas. Esto ha de conseguirse a toda costa cualesquiera que sea la estrategia de control adoptada.

Estos modos de control suelen ser:

- ❁ **Decalaje de puntos de consigna.** Es el más antiguo, simple y barato, y consiste en fijar (bien sea en retorno o en impulsión) puntos de consigna diferentes en uno o varios grados centígrados para cada unidad (por ejemplo, enfriadora 1: 7° C en impulsión, enfriadora 2: 8° C, etc.). El principal inconveniente es el solapamiento de etapas entre las máquinas y, sobre todo, que el arranque de las unidades puede llegar a ser simultáneo. Las unidades tampoco igualan por sí solas sus horas de funcionamiento, precisando controles externos.

- ❁ **Control maestro/esclavo.** El control electrónico de una unidad asume el control del grupo, determinando, en función de las horas de operación y número de arranques, cuál de las enfriadoras ha de arrancar. Se arranca la bomba o se abre la válvula correspondiente a esa primera máquina, no procediendo al arranque de una segunda unidad hasta que no ha completado el arranque de cada una de sus etapas.

En caso de bombas dedicadas a cada máquina, se produce un sustancial ahorro de energía en el bombeo del primario. La temperatura de salida es muy estable, y permite igualar tiempos de funcionamiento.

- ❁ **Control secuenciado de máquinas.** El sistema de gestión toma el mando de todas las etapas de las máquinas, determinando el número de ellas que ha de activarse. De acuerdo a la demanda existente, y teniendo en cuenta la mejora del coeficiente de eficiencia energética a carga parcial de las enfriadoras, el sistema arranca el número de bombas y etapas de máquinas exclusivamente necesario, optimizando el consumo de energía.

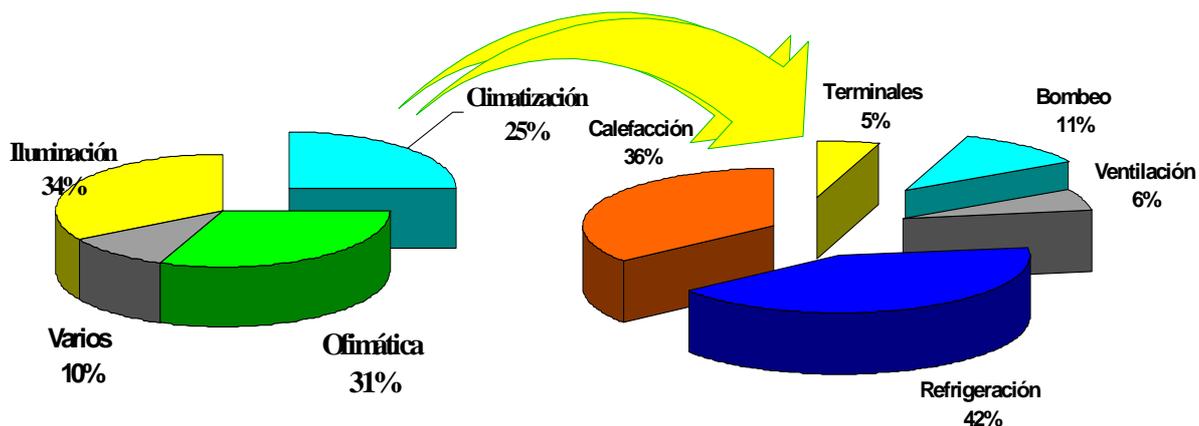
Los sistemas permiten también el máximo ahorro en costes de bombeo, además de presentar la posibilidad de una óptima regulación de las enfriadoras en paralelo. A pesar de ser el que cuenta con mayor coste de instalación, la rápida amortización de costes de bombeo (pensar que, en el consumo total del edificio, puede llegar a ser del 15 al 20%) compensa sobradamente su implantación, sin contar con los beneficios de superior rendimiento energético de las plantas enfriadoras cuando están sometidas a su funcionamiento óptimo.

8.5. Consideraciones finales

Como se ha visto, los avances en la tecnología pueden servir para mejorar el rendimiento de las instalaciones, pero no se puede dejar de destacar que el modo de vida en nuestra civilización, caracterizado por una imparable demanda de mayor confort, reclama cada vez mayor gasto energético.

Los últimos avances en tecnología de equipos y sistemas tienen un impacto importante en el ahorro energético y en la consiguiente reducción de costes de explotación debida a la climatización, pero la climatización en sí misma no es el factor determinante del consumo total de un edificio, aunque sí uno de los más influyentes.

Sirvan como ejemplo las dos instalaciones "tipo" simuladas con un programa de análisis energético para edificios (*Hourly Analysis Program* versión 4.34).



Simulación edificio oficinas en cuatro plantas, situado en Madrid, superficie útil 3.000 m². Programa de cálculo de cargas y análisis horario de Carrier HAP v4.06. Datos climáticos de Madrid (año meteorológico tipo).

Cerramientos: Forjados y pavimentos: $K = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; Techumbre, pavimento y cubierta: $K = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Muro exterior ladrillo, aislamiento, ladrillo, enlucido: $K = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Medianeras y particiones: $K = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ventanas (cristalera doble y marcos): $K = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Planta de climatización compuesta por enfriadora más caldera mixta ACS-Calefacción de gas, con suministro a un sistema de *fancoils* perimetrales, más climatizadores de aire primario y zona central.

Verano: Temperatura seca 25° C, humedad relativa 50%, Temperatura exterior 36° C, Temperatura húmeda 24° C.

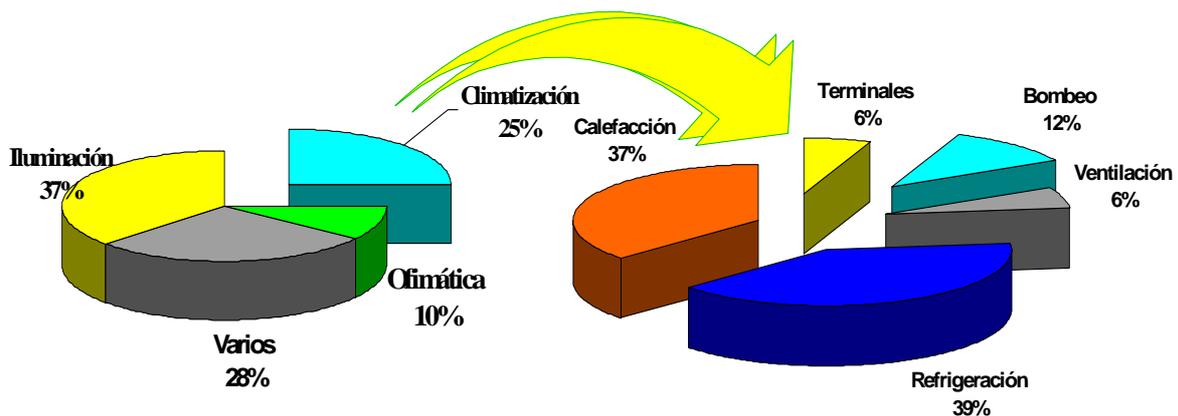
Invierno: Temperatura seca 22° C , Temperatura exterior: -4° C.

Figura 10. Segmentación de consumos de un edificio de oficinas (total energía 972,000 kWh).

Con las necesarias precauciones al tratarse de un modelo informático, puede verse la influencia tan importante que la iluminación y la utilización de equipos ofimáticos tiene en el consumo de energía del edificio. La influencia de estos dos consumos en la climatización es directa. Cada kW que deje de consumirse en luces y equipos reduce la carga frigorífica en la misma proporción. Cualquier ahorro energético, bien sea por un uso más racional o por avances en la tecnología de equipos informáticos y luminarias, repercute en el ahorro de los consumos de climatización.

En el caso de un edificio hotelero con características constructivas similares, los resultados del programa arrojan un panorama bien diferente.

El concepto de “varios” que aparece en la Fig. 11, cuyos componentes principales son ACS, lavandería y cocinas, tiene ahora un peso muy importante. Las actuaciones para conseguir el aprovechamiento de calor rechazado con destino al consumo de ACS son muy rentables en este tipo de instalaciones.



Simulación edificio uso hotelero en cuatro plantas, 85 habitaciones, situado en Madrid, superficie útil 3.000 m². Programa de cálculo de cargas y análisis horario de Carrier HAP v4.06. Datos climáticos de Madrid (año meteorológico tipo).

Cerramientos: Forjados y pavimentos: $K = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; Techumbre, pavimento y cubierta: $K = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Muro exterior ladrillo, aislamiento, ladrillo, enlucido: $K = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Medianeras y particiones: $K = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ventanas (cristalera doble y marcos): $K = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Planta de climatización compuesta por enfriadora más caldera de gas, con suministro a un sistema de *fancoils* en habitaciones perimetrales, más climatizadores de aire primario y zonas comunes.

Verano: Temperatura seca 25° C, humedad relativa 50%, Temperatura exterior 36° C, Temperatura húmeda 24° C.

Invierno: Temperatura seca 22° C, Temperatura exterior: -4° C.

Figura 11. Segmentación de consumos de un edificio de actividad hotelera (total energía 888,000 kWh).

Los sistemas de control expuestos 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. Los hoteles con múltiples unidades de producción de agua fría/caliente pueden ya beneficiarse del ahorro que proporcionan los sistemas de gestión.

Es, por tanto, altamente recomendable conseguir la evaluación energética del edificio, simulando las condiciones de proyecto para poder tomar las decisiones sobre elección de cerramientos, sistemas, etc., antes de la construcción del edificio.

La Unión Europea, preocupada por la dependencia energética, está emitiendo un nuevo marco legislativo que fomente el ahorro energético, la nueva Certificación Energética de Edificios.

Con la aplicación de la Certificación Energética, se obligará a cumplir requisitos mínimos de eficiencia energética, emitiendo los organismos oficiales competentes en temas energéticos sendos certificados para cada edificio.

A este análisis habrán de someterse todo tipo de edificios, independientemente de su uso. Muchas de las instalaciones deportivas podrán incrementar la eficiencia energética sin renunciar a su nivel de confort, como aliciente a la práctica del deporte, para el bienestar o para ocio.

En resumen, se presenta un futuro en el que la consecución de un superior rendimiento energético va a considerarse como un beneficio para toda la sociedad.

Bibliografía

1. Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 8.01 "Recuperación de energía en sistemas de climatización", Comité ATECYR y Grupo de Termotecnia de la U. de Valladolid; Editorial El Instalador, Madrid 1998.

2. "25 años de instalaciones, 1967-1992". Monografía nº 23. El instalador, Madrid, 1992.
3. "Manual de aire acondicionado Carrier", Carrier Corporation, Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1983.
4. "Air conditioning and ventilation for buildings". Croome and Roberts, Pergamon Press, N.York, E.E.U.U., 1975.

9.1. Fomento del ahorro y la eficiencia energética

- ✿ Orden 1063/2007, de 20 de septiembre, del Consejero de Economía y Consumo (BOCM de 4.10.07).
- ✿ Convocatoria anual.
- ✿ 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

- Mejora de la eficiencia energética de instalaciones térmicas de edificios existentes:
 - 22% a 30% de la inversión subvencionable.

- Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de iluminación interior de edificios existentes:
 - 22% a 35% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 10.000 € viviendas y 50.000 € otros usos.

- Renovación de instalaciones de alumbrado público exterior existentes:
 - 40% de la inversión subvencionable.

- Estudios, análisis de viabilidad y auditorias de instalaciones de alumbrado exterior existentes:
 - 50% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 25.500 €.

- Estudios de viabilidad de cogeneraciones en el sector industrial:
 - 25% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 6.000 €.

- Auditorias energéticas en cogeneraciones existentes en empresas industriales o del sector terciario:
 - 75% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 9.000 €.

- Plantas de cogeneración de alta eficiencia en los sectores no industriales:
 - 10% de la inversión subvencionable.
 - Máximo: 200.000 €.



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 mínimos).

- Resto de beneficiarios: 300.000 €.

✿ Dotación presupuestaria 2007:

- 6.428.120 €.

✿ 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.

9.2. Fomento de las energías renovables

- ✿ Orden 2580/2007, de 14 de junio, del Consejero de Economía y Consumo (BOCM de 29.06.07).

- ✿ Convocatoria anual.

✿ Beneficiarios:

- Corporaciones locales.
- Otras entidades públicas.
- Instituciones sin ánimo de lucro.
- Comunidades de propietarios.
- Sociedades cooperativas.
- Empresas, salvo para instalaciones de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.

- Personas físicas, salvo para instalaciones de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.



Actuaciones subvencionables y cuantía de las ayudas:

- Energías renovables.
 - Solar térmica (excepto piscinas privadas, instalaciones obligatorias por Ordenanzas Municipales o instalaciones de superficie inferior a 6 m², salvo que tengan carácter demostrativo): 300 €/m² para refrigeración y 200 €/m² para el resto.
 - Solar fotovoltaica (sistemas aislados o sistemas conectados a red de más de 5 kWp, o de potencia inferior que tengan carácter demostrativo, salvo que sean obligatorios por Ordenanzas Municipales): 1,5 €/Wp para sistemas conectados a red, 3 €/Wp para sistemas aislados con acumulación y 2,5 €/Wp para sistemas sin acumulación.
 - Eólica (hasta 50 kW): 30% de la inversión subvencionable.
 - Biomasa y residuos: 30%.
 - Hidráulica (instalaciones nuevas o rehabilitación, hasta 10 MW): 30%.
 - Geotérmica: 40%.
 - Instalaciones mixtas: cuantía proporcional.
- Proyectos de investigación, desarrollo y demostración: 40% de la inversión subvencionable.
- Estudios, consultorías, actividades divulgativas y actuaciones de carácter general realizadas por Ayuntamientos: 40% de la inversión subvencionable.

Tienen prioridad las instalaciones de energía solar térmica, fotovoltaica aislada y diversas aplicaciones de biomasa.

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:
 - o 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 2007: 4.414.460 €.
- ✿ Plazo de presentación de solicitudes:
 - Dos meses a partir de la publicación en el BOCM.
- ✿ Período de realización de la inversión:
 - Desde el 15 de octubre del año anterior a la convocatoria hasta el 15 de octubre del año correspondiente.