

Guía de Ahorro Energético

Gimnasios

Guía de Ahorro Energético



Madrid Entrena Ahorrando Energía



Gimnasios

Madrid Entrena Ahorrando Energía

Guía de Ahorro Energético en Gimnasios



Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2005

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

www.madrid.org

(Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, 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

Autores

Capítulo 1. **Eficiencia energética. Índice de eficiencia**

Centro de Eficiencia Energética de Unión Fenosa
www.unionfenosa.es

Capítulo 2. **Medidas para la eficiencia energética**

Endesa. Dirección Empresas. Marketing Empresas.
www.endesa.es

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

Philips Ibérica S.A.U. División Comercial Alumbrado. Marketing Lámparas Profesionales.
www.philips.es

Capítulo 4. **Sistemas de ahorro de agua y energía**

D. Luis Ruiz Moya
Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L (Tehsa)
www.ahorraragua.com

Capítulo 5. **Ahorro energético en la climatización de instalaciones deportivas**

D. José J. Vilchez. Ingeniero Industrial
Product Manager de Equipos Comerciales y Sistemas
Departamento de Marketing
Carrier España S.L.
www.carrier.es

Capítulo 6. **Energía solar fotovoltaica**

D. Oscar Perpiñán
Gerente de Ingeniería de Isofotón
www.isofoton.es

Capítulo 7. **La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización (Viessmann)**

D. Juan Manuel Rubio Romero
Product Manager Energía Solar
Viessmann, S.L.
www.viessmann.es

Capítulo 8. **Sistemas avanzados de gestión energética (Iberdrola)**

D. Koldo Bustinza
www.iberdrola.es

Presentación

La innovación de las empresas de servicios deportivos está íntimamente relacionada con la capacidad del sector para identificar las posibilidades de mejora en la gestión.

En este sentido, es importante tomar conciencia de la importancia que supone el gasto energético, que representa uno de los capítulos más relevantes de los costes de toda instalación.

Por otra parte, en la estrategia energética de la Comunidad de Madrid juega un papel central la promoción de la eficiencia energética, al objeto de minimizar el impacto ambiental que supone el uso de energía y aumentar la competitividad de las empresas madrileñas. 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.

Por ello, la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica en colaboración con la Asociación Madrileña de Empresas de Servicios Deportivos han decidido publicar esta Guía para informar a los empresarios 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

Prólogo

La guía que en estos momentos tienes en tus manos, es el fruto de la apuesta decidida que realiza la Comunidad de Madrid a través de la D. G. de Industria, Energía y Minas para la optimización del consumo energético y de los recursos hídricos, que en esta ocasión y atendiendo a las peticiones de la Patronal del Sector de Servicios Deportivos (ASOMED), ha dado como fruto la Guía de Ahorro Energético en Gimnasios, que será un manual de referencia para todos los Gestores de instalaciones deportivas, pues no olvidemos, que los suministros energéticos e hídricos, constituyen el segundo elemento más importante de coste en nuestras instalaciones, por lo que cualquier reducción en estos suministros que no incida en el confort de nuestro clientes es una buena noticia, tanto para nuestra cuenta de resultados como para el medio ambiente.

No obstante, no debemos olvidar la responsabilidad que empresarios, gestores y usuarios en general, tenemos con la conservación del medio ambiente, que hacen que la eficiencia energética y la correcta administración de los recursos hídricos no sean una opción, más bien todo lo contrario, es una obligación que, además, es rentable económicoamente.

Espero que la lectura te entusiasme tanto como a nosotros su realización y no olvides, que en esta Asociación podemos ayudarte a poner en práctica las ideas e ilusiones de tu empresa.

Gerardo López de Carrión Gómez

Presidente ASOMED

Índice

CAPÍTULO 1. Eficiencia energética. Índice de eficiencia	17
1.1. Introducción	17
1.2. Estudio de eficiencia energética de la PYME	18
1.2.1. Introducción y metodología	18
1.2.2. Índice de Eficiencia Energética	20
1.2.3. Resultados por Comunidad Autónoma	20
1.2.4. Resultados por sector de actividad	22
1.2.5. Resultados por tamaño de la empresa	24
1.2.6. Componentes del Índice de Eficiencia Energética	25
1.2.6.1. Cultura Energética	27
1.2.6.2. Mantenimiento	29
1.2.6.3. Control	32
1.2.6.4. Innovación	35
1.2.7. Conclusiones	37
1.2.7.1. Cultura Energética	38
1.2.7.2. Mantenimiento	39
1.2.7.3. Control	39
1.2.7.4. Innovación	40
CAPÍTULO 2. Medidas para la eficiencia energética	41
2.1. Introducción	41
2.2. Optimización tarifaria	43
2.2.1. Mercado Liberalizado: Gas y Electricidad	44
2.3. Optimización de instalaciones	44
2.3.1. Estudio del consumo	44
2.3.1.1. Consumo de energía en instalaciones deportivas	45
2.3.1.2. Distribución del consumo energético	46
2.3.2. Parámetros de eficiencia energética	49
2.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en instalaciones deportivas	50

2.3.3.1. Iluminación	52
2.3.3.2. Calefacción y aire acondicionado	59
2.3.3.3. Agua caliente sanitaria	66
2.3.4. Gestión y mantenimiento energético	70
2.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE	72
2.3.5.1. Certificado de eficiencia energética	74
2.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado	74
2.4. Conclusiones	75
CAPÍTULO 3. Ahorro de energía eléctrica en el alumbrado	79
3.1. Antecedentes	79
3.2. Directivas, Códigos, Leyes y Reglamentos sobre la Eficiencia Energética	79
3.2.1. Norma UNE 12464-1 relativa a "Iluminación de los lugares de trabajo en interior"	80
3.2.2. Norma UNE 12193 relativa a "Iluminación de instalaciones deportivas"	81
3.2.3. Real Decreto 208/2005, relativo a la Directiva RAEE sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos	82
3.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado	83
3.3.1. Fase de Proyecto	84
3.3.1.1. La predeterminación de los niveles de iluminación	84
3.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación	86
3.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación	92
3.3.2. Ejecución y explotación	93
3.3.2.1. Suministro de energía eléctrica	93
3.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados	94
3.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados	94
3.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados	94
3.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial	95
3.3.2.6. Uso flexible de la instalación	95
3.3.3. Mantenimiento	95

3.3.3.1. Previsión de operaciones programadas	96
3.3.3.2. Respeto de las frecuencias de reemplazo de los componentes	97
3.3.3.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos	97
3.3.3.4. Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos	98
3.3.4. Diseño de la iluminación de un gimnasio, pista de paddle, tenis y piscina	98
3.3.4.1. Gimnasio	99
3.3.4.2. Pista de paddle	109
3.3.4.3. Pista de tenis	114
3.3.4.4. Piscina	117
CAPÍTULO 4. Sistemas de ahorro de agua y energía	123
4.1. ¿Por qué Ahorrar Agua?	123
4.1.1. Objetivos de un Plan de Reducción del Consumo de Agua	126
4.2. ¿Cómo Ahorrar Agua y Energía?	127
4.2.1. Acciones y Consideraciones para Ahorrar Agua y Energía	128
4.3. Tecnologías y Posibilidades Técnicas para Ahorrar Agua y Energía	131
4.4. Clasificación de Equipos	133
4.4.1. Tecnología para grifos monomando tradicionales	134
4.4.2. Tecnología para grifos de volante tradicionales	136
4.4.3. Tecnología para grifos temporizados	137
4.4.4. Tecnología para Fluxores	139
4.4.5. Tecnología para Cabezales y Regaderas de Duchas	140
4.4.6. Tecnología para Inodoros (WC)	142
4.4.7. Tecnología para las redes de distribución	146
4.4.8. Equipamientos electrónicos en obra nueva o reforma	149
4.5. Inversiones medias, ahorros y plazos de amortización	151
4.6. Beneficios ecológicos de este tipo de inversiones	152
4.7. Consejos generales para economizar agua y energía	153
CAPÍTULO 5. Ahorro energético en la climatización de instalaciones deportivas	159
5.1. Introducción	159

5.2. Diseño y utilización de las instalaciones	159
5.3. Tecnología del ciclo frigorífico aplicable al ahorro energético	163
5.3.1. Ahorro energético por el avance tecnológico en nuevos equipos	163
5.3.2. La bomba de calor: una máquina frigorífica como fuente de calor	164
5.3.3. Recuperación de Calor para Producción de agua caliente en unidades de condensación por aire	169
5.3.4. Ahorro energético con válvulas de expansión electrónica. Economizadores	172
5.3.5. Ahorro energético con turbina de expansión	173
5.3.6. Cogeneración más unidades de producción de agua fría por ciclo de absorción	174
5.4. Utilización de sistemas de control de ahorro energético más eficaces	178
5.4.1. Gestión de componentes del sistema: Cambio de modo de operación	178
5.4.2. Gestión de Enfriamiento gratuito por aire exterior (ITE 02.4.6) y Recuperación de Calor	179
5.4.3. Gestores energéticos para distribución de agua fría con múltiples enfriadoras	181
5.5. Consideraciones finales	183
CAPÍTULO 6. Energía solar fotovoltaica	189
6.1. Energía solar	189
6.2. Energía solar fotovoltaica	189
6.2.1. La radiación solar	190
6.2.2. Características	190
6.2.3. Aplicaciones	192
6.2.4. Composición de los sistemas solares fotovoltaicos	193
6.3. Integración arquitectónica	195
6.3.1. Ejemplos de integración. Características	196
6.3.1.1. Cubiertas	196
6.3.1.2. Fachadas	198
6.4. La Energía Solar hoy	201

CAPÍTULO 7. La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización	205
7.1. Introducción	205
7.2. Posibilidades de ahorro solar en gimnasios	207
7.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas.	209
Componentes	
7.3.1. Subsistema de Captación	210
7.3.2. Subsistema de Acumulación	214
7.3.3. Subsistema de Intercambio	215
7.3.4. Subsistema de Regulación y Control	216
7.3.5. Subsistema de Energía Auxiliar o Convencional	216
7.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica	218
7.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica	219
7.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica	220
7.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica	220
7.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica	222
7.6. Caso ejemplo: gimnasio con energía solar para la producción de ACS y la climatización de piscina	224
7.6.1. Objetivo	224
7.6.2. Selección de opciones	224
7.6.3. Características de la instalación	225
7.6.3.1. Descripción general	225
7.6.3.2. Funcionamiento del esquema hidráulico	226
7.6.3.3. Cálculos energéticos y económicos	227
7.6.3.4. Ahorro de emisiones de CO ₂	230
7.7. Resumen de los beneficios de solarizar un gimnasio o instalación deportiva	231
CAPÍTULO 8. Gestión energética de instalaciones	233
8.1. Introducción	233
8.2. Antecedentes	234
8.3. Objetivos	236

8.4. Clasificación del sector gimnasios en Madrid por tamaño y potencias eléctricas contratadas	236
8.4.1. Gimnasios pequeños	237
8.4.2. Gimnasios medianos	238
8.4.3. Grandes instalaciones	239
8.5. Criterios de diseño utilizados	241
8.5.1. En iluminación	241
8.5.2. En los cálculos térmicos	243
8.5.3. Calendario/horario de funcionamiento de las instalaciones	244
8.6. Cálculo de potencias eléctricas de las instalaciones modelo	245
8.6.1. Cargas eléctricas en modelo Gimnasios pequeños	245
8.6.2. Cargas eléctricas en modelo Gimnasios medianos	246
8.6.3. Cargas eléctricas en modelo Gimnasios grandes	247
8.7. Sistema de gestión energética	249
8.7.1. Diseño del sistema de gestión energética	249
8.8. Metodología de trabajo	251
8.9. Características generales de un sistema de gestión	252
8.10. Elementos que constituyen el sistema de gestión	252
8.11. Ahorros energéticos posibles por tipo de instalación	253
8.11.1. Gimnasios pequeños	253
8.11.2. Gimnasios medianos	259
8.11.3. Grandes instalaciones de gimnasios	268
8.12. Ejecución de las soluciones aplicables	279
8.13. Ventajas para el usuario	280

1.1. Introducción

La energía es un factor de gran relevancia en el desarrollo económico de cualquier país. Las importaciones, las exportaciones y el modo de utilización de los recursos energéticos influyen en gran medida en la tipología de la estructura financiera de un estado.

La eficiencia energética es un instrumento fundamental para dar respuesta a los cuatro grandes retos del sector energético mundial: el cambio climático, la calidad y seguridad del suministro, la evolución de los mercados y la disponibilidad de fuentes de energía.

Por eficiencia energética se entiende el conjunto de actividades encaminadas a reducir el consumo de energía en términos unitarios, mejorando la utilización de la misma, con el fin de proteger el medio ambiente, reforzar la seguridad del abastecimiento y crear una política energética sostenible. Se trata de utilizar mejor la energía. El objetivo de una política de eficiencia energética es fomentar comportamientos, métodos de trabajo y técnicas de producción que consuman menos energía.

El objetivo básico de la política energética de España, al igual que el resto de los países, es llevar la economía a una situación de máxima competitividad. Sin embargo, en los últimos tiempos, están surgiendo varias trabas en el camino:

- Elevada dependencia energética exterior: España importa el 75 % de la energía primaria que utiliza frente al 50 % de media en la UE, cifra considerada ya elevada por las instituciones comunitarias. Además, esa

dependencia va en aumento, con las implicaciones no sólo económicas y comerciales que ello supone, sino también con unos efectos medioambientales significativos al tratarse mayoritariamente de productos fósiles con un elevado nivel de emisiones de efecto invernadero.

- La economía española está evolucionando durante los últimos años hacia tasas de crecimiento anual superiores a la media europea, lo que está permitiendo un avance significativo en convergencia real. No obstante, esta evolución también se ha visto acompañada por crecimientos importantes de la demanda energética, con tasas de incremento anual superiores, algunos años, a las de la economía. De ahí que el indicador de Intensidad Energética muestre tendencias de ligero crecimiento durante los últimos años.
- Hay una preocupación por llevar a cabo una reducción significativa de emisiones de contaminantes atmosféricos, en concordancia con las Directivas europeas y orientaciones internacionales.

1.2. Estudio de eficiencia energética de la PYME

1.2.1. Introducción y metodología

UNION FENOSA está comprometida con el ahorro y la eficiencia energética porque entiende firmemente que "*la energía más limpia es la que no se consume*". Una de las contribuciones a este principio básico es la construcción de una métrica: el '*Índice de Eficiencia Energética*', que permite a las empresas conocer y gestionar su perfil de eficiencia energética.

Para ello se ha definido el perfil de eficiencia energética de la empresa a través del análisis detallado de los cuatro factores clave que lo determinan.

Los cuatro factores analizados son:



- ✿ **Cultura Energética:** En este apartado se analiza el nivel de información existente en la organización, la formación interna y la política de empresa en el ámbito de la eficiencia energética.
- ✿ **Mantenimiento:** Se determina el nivel de sensibilidad existente en la empresa en el mantenimiento de los diferentes equipamientos utilizados, con objeto de alcanzar el óptimo rendimiento desde el punto de vista de la eficiencia energética.
- ✿ **Control Energético:** Se analiza el nivel de gestión del gasto energético, a través de la aplicación de métodos de medición y la implantación de procesos administrativos adecuados.
- ✿ **Innovación Tecnológica:** Se valora el grado de actualización de la empresa en lo que se refiere a los medios técnicos aplicados en las instalaciones, tanto de producción, como de servicios generales.

El Índice de Eficiencia Energética viene definido por una evaluación ponderada de los cuatro factores analizados, que son los que determinan la eficiencia en el uso de la energía.

Para la realización de este primer estudio de 'Eficiencia energética de la Pyme', se han realizado 2421 entrevistas telefónicas, lo que ofrece una precisión de +/- 2 % en un intervalo de confianza del 95 %.

La muestra ha sido escogida sobre empresas de entre 6 y 199 empleados, pertenecientes a los sectores de Comercio, Industria, Hoteles, Servicios Profesionales, Restaurantes y cafeterías, Resto de Actividades (engloba a las empresas no incluidas en los sectores anteriores), buscando representatividad nacional, sectorial y autonómica.

1.2.2. Índice de Eficiencia Energética

La primera edición del estudio sobre 'Eficiencia Energética de la PYME', conforma un índice de Eficiencia Energética de **3,1** puntos sobre 10.

Este resultado, que en principio puede parecer bajo, refleja un importante potencial de mejora en la competitividad de las empresas y supone un primer punto de partida para comprobar la evolución del perfil de eficiencia energética de la pyme a lo largo de las sucesivas ediciones de este estudio.

Del estudio se desprende que el gasto energético de las pymes se podría optimizar modificando tan sólo algunos hábitos de consumo y el equipamiento básico de las empresas.

Si se trasladan los resultados del Índice de Eficiencia Energética a términos de ahorro, el estudio refleja que las pequeñas y medianas empresas españolas pueden ahorrar una media del 19,4 % de la energía que consumen. En la Fig.1 se muestra la distribución del ahorro estimado en función del Índice de Eficiencia Energética.

1.2.3. Resultados por Comunidad Autónoma

En las Fig. 2 y Fig. 3 se muestran los resultados del Índice de Eficiencia Energética de la Pyme en cada una de las Comunidades Autónomas donde se ha realizado el estudio, tanto en términos de valoración del índice como en términos de ahorro energético.

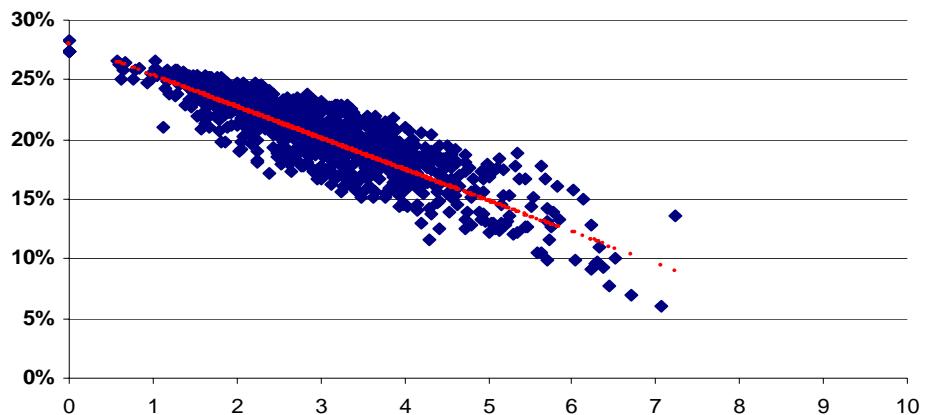


Figura 1. Distribución del ahorro en función del Índice de Eficiencia.

Como se desprende de la lectura de los gráficos, los resultados que se obtienen son muy homogéneos en todas las Comunidades Autónomas, lo que lleva a concluir que no existen grandes diferencias geográficas en los hábitos de consumo ni en los equipamientos energéticos de las pymes españolas.

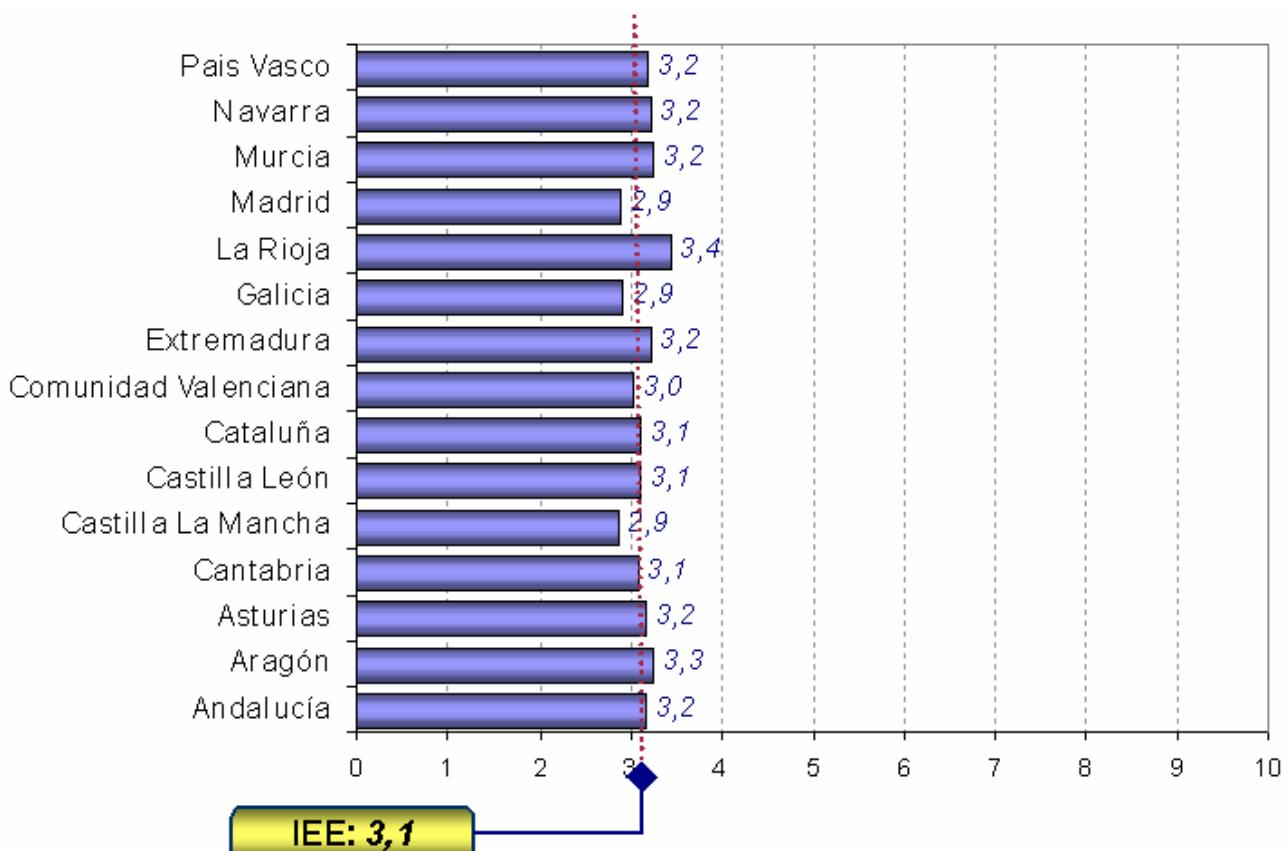


Figura 2. Índice de Eficiencia Energética por CCAA.

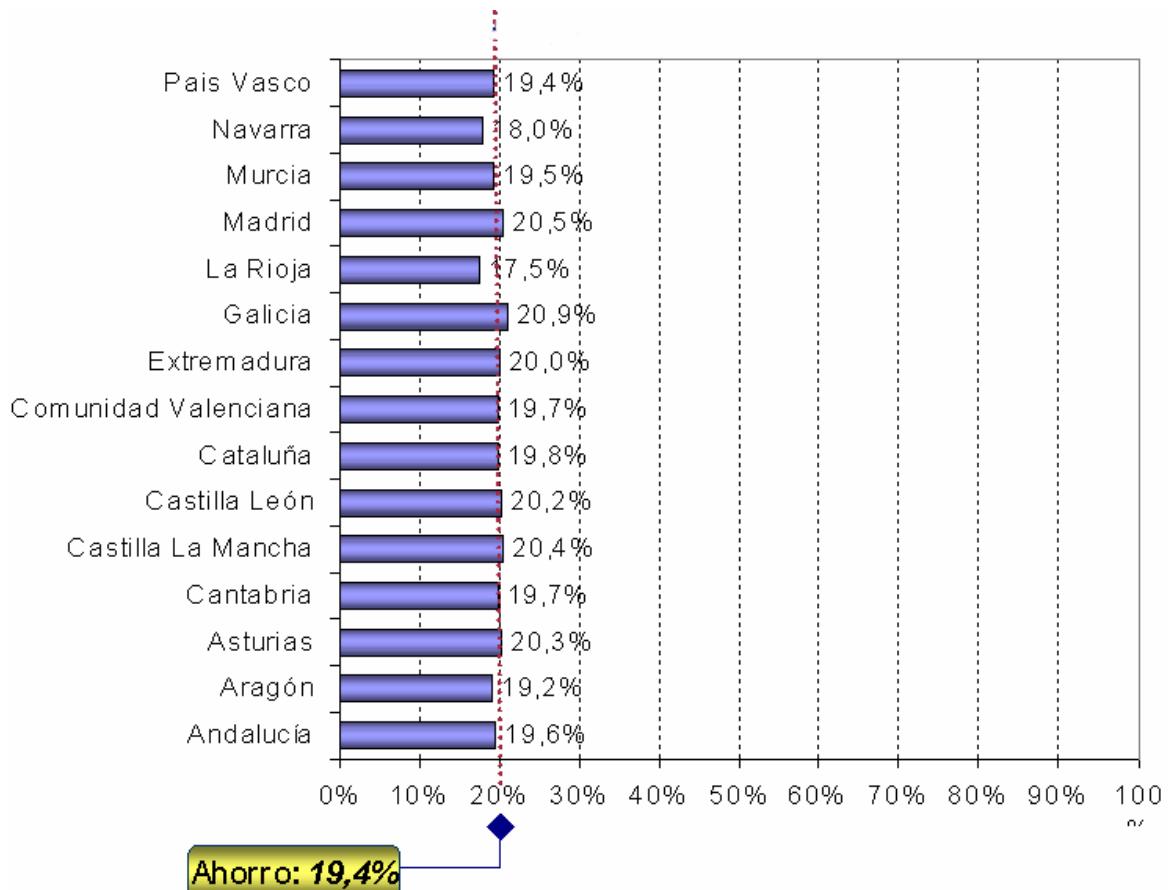


Figura 3. Ahorro potencial estimado por CCAA.

1.2.4. Resultados por sector de actividad

El análisis de los resultados del Índice por sector de actividad muestra diferencias significativas entre los mismos. El sector 'Hoteles' obtiene la mejor valoración (4,1 puntos sobre 10), mientras que el sector 'Servicios Profesionales' obtiene la puntuación más baja, 2,7 puntos, obteniendo 'Gimnasios' la segunda puntuación más baja con 2,9.

La dispersión, en términos de ahorro, también es significativa y oscila entre el 23,7 % de ahorro en el sector de 'Servicios Profesionales' y el 16,1 % del sector 'Industria'. Como se desprende del estudio de los dos gráficos, no existe una relación lineal entre el valor del índice y el potencial de ahorro que se puede alcanzar, es decir, mayor/menor valoración del índice no implica necesariamente menor/mayor potencial de ahorro respectivamente.

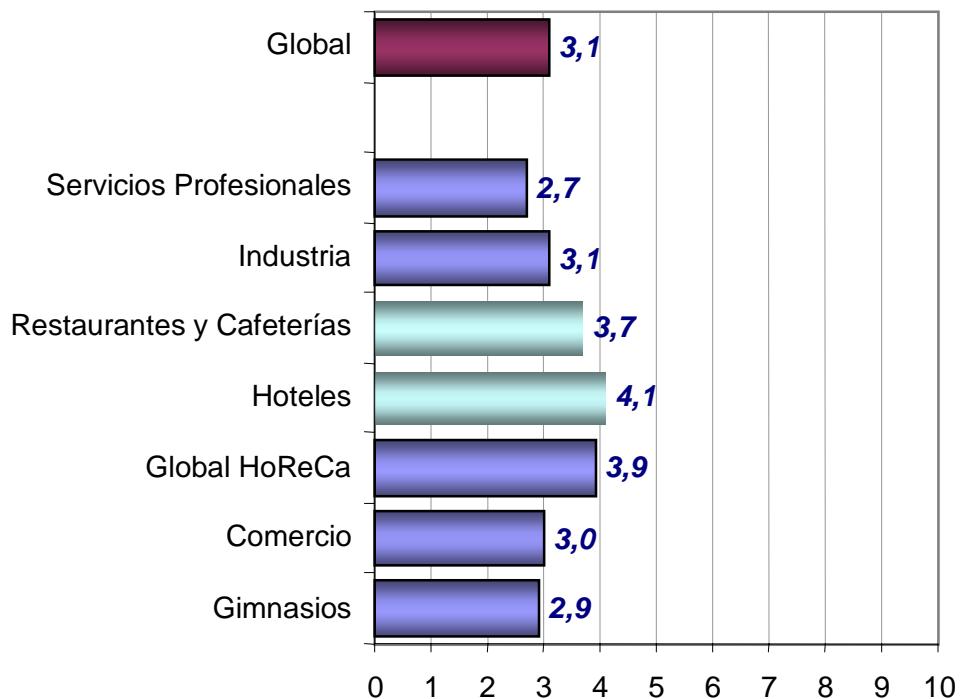


Figura 4. Valoración del Índice de Eficiencia Energética por sectores.

Nota: HoReCa. Agrupa a los sectores de actividad: Hoteles, Restaurantes y Cafeterías

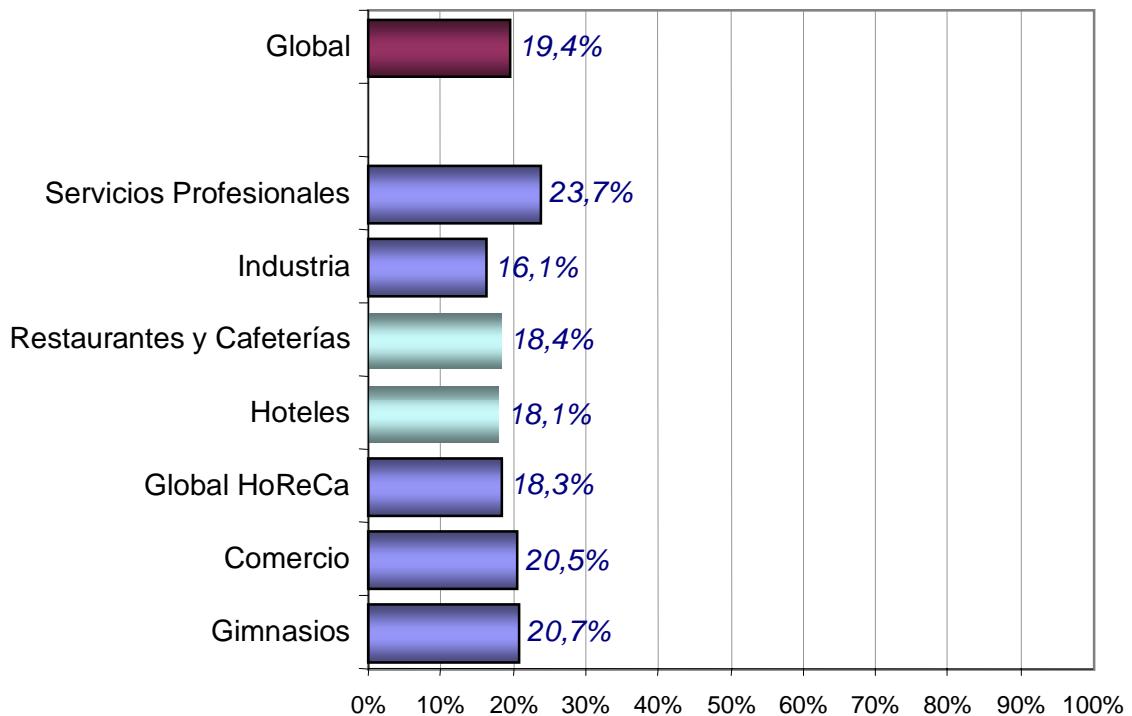


Figura 5. Ahorro potencial estimado por sectores.

1.2.5. Resultados por tamaño de la empresa

La Fig. 6 representa la distribución del índice según el número de empleados de la empresa.

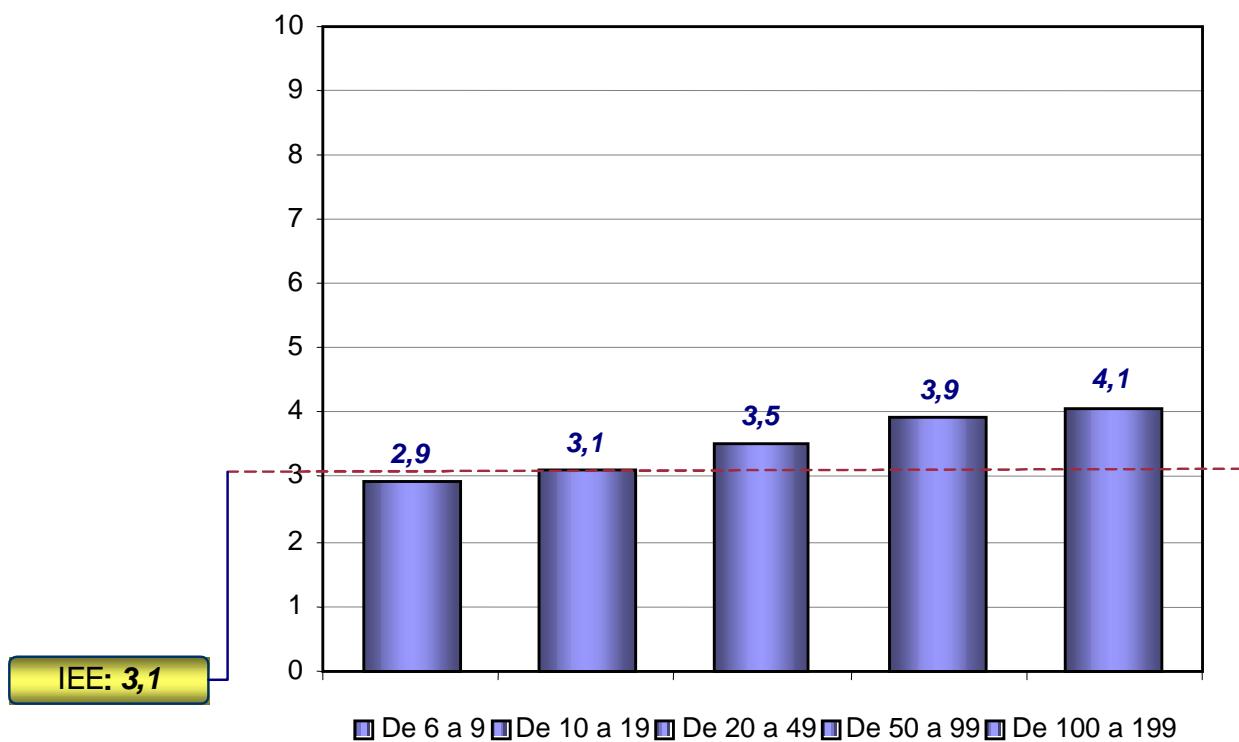


Figura 6. Índice de eficiencia energética por tamaño.

Son señalables las sensibles diferencias que existen entre los hábitos de consumo y utilización de la energía según el tamaño de las pymes analizadas. El índice refleja que las pymes con más empleados (entre 100 y 199) son los que tienen unos hábitos energéticos más eficientes y las empresas con menos trabajadores (entre 6 y 9) son las menos eficientes.

Por otra parte, el segundo segmento de empresas analizadas (de entre 10 y 19 empleados) obtiene la misma puntuación que la media del estudio (3,1 puntos sobre 10).

Se puede comprobar a lo largo del Estudio que esta tendencia se repite, de forma generalizada, en todos los indicadores estudiados.

1.2.6. Componentes del Índice de Eficiencia Energética

El Índice de Eficiencia Energética viene definido por una evaluación ponderada de cuatro subíndices. Estos subíndices se corresponden con los cuatro factores analizados que determinan la eficiencia en el uso de la energía.

- **Cultura Energética.**
- **Mantenimiento.**
- **Control Energético.**
- **Innovación Tecnológica.**

La Fig. 7, muestra la valoración del Índice de Eficiencia Energética y su desglose en los cuatro componentes que lo conforman.

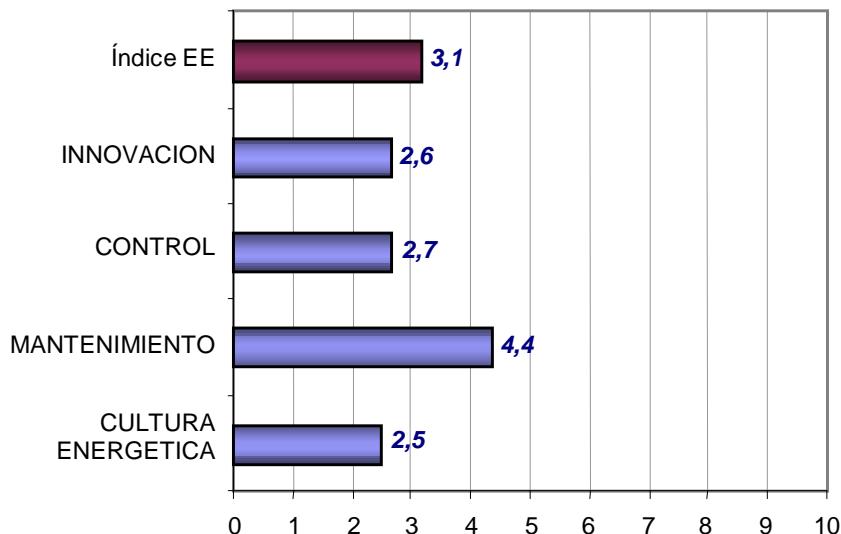


Figura 7. Componentes del Índice de Eficiencia.

Del análisis de estos resultados, se desprende que la pyme española está muy poco concienciada de los beneficios que le reportaría implantar políticas sobre el uso eficiente de la energía.

Como se puede apreciar, el subíndice de Mantenimiento es el que obtiene mejor puntuación (4,4 puntos sobre 10) mientras que el apartado de Cultura Energética es el que obtiene la menor de las valoraciones (2,5 puntos sobre 10). Por

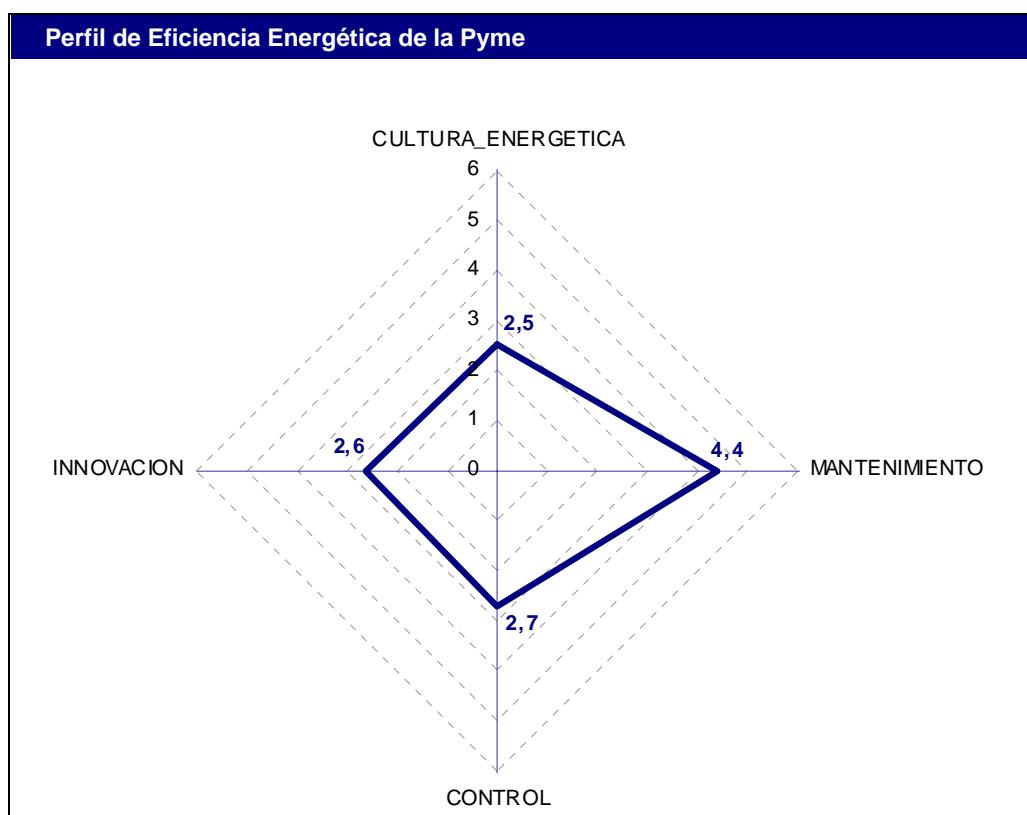
otra parte, salvo 'Mantenimiento', no existen grandes diferencias entre el resto de subíndices.

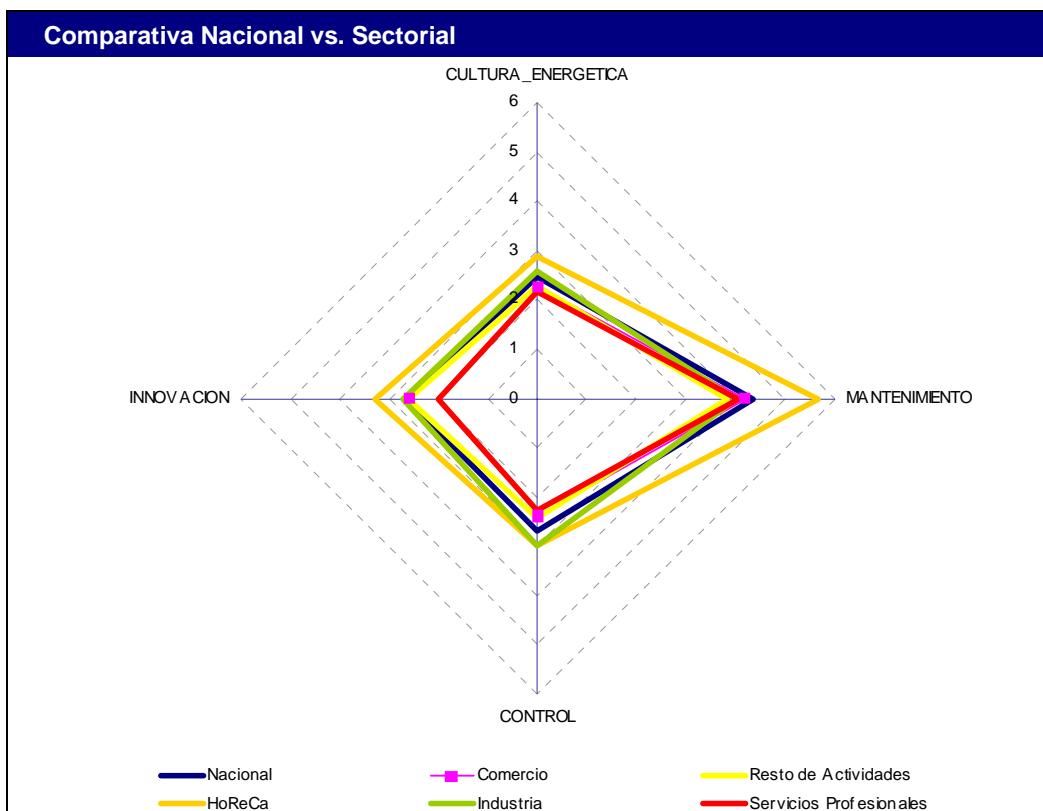
Una vez evaluadas las cuatro áreas que conforman el nivel de eficiencia energética de la pyme, se puede establecer el siguiente perfil de la empresa española:

La empresa española presenta un perfil de Cultura Energética bajo y, por lo tanto, muy adecuado para poder desarrollar acciones encaminadas a mejorar la eficiencia energética de sus organizaciones.

No está especialmente concienciada de los beneficios de implementar políticas de control energético ni de introducir innovaciones (tanto en los aspectos de metodologías de trabajo como en lo que a equipos energéticamente eficientes se refiere).

Sin embargo, sí dedica recursos a la realización de acciones de mantenimiento, generalmente mantenimiento correctivo, de las instalaciones y equipos energéticos.





1.2.6.1. Cultura Energética

El subíndice de 'Cultura Energética' mide el nivel de sensibilidad de la empresa hacia los temas relacionados con la eficiencia energética. En concreto se valora la formación, la información y el grado de compromiso de la Dirección con estos temas.

El subíndice de Cultura Energética alcanza un valor de 2,5 puntos sobre 10, siendo el subíndice que obtiene la puntuación más baja.

A la vista de estos resultados, se puede concluir que existe una muy escasa concienciación y, por lo tanto, un bajo nivel de compromiso en las pymes para mejorar su rendimiento energético.

Si se analiza el apartado de Cultura Energética por sector de actividad, se observa, en primer lugar, que son los sectores 'HoReCa' e 'Industrial' los que obtienen las mejores valoraciones, mientras que 'Comercio' y 'Servicios

Profesionales' se sitúan en las posiciones más bajas con, tan solo, 2,2 puntos sobre 10.

Por otra parte, si se desglosa el sector 'HoReCa' en los dos subsectores que lo componen, se puede observar una diferencia significativa entre el sector 'Hoteles' (3,3 puntos) y el sector 'Restaurantes y Cafeterías' (2,6 puntos).

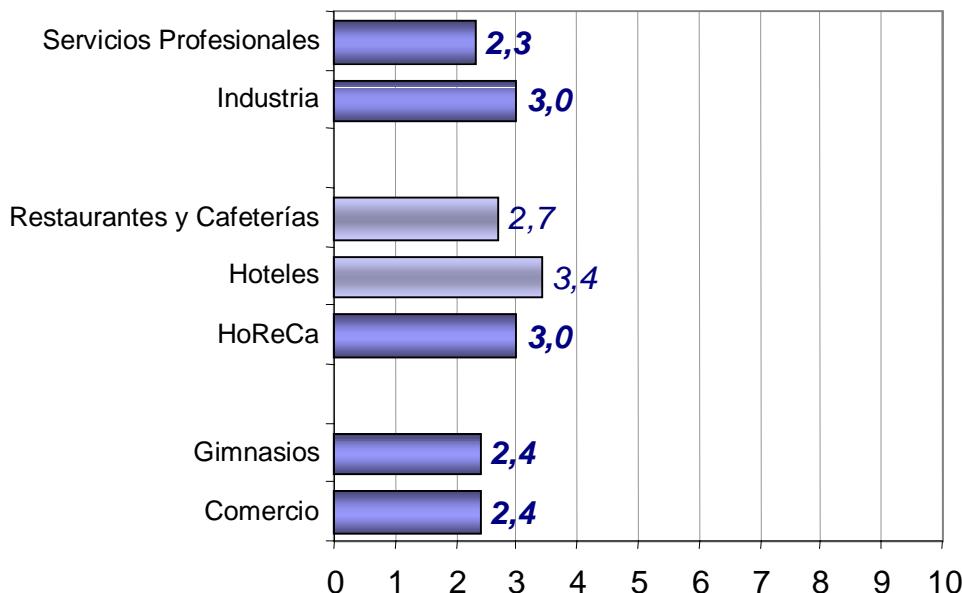


Figura 8. Cultura Energética, valoración por sectores.

El análisis del perfil de Cultura Energética muestra, de nuevo, las grandes diferencias en el comportamiento de las pymes según sea su tamaño, el valor del subíndice de cultura energética aumenta conforme al número de empleados de la empresa.

Se detecta un salto cuantitativo en las empresas de más de cincuenta empleados.

Dentro del apartado de Cultura Energética se han analizado tres factores:

- ✿ El nivel de compromiso de la empresa con la eficiencia energética.
- ✿ La posibilidad de acceso a información relacionada con la eficiencia energética.
- ✿ La formación interna en materia de eficiencia energética.

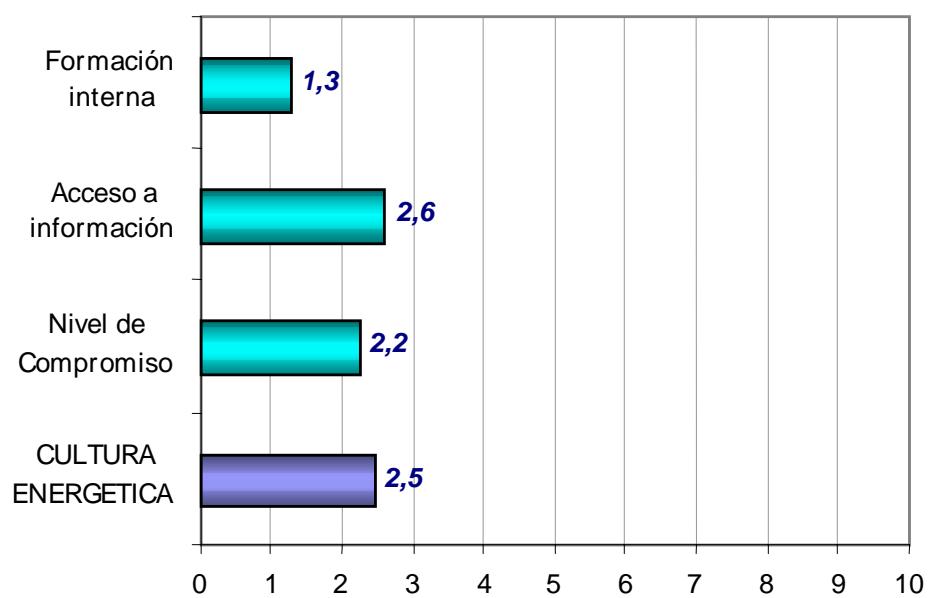


Figura 9. Índice de Cultura Energética por factores.

Una primera lectura de los resultados obtenidos por estos tres indicadores permite extraer las siguientes conclusiones:

- ✿ La formación interna en temas de hábitos y usos eficientes de la energía es prácticamente inexistente, se convierte, por lo tanto, en la asignatura pendiente de la pyme. La valoración de este indicador es de solo 1,3 puntos sobre 10, siendo la puntuación más baja de todos los indicadores del estudio.
- ✿ Como era de esperar, una escasa formación en materia de eficiencia energética, se materializa en un bajo nivel de compromiso (2,2 puntos sobre 10). Lógicamente, si no existe formación no puede haber una puesta en práctica de los conceptos y hábitos energéticamente eficientes.
- ✿ Por último, el acceso a información relacionada con la eficiencia energética, es el indicador que obtiene la mejor valoración de los tres. Aún así, su puntuación es de tan sólo 2,6 puntos sobre 10.

1.2.6.2. Mantenimiento

Para conseguir una máxima eficiencia energética en la empresa, se necesita que todos los equipos existentes dentro de ella, desde la más sencilla de las

lámparas que iluminan un puesto de trabajo hasta la más complicada de los equipos robotizados que puedan existir en la actualidad, funcionen de la forma más eficiente posible. Esto se logrará siempre que se realice el mantenimiento adecuado de dichos equipos, minimizando así averías, bajos rendimientos, etc.

El indicador de ‘Mantenimiento’ trata de medir en qué medida se realiza el mantenimiento de los equipos e instalaciones de energía.

De los cuatro subíndices que conforman el índice Eficiencia Energética el subíndice de ‘Mantenimiento’ obtiene la puntuación más alta (4,4 puntos sobre 10). Cabe destacar que la mayoría de las empresas entrevistadas realizan algún tipo de mantenimiento. Destacan las pymes que realizan un mantenimiento correctivo (52 %) frente a las que realizan un mantenimiento preventivo (33 %).

Como se puede comprobar en la Fig. 10, el análisis sectorial de este subíndice muestra el gran salto cuantitativo que existe entre el sector que obtiene la mayor puntuación ‘HoReCa’ (5,7 puntos sobre 10) y el resto de sectores de actividad.

Cabe destacar también la igualdad obtenida entre los sectores que se engloban dentro del sector ‘HoReCa’. Por otra parte, tampoco existen grandes diferencias entre el resto de sectores de actividad.

A la vista de estos resultados se puede concluir que, tanto el sector ‘Hotelero’ como los ‘Restaurantes y cafeterías’, son los sectores más concienciados de las ventajas que suponen desarrollar acciones de mantenimiento de sus instalaciones de energía.

Si se observa la puntuación del subíndice de ‘Mantenimiento’, atendiendo al tamaño de las empresas, se puede comprobar que todas las empresas, independientemente de su tamaño, realizan acciones de mantenimiento y están, por lo general, muy concienciadas sobre los beneficios de realizar este tipo de acciones.

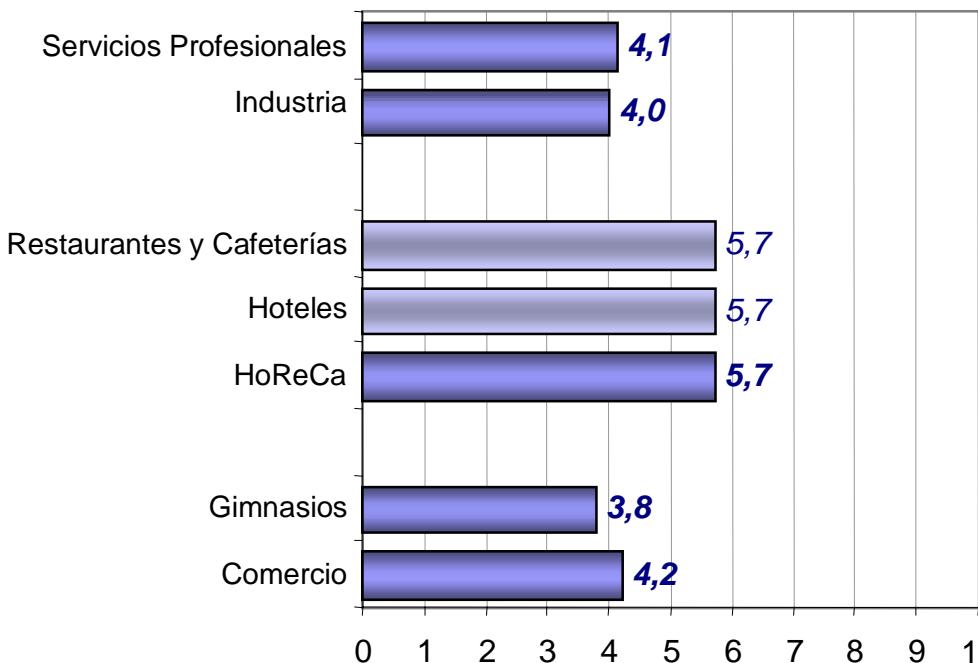


Figura 10. Índice de Mantenimiento por sectores.

Para realizar el estudio del subíndice Mantenimiento, se han analizado los siguientes factores:

- ✿ El conjunto de técnicas y procesos empleados en las acciones de mantenimiento, es decir, la **metodología** de mantenimiento utilizada.
- ✿ La cantidad de **recursos** dedicados a tareas de mantenimiento, tanto personales como técnicos.
- ✿ El grado de importancia que se otorga a las acciones de mantenimiento por parte de la empresa, es decir, su **nivel de compromiso** con este tipo de acciones.

La Fig. 11 muestra las puntuaciones obtenidas por los tres componentes del subíndice 'Mantenimiento'.

Como se desprende de la figura, las empresas realizan acciones de mantenimiento aplicando cierto nivel de metodología y dedicando un determinado número de recursos. Sin embargo, el indicador del 'Nivel de compromiso' de los tres indicadores analizados en este apartado es el que menor puntuación obtiene, 2,6 puntos sobre 10. Por lo tanto, se puede concluir que

aunque las empresas otorgan mucha importancia a las tareas de mantenimiento, este hecho no se ha sido bien comunicado o transmitido al resto de la organización.

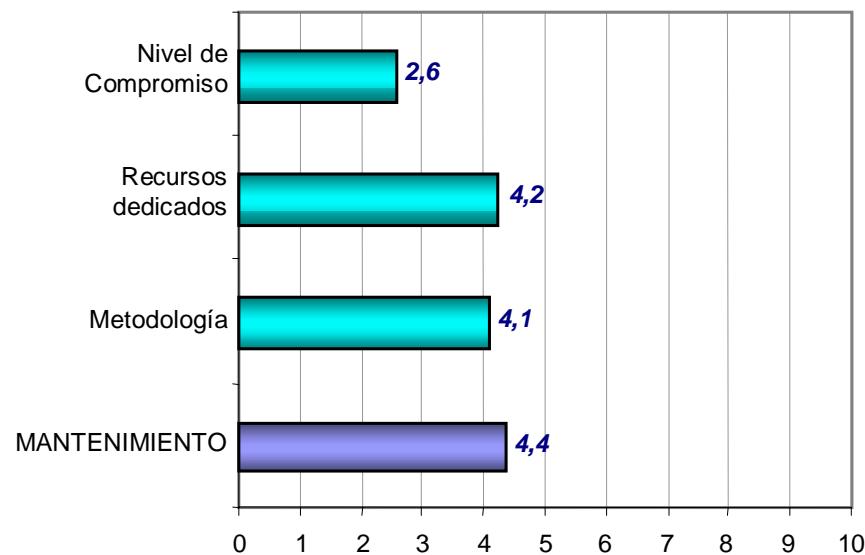


Figura 11. Puntuaciones de los factores de mantenimiento.

1.2.6.3. Control

El indicador de 'Control', mide el grado de disponibilidad que tienen las empresas sobre una serie de datos acerca de cuánto, cómo, dónde y por qué se produce el gasto energético/económico en cada uno de los equipos o procesos consumidores de energía que existan en las empresas.

El conocimiento de estos datos supone conocer dónde se encuentran las posibilidades de mejora en el ámbito de la eficiencia energética y, por lo tanto, donde aplicar los esfuerzos.

La puntuación obtenida por este indicador es de 2,7 puntos.

En el análisis sectorial de este subíndice, el sector 'Hotelero' es el que mejor valoración obtiene (3,4 puntos sobre 10) seguido del sector 'Industria' con 3,0 puntos.

Estos dos sectores son, por lo tanto, los sectores que más concienciados están respecto a los beneficios que supone implantar políticas de control adecuadas sobre las instalaciones energéticas.

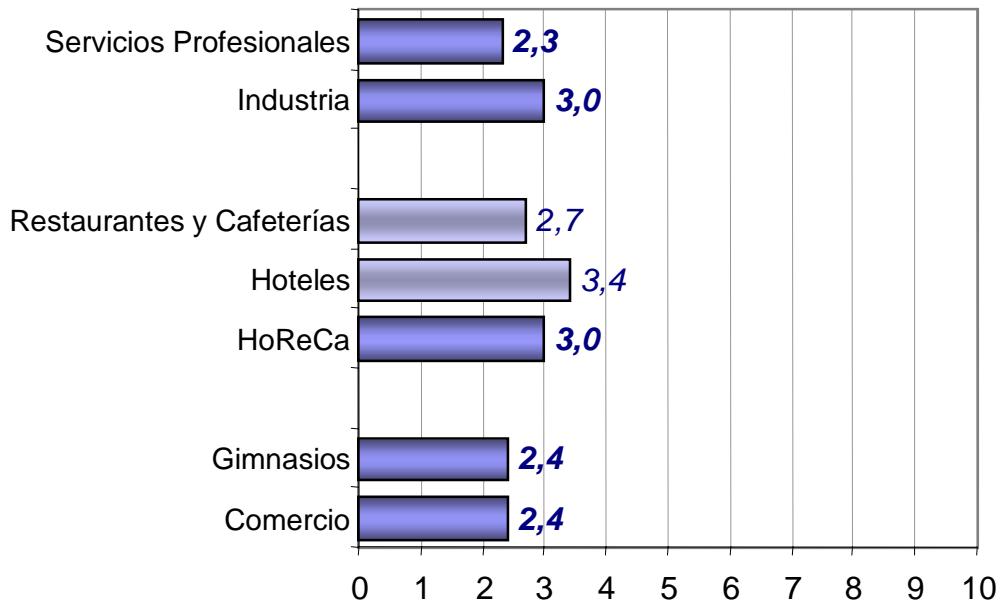


Figura 12. Índice de Control por sectores.

Respecto al análisis según el tamaño de la empresa, sigue la tendencia general del estudio, a mayor número de empleados mayor control.

Son las empresas de más de veinte empleados las que se sitúan con puntuaciones por encima de la media del indicador 'Control', 2,7 puntos sobre 10.

Dentro del apartado de 'Control' se han analizado los siguientes aspectos:

- **Foco y Métrica.** Mide el nivel de adopción del concepto 'ahorro energético' por parte de la Dirección de la empresa, es decir, la mayor o menor importancia que la Dirección de la empresa otorga al ahorro energético.
- **Control Administrativo.** Indicador muy relacionado con el anterior. Es un indicador operativo. Trata de medir en qué manera se controla, maneja y procesa la información sobre consumos desde el punto de vista administrativo.

- ✿ **Recursos y Equipos.** Mide la adecuación de los recursos, humanos y técnicos, dedicados a tarea de monitorización de consumos.
- ✿ **Difusión de Resultados.** Este indicador trata de valorar en qué medida los resultados obtenidos gracias al control, se utilizan para concienciar a los empleados de la utilidad de llevar a cabo acciones de control y medidas de eficiencia energética.

Como se puede observar en la Fig. 13, el indicador 'Difusión de Resultados' es el que obtiene la valoración más baja (2,3 puntos sobre 10), por debajo de la media del subíndice 'Control' (2,7).

A la vista de las valoraciones obtenidas por los indicadores que componen el subíndice 'Control', se puede concluir que las empresas, generalmente, están poco concienciadas de los beneficios que les reportaría desarrollar una política de control de la energía en sus instalaciones (3,1), dedican pocos medios y recursos a actividades de control (3,1) y al control administrativo de los consumos (2,7) y no incluyen, por lo general, en su política de comunicación interna menciones sobre los beneficios obtenidos gracias a las medidas de ahorro y eficiencia energética (2,3).

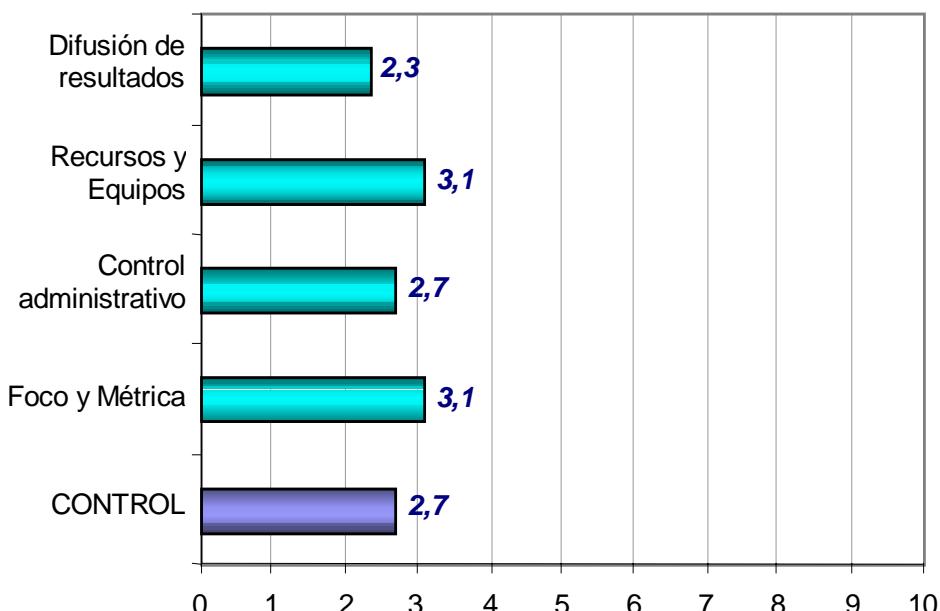


Figura 13. Índice de control por factores.

1.2.6.4. Innovación

Los avances tecnológicos, en todos los campos, implican una mejora en la eficiencia energética ya que suponen mejoras de rendimientos con el fin de conseguir una disminución en los costes de producción.

El subíndice de innovación está relacionado con el grado de actualización de los medios técnicos aplicados en las instalaciones de la empresa, tanto de producción como de servicios generales (iluminación, climatización, etc.).

La puntuación obtenida por el subíndice 'Innovación' es de 2,6 puntos.

En el análisis sectorial de este subíndice, el sector 'Hotelero' es el que mejor valoración obtiene (3,6 puntos sobre 10). Por el contrario el sector 'Servicios Profesionales' es el que se sitúa a la cola de los sectores de actividad en cuanto a la introducción de innovaciones se refiere. No existen diferencias significativas entre el resto de sectores de actividad.

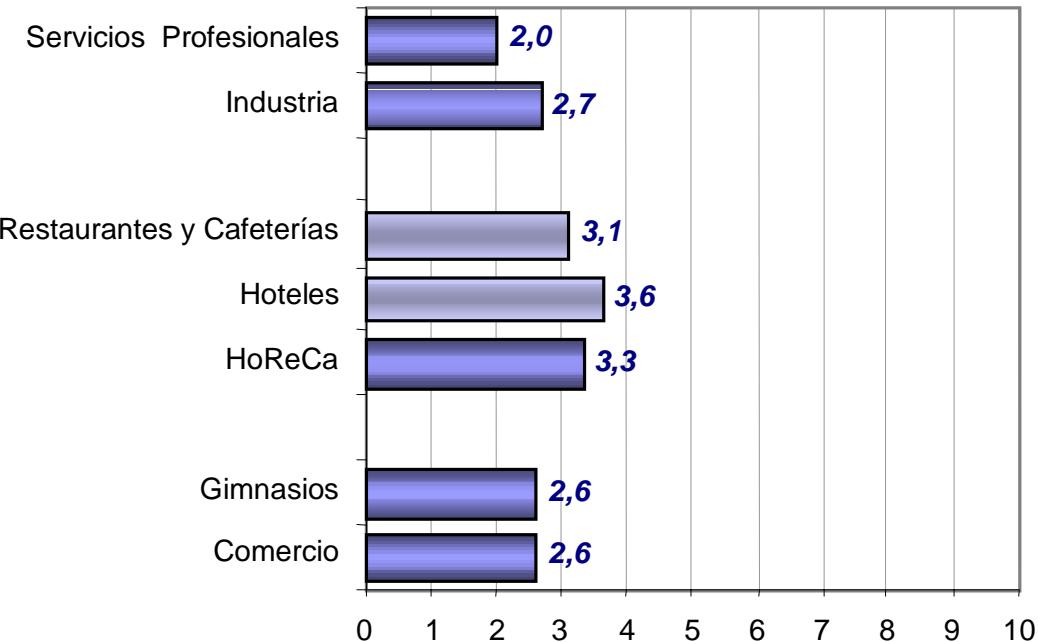


Figura 14. Índice de Innovación por sectores.

Los valores obtenidos por el subíndice 'Innovación' según el número de empleados de la empresa, siguen un comportamiento muy lineal, no existen grandes diferencias de un segmento a otro.

El comportamiento del subíndice sigue la tendencia general, pero en este caso, no se puede definir un salto cuantitativo en ninguno de los intervalos analizados.

El subíndice de 'Innovación' lo componen los siguientes cuatro indicadores:

- ✿ **Metodología.** Mide la capacidad de adopción de nuevas metodologías de trabajo, o la flexibilidad de la empresa para adaptar sus metodologías a los cambios.
- ✿ **Innovación** en equipos. Valora el grado de modernización e innovación tecnológica de los equipamientos consumidores de energía.
- ✿ **Inversión.** Representa la cantidad de recursos económicos invertidos en la modernización de equipos e instalaciones.
- ✿ **Espíritu innovador.** Mide el compromiso por parte de la Dirección de la empresa de estar a la vanguardia tecnológica.

La Fig. 15 muestra las puntuaciones obtenidas por los cuatro componentes de este subíndice.

Como se puede observar, las empresas por lo general no adoptan nuevas metodologías de trabajo (o son poco flexibles para adaptarse a los cambios) (1,7 puntos sobre 10), mientras que el nivel de compromiso por estar en la vanguardia tecnológica es bajo (1,9).

Por otra parte, aunque las puntuaciones obtenidas también son bajas, los indicadores mejor valorados están relacionados con la inversión. 'Recursos

económicos' obtiene una puntuación de 3,1 puntos sobre 10 mientras que el indicador de 'Innovación en equipos' llega a 3,3 puntos.

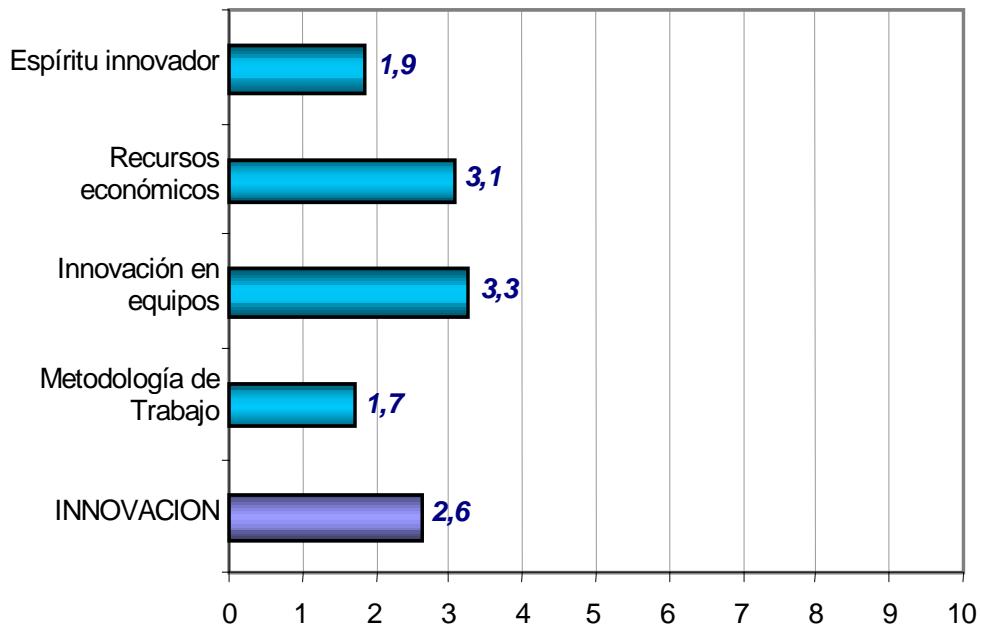


Figura 15. Índice de Innovación por factores.

1.2.7. Conclusiones

Las principales conclusiones que se desprenden de la Edición 2005 del estudio de 'Eficiencia Energética de la Pyme' son:

- ✿ Los resultados reflejan un importante potencial de mejora en la competitividad de las empresas trabajando los puntos débiles identificados en el estudio.
- ✿ El mantenimiento y la explotación de equipos consumidores de energía son las áreas analizadas con mejor valoración, que podrían mejorarse aún más incorporando criterios de ahorro energético.
- ✿ La contabilidad energética de las empresas es un área de mejora claramente identificada.

- La formación en materia energética es un factor clave para afianzar la cultura energética y realizar un uso más racional de la energía.
- Se detecta una baja utilización de servicios energéticos (auditorías y diagnósticos) y tecnologías eficientes (iluminación de bajo consumo, baterías de condensadores, etc.) que permitan optimizar el uso de la energía.

A continuación se presentan las conclusiones por cada subíndice analizado.

1.2.7.1. Cultura Energética

- Existe un desconocimiento generalizado, en todos los sectores de actividad analizados, del tipo de contrato 'contratado' en materia energética (tarifa/mercado). El 44 % de los entrevistados desconoce el tipo de contrato de electricidad que tiene. Este desconocimiento se hace todavía más latente en el caso del gas, (el 91,4 % desconoce qué tipo de contrato de gas tiene).
- Sólo el 20 % de las empresas analizadas están realizando acciones de ahorro energético. Un 60 % de las empresas no tiene previsto hacerlo en el corto/medio plazo. El sector hotelero destaca del resto con un 35 % de empresas que manifiesta tener en marcha acciones de ahorro energético.
- Menos de un 20 % de los empleados de las empresas entrevistadas tiene conocimientos de eficiencia energética.
- El grado de conocimiento sobre programas y subvenciones en materia de ahorro energético es bajo (4 puntos sobre 10). Sólo el 7 % de las empresas ha intentado participar en estos programas y subvenciones en los últimos tres años. El sector hotelero (17 %) e Industrial (11 %) destacan al alza frente a Servicios Profesionales (5 %).
- El grado de implantación de los sistemas de gestión de calidad/medio ambiente en las empresas analizadas es muy bajo: ISO 9001 (11 % de las

empresas manifiestan tenerlo implantado), ISO 14001 (6 %), Reglamento EMAS (1 %).

1.2.7.2. Mantenimiento

- ✿ El 52 % de las empresas realiza un mantenimiento correctivo, un 33 % mantenimiento preventivo, sólo un 11 % realiza mantenimiento predictivo, mientras que los mantenimientos RCM (Mantenimiento Basado en la Fiabilidad) (3 %) y TPM (Mantenimiento Productivo Total) (2 %) son prácticamente marginales. Llama la atención el sector hotelero donde el porcentaje de mantenimiento preventivo (44 %) supera al correctivo (41 %).
- ✿ Sólo un 14 % de las empresas dedican herramientas informáticas para gestionar y controlar el consumo energético. No existen grandes diferencias significativas en el análisis sectorial.
- ✿ Respecto al estado general de las instalaciones, la valoración otorgada por las empresas es de 7,5 puntos sobre 10. Todos los sectores obtienen la misma puntuación, por lo que se puede concluir que las empresas consideran el estado actual de sus instalaciones como bastante satisfactorio.

1.2.7.3. Control

- ✿ El 80 % de las empresas entrevistadas manifiesta que no ha realizado optimización alguna de su tarifa energética o ha pasado a suministro liberalizado durante el último año. El sector Servicios Profesionales parece ser el sector que demuestra menor preocupación por el tema (90 % no ha realizado optimización) y el sector Hotelero el más concienciado, (27 % de los entrevistados manifiestan haber realizado optimización de su tarifa durante el último año).
- ✿ Únicamente el 9 % de las empresas han contratado una auditoría o asesoría energética en los últimos tres años. Los sectores de Industria (11 %) y Hoteles (17 %) destacan al alza, mientras que Servicios Profesionales (5 %) a la baja.

- Un 74 % de las empresas manifiesta no realizar control alguno para identificar excesos de consumo. No existen grandes diferencias sectoriales, salvo en el sector hotelero donde el porcentaje de empresas que no identifica los excesos desciende hasta el 58 %.
- Únicamente un 45 % de las empresas entrevistadas dispone de personal encargado de planificar, controlar y evaluar el consumo energético. En el sector hotelero, este porcentaje alcanza el 59 % mientras que en el sector Servicios Profesionales, únicamente llega al 38 %. Si analizamos este aspecto por el tamaño de la empresa, se puede comprobar como el número de empresas que dispone de personal encargado para estas tareas aumenta conforme aumenta.

1.2.7.4. Innovación

- Las empresas, por lo general, no utilizan sistemas de regulación de la iluminación:
 - Detectores de presencia: 10 %
 - Interruptores temporizados: 25 %
 - Dimmer* (variador de intensidad de luz): 3 %
 - Sensor de luz ambiental: 3 %
 - Reloj astronómico para alumbrado exterior: 7 %
- Cabe destacar la muy escasa utilización de energías renovables:
 - Energía solar térmica: 2,1 %
 - Energía solar fotovoltaica: 0,5 %
 - Eólica: 0,3 %
 - Biomasa: 0,2 %.

2.1. Introducción

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

De la diversidad de Instalaciones Deportivas que pueden acoger los Centros Deportivos, así como el catálogo de servicios que en ellas se ofrecen 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.

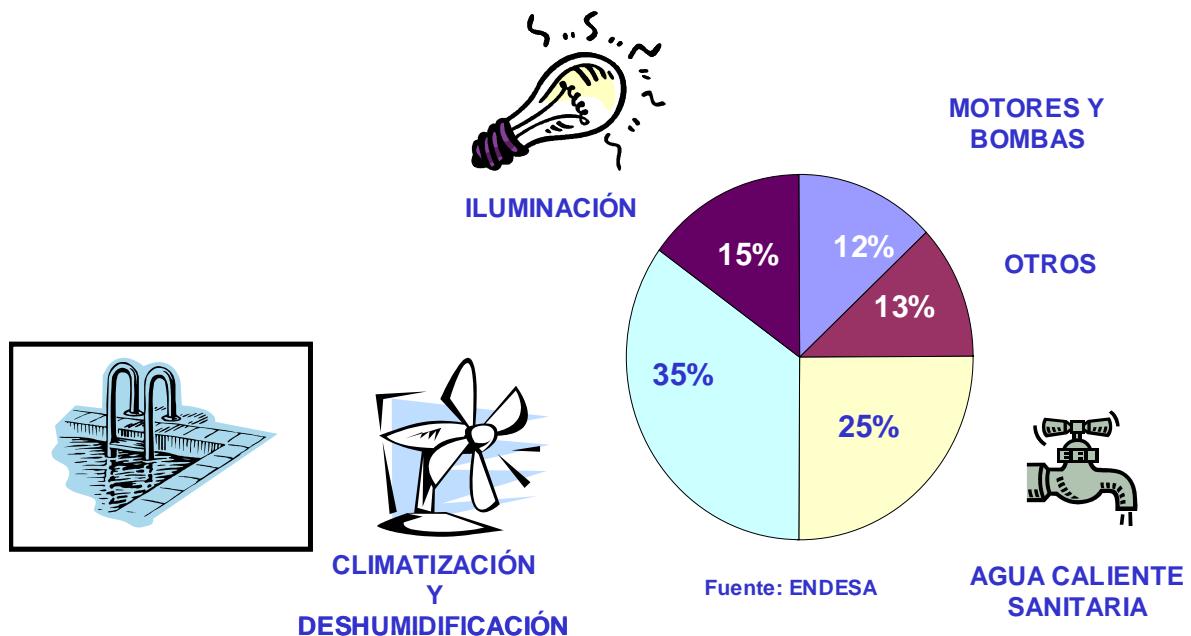


Figura 2. Porcentaje de consumo de energía de las distintas aplicaciones.

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

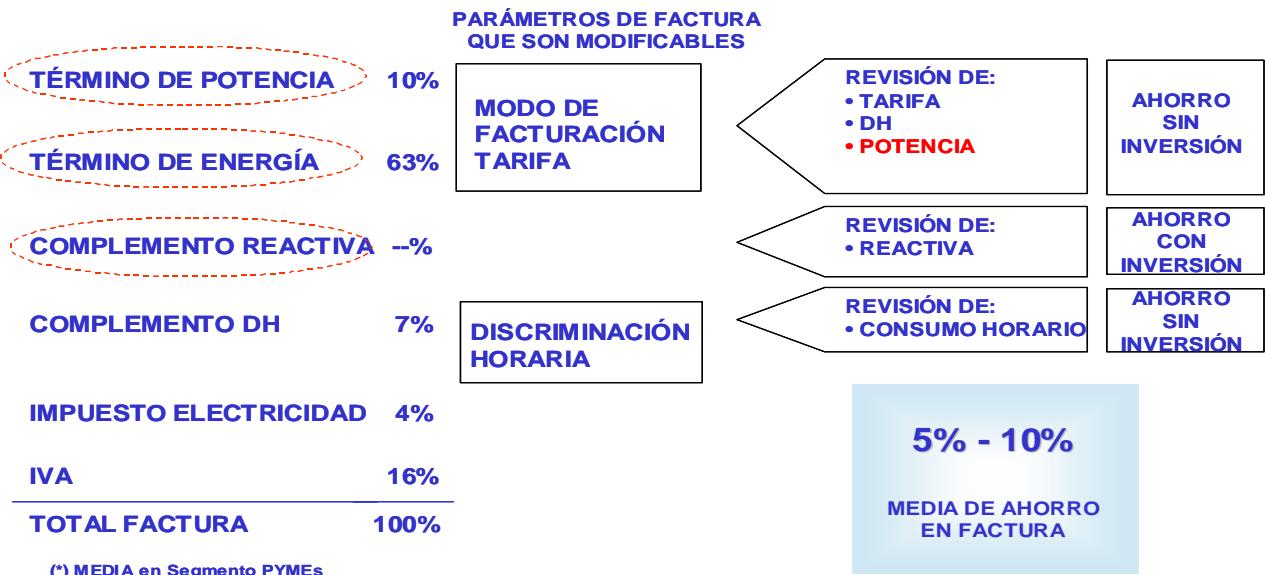
□ OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES

ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES.

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

2.2. Optimización tarifaria

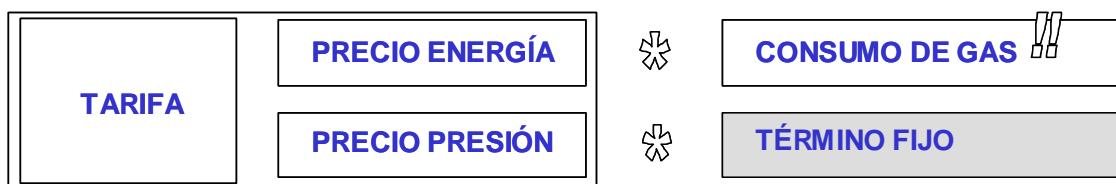
Para conseguir una adecuada optimización en las tarifas en la factura eléctrica, se han de identificar los conceptos en los cuales se pueden obtener mayores ahorros, en el caso de la energía eléctrica:



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

TÉRMINOS EN FACTURA:

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



- LA TARIFA DEPENDE DEL CONSUMO.**
- A MAYOR CONSUMO, MEJOR TARIFA.**

2.2.1. Mercado Liberalizado: Gas y Electricidad

Aspectos más relevantes de la contratación en el Mercado liberalizado:

- ✿ PRECIO: el precio no está fijado por la administración y la oferta varía en cada comercializadora.
- ✿ ELECCIÓN: la elección de la comercializadora debe basarse en el Catálogo de Servicios adicionales, además del Precio.
- ✿ CÓMO CONTRATO?: La comercializadora elegida gestiona el alta del nuevo contrato.

En todo caso se ha de tener en cuenta:

- ✿ Con el cambio de comercializadora **NO** se realiza ningún corte en el suministro.
- ✿ Los contratos suelen ser anuales.
- ✿ Se puede volver al mercado regulado.
- ✿ La comercializadora gestiona las incidencias de suministro, aunque es la distribuidora la responsable de las mismas.

2.3. Optimización de instalaciones

2.3.1. Estudio del consumo

El coste derivado del consumo de energía es susceptible de ser minorado a través de la optimización de las instalaciones que se encuentran en los centros deportivos.

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.

2.3.1.1. 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 energía eléctrica y energía térmica, demandada por una instalación deportiva, depende de varios factores: del tipo de instalación, de su situación, categoría, los servicios que ofrece, etc.

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

TABLA 1. Instalaciones, consumos y costes medios de gimnasios *versus* polideportivos.

	INSTALACIÓN TÍPICA GIMNASIO	INSTALACIÓN TÍPICA POLIDEPORTIVO
INSTALACIONES	SALAS GIMNASIO VESTUARIOS	SALAS GIMNASIO VESTUARIOS CANCHAS INTERIORES PISCINA CLIMATIZADA
APLICACIONES ENERGÉTICAS	ILUMINACIÓN ACS CLIMATIZACIÓN OTROS	CLIMATIZACIÓN PISCINA DESHUMIDIFICACIÓN ILUMINACIÓN ACS OTROS
ENERGÍAS	ELECTRICIDAD GAS	ELECTRICIDAD GASOIL GAS
CONSUMO (*) MEDIA SECTORIAL	120.000 kWh/año	800.000 kWh/año
COSTE (*) MEDIA SECTORIAL	13.000 € / año	80.000 € / año

2.3.1.2. Distribución del consumo energético

Generalmente las instalaciones deportivas consumen, por una parte, energía eléctrica, para 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, las instalaciones deportivas consumen algún 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).

A la hora de realizar la distribución del consumo energético en las instalaciones deportivas, 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, ya que existe una gran variedad en los porcentajes de consumo de los diferentes servicios que suministra una instalación deportiva, debido a estos factores.

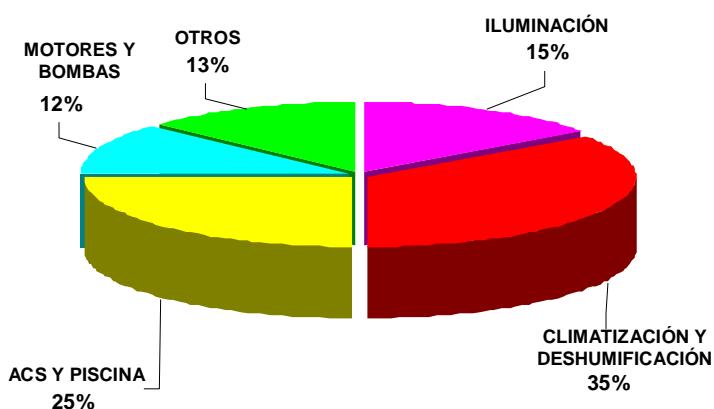


Figura 3. Porcentaje de consumos energéticos medios.

Como se puede observar es sin duda la partida de calefacción y aire acondicionado la principal consumidora de energía de una instalación deportiva, por lo tanto, los principales esfuerzos de los empresarios de centros deportivos 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 de una instalación deportiva. Este consumo de energía eléctrica es variable a lo largo del año, presentando generalmente las instalaciones deportivas una demanda ligada al grado de ocupación e influenciada también por la demanda de aire acondicionado.

En la figura siguiente 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 / SEM
APERTURA INSTALACIONES/ AÑO:	11 MESES / AÑO
HORAS FUNCIONAMIENTO/ AÑO:	4.500 h / AÑO

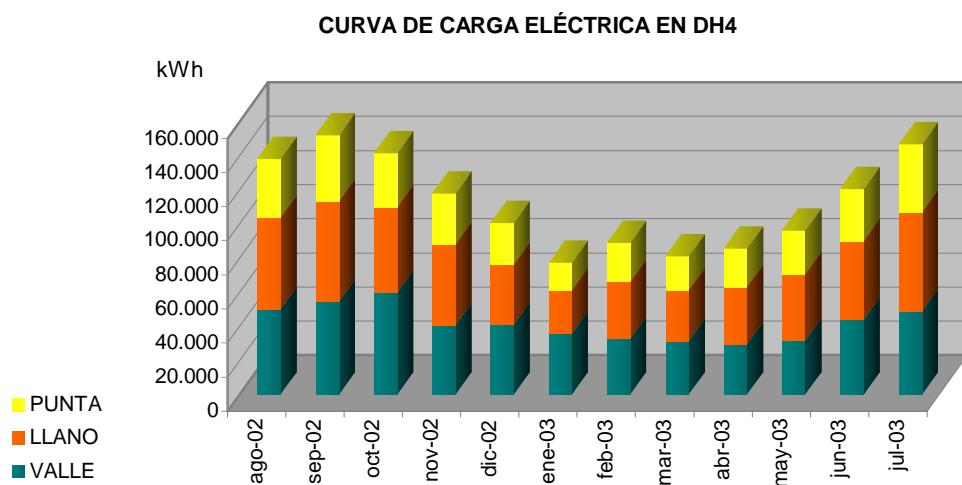


Figura 4. Consumos eléctricos mensuales según períodos.

Consumo de energía térmica

Como se ha comentado anteriormente, los principales servicios que generalmente requieren de un suministro térmico son los siguientes:

- ✓ Calefacción.
- ✓ Climatización de duchas, vestuarios y otras dependencias (temperatura confortable elevada).
- ✓ Agua caliente sanitaria (ACS).
- ✓ Piscina climatizada.

A continuación se presenta 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:	20662 l/día										
Temperatura media del agua fría:	12,3 °C										
T ^a de suministro del agua caliente:	50 °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 del 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. 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 incrementa, debido a la utilización de la calefacción del edificio.

Los datos de los cálculos se han ajustado, teniendo en cuenta los datos de consumo de combustible proporcionados por el cliente (en kg de GLP):

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

2.3.2. 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 óptimo cuando el confort de los distintos ambientes y el consumo estén en la proporción adecuada.



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

2.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en instalaciones deportivas

Como ya se ha comentado anteriormente, la creciente preocupación por el confort en los establecimientos deportivos y la necesidad de dar respuesta a las elevadas demandas de los usuarios, ha 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 podemos:



Figura 5. Piscina climatizada interior.

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

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

TABLA 3. Mejoras potenciales y estimación del ahorro en sistemas de equipamiento de una instalación deportiva.

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Calderas (Gas/Gas- Oil)	Optimización de la combustión.	Mediante análisis de la composición de los humos de escape.	Ahorro en combustible. Reducción de la factura.	15
	Aprovechamiento calores residuales.		Utilización del calor para ACS/Calefacción.	25
Calderas de vapor	Optimización de la combustión.	Mediante análisis de la composición de los humos de escape.	Ahorro combustible.	15
	Recuperación de calor y automatización de purgas.	Recuperación de calor de humos según combustible.	Utilización de ACS/calefacción o frío por absorción.	10
Climatización (bombas de calor)	Reinyección de condensados.	Reinyección de condensados.	Ahorro de agua y combustible.	15
	Aumento del rendimiento de la máquina y recuperación de calor para ACS.	Mediante balance energético (energía entrante = saliente).	Reducción en el consumo eléctrico. Producción de ACS para consumo.	40
Motores eléctricos	Disminución de la potencia de arranque (Mediante curva de arranque controlado por rampa).	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Optimización de la potencia de contrato, reduciendo el coste de la factura.	15
Bombas circulación fluidos (general)	Optimización del consumo eléctrico, según la presión del agua.	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica.	15
Bombas circulación agua piscinas	Optimización del consumo eléctrico, según la obturación (sucedad) de los filtros de arena.	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	15
Bombas agua climatización	Optimización del consumo eléctrico, según la diferencia de temperatura ida y retorno.	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste de la factura eléctrica.	15
Motores general	Motores alto rendimiento.	Motores especiales de alto rendimiento.	Disminución del consumo eléctrico.	20
Compresores de aire	Utilización del calor sobrante de la refrigeración de los compresores.	Reutilización del aire caliente.	Reducción del consumo eléctrico /gas para la climatización. Reducción del coste en la factura eléctrica /gas.	30
Máquinas de frío industrial	Reaprovechamiento del calor que se lanza a la atmósfera, para ACS, climatización, etc.	Funcionamiento mediante variador de frecuencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste de la factura.	15
		Colocación de intercambiadores de calor.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica, gas, Gas- Oil.	25
Iluminación: zonas auxiliares	Pasillos, lavabos, sótanos etc. Reducción del tiempo de uso.	Incorporando temporizadores/detectores de presencia	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	60
Lámparas dicroicas	Reducción del consumo eléctrico (reducción de la potencia).	Cambio por lámparas dicroicas IRC de menor potencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica.	80
Iluminación Exterior	Optimización del consumo.	Lámparas compactas de bajo consumo. Cambio de lámparas de vapor de sodio de alta presión.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica.	40

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Iluminación Interior (fluorescentes)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio de las reactancias convencionales por balastos electrónicos de alta frecuencia.	Disminución del consumo eléctrico, y de la potencia. Reducción del coste en la factura eléctrica.	20
Iluminación Interior (incandescencia)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido.	Cambio a lámparas de bajo consumo.	Disminución del consumo eléctrico y de la potencia. Reducción del coste en la factura eléctrica.	85
Agua:	Reducción consumo de agua	Instalación de limitador de caudal.	Reducción del consumo eléctrico o gas.	20
	Reducción del consumo de ACS, mediante desplazamiento del grifo monomando.	Sustitución de los grifos convencionales por grifos monomando especiales.	Reducción del coste en la factura eléctrica o gas.	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
Piscinas	Reaprovechamiento del agua para riego.	Tratamiento con filtros de arena y de carbón activo.	Ahorro en el agua de riego. Reducción del coste en la factura de agua.	10
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. Reducción del coste en la factura eléctrica o gas.	25
Evaporadores en cámaras frigoríficas y de congelación	Automatizar el desescarche.	Medición automática del hielo en las aletas de los evaporadores. Puesta en marcha de las resistencias.	Reducción del consumo eléctrico.	3

2.3.3.1. 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 %.



Figuras 6 y 7. Iluminación en instalaciones deportivas exteriores e interiores.

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 lumínica.
- ✿ **Luminaria:** aparato cuya función principal es distribuir la luz proporcionada por la lámpara.
- ✿ **Equipo auxiliar:** muchas fuentes de luz no pueden funcionar con conexión directa a la red, y necesitan dispositivos que modifiquen las características de la corriente de manera que sean aptas para su funcionamiento.

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

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

- ✿ **Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos**

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

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

En la Tabla 4 se muestra como varía el consumo energético en un tubo fluorescente de 58 W, al sustituir el balasto convencional por un balasto de alta frecuencia.

TABLA 4

COMPARACIÓN ENTRE BALASTRO 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)	102 W
Balasto Convencional	11 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 permite adaptar el nivel de iluminación a las necesidades.

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 de alta presión son hasta un 35 % más eficientes que los tubos fluorescentes con 38 mm de diámetro, aunque presentan el inconveniente 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 5. Equivalencia entre fluorescentes compactas e incandescentes.

EQUIVALENCIAS 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

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 6. Comparativa de los costes y rentabilidad entre lámparas compactas e incandescentes.

COSTES COMPARATIVOS ENTRE LÁMPARA COMPACTA E INCANDESCENCIA		
	LÁMPARA INCANDESCENCIA DE 75 W	LÁMPARA COMPACTA DE 15 W
Potencia consumida	75 W	15 W
Flujo luminoso	900 lm	960 lm
Duración	1000 horas	8000 horas
Precio de la energía eléctrica	0,072 €/kWh	
Precio de compra estimado	0,60 €	18 €
Costes funcionamiento (8000 horas)	49,20 €	16,60 €
AHORRO ECONÓMICO	66 %	
PLAZO DE AMORTIZACIÓN	2800 horas de funcionamiento	

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

TABLA 7. Ahorro energético por sustitución de lámparas.

AHORRO ENERGÉTICO POR SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS		
SUSTITUCIÓN DE	ALUMBRADO EXTERIOR 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%
SUSTITUCIÓN DE	ALUMBRADO INTERIOR 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 de la habitación, el tamaño y la localización de ventanas y claraboyas, de los vidriados utilizados y de las sombras externas. Estos factores dependen generalmente del diseño original del edificio.

Un diseño cuidadoso puede producir un edificio que será más eficiente energéticamente y que tendrá una atmósfera en su interior más agradable.



Figura 8. Aprovechamiento de luz diurna en instalaciones deportivas.



Figura 9. Aprovechamiento de luz diurna en instalaciones deportivas.

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

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

✿ Sistemas de control y regulación

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

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

2.3.3.2. 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 8. Ahorros de energía en las instalaciones de calefacción con aplicaciones de mejora de eficiencia energética.

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

Características constructivas

Para unas condiciones climatológicas determinadas, la demanda térmica de unas instalaciones deportivas 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 habitación pueda llevarse a la temperatura de confort en pocos minutos.

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



Free-cooling

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

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

Ejemplo: una cancha de baloncesto con 600 m², en una instalación deportiva.

TABLA 9. Ahorros energéticos con *free-cooling*.

AHORRO ENERGÉTICO CON FREE-COOLING	
APLICACIÓN	CANCHA DE 600 m ²
Potencia frigorífica instalada	500.000 frig/h
Horas funcionamiento Free-cooling	400 h/año
Ahorro energético	93.023 kWh/año
Coste energía eléctrica	0,078 € kWh
AHORRO ECONÓMICO	7.256 €/año

◆ 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.



Figura 10. 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.

La aplicación de las bombas de calor en algunos sectores es habitual. El rendimiento de las bombas de calor (COP) es del orden de entre 2.5 y 4, rendimiento que está muy por encima del de una caldera de combustible, por lo que, aunque la electricidad tiene un precio más elevado, estos equipos en muchos casos representan una alternativa más competitiva que la utilización de calderas para la producción del calor, dependiendo del coste del combustible utilizado.

La utilización de bombas de calor puede resultar especialmente interesante en instalaciones 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.

TABLA 10. Clasificación de las bombas de calor según el medio de origen y destino de la energía.

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

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 enfriá 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.

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

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

Optimización del rendimiento de las calderas

Las calderas de agua caliente son el sistema más utilizado para la calefacción de las 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.



Figura 11. Calderas para agua caliente.

Se estima que la combinación de sobredimensionamiento, pérdidas en posición de espera y bajo rendimiento, resulta en un rendimiento global

anual inferior en un 35 % al de las calderas nuevas, correctamente dimensionadas e instaladas.

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

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

◆ **Calderas de baja temperatura y calderas de condensación**

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

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

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

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

◆ **Sustitución de gasóleo por gas natural**

Como se ha comentado anteriormente, el combustible utilizado principalmente por el sector de instalaciones deportivas es el gasóleo. A medida que van extendiéndose las redes de distribución de gas natural, este

combustible va adquiriendo una mayor implantación, debido a las claras ventajas de su aplicación, tanto a nivel energético y económico, como a nivel medioambiental.

CAMBIOS DE GASÓLEO A GAS NATURAL

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

2.3.3.3. Agua caliente sanitaria

Las necesidades de agua caliente sanitaria (ACS) representan una parte importante del consumo energético de las instalaciones deportivas, tal y como veíamos con anterioridad, 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 de duchas y baños, que reducen el caudal suministrado sin perjuicio de la calidad del suministro, también llevan importantes ahorros energéticos debido a que disminuye notablemente el caudal de agua a calentar, con una reducción que en algunos de estos equipos alcanza valores del orden del 50-60 % del consumo de agua.

Otra medida de ahorro en este concepto consiste en la instalación de válvulas termostáticas para la limitación y regulación de la temperatura del ACS,

con lo cual se evitan las pérdidas de agua caliente por ajuste de la temperatura del grifo.

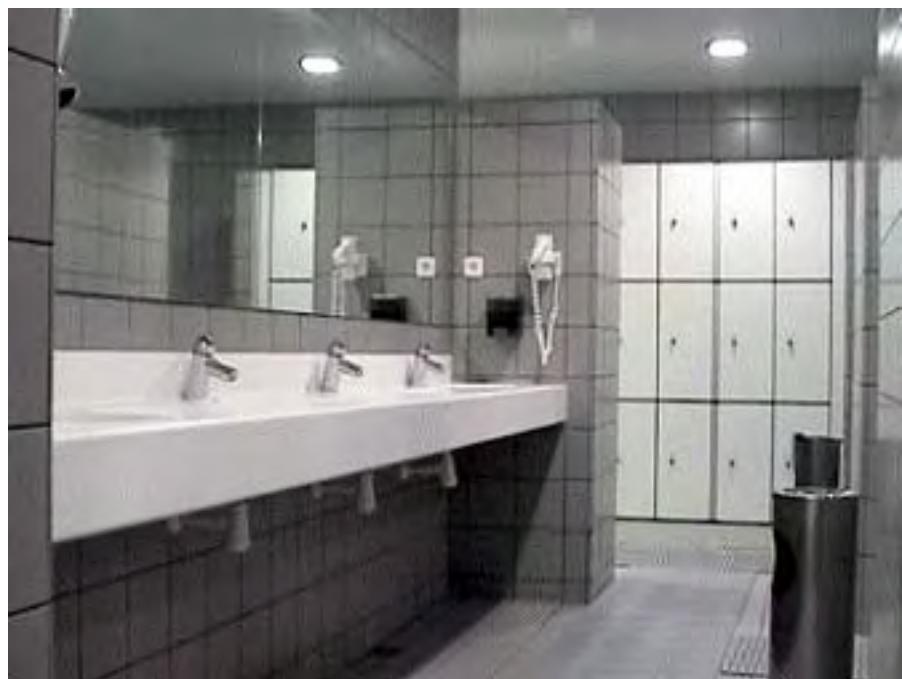


Figura 12. Equipamiento de agua caliente en vestuarios.

TABLA 11. Porcentaje de ahorro de energía en una instalación de agua caliente.

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

RECOMENDACIONES DE AHORRO EN LA PRODUCCIÓN DE ACS

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



Ahorro de agua

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

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

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

MEDIDAS PARA EL AHORRO DE AGUA

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

La Tabla 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 del posible ahorro económico anual que se obtendría con la aplicación de las anteriores medidas.

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

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



Ahorro en bombeo

El consumo eléctrico para el bombeo de agua puede llegar a ser una partida importante dentro del consumo energético de un gimnasio, sobre todo en edificios altos. Para que una instalación de bombeo funcione

satisfactoriamente desde el punto de vista energético, es necesario que haya sido dimensionada correctamente.

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

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

TABLA 13. Variaciones en el bombeo de agua.

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

2.3.4. Gestión y mantenimiento energético

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

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

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

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

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

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

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

BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

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

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

En el caso de las 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.

2.3.5. 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.

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

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

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

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

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

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

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

2.3.5.1. 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.

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

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

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

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

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

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

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

2.4. Conclusiones

El beneficio empresarial es el objetivo de toda actividad económica privada. El incremento de la competencia hace cada vez más difícil aumentar las ventas; sin embargo, no es el único camino para conseguir mejoras en el ansiado beneficio. El recorte de costes 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 una mayor eficacia en esta misión. Por ello, los Centros Deportivos

deben tener en cuenta que, pese a ser una actividad no industrial sino de servicios, están sometidos a importantes consumos energéticos para mantener no sólo las instalaciones, sino un elevado nivel de confort en consonancia con dichos servicios. El ahorro energético que se puede conseguir con una combinación de actuaciones sobre diferentes puntos ayudará al gestor a incrementar la rentabilidad de su 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 eficacia con el menor esfuerzo económico.

Las actuaciones recomendadas se han fundamentado sobre la propia tarifa energética y sobre las instalaciones deportivas.

Parece una obviedad el recomendar antes de nada una revisión de la factura energética, pero es fundamental conocer el punto de partida para establecer un objetivo. Y ese objetivo tiene una sola finalidad: el ahorro. Las necesidades varían a lo largo de la vida empresarial y es muy probable que una atenta revisión permita una selección de la tarifa más adecuada para el momento actual. Por otra parte, el consumo diario no es constante a lo largo de la jornada por lo que el componente horario determinará las necesidades reales en cada momento del día. Una adecuada Asesoría Tarifaria ayudará a encontrar la tarifa más adecuada tanto en el Mercado Regulado, como en el Mercado Liberalizado.

El siguiente punto en cuestión es el de las instalaciones: depuración de piscinas, climatización, deshumidificación del ambiente, etc., son necesidades específicas del sector de Centros Deportivos que consumen energía. Se ha podido observar que sobre los múltiples equipamientos con los que cuentan este tipo de instalaciones es posible actuar de forma individualizada para conseguir la eficiencia energética de las mismas y lograr aumentar la vida de los equipos. No hay que olvidar que la instalación y, por tanto, el entorno debe ser el adecuado para los

servicios prestados; en consecuencia, debe responder a las necesidades buscando siempre la optimización energética en las instalaciones.

En cualquier caso cada cliente es un mundo con unas necesidades muy específicas y que demanda una atención personalizada.

Por eso Endesa, no sólo identifica minuciosamente a cada uno de sus clientes, sino que establece con ellos una relación de compromiso en la que la versatilidad de su gama de productos es la clave fundamental para ofrecerles el servicio que necesitan.

Pero, también queremos que obtengan el máximo ahorro posible, por eso, la Auditoría Energética es el vehículo más adecuado para conocer nuestras necesidades y las posibilidades de mejora que Endesa pone a su disposición. Dichas mejores algunas de las cuales 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.

3.1. Antecedentes

La escasez de recursos naturales en nuestro planeta dicta una serie de medidas de precaución que el ser humano debe adoptar para evitar el agotamiento prematuro de los mismos, y preservar el medio ambiente en el que se desarrolla, tanto su vida, como la de las especies que coexisten con él.

De entre esos recursos, los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural), son de los máspreciados, dado que son los más utilizados en múltiples instalaciones y dispositivos que el hombre emplea para: uso residencial, la industria y el transporte, tanto propio, como de mercancías.

Esta escasez hace que el hombre deba prestar una especial atención a preservar dichos recursos, pero además viene a añadirse a esta circunstancia, el hecho de que cada vez que utiliza los mismos, en su combustión se producen sustancias tóxicas tales como el dióxido de carbono, los anhídridos sulfurosos, etc., y en cantidades tan importantes que ni la contribución de las especies vegetales al equilibrio natural del medio ambiente es capaz de contrarrestar. De la generación de dichas sustancias tóxicas se derivan perjuicios de muy diversa índole para el ser humano y las especies animales y vegetales. De sobra conocidos son los fenómenos del efecto invernadero, la formación de suspensiones de agentes tóxicos en la atmósfera (lluvias ácidas) y otros contaminantes.

3.2. Directivas, Códigos, Leyes y Reglamentos sobre la Eficiencia Energética

A la vista de lo anterior, resultaba evidente que la Sociedad tenía que protegerse y proteger a las especies que conviven con el hombre, y consciente de

ello, ha redactado una serie de Directivas, Códigos, Leyes, Reglamentos y Normas para acomodar el consumo excesivo de los recursos escasos a las verdaderas necesidades, evaluando, limitando y primando el empleo de fuentes de energía alternativas y sobre todo renovables, a la par que desarrollando sistemas eficientes energéticamente para responder a las necesidades vitales.

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.

3.2.1. Norma UNE 12464-1 relativa a “Iluminación de los lugares de trabajo en interior”

Afortunadamente, en Septiembre de 2002 se aprobó 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, o el control estricto del deslumbramiento producido por las fuentes de luz, o incluso el modo de evitar deslumbramientos reflejados en las pantallas de ordenadores.

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

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.

Seguir estas pautas es cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual y al mismo tiempo crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.

3.2.2. Norma UNE 12193 relativa a "Iluminación de instalaciones deportivas"

A esta norma, como a la anterior, debe acudirse en el origen de todos los proyectos de iluminación para iluminación de instalaciones deportivas. Recomienda el cumplimiento no sólo cuantitativo (iluminancias y uniformidades) sino también cualitativo (deslumbramiento y de nuevo rendimiento en colores)

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

- Alumbrado Clase I: Competición del más alto nivel.
- Alumbrado Clase II: Competición de nivel medio.
- Alumbrado Clase III: Entrenamiento general, educación física y actividades recreativas.

El Alumbrado Clase III se tomará como referente al final de la sección a la hora de calcular en los ejemplos los niveles de iluminación y uniformidades de las distintas áreas de la instalación deportiva.

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

La aplicación de la Directiva europea 2002/96/CE, de 27 de enero de 2003 y la Directiva 2003/108/CE de 8 de diciembre de 2003 mediante el Real Decreto 208/2005 de 25 de Febrero de 2005, tiene como objetivo reducir la cantidad de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y la peligrosidad de sus componentes, fomentar su reutilización y valorización, mejorando así el comportamiento medioambiental de todos los agentes implicados en el ciclo de vida del producto, es decir, desde el productor hasta el propio usuario final.

Los productos de lámparas que se ven afectados en esta Directiva en la categoría 5, aparatos de alumbrado, del Anexo I B son las siguientes:

- Lámparas fluorescentes rectas.
- Lámparas fluorescentes compactas.
- Lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de halogenuros metálicos.
- Lámparas de sodio de baja presión.

El coste externalizado de la recogida, reciclado y valorización del residuo histórico es responsabilidad de los fabricantes desde el 13 de agosto de 2005.

3.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado

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

Una buena iluminación proporciona a los usuarios un ambiente agradable y estimulante, es decir, un confort visual que les permite seguir su actividad sin demandar de ellos un sobre esfuerzo visual, reduciendo el cansancio y los dolores de cabeza producidos por una iluminación inadecuada.

En una instalación de alumbrado de un local destinado a un centro deportivo, podemos encontrar una problemática específica, tal como:

- Luminarias que producen deslumbramientos directos o indirectos.
- Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación, que tanto por defecto como por exceso, pueden dificultar las tareas. El color de la luz emitida por las lámparas tiene también una gran importancia en el comportamiento de las personas; así las lámparas de luz fría, proporcionan un ambiente similar al aire libre, mientras que las lámparas de colores cálidos, proporcionan ambientes más relajados.

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 lumínosa (lumen/vatio), unidas al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética.

Para realizar un buen Proyecto de Alumbrado en Instalaciones Deportivas, tendremos que tener en cuenta los requisitos de los diversos usuarios de dicha instalación.

Conociendo los requisitos generales del usuario, es posible determinar los criterios de alumbrado para cada uno de los diferentes niveles de actividad.

A continuación se analizan cuáles son las fases de una instalación de alumbrado para interiores en las que se puede ahorrar energía, y 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.

3.3.1. Fase de Proyecto

En esta fase se debe prestar una especial atención a elegir y cuantificar aquellos criterios que realmente son 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.

3.3.1.1. La 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 del

local, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias así como de la posibilidad de ensuciamiento del local. 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.

Los ciclos de mantenimiento y limpieza se deben realizar para mantener un nivel de iluminación adecuado a la tarea que se realiza en local y se tendrán que sustituir las lámparas justo antes de alcanzar este nivel mínimo, de este modo aseguraremos 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 que realizan la tarea visual 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 edificio, o 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 muy detenidamente la superficie acristalada, la orientación del edificio respecto al sol, la proximidad de otros edificios, en resumen todo aquello que suponga una aportación de luz natural, no sólo 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.

3.3.1.2. 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, las luminarias, que alojan a unas y otros.

Tanto la cantidad como la calidad de la iluminación, son factores decisivos cuando se escoge un sistema de alumbrado.

Sea como sea, 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, 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 medida en lúmenes dividida por la potencia eléctrica consumida medida 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 objetos y de la piel humana sean reproducidos 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; esta nota es el resultado sobre la comparación de 8 ó 14 colores muestra. Un 100 significa que todos los colores se reproducen perfectamente, y conforme nos vamos alejando de 100, podemos 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 ser usadas 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 nos 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 < 3300 K
Blanco Neutro	3300 K < Tc < 5300 K
Blanco Frío	Tc > 5300 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 de la sala y muebles, clima circundante y la aplicación. En climas cálidos generalmente se prefiere apariencia de color de la luz más fría, mientras que en climas fríos se prefiere una apariencia de color de la luz más cálida.

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 en los balastos electrónicos puros son de 0 vatios.
- ✿ Ahorros de coste: reducción del consumo de energía en aproximadamente un 25 %, duración de la lámpara considerablemente mayor y reducción notable de los costes de mantenimiento.
- ✿ Al confort general de la iluminación, añaden lo siguiente: no produce parpadeos; 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.
- ✿ Más 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 balastos electrónicos 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, que hace aumentar la eficacia del tubo en un 10 %.

Los **balastos 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 comutaciones como sea necesario.

En la Fig. 2 se ofrece una imagen de algunos balastos electrónicos.



Figura 2. Algunos tipos comunes de balastos electrónicos.

C) Luminarias

La eficiencia energética de las luminarias está basada en el máximo aprovechamiento del flujo lumínoso 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 lumínoso 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 la conservación de sus prestaciones el mayor tiempo posible, ya sea evitando el ensuciamiento interno del sistema óptico, o evitando la degradación de las superficies reflectoras o de las superficies 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, el posible deslumbramiento producido en los ojos de una persona que esté trabajando 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.

3.3.1.3. 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.

Dichos sistemas pueden o no combinarse con el resto de las instalaciones del recinto cerrado, tal y como se muestra gráficamente en la Fig. 3.

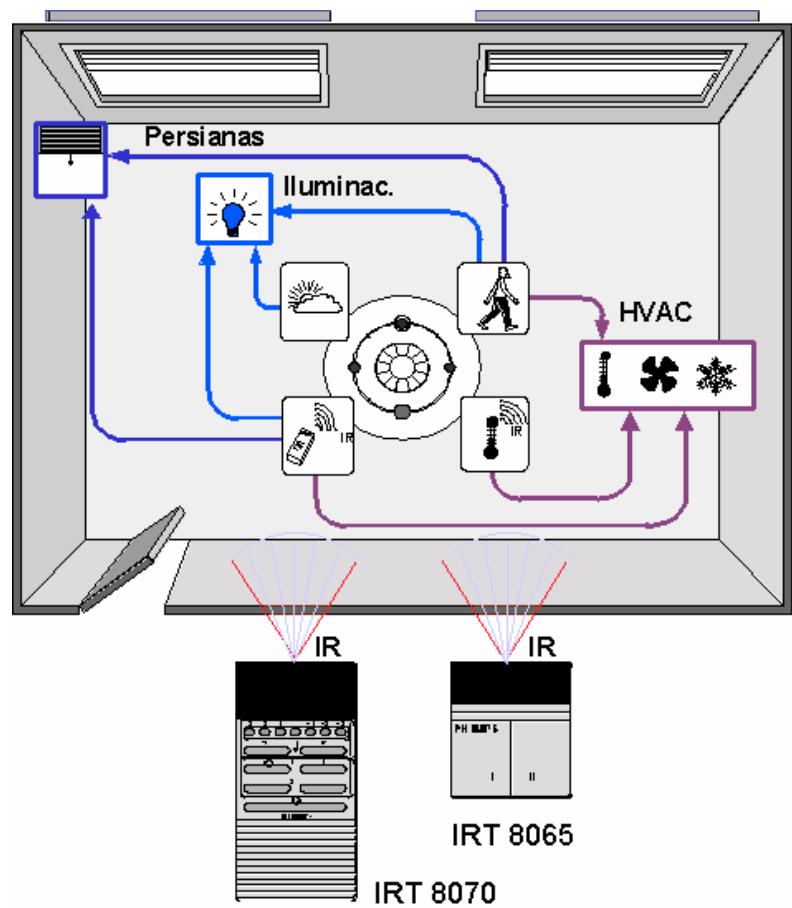


Figura 3. Combinación del control y regulación de la iluminación con otras instalaciones.

3.3.2. 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 a continuación.

3.3.2.1. Suministro de energía eléctrica

La comprobación y revisión de la existencia de subvenciones 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 un más, menos 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.

3.3.2.2. 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.

3.3.2.3. 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 a veces pueden involucrar incluso la renovación de la instalación en un plazo de tiempo inferior al de su amortización.

3.3.2.4. 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 de trabajo 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 %.

3.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial

La regulación del flujo luminoso, como consecuencia de las variaciones de empleo del ambiente en que se encuentran las personas, por su dedicación a diferentes tareas, o incluso para compensar la aportación de la luz natural que penetra por los acristalamientos, Fig. 4, puede conducir a ahorros enormes de consumo de energía eléctrica, evaluables según la orientación y superficies de acristalamiento. Ningún edificio con aportación de luz natural que contuviera salas de unas dimensiones mínimas debería proyectarse sin regulación del flujo luminoso o apagado de las fuentes más próximas a los acristalamientos. Esto se recoge perfectamente en los últimos comentarios al Código de la Edificación.

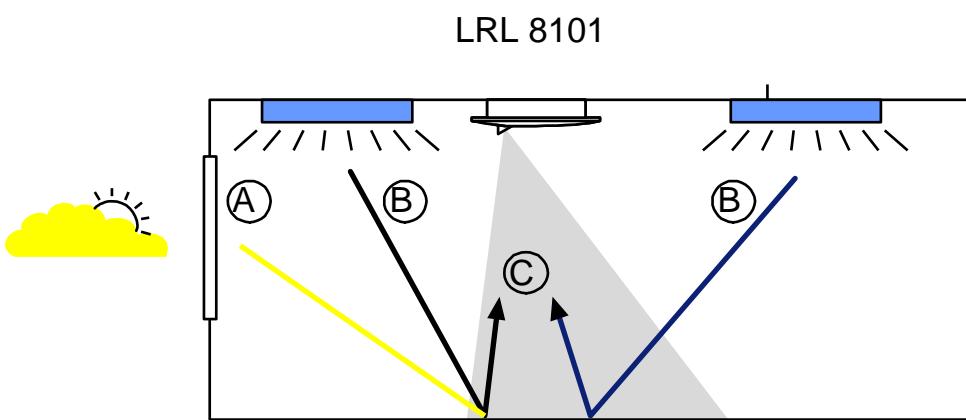


Figura 4. Combinación de luz natural y luz artificial mediante control por célula.

3.3.2.6. Uso flexible de la instalación

La flexibilidad de los sistemas existentes para crear escenas puede ahorrar mucha energía eléctrica por la correcta adaptación de la luz artificial a las necesidades reales de las personas que se encuentran en el interior del recinto cerrado.

3.3.3. 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 como

convenientes en la fase de Proyecto, y que se han tratado de respetar en la fase de Ejecución y Explotación. Así pues, habrá que prestar una exquisita atención a los siguientes métodos operativos.

3.3.3.1. Previsión de operaciones programadas

Las tareas de mantenimiento, tales como reposición de lámparas, limpieza de luminarias, revisión de los equipos eléctricos, y 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 pueden 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 deprisa y corriendo 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 deben 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; con ello se evita 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 los proyectores sean fácil y económicamente accesibles para el mantenimiento y cambio de lámparas.

En el exterior es a menudo difícil aproximarse a los postes de alumbrado con equipo móvil, puesto que a veces están cerrados por vallas, o rodeados por árboles y/o arbustos. En consecuencia, es recomendable que los mismos postes dispongan de medios, por ejemplo peldaños, para que los proyectores sean fácilmente accesibles y poder efectuar el necesario mantenimiento.

Cuando se cambian las lámparas, hay que tener cuidado en que los proyectores vayan equipados con el tipo correcto. La instalación eléctrica deberá comprobarse y cualquier elemento desaparecido o estropeado será repuesto de nuevo. Debe verificarse también la correcta alineación de los proyectores.

3.3.3.2. Respeto de las frecuencias 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.

3.3.3.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos

Uno de los problemas más frecuentes que se observa en el mantenimiento de algunos edificios 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 luz de las lámparas, y que se aprecia a simple vista, no es tan visible en los componentes del equipo eléctrico, pudiendo reemplazarse elementos por otros que no sean los correctos y

den origen a fallos en la instalación. Está claro que 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.

3.3.3.4. Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos

A pesar de que se ha publicado recientemente 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 a edificios 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.

3.3.4. Diseño de la iluminación de un gimnasio, pista de paddle, tenis y piscina

Este apartado facilita soluciones modelo a distintas instalaciones de un gimnasio. Hay que tener en cuenta que las soluciones aquí propuestas son para las

medidas de cada una de las estancias de una instalación deportiva; a excepción de los proyectos de paddle y tenis que se pueden tomar como solución estándar para cualquier pista de paddle reglamentaria.

Para obtener los elementos esenciales de un buen alumbrado artificial, se ha considerado en la piscina, pista de tenis y pista de paddle como nivel de iluminación un nivel de entrenamiento según la norma EN 12193 ("Iluminación de instalaciones deportivas"). Los criterios luminotécnicos a tener en cuenta para realizar un proyecto de alumbrado son:

- **Iluminancia:** la 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 (lúmen/m²). Existen varios tipos de iluminancia según la superficie en la que se mida, iluminancia horizontal (E_{hor}) o 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_{min}/E_{max}). Lo que nos indica este parámetro es 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.).

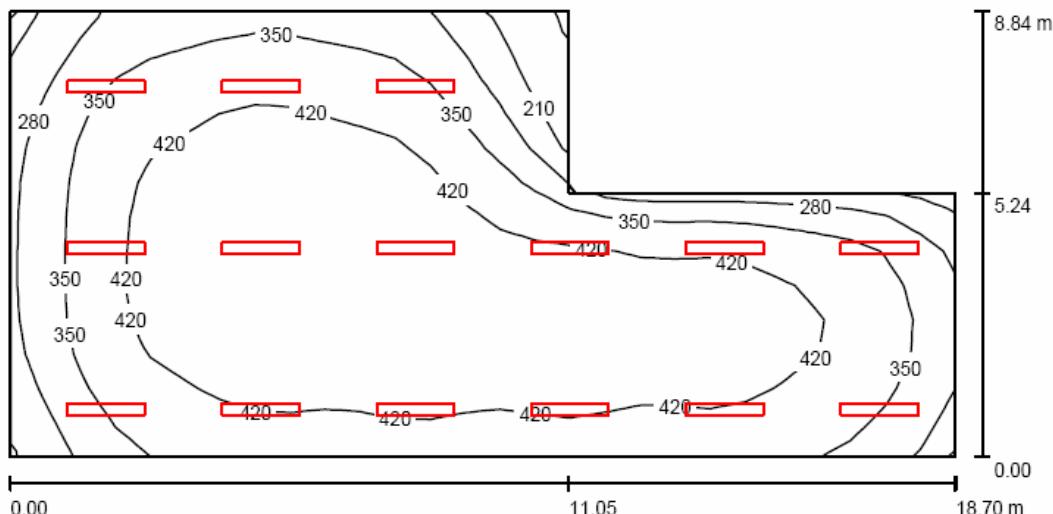
3.3.4.1. Gimnasio

Según la Norma de Iluminación de Interiores (UNE 12464-1) los requisitos de iluminación exigidos son :

	E_m lux	UGR	R _a
Salas de deporte, gimnasios	300	22	80

A) Sala de musculación

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)

LÁMPARAS	
30	MASTER TL-D Super 80 58 W/830 Tipo: Tubos fluorescentes trifósforos (Gama 80) Potencia: 58 W Ra: > 80 Temperatura de color: 3000 K Vida útil (con HF-P): 17000 horas
LUMINARIAS	
15	PHILIPS MAXOS 4MX091 + 4MX092 F + 4MX093 L-F WH 2XTL-D 58W/830 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

Lámparas

En la sala de musculación se elegirán como lámparas tubos fluorescentes por las ventajas que presentan: larga vida útil, reencendido instantáneo, muy buena reproducción cromática, muy buena eficiencia energética y regulable, esta última característica es importante si se tiene aportación de luz natural, porque se podrá aprovechar y, por tanto, regular la iluminación consiguiendo importantes ahorros. Los tubos fluorescentes elegidos son los MASTER TL-D Súper 80 58 W/830, el dígito 58 indica la potencia en este caso 58 W y los siguientes 3 dígitos el 830 indican:

- El primer dígito indica el índice de rendimiento cromático, en este caso 80, tal y como indica la norma UNE 12464.1 ($Ra > 80$).



- Los siguientes dos dígitos indican la temperatura de color, para un gimnasio se busca el confort y se ha elegido una temperatura cálida (3000 K).

Luminarias

En cuanto a la luminaria se ha optado por un sistema de suspensión, por la altura de la sala, que también puede ser instalado con carriles de máxima calidad que se adaptaría 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 que se necesita en una sala de musculación. También puede modificar fácilmente la distribución de la iluminación existente sin tener que reordenar o reformar una zona.

En algunos casos, según la dimensión de la sala, se recomendará instalar luminarias estancas por el elevado nivel de humedad que se pueda producir por la sudoración al realizar los ejercicios por ejemplo en vestuarios.

Equipo eléctrico

El equipo eléctrico es un balasto electrónico con precaldeo (HF-P). En las luminarias se pueden instalar equipos electromagnéticos o equipos electrónicos (balastos); la mejor opción son los equipos electrónicos frente a los electromagnéticos, para ello supongamos que el gimnasio está encendido 10 horas al día durante 300 días al año (3000 horas anuales), sobre la base de las 3000 horas anuales de encendido, a continuación se detallan los ahorros anuales que se consiguen con los balastos electrónicos frente a los equipos electromagnéticos.

Precio kWh	0,08 €
------------	--------

	Consumo anual (kWh)	Coste anual (€)
Equipo electrónico	4950	396,00 €
Equipo electromagnético	6318	505,44 €

	Absoluto	%
Ahorro kWh con equipo electrónico	1368	22%
Ahorro € con equipo electrónico	109,44 €	22%

Mayores ahorros se conseguirían si hubiera una aportación de luz natural importante; para ello se instalarían fotocélulas que regulasen el nivel de iluminación, habría que instalar luminarias con balastos con regulación (HF-R), en vez de con balastos con precaldeo (HF-P).

Sistemas de control

Si se tiene aportación de luz natural, se podrá aprovechar y regular la iluminación consiguiendo importantes ahorros. Para conseguir estos ahorros se deben instalar balastos electrónicos regulables y una fotocélula, Fig. 5.



Figura 5. Luminaria con fotocélula incorporada.

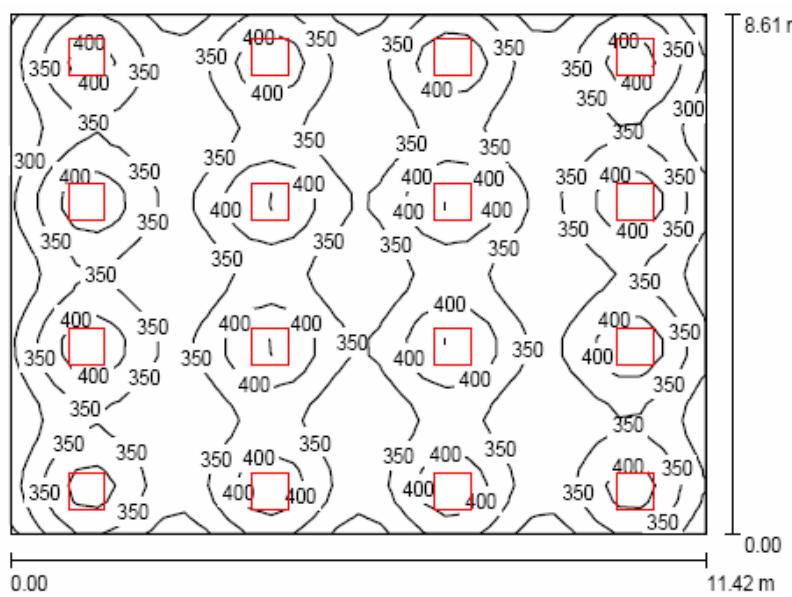
Los ahorros que se pueden llegar a conseguir por instalar sistemas de control son de hasta un 75 %, aunque variarán en función de cada instalación.

Resumen

Los niveles obtenidos y la uniformidad en el plano de trabajo o plano útil (391 lux) cumplen con amplitud los requisitos de mínimos que indica la norma UNE 12464.1. Destacar el mínimo valor de eficiencia energética conseguido 12 W/m².

B) Sala de aeróbic

Medidas:	Largo	11,42m
	Ancho	8,61m
	Altura	2,60m



Altura del local: 2.600 m, Altura de montaje: 2.685 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:109

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	357	249	476	0.70
Suelo	20	324	224	369	0.69
Techo	70	78	51	103	0.65
Paredes (4)	50	181	71	492	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Simetrías en el plano útil
 E_{min} / E_m : 0.70
 E_{min} / E_{max} : 0.52

Luminarias-Lista de piezas

Tipo	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	16	Philips TBS230 L1 3xTL-D18W/830 (1.000)	4200	58
			total: 67200	928

Valor de eficiencia energética: $9.44 \text{ W/m}^2 = 2.64 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$ (Base: 98.30 m^2)

LÁMPARAS	
48	MASTER TL-D Super 80 18 W/830 Tipo: Tubos fluorescentes trifósforos (Gama 80) Potencia: 18 W Ra: >80 Temperatura de color: 3000 K Vida útil (con HF-P): 17000 horas
LUMINARIAS	
16	PHILIPS TBS 230 L1 3XTL-D 18 W/830 Flujo luminoso de las luminarias: 4200 lm Potencia de las luminarias: 58 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Número de lámparas: 3 x TL-D 18 W Equipo: Balasto Electrónico con precaldeo (HF-P) Instalación: Luminaria empotrable para lámparas TL-D, adaptable a casi todo tipo de techos de modulaciones estándar y de escayola Sistema Óptico: Óptica de aluminio, lama blanca plana

Lámparas

En la sala de aeróbic se elegirán como lámparas tubos fluorescentes por las ventajas que presentan: larga vida útil, reencendido instantáneo, muy buena reproducción cromática, muy buena eficiencia energética y regulable, esta última característica es importante si se tiene aportación de luz natural, porque se podrá aprovechar y, por tanto, regular la iluminación consiguiendo importantes ahorros. Los tubos fluorescentes elegidos son los MASTER TL-D Super 80 18 W/830.

Luminarias

En cuanto a la luminaria se ha optado por una que se adapte a los principales sistemas de techo estándar (perfil visto, perfil oculto, techos metálicos o de escayola). La sala de aeróbic tiene una altura donde lo más habitual es tener un techo estándar de los descritos y por este tipo de luminaria es la que mejor se puede adaptar. Además, es una opción muy cómoda para el usuario, ya que se puede dotar a la luminaria de más funciones para el ahorro energético y unos dispositivos para reducir los costes energéticos y maximizar el confort.

En algunos casos, según la dimensión de la sala, se recomendará instalar luminarias estancas por el elevado nivel de humedad que se pueda producir por la sudoración al realizar los ejercicios o, por ejemplo, en vestuarios.

Equipo eléctrico

El equipo eléctrico es un balasto electrónico con precaldeo (HF-P). En las luminarias se pueden instalar equipos electromagnéticos o equipos electrónicos (balastos), la mejor opción son los equipos electrónicos frente a los electromagnéticos, para ello si se supone que el gimnasio está encendido 10 horas al día durante 300 días al año (3000 horas anuales), sobre la base de las 3000 horas anuales de encendido, a continuación se detallan los ahorros anuales que se consiguen con los balastos electrónicos frente a los equipos electromagnéticos.

Precio kWh	0,08 €
------------	--------

	Consumo anual (kWh)	Coste anual (€)
Equipo electrónico	3120	249,60 €
Equipo electromagnético	3772,8	301,82 €

	Absoluto	%
Ahorro kWh con equipo electrónico	652,8	17%
Ahorro € con equipo electrónico	52,22 €	17%

Como en el anterior ejemplo, en la sala de musculación se conseguirían ahorros adicionales si hubiera una aportación de luz natural importante y se instalaran fotocélulas que regulasen el nivel de iluminación. Habría que instalar balastos regulables.

Sistemas de control

Si se tiene aportación de luz natural, se podrá aprovechar y regular, por tanto, la iluminación consiguiendo importantes ahorros.

Para conseguir estos ahorros se deberán instalar balastos electrónicos regulables y una fotocélula, Fig. 6.



Figura 6. Fotocélula.

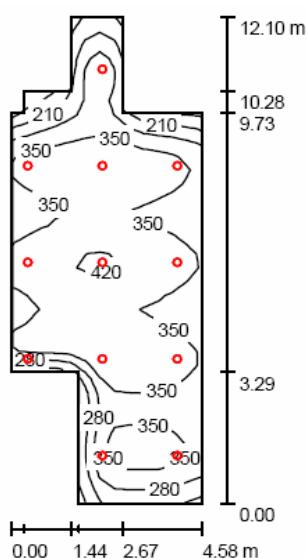
Los ahorros que se pueden llegar a conseguir por instalar sistemas de control son de hasta un 75 % de ahorro, ahora bien esto variará en función de cada instalación.

Resumen

Los niveles obtenidos y la uniformidad en el plano de trabajo o plano útil (357 lux) cumplen con amplitud los requisitos de mínimos que indica la norma UNE 12464.1. Destacar el mínimo valor de eficiencia energética conseguido 9,44 W/m².

C) Recepción

Medidas:	Largo	12,10 m
	Ancho	4,58 m
	Altura	2,73 m



Altura del local: 2.600 m, Altura de montaje: 2.730 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:153

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	345	101	447	0.29
Suelo	20	294	126	366	0.43
Techo	70	71	34	157	0.48
Paredes (12)	50	146	40	1117	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 35 x 13 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.29
 E_{min} / E_{max} : 0.23

Luminarias-Lista de piezas

Tipo	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	12	Philips Fugato Compact FBS261 M 2xPL-C/4P26W/830 (1.000)	3600	54
			total: 43200	648

Valor de eficiencia energética: 15.14 W/m² = 4.38 W/m²/100 lx (Base: 42.81 m²)

LÁMPARAS		
24	MASTER PL-C 26 W/830 4P Tipo: Fluorescente compacta no integrada (PL) de bajo consumo de funcionamiento con equipo electrónico Potencia: 26 W Ra: >80 Temperatura de color: 3000 K Vida útil (con HF-P): 7000 horas	
LUMINARIAS		
16	PHILIPS Downlight Fugato Compact FBS261 M 2XPL-C/4P26W/830 Flujo luminoso de las luminarias: 3600 lm Potencia de las luminarias: 54 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Número de lámparas: 2 x PL-C 26 W Equipo: Balasto Electrónico con precaldeo (HF-P) Instalación: Luminaria en aluminio tipo <i>downlight</i> empotrable para lámparas fluorescentes compactas. Sistema Óptico: Óptica de aluminio mate	

Lámparas

En la recepción se elegirán como lámparas tubos fluorescentes compactos tipo PL. Tiene las mismas ventajas que el tubo fluorescente: larga vida útil, reencendido instantáneo, muy buena reproducción cromática, muy buena eficiencia energética y regulable, esta última característica es importante si se tiene aportación de luz natural, porque se puede aprovechar y, por tanto, regular la iluminación consiguiendo importantes ahorros. Las lámparas elegidas en este caso son MASTER PL-C 26W/830 4P, el 4P (4 pines/patillas) indica que es una lámpara para equipo electrónico (si fuera electromagnético el equipo sería 2P).

Luminarias

La recepción es el primer lugar de contacto de los clientes con el gimnasio, donde debemos invitar a entrar a nuestras instalaciones, queriendo crear un ambiente abierto y acogedor. Tratando de buscar ese efecto y dando un toque diferenciador al resto de la instalación se ha elegido una luminaria tipo *downlight*. Además su diseño armoniza a la perfección con cualquier diseño arquitectónico.

Equipo eléctrico

El equipo eléctrico es igual al de la instalación anterior con el mismo nivel de uso anual (3.000 horas).

Precio kWh	0,08 €
------------	--------

	Consumo anual (kWh)	Coste anual (€)
Equipo electrónico	2688	215,04 €
Equipo electromagnético	3288	263,04 €

	Absoluto	%
Ahorro kWh con equipo electrónico	600	18%
Ahorro € con equipo electrónico	48,00 €	18%

Sistemas de control

Si se tiene aportación de luz natural, se podrá aprovechar y regular, por tanto, la iluminación consiguiendo importantes ahorros. Para conseguir estos ahorros deberemos instalar balastos electrónicos regulables y una fotocélula.

Los ahorros que se pueden llegar a conseguir por instalar sistemas de control son de hasta un 75 %, aunque esto variará en función de cada instalación.

Resumen

Los niveles obtenidos y la uniformidad en el plano de trabajo o plano útil (345 lux) cumplen con amplitud los requisitos de mínimos que indica la norma 12464.1. Destacar el mínimo valor de eficiencia energética conseguido 15,14 W/m².

3.3.4.2. Pista de paddle

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

E _m lux	E _{min} /E _m	R _a
--------------------	----------------------------------	----------------

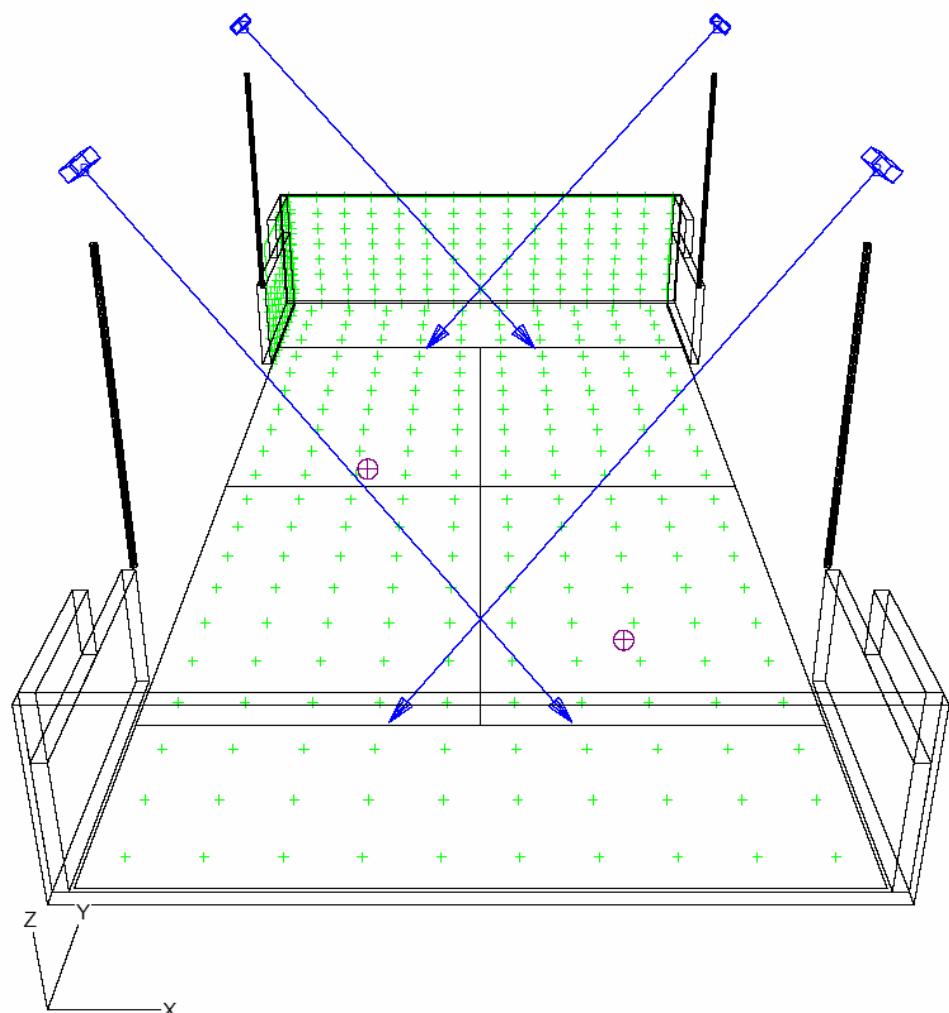
Exterior: Competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo	200	0,5	> 65
Interior: Competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo	300	0,5	> 65

En pistas al aire libre se dispondrán los proyectores a una altura mínima desde el suelo de 6 m.

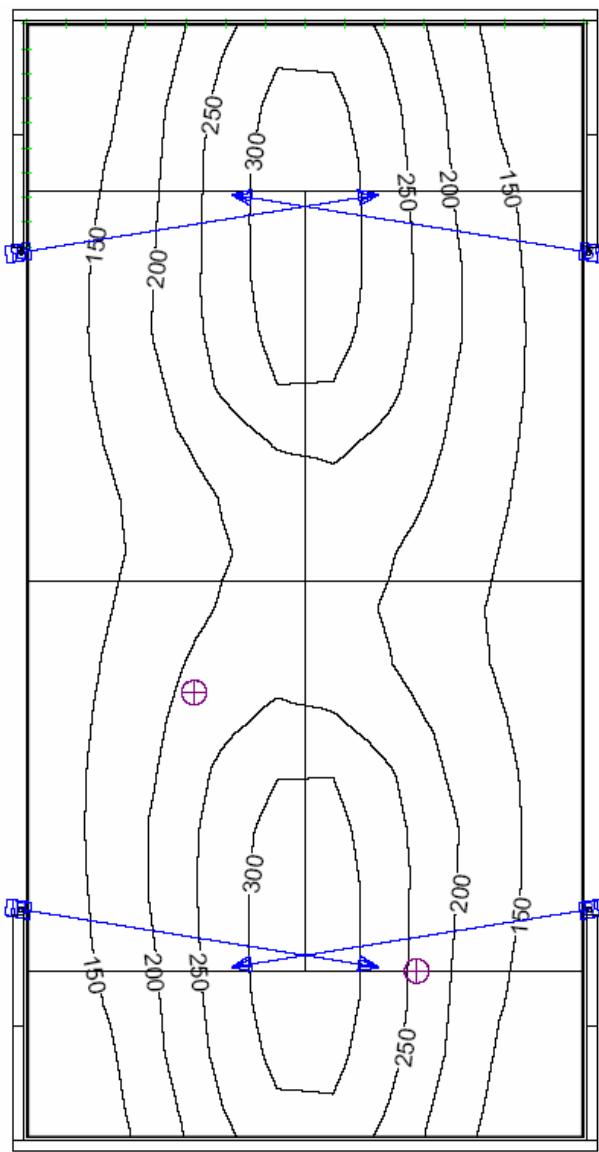
VISTA 3D

Ubicación: Exterior

Medidas: Largo 20 m
Ancho 10 m



VISTA SUPERIOR, APUNTAMIENTOS



Cálculos de (I)luminancia:

Cálculo	Tipo	Unidad	Med Min	Med Mín/Máx
Padel	Iluminancia en la superficie	lux	203	0.51 0.32
Pared frontal	Iluminancia en la superficie	lux	130	0.38 0.21
Pared lateral	Iluminancia en la superficie	lux	48.2	0.73 0.56

Luminarias del proyecto

Código	Ctdad.	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Pot. (W)	Flujo (lm)
B	4	MVF617 WB	1 * HPI-TP400W	415.0	1 * 38000

LÁMPARAS

4	MASTER HPI-T PLUS 400 W/643 Tipo: Halogenuros Metálicos Potencia: 400 W Ra: 65 Temperatura de color: 4300 K Vida útil: 8000 horas	
LUMINARIAS		
4	PHILIPS Decoflood MVF627 WB 1xHPI-T 400 W/643 Flujo luminoso de la lámpara: 38000 lm Potencia de las luminarias: 415 W Número de lámparas: 1xHPI-T 400 W/643 Equipo eléctrico: Estándar montado en el proyector Reflector: Simétrico de haz ancho de aluminio anodizado Clasificación: Conformidad norma EN 598-Q. Homologado por ENEC clase I y clase II. IP 65. IK08	

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 su flujo luminoso son las más utilizadas.

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

Otra alternativa a las lámparas de halogenuros metálicos serían las lámparas de vapor de sodio de alta presión; pero su mala reproducción cromática ($Ra < 25$) las descarta de su uso en instalaciones deportivas a pesar de tener una eficacia luminosa excelente superior a 100 lm/W. En el pasado se utilizaban las lámparas de vapor de mercurio, pero su baja eficacia luminosa inferior a 60 lm/W y su pobre reproducción cromática ($Ra < 60$) las descarta como alternativa a ser utilizada en instalaciones deportivas.

Proyector

El proyector, o luminaria de exterior, elegido tiene el reflector simétrico ya que ofrece una muy buena uniformidad en la pista de paddle. La ubicación del

proyector es a 7 metros de altura y con un ángulo de inclinación sobre la pista de 40º.

La elección de un proyector es importante cuando su uso va a ser en el exterior, porque hay que verificar su grado o índice de protección, mayor a IP 65, y el del equipo eléctrico al menos un IP 54. Si el uso fuera en interior tanto el proyector como el equipo eléctrico deben de cumplir un grado de protección IP 54.

Equipo eléctrico

El equipo eléctrico está compuesto de un balasto, condensador/es y arrancador, estos componentes permiten el funcionamiento de la lámpara. No existe otra alternativa para poder reducir el consumo de los equipos.

Las lámparas de halogenuros metálicos (y las de descarga de alta intensidad) tardan un tiempo (entre 2 y 5 minutos) en alcanzar el 100 % de su flujo luminoso, hay que tenerlo en cuenta a la hora de jugar partidos en la pista. Otro detalle importante es la incapacidad de estas lámparas de reencender en caso de fallo de suministro. No reencienden en caliente, se debe esperar unos minutos para enfriarse y poder reencender, y llegar otra vez al 100 % de su flujo luminoso.

Sistemas de control

En esta ocasión no merece la pena aplicar sistemas de control ya que el uso de estas instalaciones no permite regulaciones de la lámpara y la medida más eficaz es el uso racionalizado del alumbrado en pistas exteriores, que cuando haya suficiente luz natural no encender los proyectores.

Resumen

Los niveles obtenidos y la uniformidad en la pista (203 lux) cumplen con amplitud los requisitos de mínimos que indica la norma UNE 12193.

Este proyecto se puede considerar como proyecto estándar para una pista de paddle en exterior para ser usada en competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo.

3.3.4.3. Pista de tenis

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

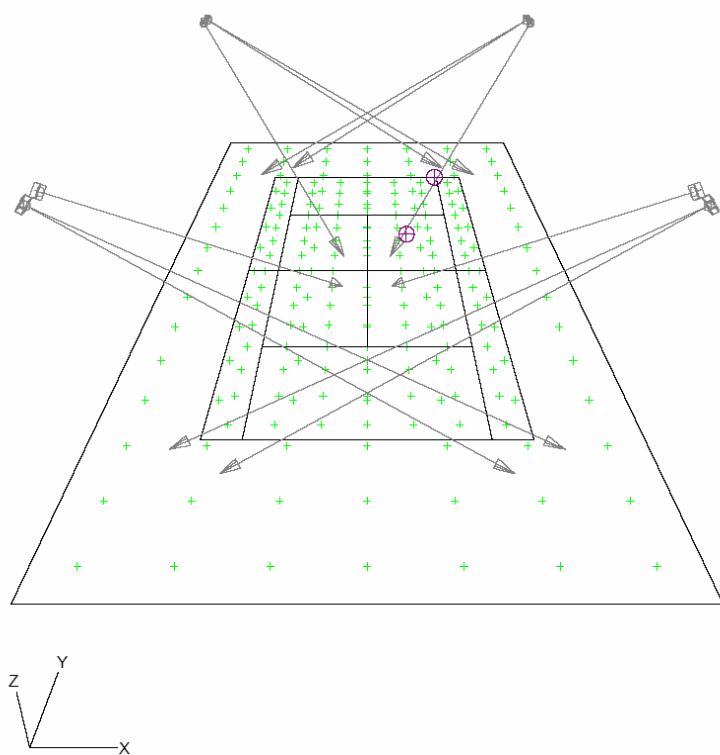
	E _m lux	E _{min} /E _m	R _a
Exterior: Competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo	200	0,6	> 60
Interior: Competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo	300	0,5	> 60

Ninguna luminaria deberá situarse sobre la pista extendiéndose hasta 3 metros detrás de las líneas de fondo para evitar deslumbramientos.

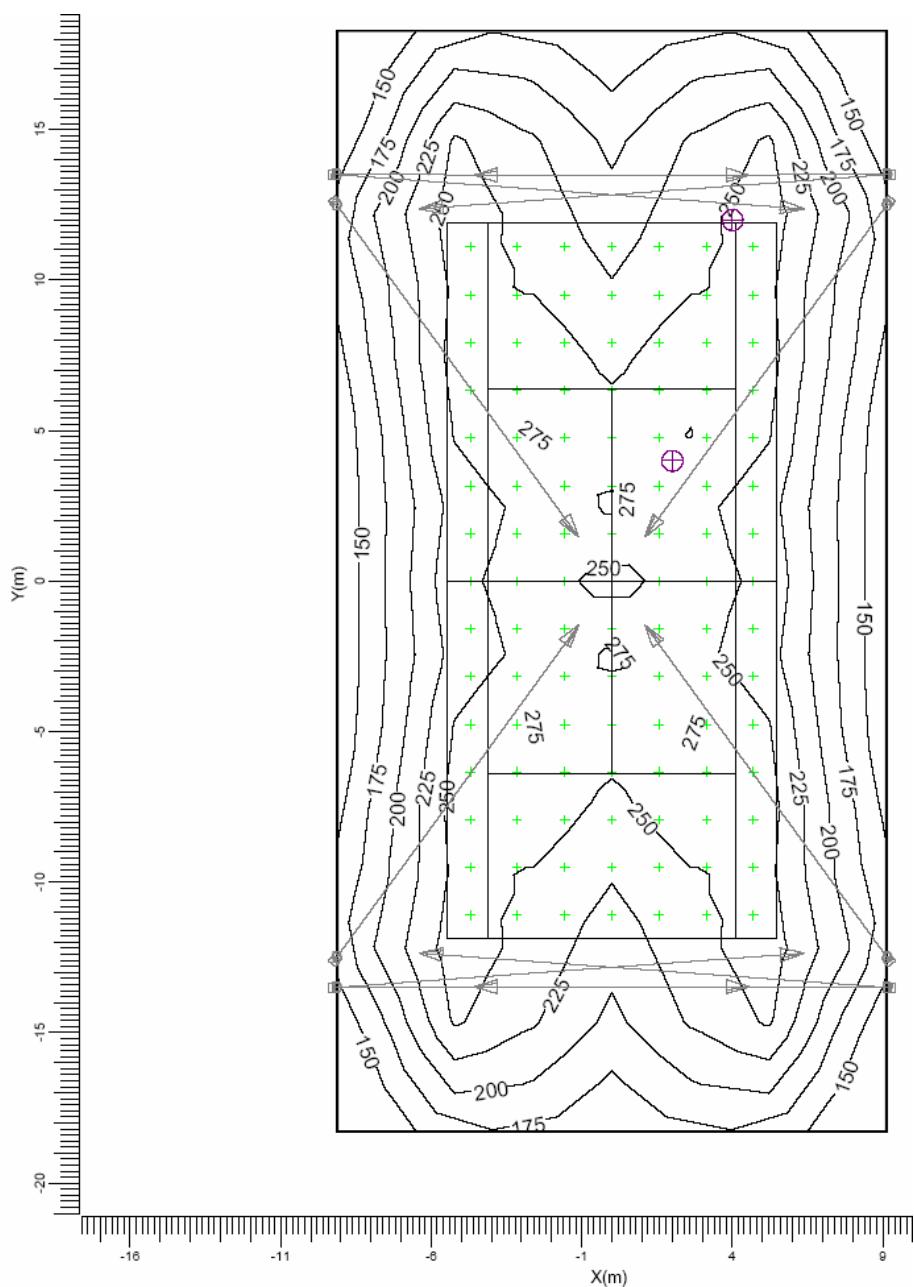
VISTA 3D

Ubicación: Exterior

Medidas: Largo 36,57 m
Ancho 18,29 m



VISTA SUPERIOR, APUNTAMIENTOS



Cálculos de (I)luminancia:

Cálculo	Tipo	Unidad	Med Mín	Med Mín/Máx
AJT	Iluminancia en la superficie	lux	222	0.63 0.50
AJP	Iluminancia en la superficie	lux	258	0.85 0.77

Luminarias del proyecto

Código	Ctd.	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Pot. (W)	Flujo (lm)
D	12	MVF617 NB	1 * HPI-TP400W	415.0	1 * 38000

LÁMPARAS	
12	MASTER HPI-T PLUS 400 W/643 Tipo: Halogenuros Metálicos Potencia: 400 W Ra: 65 Temperatura de color: 4300 K Vida útil: 8000 horas
LUMINARIAS	
12	PHILIPS Decoflood MVF617 WB 1xHPI-T 400 W/643 Flujo luminoso de la lámpara: 38000 lm Potencia de la luminaria: 415 W Número de lámparas: 1HPI-T PLUS 400 W/643 Equipo eléctrico: Estándar montado en el proyector Reflector: Simétrico de haz ancho de aluminio anodinado Clasificación: Conformidad norma EN 598-Q. Homologado por ENEC clase I y clase II. IP 65. IK08

Lámparas, Proyector y Equipo Eléctrico

Las unidades recomendadas son las mismas que en la instalación de paddle, por la similitud entre ambas instalaciones y prácticas deportivas.

La ubicación de los proyectores se encuentra recogida en la Tabla 1; los báculos donde se instalarán los postes son de 9 metros de altura y la orientación de los proyectores será con un ángulo de inclinación sobre la pista de aproximadamente 60°, tal y como se muestra en la Tabla 1 en la columna Inclin90.

TABLA 1. Posición y orientación de proyectores.

Posición y orientación de las luminarias

Ctad. y código	Posición			Puntos de apuntamiento			Apuntamiento:Angulos		
	X [m]	Y [m]	Z [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	Rot.	Inclin90	Inclin0
1 * D	-9.14	-13.50	9.00	6.41	-12.36	0.00	4.21	60.00	0.00
1 * D	-9.14	-13.50	9.00	4.58	-13.48	0.00	0.08	56.74	0.00
1 * D	-9.14	-12.50	9.00	-1.10	-1.47	0.00	53.91	56.60	0.00
1 * D	-9.14	12.50	9.00	-1.10	1.47	0.00	-53.91	56.60	0.00
1 * D	-9.14	13.50	9.00	6.41	12.36	0.00	-4.21	60.00	0.00
1 * D	-9.14	13.50	9.00	4.58	13.48	0.00	-0.08	56.74	0.00
1 * D	9.14	-13.50	9.00	-6.41	-12.36	0.00	175.79	60.00	0.00
1 * D	9.14	-13.50	9.00	-4.58	-13.48	0.00	179.92	56.74	0.00
1 * D	9.14	-12.50	9.00	1.10	-1.47	0.00	126.09	56.60	0.00
1 * D	9.14	12.50	9.00	1.10	1.47	0.00	-126.09	56.60	0.00
1 * D	9.14	13.50	9.00	-6.41	12.36	0.00	-175.79	60.00	0.00
1 * D	9.14	13.50	9.00	-4.58	13.48	0.00	-179.92	56.74	0.00

Resumen

Los niveles obtenidos y la uniformidad en el rectángulo de juego o área de juego principal (AJP 258 lux) y en el total de la pista o área de juego total (AJT 222 lux) cumplen con amplitud los requisitos de mínimos que indica la norma UNE 12193.

Este proyecto se puede considerar como proyecto estándar para una pista de tenis en exterior para ser usada en competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo.

3.3.4.4. Piscina

Según la Norma de Iluminación de Instalaciones Deportivas (UNE 12193) la iluminación será uniforme y de manera que no dificulte a los jugadores 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

VISTA 3D

Ubicación: Exterior

Medidas: Largo 36,57 m
Ancho 18,29 m

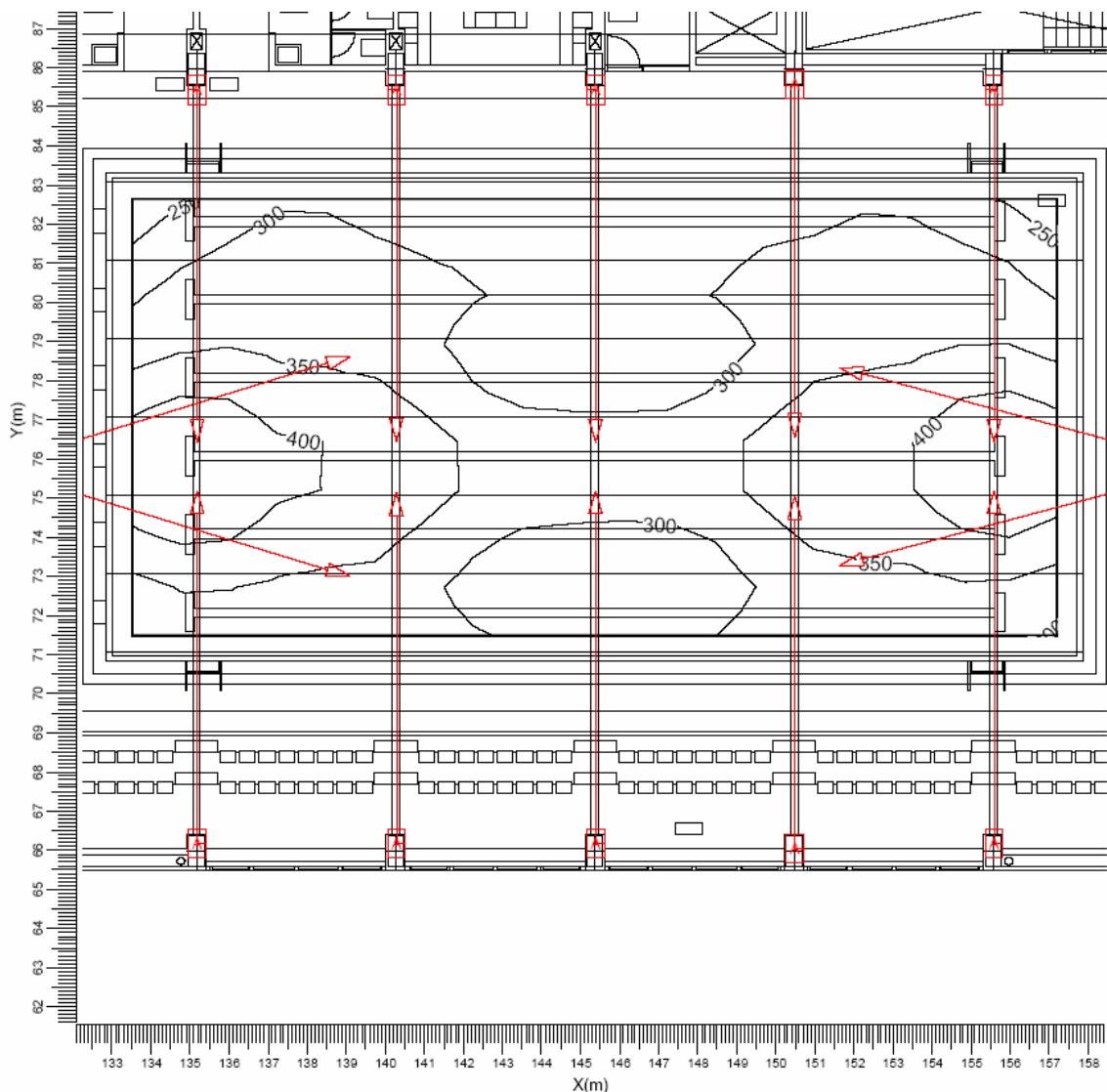
VISTA SUPERIOR, APUNTAMIENTOS

Cálculos de (I)luminancia:

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

Luminarias del proyecto

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



LÁMPARAS

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 250 W/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 Imax 60° Clasificación: IP 65.	
----	---	--

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 su flujo luminoso son las más utilizadas.

Dentro de la gama de lámparas de descarga, las lámparas 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 de los jugadores, creando una atmósfera idónea para la práctica del deporte. Además de tener una muy buena eficacia luminosa, superior a 80 lm/W.

Ya se han comentado los problemas y limitaciones de la alternativa de usar las lámparas de vapor de sodio de alta presión.

Proyector

Se han elegido 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 una más cómoda accesibilidad y una mayor seguridad.

La ubicación de los proyectores se encuentra recogida en la Tabla 2; en esta ocasión se han aprovechado elementos de la instalación (cerchas) para instalar los proyectores a una altura de 5,20 m. La orientación de los proyectores será con un ángulo de inclinación sobre la pista de aproximadamente 60°, tal y como se muestra en la Tabla 2 en la columna Inclin90.

Equipo eléctrico

El equipo eléctrico está compuesto de un balasto, condensador/es y arrancador, estos componentes permiten el funcionamiento de la lámpara. No existe otra alternativa para poder reducir el consumo de los equipos.

TABLA 2. Posición y orientación de proyectores.

Posición y orientación de las luminarias

Ctad. y código	Posición			Puntos de apuntamiento			Apuntamiento:Angulos		
	X [m]	Y [m]	Z [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	Rot.	Inclin90	Inclin0
1*D	-9.14	-13.50	9.00	6.41	-12.36	0.00	4.21	60.00	0.00
1*D	-9.14	-13.50	9.00	4.58	-13.48	0.00	0.08	56.74	0.00
1*D	-9.14	-12.50	9.00	-1.10	-1.47	0.00	53.91	56.60	0.00
1*D	-9.14	12.50	9.00	-1.10	1.47	0.00	-53.91	56.60	0.00
1*D	-9.14	13.50	9.00	6.41	12.36	0.00	-4.21	60.00	0.00
1*D	-9.14	13.50	9.00	4.58	13.48	0.00	-0.08	56.74	0.00
1*D	9.14	-13.50	9.00	-6.41	-12.36	0.00	175.79	60.00	0.00
1*D	9.14	-13.50	9.00	-4.58	-13.48	0.00	179.92	56.74	0.00
1*D	9.14	-12.50	9.00	1.10	-1.47	0.00	126.09	56.60	0.00
1*D	9.14	12.50	9.00	1.10	1.47	0.00	-126.09	56.60	0.00
1*D	9.14	13.50	9.00	-6.41	12.36	0.00	-175.79	60.00	0.00
1*D	9.14	13.50	9.00	-4.58	13.48	0.00	-179.92	56.74	0.00

Las lámparas de halogenuros metálicos (y las de descarga de alta intensidad) tardan un tiempo (entre 2 y 5 minutos) en alcanzar el 100 % de su flujo luminoso, hay que tenerlo en cuenta a la hora de jugar partidos en la pista. Otro detalle importante es la incapacidad de estas lámparas de reencender en caso de fallo de suministro. No reencienden en caliente, se debe esperar unos minutos para enfriarse y poder reencender, y llegar otra vez al 100 % de su flujo luminoso.

Sistemas de control

En esta ocasión no merece la pena aplicar sistemas de control ya que el uso de estas instalaciones no permite regulaciones de la lámpara y la medida más eficaz es el uso racionalizado del alumbrado, cuando haya suficiente luz natural no encender los proyectores.

Resumen

Los niveles obtenidos y el grado de uniformidad satisfacen con creces los mínimos exigidos. Destaca el tipo de solución de alumbrado elegida, mediante proyectores asimétricos. Con proyectores asimétricos se evita la instalación sobre la piscina, siendo todo ventajas: ausencia de deslumbramientos, mantenimientos menos costosos y mayor seguridad.

Bibliografía

1. Norma UNE-EN 12193 de "Iluminación de instalaciones deportivas".
2. Norma UNE-EN 12464.1 de "Iluminación en los lugares de trabajo".
3. "Introducción al alumbrado". Philips Ibérica.
4. "Luz sobre la Norma Europea". Philips Ibérica.
5. "Manual de Iluminación". Philips Ibérica.

4.1. ¿Por qué Ahorrar Agua?

El agua es un recurso escaso, preciado y delicado, que se debe cuidar y conservar. Recientemente ha crecido la sensibilidad sobre estos temas, además de tener unos niveles de consumo muy elevados y una sequía latente, de la cual no nos recuperamos.

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 comprenden el agua salada no potable de los océanos y mares. La mayoría de los restantes 36 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce, está aglomerada sólidamente en forma de hielo en los glaciares y en los casquetes polares de la tierra. De manera que sólo queda aproximadamente el 0,5 % de la totalidad de las existencias de agua para la explotación de agua potable.

Los expertos calculan que en un futuro el despliegue técnico para la producción de agua potable y el consiguiente coste que esto acarreará aumentarán el precio considerablemente.

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

Nada más lejano de la realidad, pues un mayor nivel de bienestar, se obtiene con un mayor uso y disfrute de la misma y los servicios que ésta aporta, no con la cantidad de ella que se consume.

Por ejemplo y comparativamente, no ofrece más confort una ducha que en 5 minutos consuma 100 litros, que otra que pueda estar 10 ó 12 minutos (ó 2 de 5 minutos) y que además sean de hidromasaje con el mismo consumo total.

En resumen, se puede tener un mayor nivel de calidad, servicios y confort, con mucha menos agua de la que actualmente muchas instalaciones suministran, sin detrimento del servicio o sacrificio alguno.

Al igual que ha sucedido en otros países, se espera en los próximos meses un fuerte crecimiento en la demanda de estudios y actuaciones que lleven a la incorporación de medidas correctoras y la instalación de dispositivos, que permitan reducir los consumos tan elevados que en muchas ocasiones se tiene.

Hoy en día, hay sistemas y tecnologías de alta eficiencia en agua, de fácil implementación y que aportan ventajas en todos los sentidos. Resultando éstas, 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, por lo tanto, un menor gasto de reutilización.

Las estadísticas demuestran que más de un 20 % del gasto habitual de un establecimiento público o privado (*Piscinas, Gimnasios o Centros Deportivos, etc.*) se

concreta en las facturas de agua y energía. Esta cifra que es una mera estadística nos posiciona sobre la importancia de las actuaciones que se encaminen a recortar dicho gasto.

Según los estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística (*INE*), respecto a los datos de consumo que se tuvieron en el año, se obtiene que durante ese año en España se dispusiera de 4.736 hm³ de agua de abastecimiento público urbano. De esta cantidad, un 80,6 % (3.856 hm³) se distribuyó para el consumo de familias, empresas, consumos municipales, etc.

El consumo de agua de las familias españolas ascendió a 2.512 hm³, lo que representa 65 % del consumo total. El consumo medio se situó en 164 litros por habitante y día.

En otro enfoque distinto, las piscinas, centros deportivos y gimnasios, tienen los mayores niveles de consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS), por el tipo de actividad que los usuarios realizan en los mismos, lo que catapulta al sector por ser el de mayor consumo de energía (*la derivada del calentamiento del agua*), siendo las piscinas, las que a la vez también tienen un mayor consumo de Agua Fría de Consumo Humano (AFCH).

En la actualidad, el consumo medio de agua de Centros deportivos, Gimnasios y Piscinas, varía entre los 60 y 90 litros por persona y día, entre los primeros y últimos mencionados. Pero puede considerarse que, cuando éstos utilizan tecnologías economizadoras, se pueden reducir dichos consumos a niveles inferiores a los 40 l/usuario/día, que podría calificarse como consumos ecológicos o eficientes.

Por último, tampoco se puede olvidar que una gran parte de este agua consumida es agua caliente, pues, por ejemplo, para darse una ducha a 38 °C se deberá mezclar agua caliente en un 60 % con agua fría en un 40 % (*suponiendo una temperatura de distribución a 55 °C y agua del Canal a 12 °C*), lo que puede dar una idea del peso energético que este hecho tiene y la importancia que tiene atacar este tipo de consumos o gastos para el empresario y la sociedad.

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, por evitar la combustión, reduciendo la emisión de gases contaminantes, el efecto invernadero y la eliminación de la capa de ozono, derivados todos ellos del consumo y obtención de otras energías, así como de su transformación y/o combustión.

4.1.1. Objetivos de un Plan de Reducción del Consumo de Agua

Un **Programa de Reducción y Uso Eficiente del Agua**, para cualquier inmueble, centro deportivo, gimnasio, etc., se implementa para alcanzar distintos objetivos, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- ✿ Disminuir el agua requerida para cada proceso, optimizando la utilización de la misma.
- ✿ 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 el agua.
- ✿ 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.

- Facilitar las posibles implementaciones de sistemas de gestión medioambiental, tipo ISO 14.001, EMAS, etc.
- Obtener una mejor imagen pública para la empresa o gestora, de que es 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 sobre todo del deportista exigente y de calidad.
- Y, por último, la no menos importante actuación, la reducción de costes económicos, que permitirán un mejor aprovechamiento de dichos recursos en otras áreas y facilitará y aumentará los beneficios, haciendo que la empresa sea más competitiva.

4.2. ¿Cómo Ahorrar Agua y Energía?

Tanto por responsabilidad social, como personal, ecológica o económica, es importante saber qué hacer para reducir la demanda de agua en un gimnasio o centro deportivo, y este capítulo persigue dar a conocer acciones, técnicas y sistemas que permitan a propietarios, gestores, responsables y técnicos de este tipo de centros, 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 que se tiene de agua y energía, cuando hay actuaciones que pasan desapercibidas por los usuarios y que a la vez aumentan el confort de uso.

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 el año 1995 aquí en España, en 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 y más adelante se dedicará un amplio apartado al conocimiento y explicación de estas tecnologías.

Pero 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.

4.2.1. Acciones y Consideraciones para Ahorrar Agua y Energía

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

- ✿ En las instalaciones de Fontanería, tanto de ACS, como AFCH, hay que preocuparse de que cuando se diseñen o reformen, se considere tan importante la eficiencia, como el diseño y la ergonomía de uso, utilizando los adelantos técnicos más avanzados que en ese momento existan (*ya contrastados*), pues una instalación una vez construida, será para muchos años, sin olvidar la facilidad de mantenimiento y sus costes.
 - ✿ La reutilización y/o reciclaje de Aguas Grises, si no se considera en la fase de diseño o al realizar una reforma, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría, al no estar preparada la estructura ni canalización del edificio; mientras que si se preocupan de incluirlas en el proyecto, el coste será mínimo, ofreciendo beneficios por ahorro de por vida.
- ✓ *Por ejemplo: si se está diseñando un nuevo edificio, se puede recolectar todas las bajantes de los tejados y aprovechar el agua de lluvia para regar, siendo el coste de esta modificación, sobre un proyecto final, inferior a unos 2.500 € todo incluido.*

- ✓ *Otro ejemplo sería el 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 filtrarla (ya está clorada), y bombeárla y repartirla separadamente del agua de consumo humano.*
- ✿ Es interesante la instalación de contadores (*a ser posible electrónicos*), que permitirán la segregación y control de consumos y fugas, adecuando los diámetros de éstos a las necesidades reales, y no con márgenes de seguridad excesivos, que encarecerán la factura del agua, sin aportar nada a cambio.
- ✿ Considerar la adecuación paisajística del entorno, o de las plantas de interior, con un punto de vista de xerojardinería o decoración con plantas autóctonas o que consuman poco agua, utilizando siempre que se pueda, sistemas de riego eficientes, y programables, para evitar la tentación humana de que si les damos más agua crecerán más y estarán mejor.
- ✿ Selección de equipos y adecuación de las instalaciones de climatización al tipo de explotación, que va a tener el edificio. Hay especialistas en gimnasios, piscinas y centros deportivos, que saben exactamente cuál es el tipo más adecuado y las precauciones a tener en cuenta, y las opciones más adecuadas a la hora de diseñar las instalaciones.
 - ✓ *Prever el aprovechamiento, canalización y recuperación del agua de las torres de ventilación, y/o de condensación, para ser utilizadas para otros usos.*
- ✿ Selección de equipos Hidro-Eficientes para el centro, a nivel de electrodomésticos, y con etiquetaje 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*); hay que hacer cuentas, antes de decidirse.

- ✿ Selección de complementos, toallas y menaje, específicos para este tipo de instalaciones, mirando más allá de los costes y el diseño, valorando su comportamiento con detergentes, jabones, etc., o que no requieran blanqueadores y/o tensoactivos específicos y las características de utilización que exigirán.
- ✿ Utilizar jabones y productos biodegradables, que no contengan cloro ni fosfatos en su composición, y utilizar la dosis correcta propuesta por los fabricantes. *Cuando sale la vajilla blanca, puede ser por la alta concentración de cal en el agua, y esto se resuelve con un aporte de sal adecuado, según el fabricante, pero sobre todo no hay que volver a lavarlos, pues con frotarles con un trapo o 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, ajustarlas de tal forma de que el último día sólo se aporte el agua necesaria, programando su arranque para que el lunes esté preparada para su consumo*).
- ✿ Supervisar mensualmente, a la vez que se toman las temperaturas en puntos terminales, como exige el RD. 865/2003, si éstos cierran adecuadamente, tienen pérdidas y/o fugas. (*Verificar sobre todo 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 del agua, verificar la calidad del agua y su composición cada cierto tiempo y sobre todo en épocas estivales, pues la

variación de su composición requerirá dosis o ciclos distintos. Aprovechar para comprobar el estado de resinas, sales, etc., de los distintos depósitos, verificando el resultado final del tratamiento.

- Realizar campañas de sensibilización ambiental dentro del establecimiento, 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.
- Instalar, prever o implementar equipos y medidas economizadoras de agua, como las que a continuación se detallan, pues facilitarán la minimización de los gastos y consumos de agua y energía, y generarán beneficios por ahorro para toda la vida.

4.3. Tecnologías y Posibilidades Técnicas para Ahorrar Agua y Energía

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

Este capítulo pretende dar un repaso a las posibilidades técnicas más exitosas y fáciles de implementar, y que más rápida amortización tienen.

Antes de entrar en materia, 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 consume 4,6 litros por minuto, no podría 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 tres bares; 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 complementaria no solamente la calidad y caudal del servicio ofrecido, si no también lo respetuosa que ha sido su fabricación, medioambientalmente hablando.

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, que consume mucha menos agua que 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. 1.

En el caso de los grifos, éstos suelen llevar un filtro para evitar las salpicaduras, (*rompeaguas o aireadores*), disponiendo de tecnologías punteras como los Perlizadores y Eyectores, que reducen el consumo de agua un mínimo del 50 % en comparación con los equipos tradicionales y aportan ventajas, como una mayor

eficacia con los jabones, por su chorro burbujeante y vigoroso, a la vez que son anti-cal y anti-bloqueo, pudiendo ser sustituidos en cualquier grifería existente. Aunque también hay griferías que ya lo incorporan.

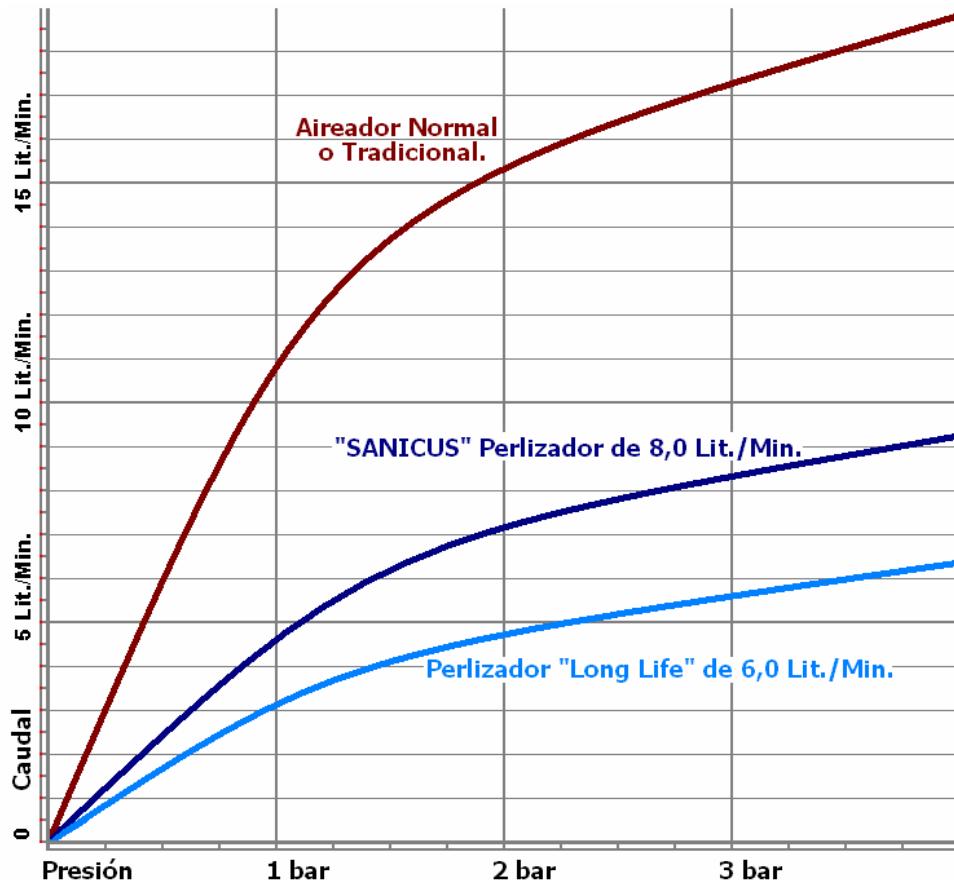


Figura 1. Consumos de Griferías normales y ecológicas con Perlizadores.

4.4. Clasificación de Equipos

En primer lugar hay que agrupar los distintos tipos de equipos sanitarios más utilizados a nivel de suministro de agua, en dos grandes grupos:

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

La siguiente información está organizada, por la tecnología economizadora utilizada, o implementable sobre el equipamiento descrito, sin orden específico, ya

que se pretende comentar las posibilidades, ventajas y opciones disponibles, así como los pros y contras de las mismas.

4.4.1. Tecnología para grifos monomando tradicionales

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

El hecho de que el agua que se utiliza en un grifo monomando sea fría, no quiere decir que ésta no contenga agua calentada. (*Como por ejemplo en un monomando de lavabo, al estar posicionado el mando o palanca en el centro, cada vez que abrimos éste, consumimos un 50 % de agua fría y 50 % de agua caliente, aunque a ésta no le demos 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 abriendo en su posición central y durante un tiempo medio inferior a 30 segundos, no agarrando la maneta, sino empujándola desde abajo hacia arriba, hasta el final del recorrido, dándole golpecitos hacia abajo, para ajustar el caudal (*si es que éste fuera muy elevado*).

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.

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

Como se puede apreciar en la Foto 1, 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.



Foto 1. Explicación gráfica de los Cartuchos Ecológicos.

Esto ofrece ahorros generales superiores al 10 % de la energía media total que suele utilizar un lavabo normal, y un ahorro de un 5 % en agua aproximadamente.

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

Otra de las soluciones que hay para ahorrar agua y energía, consiste en la sustitución de este aireador, por un "PERLIZADOR", el cual, aparte de cumplir con el objetivo del anterior, aporta 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 un mínimo del 50 %, llegando en ocasiones y dependiendo de la presión, hasta ahorros del 70 % del consumo habitual, existiendo versiones normales y antirrobo, para lugares en los que preocupen los sabotajes, posibles robos o vandalismo.



Foto 2. Perlizadores de distintos caudales y modelos.

La implementación de Perlizadores de agua en lavabos, bidet, fregaderos, pilas, etc., reduce estos consumos.

4.4.2. Tecnología para 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 el 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 de éstos.

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 sea más joven de unos 15 años aproximadamente, también se le podrá implementar los Perlizadores antes comentados, complementando las medidas de eficiencia y totalizando ahorros superiores al 60 % sobre el estado previo a la optimización.

4.4.3. Tecnología para grifos temporizados

Los equipos o grifos temporizados, vienen a cubrir una de las mayores preocupaciones en lugares públicos: los daños causados por el vandalismo, la necesidad de una durabilidad elevada por su alta utilización y el exceso de consumo por el olvido de 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.
- ✿ Temporización ajustada a demanda (6" en lavabos y 20-25" en duchas).

- Cabezales intercambiables, anti-calcáreos.
- Anti-bloqueo, para lugares problemáticos, o con problemas de vandalismo.



Foto 3. Mejoras posibles en griferías temporizadas.

Sobre este equipamiento y a través de su propio personal especializado de mantenimiento o profesionales específicos, puede optimizarse y regularse los consumos, minimizando éstos entre un 20 y 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 segundos cada una, cuando con una pulsación de 6 segundos 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 (*por ejemplo tras realizar una micción*), es muy frecuente ver, como el usuario se marcha y sigue saliendo agua.

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

4.4.4. Tecnología para Fluxores

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

El mayor consumo de estos equipos y algunos problemas de suministro suelen venir dados por factores muy concretos: diseño inadecuado de la instalación, o variación de la presión de suministro y 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 de las líneas, siendo muy frecuente ampliar o variar éstas, o realizar tomas para otro tipo de sanitarios, lo que provoca que los consumos o presiones sean inestables; en otros casos la presión de suministro aumenta, encontrándose que los tiempos de actuación y los caudales suministrados son excesivos, incluso superiores a los 9 litros.

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

Existen, en empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro, unos Eco-pistones especiales, Foto 4, a los cuales se les modifica la curva de descarga, produciendo una descarga más intensa pero de menos tiempo, que permite economizar hasta el 35 % del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre, que incluso en algunas tazas antiguas, aumenta.

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.



Foto 4. Pistones Ecológicos para Fluxores.

4.4.5. Tecnología para Cabezales y Regaderas de Duchas

A la hora de economizar agua en la ducha, esto suele ser más fácil actuando 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 de la misma.

Hay una primera catalogación que consistiría en el tipo de cabezal de ducha o regadera que se utiliza, con independencia de la grifería que la activa y regula,

pudiendo dividirse en dos: cabezales de ducha o regaderas fijas a la pared y mangos de ducha o teléfonos unidos a la salida de la grifería mediante un flexo.

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

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

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

- ✿ Intercalar un reductor volumétrico giratorio, que aumenta la vida del flexo, evitando torceduras y enredos, a la vez que se ahorra un 35 % del agua consumida por el equipo al que se le aplica.
- ✿ Insertar en la toma de la ducha un limitador de caudal ajustando el suministro a lo deseado; posibilita ahorros del orden del 25 % aproximadamente, pero no valen para cualquier modelo.
- ✿ Incorporar un interruptor de caudal, para disminuir el agua suministrada durante el enjabonamiento, pero sin perder la temperatura de mezcla obtenida, dejando pasar sólo una parte ínfima de agua para evitar el enfriamiento de las cañerías.
- ✿ Cambiar el mango de ducha, por otro Ecológico o Eficiente, existiendo tres tipos de éstos principalmente:

- ✓ Los que llevan incorporado un limitador de caudal.
 - ✓ Los que la técnica de suministro de agua se basa en acelerar el agua y realizar el suministro con múltiples chorros más finitos y a mayor presión.
 - ✓ Los cabezales de ducha específicos, que suelen ser irrompibles, con suministro de agua a nivel e hidro-masaje por turbulencias, que posibilitan ahorros de hasta el 60 % aumentando el confort y la calidad del servicio ofrecido. Suelen ser más costosos, pero generan mucho más ahorro y duran toda la vida.



Foto 5. Distintas duchas y accesorios para economizar agua y energía.

4.4.6. Tecnología para Inodoros (WC)

El inodoro es el sanitario que más agua consume en la vida cotidiana, siendo el segundo más utilizado en gimnasios y centros deportivos, por detrás de las duchas, utilizándose infinidad de sanitarios y tipos distintos de descarga de aguas, para retirar los sólidos y los líquidos que se desea evacuar.

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 en éstos 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*. Por lo que ahorrar agua es fácil siempre que se pueda discriminar la descarga a realizar, ya que para retirar líquidos se necesita solamente unos 2-3 *litros*, y el tanque completo sólo se requiere para retirar sólidos.

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

Tanque Normal: 5 Descargas x 9 l/Desc. = 45 l/ Día.

Tanque 2 Pulsadores: 1 Descargas x 9 l/Desc. = 9 l/ Día.

 4 Descargas x 3 l/Desc. = 12 l/ Día.

Diferencia: 45 – (9 + 12) = 24 Litros ahorrados, lo que supone un 53,33 %.

Las posibilidades técnicas de que se disponen para producir esta selección de descargas son las siguientes:

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

Suelen ser de instalaciones recientes, de unos 8-9 años atrás como mucho, 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, y 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 utiliza.

Tanques o Cisternas con tirador:

Al igual que el 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 la opción más ecológica y racional para el uso de los inodoros. Aunque por desgracia algunos fabricantes no permiten la selección

y graduación del tipo de descarga; hay otros que es complicado saber cuál es el botón que descarga una parte u otra; incluso existen unos mecanismos, que hay que pulsar los dos botones a la vez para producir una descarga completa.

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

- 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 al menos 10 años, siendo como mínimo 5.
- Y 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, comprueben posibles fugas de agua, bien por la vía de que el flotador llena demás el tanque, (*lo que con la simple regulación se resuelve*), bien porque las gomas del mecanismo se han aleteado, endurecido o deteriorado, dejando escapar el agua por su asiento (*cambiarlas es muy fácil y su coste ridículo*). También será recomendable instalar pegatinas con independencia del modelo que sea por lo anteriormente comentado.

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 (se ahorra por ejemplo 1 litro por descarga) al realizar deposiciones y tener que retirarlas, hay muchas ocasiones en que no tiene fuerza suficiente para arrastrar los restos, debiendo pulsar varias veces, consumiendo el agua ahorrada en 7-8 utilizaciones, aparte de los problemas de estabilidad que puede ocasionar si se caen o tumban, evitando su cierre y que genere fugas constantes.

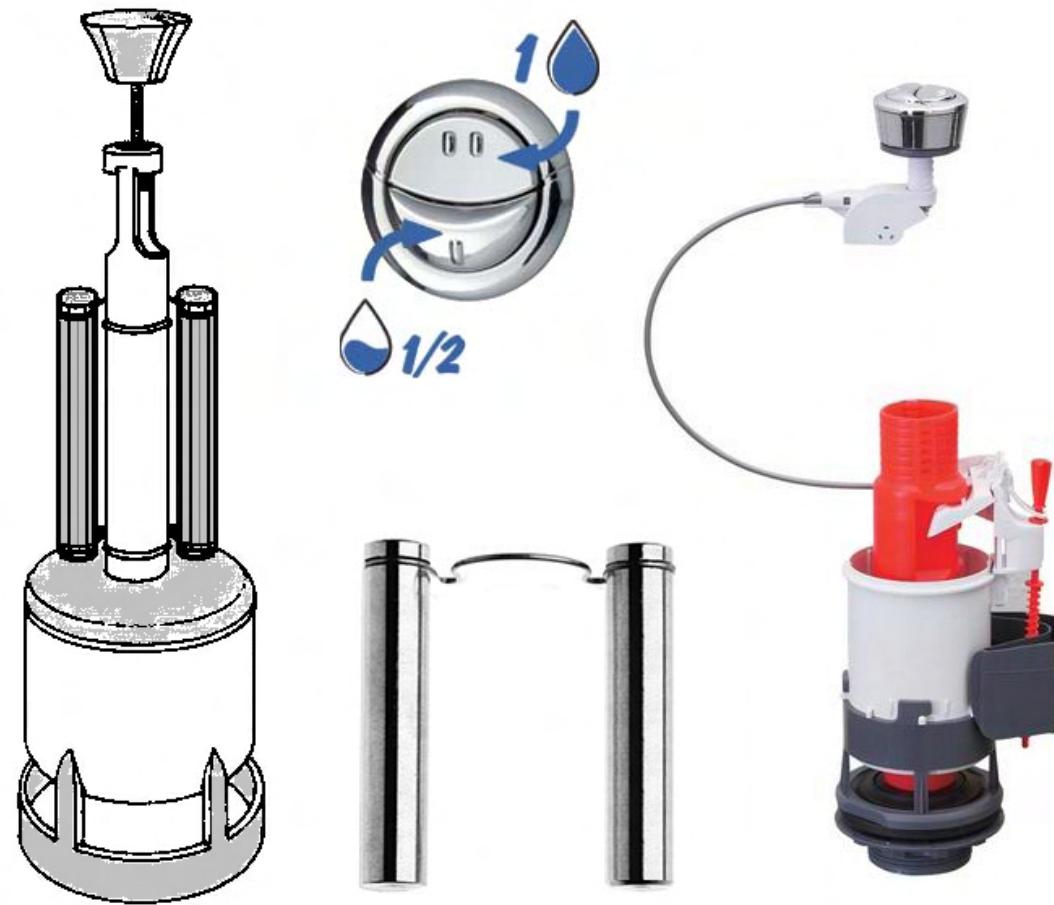


Foto 6. Mecanismo de tirador, contrapesos y M. de doble pulsador.

4.4.7. Tecnología para las redes de distribución

El consumo de agua y la energía derivada de su calentamiento se ve muy afectada 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.

En primer lugar, a la hora de analizar un circuito de reparto y suministro de agua, ésta, si es caliente, deberá ser lo más corta 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 muy fácilmente la temperatura prefijada como tope de demanda, evitando accidentes o escaldamientos con la misma; la composición ideal sería introducir un Mezclador Termostático, con aporte de retorno, como en la Fig.2, donde el agua no consumida, retorna al mezclador aportándose como agua fría, para que al mezclarse con la caliente, podamos ofrecer el agua a la temperatura deseada.

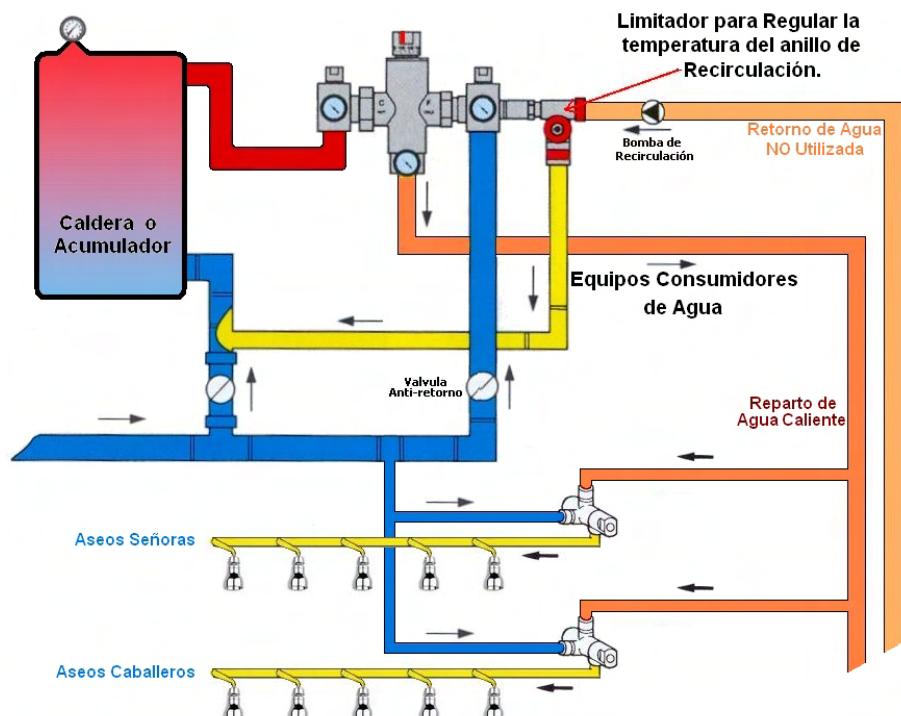


Figura 2. Circuito optimizado de termostatización del agua caliente con anillo de recirculación.

La eficacia de este circuito es máxima, tanto si la grifería ofrece capacidad de regulación al usuario, como si ésta 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 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

tratamiento de mantenimiento y 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; y el aprovechamiento energético de ésta, es el máximo posible, ofreciendo ahorros energéticos superiores al 16 % sobre sistemas tradicionales y minimizando la demanda de agua en espera, que tradicionalmente se derrocha con otros sistemas, por esperar a que salga a la temperatura que el usuario desea.

Con independencia de las temperaturas de consumo y su 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 de éstos cuando se consume agua simultáneamente en varios puntos de consumo. 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.

Como ejemplo, una ducha tradicional o normal consumirá de media unos 12,5 litros minuto a 1,5 bar, unos 16 litros a unos 2,5 bares y unos 18,5 litros minuto a unos 3,5 bar de presión.

Como se observa, un mismo equipo consumirá más o menos en función de la presión a la que se efectúa el suministro. Para resolver esto, es recomendable instalar reguladores de presión, pues las líneas de reparto han de considerar los caudales necesarios para que en simultaneidad, den abasto a suministrar todo el agua que se demanda, aunque por lo general, los técnicos, ingenieros y arquitectos, utilizan fórmulas estandarizadas que nos alejan de la realidad, existiendo un porcentaje elevadísimo de exceso de presión con lo que ello supone de incremento del consumo.

Para resolver estos problemas, no hay que 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 de confort de la calidad del servicio ofrecido, por inestabilidad de la temperatura, quejándose los usuarios de que tan pronto sale fría como al momento siguiente muy caliente, o tienen 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 al principio y hasta que se equilibraran las presiones, llegando de golpe el agua original, una vez que se ha consumido la que había invadido la cañería contraria, llevándose un sobresalto el usuario, al cambiar de golpe varios grados la temperatura.

La solución pasa por equilibrar las presiones o, si no se pudiera, habría que montar 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 a parte 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, considerándose que este problema puede aumentar el consumo de agua en más del 10 %; por lo que atajarlo, aportará beneficios tanto económicos, como de calidad en el servicio ofrecido, hacia los usuarios de las instalaciones.

4.4.8. Equipamientos electrónicos en obra nueva o reforma

Al plantearse una reforma o un nuevo proyecto, aparte de todo lo descrito hasta el momento, también hay soluciones en equipamiento ecológico que

convendrá valorar, pues puede que las inversiones sean más costosas inicialmente, pero a largo plazo se verán los grandes ahorros generados.

De entre las posibilidades que el mercado ofrece, habrá que considerar, por ejemplo, la posible instalación de griferías electrónicas de avivación automática por detección de presencia (*infrarrojos y microondas principalmente*).



Foto 7. Grifería electrónica por Infrarrojos de dos aguas.

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; a la vez que está demostrado que son los equipos que mejor aprovechan los suministros, ya que los ajustan a la necesidad real del usuario, evitando el más mínimo despilfarro. Suelen generar ahorros importantísimos, siendo en el caso de los lavabos de más del 60 %, e incluso el 75 %, si incorporan perlizadores a su salida.

Se pueden utilizar para lavabos, fregaderos, 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 y 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 y/o de fabricantes los cuales no tienen este tipo de tecnologías. (*Son muy recomendables en Spas, C. termales, etc.*).

4.5. Inversiones medias, ahorros y plazos de amortización

Como planteamiento inicial y basándose en estadísticas propias del sector, se utilizará un ejemplo para poder sacar una serie de conclusiones, las cuales sirvan de orientación y puedan extrapolarse a otros centros, por el nivel de usuarios y/o tamaño de las instalaciones, de tal forma que se pueda obtener una idea, de las inversiones medias que se suelen requerir, la eficacia obtenida o ahorros generados, la reducción de costes obtenida y a partir de estos datos el plazo de amortización medio real de las inversiones propuestas.

Bajo esta hipótesis, se supone un centro deportivo o gimnasio que diariamente tiene una utilización media de unas 300 visitas de actividades de esfuerzo, (*en 290 días de trabajo operativo al año*), y sus instalaciones totalizadas constan de 20 grupos de aseo completo, es decir 20 lavabos, 20 duchas y 20 inodoros, con 3 urinarios y 2 fregaderos; considerando únicamente un consumo de agua sanitaria de 4.249 m³ anuales, en ACS y AFCH, y produciendo el agua caliente con gas natural, la implementación de medidas correctoras tendría estos resultados:

Días de trabajo operativo: 290 días/año.

Inversión a realizar: 1.500,00 € aproximadamente.

Ahorro **mínimo** estimado: 36,64 %.

Coste del metro cúbico de agua: 0,987 €/m³.

Coste **mínimo** de calentar un metro cúbico de agua: 2,190 €/m³. (*Según IDAE*).

Considerando:	Coste actual:	Coste Posterior:	Ahorros Generados
Sólo Agua Fría:	4.193,27 €	2.656,93 €	1.913,56 €
Se amortiza en:	286 Días =	41 semanas =	9,5 Meses.
Agua y Energía:	7.728,87 €	4.897,15 €	3.208,94 €
Se amortiza en:	171 Días =	24 semanas =	5,7 Meses.

Como puede apreciarse, tanto si se considera únicamente el coste del agua fría, como si se utiliza el coste del agua y del gas necesario para su calentamiento, el plazo de amortización es muy corto, generando beneficios de por vida.

Desde un punto de vista financiero, la renta bruta anual garantizada (RBAG), sería de 2.908,94 €, (*para una vida mínima equivalente a los 5 años de garantía de los productos utilizados, aunque lógicamente durarán mucho más tiempo*).

El rendimiento bruto anual (RBA) sería del 193,9 %, siendo la tasa de retorno de la inversión (TRI) del **1.049,6 %**.

Como conclusión, la inversión a realizar generaría unos beneficios netos, sólo durante los 5 años del periodo de garantía de los equipos, de **14.544,69 €**.

4.6. Beneficios ecológicos de este tipo de inversiones

Los beneficios que generan este tipo de inversiones no son solamente económicos, si no también medioambientales y de imagen ante la sociedad.

Siguiendo con el ejemplo utilizado, la empresa que implementara las medidas correctoras mejoraría medioambientalmente nuestra sociedad con una reducción neta de las emisiones de gases contaminantes de la atmósfera o gases

de efecto invernadero de 0,836 toneladas de CO₂, que si bien no es una gran cifra, colabora activamente con el crecimiento sostenible.

Desde el punto de vista energético, el ahorro generado equivale a una reducción de unos 50.704 kW/h de energía utilizada para calentar el agua, por ejercicio.

A nivel hídrico se habría dejado de consumir unos 1.557 m³ de agua, el equivalente a una piscina olímpica, con una profundidad de 1,5 m en vez de los 1,8 m de profundidad reglamentarios. (*Un 15 % menos de su capacidad*).

Sin olvidar la carga contaminante de estos vertidos, no pudiéndose valorar sin realizar mediciones.

4.7. Consejos generales para economizar agua y energía

En salas de calderas y distribución:

- ✿ Las calderas y los quemadores deben ser limpiados y revisados periódicamente por un técnico cualificado.
- ✿ Mandar inspeccionar la caldera periódicamente, inspeccionando 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, entonces 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 estival.
- ✿ Aisljar 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, que garantice el servicio con el mínimo esfuerzo de la caldera. (*Si sus puntas son muy exageradas, valorar la implementación de un programador de maniobra que automatice los cambios de temperatura*).

En los puntos de consumo:

- ✿ Instalar equipos termostáticos siempre que sea posible, pues aumentan el confort y ajustan el consumo energético a la demanda real.

- ✿ Los equipos temporizados son ideales cuando se trabaja con jóvenes y adolescentes, pues evita olvidos de cierre y soportan mejor el posible vandalismo.
- ✿ Instalar o implementar medidas correctoras del consumo, como perlizadores, alcachofas de ducha ecológicas, reductores volumétricos, etc., reducirá espectacularmente los consumos.

En el centro de trabajo:

- ✿ 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. (*Sí 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, trasmidiendo a clientes y empleados su preocupación por el medioambiente, mejorará su 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 y mejoras, y avisos para resolver los problemas y/o averías que puedan surgir y fueran detectados 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 los envoltorios de éstos, junto con papeles, plásticos o profilácticos, con lo que se pueden producir atascos en tuberías tanto de bajantes como en fosas y sifones, provocan obstrucción en las rejillas de entrada y filtros, ocasionando diversos problemas higiénicos y mecánicos. Es recomendable que todos estos residuos vayan directamente a la basura, para ello a parte 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 su imagen y sufriendo menos en épocas de sequía.
- La necesidad de agua en el pasto, puede identificarse cuando éste se torna de un color verde azulado y cuando las pisadas permanecen marcadas en él, ya que la falta de agua hace que a la hoja le cueste recuperar su posición original. Lo ideal sería regar el césped justo en ese momento ya que el deterioro en ese punto es mínimo y, apenas el césped 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 hacerlo 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 medio día no es efectivo ya que gran cantidad de agua se evapora siendo por consiguiente muy difícil humedecer la tierra adecuadamente.

- ✿ El riego por aspersión produce más pérdidas que el riego por goteo o las cintas de exudación. La manguera manual también supone mucho desperdicio, pero es adecuado para aquellas plantas resistentes que se riegan manualmente muy de tarde en tarde.
- ✿ Al diseñar y/o reformar el jardín, agrupar las especies según su demanda de agua. Se tendrá de esta forma zonas de necesidades altas, medias y bajas. Por ejemplo, los Cactus y 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 (*habrá que regarlas menos*). Ejemplos: cactus, lantana, áloes, 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 detergentes a los recipientes, después del llenado, aunque no haga espuma, limpiará lo mismo.
- ✿ Promover medidas para ahorrar en el lavado de 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; limitemos las demandas a lo estrictamente necesario. (*No habrá que preocuparse de cómo ahorrar, si no se consume*).

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 práctica de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y servicios públicos". Bakeat. Bilbao, España.
4. TEHSA, S.L. (2002).: "Sección de Artículos", Web de la empresa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L. Alcalá de Henares (Madrid), España.
5. Ahorraragua.com (2003).: "Eco-Artículos", Web de la compañía. Madrid, España.

5.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es mostrar las principales líneas de actuación para incrementar la eficiencia energética en las instalaciones de climatización en general, con un hincapié especial en instalaciones de uso deportivo.

Las líneas principales de actuación para mejorar el rendimiento de una instalación pueden resumirse en tres:

- ✿ 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 puntos y cuantificar el impacto de las mejoras propuestas en los costes de las instalaciones.

5.2. Diseño y utilización de las instalaciones

El confort humano se centra en cinco variables fundamentales:

- ✿ Temperatura.
- ✿ Humedad.
- ✿ Velocidad del aire.
- ✿ Calidad ambiental (IAQ).
- ✿ Nivel sonoro.

Respecto al resto en las instalaciones deportivas se dan varias peculiaridades:

- ✿ Gran número de personas en poco espacio. La concentración se puede dar incluso en muy pocas horas.
- ✿ 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 importante aportación 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.

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 19:00	19:00 a 7:00
Residencial (V. unifamiliares)	50	45
Residencial (Ed. en altura)	55	50
Comercial	60	55
Industrial	70	70

Por otra parte se recomiendan una serie de niveles para el normal desarrollo de la actividad en el interior del local, tabla 2.

TABLA 2. Niveles sonoros en interior.

ACTIVIDAD	NIVEL RECOMENDADO RC dB(A)
Viviendas	25 – 30
Hoteles/Moteles	
Salones privados, conferencias, banquetes	25 – 30
Oficinas	
Despachos	25 – 30
Salas conferencias	30 – 35
Áreas comunes	35 – 40
Pasillos y Salas de ordenadores	40 – 45
Hospitales	
Habitaciones	25 – 30
Salas de consulta y de guardia	30 – 35
Quirófanos, áreas comunes	35 – 40
Iglesias/Escuelas	
Aulas	25 – 30
Salas diáfanas	30 – 35
Bibliotecas/Juzgados	35 – 40
Cines y Teatros	30 – 35
Restaurantes, Gimnasios y Boleras	40 – 45
Auditoriums/Salas de grabación y ensayo	15 – 20
Estudios de TV	20 - 25

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 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.

5.3. Tecnología del ciclo frigorífico aplicable al ahorro energético

Podemos citar entre otras varias líneas de actuación sobre la tecnología frigorífica:

- Uso de unidades con mejora de eficiencia energética.
- Aplicación de la bomba de calor.
- Recuperación de calor (en forma de agua caliente).
- Válvula de expansión electrónica y Economizador (lado refrigerante).
- Turbina recuperación.
- Cogeneración de energía eléctrica y calor.

5.3.1. 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, tanto a través de mejores materiales

con mayores coeficientes de transferencia de calor como a través de compresores más simples y eficientes (caso del compresor *scroll* con sólo tres piezas móviles) ha dado sus frutos.

Ejemplo:

Equipo compacto de cubierta		<u>1980</u>	<u>2005</u>
Cap.Frig.	50 kW	Eficiencia	2,6
		Consumo plena carga	19,2
2100		Horas operación año	40384,6
0,01		€ / kWh	403,8
		Ahorro	375,0
			7 %
			kW
			kWh
			€

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	2005	Aplicación
• Equipos Split	2.3	2.5 (2.8 VRV)	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	3.0 (C. Tornillo)	Sistemas de agua fría / caliente equipos terminales de agua para hoteles, grandes centros deportivos
• Enfriadoras agua-agua:	3.0	4.0 (C. Tornillo)	
• Enfriadoras Centrífugas:	5.0	7.0 (Turbina expansión)	Grandes Complejos

Figura 1. Evolución de la eficiencia energética en los equipos de climatización.

5.3.2. 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 a 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

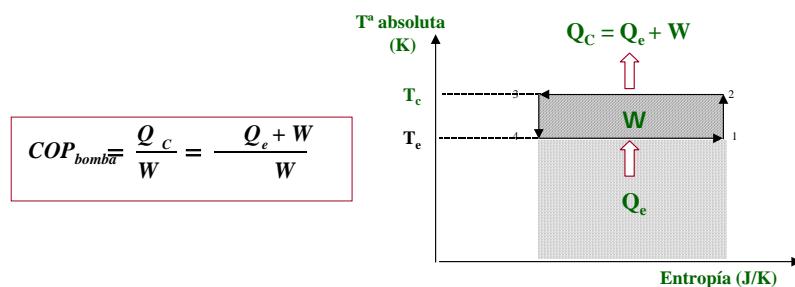


Figura 2. Ciclo Bomba de calor.

Los elementos que componen una máquina frigorífica de ciclo de compresión y las funciones que realizan son harto conocidos:

- ✿ 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 punteada 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) 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 la 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 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 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 enmascaran los efectos de ahorro en la instalación.

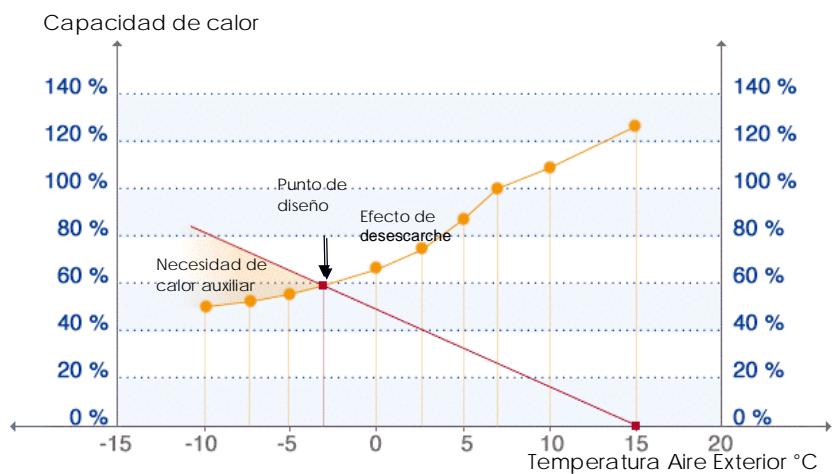


Figura 3. Elección del punto de diseño de una bomba de calor.

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 (recordemos la fórmula del rendimiento de Carnot) y que se hace más acusado en cuanto se da 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 proyecto a reducir las necesidades caloríficas de la instalación, y reducir 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.

5.3.3. 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. Las unidades condensadas por aire con condensador o condensadores de recuperación presentan por supuesto 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.

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 por tanto en su zona óptima cuando ambas cargas, frigorífica y calorífica llegan a su máximo simultáneamente.

Por razones de control de carga de refrigerante y presión de condensación, los diseños más extendidos cuentan con los recuperadores en serie con las baterías condensadoras.

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 de saturada de condensación habrá de 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.

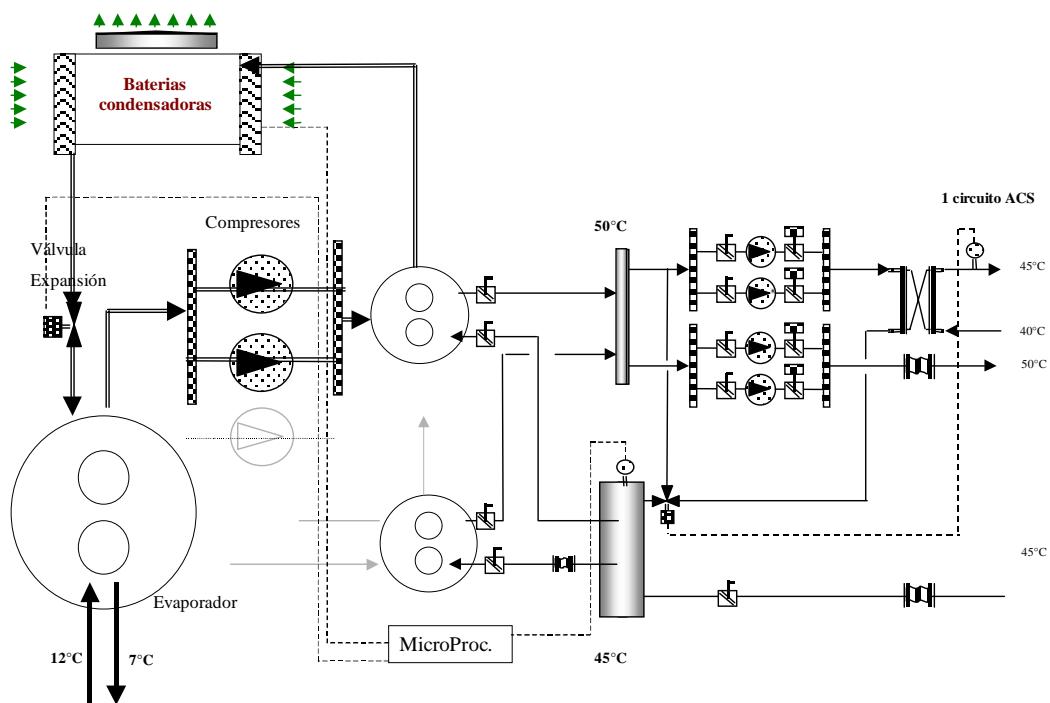


Figura 4. Circuito de recuperación en una unidad aire-agua.

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, sobre todo en climas suaves ha sido muy habitual la instalación de una pareja de unidades de frío sólo y una frío con recuperación, o para climas más fríos, una enfriadora con recuperación más una bomba de calor reversible. Muchas veces se estaba usando este calor para la preparación de Agua Caliente Sanitaria. Es, sin embargo, raro el caso de poder encontrar una instalación de uso deportivo en la que pueda usarse el sistema de recuperación de calor en la forma que se ha comentado.

Incluso en grandes estadios cubiertos, con grandes cargas frigoríficas en momentos de gran aforo, no existen cargas de calor en forma de agua caliente sanitaria. Aun recurriendo a la acumulación el consumo posterior de A.C.S., lo escaso de este consumo no compensa el coste económico de su implantación.

Una variante a este principio de recuperación de calor lo 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. 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 suplementar 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 (principalmente cloro) complementada con choques térmicos¹ son la mejor forma de lucha contra la bacteria. De esta forma pueden seguir usándose, en condiciones de salubridad esos eficientes dispositivos de ahorro de energía que representan las unidades de recuperación de calor.

¹ En cumplimiento del Real Decreto sobre Prevención de infección por Legionella.

5.3.4. Ahorro energético con válvulas de expansión electrónica. 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 incluso permitiendo (con cambios en el *software*) el trabajo con diferentes gases refrigerantes. Constan de un motor de múltiples pasos. La regulación con 1.500 pasos permite la adaptación a múltiples condiciones de carga, 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.

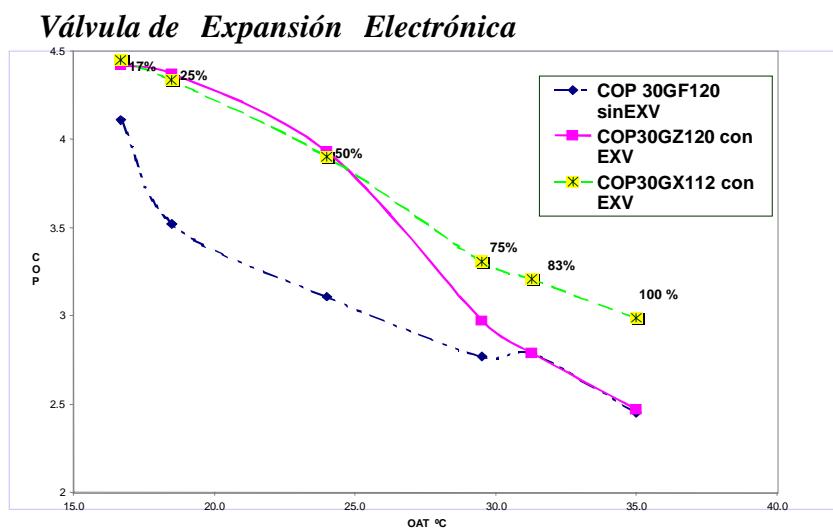


Figura 5. Efecto de la válvula de expansión electrónica sobre el rendimiento.

En el caso ejemplo, Fig. 5, puede verse como 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 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.

El uso conjunto de las válvulas de expansión electrónicas con economizadores aporta también un notable ahorro energético. Consisten en un intercambio de calor de entre la línea de líquido y una línea de gas enfriada en este proceso, es 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 ha incrementado en casi 0,5 puntos. Se traduce en un ahorro del 2 % anual en los costes de todo el edificio.

5.3.5. 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 hasta 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. Escasas instalaciones deportivas, excepto grandes estadios, canchas cubiertas (caso del Palacio de los Deportes de la Comunidad, renovado recientemente con nuevas plantas enfriadoras de tornillo con válvulas de expansión electrónica) o ciudades deportivas llegan a estas grandes capacidades, por lo que su aplicación es limitada.

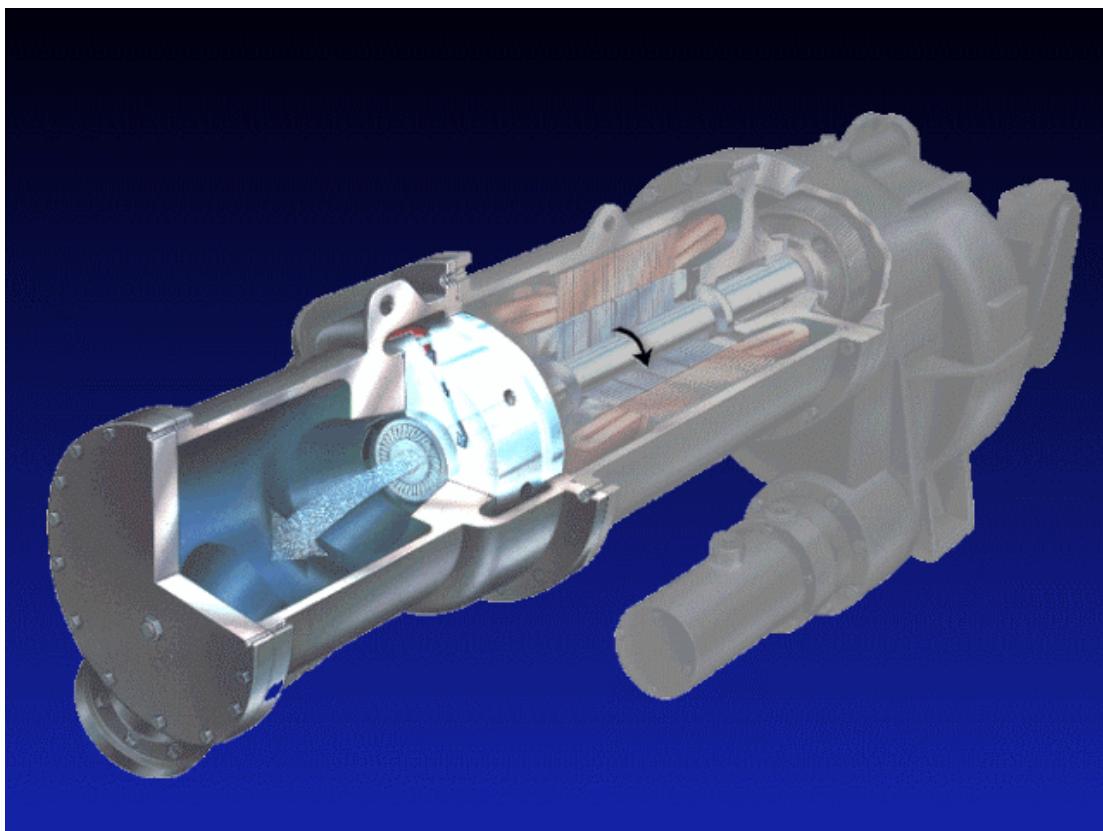


Figura 6. Turbina de expansión en unidades centrífugas.

5.3.6. 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 sobrecaleñada 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 absorbéedor una sal, generalmente bromuro de litio (también existen máquinas con Amoniaco-Agua).

Dado que la máquina de absorción utiliza calor como fuente de energía, su mayor aplicación la tendremos cuando exista 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.

En un futuro existe una intención de 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 tanto, con unos costes muy bajos. Para ello se intenta encontrar una máquina que precise agua a temperaturas no superiores a 80 °C, en la actualidad hace falta llegar a 87 °C o 90 °C y son temperaturas donde la energía solar con colectores planos llega con muy bajo rendimiento.

Como ventajas más importantes en resumen podemos 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, fue la causa de la caída de las ventas de los equipos de absorción asociados a las instalaciones de cogeneración. Aunque en pequeña

proporción respecto al total de instalaciones de cogeneración estas instalaciones de trigeneración tuvieron auge hasta el año 1999, donde comenzó su declive.

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 introducción de nuevas ayudas y normativas de ahorro energético² pueden impulsar de nuevo esta tecnología. La producción de agua caliente por energía solar está siendo promovida por parte de las diversas administraciones del Estado con salir del *impasse* que impide que España cuente seriamente con la energía solar como un recurso para el ahorro energético.

Muchas de las Comunidades Autónomas y ciudades³ costeras están emitiendo normativa técnica para implantar, de forma obligatoria este tipo de sistemas en hoteles y en viviendas de nueva construcción.

La aplicación de colectores con producción a alta temperatura podría proporcionar asimismo 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.

En el caso de los hoteles, la producción de A.C.S. a través de sistemas de colectores solares puede provocar sensibles ahorros de energía, sobre todo en aquellos que por mayor uso en el verano pueden tener un sistema de acumulación

² Línea de financiación ICO-I.D.A.E. 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.

³ Son ya más de treinta y ocho las grandes ciudades y cinco las Comunidades Autónomas que han emitido normativa al respecto. Fuente: *Tecnoenergía, Diciembre 2004*.

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.

No obstante es difícil adaptar el perfil de producción al perfil de consumo de un centro deportivo, que como ya se ha comentado es muy diferente.

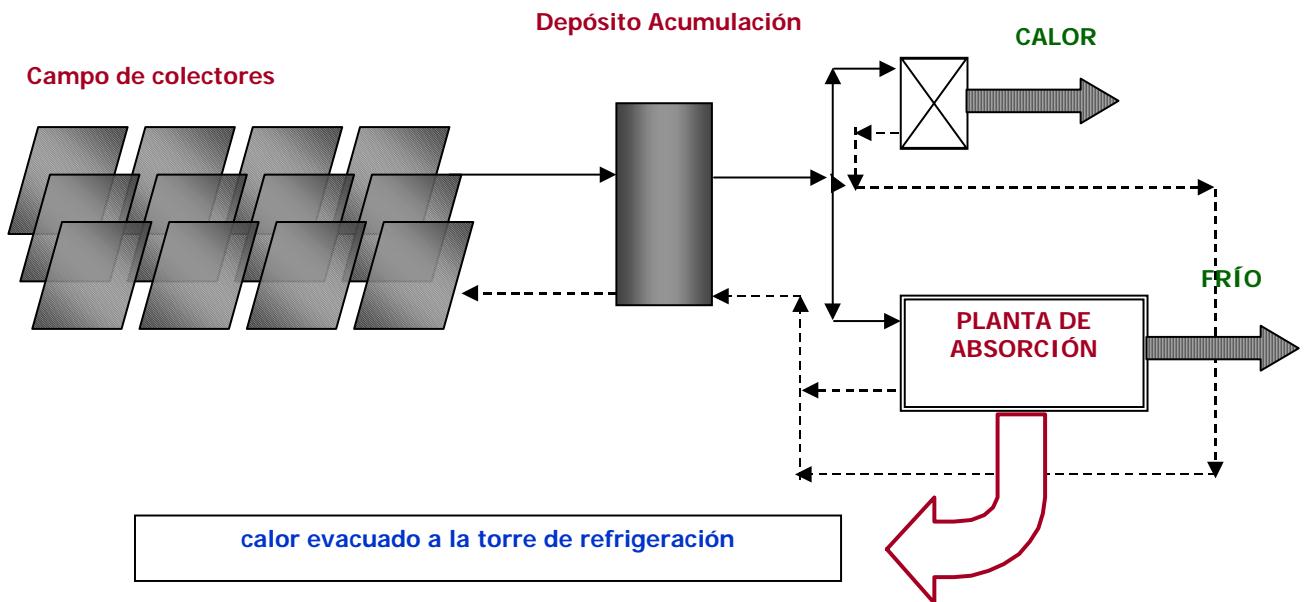


Figura 7. Aplicación de un sistema de acumulación de agua caliente por energía solar para A.C.S y refrigeración mediante máquina de absorción.

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 obtenerse a la vez 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.

5.4. 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 bien horarios de ocio de los usuarios (instalaciones privadas como gimnasios, clubes de deportes de interior, artes marciales, baloncesto, voleyball, 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 por así decirlo un frío o demasiado caluroso "recibimiento" 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.

5.4.1. 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.). Deja, sin embargo, sin resolver el problema de la radiación solar o el

efectos 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 cuando 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 desconfort 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 puede 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.

5.4.2. Gestión de Enfriamiento gratuito por aire exterior (ITE 02.4.6) y Recuperación de Calor

La utilización del enfriamiento gratuito por aire exterior se ha de decidir en función de las condiciones climatológicas de la zona en que se ubica el edificio, de la radiación solar absorbida por la envolvente del mismo y de las cargas internas de ocupación, iluminación y las aportadas por otros consumidores energéticos.

En los sistemas de climatización del tipo "todo-aire" es recomendable la instalación de dispositivos, con los correspondientes controles automáticos, que permitan el enfriamiento gratuito de los locales por medio del aire exterior.

Cuando el caudal de un subsistema de climatización sea mayor que $3 \text{ m}^3/\text{s}$ y su régimen de funcionamiento sobrepase mil horas por año en que la demanda de energía pudiera satisfacerse gratuitamente con la contenida en el aire exterior, será obligatoria la instalación de un sistema de aprovechamiento de la citada energía. A este respecto, en la memoria del proyecto deberá justificarse si se cumplen o no estos requisitos.

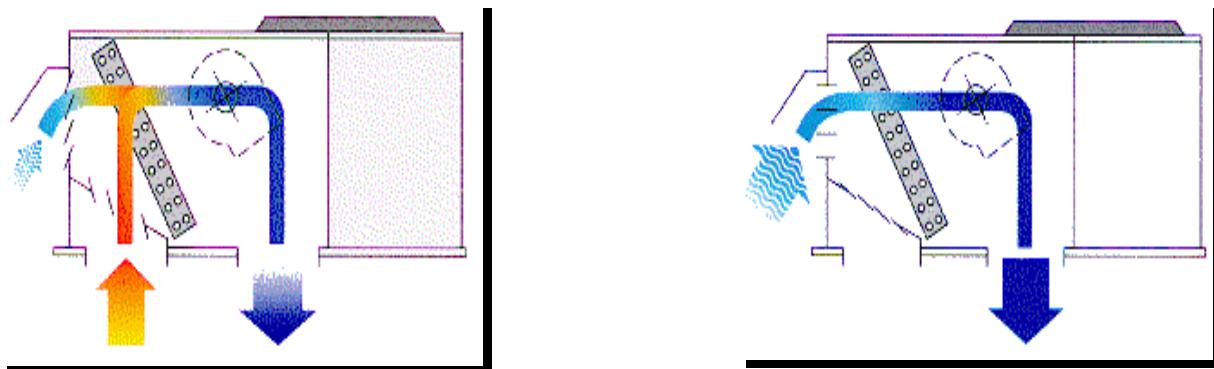
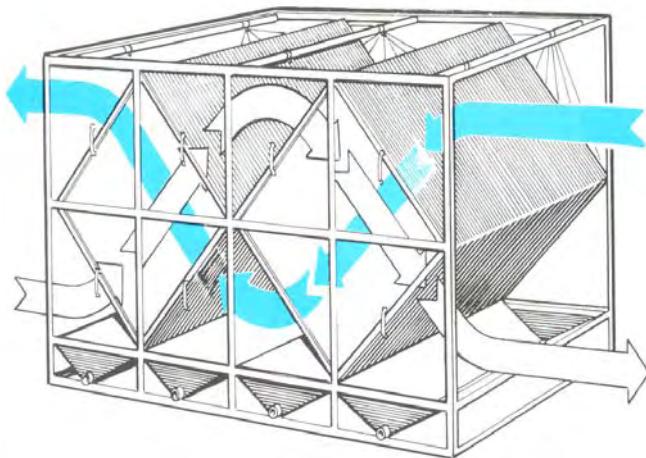


Figura 8. Entrada de aire de ventilación y utilización con enfriamiento gratuito.

Citando el reglamento, el Aire exterior mínimo de ventilación (ITE 02.4.5) y la Recuperación de calor del aire de extracción (ITE 02.4.7) y con independencia de lo indicado en ITE 02.2.2, en los subsistemas de climatización del tipo "todo-aire", para locales que no están siempre ocupados por el número máximo de personas (cines, teatros, salas de fiesta, instalaciones deportivas como en el caso que nos ocupa y similares), se usarán dispositivos automáticos que permitan variar el caudal de aire exterior mínimo de ventilación en función del número de personas presentes. Para cuando los locales estén desocupados, deberá preverse un dispositivo automático para mantener la compuerta de aire exterior mínimo cerrada, tanto en los períodos de parada como en los de puesta en marcha de un subsistema.

El aire de ventilación descrito en ITE 02.2.2. e ITE 02.4.5. que deba expulsarse al exterior por medios mecánicos puede ser empleado para el tratamiento térmico, por recuperación de energía, del aire nuevo que se aporte desde el exterior.



De calor sensible: Placas



Entálpicos: Rotativo

Figura 9. Tipos de intercambiadores recuperadores de calor.

Cuando el caudal de un subsistema de climatización sea mayor que $3 \text{ m}^3/\text{s}$ y su régimen de funcionamiento sobrepase mil horas por año, se diseñará un sistema de recuperación de la energía térmica del aire expulsado al exterior por medios mecánicos, con una eficiencia mínima del 45 % , salvo cuando en el memoria del proyecto se justifique adecuadamente la improcedencia de tal sistema.

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 va a permitir al proyectista disminuir la potencia de los equipos instalados, con un ahorro adicional en los costes de inversión, de hasta un 10 %.

5.4.3. 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 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 plantean problemas de regulación complejos.

El requisito fundamental es proveer una temperatura estable y razonablemente baja a los 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 dedicadas 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 el 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, cual 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, aparte 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 (pensemos 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.

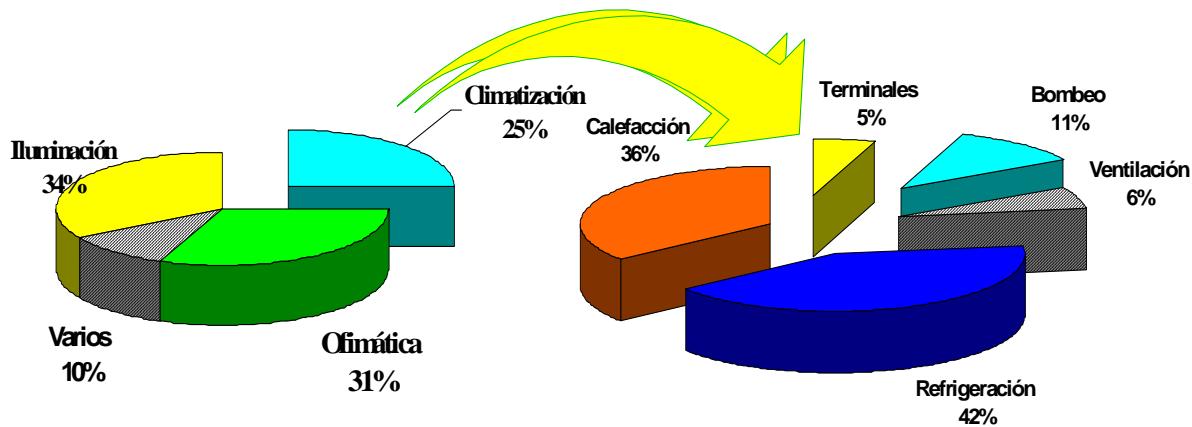
5.5. Consideraciones finales

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 la consiguiente reducción de costes de explotación debidos 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 4.1.).



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 W/m²K ; Techumbre, pavimento y cubierta: K = 1,0 W/m²K.

Muro exterior ladrillo, aislamiento, ladrillo, enlucido: K = 0,6 W/m²K .

Medianeras y particiones: K= 0,7 W/m²K ; Ventanas (Cristalera doble y marcos): K = 3,0 W/m²K.

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 %, T exterior 36 °C, T húmeda 24 °C.

Invierno: Temperatura seca 22 °C , T exterior: -4 °C

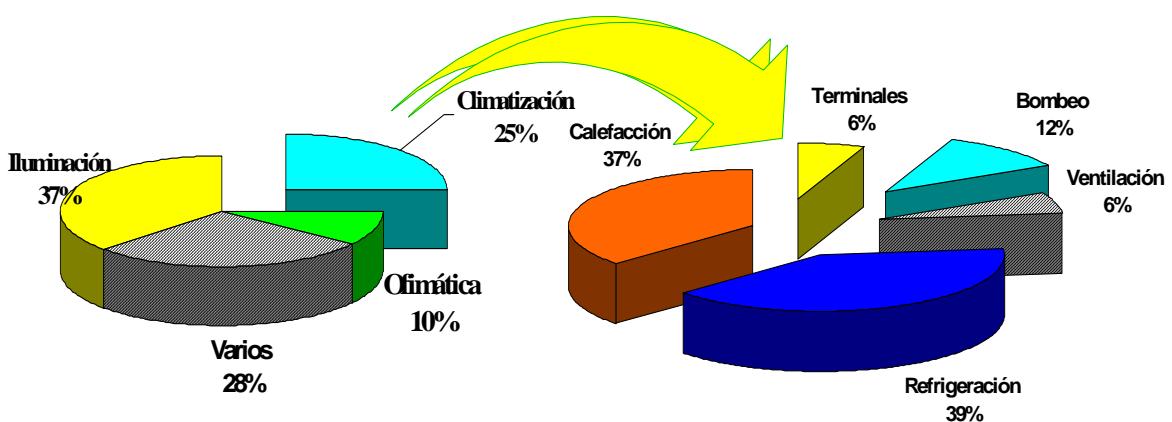
Figura 10. Segmentación de consumos de un edificio de oficinas (total Energía 972,000 kWh).

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 avances en la tecnología de

equipos informáticos y luminarias, repercute en el ahorro en 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 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 A.C.S. 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 W/m²K ; Techumbre, pavimento y cubierta: K = 1,0 W/m²K.

Muro exterior ladrillo, aislamiento, ladrillo, enlucido: K = 0,6 W/m²K.

Medianeras y particiones: K = 0,7 W/m²K ; Ventanas (Cristalera doble y marcos): K = 3,0 W/m 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 %, T exterior 36 °C, T húmeda 24 °C.

Invierno: Temperatura seca 22 °C , T exterior: -4 °C.

Figura 11. Segmentación de consumos, 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 d 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: la nueva normativa 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 nuestras instalaciones deportivas podrán incrementar eficiencia energética sin renunciar a su nivel de confort, como aliciente a la práctica del deporte, para nuestro bienestar o para nuestro ocio.

En resumen, se presenta un futuro en el que la consecución de un superior rendimiento energético va a ser considerado 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 nº23; 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.

6.1. Energía solar

La radiación solar, fuente de energía gratuita, ecológica e inagotable, nos brinda dos tipos de energía que se pueden aprovechar en beneficio de la sociedad: electricidad y calor.

✿ **Energía Solar Fotovoltaica:**

Se basa en la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar incidente en los módulos fotovoltaicos, proceso basado en el efecto fotoeléctrico.

✿ **Energía Solar Térmica:**

Se basa en la producción de energía calorífica a través de colectores solares térmicos que absorben la radiación solar, la transforman en calor y lo transmiten a un fluido caloportador que circula por su interior y traslada esa energía absorbida a un intercambiador para utilizarlo en muy diversas aplicaciones.

6.2. Energía solar fotovoltaica

La energía que recibe del sol la superficie terrestre puede aprovecharse de manera pasiva, mediante una adecuada orientación, ubicación y diseño de los edificios, y también mediante el empleo de materiales y elementos arquitectónicos adaptados a las características de la energía solar, reduciendo las necesidades de iluminación y climatización por medios artificiales.

6.2.1. La radiación solar

Los sistemas de energía solar dependen de la radiación solar, un recurso cuya predicción es fácil de calcular con las herramientas disponibles actualmente. Debido a su comportamiento aleatorio sometido a leyes estadísticas, los resultados están sujetos a un mínimo factor de incertidumbre espacial y temporal.

En general los cálculos de radiación disponible se realizan a partir de bases de datos de medidas sobre el plano horizontal, recogidos durante varios años y representan una fuente fiable.

La orientación óptima del sistema es hacia la línea del Ecuador (hacia el sur en el hemisferio norte y viceversa). La inclinación óptima depende de la latitud del lugar del tipo de aplicación. De forma orientativa, el valor óptimo sería aproximadamente:

- ✿ 10º menos de la latitud del lugar para instalaciones de conexión a red.
- ✿ 10º más de la latitud del lugar para instalaciones autónomas, cuyo consumo sea aproximadamente constante.

Sin embargo, las pérdidas energéticas debidas a una orientación distinta de la óptima, representan tan solo un 0,05 % por cada grado de desviación respecto al sur en un entorno de +/- 25º. Las pérdidas energéticas debidas a una inclinación distinta a la óptima, representan tan sólo un 0,2 % por cada grado de desviación en un entorno +/-15º.

En definitiva, existe un gran abanico de posibilidades de orientación e inclinación que facilita la instalación de sistemas fotovoltaicos en diferentes circunstancias (cubiertas, tejados, patios, ventanas, fachadas, cornisas, etc.).

6.2.2. Características

Los sistemas fotovoltaicos transforman la energía que irradia el sol en energía eléctrica gracias al empleo de materiales semiconductores como el silicio.

La tecnología fotovoltaica consigue que al incidir la luz sobre la célula fotovoltaica los fotones de luz solar transmitan su energía a los electrones del semiconductor generándose una corriente eléctrica.

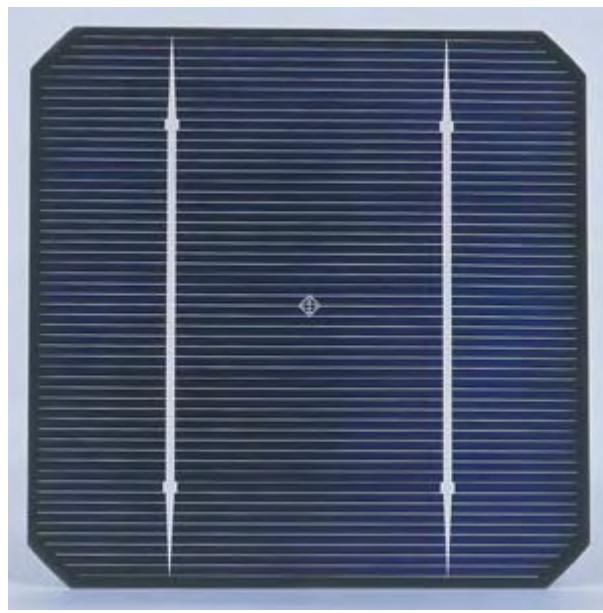


Foto 1. Célula fotovoltaica IsoCell-103.

Después se interconexinan estas células entre sí y se encapsulan y enmarcan para dar lugar a los módulos fotovoltaicos.

La energía solar fotovoltaica se integra adecuadamente en obras de las más diversas envergaduras y localizaciones debido a su carácter modular, flexibilidad y fácil aplicación.

Las principales características de los sistemas de energía solar fotovoltaica:

- ✿ Son libres, pudiendo cualquier persona u organismos convertirse en generador de energía.
- ✿ Son limpios, el impacto medioambiental de un sistema en funcionamiento es prácticamente despreciable.
- ✿ Son alternativos/complementarios a las tecnologías energéticas convencionales, no consumen agua, no poseen partes móviles, no realizan ningún tipo de combustión, no emiten gases, residuos o ruidos.

- ✿ Son renovables, se basan en un recurso inagotable.
- ✿ Son ahoradores, se basan en un recurso descentralizado, lo que posibilita realmente la generación energética cerca de los puntos de consumo, reduciendo las pérdidas de transporte y transformación, y la dependencia del mercado del petróleo.
- ✿ El proceso de instalación es sencillo y barato.
- ✿ El mantenimiento es simple y poco costoso.
- ✿ Tienen una elevada fiabilidad.
- ✿ Tienen una larga vida útil (se estima que la vida útil de un módulo fotovoltaico es superior a los 30 años).

6.2.3. Aplicaciones

La energía solar fotovoltaica tiene muy diversas aplicaciones entre las que se pueden destacar:

- ✿ **Sistemas autónomos:** sin conexión permanente a la red eléctrica.
 - ✓ Sistemas de electrificación rural.
 - ✓ Sistemas híbridos (con grupo electrógeno, generador eólico, red eléctrica, etc.).
 - ✓ Sistemas de iluminación pública.
 - ✓ Sistemas de telecomunicación.
 - ✓ Sistemas de señalización y telemetría.
 - ✓ Sistemas de bombeo de agua.
 - ✓ Sistemas de protección catódica.
 - ✓ Otros: automoción, etc.
- ✿ **Sistemas fotovoltaicos de Conexión a Red (SFCR):** un SFCR es un generador que inyecta energía eléctrica en la red convencional. No está diseñado para

satisfacer un consumo determinado. Sin embargo, generalmente se instala en punto cercanos a núcleos de consumo, favoreciendo así la reducción de pérdidas por transporte y transformación.

La energía generada medida por su correspondiente contador, se venderá a la empresa distribuidora a un precio superior al de la energía de origen no renovable. De esta manera la instalación de conexión a red se plantea como una inversión, cobrándose la energía de la instalación fotovoltaica de forma independiente a la factura de consumo de la vivienda.

Las instalaciones se amortizan en un plazo medio breve, con unos mínimos costes de mantenimiento.

6.2.4. Composición de los sistemas solares fotovoltaicos

• Generador fotovoltaico

Batería de módulos fotovoltaicos interconectados entre sí. Transforma la energía solar incidente en energía eléctrica.

Módulos fotovoltaicos

- La materia prima para la fabricación de células solares es en la mayoría de las ocasiones el silicio.
- El silicio puede ser cristalino (mono-cristalino o policristalino) y amorfo.
- Actualmente hay líneas de investigación utilizando otras materias primas en lugar del silicio (Teluro de Cadmio, Arseniuro de Galio, etc.).



Foto 2. Módulo fotovoltaico I- 159.

✿ Sistemas de acumulación

Baterías de celdas electroquímicas recargables, normalmente de plomo ácido, con capacidad suficiente para proporcionar energía a las cargas durante períodos de bajas (nubes densas) o nula radiación.

No se emplea en los sistemas de conexión a red ni en los sistemas de bombeo directo.

✿ Regulador

Equipo electrónico diseñado para proteger al sistema de acumulación frente a sobrecargas (exceso de energía por parte de los módulos) y sobredescargas (exceso de consumo por parte de las cargas).



✿ Inversor

Transforma la potencia DC (corriente continua) que entregan los módulos en potencia AC (corriente alterna). Según la aplicación se pueden distinguir los siguientes tipos:

- ✓ **Inversor de conexión a red:** permite trabajar al módulo en su punto de máxima potencia, acondicionando la señal de salida de modo compatible con la red a que se conecta (misma frecuencia y tensión).
- ✓ **Inversor autónomo:** convierte la corriente DC de los módulos y del sistema de acumulación en corriente AC, en condiciones adecuadas para la alimentar las cargas de consumo.
- ✓ **Variador de frecuencia:** en aplicaciones de bombeo adapta la frecuencia de la corriente de funcionamiento en la bomba y su caudal

bombeando a la radiación solar, es decir, la potencia que entregan los módulos en cada momento.



Foto 3. Pérgola fotovoltaica de Forum 2004. Barcelona.

6.3. Integración arquitectónica

La filosofía de la integración arquitectónica consiste en dotar al SFCE de una doble función:

- Generador de energía.
- Elemento de construcción, sustituyendo en ocasiones a otros elementos constructivos.

A modo orientativo, 1 kWp de módulos fotovoltaicos ocupan 10 m² con un peso aproximado de 13 kg por m², generando anualmente unos 1200 kWh para la región centro de España.

En el caso de la Comunidad de Madrid y gracias a su privilegiada situación y número de horas de radiación solar es particularmente interesante la instalación de energía solar fotovoltaica.

Los centros deportivos cuentan, en la mayoría de las ocasiones, con grandes superficies de tejado que hasta ahora no se aprovechaban y que pueden ser utilizadas para generar energía eléctrica que puede ser vendida a la red.

6.3.1. Ejemplos de integración. Características

6.3.1.1. Cubiertas

Cubierta plana

- De sencilla instalación.
- Permiten obtener buen rendimiento porque la inclinación del generador fotovoltaico no depende de los componentes del edificio, e incluso la orientación puede ser ajustada dentro de ciertos límites.
- No es necesario anclar las estructuras, pues se emplea un sistema de contrapesos que no pone en peligro la impermeabilidad del edificio.
- Permiten un acceso sencillo, lo que facilita el mantenimiento.
- Permiten seleccionar la ubicación del generador para evitar sombreados.
- Proporcionan sombra de forma parcial a la cubierta por lo que disminuyen la sobrecarga térmica del edificio.

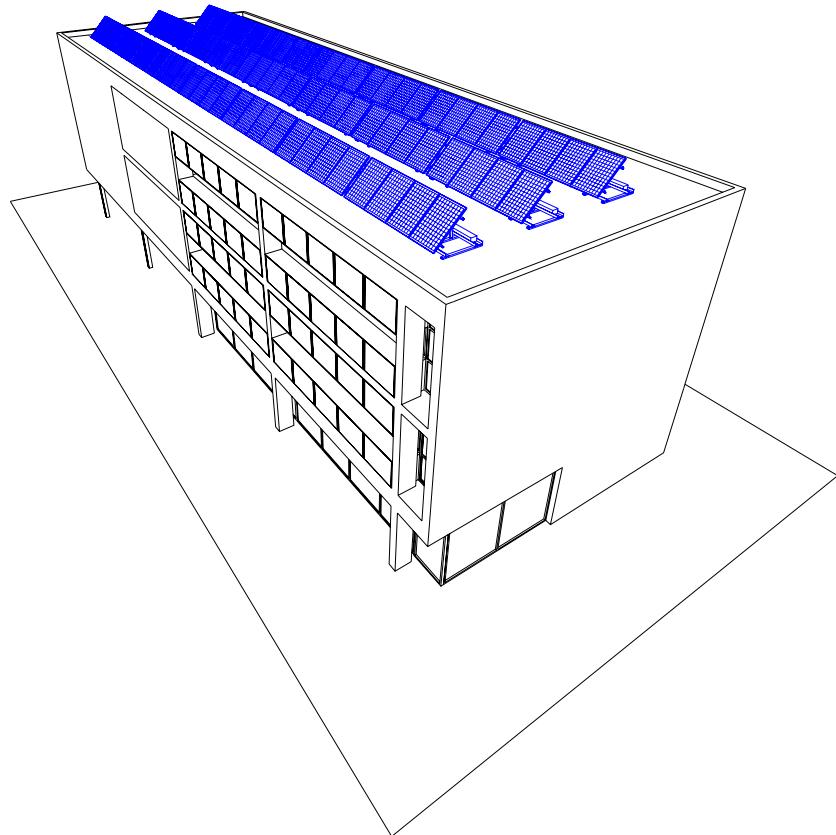


Figura 1. Centro Cívico "El Cerro". Coslada, Madrid.

Cubierta inclinada

En caso de cubiertas inclinadas ya existentes, se suele optar por sobreponer un módulo convencional sobre las tejas, manteniendo un pequeño espacio que evite el exceso de calentamiento tanto del módulo como del tejado.

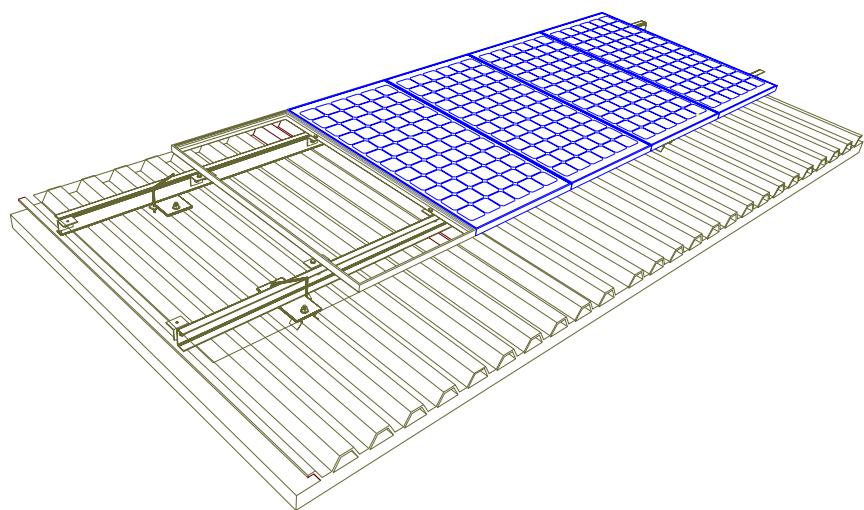


Figura 2. Genérico, Chapa Grecada sobre nave industrial.

En caso de cubiertas inclinadas de nueva construcción, se puede optar por módulos especialmente diseñados para trabajar como tejas.

6.3.1.2. Fachadas

Fachada acristalada

- Los módulos fotovoltaicos son adaptables a carpinterías existentes en el mercado.
- Permiten la fácil sustitución de vidrios convencionales.

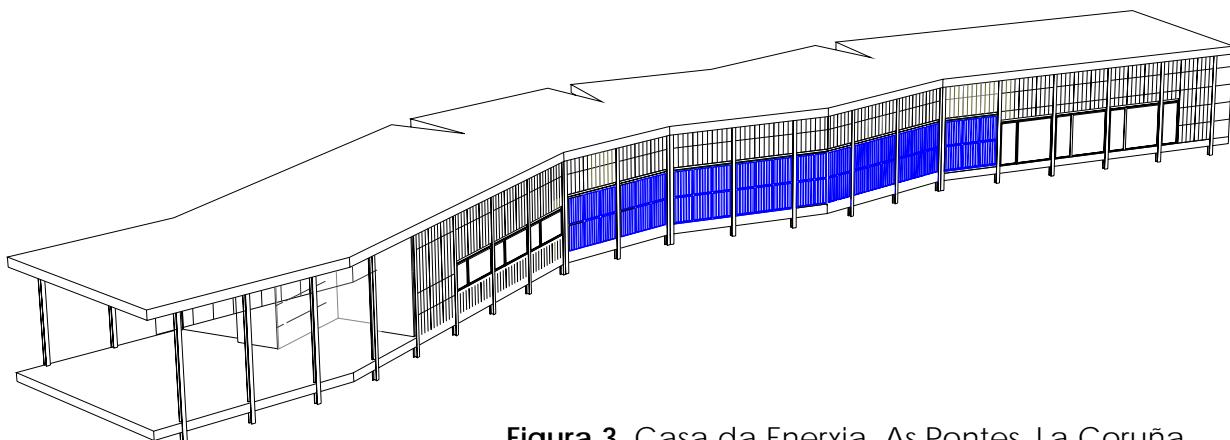


Figura 3. Casa da Enerxía, As Pontes, La Coruña.

Muros cortina

- Permiten la integración de módulos FV en tecnologías constructivas convencionales.
- Existen diferentes soluciones de paso de luz en función de las necesidades.
- Permiten una buena iluminación interior lograda por un acristalamiento transparente con módulos de *tedlar* transparente y mayor separación de células de lo habitual.

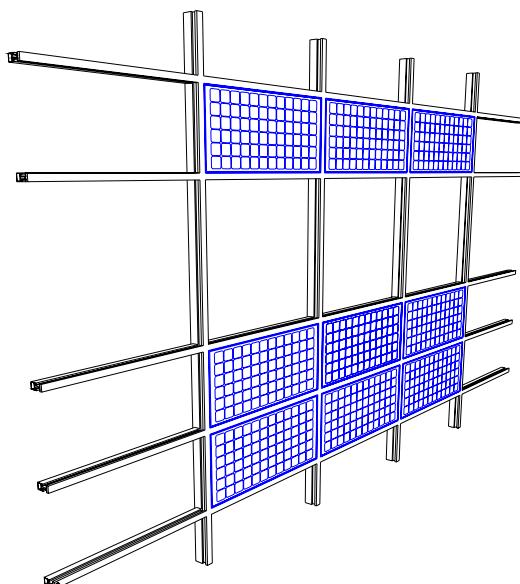


Figura 4. Genérico. Muro Cortina.

Fachada ventilada

- Gran aislamiento térmico y acústico.
- Adaptable a cualquier paño ciego vertical con una orientación adecuada.

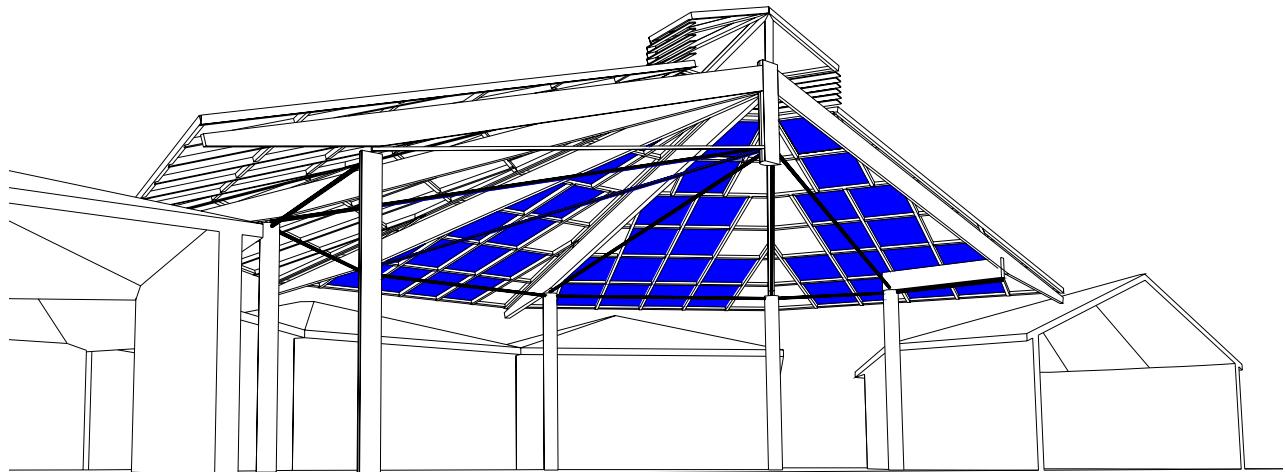


Figura 5. Centro de Educación Medioambiental, As Pontes, La Coruña.

Elementos de sombreado

- En edificios ya existentes o de nueva construcción.
- Limitan la cantidad de luz y calor que entra en el edificio en verano, sin disminuir la iluminación en invierno.
- Los módulos están adecuadamente ventilados y se puede elegir una inclinación que compatibilice la generación eléctrica con la producción de sombra.

Otros

● Estructuras de aparcamiento

Como cubierta sustitutiva de la estructura existente, con fines de sombreado y de protección de los vehículos frente a las inclemencias meteorológicas.

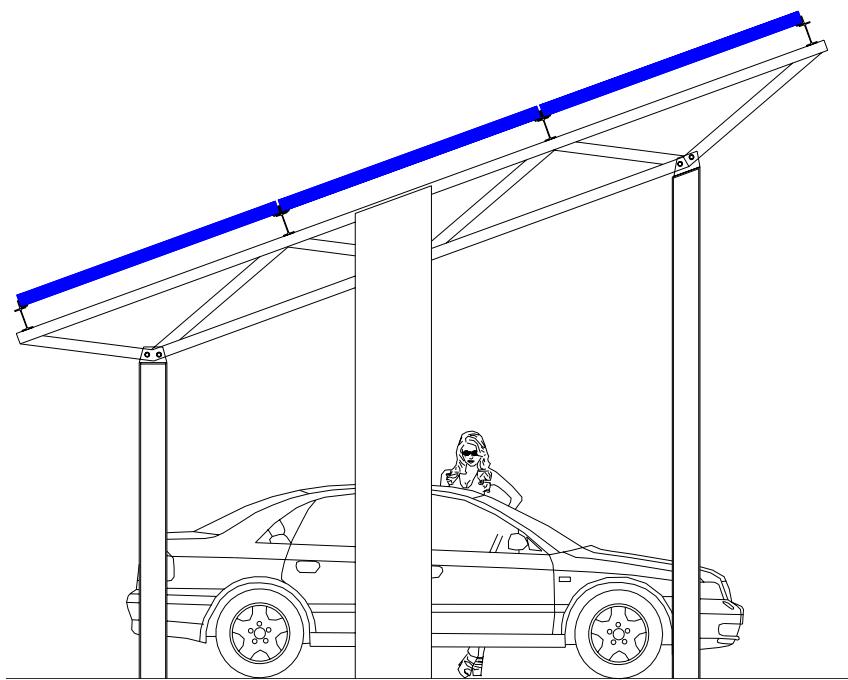


Figura 6. Instalación en parking de Piscina Pública, Coslada, Madrid.

● Lucernarios

En combinación con el cerramiento habitual, utilizando éste último en la parte del lucernario con limitada radiación solar y sustituyéndolo por módulos fotovoltaicos. Éstos pueden ser con *tedlar* transparente para lograr una buena iluminación interior.

● Pérgolas

- Doble función: proporcionar sombra y generar energía.
- Sombreamientos y cubriciones de recorridos exteriores y paseos.
- Gran impacto estético.

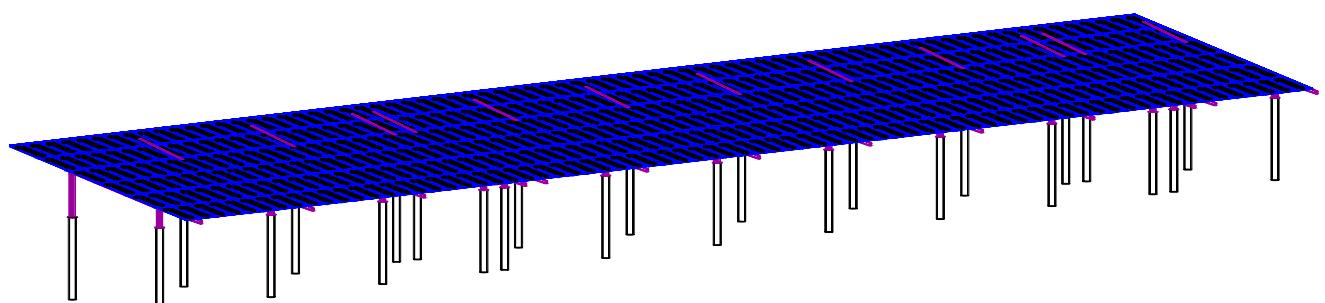


Figura 7. Pérgola fotovoltaica en UMA, Universidad de Málaga.

Barreras de sonido

Sustitución de los materiales habituales por módulos fotovoltaicos.

Arquitectura bioclimática

- Desarrollo de las energías renovables y la eficiencia energética dentro del sector de la edificación.
- Aplicación de principios de diseño arquitectónico que hagan uso de tecnologías solares y, a través de ellas, sus beneficios de tipo estético y energético.

6.4. La Energía Solar hoy

Hoy en día nadie duda que el modelo energético mundial es insostenible, caduco e ineficiente. Según la *Agencia Internacional de la Energía* (IEA), la demanda energética mundial crecerá en un 60 % hasta 2030.

En el Real Decreto 436/2004 de 12 de marzo encontramos una firme declaración de intenciones por parte del Gobierno:

"En una sociedad moderna y avanzada como la española, el progreso científico y tecnológico va naturalmente acompañado de una cada vez mayor sensibilidad social hacia el medio ambiente. El concepto de desarrollo sostenible se erige así en uno de los elementos clave de la política económica de cualquier Gobierno."

"La actividad de producción de energía eléctrica, como los demás sectores industriales, no puede ser ajena a estos planteamientos. El agua de nuestros ríos, la fuerza del viento o el calor proveniente del sol son fuentes limpias e inagotables de producción de energía eléctrica que deben ser fomentadas por los estamentos públicos."

La UE se fijó como objetivo alcanzar, en 2010, una penetración mínima del 12 % de las fuentes de energía renovables en el consumo total de la energía primaria de la Unión Europea. Se han creado una serie de Directivas para potenciar las energías renovables en general y la fotovoltaica en particular:

- Libro Blanco para una Estrategia Comunitaria y Plan de Acción para establecer un objetivo de 3 GWp de capacidad fotovoltaica instalada para el 2010.
- Libro Verde - Estrategia Europea para la Seguridad del suministro energético, estableciendo como objetivo doblar el uso de energías renovables y pasar del 6 % en 1996 al 12 % en 2010.
- Directiva en la Producción de Electricidad a partir de Fuentes de Energía Renovable (RES-e). Tiene como objetivo incrementar el porcentaje de electricidad limpia en un 8 % hasta 2010 (pasando del 14 al 22 %).

Los beneficios de la energía solar son claros: protección medioambiental, crecimiento económico, creación de empleo y una generación de energía deslocalizada así como un gran avance tecnológico. Y a todo esto debemos solo sumarle el Sol, fuente gratuita e inagotable de energía.

El mercado de la energía solar está claramente, en fase de expansión y la tasa de crecimiento de los últimos años es superior al 35 %. España es hoy el segundo productor europeo de energía solar fotovoltaica y está entre los diez mayores del mundo.

Así, la energía solar fotovoltaica jugará un papel determinante en el suministro de energía eléctrica y a la hora de atenuar el cambio climático.

De acuerdo con el barómetro fotovoltaico de Eurobserv'ER, el 2004 ha supuesto un nuevo récord con la instalación de 927 MW de energía solar fotovoltaica (62% de crecimiento con respecto a 2003).



Foto 4. Fachada edificio López Araujo. UPM. Madrid.

7.1. 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 de éstas, han sido probadas en múltiples ocasiones.

A lo largo de los últimos tres años se ha iniciado el despertar del mercado solar térmico en España, con crecimientos que, sin llegar a las cifras de Alemania, (más de 900.000 m² de colectores solares térmicos instalados en el año 2001), empiezan a ser muy significativos al superarse en el año 2004 los 90.000 m² instalados.

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

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 nos encontramos con una recomendación sino con una obligación, por medio de las Ordenanzas Solares.

Los Gimnasios e Instalaciones Deportivas en general, son uno de sus pilares en la utilización del Sol que realizan sus clientes para un desarrollo de actividades deportivas y de relajación. Estos clientes cada vez exigen unos niveles de calidad y de servicios superiores y entre las nuevas muestras de calidad que valoran - especialmente los provenientes del centro y norte de Europa- cada vez en mayor medida, destaca el compromiso del gimnasio con la protección del medio ambiente. La utilización del Sol para reducir los consumos de combustible en las instalaciones deportivas 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 del gimnasio 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.

7.2. Posibilidades de ahorro solar en gimnasios

Los gastos energéticos en los gimnasios son los gastos corrientes más significativos después de los de personal. 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 -eso sí, siempre garantizando la seguridad de suministro de frío y calor- sin tener muy en cuenta los consumos energéticos a posteriori.

En las Tablas 1 a 4 se muestran los valores más indicativos del informe que publicó el IDAE en 2001 sobre los consumos energéticos típicos y su distribución en los gimnasios, instalaciones deportivas y hoteles españoles.

TABLA 1. Demanda energética tipo en gimnasios con aire acondicionado, piscina y de más de 300 clientes en el interior peninsular.

Demanda	Eficiencia de los equipos			
	Excelente	Buena	Pobre	Deficiente
Electricidad kWh/m ²	< 165	166 - 200	200 - 250	> 250
Combustible kWh/m ²	< 200	200 - 240	240 - 300	> 300
TOTAL kWh/m ²	< 365	365 - 440	440 - 550	> 550

TABLA 2. Distribución de la demanda de consumo eléctrico en gimnasios.

	Medio	Menos de 2000 m ²	Entre 2000 y 4000 m ²	Entre 4000 y 8000 m ²	Más de 8000 m ²	Interior peninsular	Costa
Iluminación	42,3 %	48,9 %	47,0 %	34,9 %	32,3 %	55,0 %	38,7 %
Climatización/Calefacción	32,5 %	35,0 %	30,8 %	31,6 %	28,9 %	26,8 %	32,6 %
Agua Caliente	8,5 %	7,3 %	6,4 %	11,2 %	8,5 %	7,4 %	8,5 %
Cocinas	8,9 %	4,6 %	8,5 %	11,0 %	10,7 %	3,4 %	9,6 %
Otros	7,6 %	4,2 %	7,2 %	11,4 %	8,0 %	7,5 %	7,8 %

TABLA 3. Distribución de los consumos energéticos en gimnasios por aplicaciones.

	Medio
Iluminación	15,0 %
Climatización/Calefacción	31,0 %
Agua Caliente	24,0 %
Cocinas	27,0 %
Otros	3,0 %

TABLA 4. Distribución geográfica de los gimnasios con bomba de calor.

Costa	34,5 %
Interior	19,0 %
Entre 200 – 300 h	43,0 %
Más de 300 h	23,0 %

El primer dato importante es que los gimnasios tienen unos consumos energéticos algo menores en electricidad y en combustibles, y que la climatización, la calefacción y el agua caliente sanitaria (ACS) representan algo más del 40 % de los consumos eléctricos y alrededor del 55 % de los consumos energéticos totales. Sólo el ACS representa el 24 % del total. Las bombas de calor se están utilizando tanto para el ACS, como la calefacción y la refrigeración y principalmente en los gimnasios e instalaciones deportivas de costa donde la demanda de refrigeración es la que domina en los consumos energéticos y las temperaturas invernales no suelen bajar de los 5 °C.

La tendencia que se está viendo en el tipo de equipos que se están utilizando en gimnasios es de un retroceso de la bomba de calor frente a las calderas. En la producción de ACS, la bomba de calor está retrocediendo frente a las calderas en parte motivada por la legislación anti-legionella que obliga que la temperatura de acumulación debe ser en todo momento superior a los 60 °C y con las bombas de calor usuales, esto no es posible. Una vez que para el ACS hay que instalar una caldera, la bomba de calor para frío y calor pierde sentido -especialmente considerando el bajo COP (Coeficiente de Eficiencia Energética) que tiene la bomba de calor a temperaturas ambientales bajas- y se están montando bombas de calor sólo frío (enfriadoras).

Otra tendencia importante es el número cada vez más importante de gimnasios e instalaciones deportivas con piscina climatizada. Es importante recordar

en este contexto que la legislación sólo permite calentar las piscinas con energías residuales o con energía solar.

Con los datos y tendencias que mostramos, las opciones más claras -por orden de importancia- que se prevé para la utilización del Sol para reducir los consumos energéticos en los gimnasios son:

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

7.3. 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.

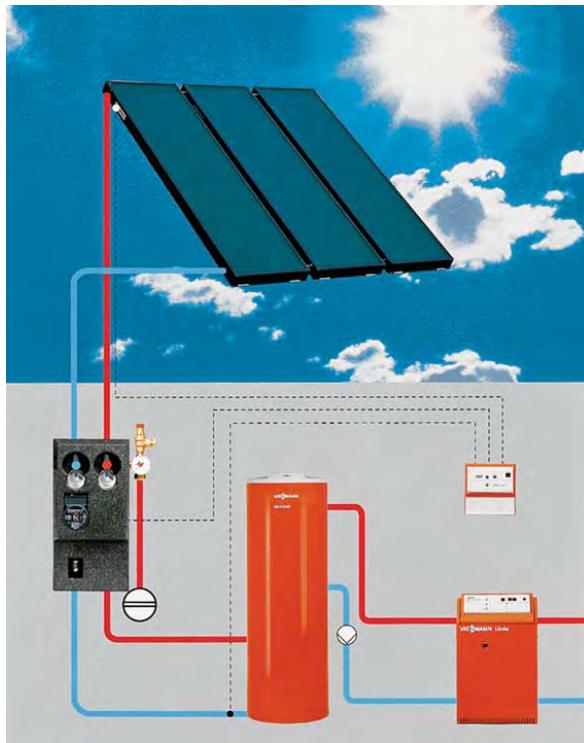


Figura 1. Componentes de una instalación solar.

7.3.1. 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.

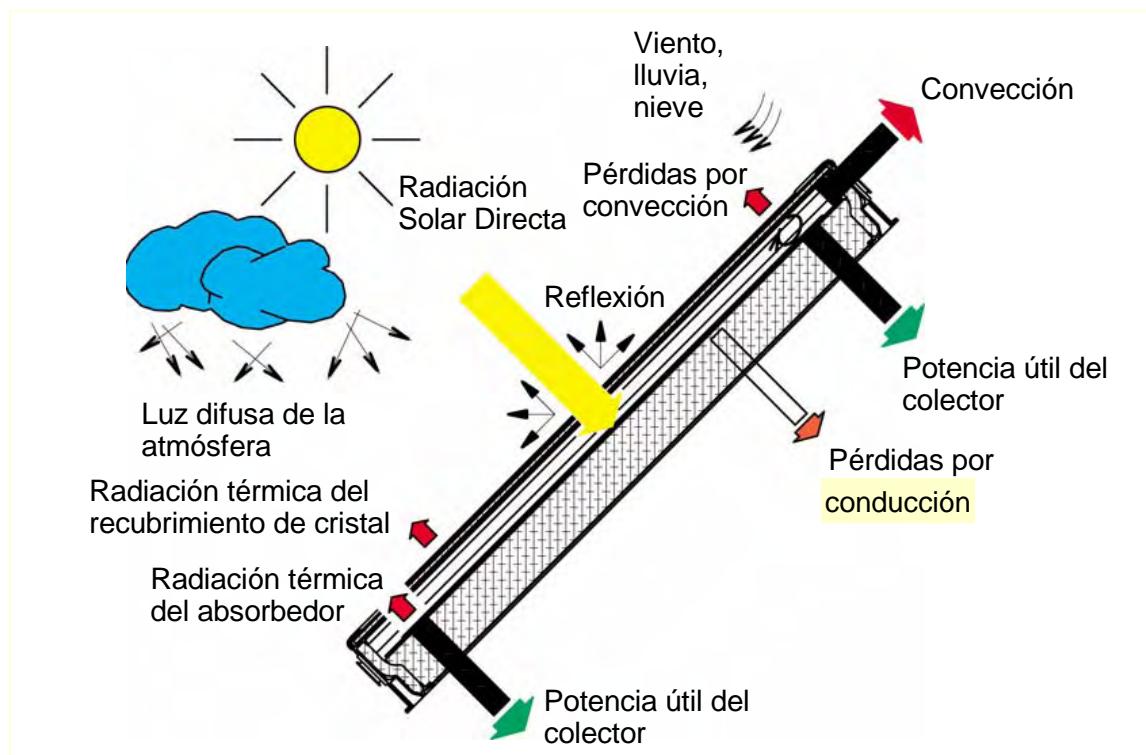


Figura 2. Balance energético en un colector solar.

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 nos interesa hacer trabajar el colector a la temperatura más baja posible, siempre que ésta sea suficiente para la utilización específica en cada caso.

$$\eta = \eta_o - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{E_g}$$

η	= Rendimiento (Eficiencia).
η_o	= 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/m ² .

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 y
- ✿ Fabricación y reciclado no contaminante.

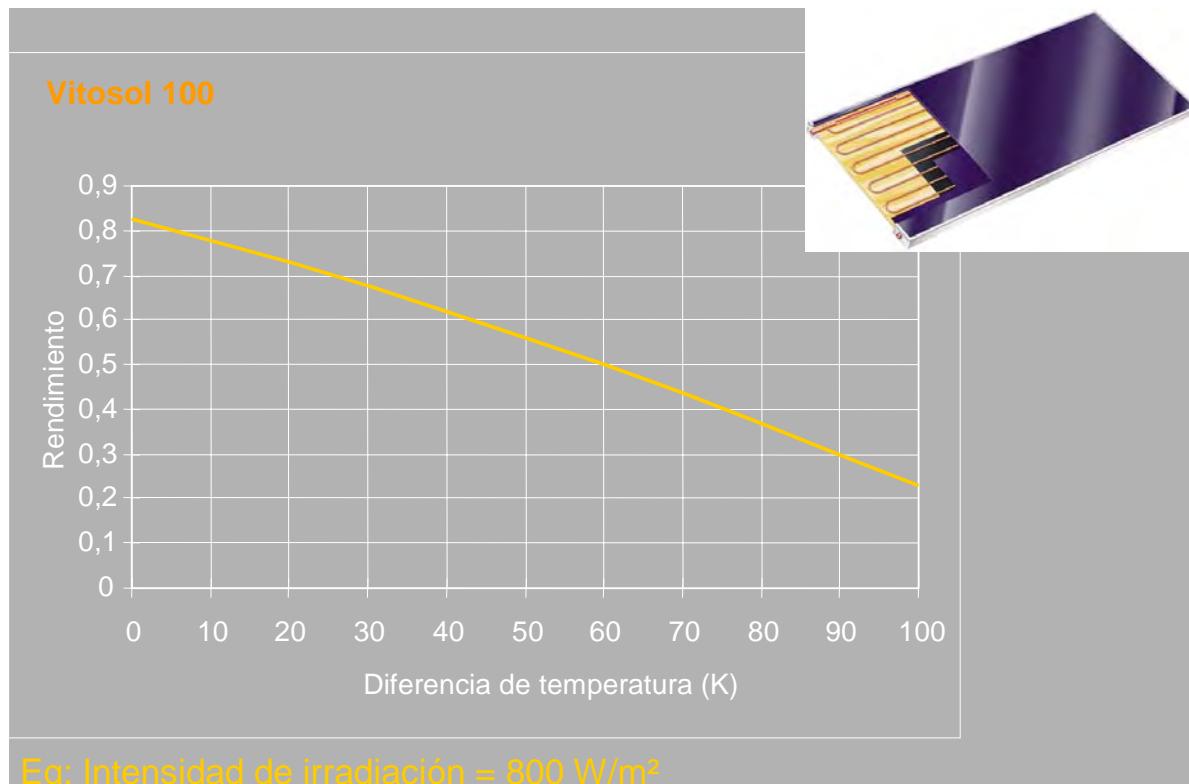


Figura 4. Curva de rendimiento de un colector solar de alta eficiencia.

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, Fig. 5. Los colectores de tubos de vacío se distinguen de los colectores planos por sus menores pérdidas térmicas -mayor rendimiento- al encerrarse el absorbente solar en una cápsula de vidrio de la que se extrae el aire y sus mayores posibilidades de integración arquitectónica. La diferencia de productividad energética entre los diferentes tipos de colectores planos viene dada por las diferencias en las propiedades ópticas de los recubrimientos de sus absorbentes y por las características y espesores de los aislamientos térmicos. Las diferencias en durabilidad y calidad surgen de los materiales empleados y, en especial, de la junta de estanqueidad que une la cubierta de vidrio del colector con el marco y de la resistencia del material de aislamiento térmico al apelmazamiento por las condensaciones internas del colector.

Colectores planos Vitosol 100



Colectores de vacío Vitosol 200 y Vitosol 300



Figura 5. 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 mas 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.

7.3.2. Subsistema de Acumulación

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

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

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

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

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

El cálculo del volumen de acumulación solar adecuado para cada instalación tiene una gran importancia, porque de este volumen va a depender en gran medida el rendimiento de todo el sistema solar. Para calcular el volumen exacto de acumulación solar en una instalación habrá que hacer una análisis de

sensibilidad, analizando el rendimiento del sistema solar con diferentes volúmenes de acumulación y comparando el beneficio de su utilización con la inversión inicial necesaria.

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

7.3.3. 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.

7.3.4. 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 podemos realizar múltiples operaciones mejorando el rendimiento de éstas.



Figura 6. Regulación solar Vitosolic 100 y 200.

7.3.5. 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 los siguientes motivos;

por causas climáticas (menor radiación) o de aumento de consumo sobre el previsto inicialmente, es decir, que la demanda media anual calculada no coincide con la diaria.

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

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

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

Independientemente de la tipología de sistema convencional utilizado, es muy importante la posición relativa de éste; las distintas opciones que se pueden encontrar son:

- ✿ **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 de temperatura. El rendimiento es el más alto ya que no afecta a la temperatura de entrada a los colectores, además de poder modular el consumo de energía

convencional en función de la temperatura de entrada a la caldera mural, mayor eficiencia.

- ✿ **En paralelo con el acumulador solar:** es la tipología más usual en sistemas domésticos termosifónicos, **conexionado menos eficiente** ya que no se aprovecha el agua precalentada solar, sería un todo-nada. Estas calderas no aceptan agua precalentada.
- ✿ **Inmerso en acumulador en serie con acumulador solar:** con esta configuración se puede aprovechar el precalentamiento del agua solar (aún no a la temperatura de consumo) con el consiguiente ahorro energético, **conexionado más eficiente**. El acondicionamiento del acumulador convencional se realizará con caldera de gas, gasóleo, GLP o incluso con resistencia eléctrica (menor eficiencia).

7.4. 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 nos llevará a

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

7.4.1. 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 solares.

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 caleamiento convencional (interacumulador calentado con caldera, calentador instantáneo modulante, termo eléctrico, etc.).

En este tipo de esquema existe un primer depósito en el que entra directamente el agua de red y que es calentado por el sistema solar, el depósito calentado por caldera es colocado en serie, siendo su entrada la salida del depósito solar. Para instalaciones con consumos de 1.000 a 3.000 l/día el esquema se suele resolver mediante interacumuladores, tanto para el sistema solar como para el convencional. En sistemas con consumos mayores de 5.000 l/día la acumulación solar se resuelve normalmente mediante acumuladores e intercambiador de placas externo. Para consumos mayores suele ser interesante realizar la acumulación solar en circuito cerrado mediante dos intercambiadores de placas, de este modo se economiza sensiblemente la inversión inicial en acumulación solar al poder utilizar tanques de acero al carbono sin recubrimiento.

En la Fig. 7, se muestra un esquema tipo de ACS solar, si bien en este caso se han separado los circuito de agua de consumo y de extracción de agua caliente solar mediante un intercambiador para evitar la necesidad del tratamiento anti-legionella en el acumulador solar.

A continuación se analizan algunas de las configuraciones básicas que se pueden aplicar para la conexión del sistema solar con la instalación convencional.

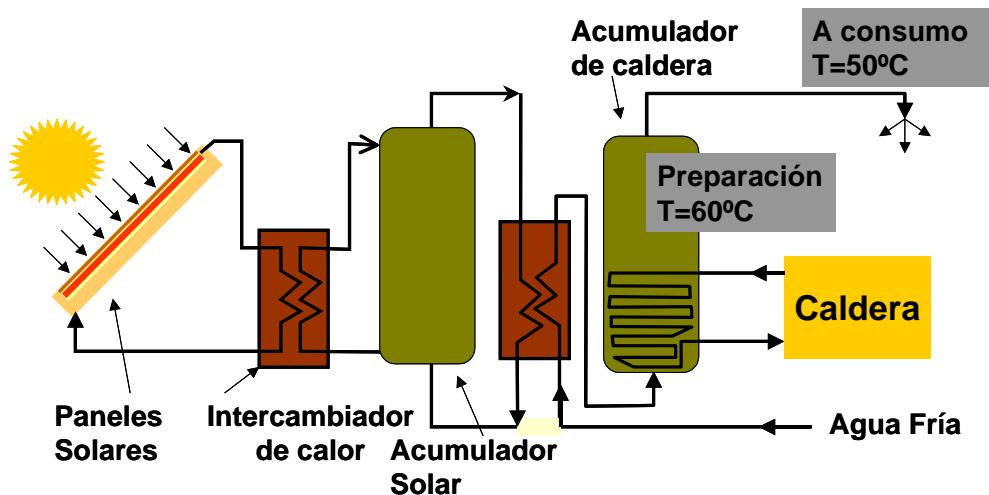


Figura 7. Sistemas de ACS con interacumuladores separados e intercambiador entre el acumulador solar y de caldera.

7.4.2. 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 el instalar como sistema de calentamiento una combinación de bomba de calor y caldera. La bomba de calor sirve como mecanismo de control de la humedad del recinto, recuperando la entalpía del aire de renovación para aportar calor al ambiente y al vaso de la piscina. En este caso, la instalación solar siempre se ha de montar en serie con la caldera, pero en paralelo con la bomba de calor - para no empeorar su rendimiento ni pararla por sobretemperatura- dando prioridad al mantenimiento de las condiciones de confort -temperatura y humedad- en la piscina. En la Fig. 8 se muestra un esquema tipo para esta aplicación.

7.4.3. 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. 9 se muestra el esquema tipo: el retorno de calefacción se hace pasar por los tanques solares cuando los acumuladores solares están más calientes que el retorno y de esta manera precalentamos el retorno y ahorraremos combustible en la caldera.

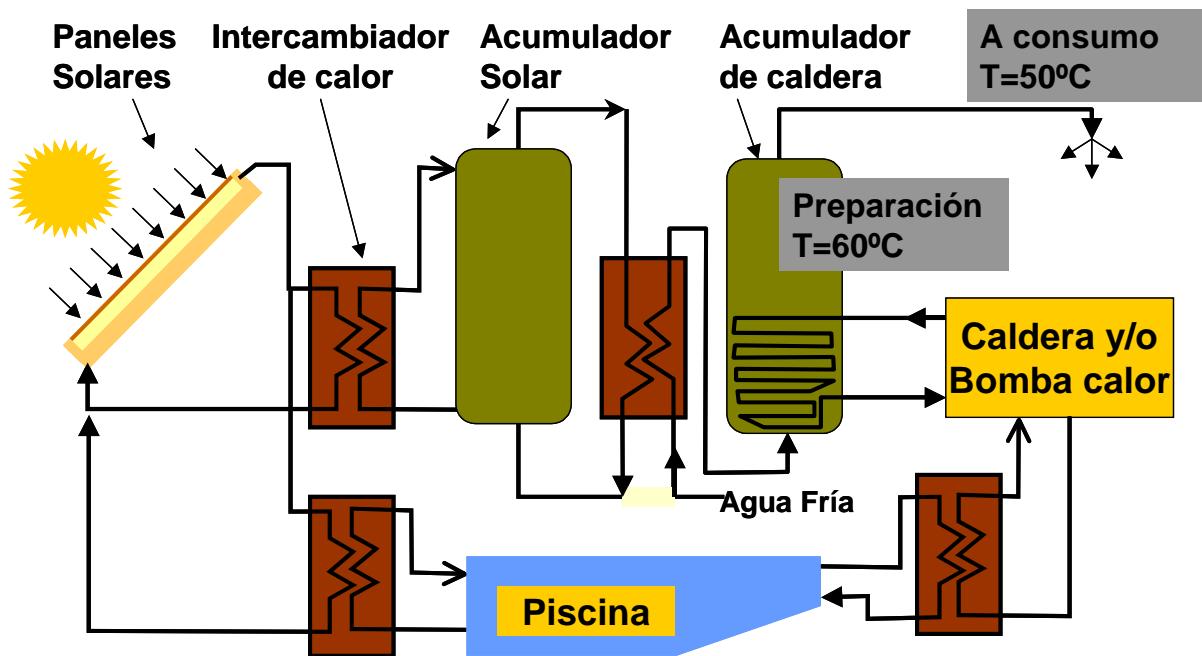


Figura 8. Esquema tipo de aplicación solar para ACS y Piscina.

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 mas frío que los tanques solares- a circular por la acumulación solar, donde será precalentado con la energía acumulada, para volver a entrar en la caldera a continuación.

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 ese sentido el trabajar con 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, aparte de, por supuesto, conseguir un ahorro energético global mucho mayor.

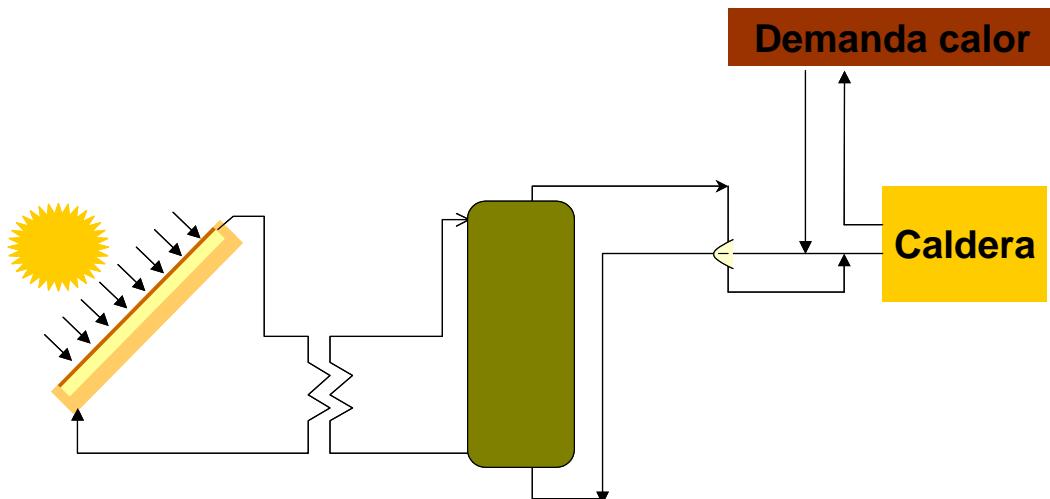


Figura 9. Esquema tipo de aplicación solar para Calefacción y ACS.

7.5. 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. 10.

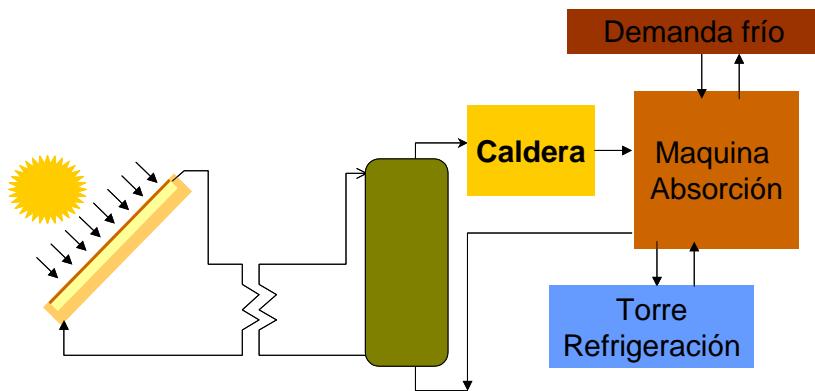


Figura 10. Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con sólo máquina de absorción.

Teniendo en cuenta que las máquinas de absorción utilizables con energía solar presentan COP bajos, del orden de 0,65, 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 gimnasios suelen elegir bombas de calor para cubrir sus necesidades de frío. Desde ese punto de vista cuando se decide instalar una instalación solar para climatización mediante máquina de absorción, los consumos en los gimnasios 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 mediante energía solar se realiza mediante la conexión directa del sistema solar a una máquina de absorción que solamente trabaja con energía solar, Fig. 11, ya que

no es interesante -ni desde un punto económico, ni medioambiental- el utilizar combustible en la máquina menos eficiente.

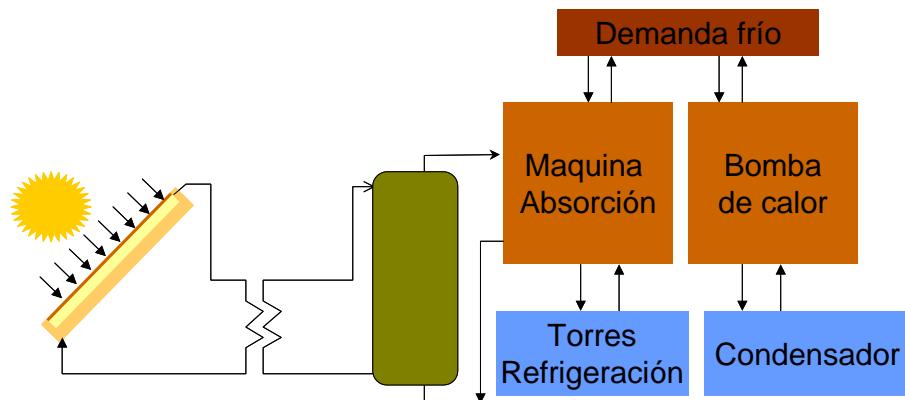


Figura 11. Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con máquina de absorción y apoyo de bomba de calor: modo frío.

7.6. Caso ejemplo: gimnasio con energía solar para la producción de ACS y la climatización de piscina

7.6.1. Objetivo

El fin de este caso es mostrar el potencial que la Instalación de ACS y Climatización de piscina del Polideportivo Rivas-Vaciamadrid de la calle Los Almendros s/n tiene para mejorar el medio ambiente aprovechando la energía solar, de una manera económica y con garantía de mantener sus niveles de confort, para la solicitud de las subvenciones concedidas por la Comunidad de Madrid.

7.6.2. Selección de opciones

Siguiendo las indicaciones de la Propiedad se han analizado las opciones existentes para integrar la energía solar en el sistema de producción térmica del 'Polideportivo Rivas-Vaciamadrid' con el claro objetivo de reducir en la medida de lo posible las emisiones contaminantes reduciendo su consumo energético.

Después de analizar las necesidades energéticas, el dimensionado de la instalación solar ha venido limitado por el espacio disponible y las demandas estimadas: la superficie calculada es de 170 m² de colector plano de alta tecnología Vitosol 100. La opción con colector plano:

- Maximiza el aporte solar global, con la consecuente reducción de emisiones contaminantes.
- Es la opción más eficiente desde un punto de vista energético.
- Es la opción más estética y por tanto con mayores posibilidades de impactar en la opinión pública, promoviendo así la implementación en Madrid de la energía solar.

7.6.3. Características de la instalación

7.6.3.1. Descripción general

Se propone una instalación con acumulación centralizada, 2000 litros en un tanque, que reciben el calor solar por medio de un intercambiador de placas externo. Además se ha previsto un intercambiador de placas externo para el calentamiento de piscina. Estos tanques están conectados al circuito secundario.

A continuación se indican las ventajas que presenta el esquema con el almacenamiento centralizado que se propone:

- Ahorro en fluido caloportador. Con esta configuración el circuito primario tiene el menor volumen posible, con lo que se ahorra fluido caloportador (y anticongelante).
- Aprovechamiento óptimo de la acumulación. La configuración elegida, con un tanque conectado según el esquema de la Fig. 12, favorece la estratificación térmica del almacenamiento, lo que mejora considerablemente el rendimiento solar de la instalación.

- La cesión de calor se realiza en un acumulador, de precalentamiento del agua que calientan los tanques de caldera, lo que reduce de manera importante la necesidad de aporte energético de la caldera. De hecho se recomienda que ésta permanezca completamente desconectada en verano.
- La menor necesidad de aporte energético de la caldera aumenta la capacidad de confort de la misma, ya que aumenta la capacidad de calentamiento instantáneo en los tanques convencionales.
- El tratamiento antilegionella de los tanques se realiza de forma 'gratuita' ya que es la energía solar quien lo realiza.
- El sistema de precalentamiento de los tanques da preferencia por naturaleza al ACS, con lo que se garantiza que la instalación tiene siempre su mayor rendimiento.

7.6.3.2. Funcionamiento del esquema hidráulico

Producción de ACS sin energía solar

La caldera calienta el interacumulador de ACS convencional. Por medio de la sonda de temperatura del interacumulador, la regulación de la caldera pone en marcha la bomba de circulación del circuito de caldera.

Producción de ACS y calentamiento de piscina con energía solar

Calentamiento del ACS

Si la Solartrol M (1) detecta un diferencial de temperatura entre la sonda del colector (2) y la de los acumuladores (3) mayor al ajustado en su programación, ponen en marcha las bombas de circulación del circuito primario (4) y secundario (5), abriendo también la válvula motorizada (6), y se produce el calentamiento de los acumuladores solares. El ACS precalentada con la energía solar en los acumuladores pasará, a medida que se produzca

el consumo, al interacumulador convencional, donde se termina de calentar mediante la caldera si es necesario.

El paro de la bomba de primario (5) se producirá cuando la diferencia de temperatura entre la sonda de colectores (2) y la de los acumuladores (3) sea menor al valor fijado en la Solartrol M.

La temperatura de los acumuladores solares es limitada por el valor fijado en la Solartrol M y, en caso necesario, por el termostato de seguridad (7).

Estratificación térmica, la temperatura en la parte superior del depósito supera la máxima admitida por el depósito se pondrá en marcha la bomba (19).

Calentamiento de la piscina

Si la temperatura de colectores (2) no es suficientemente alta para el calentamiento del ACS, o si los acumuladores solares ya están a su temperatura máxima, la Solartrol M (1) comprobará si el diferencial entre la sonda de colectores (2) y la de piscina (10) está por encima del valor ajustado, si es así la Solartrol pondrá en marcha el ramal de bomba para piscinas (8) y las bombas de piscina (9 y 12).

Para dar preferencia al calentamiento de ACS sobre el de piscina la Solatrol M interrumpe el calentamiento de la piscina aproximadamente cada 30 minutos y comprueba si la temperatura de colectores (2) es superior a la de los acumuladores solares (3).

7.6.3.3. Cálculos energéticos y económicos

El planteamiento del diseño del sistema de producción de ACS y Climatización de piscina ha sido garantizar el máximo confort y economía del usuario, compatible con el máximo ahorro energético y la protección del medio ambiente, cubriendo las necesidades de ACS y Climatización de piscina mediante la combinación de una caldera con los colectores solares Viessmann.

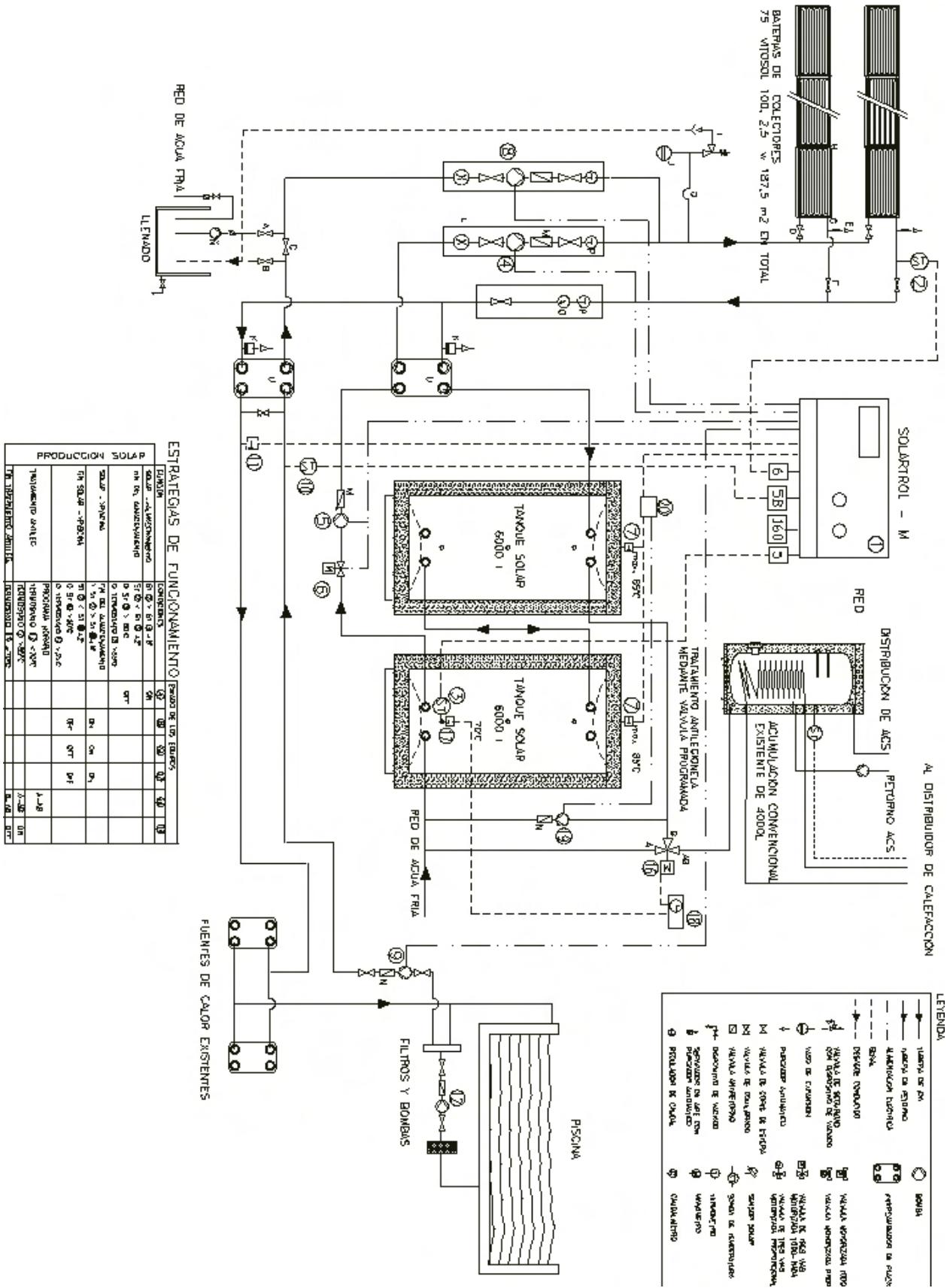


Figura 12. Esquema de la instalación.

La superficie de colectores solares seleccionada como óptima para cumplir las restricciones de confort, economía y protección del medio ambiente ha sido de 170 m², colocados en la azotea del polideportivo.

Con esta instalación solar se ahorrarán un total de 201.315 kWh/año, lo que representa un 100 % para ACS y 38 % para piscina de la energía total necesaria, evitando la emisión de 60.394 kg de CO₂ y otros gases contaminantes.

TABLA 5. Instalación de ACS y Climatización de piscina del Polideportivo Rivas-Vaciamadrid. Aporte energético con energía Solar.

Balance energético de las demandas en Polideportivo Rivas Vaciamadrid

	Horas/día		Energía recuperada del aire de renovación	Balance Piscina	Demanda de ACS	Consumo de ACS a 45 °C
	En uso	Con manta térmica	kWh	kWh	kWh	m ³
Enero	24	0	0	54703	1991	44
Febrero	24	0	0	46717	1929	42
Marzo	24	0	0	49547	2146	48
Abril	24	0	0	39288	1858	42
Mayo	24	0	0	29218	1723	40
Junio	24	0	0	19231	1859	46
Julio	24	0	0	18586	1873	48
Agosto	24	0	0	23408	926	23
Septiembre	24	0	0	35975	1804	46
Octubre	24	0	0	46442	1862	46
Noviembre	24	0	0	52236	1863	44
Diciembre	24	0	0	55450	2008	46
Año			0	470802	21843	514
Nº Paneles Vitosol 100=			68	Consumo ACS (m³/día)		1.4
m² totales=			170	V acumulación solar(L)=		2000
Orientación=			0º (Sur)	Potencia de Intercambio (kW)=		136
Inclinación=			45º			
Temperatura	26					
Superficie piscinas	384.5m²					
Potencia para vaso piscina	72kW					

Balance energético de la instalación solar en Polideportivo Rivas Vaciamadrid

Mes	Radiación Disponible	Captación colectores ACS	Captación colectores Piscina	Captación colectores Total	Cobertura del ACS con solar	Cobertura Piscina con solar	Rendimiento solar
		kWh	kWh	kWh	%	%	%
Enero	19856	1991	9720	11711	99.5%	18%	59%
Febrero	21975	1929	11398	13327	99.5%	24%	61%
Marzo	24751	2146	12716	14862	99.5%	26%	60%
Abrial	26932	1858	14948	16806	99.5%	38%	62%
Mayo	30827	1723	18244	19968	99.5%	62%	65%
Junio	30700	1859	18904	20764	99.5%	98%	68%
Julio	33469	1873	18586	20459	99.5%	100%	61%
Agosto	32696	926	22654	23579	99.5%	97%	72%
Septiembre	27651	1804	17375	19179	99.5%	48%	69%
Octubre	26045	1862	15329	17191	99.5%	33%	66%
Noviembre	20134	1863	10633	12496	99.5%	20%	62%
Diciembre	18413	2008	8964	10972	99.5%	16%	60%
Año	313450	21843	179472	201315	100.0%	38%	64%
Nº Paneles Vitosol 100=	68			Captación Solar por m² de Colector			
m² totales=	170			Total	Para Piscina	Para ACS	
Orientación=		0º (Sur)		1184	1056	128	
Inclinación=		45º		kWh/m².año	kWh/m².año	kWh/m².año	
					CO₂ evitados	60394	kg/año

*Fuente kg/año CO₂ evitados: EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97)

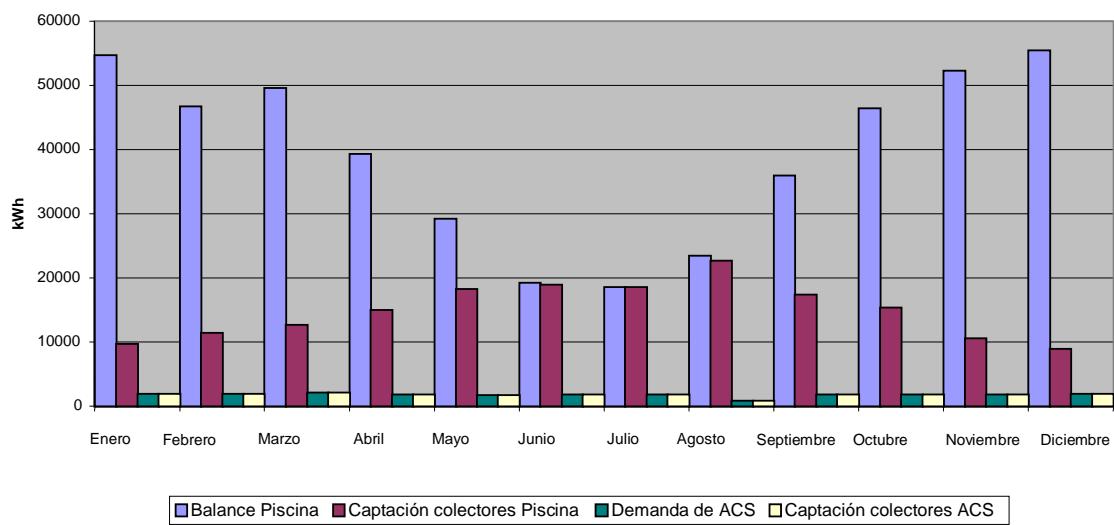


Figura 13. Balance energético de la instalación solar en el Polideportivo Rivas Vaciamadrid.

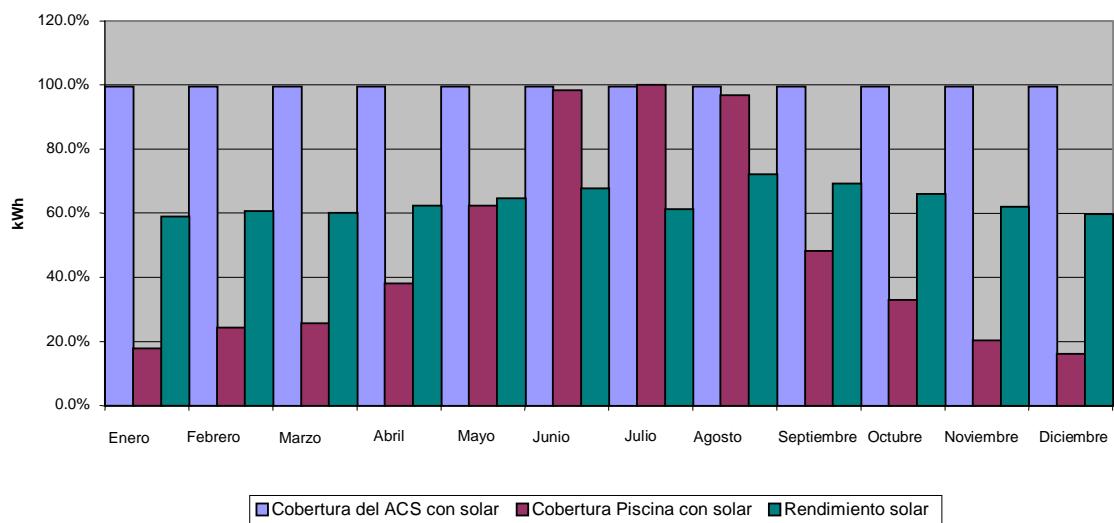


Figura 14. Eficacia y cobertura de la instalación solar en el Polideportivo Rivas Vaciamadrid.

7.6.3.4. Ahorro de emisiones de CO₂

La instalación del sistema solar en el Polideportivo Rivas-Vaciamadrid, además de ahorro energético, producirá una gran reducción de las emisiones

producidas al entorno. En la siguiente tabla se presenta el cálculo de los kg de CO₂ que se dejarán de emitir gracias al sistema solar.

Combustible	Factor de emisión de CO ₂ (*) (kg/GJ)	Energía Solar útil (kWh/año)	CO ₂ evitados (kg/año)
Gasóleo	75	201315	60394

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

7.7. Resumen de los beneficios de solarizar un gimnasio o instalación deportiva

Los principales beneficios son:

- ✿ Reducir la factura energética.
- ✿ Pagar las inversiones con parte de los ahorros.
- ✿ Mejorar el medio ambiente urbano.
- ✿ Mejorar la imagen del Gimnasio: el Gimnasio como promotor del uso racional de la energía y de la innovación.

Los principales factores que están limitando su desarrollo son:

- ✿ Bajo coste de la energía convencional.
- ✿ Falta de contabilidad de costes energéticos.

y los que lo están favoreciendo:

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

8.1. Introducción

En todos los países desarrollados la cultura/moda del cuidado de la salud, imagen y estado físico de las personas, está adquiriendo mayor protagonismo.

Esta tendencia genera una demanda creciente de lugares e instalaciones apropiados para la práctica de los diferentes deportes y actividades solicitados en este sentido por los diferentes usuarios potenciales.

Ahora bien, en las grandes aglomeraciones urbanas y especialmente en los días laborables, esta inquietud por practicar actividades deportivas, se ve obstaculizada por los típicos problemas inherentes a las grandes ciudades, como son: la gran densidad de habitantes por km², los pocos espacios abiertos, enormes concentraciones de edificios y vehículos, múltiples movimientos de personas con necesidades de desplazamientos largos y todo ello, unido a la escasez de tiempo libre, de que en general disponen los ciudadanos (en los días laborables).

Ante esta situación, la solución adoptada por muchos colectivos es la demanda y uso de los Gimnasios, generalmente ubicados en zonas urbanas céntricas y próximas a los centros de trabajo (oficinas, centros de enseñanza, centros comerciales, servicios, etc.). Este sector, por lo tanto, para equilibrar la oferta con la creciente demanda, ha precisado un alto índice de crecimiento y experimentado, por tanto, un proceso de expansión rápida. Con este escenario de desarrollo sectorial, la viabilidad de los proyectos, pasa por analizar la oportunidad de implantación, considerando como factores clave: la ubicación, la novedad de los equipamientos, la calidad de los servicios y componentes, así como precio y el plazo de entrega.

8.2. Antecedentes

La energía es un bien escaso y costoso, especialmente la procedente de fuentes limpias y renovables.

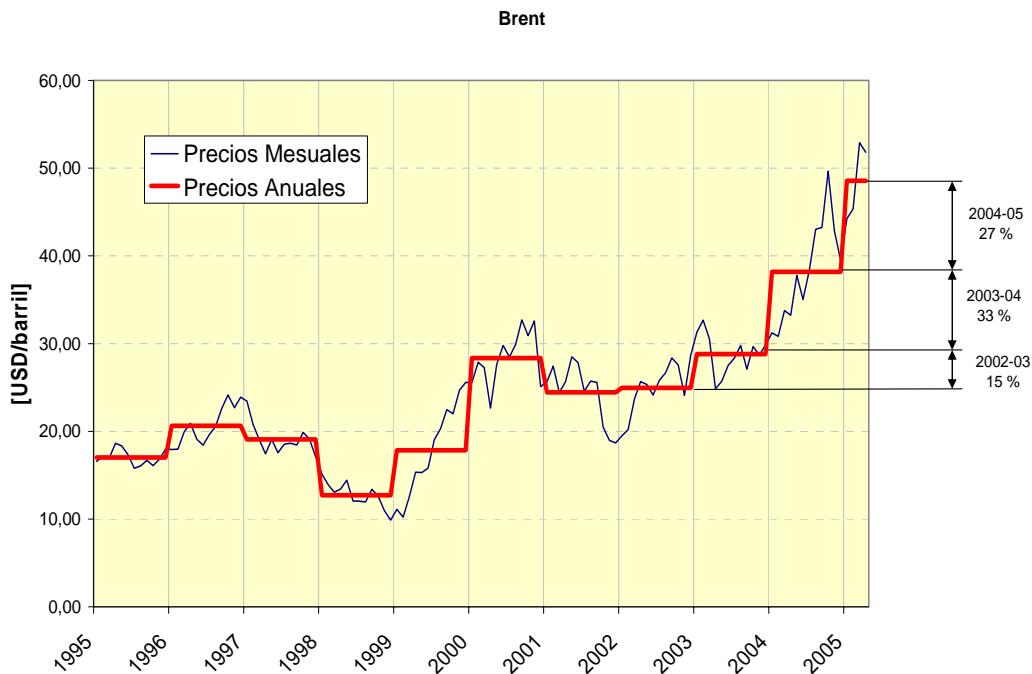
Aumenta la probabilidad de que alcancemos un nuevo escenario de *crisis de energía*, con su inevitable gran coste económico asociado, para los países de la UE (como ya sucedió en los años 73 y 79). Se puede apreciar una tendencia claramente alcista en los mercados energéticos:

- ✿ Mercado Industrial Gas: al ser la demanda mayor que la oferta ha habido un incremento del 15 % del precio en los ocho primeros meses del 2005.
- ✿ Subida del petróleo (de 30 a 65 \$/barril en 2 años).
- ✿ Subida espectacular del carbón: se ha pasado de 33 €/t 2003 a 58 €/t en el año 2004 (55 %).
- ✿ Pool Eléctrico Español 1^{er} trimestre del 2005: incremento del 102 % respecto al 1^{er} trimestre del 2004.

A nivel macroeconómico, desde las diferentes Administraciones se procurará modificar las actuales estrategias y marcar las directrices globales de cada país, para intentar reducir la actual dependencia energética, fomentar y estudiar viabilidades energéticas de sustitución de combustibles y preparar una política de fomento y uso de energías alternativas, especialmente las renovables.

A nivel microeconómico, las distintas empresas necesitan sensibilizarse con el problema y deberán prepararse para ser más competitivas y rentables, mejorando la eficiencia de sus equipamientos y/o consiguiendo ahorros de energía. La solución técnica, que deberán adoptar para conseguir mejorar sus procesos y costes, implicará una adecuación de la gestión, mejora de procesos, adecuación de tecnologías, mejora de aislamientos y la determinación del tipo y cantidad de energía.

Evolución de precios índice Brent de petróleo



GAS -PREVISIÓN VALOR CMP (c€/kWh)

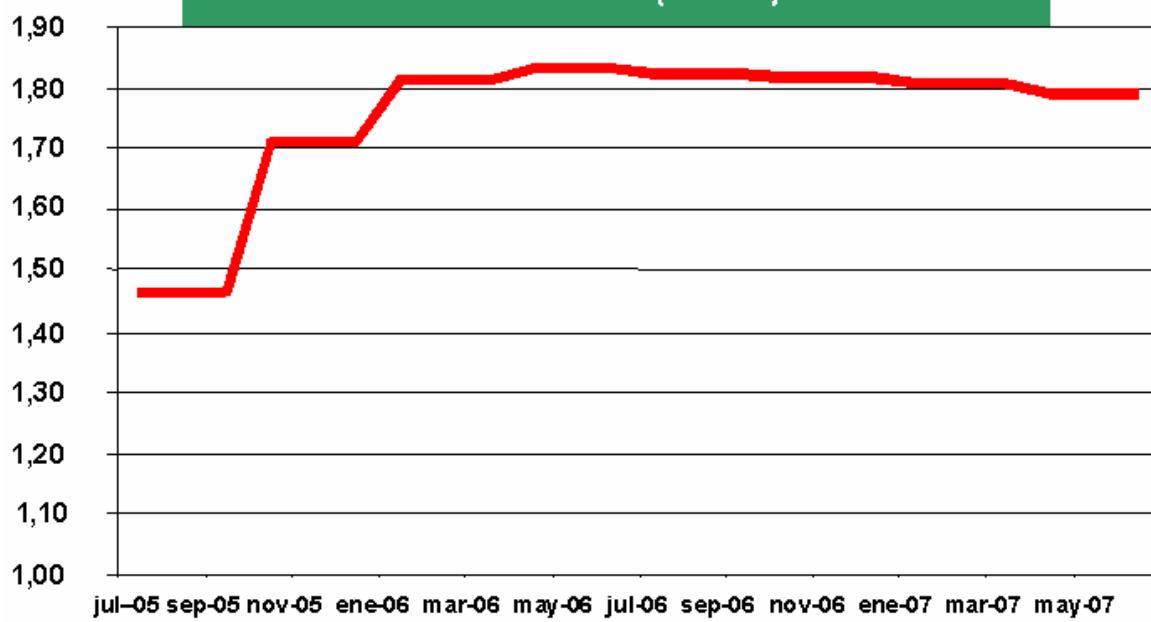


Figura 1.

8.3. Objetivos

Esta guía pretende ofrecer una asesoría técnica actualizada, breve y sencilla, relacionada con los Sistemas de Gestión Energética y Mejora de la Eficiencia, en los locales e instalaciones destinados al servicio de Gimnasios, así como informar sobre las posibles ventajas y beneficios que se pueden conseguir, tanto para las empresas de servicios, como para el usuario, la empresa suministradora de energía, el sistema de regulación y, en general, para la comunidad.

Como objetivos directos podemos destacar:

- ✿ Mejora del confort.
- ✿ Aumento de eficiencia en sistemas y equipos.
- ✿ Control de puntas de potencia demandada.
- ✿ Reducción de potencia eléctrica contratada.
- ✿ Ahorros energéticos (alumbrado, aire acondicionado, cos φ, etc.).
- ✿ Menor impacto ambiental (función de la reducción de energía primaria).
- ✿ Mejora de las comunicaciones.
- ✿ Mayor seguridad de personas y bienes (alarmas de intrusión, contra incendios, inundación y médica).
- ✿ Control y medida de consumos energéticos totales, por procesos y por zonas y por servicios (agua, gas, electricidad).
- ✿ Mejora de la información disponible.
- ✿ Reducción de costes económicos.

8.4. Clasificación del sector gimnasios en Madrid por tamaño y potencias eléctricas contratadas

Con los datos obtenidos en un estudio de afinidad y características realizado sobre un colectivo de 240 de las instalaciones de gimnasios, con un consumo anual total de 16,28 GWh, todos ubicados en la comunidad autónoma de Madrid e

inscritos con los códigos de actividades CNAE números O 92.611, 92.613 y 92.623, se ha procedido a clasificar este subsector en tres grupos de características afines.

8.4.1. Gimnasios pequeños

Se agrupan aquí todas las instalaciones con potencias eléctricas de contrato menores o iguales a 15 kW.

En este colectivo están el 54 % de los gimnasios considerados. El tamaño tipificado de estas instalaciones, corresponde a recintos con áreas totales de 100÷200 m², de los cuales para nuestro modelo de cálculo, estimamos un reparto superficial del 30 % para vestuarios y duchas, 10 % para recepción y oficina y el 60 % restante para área deportiva, y con una capacidad de ocupación simultánea máxima de 14 personas. Todas estas instalaciones tienen contrato con tarifas de baja tensión. El consumo total de energía eléctrica registrado en este grupo fue 1,46 GWh/año, con una potencia de contrato media de 9,9 kW y un consumo medio de 11,23 MWh/año, equivalente a una utilización de 1.134 h.

Por sus curvas de carga, equipamientos y modos de consumo, este grupo se pueden dividir en dos segmentos.

- ✿ Instalaciones con horario de funcionamiento de 7 hasta las 22 horas, de lunes a sábado y con modo de consumo directo de energía eléctrica, que suponen el 92 % del total de usuarios, de los cuales, el 80 % se acogen a la tarifa de mercado regulado, en baja tensión ($1 \times 230\text{ V}$ o $3 \times 400\text{ V}$) tipo 2.0 y el 12 %, contratan la tarifa de mercado libre tipo 2.0A. Con estas premisas y suponiendo en el diseño un coeficiente 0,8 de utilización simultánea de consumos, únicamente se dispone de capacidad de potencia eléctrica para alimentar los sistemas de iluminación, ventilación, refrigeración y pequeños equipos (secadores de manos, secadores de cabello, cafetera, nevera, ordenador de oficina, etc.). Los sistemas de agua caliente y de calefacción, deberán de utilizar prioritariamente caldera de gas y en su defecto gasóleo, y todas las nuevas instalaciones se deberán de diseñar con apoyo de paneles solares térmicos.

- Instalaciones con horario de funcionamiento de 7 hasta 22 horas, de lunes a domingo, equipadas con sistemas de acumulación y con modo de consumo desplazado a las horas nocturnas (su potencia de contrato será la correspondiente a las horas diurnas), suponen el 8 % restante y contratan la tarifa de mercado regulado, en baja tensión (1×230 V o 3×400 V) con discriminación nocturna tipo 2.0N. (periodo nocturno de 0 a 8 h en verano y de 23 a 7 h en invierno). En esta variante, durante las horas diurnas, solamente se dispone de capacidad de potencia eléctrica para alimentar los sistemas de iluminación, ventilación, refrigeración y pequeños equipos (secadores de manos, secadores de cabello, cafetera, nevera, ordenador de oficina, etc.), pero, durante el periodo nocturno se dispone de suficiente potencia, como para colocar instalaciones de acumulación para el agua caliente y la calefacción.

8.4.2. Gimnasios medianos

En este grupo se encuentran clasificadas todas las instalaciones de gimnasios cuya potencia de contrato eléctrico es mayor que 15 kW y menor o igual que 50 kW.

En este colectivo están el 29,5 % de los gimnasios considerados. El tamaño tipificado de estas instalaciones, corresponde a recintos con áreas totales de $200 \div 500$ m², de los cuales en el modelo de cálculo suponemos un reparto superficial del 30 % para vestuarios, saunas y duchas, el 15 % para la recepción, mini-bar y oficina y el 55 % restante para área deportiva y con una capacidad de ocupación simultánea máxima de 34 personas. Suponemos que el horario de funcionamiento de las instalaciones es de lunes a sábado, desde las 7 hasta las 22 horas. Todas estas instalaciones tienen contrato con tarifas de baja tensión (3×400 V), el 62 % corresponde a tarifa de mercado regulado tipo 3.0, y el 38 % a tarifa de mercado libre tipo 3.0A.

La energía eléctrica se utiliza para alimentar los sistemas de iluminación, ventilación, refrigeración, saunas, equipamiento del bar y pequeños equipos auxiliares (secadores de manos, secadores de cabello, equipos de oficina, etc.). Los

sistemas de agua caliente y de calefacción, deberán de utilizar prioritariamente caldera de gas y en su defecto gasóleo, y todas las nuevas instalaciones contarán con apoyo de paneles solares térmicos.

El consumo total de energía eléctrica registrado en este grupo, en el año 2004, fue de 2,6 GWh/año, con una potencia de contrato media de 32 kW y un consumo medio de 37,14 MWh/año, equivalente a una utilización de 1.160 h.

8.4.3. Grandes instalaciones

En este grupo se encuentran el resto de gimnasios, que suponen el 16,5 % de gimnasios, los cuales disponen de potencias de contrato eléctrico superiores a 50 kW (las instalaciones deportivas municipales y de la comunidad autónoma, no están recogidas en este análisis).

El tamaño tipificado de estas instalaciones, corresponde a recintos con superficies totales superiores a 500 m², de los cuales en el modelo de cálculo, consideraremos una instalación tipo de 2.000 m², para 150 personas, con un reparto del 25 % para vestuarios, saunas y duchas, 15 % para la recepción, bar y oficina y el 60 % restante para gimnasio, piscina, áreas deportivas, etc. (consideramos una piscina de dimensiones 25 × 8 × 2 m). Su horario de funcionamiento es desde las 7 hasta las 22 horas, de lunes a sábado y con modo de consumo directo de energía eléctrica.

Estas instalaciones tienen contratos de alta tensión (20 kV o 15 kV) en un 18 %, en las tarifas 3.1A y 6.1 del mercado liberalizado y 1.1 del mercado regulado, y en un 82 % correspondientes a baja tensión, con tarifas de mercado regulado tipo 3.0 de utilización normal y 4.0 de larga utilización, ambas con aplicación de complementos por energía reactiva y discriminación horaria.

La energía eléctrica se utiliza para alimentar los sistemas de iluminación, ventilación, refrigeración, bomba de calor de piscina, lavandería, saunas, hidromasaje, equipamiento del bar y pequeños equipos auxiliares (secadores de manos y de cabello, equipos de oficina, etc.). Los sistemas de agua caliente y de

calefacción, deberán de utilizar bomba de calor y caldera de gas o en su defecto gasóleo, y en todas las nuevas instalaciones a realizar, los diseños deberán tener en cuenta la utilización de paneles solares térmicos, como apoyo de calefacción y calentamiento del agua.

El consumo total de energía eléctrica registrado en este grupo, en el año 2004, fue de 12,22 GWh, con una potencia contratada media de 310 kW, y un consumo medio de 305,5 MWh, equivalente a una utilización de 985,5 h/año.

En la Fig. 2 se puede observar un registro real de la curva de carga diaria, de un usuario de este grupo (sin tener instalado un sistema Gestiónador de Energía), con un contrato en tarifa 6.1 de 6 períodos, con P1 a P5 de 300 kW y P6 de 451 kW y con un consumo total de 1.449 MWh/año.

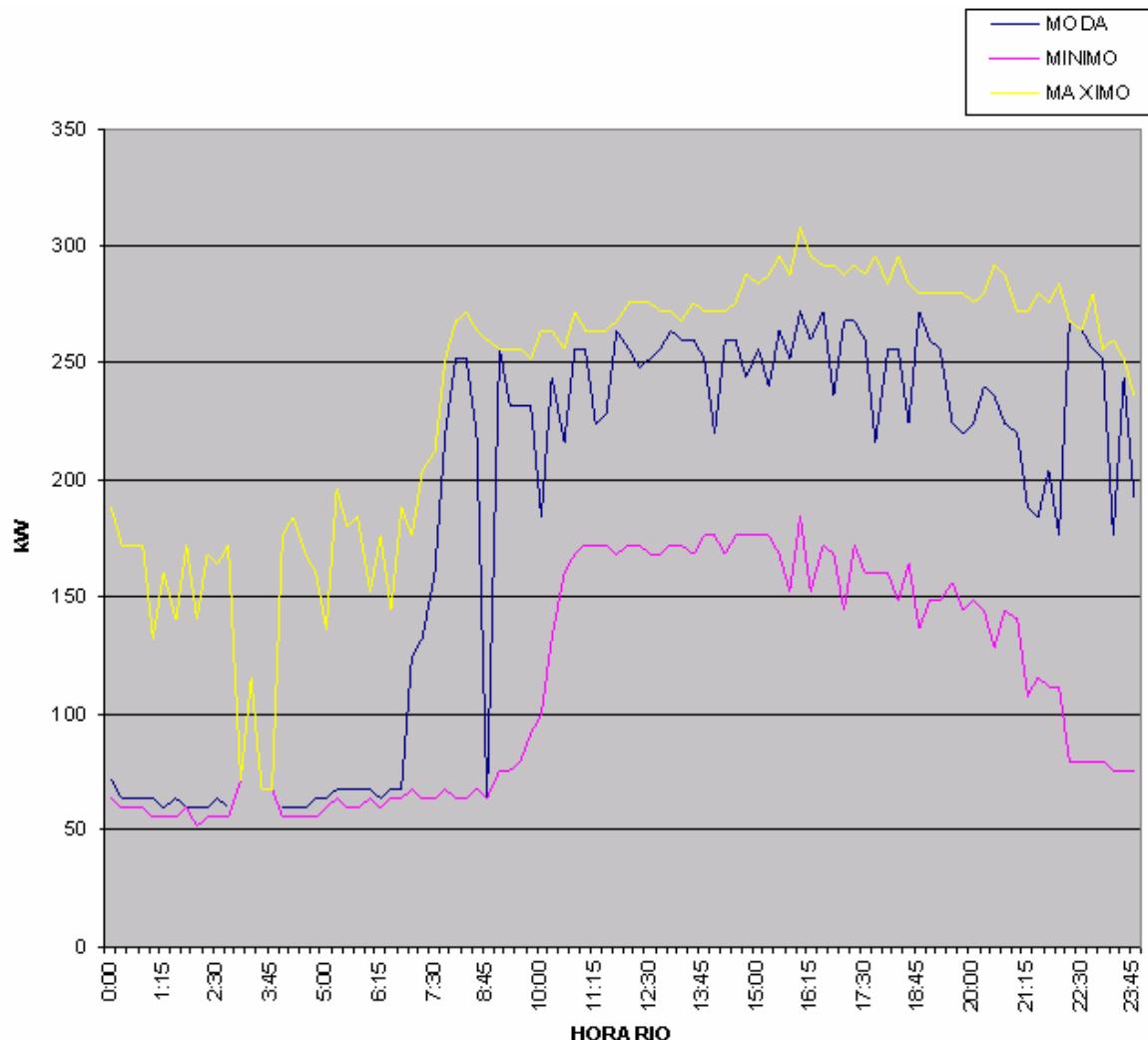


Figura 2. Registro de curva de carga diaria de un gimnasio con 300 kW de potencia.

8.5. Criterios de diseño utilizados

Para efectuar los diferentes cálculos de los sistemas eléctricos de las diferentes instalaciones modelo, es necesario establecer unos criterios de diseño para el equipamiento energético básico. Para la realización del diseño, se utilizarán los datos de dimensiones, equipamiento y ocupación ya definidos en los apartados 8.4.1, 8.4.2 y 8.4.3 para cada tipo de instalación.

El lugar de implantación del local del gimnasio modelo, consideramos que está situado en un bajo, en una entreplanta o en el sótano de un edificio, con sus fachadas exteriores cerradas y aisladas (no consideraremos en los balances térmicos las cargas solares, infiltraciones y los procesos).

8.5.1. En iluminación

El objetivo de diseño que se persigue es proporcionar un ambiente luminoso apropiado para la adecuada visión de los aparatos y equipos a usar, así como para la correcta práctica deportiva. Los criterios de diseño básico serán:



Nivel de iluminación

En la práctica deportiva, la visión es omnidireccional, por lo que son igualmente importantes las luminancias horizontal y vertical. Por motivos prácticos, vamos a referirnos únicamente a la iluminación horizontal, el valor usual del nivel de iluminación recomendado es 200÷300 lx. En estas instalaciones es importante controlar el deslumbramiento, mediante el adecuado apantallamiento y mantener uniformidad de la iluminación, siendo recomendable para entrenamientos, que la relación entre el nivel de iluminación mínimo y medio sea de 1:2.

Utilizaremos como ratio de cálculo para la potencia eléctrica prevista en iluminación $P = 20 \text{ W/ m}^2$.

Modelado

Los mejores resultados se consiguen mediante diseños con disposiciones lineales.

Lámparas

Se debe de considerar prioritariamente entre todas las posibles fuentes de luz aplicable a cada caso, las de mayor eficacia luminosa, con el objetivo primario de obtener una instalación energéticamente eficiente. Las más utilizadas son: las fluorescentes y fluorescentes de bajo consumo, cuando la altura del montaje no es excesiva y halogenuros metálicos o vapor de sodio de alta presión cuando la altura es importante.

Luminarias

Se seleccionarán de modo que su distribución fotométrica y uniformidad sean adecuadas, para lograr el nivel de iluminación requerido. Se elegirán preferentemente luminarias de alto rendimiento. En el caso de lámparas fluorescentes, se utilizan luminarias con tubos múltiples, para reducir el número de puntos de luz, con reflectores incorporados y difusores de apantallamiento. Si se utilizan lámparas de alta intensidad, normalmente se colocan en proyectores, pudiéndose incorporar en reflectores tipo industrial. Se considerará las condiciones ambientales del lugar, para las instalaciones de las duchas y vestuarios (en este caso, el diseño deberá de constar de una iluminación instantánea como apoyo, para disponer de un mínimo seguro de iluminación, en casos de microcortes o cortes breves de tensión).

Sistemas de control

La adecuación de los niveles de iluminación a las exigencias de la actividad que se desarrolla (entrenamiento o competición) o al grado de ocupación del local, se puede gestionar, mediante actuación sobre un sistema de regulación del flujo luminoso o a través del control de encendido de un

sistema de circuitos separados, para las distintas situaciones previstas. En todos los casos el control es manual o por gestionador, apoyado por células detectoras de presencia (especialmente en aseos y vestuarios), no utilizándose los interruptores horarios, debido a la polivalencia de este tipo de instalaciones.

8.5.2. En los cálculos térmicos

Se utiliza la normativa UNE-100-001 para la determinación de las condiciones exteriores de temperatura y humedad, y la norma UNE-100-013 para la determinación de las condiciones interiores:

- ✿ En Madrid, las condiciones de diseño exteriores utilizadas son: en verano, la temperatura seca exterior de proyecto 36 °C con Hr = 41 % y la temperatura húmeda 26 °C.

Se van a efectuar los cálculos considerando para el verano una temperatura de confort de 26 °C y Hr = 50 %; para el invierno de 15 °C y 75 % Hr en gimnasio, 23 °C y Hr = 80 %, en aseos y duchas.

- ✿ Los grados/día en base 15/15, correspondientes a Madrid son 1.555 GD anuales, según UNE-100-001.
- ✿ Los cálculos de consumos se efectúan con base en:
 - Carga térmica (sin ventilación): oscilará entre 35 y 70 W/m², en función de la orientación, superficie de paredes exteriores y ventanas. Tomaremos un valor de 49,7 W/m² ≈ 50 W/m².
 - Carga biológica en gimnasios = 185 W calor sensible/persona + 340 W/persona calor latente = 525 W/persona.
 - Volumen aire de renovación por persona = 12 litros/s = 43,2 m³/h.
 - Volumen aire renovación por m² de gimnasio = 4 litros/s = 14,4 m³/h/m² local.

- Potencia frigorífica por renovación de aire = 9,93 W/m³/h.
- Potencia esp. agua caliente = 1,087 W × °C/litro.
- Volumen agua a 60 °C /persona/día = 25 litros.
- Volumen agua persona/día = 40 litros a temperatura uso.

8.5.3. Calendario/horario de funcionamiento de las instalaciones

El horario de diseño previsto para el funcionamiento de las instalaciones es de 7 a 22 horas, 360 días/año.

En la Tabla 1, se define una programación de funcionamiento básico para el sistema de climatización, regulada por señales de temperatura y limitada por detectores de presencia.

TABLA 1. Estado/Modo de funcionamiento del sistema de Climatización.

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h	
Ener	P	P	P	P	P	P	P	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	P	P	
Febr	P	P	P	P	P	P	P	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	P	P
Marz	P	P	P	P	P	P	P	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	P	P
Abril	P	P	P	P	P	P	P	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	P	P
May	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	F	R	R	R	R	R	F	F	F	F	F	V	P	P		
Juni	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	R	R	R	R	R	R	R	F	F	F	V	P	P			
Julio	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	R	R	R	R	R	R	R	F	F	F	V	P	P			
Agos	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	R	R	R	R	R	R	R	F	F	F	V	P	P			
Septi	P	P	P	P	P	P	P	V	V	F	F	R	R	R	R	R	R	F	F	F	V	P	P			
Octu	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	F	R	R	R	R	F	F	F	F	F	V	V	P	P		
Novi	P	P	P	P	P	P	P	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	P	P	
Dici	P	P	P	P	P	P	P	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	P	P	

P = Sistemas y Equipos parados.

V = Ventilación (máximo 3.300 h/año).

F = Free-cooling (máximo 1.260 h/año).

R = Refrigeración (máximo 1.080 h/año).

8.6. Cálculo de potencias eléctricas de las instalaciones modelo

8.6.1. Cargas eléctricas en modelo Gimnasios pequeños

💡 Iluminación

$$P_I = 200 \text{ m}^2 \times 20 \text{ W/m}^2 = 4.000 \text{ W}$$

💡 Equipamiento Oficina

$$P_{Of} = 1.000 \text{ W}$$

💡 Equipamiento Limpieza y varios

$$P_{Aux} = 1.200 \text{ W}$$

💡 Carga térmica Climatización

- Iluminación → 4.000 W
- Transmisión → $(120 \text{ m}^2 + 30 \text{ m}^2) \times 50 \text{ W/m}^2 = 7.500 \text{ W}$
- Biológica (sensible y latente) → 14 personas × 525 W/persona = 7.350 W
- Renovación de aire

$$\text{Caudal renovación} = 120 \text{ m}^2 \times 14,4 \text{ m}^3/\text{h/m}^2 \text{ local} = 1.728 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Potencia necesaria renovación} = 1.728 \text{ m}^3/\text{h} \times 9,93 \text{ W/m}^2 = 17.160 \text{ W}$$

$$\text{- Carga total Climatización} = 4.000 + 7.500 + 7.350 + 17.160 = 36.010 \text{ W}$$

Ahora en el catálogo de un fabricante se seleccionará una opción determinada, para esta potencia calculada y tamaño del local. Elegiremos una instalación con sistema unizona de simple conducto, con una máquina de 36 kW.

Si su COP frigorífico es 2,4, entonces

$$P_{Clima} = 36/2,4 = 15 \text{ kW}$$

💡 Potencia Eléctrica total instalada

$$P_{EI} = P_I + P_{Of} + P_{Aux} + P_{Clima} = 4 + 1 + 1,2 + 15 = 21,2 \text{ kW}$$

Coeficiente de Utilización = 0,7; luego la **Potencia Eléctrica a contratar** (sin sistema Gestionador) será: $P_{EC} = 21,2 \times 0,7 = 14,84 \text{ kW} \approx 15 \text{ kW}$.

8.6.2. Cargas eléctricas en modelo Gimnasios medianos

● Iluminación

$$P_l = 500 \text{ m}^2 \times 20 \text{ W/m}^2 = 10.000 \text{ W}$$

● Equipamiento Oficina y mini-bar

$$P_{of} = 3.500 \text{ W}$$

● Equipamiento Limpieza y varios

$$P_{Aux} = 2.500 \text{ W}$$

● Saunas

$$P_s = 10.000 \text{ W}$$

● Carga térmica Climatización

- Iluminación → 10.000 W
- Transmisión → $(275 \text{ m}^2 + 75 \text{ m}^2) \times 50 \text{ W/m}^2 = 17.500 \text{ W}$
- Biológica (sensible y latente) → 34 personas × 525 W/persona = 17.850 W
- Equipamientos y máquinas (sauna, mini-bar) → 13.500 W
- Renovación de aire

$$\text{Caudal renovación} = 275 \text{ m}^2 \times 14,4 \text{ m}^3/\text{h/m}^2 \text{ local} = 3.960 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Potencia necesaria renovación} = 3.960 \text{ m}^3/\text{h} \times 9,93 \text{ W/m}^2 = 39.322 \text{ W}$$

En este tamaño de unidad, para ahorrar energía se coloca de proyecto un sistema recuperador de calor para el caudal de renovación de 3.960 m³/h; por catalogo de fabricante se ve que la potencia recuperada es del 40 %. Luego la potencia frigorífica necesaria para el aire de renovación, con recuperador de calor es $39.322 \times 0,6 = 23.594 \text{ W}$. Se incrementarán las pérdidas de carga.

- **Carga total Climatización**

$$10.000 + 17.500 + 17.850 + 13.500 + 23.594 = 82.544 \text{ W.}$$

Ahora en catálogo de un fabricante seleccionaremos una opción determinada; para esta potencia calculada y tamaño del local, elegiremos una instalación con sistema unizona de simple conducto, con una máquina de 85 kW de potencia frigorífica.

Si el COP frigorífico es 2,4, entonces: $P_{\text{Clima}} = 85/2,4 = 35,4 \text{ kW} \approx 36 \text{ kW}$

● **Potencia Eléctrica total instalada**

$$P_{\text{EI}} = P_I + P_{\text{Of}} + P_{\text{Aux}} + P_S + P_{\text{Clima}} = 10 + 3,5 + 2,5 + 10 + 36 = 62 \text{ kW.}$$

Coeficiente de utilización = 0,8; luego la **Potencia Eléctrica a contratar** (sin sistema Gestiónador) será: $P_{\text{EC}} = 62 \times 0,8 = 49,6 \text{ kW} \approx 50 \text{ kW.}$

8.6.3. Cargas eléctricas en modelo Gimnasios grandes

● **Iluminación:**

$$P_I = 2.000 \text{ m}^2 \times 20 \text{ W/m}^2 = 40.000 \text{ W}$$

● **Equipamiento Oficina**

$$P_{\text{Of}} = 4.000 \text{ W}$$

● **Equipamiento auxiliar, limpieza y varios**

$$P_{\text{Aux}} = 6.000 \text{ W}$$

● **Equipamiento bar**

$$P_B = 8.000 \text{ W}$$

● **Saunas / hidromasajes**

$$P_S = 36.000 \text{ W}$$

● **Piscina cubierta → (400 m³ → calentamiento con bomba de calor)**

$$P_P = 120.000 \text{ W}$$

✿ Lavandería (lavado, secado y planchado)

$$P_L = 25.000 \text{ W}$$

✿ Carga térmica Climatización

- Iluminación → 40.000 W
- Transmisión → $(1.200 \text{ m}^2 + 300 \text{ m}^2) \times 50 \text{ W/m}^2 = 90.000 \text{ W}$
- Biológica (sensible y latente) → 150 personas × 525 W/persona = 78.750 W
- Equipamientos y máquinas (bar, sauna, etc.) → 44.000 W
- Renovación de aire:

$$\text{Caudal renovación} = 1.200 \text{ m}^2 \times 14,4 \text{ m}^3/\text{h/m}^2 \text{ local} = 17.280 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Potencia inicial de renovación} = 17.280 \text{ m}^3/\text{h} \times 9,93 \text{ W/m}^2 = 171.590 \text{ W}$$

En este tamaño de unidad, para ahorrar energía se instala de proyecto un sistema recuperador de calor, para el caudal de renovación de aire de 17.280 m³/h; por catalogo de fabricante se ve que la potencia recuperada es del 40 %. Luego la potencia frigorífica necesaria para el aire de renovación, con recuperador de calor será: $171.590 \times 0,6 = 102.954 \text{ W}$.

- Carga total Climatización

$$40.000 + 90.000 + 78.750 + 44.000 + 102.954 = 355.704 \text{ W.}$$

Ahora en catálogo de un fabricante seleccionaremos una opción determinada; para esta potencia calculada y tamaño del local elegiremos una instalación con sistema multizona, con compuertas selectoras y volumen de aire variable, con una máquina de 360 kW.

Si el COP frigorífico es 2,3 entonces: $P_{\text{Clima}} = 360/2,3 = 156,5 \text{ kW} \approx 160 \text{ kW}$.

✿ Potencia Eléctrica total instalada

$$\begin{aligned} P_{\text{EI}} &= P_I + P_{\text{Of}} + P_{\text{Aux}} + P_B + P_S + P_P + P_L + P_{\text{Clima}} = \\ &= 40 + 4 + 6 + 8 + 36 + 120 + 25 + 160 = 399 \text{ kW} \end{aligned}$$

Coeficiente de utilización = 0,8; luego la **Potencia Eléctrica a contratar** (sin sistema Gestiónador de energía) será: $P_{\text{EC}} = 399 \times 0,8 = 319,2 \text{ kW} \approx 320 \text{ kW}$.

8.7. Sistema de gestión energética

Las diferentes opciones existentes en el mercado de sistemas de gestión energética, aplicables al sector gimnasios, se han diseñado para ordenar, planificar, regular y controlar el modo de operación de los distintos sistemas, procesos y equipos con consumos energéticos aplicables al sector, con el objeto de conseguir aumentar su eficiencia, lograr una utilización más racional de la energía consumida y disminuir el coste energético, todo ello, mediante la gestión planificada y optimizada del uso de equipos, procesos y sistemas, así como una programación personalizada a cada instalación, que consiga una adaptación idónea y racionalizada del modo de trabajo del usuario y de su curva de carga, a la tarifa eléctrica contratada, lo cual nos permitirá reducir las puntas de potencia, permitiéndonos contratar un término de potencia más bajo, minimizando los costes de los consumos finales de energía eléctrica, mejorando la rentabilidad de sus instalaciones y reduciendo su impacto ambiental.

Los sistemas de gestión energética están especialmente diseñados para gobernar sistemas periféricos auxiliares y gestionar los sistemas de regulación y de ahorro implantados (reguladores de flujo luminoso, balastos electrónicos, reguladores de velocidad de motores, control de aire acondicionado y calefacción, reguladores de factor de potencia, etc.) que nos permiten optimizar el funcionamiento y consumo de los diferentes equipos de las instalaciones del usuario, manteniendo el nivel de servicio.

8.7.1. Diseño del sistema de gestión energética

Para diseñar correctamente un sistema de gestión energética de una instalación, es necesario efectuar un estudio previo, para conocer el lugar de implantación, el tipo y tamaño de instalaciones, estudiar sus procesos, equipamientos, modo de operación, consumos realizados, tarifas contratadas, facturas energéticas, sistemas de regulación y/o ahorros ya existentes, etc.

Tras analizar todos estos datos y valorar la viabilidad de introducir un sistema de gestión, será preciso, definir y elegir:

- a) Tipo de control a diseñar: centralizado o distribuido.
- b) Nivel jerárquico de actuación: Planta, Sistema, Proceso o Control Directo del subproceso (ej. regulación de la temperatura del agua caliente).
- c) Por su función e interacción con el proceso: toma de datos, vigilancia del valor de un parámetro, mando o regulación.

El número de funciones e interacciones con el proceso/sistema, determinará la comunicación y relación con el proceso, que a través del número de señales entradas, nos permitirá conocer el estado del proceso y con las señales de salida podremos actuar sobre él o sobre otros. El número y tipo de actuaciones, nos permitirá conocer las entradas y salidas necesarias, dimensionar el tamaño del control, sus componentes y características del *hardware* especializado a utilizar y definir los sistemas de conexión, periféricos y resto de accesorios necesarios.

Seguidamente, como parte principal del diseño, se debe realizar un proyecto personalizado a cada instalación de la programación del sistema. El sistema de mando y regulación, se apoya en un controlador lógico programable (PLC), constituido fundamentalmente por una unidad de procesos central, una unidad de memorias, bus de conexiones, tarjetas de entrada y salida, consola de programación y fuente de alimentación. La definición de la estrategia de control y gestión de una instalación en particular, se realiza mediante la creación de un fichero de unidades de control; este fichero es un almacén de registros, que contiene la información relativa a su unidad. Cada unidad de control programable cumplirá una misión determinada, específica y diferenciada, pudiéndose interconectar con otras, para formar lazos de control o de información globales.

Entradas señales interconexión →	Nº Unidad de control	→ salidas a otras unidades
Entrada de medidas de sensores →	Tipo de unidad seleccionado	→ salidas a actuadores

El *software* de gestión energética necesario para ejecutar las funciones de planificación, racionalización, control y regulación de los distintos procesos de la instalación, obligatoriamente debe ajustarse a la instalación estudiada y al sistema tarifario vigente, teniendo en cuenta especialmente los condicionantes y particularidades de las tarifas de energía eléctrica.

Debemos recordar, que en el Sistema Integrado de Facturación de Energía Eléctricas Español (SIFE), las tarifas son de estructura binomial y están compuestas por un *término de facturación de potencia*, un *término de facturación de energía*, el *impuesto sobre la electricidad* y, además, en función de la tarifa contratada, se aplicarán los *complementos tarifarios*. En función de las características del equipamiento del usuario y las condiciones/modo de operación, se procederá a efectuar recargos o descuentos como consecuencia de la discriminación horaria, del factor de potencia, estacionalidad y/o de los incumplimientos cometidos (excesos de potencia).

Una vez que se han definido los objetivos de gestión de cada proyecto particularizado de una instalación determinada, y sepamos cuáles son las variables que podemos medir y las que son susceptibles de manipular, podemos diseñar la estructura de regulación y cuáles serán los lazos de regulación que deberemos utilizar. En función del proceso, de la de variable controlada, del tipo de señal de consigna, de la señal de error y de las posibles perturbaciones que actúan sobre el proceso, hay que establecer el tipo más conveniente de lazo de control, que normalmente suelen ser control de cascada, control selectivo, control de realimentación o control *override*.

8.8. Metodología de trabajo

- ✿ Selección del gimnasio por tamaño y tipo de instalación.
- ✿ Realización de una asesoría energética eléctrica.
- ✿ Propuesta de recomendación de mejoras aplicables.
- ✿ Sistema de gestión de instalaciones y ahorros previsto.
- ✿ Implantación de medidas de mejora propuestas.

- Medidas de resultados de ahorros obtenidos.
- Determinación de la reducción del impacto medioambiental.

8.9. Características generales de un sistema de gestión

- Sencillez de uso, facilitada por un programa informático adaptado a cada usuario, que permite la gestión coordinada y conjunta de las diversas tecnologías de regulación y control.
- Flexible, permitiendo al usuario modificar los parámetros en función de las necesidades que surjan en el tiempo.
- Modular, de forma que si se desea modifica o incorpora una nueva aplicación que permite reestructurar el sistema.
- Posibilita la interconexión de los equipos y sistemas que realizan las diferentes funciones de los procesos a gestionar.
- Visualiza el estado de los consumidores en tiempo real (I, V, P, Q, etc.), ofreciendo información clara, sencilla y sistematizada.
- Facilidad y rapidez de instalación (75 días, llave en mano).

8.10. Elementos que constituyen el sistema de gestión

Un sistema de gestión energética de instalaciones consta de los elementos siguientes:

- Unidad de control y gestión de datos.
- Red de conexión de componentes actuados.
- Receptores, transmisores y captadores.



Foto 1. Sistema de gestión.

- ✿ Accionadores/actuadores.
- ✿ Periféricos de comunicación.
- ✿ Ordenador visualizador.
- ✿ Software de gestión personalizado a cada instalación.
- ✿ Control de los sistemas de ahorro implantados.

8.11. Ahorros energéticos posibles por tipo de instalación

Vamos a analizar las recomendaciones de ahorro y eficiencia viables y cuantificar el resultado de las posibles acciones en cada tipo de instalación.

(Las tarifas eléctricas empleadas en este estudio, son las oficiales de acuerdo a la Orden de 12 de enero de 1995 y los precios utilizados según B.O.E. 31-12-04).

8.11.1. Gimnasios pequeños

En función del modo de trabajo, del calendario de funcionamiento, del horario y del equipamiento instalado, en este tipo de instalaciones, podremos colocar un equipo gestionador de energía, con una central de gestión, tamaño

pequeño con 6 entradas y 6 salidas. Su función será realizar una mejora de la eficiencia de las instalaciones, control de puntas de carga y ahorro energético. Actuarán únicamente los sistemas eléctricos de iluminación, ventilación y refrigeración, y estará capacitado para interconectarse/gestionar los sistemas de regulación empleados en calefacción, agua caliente y consumo de agua. Recordemos que todas las instalaciones de este segmento, están contratadas en las tarifas de baja tensión 2.0, 2.0A y 2.0N, con un término de potencia $\leq 15 \text{ kW}$, y que el gimnasio modelo se ha calculado con una potencia instalada de 18,5 kW y una potencia de contrato de 15 kW, si aplicamos el número medio resultante de horas de utilización, su consumo previsto será $15 \times 1.134 = 17.010 \text{ kWh/año}$.

Suponiendo que se contrata la tarifa de baja tensión ($3 \times 400 \text{ V}$), tipo 2.0, en el año 2005, le corresponderá un término de potencia $t_p = 1,461129 \text{ €/kW mes}$, un término de energía $t_E = 0,083007 \text{ €/kW}$, un impuesto sobre la electricidad de $4,864 \text{ %s}/\Sigma(P_c + E_w) \times 1,05113$ y el 16 % de IVA, aplicado al total bruto.

Con estos datos su facturación anual será :

- ✿ **Pot. contratada** = $15 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,461129 \text{ €/kW mes} = 263,00 \text{ €}$
- ✿ $E_w = W_a \times t_E = 17.010 \text{ kW /año} \times 0,083007 \text{ €/kW} = 1.411,94 \text{ €}$
- ✿ Impuesto electricidad $I_E = (263 + 1.441,94) \times 4,864/100 \times 1.05113 = 84,25 \text{ €}$
- ✿ **Total factura sin gestor** = $\Sigma (P_c + E_w + I_E) = 263 + 1.411,94 + 84,25 = 1.759,19 \text{ €/año (sin IVA)}$.

Para este modelo el objetivo del sistema de gestión energética será:

- A) *Minimizar el valor de la potencia de contrato eléctrico necesaria y evitar puntas de cargas que produzcan excesos de potencia;* para ello, mediante una programación personalizada a cada instalación, se efectuará una planificación controlada de la puesta en marcha de los equipos eléctricos y la utilización secuencial de los diferentes sistemas del conjunto de las instalaciones, y conseguiremos racionalizar y optimizar, para cada modo de operación, los valores máximos necesarios de las puntas de potencia registradas en los distintos procesos que actúan en el gimnasio. Se estima,

que con la aplicación del gestionador energético al control y racionalización de las secuencias de entrada de cargas, y con la mejora de eficiencia de los sistemas, se pueda conseguir trabajar en margen de regulación del 30 % de la potencia total, y conseguir una reducción del valor de la potencia contratada del orden del 12 %. De los estudios estadísticos realizados para este segmento, la facturación del término de potencia, representa un 16 % sobre el total de la factura, luego el ahorro previsto por esta acción puede alcanzar el 2 % de la factura final y, además, su correcto funcionamiento, nos asegurará de no tener aperturas del pequeño interruptor automático limitador de sobrecargas (PIAS), que dejará la instalación sin alimentación hasta su reposición.

- B) *Ahorrar energía y alargar la vida de las lámparas*, mediante la gestión y optimización del sistema de alumbrado, *regulando el nivel de flujo luminoso en cada zona* (en caso de utilizar lámparas de vapor sodio) y *controlando los períodos de encendido en función del horario de funcionamiento y de la detección de presencia*. De acuerdo con el modelo considerado se dispone de una potencia instalada en alumbrado de 4 kW, lo cual representa el 18,87 % del total instalado; ahora bien, su repercusión sobre el consumo es mayor, ya que su tiempo de funcionamiento relativo es más elevado (máximo 360 d × 15 h/d = 5.400 h/año), por lo que su contribución al consumo total es del orden del 40 %. Se estima que, con la aplicación del gestionador energético y la optimización del sistema de iluminación, se puedan conseguir reducciones del consumo en alumbrado del orden del 15 %, lo cual representa un 6 % sobre el consumo total.
- C) *Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de climatización*, obtenido principalmente: a) *operando en modo ventilación* y b) *cuando la unidad trabaje en modo free-cooling*. Se deberán programar los sistemas de gestión y regulación de acuerdo con el modelo de sistema unizona de simple conducto, de 36 kW de potencia frigorífica y con el calendario de funcionamiento indicado en la Tabla 1. Además, se dispondrá de un lazo de regulación cerrado de caudal, para funcionamiento del sistema en modo ventilación y de un lazo de regulación abierto de

temperatura y Hr, normalmente con controlador proporcional e integral (PI), detectores de presencia, del grado de ocupación, de la temperatura y humedad exteriores y de las condiciones de confort, para control del sistema de refrigeración en los modos *free-cooling* y aire acondicionado.

La operativa a seguir será:

- a) En el modo ventilación, el equipo se programará para que trabaje solamente como un sistema de ventilación por suministro y extracción, de forma que de todos los componentes de la unidad, únicamente estarán en servicio: el equipo ventilador de impulsión de aire (1,4 CV \approx 1 kW), su compuerta de impulsión y su actuador, el filtro de aire de suministro, la batería de calefacción del aire controlada por el gestionador (en otoño-invierno) y el ventilador de extracción (1 kW), con su compuerta y actuador. Sus periodos de funcionamiento están fijados de acuerdo con el horario de la Tabla 1 (máximo de 3.300 h/año), y además su operación estará limitada por la condición de presencia, para lo cual incorporará un detector con sonda de entrada, que proporcionará señal al gestionador.
- b) En modo *free-cooling* (FC), conseguiremos obtener un gran ahorro energético, ya que podremos realizar un enfriamiento gratuito del local, aprovechando la entalpía del aire de la calle ($i_{\text{Aire exterior}}$). Para ello, es necesario, programar el sistema gestionador, de forma, que en primavera o verano, cuando existan condiciones y orden de funcionamiento de la unidad climatizadora y la sonda de temperatura exterior, da señal de que la temperatura exterior es menor que la temperatura de confort (26 °C y Hr = 50 %), el gestionador detecta condiciones de FC, dando órdenes de parada al compresor del A.C. (en la unidad exterior o en la climatizadora) y de funcionamiento a los ventiladores de extracción y de climatización. Los actuadores de las compuertas motorizadas de FC, recibirán orden de cambio, cerrando totalmente la compuerta de retorno y abriendo al 100 % las compuertas de extracción y de renovación de aire. De esta forma el aire exterior, entrará en el local, con el caudal de diseño y saldrá extraído con el mismo valor. Su programación de funcionamiento, ver Tabla 1,

indica una previsión máximo de 1.260 h/año, supeditada a los detectores de presencia y al grado de ocupación del local.

El sistema de climatización representa el 70 % de la potencia instalada en el modelo, siendo su repercusión sobre el consumo del 50 %. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, se pueden obtener reducciones del consumo en climatización, del orden del 36 %, lo cual representa un 18 % del consumo total.

- D) *Resultados y Viabilidad de la implantación del sistema gestionador.* De acuerdo con los cálculos y suposiciones realizadas para el modelo, las previsiones de ahorro total para los pequeños gimnasios son:

a) *Reducir la potencia del contrato eléctrico un 12 % → $12/100 \times 15 = 1,8$ kW.*

Luego, bajaremos la potencia contratada a 13,2 kW, consiguiendo un ahorro económico en la potencia contratada de $1,8\text{ kW} \times 12\text{ mes} \times 1,461129\text{ €/kW mes} = 31,56\text{ €/año}$; aplicándole el Impuesto eléctrico $I_E = 31,56 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 1,61\text{ €/año}$; luego el *Ahorro resultante por reducción de la potencia contratada* será de: $31,56 + 1,61 = 33,17\text{ €/año}$.

b) *Reducir el consumo total de energía eléctrica en un 6 + 18 = 24 % → $24/100 \times 17.010 = 4.082,4$ kWh.* Luego, bajaremos el consumo del gimnasio a $17.010 - 4.082,4 = 12.927$ kWh/año, consiguiendo un ahorro económico en término de energía = $4.082,4 \times 0,083007\text{ €/kW} = 338,86\text{ €/año}$; aplicándole el $I_E 338,86 \times 4,864/100 \times 1.05113 = 17,32\text{ €/año}$; luego el *Ahorro total en energía* será = $338,86 + 17,32 = 356,18\text{ €/año}$.

Con estos datos su nueva facturación eléctrica anual será:

- **Pot. Contratada** $P_c = 13,2\text{ kW} \times 12\text{ meses} \times 1,461129\text{ €/kW mes} = 231,42\text{ €/año}$
- $E_w = W_a \times t_E = 12.927\text{ kW/año} \times 0,083007\text{ €/kW} = 1.073,03\text{ €/año}$
- $\text{Impuesto electricidad } I_E = (231,42 + 1.073,03) \times 4,864/100 \times 1.05113 = 66,69\text{ €/año}$

- ✿ Total factura con gestionador = $\Sigma (P_c + E_w + I_E) = 231,42 + 1.073,08 + 66,69 = 1.371,19 \text{ €/año (sin IVA)}$.

Luego el ahorro total conseguido será de $1.759,19 - 1.371,19 = \textbf{Ahorro total con gestionador} = 388 \text{ €/año (sin IVA)}$, lo que supone un **22 %**.

Ahora bien, la instalación de un sistema gestionador requiere efectuar una inversión, realizar una auditoría previa, obtener un listado de recomendaciones con posibles cambios, realizar el proyecto y ejecutar el cambio, que dará lugar a la instalación del equipamiento de gestión, programación, instalación, cableado, puesta en marcha y pruebas. Para el caso, del modelo estudiado para los pequeños gimnasios, podemos estimar que se precisa de una inversión total de 3.300 € (IVA no incluido).

E) *Conclusión para pequeños gimnasios*

- ✿ Resumen técnico-económico de la operación:

Optimización Prevista	Ahorro anual	Inversión
22 %	388 € (IVA no incluido)	3.300 € (IVA no incluido)

Luego el Tiempo estimado de amortización será de 102 meses (8,5 años).

- ✿ En instalaciones de gimnasio existentes, el proyecto no es viable, desde el punto de vista de rentabilidad (se rechazan inversiones con periodos de retorno superiores a 5 años), aunque es importante resaltar que la introducción de un sistema gestionador es atractiva respecto a los ahorros conseguidos, y además mejora y facilita notablemente la operación y control de las instalaciones.
- ✿ Ahora bien, en nuevas instalaciones o en proyectos de remodelación, será muy importante tener en cuenta estas medidas de ahorro energético, mejora de la eficiencia y ahorro económico.

8.11.2. Gimnasios medianos

Para este tipo y tamaño de instalaciones, podremos colocar un equipo gestionador de energía, con una central de gestión mediana, dotada con 12 entradas y 12 salidas. Su función será realizar una mejora de la eficiencia de las instalaciones, control de puntas de carga, control del factor de potencia y ahorro energético. Actuará únicamente los sistemas eléctricos de: *iluminación, sauna y climatización* (ventilación y refrigeración), y controlará el *factor de potencia de la instalación* y, si se desea, se puede gestionar *la curva de carga en función de la discriminación horaria (DH) contratada*. El sistema estará capacitado para interconectarse y gestionar o recibir información para control de los distintos sistemas de regulación empleados, en los restantes sistemas energéticos: calefacción, agua caliente y consumo de agua.

Recordamos que todas las instalaciones de este grupo, están contratadas con tarifas de baja tensión (3×400 V), 3.0 y 3.0A N, y que sus términos de potencia, deberán ser $15 \text{ kW} < t_p \leq 50 \text{ kW}$, y que el gimnasio modelo tiene de potencia instalada 62 kW y una potencia de contrato de 50 kW. Si aplicamos el número medio de horas de utilización resultante para este segmento, su consumo previsto será $50 \text{ kW} \times 1.160 \text{ h/año} = 58.000 \text{ kWh/año}$.

Suponiendo que se contrata la tarifa de baja tensión (3×400 V), de aplicación General 3.0, con DH tipo 1, le corresponderá durante el año 2005, un término de potencia $t_p = 1,430269 \text{ €/kW}$, un término de energía $t_E = 0,083728 \text{ €/kW}$, un complemento de energía reactiva c_{Wr} en %, función del factor de corrección $kr = 17/\cos^2\phi - 21$, de acuerdo con el $\cos\phi$ de la instalación, un complemento por discriminación horaria (c_{DH}), el impuesto sobre la electricidad de I_E y el 16 % de IVA.

Con estos datos su facturación anual será:

- **Pot. contratada** = $50 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,430269 \text{ €/kW mes} = 858,16 \text{ €/año}$
- $E_w = W_a \times t_E = 58.000 \text{ kWh/año} \times 0,083728 \text{ €/kW} = 4.856,2 \text{ €/año}$
- $c_{Eo} = \text{Fact. Básica} \times kr \rightarrow \text{para } \cos\phi = 0,85 \rightarrow kr = 17/0,72 - 21 \approx +2,5 \%$; luego $c_{Eo} = (858,16 + 4.856,2) \times 2,5/100 = 142,85 \text{ €/año}$

- ✿ **c DH**, tipo 1 → ubicado en Zona 3 (Madrid), para clientes con $P_c \leq 50$ kW, siendo $c DH = Tej \sum E_i \times C_i / 100$, donde E_i = Energía consumida total = $W_{TC} = 58.000$ kWh/año, el coeficiente $C_i = 20$; y $T_{3.0} = 0,083728$ €/kW; luego $c DH_{tipo1} = 0,083728 \times 58.000 \times 20/100 = 971,24$ €/año
- ✿ El Impuesto Eléctrico $I_E = 4,864\%$ s/ $\sum(P_c + E_w + c E_o + c DH) \times 1,05113 = 4,864/100 \times (858,16 + 4.856,2 + 142,85 + 971,24) \times 1,05113 = 349,11$ €/año
- ✿ **Total Factura sin gestionador** = $\sum (P_c + E_w + c E_o + c DH_{tipo1} + I_E) = 858,16 + 4.856,2 + 142,85 + 971,24 + 349,11 = 7.177,56$ €/año (sin IVA)

Para este modelo mediano, el objetivo del sistema de gestión energético será:

- Minimizar el valor de la potencia de contrato eléctrico necesaria y evitar puntas de cargas que produzcan excesos de potencia;* para ello, se hará una programación personalizada a cada instalación, se efectuará una planificación controlada del arranque de los equipos eléctricos y la utilización secuencial de los diferentes sistemas del conjunto de las instalaciones, consiguiendo racionalizar y optimizar, para cada modo de operación, los valores máximos necesarios de las puntas de potencia registradas en los distintos procesos que actúan en el gimnasio. Se estima, que con la aplicación del gestor energético al control y racionalización de las secuencia de entrada de cargas, y con la mejora de eficiencia de los sistemas, se pueda conseguir trabajar en margen de regulación del 30 % de la potencia total, y conseguir una reducción del valor de la potencia contratada del orden del 14 %. De los estudios estadísticos realizados para este segmento, la facturación del término de potencia, representa un 15 % sobre el total de la factura, luego el ahorro previsto por esta acción puede alcanzar el 2,1 % de la factura final y, además, su correcto funcionamiento, nos permitirá no tener excesos de potencia.
- Ahorrar energía y alargar la vida de las lámparas,* mediante la gestión y optimización del sistema de alumbrado, *regulando el nivel de flujo luminoso en cada zona* (en caso de utilizar lámparas de vapor sodio) y *controlando los períodos de encendido en función del horario de funcionamiento y de la*

detección de presencia. De acuerdo con el modelo considerado se dispone de una potencia instalada en alumbrado de 10 kW, lo cual representa el 16 % del total instalado, ahora bien, su repercusión sobre el consumo es mayor, ya que su tiempo de funcionamiento relativo es más elevado (máximo 360 d × 15 h/d = 5.400 h/año), por lo que su contribución al consumo total es del orden del 30 %. Se estima, que con la aplicación del gestionador energético y la optimización del sistema de iluminación se pueden conseguir reducciones del consumo en alumbrado del orden del 15 %, lo cual representa un 4,5 % sobre el consumo total.

C) *Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de saunas.*

El sistema de control de las saunas normalmente está dotado de un regulador de lazo cerrado, donde la variable controlada (temperatura interior) está siendo continuamente registrada y comparada con la temperatura de consigna (variable manualmente por el usuario de la sauna), la señal resultante, se empleará para modificar la variable controlada, hasta que se consiga igualar con el valor de consigna. Existirá control del % Hr en función del tipo de sauna (seca o humedad). El sistema debe de limitarse para conseguir ahorros energéticos, mediante un sistema de detección de presencia, que coloque el equipo en posición de espera caliente, precalentamiento o proceda su desconexión.

El gestionador energético, se puede programar para llevar este control/regulación o para realizar funciones de lectura, medida e informativas en el caso de que el control sea local/autónomo.

Las saunas representan el 16 % de la potencia instalada en el modelo, su repercusión sobre el consumo es del 15 %. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, se pueden obtener reducciones de su consumo, del orden del 20 %, lo cual representa un 3 % del consumo total.

D) *Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de climatización,* obtenido principalmente: a) *operando en modo ventilación y*

b) cuando la unidad trabaje en modo *free-cooling*. En los cálculos del modelo hemos supuesto incorporado a la unidad de climatización, un recuperador de calor para el Aire de Renovación, lo cual ya nos ha permitido ahorrar un 40 % de la potencia frigorífica necesaria para enfriar este aire.

Se deberán programar el sistema de gestión y regulación de acuerdo con el modelo sistema unizona de simple conducto, de 85 kW de potencia frigorífica, y con el calendario de funcionamiento indicado en la Tabla 1. Además, se dispondrá de un lazo de regulación cerrado de caudal, para cuando el sistema funcione en modo ventilación y de un lazo de regulación abierto de temperatura y Hr, normalmente con controlador proporcional e integral (PI), detectores de presencia, de grado de ocupación, de temperatura y humedad exteriores y de las condiciones de confort, para control del sistema de refrigeración en los modos *free-cooling* y aire acondicionado.

La operativa a seguir será:

- a) En el modo ventilación, se programará para que trabaje solamente como un sistema de ventilación por suministro y extracción, de forma que de todos los componentes de la unidad, únicamente estarán en servicio: el equipo ventilador de impulsión de aire (2,8 CV ≈ 2 kW), su compuerta de impulsión y su actuador, el filtro de aire de suministro, la batería de calefacción del aire (en otoño-invierno-primavera) y el ventilador de extracción (2 kW), con su compuerta y actuador. Sus períodos de funcionamiento están fijados de acuerdo con el horario de la Tabla 1 (máximo de 3.300 h/año), y además su operación estará limitada por la condición de presencia, para lo cual incorporará un detector con sonda de temperatura de entrada, que proporcionará señal al gestionador.
- b) En modo *free-cooling* (FC), conseguiremos obtener un gran ahorro energético, ya que podremos realizar un enfriamiento gratuito del local, aprovechando la entalpía del aire de la calle ($i_{\text{Aire ext.}}$). Para ello,

es necesario, programar el sistema, de forma, que en primavera, verano u otoño, cuando existan condiciones y orden de funcionamiento de la unidad climatizadora y la sonda de temperatura exterior, da señal de que la temperatura exterior es menor que la temperatura de confort (26 °C y Hr 35÷50 %), El gestionador detecta condiciones de FC, dando órdenes de parada al compresor del A.C. (en la unidad exterior o en la climatizadora) y de funcionamiento a los ventiladores de extracción y de climatización. Los actuadores de las compuertas motorizadas de FC, recibirán orden de cambio cerrando totalmente la compuerta de retorno y abriendo al 100 % las compuertas de extracción y de renovación de aire. De esta forma el aire exterior, entrará en el local, con el caudal de diseño y saldrá extraído con el mismo valor. Su programación de funcionamiento, Tabla 1, indica una previsión máximo de 1.260 h/año, supeditada a los detectores de presencia.

El sistema de climatización representa el 58 % de la potencia instalada en el modelo, siendo su repercusión estimada sobre el consumo del 42 %. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, se pueden obtener reducciones del consumo en climatización, del orden del 30 %, lo cual representa un 12,6 % del consumo total.

E) *Control y mejora del factor de potencia*

Para minimizar la factura eléctrica, es importante medir, registrar y controlar el valor del factor de potencia. En el caso del modelo, estudiado el factor de potencia de la instalación es $\cos \eta = W_a / (W_a^2 + W_r^2)^{1/2} = 0,85$, siendo W_a la cantidad registrada por el contador de energía activa, expresada en kWh y W_r la cantidad registrada por el contador de energía reactiva, expresada en kVArh, valor que como hemos calculado en 8.11.2 representa un factor $k_r \approx 2,5$, que implica un recargo en la factura eléctrica del 2,5 %, a aplicar sobre la facturación básica (energía + término de potencia). En el caso del modelo estudiado, el complemento de energía reactiva será $cE_o = (876,66 + 4814,4) \times 2,5/100 = 142,27$ €, siendo su correspondiente impuesto eléctrico $I_E = 142,27 \times$

$4,864/100 \times 1,05113 = 7,27$ €, luego el recargo total por factor de potencia será $= 142,27 + 7,27 = 149,54$ €. Ahora bien, para corregir este bajo valor del cos η , es necesario colocar una batería de condensadores adecuada (normalmente con control automático), que compense en cada momento la energía reactiva del sistema, pudiendo dimensionarla para que se mejore el valor del cos η , hasta alcanzar la zona de bonificación en la tarifa.

En el caso del modelo $\cos \eta = 0,85$ y $W_a = 58.000$ kWh/año, luego $\operatorname{sen} \eta = 0,52$ y $W_s = W_a / \cos \eta = 58.000 / 0,85 = 68.235$ kVAh, luego $W_r = W_s \times \operatorname{sen} \eta = 68.235 \times 0,52 = 35.482$ kVArh/año.

Esta energía reactiva, se consume a lo largo de las 5.600 h/año de funcionamiento posibles de la instalación (pero con la actuación de los detectores de presencia/ocupación las horas reales de servicio se minimizan). Especialmente aparecerán altas cargas reactivas durante los periodos en que la unidad climatizadora opera en modo Aire Acondicionado (máximo 1.080 h). Se va a dimensionar la potencia reactiva (Q) de la batería de condensadores, en función de este periodo y de un factor corrector = 0,8; luego $Q = 35.482 / 1.080 \times 0,8 = 41,06$ kVAr.

Será suficiente con colocar *18 botes de 2,5 kVAr*, montando una batería de condensadores trifásica, con potencia máxima de 45 kVAr, repartidas en tres ramas 15 kVAr, con 6 botes en serie por fase, dotada de un automatismo para entrada de botes, en seis escalones. El equipo se conectará con el gestionador para registro de medidas, control y alarma. Con la mejora del factor de potencia de la instalación, además, de optimizar la capacidad de la instalación, se reducen la intensidad máxima y las pérdidas por efecto Joule.

Se estima que con la mejora del factor de potencia, podemos obtener ahorros energéticos del 1 % por reducción de pérdidas, eliminar el 2,5 % de recargo en facturación y además, alcanzar fácilmente una bonificación del 2,2 %, lo cual representa un ahorro económico directo del 4,7 %.

F) *Gestión de la discriminación horaria (DH)*

El gestionador energético, en Tarifa 3.0. se puede programar para hacerse cargo del control del complemento tarifario por DH, si se contrata tipo 2, 3 ó 4, ya que es un sistema especializado en racionalización de cargas, control de curvas de carga y gestión de la demanda.

El complemento por DH constituirá un recargo o un descuento, que se calculará de acuerdo con la fórmula: $c_{DH} = Tej \sum Ei \times Ci / 100$.

Mediante un estudio previo y una programación apropiada a cada cliente, a sus necesidades, forma de operar y a los periodos de la tarifa, se estudiará si es posible desplazar la curva de carga, desde el periodo punta (con recargo) a los periodos llano (sin recargo) o valle (con descuento), logrando mejorar la curva de demanda de carga y obteniendo notables ahorros económicos.

En el caso del modelo, al estar contratado en 3.0 DH tipo1, no hay posibilidad de ahorros, ya que en este tipo, el recargo por DH es fijo, pero como con el gestionador como hemos reducido el consumo de energía un 20,1%, el recargo final se reducirá en este porcentaje resultando un complemento según cálculo de $c_{DH_{tipo1}} = 0,083728 \times 46.342 \times 20/100 = 776,02 \text{ €}$.

Ahora bien, además, en cada caso particular habrá que realizar un estudio personalizado a cada instalación y modo de operación.

G) *Resultados y Viabilidad de la implantación del sistema gestionador*

De acuerdo con los cálculos y suposiciones realizadas para el modelo, las previsiones de ahorro total para los gimnasios medianos son:

- a) *Reducir la potencia del contrato eléctrico en un 14 % → $14/100 \times 50 = 7 \text{ kW}$. Luego, bajaremos la potencia contratada a $P_c = 43 \text{ kW}$, consiguiendo un ahorro de $7 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,430269 \text{ €/kW mes} = 120,14 \text{ €/año}$.*

Aplicándole el Impuesto eléctrico, $I_E = 120,14 \times 4,864 / 100 \times 1,05113 = 6,14$ €/año. Luego, el *Ahorro resultante en término de potencia* será de $120,14 + 6,14 = 126,28$ €/año.

b) Reducir el consumo total anual de energía eléctrico en $4,5 + 12,6 + 1 + 3 = 21,1\%$ → $21,1/100 \times 58.000$ kWh/año = 12.238 kWh/año. Luego, bajaremos el consumo del gimnasio hasta W_a (G) = $58.000 - 12.238 = 45.762$ kWh/año, y el ahorro económico en término de energía = $12.238 \times 0,083728 = 1.024,66$ €/año, aplicándole el impuesto eléctrico se tendrá $I_E = 1.024,66 \times 4,864 / 100 \times 1,05113 = 52,38$ €/año, y el *Ahorro económico total en energía* será = $1.024,66 + 52,38 = 1.077,04$ €/año.

c) Ahorro económico por mejora del factor de potencia

Con la instalación y gestión de la batería automática de condensadores, conseguiremos fácilmente mejorar el $\cos \eta = 0,85$ hasta un valor de 0,95. Esta acción nos permitirá eliminar el recargo económico del 2,5 %, sobre la facturación básica que teníamos, y además lograremos conseguir una bonificación del 2,2 %, sobre dicha facturación (mejorable hasta el 4 %). El nuevo cálculo será con un $\cos \phi = 0,95$ → $kr = 17/0,90 - 21 \approx -2,2\%$; luego $c E_Q = \text{Facturación Básica} \times kr = (739,26 + 3.831,56) \times 2,2 / 100 = -100,55$ €/año.

Se ha pasado de un recargo de 141,14 a un descuento de 100,55 €/año, luego hemos ahorrado $141,14 + 100,55 = 241,69$ €/año. Aplicando el $I_E = 241,69 \times 4,864 / 100 \times 1,05113 = 12,35$ €/año; luego, el *ahorro total conseguido por mejorar el $\cos \eta$* será de $241,69 + 12,35 = 254,04$ €/año.

d) Ahorro en el complemento de DH

Con el descenso de consumo el valor del nuevo complemento, ha bajado el 20,1 % hasta $c DH_{\text{tipo1}} = 0,083728 \times 45.762 \times 20/100 = 766,31$ €/año, luego se ha obtenido un ahorro = $971,24 - 766,31 = 204,93$ €/año.

Aplicando el $I_E = 204,93 \times 4,864 / 100 \times 1,05113 = 10,01$ €/año; luego, el Ahorro total conseguido por mejora del c DH tipo1 = $204,93 + 10,01 = 214,94$ €/año.

Con estos datos su nueva facturación eléctrica anual será:

- ✿ Pot. contratada = $43 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,430269 \text{ €/kW mes} = 739,26 \text{ €}$
- ✿ Cuota término de energía = $45.762 \text{ kW/año} \times 0,083728 \text{ €/kW} = 3.831,56 \text{ €}$
- ✿ $c E_Q = \text{Fact. Básica} \times kr$; para $\cos \phi = 0,95 \rightarrow kr = 17/0,90 - 21 \approx -2,2\%$, luego $cEQ = (739,26 + 3.831,56) \times 2,2 / 100 = -100,55 \text{ €/año (descuento)}$
- ✿ $c DH$, tipo 1, para clientes con $P_c \leq 50 \text{ kW}$, tiene el recargo es fijo, siendo $c DH = 0,083728 \times 45.762 \times 20/100 = 766,31 \text{ €/año}$
- ✿ El Impuesto Eléctrico $I_E = 4,864 \% s/ \Sigma(P_c + E_w + c E_Q + c DH) \times 1,05113 = 4,864/100 \times (739,26 + 3.831,56 - 100,55 + 766,31) \times 1,05113 = 267,73 \text{ €/año}$
- ✿ Total Factura con gestor = $\Sigma (P_c + E_w + c E_Q + c DH \text{ tipo 1} + I_E) = 739,26 + 3.831,56 - 100,55 + 766,31 + 267,73 = 5.504,31 \text{ €/año (sin IVA)}$; luego el ahorro total conseguido será de $7.177,56 - 5.504,31 = \text{Ahorro total con gestor} = 1.673,25 \text{ €/año (sin IVA)}$, lo que supone un 23,3 %.

Ahora bien, la instalación de un sistema gestor requiere efectuar una inversión, realizar una auditoría previa, obtener un listado de recomendaciones con posibles cambios, realizar el proyecto y ejecutar el cambio, que dará lugar a la instalación del equipamiento de gestión, programación, instalación, cableado, puesta en marcha y pruebas. Para el caso, del modelo estudiado para los gimnasios medianos, podemos estimar que se precisa de una inversión de 900 € (IVA no incluido) para la batería de condensadores y de 6.150 € (IVA no incluido) para el sistema gestor.

H) Conclusión para gimnasios medianos

- ✿ Resumen técnico-económico de la operación:

Optimización Prevista	Ahorro anual	Inversión
23,3 %	1.673,25 € (IVA no incluido)	7.050 € (IVA no incluido)

Luego el tiempo estimado de amortización es de 50,5 meses (< 5 años).

- **La operación es viable, desde el punto de vista de rentabilidad** (se rechazan inversiones con periodos de retorno superiores a 5 años), además es importante resaltar que la introducción de un sistema gestionador es atractiva respecto a los ahorros energéticos conseguidos, la reducción del impacto ambiental y la mejora notable de la operación y control de las instalaciones.

8.11.3. Grandes instalaciones de gimnasios

Para este tipo y tamaño de instalaciones, podremos colocar un equipo gestionador de energía, con una central de gestión grande, con 36 grados de carga (modularmente ampliable), dotada con 24 entradas y 24 salidas (analógicas y digitales). Su función será realizar una mejora de la eficiencia de las instalaciones, control de puntas de carga, control del factor de potencia y ahorro energético. Actuarán únicamente los sistemas eléctricos de *iluminación, sauna, lavandería, climatización* (ventilación y refrigeración) y *bomba de calor de la piscina*, y gestionará *la curva de carga en función de la discriminación horaria (DH) contratada*, buscando el tipo de DH más rentable, y si se desea controlará *el complemento de factor de potencia de la instalación*. El sistema estará capacitado para interconectarse y gestionar o recibir información para control de los distintos sistemas de regulación empleados, en los restantes sistemas energéticos: calefacción, agua caliente y consumo de agua.

Recordamos que todas las instalaciones de este grupo, están contratadas con términos de potencia superiores a 50 kW, en alta tensión un 18 % (15 kV o 20 kV), en las tarifas reguladas 1.1.; 3.1A y en el mercado liberalizado en tarifa 6.1, y el 82 % corresponden a baja tensión (3×400 V), con tarifas de mercado regulado general 3.0 de utilización normal y 4.0. de larga utilización. En todas ellas, se aplicarán los complementos por energía reactiva y discriminación horaria. El gimnasio modelo de instalaciones grandes, tiene de potencia eléctrica instalada 374 kW, con un contrato de 320 kW. Aplicando el número medio de horas de utilización resultante para este grupo, su consumo previsto será $320 \times 985,5 = 315.360$ kWh/año.

Suponiendo que se contrata para el modelo, la tarifa de alta tensión (3×15 kV), de aplicación General 1.1, con DH tipo 2, zona 3 (Madrid) y un factor de potencia de 0,85, le corresponderá durante el año 2005, un término de potencia $t_P = 1,980859$ €/kW, un término de energía $t_E = 0,066324$ €/kW, un complemento de energía reactiva c_{Wr} en %, función del factor de corrección $kr = 17/\cos^2\phi - 21$, un complemento por discriminación horaria (c_{DH}), el impuesto sobre la electricidad I_E y el 16 % de IVA.

Con estos datos su facturación anual será:

- **Pot. Contratada** $P_C = 320 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,980859 \text{ €/kW mes} = 7.606,49 \text{ €/año}$
- $E_W = W_a \times t_E = 315.360 \text{ kW/año} \times 0,066324 \text{ €/kW} = 20.915,93 \text{ €/año}$
- $c_{E_Q} = \text{Fact. Básica} \times kr \rightarrow \text{para } \cos \phi = 0,85 \rightarrow kr = 17/0,72 - 21 \approx + 2,5 \%$; luego $c_{E_Q} = (7.606,49 + 20.915,93) \times 2,5/100 = 713,06 \text{ €/año}$
- **c DH**, tipo 2, las instalaciones están en Madrid, luego corresponde zona de aplicación 3; el complemento se determina por $c_{DH} = Tej \sum E_i \times Ci / 100$, donde $Tej-2.1. = 0,060502 \text{ €/kW}$; $E_i = \text{Energía total consumida en cada periodo, en función del área de la curva de carga modelo (ver curva en apartado 8.4.3)}$, calcularemos los porcentajes correspondientes por periodo y realizaremos la distribución de la energía anual consumida $\rightarrow W_a = 315.360 \text{ kW/año} \rightarrow$ en las horas 1.460 horas Punta, el 24 % $\rightarrow W_P = 0,24 \times 315.360 = 75.686,4 \text{ kW/año}$; en las 4.380 horas Llano, el 70 % $\rightarrow W_L = 0,7 \times 315.360 = 220.752 \text{ kW/año}$ y en las 2.920 horas Valle, el 6 % $\rightarrow W_V = 0,06 \times 315.360 = 18.921 \text{ kW/año}$; y los coeficiente de recargo Ci , y la duración de cada periodo son los siguientes:

Periodo horario	Duración	Coeficiente de Recargo
Horas punta	3 horas /día	+ 40
Horas llano y valle	20 horas /día	-

Se consideran como horas punta en zona 3 de 9 a 13 horas en horario de invierno y de 10 a 14 horas en horario de verano.

Luego $c_{DH \text{ tipo 2}} = 0,060502 \times 75.686,4 \times 40/100 = 1.831,66 \text{ €/año}$

- El Impuesto Eléctrico $I_E = 4,864 \% \text{ s/ } \Sigma(P_c + E_w + c E_Q + c DH) \times 1,05113 = 4,864/100 \times (7.606,49 + 20.915,93 + 713,06 + 1.831,66) \times 1,05113 = 1.588,54 \text{ €/año}$
- Total Factura sin gestionador** = $\Sigma (P_c + E_w + c E_Q + c DH_{\text{tipo 2}} + I_E) = 7.606,49 + 20.915,93 + 713,06 + 1.831,66 + 1.588,54 = 32.659,05 \text{ €/año (sin IVA)}$

Para este modelo de grandes instalaciones, el objetivo del sistema de Gestión energético será:

- Minimizar el valor de la potencia de contrato eléctrico necesaria y evitar puntas de cargas que produzcan excesos de potencia;* para ello, mediante una programación personalizada a cada instalación, se efectuará una planificación controlada de la puesta en marcha de los equipos eléctricos y la utilización secuencial de los diferentes sistemas del conjunto de las instalaciones, con lo que se consigue racionalizar y optimizar, para cada modo de operación, los valores máximos necesarios de las puntas de potencia registradas en los distintos procesos que actúan en el gimnasio. Se estima, que con la aplicación del gestor energético al control y racionalización de la secuencia de entrada de cargas, y con la mejora de eficiencia de los sistemas, se pueda conseguir trabajar en margen de regulación del 30 % de la potencia total, y conseguir una reducción del valor de la potencia contratada del orden del 12 %. De los estudios estadísticos realizados para este segmento, la facturación del término de potencia, representa un 25 % sobre el total de la factura, luego el ahorro previsto por esta acción puede alcanzar el 3 % de la factura final y, además, su correcto funcionamiento, nos permitirá no tener excesos de potencia.
- Ahorrar energía y alargar la vida de las lámparas,* mediante la gestión y optimización del sistema de alumbrado, *regulando el nivel de flujo lumínoso en cada zona* (en caso de utilizar lámparas de vapor sodio o mercurio) y *controlando los períodos de encendido en función del horario de funcionamiento y de la detección de presencia.* De acuerdo con el modelo considerado se dispone de una potencia instalada en alumbrado de 40 kW, lo cual representa el 10 % del total instalado, ahora bien, su repercusión sobre

el consumo es mayor, ya que su tiempo de funcionamiento relativo es más elevado (máximo $360\text{ d} \times 15\text{ h/d} = 5.400\text{ h/año}$), por lo que su contribución al consumo total es del orden del 25 %. Se estima, que con la aplicación del gestionador energético y la optimización del sistema de iluminación se puedan conseguir reducciones del consumo en alumbrado, del orden del 14 %, lo cual representa un 3,5 % sobre el consumo total.

C) *Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de saunas.*

Su control normalmente está dotado de un regulador de lazo cerrado, donde la variable controlada (temperatura interior) está siendo continuamente registrada y comparada con la temperatura de consigna (introducida manualmente por el usuario); la señal resultante se empleará para modificar la variable controlada, hasta que se consiga igualar con el valor de consigna. Existirá control del % Hr en función del tipo de sauna (seca o humedad). El sistema se limitará para conseguir ahorros energéticos, mediante un sistema de detección de presencia, que lleve el equipo de espera caliente, precalentamiento o proceda su desconexión.

El gestionador energético, se puede programar para llevar este control/regulación o para realizar funciones de lectura, medida e informativas en el caso de que el control sea local/autónomo.

Las saunas representan el 9,6 % de la potencia instalada en el modelo, con un 14 % de repercusión sobre el consumo. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, obtendrán reducciones de consumo, del orden del 15 %, lo cual representa un 2,1% del consumo total.

D) *Ahorro de energía mediante la gestión del sistema de lavandería*

El gestionador energético, se puede programar para actuar sobre la tarjeta de control del equipo de lavado. Actuando sobre los períodos de parada, tiempos de precalentamiento, y sobre la temperatura del agua de lavado. La lavandería representa el 6,2 % de la potencia instalada en el modelo, con

un 3,1 % de repercusión sobre el consumo. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, obtendrán reducciones de consumo del orden del 16 %, lo cual representa un 0,5 % del consumo total.

- E) *Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de climatización*, obtenido principalmente: a) *operando en modo ventilación*, b) *cuando la unidad trabaje en modo free-cooling* y c) *cuando la unidad trabaje en refrigeración, empleando un porcentaje del aire de retorno en la ventilación por suministro*. En los cálculos del modelo, hemos supuesto incorporado a la unidad de climatización, un recuperador de calor para el aire de renovación, el cual nos ha permitido ahorrar un 40 % de potencia frigorífica necesaria para su enfriamiento. Aumentarán las pérdidas de carga y los ventiladores deberán ser mayores.

Se deberán programar los sistemas de gestión y regulación de acuerdo con el modelo de una instalación con sistema multizona, con compuertas selectoras y volumen de aire variable, con una máquina de 360 kW de potencia frigorífica, y con el calendario de funcionamiento indicado en la Tabla 1. Además, se dispondrá de un lazo de regulación cerrado de caudal, para funcionamiento del sistema en modo ventilación y de un lazo de regulación abierto de temperatura y Hr, normalmente con controlador proporcional e integral (PI), detectores de presencia/ocupación, de la temperatura y humedad exteriores y de las condiciones de confort, para control del sistema de refrigeración en los modos *free-cooling* y aire acondicionado.

La operativa a seguir será:

- a) En el modo ventilación, se programará para que trabaje solamente como un sistema de ventilación por suministro y extracción, de forma que de todos los componentes de la unidad, únicamente estarán en servicio: el equipo ventilador de impulsión de aire (2,8 CV ≈ 2 kW), su compuerta de impulsión y su actuador, el filtro de aire de suministro, la batería de calefacción del aire controlada por el gestionador (en otoño-invierno) y el

ventilador de extracción (2 kW), con su compuerta y actuador. Sus períodos de funcionamiento están fijados de acuerdo con el horario de la Tabla 1 (máximo de 3.300 h/año), y además su operación estará limitada por la condición de presencia, para lo cual incorporará un detector con sonda de entrada, que proporcionará señal al gestionador.

- b) En modo *free-cooling* (FC), conseguiremos obtener un gran ahorro energético, ya que podremos realizar un enfriamiento gratuito del local, aprovechando la entalpía del aire de la calle (**i** Aire exterior). Para ello, es necesario, programar el sistema gestionador, de forma, que en primavera o en verano, cuando existan condiciones y orden de funcionamiento de la unidad climatizadora y la sonda de temperatura exterior, da señal de que la temperatura exterior es inferior a la temperatura de confort (26 °C y Hr 50 %). El gestionador detecta condiciones de FC, dando órdenes de parada al compresor del A.C. (en la unidad exterior o en la climatizadora) y de funcionamiento a los ventiladores de extracción y de climatización. Los actuadores de las compuertas motorizadas de FC, recibirán orden de cambio, cerrando totalmente la compuerta de retorno y abriendo al 100 % las compuertas de extracción y de renovación de aire. De esta forma el aire exterior, entrará en el local, con el caudal de diseño y saldrá extraído con el mismo valor. Su programación de funcionamiento, Tabla 1, indica una previsión máximo de 1.260 h/año, supeditada a los detectores de presencia y al grado de ocupación del local.

El sistema de climatización representa el 42 % de la potencia instalada en el modelo, siendo su repercusión estimada sobre el consumo del 30 %. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, se pueden obtener reducciones del consumo en climatización del orden del 30 %, lo cual representa un 9 % del consumo total.

F) *Control y mejora del factor de potencia*

Para minimizar la factura eléctrica, es importante medir, registrar y controlar el valor del factor de potencia. En el caso del modelo, estudiado el factor de

potencia de la instalación es $\cos \eta = W_a / (\sqrt{W_a^2 + W_r^2})$ = 0,85, siendo W_a la cantidad registrada por el contador de energía activa, expresada en kWh y W_r la cantidad registrada por el contador de energía reactiva, expresada en kVAh, valor que como hemos calculado en 8.11.3 representa un factor $k_r \approx 2,5$ lo que implica un recargo en la factura eléctrica del 2,5 % a aplicar a la facturación básica (energía + término de potencia). En el caso del modelo estudiado, con $\cos \phi = 0,85 \rightarrow k_r = 17/0,72 - 21 \approx + 2,5\%$, el complemento de reactiva $C_E = (P_c + E_w) \times k_r / 100 = (7.606,49 + 20.915,93) \times 2,5/100 = 713,06$ €/año, siendo su impuesto eléctrico correspondiente $I_E = 713,06 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 36,45$ €/año, luego el recargo total por factor de potencia será = $713,06 + 36,45 = 749,51$ €/año. Ahora bien, para corregir este bajo valor del $\cos \eta$ es necesario, colocar una adecuada batería de condensadores (generalmente con control automático), que compense la energía reactiva del sistema, pudiendo dimensionarla, de forma que se consiga mejorar el valor del $\cos \eta$, hasta alcanzar la zona de bonificación en la tarifa.

En el caso del modelo $\cos \eta = 0,85$ y $W_a = 315.360$ kWh/año, luego $\sin \eta = 0,52$ y $W_s = W_a / \cos \eta = 315.360 / 0,85 = 371.011$ kVAh, luego $W_r = W_s \times \sin \eta = 371.011 \times 0,52 = 192.926$ kVAh/año.

Esta energía reactiva, se consume a lo largo de las 5.600 h/año de funcionamiento posibles de la instalación (pero con la actuación de los detectores de presencia/ocupación las horas reales de servicio se minimizan). Especialmente aparecerán cargas reactivas elevadas, durante los periodos, en que operan la bomba de calor de la piscina y/o la unidad de climatización en modo aire acondicionado (máximo 2.160 h). Luego vamos a instalar una batería de condensadores de baja tensión, su potencia reactiva en función de este periodo de carga y de un factor corrector, deberá ser $Q = 192.926 / 2.160 \times 0,8 = 71,45$ kVAr.

Será suficiente con colocar 30 botes de 2,5 kVAr, montando una batería de condensadores trifásica, con potencia máxima de 75 kVAr, repartidas en tres ramas 25 kVAr, con 10 botes en serie por fase, dotada de un automatismo de entrada de botes, con seis escalones. El equipo se conectará con el

gestionador para registro de medidas, control y alarma. Con la mejora del factor de potencia de la instalación, además, de optimizar la capacidad de la instalación, se reducen la intensidad máxima y las pérdidas por efecto Joule.

Se estima que con la mejora del factor de potencia, podemos obtener ahorros energéticos: 1 % por reducción de pérdidas, eliminar el 2,5 % de recargo en facturación y, además, alcanzar fácilmente una bonificación del 2,2 % (máximo 4 %), lo cual representa un ahorro económico directo del 4,7 %.

G) *Gestión de la discriminación horaria (DH)*

El gestionador energético se puede programar para hacerse cargo del control del complemento tarifario por discriminación horaria, cuando se contraten DH,s tipo 2, 3 o 4, ya que es un sistema especializado en racionalización de cargas, control de curvas de carga y gestión de la demanda.

El complemento por DH constituirá un recargo o un descuento, que se calculará de acuerdo con la fórmula $c_{DH} = Tej \sum Ei \times Ci / 100$.

Mediante un estudio previo y una programación apropiada a cada cliente en particular, a las características de la instalación y de su equipamiento, a los diferentes modos posibles de operar el sistema, al horario de funcionamiento, a la zona geográfica, al tipo de la tarifa, se estudiará si es posible desplazar la curva de carga, desde el periodo punta (con recargo), a los periodos llano (sin recargo) o al valle (descuento), de forma que consigamos mejorar la curva de demanda carga y además lograremos notables ahorros económicos.

En el caso del modelo, con contrato en la tarifa 1.1 DH tipo 2, zona 3, en el apartado 8.11.3 hemos calculado el complemento de DH que le corresponde: $c_{DH \text{ tipo 2}} = 0,060502 \times 75.686,4 \times 40/100 = 1.831,6 \text{ €/año}$. En este

caso, ya es posible gestionar para conseguir ahorros, ya que en este tipo 2 de discriminación, sólo existe un complemento de recargo del 40 %, aplicado a los consumos registrados en horas punta. Luego, podremos ahorrar si logramos reducir el porcentaje de consumo en horas punta. Habrá que trabajar en reducir este porcentaje, efectuando el adecuado desplazamiento de cargas, con consumos en horas punta al periodo llano-valle. Si logramos desplazar un 4 % de cargas de punta llano, entonces el consumo en horas punta descenderá hasta $W_p = (24 - 4)/100 \times 315.360 = 63.072 \text{ kW/año}$ y el complemento de DH, también se reducirá $c_{DH \text{ tipo 2}} = 0,060502 \times 63.072 \times 40/100 = 1.526,4 \text{ €/año}$.

Con un estudio profundo y particularizado de cada instalación y sus posibles modos de trabajo, se deberá de valorar la viabilidad técnico-económica de efectuar un cambio en el tipo de contrato. Vamos a realizar una comparación rápida con el tipo 3 zona 3 y con 4 h diarias de punta con recargo del 70 %, 12 h diarias de llano, sin recargo ni descuento y 8 horas diarias de valle, con descuento del 43 %. Luego, resultará que: $c_{DH \text{ tipo 3}} = 0,060502 \times (63.072 \times 70/100 - 18.921 \times 43/100) = 2.178,9 \text{ €/año} > 1.526,4 \text{ €/año}$.

Luego, en este caso es mejor permanecer en DH tipo 2.

Además, como con el gestionador hemos reducido el consumo total de energía un 17,1 %, el recargo final se reducirá en este porcentaje resultando un complemento según cálculo $c_{DH} = 0,060502 \times (63.072 \times 0,829) \times 40/100 = 1.265,37 \text{ €/año}$.

Ahora bien, además, en cada caso particular habrá que realizar un estudio personalizado de cada instalación y sus posibles modos de operación.

H) *Resultados y Viabilidad de la implantación del sistema gestionador*

De acuerdo con los cálculos y suposiciones realizadas para el modelo, las previsiones de ahorro total para las grandes instalaciones de gimnasios son:

- a) Reducir la potencia del contrato eléctrico en un 12 % → $12/100 \times 320 = 38,4$ kW. Luego, bajaremos la potencia contratada a $P_c = 282$ kW, consiguiendo un ahorro de $38 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,980859 \text{ €/kW mes} = 903,28$ €/año; aplicándole el Impuesto eléctrico: $I_E = 903,28 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 46,18$ €/año. El Ahorro resultante en término de potencia es $= 903,28 + 46,18 = 949,46$ €/año.
- b) Reducir el consumo total anual de energía eléctrica en $4,5 + 2,1 + 0,5 + 9 + 1 = 17,1\%$; $17,1/100 \times 315.360 \text{ kWh/año} = 53.926 \text{ kWh/año}$. Luego, bajaremos el consumo del gimnasio hasta $W_a (G) = 315.360 - 53.926 = 261.434 \text{ kWh/año}$, y el ahorro económico en término de energía será $53.926 \times 0,066324 = 3.576,58$ €/año, aplicándole el impuesto $I_E = 3.576,58 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 182,86$ €/año, y el Ahorro económico total en energía será $= 3.576,58 + 182,86 = 3.759,44$ €/año.
- c) Ahorro económico por mejora del complemento por factor de potencia c_{Eo}

Con la instalación y gestión de la batería automática de condensadores, conseguiremos fácilmente mejorar el $\cos \eta = 0,85$ hasta un valor de 0,95. Esta acción nos permitirá eliminar el recargo económico del 2,5 %, sobre la facturación básica que teníamos, y además lograremos conseguir una bonificación del 2,2 %, sobre dicha facturación (mejorable hasta el 4 %). El nuevo cálculo será con un $\cos \phi = 0,95 \rightarrow kr = 17/0,90 - 21 \approx - 2,2\%$; luego $c_{Eo} = \text{Fact. Básica} \times kr = (6.703,22 + 17.339,34) \times 2,2 / 100 = - 528,93$ €/año.

Se ha pasado de un recargo de 713,06 a un descuento de 528,93 €/año, luego hemos ahorrado $713,06 + 528,93 = 1.241,99$ €/año.

Aplicando el impuesto eléctrico $I_E = 1.241,99 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 65,41$ €/año. Luego, el Ahorro total por mejorar el $\cos \eta$ será $1.241,99 + 65,41 = 1.307,4$ €/año.

d) *Ahorro en el complemento por Discriminación horaria (c DH)*

Con el desplazamiento de cargas en horas punta a llano y con el descenso de consumo el valor del nuevo complemento, ha bajado su recargo hasta $c\ DH_{\text{tipo 2}} = 0,060502 \times (63.072 \times 0,829) \times 40/100 = 1.265,37$ €/año, luego se ha obtenido un ahorro de $1.831,6 - 1.265,37 = 566,23$ €/año.

Aplicando el $I_E \rightarrow 566,23 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 28,94$ €/año; luego, el *Ahorro total conseguido por mejora del c DH es* $566,23 + 28,94 = 595,17$ €/año.

Con estos datos su nueva facturación eléctrica anual será:

- **Potencia contratada** = $282 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,980859 \text{ €/kW mes} = 6.703,22 \text{ €}$
- **Cuota término de energía** = $261.434 \text{ kW/año} \times 0,066324 \text{ €/kW} = 17.339,34 \text{ €}$
- **c E_Q** = Fact. Básica × kr → para $\cos \phi = 0,95 \rightarrow kr = 17/0,90 - 21 \approx - 2,2 \%$; luego $c E_Q = (6.703,22 + 17.339,34) \times 2,2 / 100 = - 528,93 \text{ € (descuento)}$
- **c DH_{tipo 2}** = $0,060502 \times 53.286,8 \times 40/100 = 1.265,37 \text{ €}$
- El Impuesto Eléctrico $I_E = 4,864 \% s/ \Sigma (P_c + E_w + c E_Q + c DH) \times 1,05113 = 4,864/100 \times (6.703,22 + 17.339,34 - 528,93 + 1.265,37) \times 1,05113 = 1.266,87 \text{ €}$
- **Total Factura con gestionador** = $\Sigma (P_c + E_w + c E_Q + c DH_{\text{tipo 2}} + I_E) = 6.703,22 + 17.339,34 - 528,93 + 1.265,37 + 1.266,87 = 26.045,87 \text{ €/año (sin IVA)}.$

Luego el ahorro total conseguido será $32.659,05 - 26.045,87 = \textbf{Ahorro total con gestionador} = 6.613,18 \text{ €/año (sin IVA)}$, supone un **20,25 %**.

Ahora bien, la instalación de un sistema gestionador requiere efectuar una inversión, realizar una auditoría previa, obtener un listado de recomendaciones con posibles cambios, realizar el proyecto y ejecutar el

cambio, que dará lugar a la instalación del equipamiento de gestión, programación, instalación, cableado, puesta en marcha y pruebas. Para el caso, del modelo estudiado para las grandes instalaciones de gimnasios, podemos estimar que se precisa de una inversión de 1.500 € (IVA no incluido) para la batería de condensadores y 23.300 € (IVA no incluido) para el sistema gestionador

I) *Conclusión para las grandes instalaciones de gimnasios*

- Resumen técnico-económico de la operación:

Optimización	Ahorro anual	Inversión
Prevista		
20,25 %	6.613,18 € (IVA no incluido)	24.800 € (IVA no incluido)

Luego el *tiempo estimado de amortización es de 45 meses (< 4 años)*.

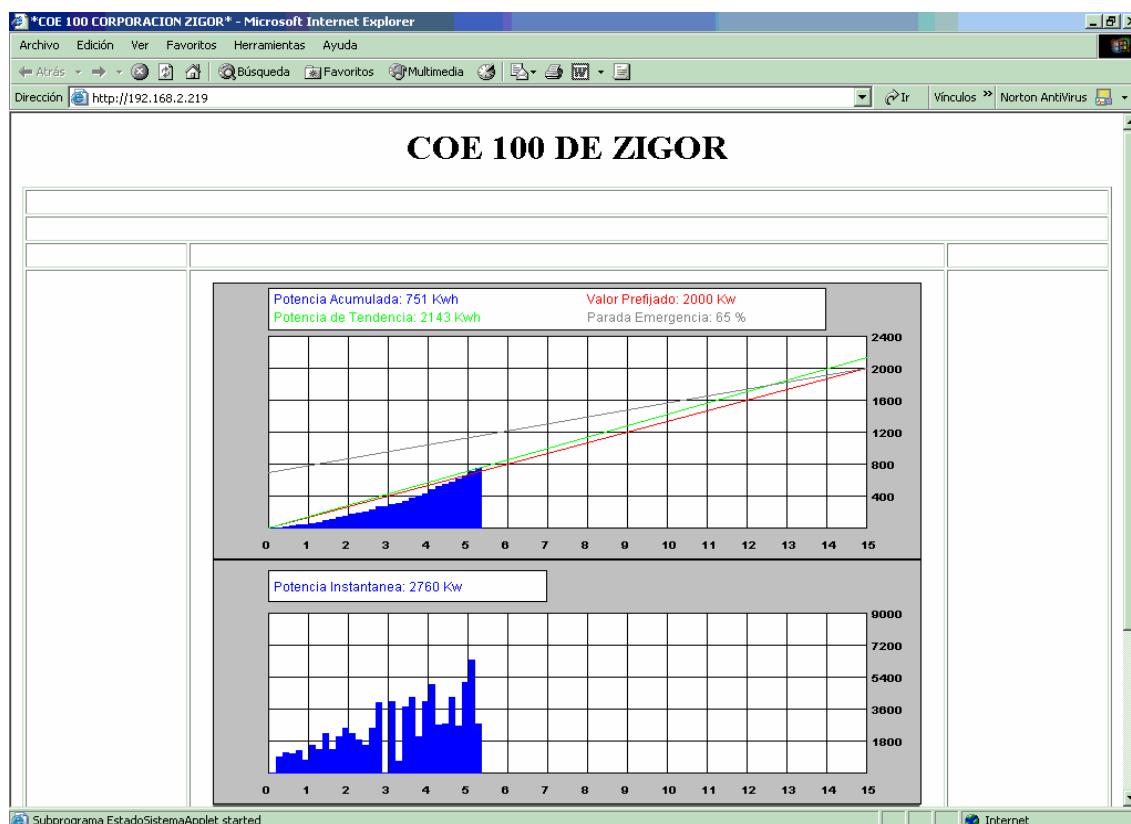
- **La operación es viable, desde el punto de vista de rentabilidad** (se rechazan inversiones con periodos de retorno superiores a 5 años); además es importante resaltar que la introducción de un sistema gestionador es atractiva respecto a los ahorros energéticos conseguidos, la reducción del impacto ambiental y la mejora notable de la operación y control de las instalaciones.

8.12. Ejecución de las soluciones aplicables

Constituye la fase de implantación de las instalaciones eficientes y medidas de ahorro recomendadas, y en ella se realizan trabajos de:

- Ingeniería para la elaboración de cada proyecto y la supervisión de su adecuado montaje.
- Contratación del suministro de equipos, componentes y servicios.
- Solicitud de permisos de obra y de eventuales ayudas externas.

- Construcción, puesta en marcha y apoyo inicial para su operación y manejo.
- Control del funcionamiento, seguimiento de resultados y, cuando se solicite, soporte en su mantenimiento. El gestionador facilita la visualización de gráficos que permiten realizar labores de control, seguimiento y recogida de datos, que facilitan la gestión del mantenimiento preventivo, como son el diagrama de tendencias, el diagrama de barras, el protocolo diario, el gráfico indicador de seguimiento y el resumen mensual de actuaciones; como ejemplo podemos ver las gráfica siguiente donde se visualiza el diagrama de tendencia en forma de diagrama de barras y la Curva de grupos de carga, con grupos de carga conectados.



8.13. Ventajas para el usuario

La implantación de una solución de gestión y mejora de eficiencia, aportan al usuario las siguientes importantes ventajas, que justifican su implantación:

- Aumento de la productividad por garantía, flexibilidad y seguridad de suministro, y actualización de equipos y sistemas de gestión.
- Reducción de la componente de energía eléctrica en los costes operativos.
- Superior calidad del producto o servicio.
- Optimización de resultados en los procesos productivos.
- Mejora ambiental derivada del aprovechamiento e idoneidad de la energía utilizada, y cuyos beneficios aparecen como imagen más atractiva y aceptación social.

Bibliografía

1. Técnicas y aplicaciones de Iluminación. Serie electrotecnologías de EVE e IBERDROLA. Editorial Mc. Graw Hill.
2. La bomba de calor. Serie electrotecnologías de EVE e IBERDROLA. Editorial Mc. Graw Hill.
3. "The psychrometric chart". K. Amme. Publicaciones Staefa Control Systems, s.a.
4. "Application of the psychrometric chart". K. Amme. Publicaciones Staefa Control Systems, s.a.
5. Manual de Eficiencia Energética Eléctrica. CADEM
6. A. Creus. Instrumentación Industrial. Marcombo editorial.
7. Eficiencia Energética Eléctrica. CADEM-IBERDROLA. Editorial URMO, s.a.
8. Componentes de Climatización. Ángel Lecuona - Ramón Vizcaíno, s.a.
9. Sistemas de Climatización. Fernando Diez Pazos - Ferroli España, s.a.