

Guía sobre



Gimnasios de Bajo Impacto Energético



Madrid Ahorra con Energía



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

Comunidad de Madrid

www.madrid.org

EM
La Suma de Todos

Guía sobre gimnasios de bajo impacto energético



Madrid Ahorra con Energía

Madrid, 2014



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency
Intelligent Energy Europe
www.fenercom.com



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

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

www.madrid.org

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

www.fenercom.com

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

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

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

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

Autores

- Capítulo 1. **Introducción a la eficiencia energética en centros deportivos**
Jaime Calanda. Endesa
- Capítulo 2. **Ahorro energético en el alumbrado**
Santiago Julián Alcolea. Philips
- Capítulo 3. **Tecnologías y posibilidades para el ahorro de agua**
Luis Ruiz Moya. Tehsa
- Capítulo 4. **Ahorro de energía en la distribución de agua para confort Y ACS de gimnasios**
José J. Vílchez. Ta hydronics
- Capítulo 5. **Deshumectación con bomba de calor y recuperación de calor en gimnasios y piscinas**
Miguel Zamora y Natividad Molero. CIAT
- Capítulo 6. **Recuperación de la energía de las aguas grises**
Jesús Soto. Alter Téchnica
- Capítulo 7. **Control del consumos de electricidad**
José Manuel Rodríguez. Orbis
- Capítulo 8. **Dispositivos para la generación eléctrica durante la práctica deportiva**
Rafael Tejedor. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

Presentación

La amplia oferta de las empresas de servicios deportivos y su creciente número de usuarios, está contribuyendo a unos incrementos importantes en los consumos energéticos de unos establecimientos que, teniendo que prestar unos servicios y niveles de confort cada vez mayores, cuentan con una variedad de instalaciones demandantes de energía con grandes posibilidades de mejora.

Llevar a cabo una adecuada administración del uso de la energía en un recinto deportivo, tanto por sus usuarios como por los gestores y responsables de mantenimiento de sus instalaciones, se puede traducir en considerables niveles de ahorro energético. 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 todo lo anterior, la Consejería de Economía y Hacienda, a través de su Dirección General de Industria, Energía y Minas y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, publica esta "Guía sobre gimnasios de bajo impacto energético" que se enmarca en la campaña Madrid Ahorra con Energía, y con la que se pretende acercar a empresarios, técnicos de mantenimiento, operarios, y, en general, a profesionales del sector y usuarios, las posibilidades de reducción del consumo de energía en gimnasios e instalaciones deportivas.

Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas

Índice

Capítulo 1. Introducción a la eficiencia energética en centros deportivos	13
1.1. Situación actual de la eficiencia energética en España	13
1.1.1. Sistemas de obligaciones de eficiencia energética	14
1.1.2. Contadores de facturación	14
1.1.3. Obligatoriedad de realización de auditorías energéticas	15
1.1.4. Promoción de la eficiencia energética en la producción y uso del calor y del frío	15
1.2. Herramientas de evaluación energética	15
1.2.1. Auditorías energéticas	16
1.2.2. Plataformas de monitorización	16
1.2.3. Sistemas de gestión energética	17
1.3. Balance energético tipo en centros deportivos	18
1.4. Principales medidas de ahorro y eficiencia energética	19
1.5. Servicios energéticos como palanca para la puesta en marcha de medidas de ahorro	22
1.6. Conclusiones	22
Capítulo 2. Ahorro energético en el alumbrado	25
2.1. Antecedentes	25
2.2. Criterios de calidad	25
2.2.1. Criterios de calidad en alumbrado interior	26
2.2.2. Criterios de calidad en alumbrado exterior	30
2.2.3. Norma UNE 12193 relativa a iluminación de instalaciones deportivas	33
2.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado	34
2.3.1. Fase de Proyecto	35
2.3.1.1. La predeterminación de los niveles de iluminación	35
2.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación	37
2.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación	41
2.3.2. Ejecución y explotación	43
2.3.2.1. Suministro de energía eléctrica	43
2.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados	43
2.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados	43
2.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados	44
2.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial	44
2.3.2.6. Uso flexible de la instalación	45

2.3.3.	Mantenimiento	45
2.3.3.1.	Previsión de operaciones programadas	45
2.3.3.2.	Respeto de las frecuencias de reemplazo de los componentes	46
2.3.3.3.	Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos	46
2.3.3.4.	Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos	47
2.3.4.	Diseño de la iluminación de un gimnasio, pista de <i>paddle</i> , tenis y pista polideportiva	47
2.3.4.1.	Áreas de un gimnasio	48
2.3.4.2.	Pista de <i>paddle</i>	56
2.3.4.3.	Pista de tenis	59
2.3.4.4.	Pista polideportiva	62
	Bibliografía	64
Capítulo 3. Tecnologías y posibilidades para el ahorro de agua		65
3.1.	Introducción	65
3.2.	¿Por qué ahorrar agua?	67
3.3.	¿Cómo ahorrar agua y energía?	70
3.3.1.	Planes de acción, para ahorrar agua y energía	71
3.4.	Tecnologías y técnicas para ahorrar agua y energía	73
3.5.	Clasificación de equipos	75
3.5.1.	Grifos monomando tradicionales	75
3.5.2.	Grifos termostáticos	78
3.5.3.	Grifos electrónicos de activación por infrarrojos	78
3.5.4.	Grifos temporizados	79
3.5.5.	Fluxores para inodoros y vertederos	81
3.5.6.	Regaderas, cabezales y mangos de duchas	83
3.5.7.	Inodoros (WC)	85
3.5.8	Nuevas técnicas sin agua	87
3.5.9.	Tecnología para las redes de distribución	88
3.5.10.	Ahorro de energía en grupos de Presión	91
3.6.	Consejos generales para economizar agua y energía	92
Capítulo 4. Ahorro de energía en la distribución de agua para confort y ACS de gimnasios		95
4.1.	Introducción	96
4.2.	El equilibrado como medida de ahorro energético	96
4.3.	El Equilibrado en la instalación de ACS	98
4.4.	Distribución a caudal constante frente a caudal variable	102
4.4.1.	Distribución de agua fría o caliente a caudal constante	103

4.4.2. Distribución de agua fría o caliente a caudal variable	103
4.4.3. Correcto diseño de una instalación de caudal variable	104
4.4.4. Presión diferencial estable	105
4.5. Control de caudal y temperatura en radiadores	107
4.6. Conclusiones	108
Bibliografía	109
Capítulo 5. Deshumectación con bomba de calor y recuperación de calor en gimnasios y piscinas	111
5.1. Introducción	111
5.2. Sistemas de recuperación de calor en gimnasios y piscinas	112
5.2.1. Recuperación de calor en los equipos de climatización	112
5.2.1.1. Recuperación activa del aire de extracción en equipos aire-aire	112
5.2.1.2. Recuperación de calor para producción de ACS	113
5.2.1.3. Recuperación de calor activa en bombas de calor de piscinas	114
5.3. Normativa y condiciones generales de cálculo y diseño de en gimnasios y piscinas cubiertas	116
5.3.1. Normativa	116
5.3.2. Condiciones de confort térmico y caudal de aire exterior de ventilación	117
5.3.3. Cálculo del caudal de agua evaporada	117
5.4. Caso de estudio. Spa de un gimnasio	118
5.4.1. Descripción del caso de estudio	118
5.4.2. Cálculos preliminares y selección de equipos	119
5.4.3. Simulación energética. Cálculo de la demanda térmica	121
5.4.3.1. Demanda energética del vaso de la piscina	121
5.4.3.2. Demanda energética en el aire	123
5.4.4. Comparación entre alternativas	124
5.5. Conclusiones	128
Capítulo 6. Recuperación de la energía de aguas grises	131
6.1. Elementos pasivos y activos para la recuperación de energía	131
6.1.1. Intercambiadores agua/agua	131
6.1.2. Bomba de calor	132
6.1.3. Combinación de sistemas	133
6.2. Funcionamiento	135
6.2.1. Recuperación de energía del ACS residual	135
6.2.2. Recuperación de energía del agua de renovación de piscinas	137
6.3. Consideración de energía renovable	139

6.3.1. Introducción	140
6.3.2. Método de cálculo	141
6.3.3. Resumen	143
6.4. Conclusiones	144
Capítulo 7. Control de consumos de electricidad	145
7.1. Introducción	145
7.2. Beneficios de las medidas energéticas parciales	146
7.3. Equipos que componen el submetering y sus funcionalidades	148
7.3.1. Equipos principales	148
7.3.1.1. Contadores eléctricos monofásicos/trifásicos con interfaz de pulsos	148
7.3.1.2. Contadores eléctricos monofásicos/trifásicos con protocolos de comunicación serie	149
7.3.1.3. Analizadores de red	151
7.3.2. Equipos complementarios	152
7.3.2.1. Plataformas de gestión energética	152
7.3.2.2. Concentrador de contadores de pulso	153
7.3.2.3. Sistemas OCR para lectura de contadores	153
7.3.3. Uso combinado de equipos principales y complementarios	154
7.3.4. Ejemplo de lectura remota de contadores mediante una red inalámbrica	154
7.3.5. Herramientas software para eficiencia energética	155
7.4. Submetering en empresas de servicios energéticos "ESES"	158
Capítulo 8. Dispositivos para la generación eléctrica durante la práctica deportiva	159
8.1. Introducción	159
8.2. Captar la energía del cuerpo humano	160
8.3. Captación en máquinas de gimnasios	163

Introducción a la eficiencia energética en centros deportivos

1.1. Situación actual de la eficiencia energética en España

El 25 de octubre de 2012 se aprobó la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la Eficiencia Energética (DEE) con el objeto de crear un nuevo marco común para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión, estableciendo acciones concretas que garanticen la consecución del objetivo indicativo establecido en el Paquete Energía y Clima de 2007 para el año 2020 de reducción en un 20% del consumo para el conjunto de Estados Miembros.

Durante los últimos años, España ha dado un gran impulso a las políticas de eficiencia energética con el objetivo de eliminar la distancia que históricamente nos ha separado de la intensidad energética media de la Unión Europea.

El Gobierno de España ha aprobado el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020, el cual se configura como una herramienta central de la política energética española y cuya ejecución permitirá alcanzar los objetivos de ahorro y eficiencia energética que se derivan de la Directiva 2012/27/UE, y que se traducirán en una mejora de la competitividad de la economía española que se espera tenga su reflejo en los indicadores de actividad y empleo.

Dentro del Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética destaca la inclusión de los siguientes aspectos:

- Sistemas de obligaciones de eficiencia energética
- Contadores de facturación
- Obligatoriedad de realización de auditorías energéticas
- Promoción de la eficiencia energética en la producción y uso del calor y del frío

1.1.1. Sistemas de obligaciones de eficiencia energética

España adoptará un sistema de obligaciones de eficiencia energética que estará plenamente operativo en 2015. Junto con el sistema de obligaciones se creará el Fondo Nacional de Eficiencia Energética.

Mediante el sistema de obligaciones de eficiencia energética se obliga a los comercializadores de electricidad, gas y productos petrolíferos a justificar anualmente acciones de eficiencia energética en clientes finales, o alternativamente, aportar la cantidad equivalente al Fondo Nacional de Eficiencia Energética.

Los sujetos obligados, deberán al final de cada período anual, aportar los certificados obtenidos necesarios para cumplir con su obligación.

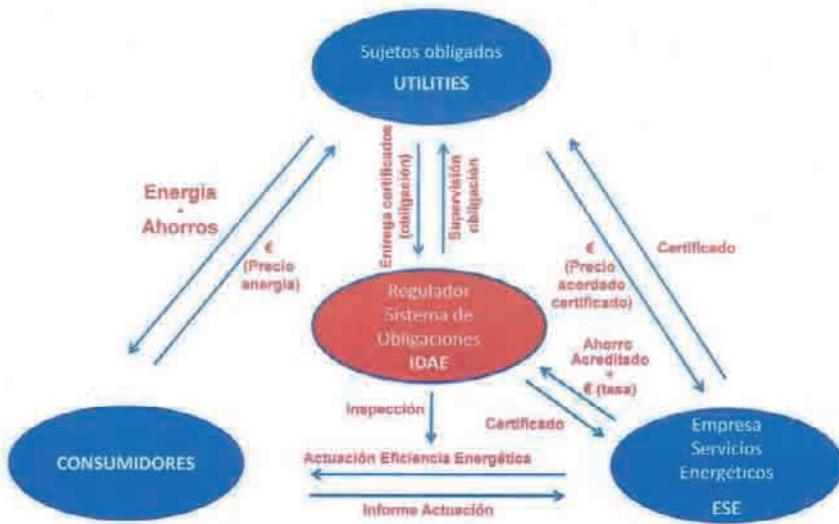


Figura 1. Esquema obligaciones de eficiencia energética. Fuente: Endesa.

1.1.2. Contadores de facturación

En relación a los contadores de facturación eléctricos, destacar que la Orden ITC/3860/2007 establece que todos los contadores de medida en suministros de energía eléctrica con una potencia contratada de hasta 15 kW, deberán ser sustituidos por nuevos equipos que permitan la discriminación horaria y la telegestión (conocidos como «contadores inteligentes» o «smart meters»). Además el usuario deberá tener acceso a la curva de carga.

En relación a los edificios existentes que cuenten con una instalación centralizada de calefacción, refrigeración, o agua caliente sanitaria que dé servicio a más de un usuario, o en aquéllos que estén abastecidos por una red de calefacción urbana que dé servicio a varios edificios, la Directiva indica que se deberán instalar contadores de consumo individuales que midan el consumo de calor, refrigeración o agua caliente de cada vivienda o cliente final.

1.1.3. Obligatoriedad de realización de auditorías energéticas

La Directiva establece la obligación de realizar auditorías energéticas, esta obligación será de aplicación a grandes empresas que ocupan a más de 250 personas y cuyo volumen de negocios anual excedan de 50 millones de euros o cuyo balance general anual excede de 43 millones de euros. Dicha obligación está siendo traspuesta a un Real Decreto de cuyo ámbito quedan excluidas las PYME, y las grandes empresas deben someterse a una auditoría energética a más tardar el 5 de diciembre de 2015, y como mínimo cada cuatro años a partir de la fecha de la auditoría energética anterior.

1.1.4. Promoción de la eficiencia energética en la producción y uso del calor y del frío

La Directiva establece como prioridad la promoción de la eficiencia energética en la producción y uso del calor y frío. A más tardar el 31 de diciembre de 2015, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, llevará a cabo y notificará a la Comisión Europea, una evaluación completa del potencial de uso de la cogeneración de alta eficiencia y de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración eficientes.

1.2. Herramientas de evaluación energética

Con carácter previo a la puesta en marcha de medidas de ahorro energético, es necesario realizar una evaluación energética de la instalación que nos permita realizar una planificación de las actuaciones atendiendo criterios tales como potencial de ahorro, inversiones requeridas, rentabilidad o viabilidad técnica. Para el desarrollo de esta evaluación energética se dispone de diversas opciones tales como la realización de auditorías energéticas, la implantación de plataformas

de monitorización y gestión energética o la puesta en marcha de un sistema de gestión energética.

Dadas las sinergias y aporte de valor entre auditoría, monitorización y sistemas de gestión, la solución de evaluación energética recomendada pasaría por implementar una solución de monitorización, realizar posteriormente una auditoría energética y finalmente implementar un sistema de gestión.

1.2.1. Auditorías energéticas

Las auditorías energéticas se definen como todo procedimiento sistemático destinado a obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de una instalación, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente, e informar al respecto.

Las auditorías energéticas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben basarse en datos operativos actualizados, medidos y verificables, de consumo de energía y, en el caso de la electricidad, de perfiles de carga siempre que se disponga de ellos.
- Abarcarán un examen pormenorizado del perfil de consumo de energía de la instalación.
- Se fundamentarán, siempre que sea posible, en el análisis del coste del ciclo de vida antes que en períodos simples de amortización, a fin de tener en cuenta el ahorro a largo plazo, los valores residuales de las inversiones a largo plazo y las tasas de descuento.
- Las auditorías energéticas permitirán la realización de cálculos detallados y validados para las medidas propuestas, facilitando así una información clara sobre el potencial de ahorro.

Existen diversas normas en las que se describe la metodología para la realización de auditorías energéticas, como por ejemplo ISO 50002 o UNE 216501.

1.2.2. Plataformas de monitorización

Una plataforma de monitorización provee en tiempo real de información sobre consumos energéticos de una instalación y variables asociadas: electricidad, gas, combustibles, producciones térmicas, temperaturas, presiones, etc...

Los elementos básicos de una solución de monitorización son:

- Equipos de medición o sensores
- Equipo concentrador de señales
- Aplicación informática o software

Actualmente muchas plataformas ofrecen «servicios en la nube» permitiendo acceder a la información e informes de gestión avanzados desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

Algunas plataformas permiten la comunicación bidireccional facilitando la activación/desactivación o regulación de sistemas o equipos consumidores atendiendo a reglas lógicas establecidas por el usuario, enviando alertas por correo electrónico y/o SMS.

Las plataformas de monitorización facilitan el análisis de patrones de consumo, seguimiento de indicadores y rendimiento de equipos consumidores, permitiendo identificar ineficiencias y establecer la estrategia de operación más adecuada para optimizar el funcionamiento de equipos disminuyendo los consumos. Además permiten un adecuado seguimiento y demostración de ahorros energéticos asociados a medidas de ahorro concretas.

Una vez configurados los informes de gestión energética adecuados, las plataformas de gestión permiten disponer de una auditoría energética dinámica permanentemente actualizada.

1.2.3. Sistemas de gestión energética

Un Sistema de Gestión Energética es el conjunto de actuaciones, planificadas por una organización, encaminadas a reducir el consumo de energía sin alterar los niveles de producción ni las condiciones de uso y confort.

En la actualidad existe una norma internacional sobre estos sistemas, la UNE-EN ISO 50001 «Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso» (sustituye a la UNE-EN 16001:2010) que establece un procedimiento normalizado de este tipo de sistemas y es aplicable a todo tipo de organizaciones independientemente del sector de actividad o tamaño. Esta norma especifica los requisitos aplicables al uso y consumo de la energía, incluyendo la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal.

1.3. Balance energético tipo en centros deportivos

El balance energético es una disagregación del consumo global energético de un activo en diferentes usos. El consumo global de un centro deportivo puede tener diferentes fuentes de energía primaria (electricidad, gas natural, gasóleo, biomasa, etc.). Independientemente de cuál sea el tipo de fuente, en un balance energético se evalúan todas ellas.

A continuación se muestra el balance energético típico de un centro deportivo que incluye una piscina cubierta climatizada.

Se ha clasificado el balance en los usos de mayor peso tienen dentro del consumo total del centro:

- Calentamiento del vaso de la piscina
- Producción de calor para calefacción
- Producción de calor para ACS (Agua Caliente Sanitaria)
- Producción frigorífica para confort y des-humectación del recinto de la piscina
- Iluminación

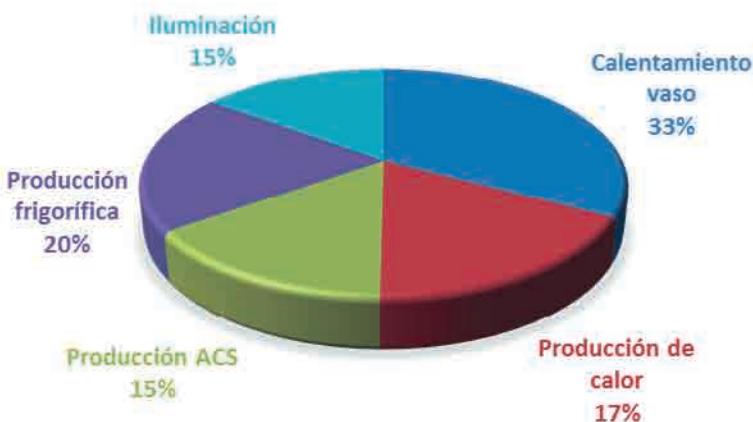


Figura 2. Balance energético en un Centro Deportivo tipo con piscina cubierta.

Fuente: Endesa.

Los valores anteriores podrán variar en función de las características particulares del Centro (instalaciones, envolvente térmica, afluencia, horarios, etc.), y de la situación geográfica. Por ejemplo, en emplazamientos cercanos a regiones costeras el consumo energético en calefacción disminuirá y el consumo energético en refrigeración y des-humectación aumentará.

El balance muestra que gran parte del consumo energético se emplea en calentar el vaso de la piscina. Este consumo tiene una fuerte dependencia con el número de usuarios de la piscina (las pérdidas térmicas por evaporación son proporcionales al número de bañistas). La producción de frío también requiere una gran proporción del balance energético ya que es necesario climatizar áreas muy extensas junto con la des-humectación del aire en el recinto de la piscina. Estos dos usos requieren un 61% del consumo energético total del Centro.

Cabe destacar los consumos de iluminación y de producción de calor que requieren, un 32% de la energía global del Centro. El resto, un 7%, se emplea en la preparación de ACS para su uso en duchas y vestuarios. Este consumo puede llegar a ser importante en el caso de que haya muchos usuarios de duchas o de que el Centro requiera la preparación de ACS para alimentar un Spa.

1.4. Principales medidas de ahorro y eficiencia energética

La optimización energética de las instalaciones en centros deportivos debe enfocarse en el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Alcanzar una reducción de los consumos energéticos manteniendo los niveles de confort de los usuarios de las instalaciones y la calidad del servicio,
- disminuir los costes de operación y mantenimiento de los equipos, alargando su vida útil,
- mejorar la eficiencia energética adecuando los equipos e instalaciones a la normativa vigente,
- mejorar la imagen de los centros fomentando la sensibilización con el medio ambiente y la eficiencia energética,
- fomentar el uso de nuevas tecnologías principalmente en sistemas de climatización, iluminación e monitorización,

- fomentar el uso de las energías renovables, y
- reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

A este respecto en la siguiente tabla se muestran las principales medidas de ahorro y eficiencia energética de aplicación en centros deportivos. Para cada una de las medidas se indican de forma orientativa el potencial de ahorro, coste de implantación y periodo de retorno.

MEDIDA DE AHORRO	AHORRO	COSTE	PRS	DIFICULTAD
ENVOLVENTE:				
Reforma de la envolvente térmica	Alto	Alto	Alto	Alto
Mejora en cerramientos de huecos en fachada	Alto	Alto	Alto	Alto
ILUMINACIÓN:				
Sustitución de lámparas halógenas convencionales por lámparas halógenas IRC	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos en luminarias	Alto	Medio	Medio	Bajo
Instalar detectores de presencia en zonas de uso esporádico	Medio	Medio	Medio	Bajo
Aprovechamiento de la luz natural mediante sensores de luz	Medio	Medio	Medio	Bajo
Zonificación de la iluminación	Medio	Bajo	Medio	Bajo
Iluminación con lámparas LED	Alto	Alto	Alto	Bajo
Sustitución de lámparas de descarga en iluminación exterior	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
CLIMATIZACIÓN Y ACS:				
Instalar válvulas termostáticas en radiadores	Alto	Medio	Bajo	Bajo
Regulación de la temperatura de climatización	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Sustitución de caldera por otra más eficiente	Alto	Alto	Medio	Medio
Instalar caldera de biomasa	Alto	Alto	Medio	Medio
Uso de enfriamiento gratuito o freecooling	Medio	Bajo	Bajo	Medio
Aislamiento del circuito de distribución de climatización	Medio	Bajo	Bajo	Bajo

Sustitución de gasóleo y fuelóleo por gas natural	Alto	Alto	Medio	Medio
Instalar quemadores modulantes y sensores de oxígeno	Medio	Medio	Medio	Bajo
Sustitución de radiadores o aerotermos eléctricos por bombas de calor	Alto	Alto	Medio	Medio
Cubrir condensadores exteriores de enfriadoras y bombas de calor	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Instalar energía geotérmica para la climatización de edificios	Alto	Alto	Alto	Alto
Recuperadores de calor	Medio	Alto	Medio	Medio
Instalar paneles solares térmicos	Alto	Alto	Medio	Alto
Instalar sistemas de cogeneración y trigeneración	Alto	Alto	Alto	Alto
EQUIPOS:				
Instalar perlizadores en grifos	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Programadores horarios	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Variadores de velocidad en motores	Alto	Medio	Medio	Bajo
Motores de alta eficiencia	Alto	Medio	Medio	Bajo
Instalar paneles solares fotovoltaicos en las cubiertas de los edificios	Alto	Alto	Alto	Alto
FACTURACIÓN ELÉCTRICA				
Instalar baterías de condensadores para reducir la energía reactiva	Alto	Medio	Bajo	Bajo
Optimización de la contratación de los suministros eléctricos	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
MEDIDAS GENÉRICAS				
Mantenimiento adecuado de las instalaciones	Medio	Bajo	-	-
Realización de auditorías energéticas	-	Bajo	-	-
Instalar plataformas de monitorización y gestión energética en los edificios	Medio	Medio	Medio	Bajo
Sistema de gestión energética	Medio	Medio	Medio	Bajo

Será necesaria una evaluación en cada caso concreto para determinar los valores reales de ahorro, inversiones necesarias y períodos de retorno de las distintas actuaciones.

1.5. Servicios energéticos como palanca para la puesta en marcha de medidas de ahorro

Las principales dificultades para la implementación de medidas por parte de la dirección o gerencia de un centro deportivo son, tanto la complejidad de desarrollar proyectos de implementación de mejoras, determinando su viabilidad técnica, inversiones necesarias, ahorros a alcanzar y rentabilidad del proyecto, como la necesidad de realizar inversiones.

Las Empresas de Servicios Energéticos (ESE) son una de las mejores palancas que puede disponer el cliente para la puesta en marcha de proyectos de mejora de la eficiencia energética en sus instalaciones, ofreciendo financiación, proyecto llave en mano y garantía de ahorros.

Los contratos de servicios energéticos, son contratos de prestaciones o rendimiento, y conllevan un acuerdo entre la ESE y el cliente para la implantación de medidas de mejora de la eficiencia energética, de tal manera que las inversiones en dichas medidas se recuperan mediante los ahorros esperados. De este modo, el pago de los servicios prestados se basará, en parte o totalmente, en la obtención de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de prestaciones convenidos.

1.6. Conclusiones

La traspalación de la Directiva 2012/27/UE al marco regulatorio español procura un impulso a la eficiencia energética en distintos ámbitos, convirtiéndose en una gran oportunidad para que los centros deportivos pongan en marcha la implementación de diversas actuaciones para la mejora de la eficiencia energética de sus instalaciones, que permitan no sólo obtener un importante ahorro energético y disminución de costes de mantenimiento, sino también una mejora en la imagen del centro asociada a la renovación tecnológica de sistemas y al compromiso con el medioambiente.

Este proceso debe realizarse tras una selección de medidas a implementar realizada en base a criterios energéticos obtenidos tras una evaluación energética adecuada, bien mediante la realización de auditorías energéticas, implantación de plataformas de monitorización y gestión energética, implantación de sistemas de gestión energética o una combinación de las anteriores, que aproveche las sinergias y aporte valor a todas las soluciones de evaluación.

Las Empresas de Servicios Energéticos pueden ser la herramienta que facilita la financiación y el desarrollo de proyectos llave en mano con garantía de ahorros, permitiendo a la dirección o gerencia del centro deportivo de una manera sencilla la puesta en marcha de proyectos de mejora de la eficiencia energética en sus instalaciones.

2.1. 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.

La irrupción del LED y los sistemas de alumbrado inteligente en los últimos años suponen una revolución en las posibilidades de ahorro energético y de aplicación de la tecnología en el ámbito de la iluminación.

2.2. Criterios de calidad

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.

2.2.1. Criterios de calidad en alumbrado interior

Los estudios de ejecución serán elaborados de acuerdo con las siguientes normas y recomendaciones:

- Código Técnico de la Edificación, sección SU4 y HE3
- Norma UNE-EN 12464-1 Iluminación de lugares de trabajo en Interiores.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (RD842/2002 de 2 de Agosto).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.

La elección del sistema de iluminación más idóneo para cada zona a iluminar, ha de ser efectuada consiguiendo los niveles de iluminancia necesarios para cada tarea, con el menor coste posible, tanto de inversión como energético y de mantenimiento.

Las instalaciones de alumbrado de lugares de trabajo en interiores se rigen por una serie de Códigos y Normas vigentes hoy día en nuestro país, como miembro de la Unión Europea y cuyo cumplimiento garantiza la adecuación de las citadas instalaciones a las exigencias más actuales en materia de ahorro energético y protección del medio ambiente. Dichos documentos son:

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

El Código Técnico de la Edificación, que fue aprobado mediante Real Decreto 314/2006 del 17 de Marzo de 2006, constituye el marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad, seguridad y habitabilidad de los edificios y sus

instalaciones. Este Código regula la construcción de los edificios nuevos y la rehabilitación de los existentes.

Dicho documento se aprobó con el propósito de mejorar la calidad de la edificación y de promover la innovación tecnológica y la sostenibilidad. Junto con los propósitos anteriores, además se han incorporado en el mismo algunos criterios de eficiencia energética necesarios para cumplir las exigencias derivadas de la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de Diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de edificios.

Dentro del contenido del Código aplicable a las instalaciones de iluminación hay dos secciones:

- SU 4, relativa a la seguridad frente al riesgo derivado de iluminación inadecuada: mediante la cual se pretende limitar el riesgo de daños a las personas debido a la iluminación inadecuada en zonas de circulación de los edificios, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o fallo de la alimentación principal.
- HE 3, relativa a la eficiencia energética en instalaciones de iluminación: en la que se recoge la obligatoriedad de:
 - que en los edificios se disponga de instalaciones de iluminación adecuadas a las tareas visuales de los usuarios y que sean eficientes energéticamente;
 - que se disponga de la existencia del sistema de control y regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural;
 - la verificación de la existencia de un plan de mantenimiento.
 - la inclusión en la memoria del proyecto de iluminación de la siguiente documentación justificativa:
 - para cada zona además de los cálculos luminotécnicos, deberá constar el índice del local (K), el factor de mantenimiento (Fm), el valor medio de iluminancia mantenido (Em), el índice de deslumbramiento unificado (UGR), el índice de rendimiento del color (Ra), la potencia del conjunto lámpara más equipo (W) y el valor de la eficiencia de la instalación (VEEI) de acuerdo con la siguiente fórmula para un nivel de iluminación de 100 lux:

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

De acuerdo con la definición que se da en el CTE de las llamadas Zonas de no representación, (son aquellas en las que criterios tales como el nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética son más importantes que cualquier otro criterio), entraría en este tipo de zonas la mayor parte del espacio destinado a recepción o áreas de espera.

Analizando los sistemas actualmente utilizados para la iluminación de los distintos espacios interiores, hay que prestar especial atención a:

- a. Iluminación general de oficinas, zonas de no representación: En general, las luminarias más comúnmente utilizadas, tanto con tubos fluorescentes T8 (siempre que sean trifósforos), como con lámparas fluorescentes compactas, cumplen con los niveles mínimos de eficiencia energética exigidos. Únicamente determinadas soluciones con luminarias con sistemas de iluminación indirecta no cumplen con las exigencias mínimas de 3.5 W/m² por cada 100 lux.

Siempre se debe tener en cuenta que el alumbrado de acentuación se debe incluir en el cálculo de eficiencia, aunque no es habitual su uso en zonas de no representación.

- b. Zonas comunes: en estas zonas hay que prestar especial cuidado al uso abusivo de lámparas incandescentes y halógenas (para iluminación general), ya que harían imposible conseguir los mínimos exigidos de eficiencia. Si se utilizan este tipo de lámparas, deben ser en todo caso para aportar luz de acentuación en puntos concretos, y utilizando las tecnologías más eficientes disponibles.

En este Código, se hace mención especial a la aplicación de los sistemas de Regulación y Control, exigiéndose que las instalaciones de alumbrado cuenten con un sistema de regulación y control, prohibiéndose la utilización como único sistema de control el apagado y encendido en cuadros eléctricos. Se indica expresamente que el sistema de control dispondrá al menos de detección de presencia o temporización en zonas de uso esporádico, obligándose a instalar estos sistemas en aseos, pasillos, escaleras, etc., añadiéndose que aquellos edificios que dispongan de suficiente iluminación natural, deberán tener un sistema de regulación en las luminarias más próximas a las ventanas, de manera que se aproveche el aporte de luz natural.

En cuanto a niveles de iluminación a prever en los diferentes locales o salas que componen el edificio, las exigencias mínimas a cumplir se recogen en la siguiente Norma:

NORMA UNE-EN 12464-1

La Norma UNE-EN 12464-1, la de mayor rango, se redactó durante el año 2002 con el objetivo de recoger todos los parámetros relativos a «Iluminación de los lugares de trabajo en interior», y se publicó en nuestro país a finales de Mayo de 2003.

En esta Norma se recomienda el cumplimiento cuantitativo de niveles de iluminación en función del tipo de tarea desarrollada en una determinada zona o recinto, pero además se ocupa también de prescribir dos aspectos cualitativos de la tarea visual que se resumen en: confort visual y rendimiento cromático.

Dentro del confort visual están englobados parámetros tales como la relación de luminancia entre tarea y entorno, y el estricto control del deslumbramiento producido por las fuentes de luz contenidas en las luminarias, o incluso por superficies que reflejen dichas fuentes de luz.

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

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

En el ámbito de la reproducción cromática, es mucho más notable el hecho de que en esta Norma se exija un valor de $R_a > 80$ en una 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.

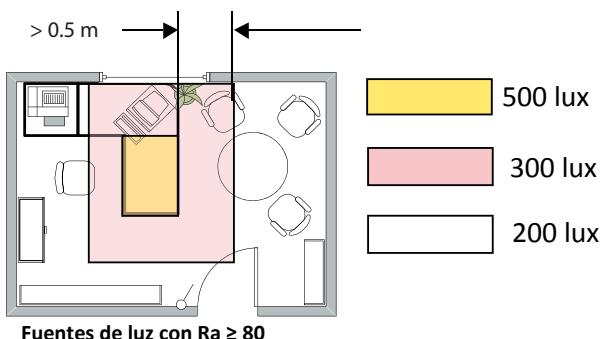


Figura 1. Fuentes de luz con $R_a \geq 80$. Fuente: Philips.

2.2.2. Criterios de calidad en alumbrado exterior

Los estudios de ejecución serán elaborados de acuerdo con las siguientes normas y recomendaciones:

- Norma UNE-EN 13201 Iluminación de carreteras. Partes 1, 2, 3 y 4.
- Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, publicada en 1999.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (RD842/2002 de 2 de Agosto).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior según REAL DECRETO 1890/2008 publicado el 14 de Noviembre en el BOE num. 279.
- El Reglamento para la Protección del Cielo Nocturno.

La elección del sistema de iluminación más idóneo para cada vial a iluminar, ha de ser efectuada consiguiendo los niveles de luminancia e iluminancia necesarios en cada zona, con el menor coste posible, tanto de inversión como energético y de mantenimiento.

Los criterios de calidad en una instalación de alumbrado público, según las Normas antes citadas, son:

- NIVEL DE LUMINANCIA
- PARAMETROS DE UNIFORMIDAD
- GRADOS DE LIMITACION DEL DESLUMBRAMIENTO
- EFICIENCIA ENERGETICA/COSTES DE MANTENIMIENTO
- GUIA VISUAL.

NIVEL DE LUMINANCIA

La cantidad de luz reflejada en dirección del observador (conductor), depende de varios factores:

- a. La cantidad de luz que llega a la calzada, procedente de las luminarias.

- b. El tipo de material con el que está terminada la calzada.
- c. El tipo de luminarias y lámparas empleados (su rendimiento y fotometría).
- d. La geometría de la instalación, esto es, la interdistancia entre puntos de luz, su disposición (unilateral, tresbolillo, central, bilateral pareada, etc.) así como la altura de montaje, la existencia o no de brazos (báculos o columnas).

El nivel de luminancia es uno de los parámetros que influyen en la seguridad de la conducción dependiendo, como se ha indicado anteriormente, no sólo de la cantidad de luz que llegue a la calzada, sino también de la clase de la superficie de la calzada, y de que ésta esté mojada o seca, así como la posición del observador (conductor).

PARÁMETROS DE UNIFORMIDAD

Dos son los parámetros que han de cumplirse, según las normas:

- a. Coeficiente de uniformidad general (U_0), que influye en la seguridad vial.
- b. Coeficiente mínimo de uniformidad longitudinal (U_l), medida a lo largo del eje longitudinal, en el peor de los carriles, influye en la seguridad y en el confort de la instalación.

Cada una de las calles deberá cumplir con el requisito de uniformidad que el REEAE especifica según sea su clase de alumbrado.

GRADOS DE LIMITACIÓN DE DESLUMBRAMIENTO

En el alumbrado exterior se utilizan dos criterios relacionados con el concepto de deslumbramiento. Deslumbramiento Perturbador, y Deslumbramiento Molesto. El primero, incapacita al observador para la percepción visual de los objetos. El segundo, produce una sensación de incomodidad.

En la norma no se tiene en cuenta el concepto de deslumbramiento molesto, por ser muy subjetivo, y depender, además de factores de la instalación propiamente dichos (factores medibles), de otros intrínsecos al individuo, diferentes para cada tipo de personas (factores variables, subjetivos, y no fácilmente medibles).

Por lo tanto, sólo se tendrá en cuenta el concepto de deslumbramiento perturbador.

El criterio para calcular el deslumbramiento perturbador (o sea la perdida de perceptibilidad o pérdida de visión), pasa por calcular el llamado "incremento de umbral", T_l , que se puede calcular mediante la sensibilidad de contraste del ojo, que depende de la luminancia media del vial L_{med}), y la luminancia de velo (L_v).

Cada una de las calles deberá cumplir con el requisito de deslumbramiento que el Reglamento de Eficiencia Energética de Alumbrado Exterior (REEAE), específica según sea su clase de alumbrado.

EFICIENCIA ENERGÉTICA. COSTES DE MANTENIMIENTO

El consumo de energía, así como su costo, ha crecido últimamente en grandes proporciones, y, sigue creciendo, lo que hace que tanto en las instalaciones de iluminación nuevas, como en las antiguas que se renuevan, sea prioritario conseguir ahorros significativos en el consumo de energía, pero sin reducir las prestaciones del sistema, lo que se puede conseguir si se plantea la instalación bajo el concepto de un diseño energéticamente eficaz, esto es posible si la instalación se proyecta teniendo en cuenta :

- Utilizar la fuente de luz más idónea más eficaz y que mejor cumpla también los requerimientos de calidad de la vía.
- Aprovechar al máximo el flujo proporcionado por las lámparas, (lo que implica utilizar luminarias o proyectores de gran rendimiento).
- Un buen mantenimiento de la instalación mediante el adecuado control de las horas de encendido y apagado y el correcto reemplazamiento de las lámparas, masivamente, cuando su flujo se deprecie un 20 a un 30% de su valor inicial.

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \left(\frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$$

La eficiencia energética de una instalación se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

L = eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares (lum/W= m² lux/W)

f_m= factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad).

f_u = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad).

$$\epsilon = \epsilon_L f_m f_u \left(\frac{m^2 \text{lux}}{W} \right)$$

El objetivo de este estudio es maximizar el valor de la eficiencia de la lámpara y el factor de utilización de la luminaria. Para ello se han sustituido las lámparas menos eficientes por lámparas de sodio de alta presión y leds, y se han sustituido las luminarias de menor rendimiento por luminarias que cumplen con los valores mínimos exigidos por el Reglamento.

GUIA VISUAL

El hecho de que la instalación de alumbrado constituya por sí misma una guía que facilite que los conductores puedan prever el trazado de la vía, representa aumentar la seguridad de la conducción, sobre todo en viales con muchas curvas. Por lo tanto, la disposición de las luminarias deberá ser tal que puedan distinguirse las líneas de puntos de luz, paralelas entre sí, siguiendo el trazado de la carretera, sin deslumbramiento para el conductor. En las disposiciones unilaterales, la línea de puntos deberá montarse preferentemente en el borde exterior de la curva, para delimitar la carretera.

2.2.3. 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.

2.3. 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 lumínica (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 cuando adoptar las medidas más eficaces para llevar a la práctica la consecución del ahorro deseado.

2.3.1. Fase de Proyecto

En esta fase se debe prestar una especial atención a elegir y cuantificar aquellos criterios 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, y
- la elección de sistemas de control y regulación.

2.3.1.1. 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.

2.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación

Otro de los elementos básicos en la fase de proyecto es el proceso de estudio y elección de los elementos componentes, tales como las fuentes de luz, los equipos eléctricos precisos para el funcionamiento de las fuentes de luz, 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 lumínosa**, o cantidad de luz medida en lúmenes dividida por la potencia eléctrica consumida medida en vatios.

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 ó 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.

TABLA 1. Índice de rendimiento en color.

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 (tabla 2):

TABLA 2. Clases según temperatura de color.

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

La elección de apariencia de color es una cuestión psicológica, estética y de lo que se considera como natural. La elección dependerá del nivel de iluminancia, colores 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.

Con la aparición de los **LEDs** en las instalaciones de alumbrado encontramos que, en muchos casos, ya no hablaremos simplemente de lámparas sino de sistemas completos de iluminación. Por tanto, es importante que conozcamos las características que nos da el fabricante del sistema completo (incluyendo luminaria y equipo electrónico) y no sólo los datos del bloque LED.

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. Estos 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 figura 2 se ofrece una imagen de algunos balastos electrónicos.



Figura 2. Algunos tipos comunes de balastos electrónicos. Fuente: Philips.

En el caso de los **LED**, siempre será necesario que lleven un driver electrónico para funcionar. Las lámparas LED de sustitución directa llevarán dicho driver integrado en la estructura de la propia lámpara.

C) Luminarias

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

No obstante, no hay que olvidar que además de estas prestaciones iniciales las luminarias tienen como exigencia 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 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.

2.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación

Además del conjunto formado por lámpara, balasto y luminaria que debe ser lo más eficiente posible, hay una serie de dispositivos, denominados genéricamen-

te 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 figura 3.

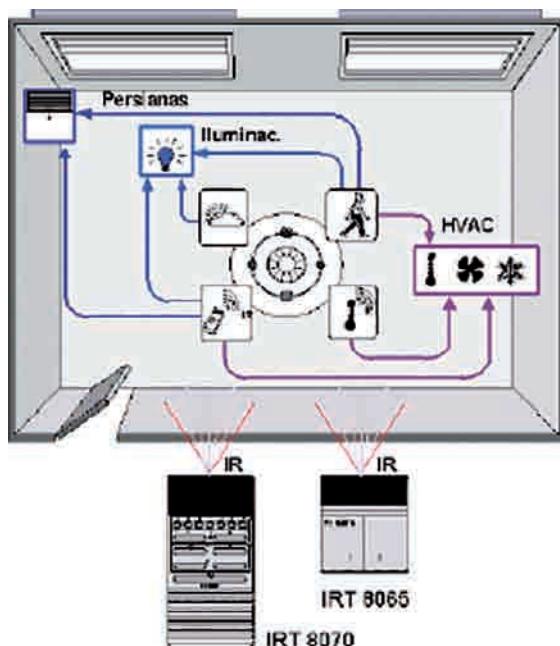


Figura 3. Combinación del control y regulación de la iluminación con otras instalaciones. Fuente: Philips.

2.3.2. Ejecución y explotación

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

2.3.2.1. 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.

2.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados

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

2.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados

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

2.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados

Barajando las posibilidades que se han mencionado en la fase de Proyecto, se trata de comprobar que dichos supuestos se cumplen en la realidad, es decir, que las zonas 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%.

2.3.2.5. 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, figura 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.

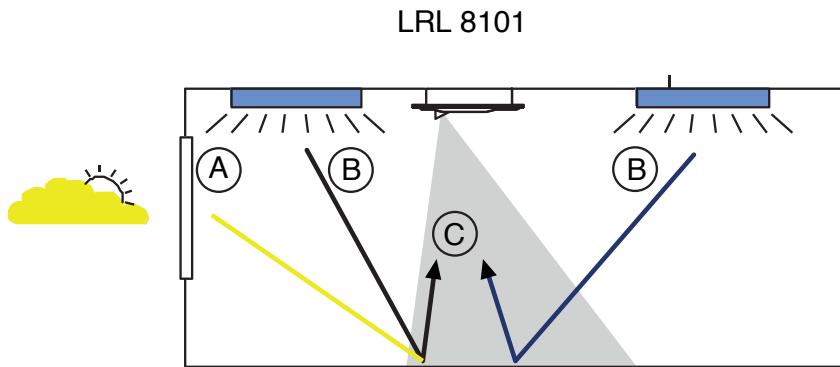


Figura 4. Combinación de luz natural y luz artificial mediante control por células.
Fuente: Philips.

2.3.2.6. 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.

2.3.3. Mantenimiento

No por ser la última fase es la menos importante. El capítulo de mantenimiento es el conjunto de todos aquellos trabajos, programados u occasioales 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.

2.3.3.1. 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 occasioales, 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).

A parte de las lámparas que fallen prematuramente, es mucho mejor cambiar la totalidad al mismo tiempo; con ello se evita grandes diferencias de flujo lumínico 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.

2.3.3.2. 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.

2.3.3.3. 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.

2.3.3.4. 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 capítulo, 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.

2.3.4. Diseño de la iluminación de un gimnasio, pista de paddle, tenis y pista polideportiva

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 el polideportivo, la pista de tenis y la 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 ($E_{mín}/E_{máx}$). 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.).

2.3.4.1. Áreas de un gimnasio

Se presentan a continuación propuestas lumínicas para distintas dependencias dentro de un gimnasio, todas ellas calculadas con **tecnología LED** por las diferentes ventajas que dicha tecnología aporta:

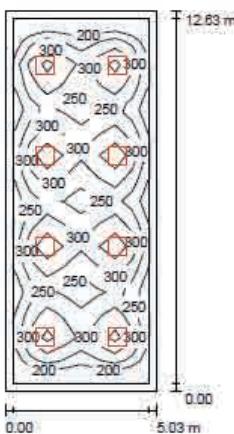
- Mayor vida útil que las luminarias de tecnología tradicional.
- Menor potencia consumida lo que propicia un importante ahorro energético frente a soluciones convencionales.
- Posibilidad de reencendido instantáneo.
- Posibilidad de aplicarle una regulación continua (0-100%) sin que afecte a las propiedades lumínicas.

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) Salas de uso general (musculación, aerobic, ...)

Se incluyen a continuación 2 ejemplos-tipo de salas a iluminar, en ambos casos usando pantallas LED de 60x60.



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

Valores en Lux, Escala 1:163

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	278	158	399	0.568
Suelo	20	225	105	295	0.468
Techo	70	46	30	52	0.666
Paredes (5)	50	98	35	152	/

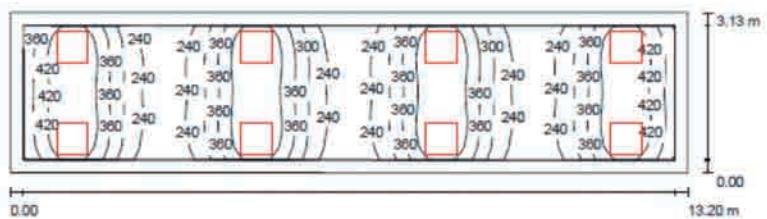
Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 8 x 16 Puntos
Zona marginal: 0.250 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS Coreline W60L60 1xLP1.0/840 PSU PC SOT (1.000)	2595	2595	27.8
			Total: 20760	Total: 20760	222.2

Valor de eficiencia energética: $3.50 \text{ W/m}^2 = 1.26 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$ (Base: 63.55 m^2)



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

Valores en Lux, Escala 1:95

Superficie	p [%]	E _m [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	E _{min} / E _m
Plano útil	/	341	197	483	0.577
Suelo	20	276	200	344	0.726
Techo	70	69	54	90	0.782
Paredes (4)	50	164	52	425	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.250 m

Lista de piezas - Luminarias

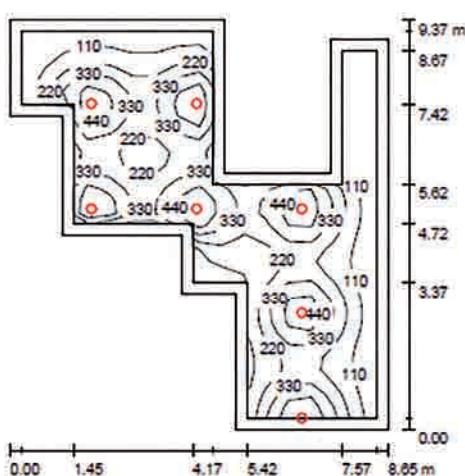
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS Coreline W60L60 1xLP1.0/840 PSU PC SOT (1.000)	2595	2595	27.8
		Total:	20760	Total:	20760 222.2

Valor de eficiencia energética: 5.38 W/m² = 1.58 W/m²/100 lx (Base: 41.30 m²)

B) Hall

En este caso se han realizado los estudios usando luminarias tipo downlight LED.

Hall tipo LuxSpace / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.625 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:121

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	254	4.18	550	0.016
Suelo	20	204	4.39	330	0.022
Techo	70	36	3.84	230	0.107
Paredes (15)	50	60	3.66	1727	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 16 Puntos
Zona marginal: 0.250 m

Lista de piezas - Luminarias

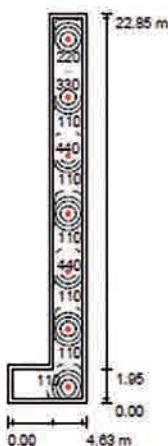
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	7	Philips BBS491 1xDLED-4000 (1.000)	2057	2260	33.5
			Total: 14396	Total: 15820	234.5

Valor de eficiencia energética: $4.96 \text{ W/m}^2 = 1.95 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$ (Base: 47.31 m^2)

C) Pasillos

También con downlights LED.

Pasillos LuxSpace / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.625 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux. Escala 1:294

Superficie	ρ [%]	E_m [kN]	E_{min} [kN]	E_{max} [kN]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	227	7.45	516	0.033
Suelo	20	168	10	248	0.060
Techo	70	27	8.62	197	0.325
Paredes (6)	50	53	8.60	160	/

Plano útil:
 Altura: 0,850 m
 Trama: 64 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0,250 m

Lista de piezas - Luminarias

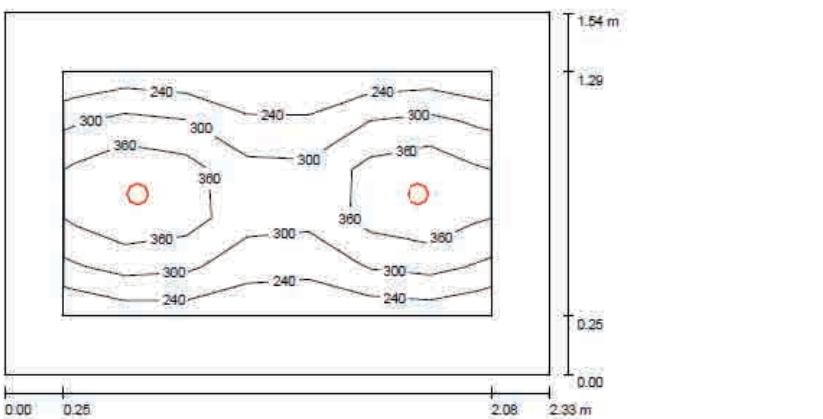
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	7	Philips BBS491 1xDLED-4000 (1.000)	2057	2260	33.5
		Total:	14396	Total:	15820
					234.5

Valor de eficiencia energética: $4.22 \text{ W/m}^2 = 1.86 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$ (Base: 55.62 m^2)

D) Aseos

En este caso, se plantean los estudios con luminarias similares a las que se montan con lámparas halógenas convencionales pero también usando tecnología LED.

Aseo pequeño tipo / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.570 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:20

Superficie	$\rho [\%]$	$E_m [lx]$	$E_{min} [lx]$	$E_{max} [lx]$	E_{min} / E_m
Plano útil	/	318	195	459	0.613
Suelo	20	184	93	252	0.502
Techo	70	21	16	24	0.752
Paredes (4)	50	48	17	99	/

Plano útil:

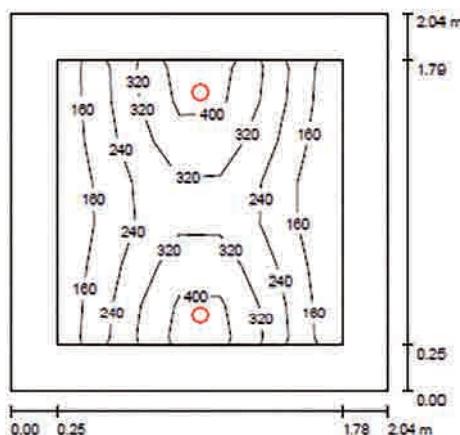
Altura: 0.850 m
Trama: 7 x 5 Puntos
Zona marginal: 0.250 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips RS110B 1xLED6-40-/840 (1.000)	638	638	13.4
			Total: 1276	Total: 1276	26.8

Valor de eficiencia energética: $7.47 \text{ W/m}^2 = 2.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.59 m^2).

Aseo mediano tipo / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.570 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:27

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{mn} / E_m
Plano útil	/	259	104	461	0.401
Suelo	20	166	67	250	0.406
Techo	70	21	15	27	0.735
Paredes (4)	50	43	16	151	/

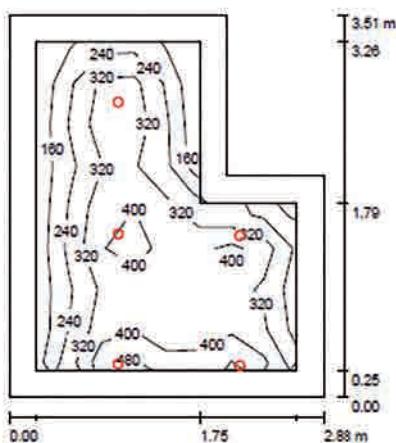
Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 7 x 7 Puntos
Zona marginal: 0.250 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips RS110B 1xLED6-40-/840 (1.000)	638	638	13.4
			Total: 1276	Total: 1276	26.8

Valor de eficiencia energética: $6.46 \text{ W/m}^2 = 2.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.15 m^2)



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.570 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:46

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	315	140	496	0.445
Suelo	20	225	55	342	0.244
Techo	70	30	19	44	0.645
Paredes (6)	50	55	20	271	/

Plano útil:
Altura: 0.850 m
Trama: 8 x 8 Puntos
Zona marginal: 0.250 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	Philips RS110B 1xLED6-40-/840 (1.000)	638	638	13.4
			Total: 3190	Total: 3190	67.0

Valor de eficiencia energética: $7.60 \text{ W/m}^2 = 2.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 8.81 m^2)

2.3.4.2. 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

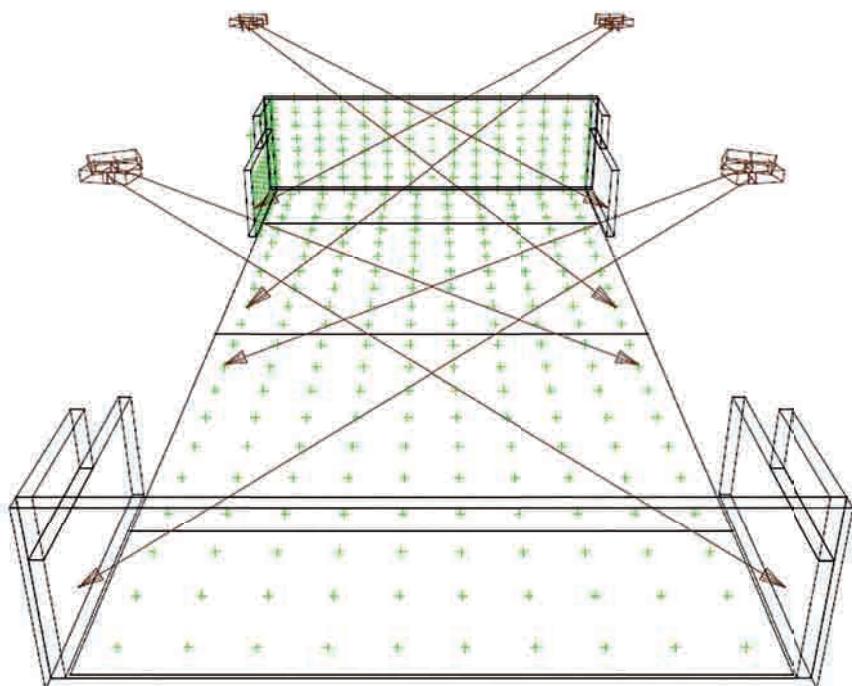
En pistas al aire libre se dispondrán los proyectores a una altura mínima desde el suelo de 6 m.

VISTA 3D

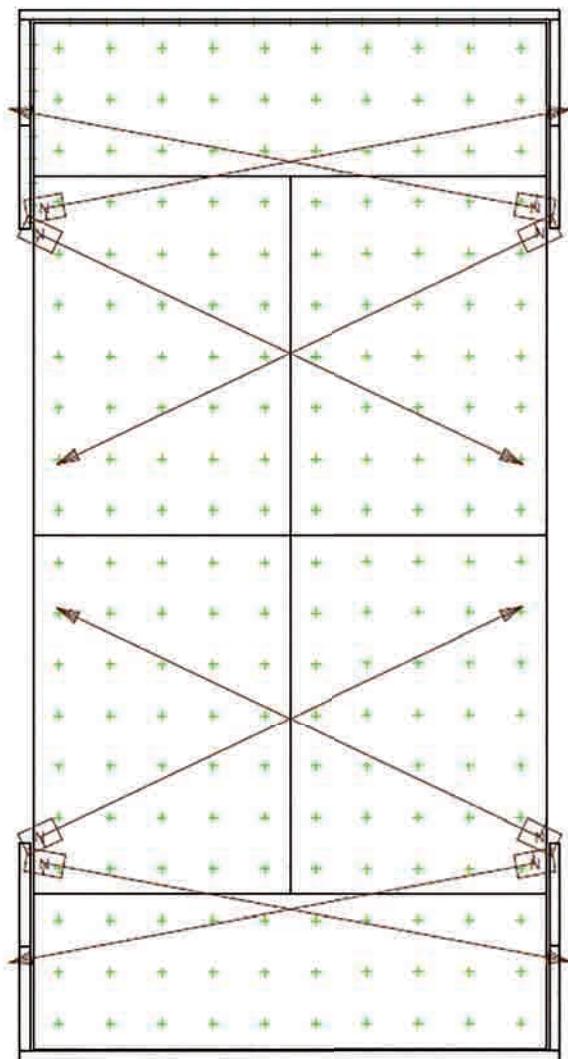
Ubicación: Exterior

Medidas: Largo 20 m

Ancho 10 m



VISTA SUPERIOR, APUNTAMIENTOS



Cálculos de (l)uminancia:

Cálculo	Encendido	Tipo	Unidad	Med Min	Med Mín/Máx
Padel	1	Iluminancia en la superficie	lux	243	0.64 0.54
pared frontal	2	Iluminancia en la superficie	lux	168	0.58 0.38
pared lateral	2	Iluminancia en la superficie	lux	80.2	0.21 0.14

Potencia total instalada: 1.32 (kW)

Número de luminarias por encendido:

Encendido	Código luminarias	Potencia (kW)
Entrenamiento	N 8	1.32

Proyector usado

El proyector, o luminaria de exterior, elegido tiene el reflector simétrico ya que ofrece una muy buena uniformidad en la pista de paddle. Se propone un proyector de **tecnología LED**.

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.

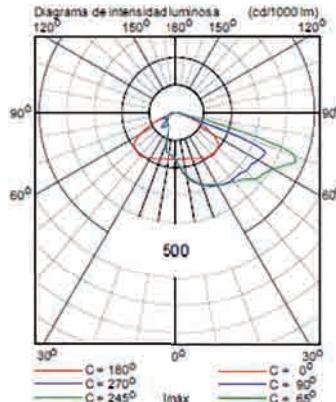
4.1 Luminarias del proyecto

OptiFlood LED
BVP506 GCA 1xECO181-2S/657 A/60



Coefficientes de flujo luminoso:

DLOR	: 0.84
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.84
Balasto	: NO
Flujo de lámpara	: 18108 lm
Potencia de la luminaria	: 164.8 W
Código de medida	: LVMB131100



Sistemas de control

Se pueden aplicar sistemas de control para incrementar el flujo luminoso de los proyectores en función del uso que se le vaya a dar a la pista: entrenamiento, competición, ...

Incluso se podría combinar con sistemas de detección de presencia para que sólo se enciendan cuando las pistas se vayan a utilizar. La interacción de los sistemas de control con los LED es realmente sencilla.

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.

2.3.4.3. 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

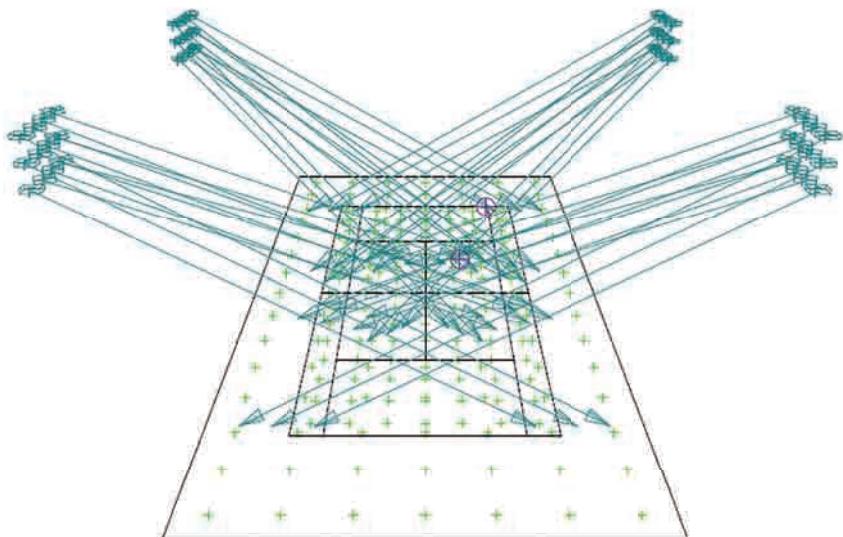
Ninguna luminaria deberá situarse sobre la pista extendiéndose hasta 3 metros detrás de las líneas de fondo para evitar deslumbramientos.

VISTA 3D

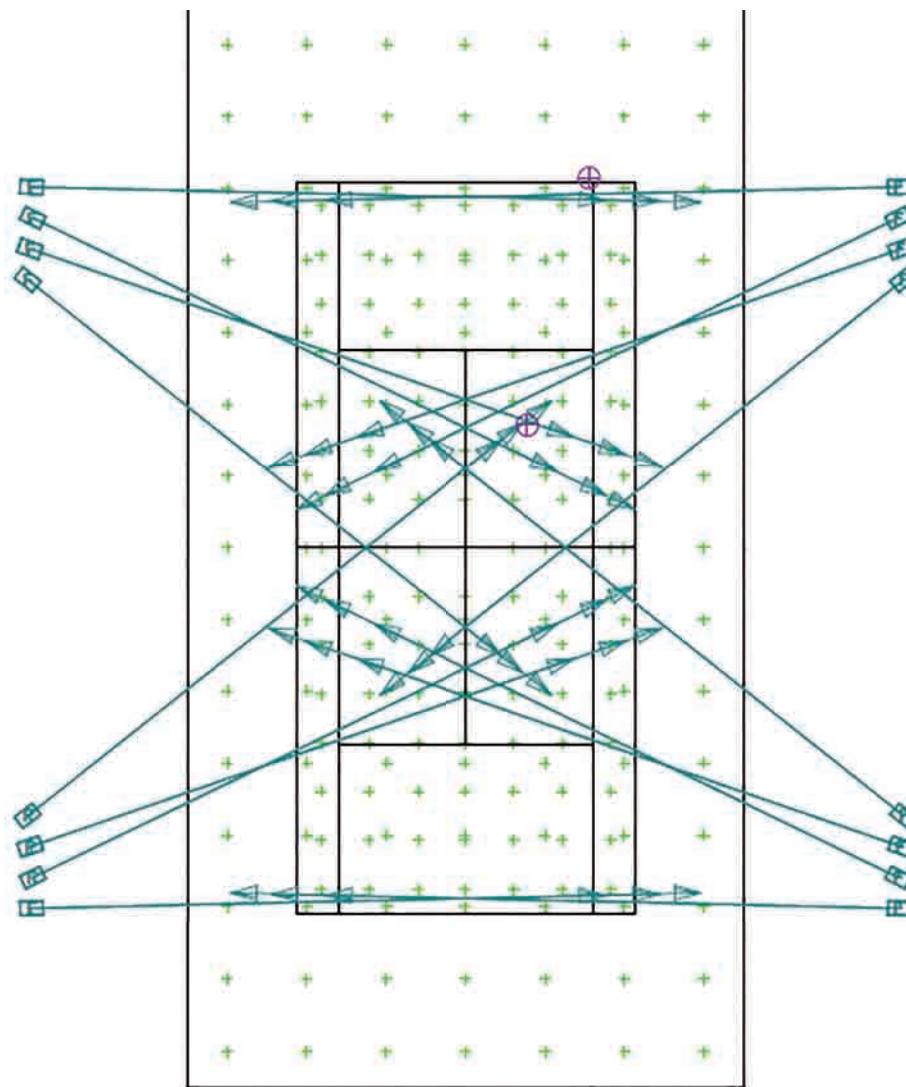
Ubicación: Exterior

Medidas: Largo 36,57 m

Ancho 18,29 m



VISTA SUPERIOR, APUNTAMIENTOS



Cálculos de (I)luminancia:

Cálculo	Encendido	Tipo	Unidad	Med Min	Med Mín/Máx
AJT Clase III	1	Iluminancia en la superficie	lux	207	0.71 0.56
AJP Clase III	1	Iluminancia en la superficie	lux	205	0.92 0.85

2.3 Luminarias del proyecto

Código	Ctd.	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Pot. (W)	Flujo (lm)
F	48	BVP506 GCA/60	1 * ECO181-2S/657	164.8	1 * 18108

Potencia total instalada: 7.91 (kW)

Número de luminarias por encendido:

Encendido	Código luminarias	Potencia (kW)
Clase II	F	5.27

Proyector usado

El proyector, o luminaria de exterior, elegido tiene el reflector simétrico ya que ofrece una muy buena uniformidad en la pista de paddle. Se propone un proyector de **tecnología LED**.

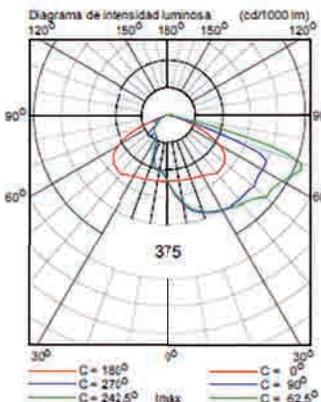
La elección de un proyector es importante cuando su uso va a ser en el exterior, porque hay que verificar su grado o índice de protección, mayor a IP 65, y el del equipo eléctrico al menos un IP 54. Si el uso fuera en interior tanto el proyector como el equipo eléctrico deben de cumplir un grado de protección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

4.1 Luminarias del proyecto

OptiFlood LED
BVP506 GC 1xECO181-2S/657 A/60



Coeficientes de flujo luminoso	
DLOR	: 0.83
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.83
Balasto	: NO
Flujo de lámpara	: 18108 lm
Potencia de la luminaria	: 164.8 W
Código de medida	: LVM1128002



Sistemas de control

Se pueden aplicar sistemas de control para incrementar el flujo luminoso de los proyectores en función del uso que se le vaya a dar a la pista: entrenamiento, competición, ...

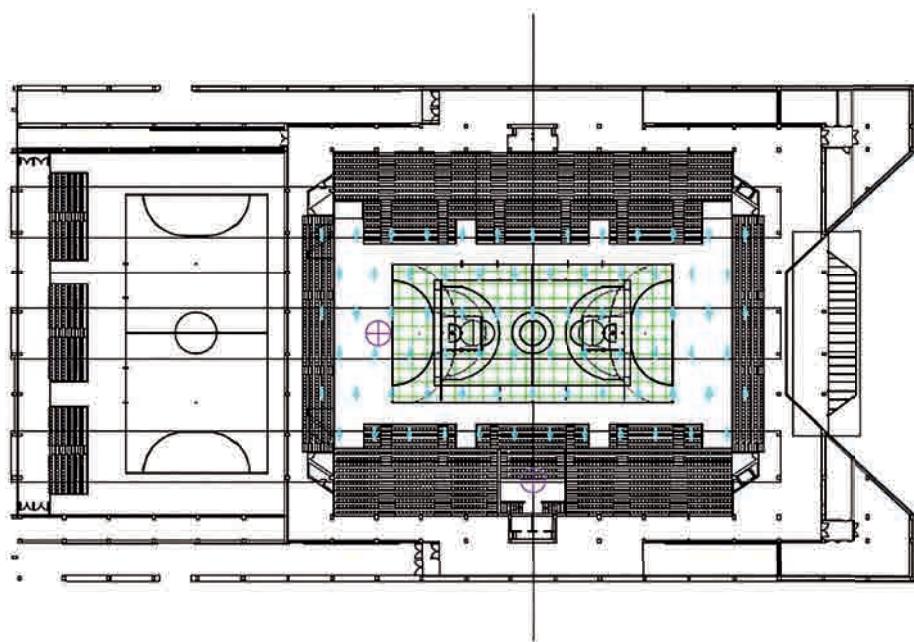
Incluso se podría combinar con sistemas de detección de presencia para que sólo se enciendan cuando las pistas se vayan a utilizar. La interacción de los sistemas de control con los LED es realmente sencilla.

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.

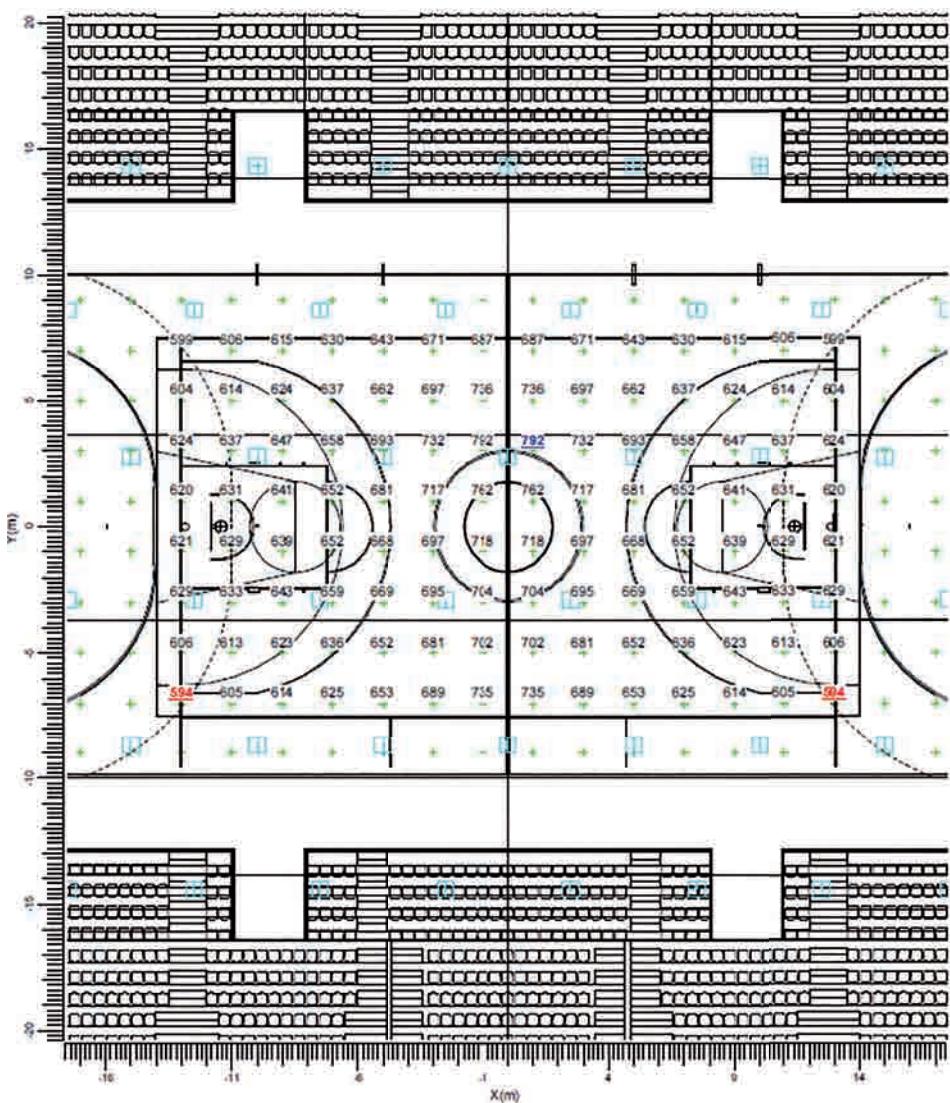
2.3.4.4. Pista polideportiva

Se adjunta a continuación imagen de la pista polideportiva a analizar. Más en concreto, se plantea un estudio para iluminar la pista de baloncesto, usando campanas de tecnología LED.

VISTA SUPERIOR DEL PROYECTO



VISTA SUPERIOR, RESULTADOS DEL CÁLCULO



Cálculos de (I)luminancia:	Encendido	Tipo	Unidad	Med	Mín	Med	Máx
Cálculo							
Baloncesto Clase II	1	Iluminancia en la superficie	lux	657	0.90	0.75	
Bimano/F.Sala Clase II	1	Iluminancia en la superficie	lux	634	0.89	0.71	

2.3 Luminarias del proyecto

Código	Ctdad.	Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Pot. (W)	Flujo (lm)
I	78	BY461P NB GC	1 * LED240S/740	292.0	1 * 23436

Potencia total instalada: 22.78 (kW)

Número de luminarias por encendido:

Encendido	Código luminarias	Potencia (kW)
LEDs.	78	22.78

Luminaria usada

Para este caso, se propone el uso de campanas con **tecnología LED**.

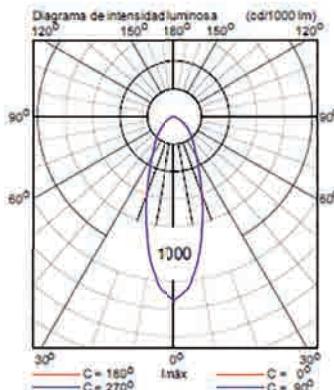
4.1 Luminarias del proyecto

GentleSpace
BY461P 1xLED240S/740 NB GC



Coeficientes de flujo luminoso

DLOR	:	1.00
ULOR	:	0.00
TLOR	:	1.00
Balasto	:	NO
Flujo de lámpara	:	23436 lm
Potencia de la luminaria	:	292.0 W
Código de medida	:	LVP0013000



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.

3.1. Introducción

Un concepto que pasa desapercibido por la sociedad, es la relación entre el consumo de agua y el de energía, sin ser conscientes que cuando se reduce la demanda de esta, se está haciendo paralelamente en la de la energía demandada para transportarla, tratarla, calentarla o depurarla, estando demostrado que su demanda genérica y a nivel estadístico puede implicar entre 10 y 14 kWh de energía por cada metro cúbico demandado.

Como se verá más adelante, la eficiencia energética en un centro deportivo, no puede obviar este capítulo tan importante de insumo de energía, y donde el agua, sólo se considera a nivel sanitario o de confort, olvidando que si se ejerce una política sostenible y medioambiental en el centro, no solo se ayuda a la sociedad y el medioambiente, si no también y de forma activa a la cuenta de resultados del centro.

Pocas inversiones son más interesantes que las que se van a mostrar en este capítulo, y que por norma general, se amortizan y generan beneficios en el mismo ejercicio de su implantación, generando grandes ahorros de por vida, y todo ello sin merma del confort, ni detrimento del servicio ofrecido.

Lógicamente, cualquier actuación habrá de plantearse desde el conocimiento de la situación existente, la tendencia, la necesidad, la capacidad de inversión y el futuro que se deseé para el centro; por lo que en primer lugar habrá que plantear la necesidad de realizar un diagnóstico de la situación de las instalaciones; utilizándose cada vez más especialistas externos que puedan dar una visión global de cómo se está, qué se podría hacer, con qué costes y resultados, y con qué beneficios, o si optar por un outsourcing energético que garantice los resultados desde el primer momento.

El Ayuntamiento de Madrid, a través de su «**Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid**» (B.O. Ayuntamiento de Madrid

22/06/2006 num. 5709 pag. 2410-2443) se hace eco de la demanda social y se posiciona como la primera gran ciudad del mundo que ataca la totalidad de las posibles actuaciones a realizar y utiliza la gestión de la demanda, como instrumento de la gestión integrada del agua en el Municipio, lo que le permite tener en consideración a todos los agentes y planificar una política estratégica de crecimiento sostenible para toda la ciudad.

Pero sin olvidar a los grandes consumidores (donde se podrían encuadrar a muchos gimnasios y centros deportivos), legislando en la materia y obligándoles a instalar medidas correctoras del consumo de agua. (Desde el mes de julio del año 2006, está en vigor en el municipio de Madrid, una ordenanza que obliga a cualquier establecimiento industrial, comercial o de servicios cuyo consumo sea igual superior a 10.000 m³ anuales, deberán disponer un Plan de Gestión Sostenible del Agua que contenga las proyecciones de uso, la identificación de áreas para la reducción, reciclado, reutilización de agua o aprovechamiento de aguas pluviales y las medidas de eficiencia a aplicar, en el que se especifiquen las metas de conservación y el cronograma de actuaciones previsto).

Además, para cualquier inmueble, cualquiera que sea su uso, será obligatoria la instalación de sistemas de fontanería economizadores de agua o de reducción de caudal en grifos, duchas y cisternas. Además, en edificios de uso público será obligatoria la instalación de temporizadores en los grifos o bien de griferías electrónicas en las que la apertura y cierre se realiza mediante sensores de presencia que permitan limitar el volumen de descarga a un litro.

Las duchas deberán disponer de griferías termostáticas de funcionamiento temporizado. Asimismo, los inodoros deberán estar dotados de grifería de tiempo de descarga temporizado de tipo fluxor o similar y los urinarios de grifería automática con accionamiento a través de sensor de presencia. En cualquier caso, los volúmenes de descarga se ajustarán a valores mínimos, garantizando el correcto funcionamiento.

No sólo la localidad de Madrid dispone de normativas de uso y gestión sostenible del agua, infinidad de ayuntamientos como el de Alcobendas (pionero en España), Alcalá de Henares, Collado Villalba, Torrelodones, etc. disponen de normativas similares, y en estos últimos días se están realizando infinidad de acciones y actuaciones para animar directa e indirectamente al ciudadano a cuidar y hacer un uso racional del agua que poseemos.

3.2. ¿Por qué ahorrar agua?

El agua es un elemento esencial para el bienestar, pero actualmente y por desgracia, se asocia el mayor consumo de ésta, a un mayor nivel de vida. Recientemente, está creciendo la sensibilidad sobre estos temas, sobre todo por las noticias, las restricciones y cortes, que algunas poblaciones empiezan a sufrir, debido a los altos niveles de consumo y una sequía latente.

Según datos publicados, del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el año 2010, se suministraron a las redes públicas de abastecimiento 4.581 hm³ de agua.

El consumo medio se situó en 144 litros por habitante y día, un 3,2% menos que en el año anterior. La siguiente grafica muestra la demanda por comunidades autónomas en el año 2010:

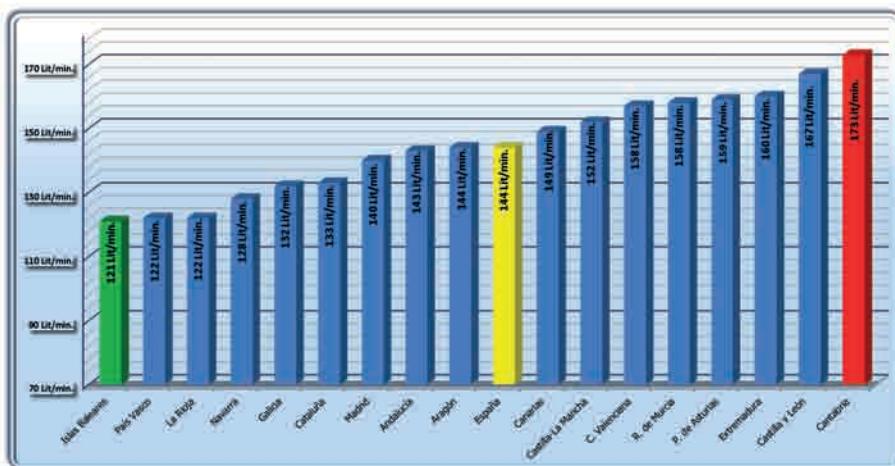


Figura 1. Consumo medio por habitante y día en las distintas regiones de España.

En la siguiente tabla se ve la evolución del consumo de agua por comunidades autónomas 2004-2010 (datos oficiales del INE).

TABLA 1. Consumo medio por habitante y día en las distintas regiones de España. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Región:	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
Islas Baleares	121 Lit/ min.	127 Lit/ min.	139 Lit/ min.	136 Lit/ min.	150 Lit/ min.	139 Lit/ min.	142 Lit/ min.
País Vasco	122 Lit/ min.	126 Lit/ min.	139 Lit/ min.	125 Lit/ min.	129 Lit/ min.	140 Lit/ min.	150 Lit/ min.
La Rioja	122 Lit/ min.	131 Lit/ min.	151 Lit/ min.	152 Lit/ min.	148 Lit/ min.	145 Lit/ min.	141 Lit/ min.
Navarra	128 Lit/ min.	135 Lit/ min.	131 Lit/ min.	126 Lit/ min.	128 Lit/ min.	134 Lit/ min.	144 Lit/ min.
Galicia	132 Lit/ min.	139 Lit/ min.	146 Lit/ min.	142 Lit/ min.	159 Lit/ min.	152 Lit/ min.	155 Lit/ min.
Cataluña	133 Lit/ min.	132 Lit/ min.	139 Lit/ min.	151 Lit/ min.	150 Lit/ min.	162 Lit/ min.	174 Lit/ min.
Madrid	140 Lit/ min.	145 Lit/ min.	144 Lit/ min.	150 Lit/ min.	148 Lit/ min.	159 Lit/ min.	171 Lit/ min.
Andalucía	143 Lit/ min.	156 Lit/ min.	157 Lit/ min.	158 Lit/ min.	176 Lit/ min.	195 Lit/ min.	189 Lit/ min.
Aragón	144 Lit/ min.	148 Lit/ min.	150 Lit/ min.	143 Lit/ min.	150 Lit/ min.	153 Lit/ min.	162 Lit/ min.
España	144 Lit/ min.	149 Lit/ min.	154 Lit/ min.	157 Lit/ min.	160 Lit/ min.	166 Lit/ min.	171 Lit/ min.
Canarias	149 Lit/ min.	141 Lit/ min.	157 Lit/ min.	154 Lit/ min.	141 Lit/ min.	145 Lit/ min.	147 Lit/ min.
Castilla-La Mancha	152 Lit/ min.	146 Lit/ min.	155 Lit/ min.	163 Lit/ min.	166 Lit/ min.	174 Lit/ min.	179 Lit/ min.
C. Valenciana	157 Lit/ min.	174 Lit/ min.	189 Lit/ min.	186 Lit/ min.	185 Lit/ min.	171 Lit/ min.	178 Lit/ min.
R. de Murcia	158 Lit/ min.	166 Lit/ min.	159 Lit/ min.	166 Lit/ min.	166 Lit/ min.	162 Lit/ min.	161 Lit/ min.
P. de Asturias	159 Lit/ min.	165 Lit/ min.	177 Lit/ min.	185 Lit/ min.	184 Lit/ min.	180 Lit/ min.	172 Lit/ min.
Extremadura	160 Lit/ min.	163 Lit/ min.	158 Lit/ min.	187 Lit/ min.	183 Lit/ min.	173 Lit/ min.	178 Lit/ min.
Castilla y León	167 Lit/ min.	162 Lit/ min.	153 Lit/ min.	154 Lit/ min.	147 Lit/ min.	160 Lit/ min.	172 Lit/ min.
Cantabria	173 Lit/ min.	180 Lit/ min.	188 Lit/ min.	189 Lit/ min.	201 Lit/ min.	191 Lit/ min.	187 Lit/ min.

Por otra parte los precios o costes del agua han ido aumentando progresivamente su valor, (un 142% 1999-2009, lo que significa una media incremental anual superior al 9,6%).

TABLA 2. Incremento anual progresivo del coste del agua en la provincia de Madrid.

Madrid	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Precio m ³ agua	0,68 €	0,69 €	0,76 €	0,81 €	0,86 €	1,00 €	1,09 €	1,27 €	1,28 €	1,57 €	1,67 €
% incremento anual	1,47%	10,14%	6,58%	6,17%	16,28%	9,00%	16,51%	0,79%	22,66%	6,37%	

En la actualidad y con datos analizados por el autor, la demanda de agua en Madrid se está equilibrando o manteniendo y las subidas en estos últimos años han sido menores, cifrándose el coste medio a nivel profesional en **1,987 €** el metro cúbico.

Este capítulo se centra en la eficiencia de instalaciones de ACS y AFCH, pues son generales a cualquier tipo de edificación, gimnasio, centro o instalación deportiva, pretendiendo centrar el tema y aportar una serie de posibles puntos de actuación, o una especie de catálogo de soluciones.

Hoy en día, hay sistemas y tecnologías de alta eficiencia, 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, produciendo, por lo tanto, un menor gasto de reutilización.

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

Al considerar la energía utilizada para producir, bombeo, tratar y distribuir el agua por la red desde su origen, así como el posterior calentamiento, acumulación y bombeo, es posible afirmar que esta oscila en el orden de los **12,84 kWh/m³**.

Si lo traducimos a datos de CO₂, serían unos **6,29 Kg. de CO₂**¹. Esta tesis es más conservadora que otras, como la del Ente Público del Agua de la Región de Murcia, que cifra las emisiones de CO₂ en 14 Kg. de CO₂ por m³ de agua.

Con una simple y sencilla cuenta, cualquiera puede calcular las emisiones provocadas por el consumo de agua, simplemente mirando la factura del agua y multiplicando el consumo por la cifra antes indicada, pudiendo calcular también la disminución de las mismas, si realiza actuaciones para economizar ésta. Sin entrar en tesisuras de razonamientos y siendo todo lo conservadores que deseen sobre los ejemplos aquí planteados, es óbice que la demanda de energía en el ciclo integral del agua es realmente alta.

3.3. ¿Cómo ahorrar 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.

Como ejemplo por su elevado confort y ahorro, los Perlizadores (los Reductores y los Economizadores de agua) están ampliamente extendidos en los países del norte de Europa, y ya se están utilizando desde el año 1995 aquí en España en campañas municipales, hoteles, residencias, hospitales, gimnasios y empresas españolas, principalmente en las zonas costeras e insulares.

Este tipo de equipos tienen por objetivo reducir drásticamente el consumo de agua en el establecimiento, tanto en agua fría como caliente.

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

¹ CO₂: Valor que sale de utilizar un valor medio de las posibles energías disponibles en el calentamiento del agua en caldera, más el porcentaje de electricidad utilizada = 490 g/kWh.

3.3.1. Planes de acción, para ahorrar agua y energía

La toma de decisión, o la primera decisión de «**hacer algo**» parte de la toma de postura, lo cual suele venir precedida de haber tenido la necesidad de minimizar los consumos, los costes, o haber tenido cortes, o situaciones insostenibles. La decisión de realizar un plan o un programa de reducción del consumo, conlleva el planteamiento de distintos objetivos, entre los que se podrían destacar los siguientes:

- ✿ Disminuir el agua requerida en procesos, optimizando la utilización de la misma.
- ✿ Reducir los consumos adyacentes de energías derivadas de su utilización, como por ejemplo la energía utilizada para calentarla, etc. y disminuir los consumos de fuentes de energía fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, realizando un efectivo aporte a la sostenibilidad.
- ✿ Obtener una mejor imagen pública del centro, lo que la posiciona y diferencia del resto de la oferta del gremio, siendo muy apreciado por determinados sectores, como signo de calidad y responsabilidad.
- ✿ Cumplir la legislación medioambiental en todo momento y, en la medida de lo posible, adelantarse a las disposiciones legales de futura aparición.
- ✿ Y por último, la reducción de costes, permitiendo un mejor aprovechamiento de dichos recursos económicos en otras áreas más necesitadas.

Lógicamente, lo natural sería el desarrollar una ordenanza y si no al menos realizar un plan de gestión sostenible para cada inmueble, edificio o instalación, con los puntos mínimos a desarrollar, que se muestran a título de ejemplo, a continuación:

«PLAN DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA»

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO

- Antecedentes y datos del edificio.
- Distribución de la demanda por usos.
- Estudio de dotaciones por unidad de consumo y día.
- Compromiso de la dirección.

DESCRIPCIÓN DE REDES Y ZONAS CONSUMIDORAS DE AGUA

- Acometidas y redes de distribución.
- Uso sanitario.
- Piscinas.
- Baldeo.
- Instalaciones contra incendios.
- Otros consumos de agua.

RECUPERACIÓN DE PLUVIALES

VERTIDOS

DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

- Estructura, responsabilidades y organigrama.

PLANIFICACIÓN

- Puntos de control de la demanda.
- Red de saneamiento.
- Programación.

IMPLANTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

- Estructura y responsabilidades.
- Formación, sensibilización y compromiso profesional en el uso responsable del agua.
- Comunicación.
- Gestión del proceso y evaluación de proveedores.
- Control operacional y plan de emergencia.
- Control de la documentación.

COMPROBACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA

- Control, gestión y seguimiento de los recursos y vertidos.
- No conformidades y acciones correctivas y preventivas.
- Registros, auditorías y revisiones.

CRONOGRAMA DE ACTUACIONES y CUADRO DE INVERSIONES

ANEXOS, PLANOS, CERTIFICADOS,....

Este documento sentará las bases de actuación, planificará los recursos y posibilitará el lograr los objetivos planteados en eficiencia y ahorro, estableciendo los controles adecuados y las posibles desviaciones, en los plazos marcados.

Un buen plan de gestión marcará y determinará los compromisos a desarrollar y que lógicamente serán supervisados cada dos años, por una compañía o ente externo especializado, pudiendo ser solicitadas las auditorias de control por el órgano competente del Ayuntamiento.

La no existencia de un plan, puede llevar implícitas sanciones de entre 600 y 1.500 €, con independencia, de otras acciones que se puedan derivar de la misma.

3.4.Tecnologías y 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 (en cuanto a ACS y AFCH, se refiere).

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 contradictorias las distintas normativas existentes, ya que, por ejemplo un monomando de lavabo ecológico, de última generación que consuma 3,7 ó 4,6 litros por minuto, no podría comercializarse, cuando por otra parte por ejemplo en la región de murcia, se prohíbe mediante un R.D. el que el equipo consuma más de 5 litros por minuto.

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

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

Las tecnologías existentes permiten acelerar el agua, y crear turbulencias, que mejoran el confort al generar una sensación de hidro-masaje por turbulencias, consumiendo mucha menos agua que con los sistemas tradicionales.

Existen equipos y accesorios para incorporar a cualquier grifería, las cuales pueden ofrecer consumos de entre 2 y 6 litros por minuto y que en función de su utilización, no sacrifican el confort y pueden generar ahorros de hasta el 85% sobre el consumo tradicional de un grifo, y todo ello a bajo coste y pudiéndose utilizar tanto en griferías nuevas, como en la ya existentes, veamos en el siguiente grafico las curvas de consumo, según los equipos y tecnologías utilizadas:

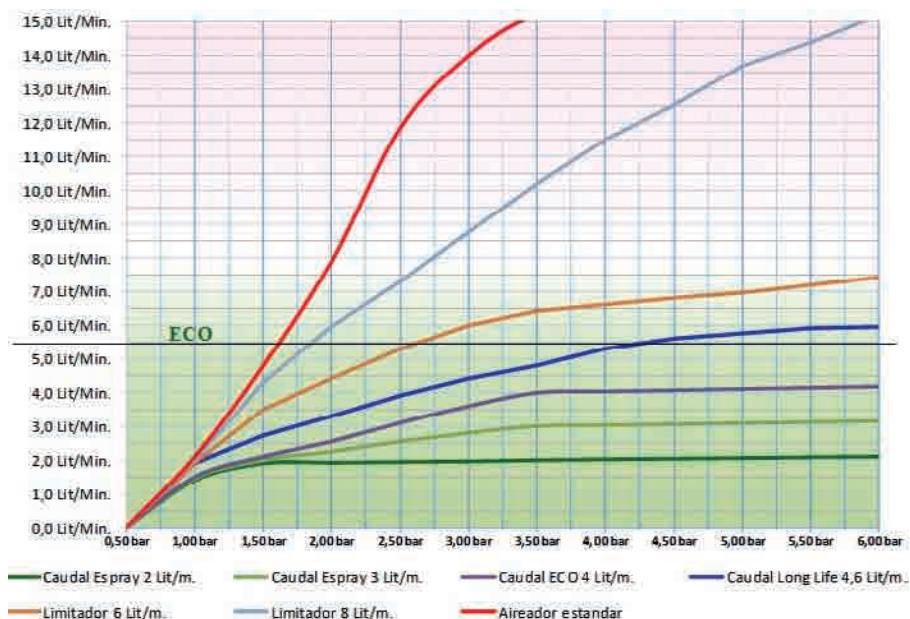


Figura 3. Consumos de griferías normales y ecológicas con perlizadores.

En el caso de los grifos, éstos suelen llevar de serie un filtro para evitar las salpicaduras, (rompeaguas o aireadores), y la simple sustitución, por otro eficiente y ecológico, nos permitirán ahorrar y ser más eficientes 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.

3.5. Clasificación de equipos

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

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

La siguiente información, pretende recoger la gran mayoría de las tecnologías existentes a modo de guía básica de las más difundidas, y las que son más eficaces, aunque puedan resultar desconocidas. (No estando todas las existentes).

3.5.1. Grifos monomando tradicionales

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

El hecho de que el agua que se utiliza en un grifo monomando sea fría, no quiere decir que ésta no contenga agua calentada. (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 (con freno de apertura). Como se puede apreciar en la figura 4, 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.



Figura 4. 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.

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



Figura 5. Perlizadores de distintos caudales y modelos.

3.5.2. Grifos termostáticos

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

Es habitual el desconocimiento de este tipo de equipos, salvo en su utilización en las duchas y bañeras, cuando en el mercado hay soluciones con grifería para lavabos, bidet, fregaderos, duchas con temporización, con activación por infrarrojos, o fregaderos de activación con el pie, o antebrazos, resultando la solución ideal, aunque requieren una mayor inversión, su rendimiento economizador es para toda la vida.

Por otra parte aportan al centro y a los usuarios un mayor nivel de calidad, confort y seguridad, estando recomendado especialmente en todos aquellos centros donde se corra el riesgo de que el usuario pudiera quemarse por un uso inconsciente del equipo (Centros de asistencia, residencias, etc.).

3.5.3. Grifos electrónicos de activación por infrarrojos

Son posiblemente los más ecológicos, pues ajustan la demanda de agua a la necesidad del usuario, activando el suministro e interrumpiéndolo según esté o no presente el usuario. Está demostrado que el ahorro que generan es superior al 65-70%, en comparación a uno tradicional; siendo ideales, cuando se utilizan dos aguas, pues el coste del suministro de agua caliente hace que se amortice mucho más rápido que con agua fría solamente. El coste de este tipo de equipos varía en función del fabricante y la calidad del mismo. Existen dos técnicas muy parecidas de activación automática por detección de presencia: infrarrojos y microondas, principalmente.

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 por ejemplo el caso de los lavabos más del 65% de ahorro, e incluso el 78%, 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, 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.



Figura 6. Grifería electrónica minimalista por infrarrojos, de dos aguas.

Hay variaciones que abaratan las instalaciones de obra nueva con estas tecnologías, las cuales consisten en centralizar la electrónica y utilizar electro válvulas, 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. (Se recomiendan principalmente donde el uso es muy elevado, más de 80-100 utilizaciones diarias).

3.5.4. 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. (Ofrecerá un caudal aparentemente mayor, con mucha menos agua, y siendo más eficaz con el jabón líquido, que suele ser el más usado en centros públicos).
- ✿ Temporización ajustada a demanda (6-8 segundos en lavabos y 25"- 30" en duchas).
- ✿ Cabezales intercambiables, anti-calcáreos de fácil mantenimiento.
- ✿ Anti-bloqueo, para lugares problemáticos o con problemas de vandalismo.
- ✿ Anti-golpe de ariete, en lugares con problemas de presión.
- ✿ De accionamiento o pulsación suave, para ser utilizado por niños o mayores.

También será vital que dispongan de certificaciones, distintivos o ensayos que demuestren que los consumos del mismo, están dentro de los parámetros que se podrían denominar «Ecológicos» y que para cada uno de los distintos tipos de consumo, el caudal de agua a suministrar por **ciclo o pulsación** será de:

- ✿ De 0,2 a 0,6 litros para el caso de los lavabos.
- ✿ De 3,0 a 4,1 litros para las duchas.
- ✿ De 1,5 a 6,0 litros para los inodoros.
- ✿ De 0,3 a 0,9 litros para los pulsadores temporizados de urinario.



Figura 7. 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.

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

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

3.5.5. Fluxores para inodoros y vertederos

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

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

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

El mayor consumo de estos equipos y algunos problemas de suministro suelen venir dados por factores muy concretos: 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, encontrándonos que los tiempos de actuación y los caudales suministrados son excesivos. Incluso superiores a los 14 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.



Figura 8. Pistones ecológicos para fluxores y fluxores de doble pulsador.

Existen, en empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro, unos Eco-pistones especiales, figura 8, 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 (figura 8), permitiendo la descarga parcial o completa dependiendo de la zona del pulsador que se accione, siendo la solución ideal, para obras nuevas o de reforma, y sobre todo en los aseos de mujeres. (Pues éstas utilizan el inodoro para micciones y deposiciones, requiriéndose mucha menos agua para el primer caso que para el segundo).

3.5.6. Regaderas, cabezales y mangos de duchas

A la hora de economizar agua en la ducha, suele ser más fácil actuar sobre la salida del agua, que sobre la grifería. Con algunas de estas técnicas puede actuarse sobre duchas de activación temporizada, pero que utilizan regaderas o cabezales normales, conjugando el suministro optimizado de la salida del agua, con el cierre temporizado de la misma. (Bastando el cambio del cabezal para disminuir el consumo como mínimo en un 20%).

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



Figura 9. Duchas Ecológicas de Alta Eficacia, (hidro-masaje por turbulencias).

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 de hidro-masaje por turbulencias, que posibilitan ahorros de hasta el 60% aumentando el confort y la calidad del servicio ofrecido. Suelen ser más costosos, pero generan mucho más ahorro y duran toda la vida.
- ✿ No hay que olvidar que estos componentes, son el 50% del equipo, y una buena selección de la alcachofa o mango de ducha, generará muchos ahorros, pero si se combina con un buen grifo, la mezcla será perfecta. Por lo que en función de a qué tipo de servicio va dirigido el equipo, habrá que valorar si se monta en combinación con un monomando, un pulsador

temporizado, un termostático, o un grifo o sistema por infrarrojos, lo que posibilitará que la eficiencia se incremente sustancialmente.

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



Figura 10. Distintas duchas y accesorios para economizar agua y energía.

3.5.7. Inodoros (WC)

El inodoro es el sanitario que más agua consume en la vida cotidiana, o a nivel doméstico, siendo el más utilizado en hoteles, residencias y en casi cualquier entorno residencial, aunque por el valor del consumo energético, estén todos los demás por delante de éste. Su descarga media (estadística), suele estar en los 9-10 litros, aunque existen versiones americanas o con fluxores antiguos, que llegan a los 14 litros por descarga.

Los inodoros de los aseos de habitaciones y/o de aseos de señoritas se utilizan tanto para micciones como para deposiciones, lo que hace que si el sanitario no dispone de elementos para seleccionar el tipo de descarga, ésta sea igual tanto

para retirar sólidos, como para retirar líquidos, cuando éstos sólo necesitarían un 20 o 25% del agua del contenido del tanque.

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

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

Casi la totalidad de los fabricantes que ofrecen cisternas o tanques empotrados, ofrecen en éstos la opción de mecanismos con doble pulsador, algo altamente recomendable, pues por cada día se suele ir una media de 5-6 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 bajaría en más del 50%, respecto a un inodoro con sólo descargas completas.

TABLA 3. Ejemplo comparativo de los consumos y los costes de las distintas tipologías de sistemas de descarga existentes .

Tipos de Inodoro	Consumo al:		Consumo Total ¹	Incremento de Consumo Sobre Equipos Ecológicos	Coste del Agua ² Consumo Anual
	Día	Año			
Fluxor tradicional, alta presión.	280 Litros	102.200 Litros	102,20 m ³	289%	193,16 €
Fluxor moderno a baja presión.	240 Litros	87.600 Litros	87,60 m ³	233%	165,56 €
Tradicional 9 Litros / Tirador-Pulsador	180 Litros	65.700 Litros	65,70 m ³	150%	124,17 €
Tradicional 6 Litros / Pulsador	120 Litros	43.800 Litros	43,80 m ³	67%	82,78 €
Tradicional 9 Litros / Doble Pulsador	108 Litros	39.420 Litros	39,42 m ³	50%	74,50 €
Tradicional 6 Litros / Doble Pulsador	72 Litros	26.280 Litros	26,28 m ³	0%	49,57 €
Fluxor con doble pulsador y limitador	72 Litros	26.280 Litros	26,28 m ³	0%	49,57 €
Eco-Inodoro WC-Air	30 Litros	10.950 Litros	10,95 m³	-58%	20,70 €

¹ Según cálculo de demanda de una familia media de 4 personas, con un uso de 4 micciones y 1 deposición, por persona y día.

² Según el precio medio del agua en la Comunidad de Madrid.

Lógicamente esta demanda es a nivel estadístico, por lo que perfectamente se puede afirmar que se ahorrará más del **40-50%** del consumo del centro o edificio, con cualquiera de las medidas de sustitución a un sistema de doble pulsador o ecológico.

3.5.8 Nuevas técnicas sin agua

Hoy en día existen tecnologías que permiten eliminar la necesidad de utilizar el agua para procesos sanitarios, como es el caso de los mingitorios, o urinarios, los cuales se utilizan tres veces más que los inodoros y que son un gran foco de consumo, utilizados por la población masculina, la cual no siempre hace un uso correcto del mismo.

En la actualidad podemos encontrar urinarios secos, sin necesidad de utilizar o consumir agua. Su tecnología consiste en una serie de cartuchos donde se recoge la orina, la cual atraviesa un líquido aceitoso que actúa a modo de trampa de olores, sellando los posibles gases de evacuación o desagüe y evitando los malos olores de las micciones.

En la siguiente figura podemos ver su funcionamiento e imagen de unos de los modelos más utilizados en el mercado americano.



Figura 11. Mingitorio seco, (no requiere agua para su funcionamiento).

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

Este mantenimiento requiere una revisión cada cierto tiempo en función del uso del mismo, para reponer la parte de líquido sellante que pudiera haberse perdido o deteriorado y la sustitución del cartucho cada otro cierto tiempo, siendo éste bastante más alejado (según algunos fabricantes cada año).

3.5.9. Tecnología para las redes de distribución

El consumo de agua y la energía derivada de su calentamiento se ve muy afectado por los circuitos de reparto, tanto en su diseño, protección, diámetro, caudal y, por supuesto, por la presión de trabajo, lo que hace que todos estos factores juntos influyan extraordinariamente en la gestión del agua y, por lo tanto, en el consumo adecuado o excesivo.

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 escaldeamientos con la misma; la composición ideal sería introducir un Mezclador Termosfático, con aporte de retorno, como en el esquema de la figura 12, 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.

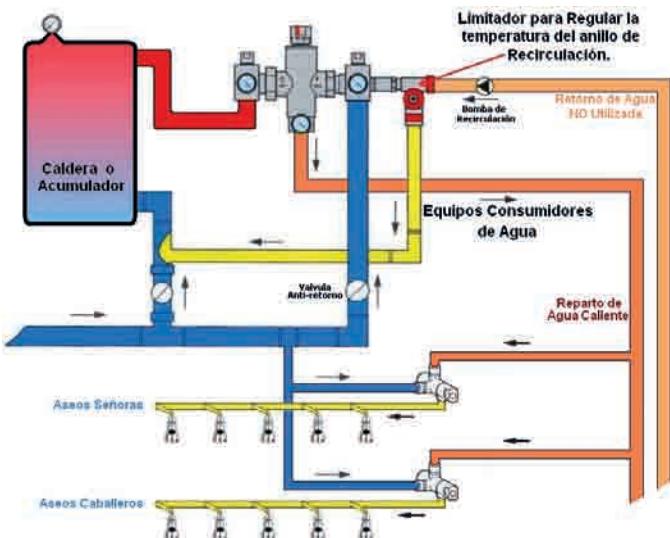


Figura 12. Circuito optimizado, termostatización de ACS con anillo de recirculación.

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.

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, por esperar a que salga a la temperatura que el usuario desea.

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

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 pre-

sión 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 por minuto a 1,5 bar, unos 16 litros a unos 2,5 bares y unos 18,5 litros por 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 en 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 aparte 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.

Por último, no se debe olvidar que una mala protección o recubrimiento inadecuado o inexistente de la red de distribución de agua caliente, puede generar pérdidas superiores a un 10% del rendimiento del circuito, por lo que su protección correcta y adecuada y un mantenimiento adecuado, serán claves para reducir la factura energética del centro.

3.5.10. Ahorro de energía en grupos de Presión

La energía utilizada en procesos de bombeo o presurización del agua, es muy significativa, y casi nadie se acuerda de estos fantasmas energéticos presentes en casi la totalidad de las instalaciones, ocultos en un rincón, que solo vemos cuando algo pasa, falla o nos quedamos sin agua, en el centro.

Sus instalaciones de bombeo tienen unos costes ocultos que no siempre se tienen en cuenta a la hora de valorar el coste real del sistema, y la eficiencia del mismo y la mayoría de las bombas instaladas son demasiado grandes para el trabajo que deben desempeñar. Además, la mayoría de los motores que se eligen para hacerlas funcionar son inefficientes y, a menudo, funcionan a máxima potencia independientemente de los requisitos puntuales.

En realidad, la mayoría de los motores para bombas sólo necesitan funcionar a velocidad máxima el 5%² del tiempo. De esta forma se desperdicia una cantidad enorme de energía todos los días. Al sustituir los sistemas de bombeo se producirá una mejora inmediata y, en muchos casos, la amortización se logrará en unos pocos años, al cabo de los cuales el nuevo sistema proporcionará ahorros netos.

Si sus instalaciones poseen más de 10-12 años; si ha sufrido problemas con las mismas, o si no disponen de sistemas electrónicos de control de velocidad, variadores, o su utilización en tiempo o forma es muy elevada, es muy recomendable hacer una análisis o auditoria de las mismas, ya que es muy fácil y habitual conse-

² Según COMMISSION REGULATION (EC) N° 640 del 22 de julio de 2009.

uir ahorros de más del **20 al 30%** del consumo existente, y su amortización, rara vez supera los **24 meses**, generando ahorros energéticos de por vida y mejorando el confort y disminuyendo los costes de mantenimiento.

El bombeo de agua corriente y la eliminación de agua residual son dos necesidades básicas de la sociedad moderna. Y para mantener el nivel de confort al que estamos acostumbrados, se debe generar mucha presión. En demasiados casos se mantiene esta presión incluso cuando no es necesaria. Es decir, las bombas están desperdiando agua y energía muy valiosa.

Además existen compañías especializadas, que les permiten disfrutar de todos los beneficios implementando nuevos equipos que disminuyen el consumo y que se abonan mediante *Renting operativo*, facilitando y externalizando en profesionales este tipo de servicios.

Dos tercios de todas las bombas instaladas hoy en día son poco eficientes y consumen hasta un 60%³ de exceso de energía. Con su sustitución se lograría un importante ahorro económico.

3.6. Consejos generales para economizar agua y energía

En salas de calderas y distribución:

- * Mandar inspeccionar la caldera periódicamente, revisando 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.

³ Almeida, Anibal T. et al; EuP Lot 11 Motors Final Report, University of Coimbra, diciembre de 2007, pág. 68.

- ✿ La revisión debe incluir una comprobación de la eficiencia de combustión y el ajuste de la proporción aire/combustible del quemador para obtener la eficiencia óptima.
- ✿ Indicar al técnico que maximice la eficiencia de la caldera y que le presente una hoja de ensayos con los resultados. El coste aproximado puede oscilar entre los 100 y 200 € por caldera.
- ✿ Estudiar la posible instalación de un termómetro en la chimenea. La caldera necesita limpiarse cuando la temperatura máxima de los gases en la chimenea aumente más de 40 °C sobre la del registro del último servicio. El coste aproximado es de unos 40 €.
- ✿ Ajustar las temperaturas de ACS para suministrar agua en función de la temperatura de cada época del año.
- ✿ Aislarn 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 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 prendas, utensilios y toallas.
- ✿ Las toallas, sábanas o trapos viejos se pueden reutilizar como trapos de limpieza. No se emplearán servilletas o rollos de papel para tal fin, pues se aumenta la cantidad de residuos generados.
- ✿ Utilizar trapos reciclados de otros procesos y absorbentes como la celulosa usada, para pequeñas limpiezas y productos como la arena o el serrín, para problemas de grandes superficies.
- ✿ No utilizar las mangueras para refrescar zonas, pues si están muy calientes se evaporará el agua muy rápidamente y los cambios bruscos de temperatura, pueden crear problemas de dilatación.

- ✿ No barrer canchas descubiertas con mangueras; utilizar cepillos de amplias dimensiones en seco.

No hay mejor medida economizadora o medioambiental, más respetuosa, que aquella que no consume; limitemos las demandas a lo estrictamente necesario. (No habrá que preocuparse de cómo ahorrar, si no se consume).

En resumen: Todas las inversiones propuestas a nivel de consumo sanitario, suelen ser muy rentables, de hecho por la experiencia del autor, lo normal es que se amorticen en el mismo ejercicio por los ahorros de agua y energía generados y en menos de dos años, si sólo se considera el consumo de agua ahorrada.

4.1. Introducción

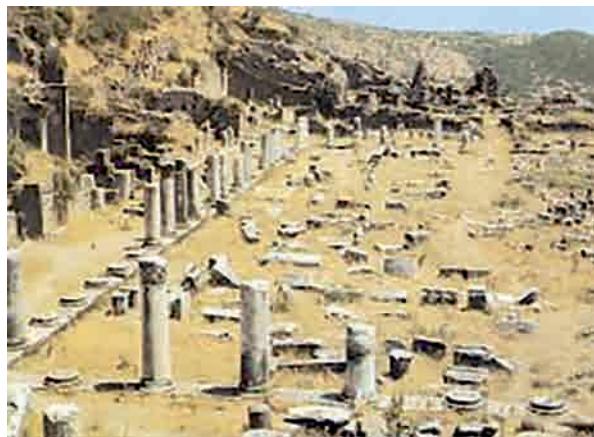


Figura 1. Un antiguo gimnasio y termas helenísticas. Fuente: www.sofiaoriginalis.com.

En nuestra cultura, con raíces en la Grecia o Roma antiguas tenemos arraigado el deporte como un modo de superación y bienestar, que ahora está al alcance de toda la población

Ingentes cantidades de agua caliente o fría, para unos pocos usuarios, a un coste elevado era la característica común de los «gymnasium» de la antigüedad. Hoy día, la característica fundamental de los sistemas de climatización para gimnasios es mantener las condiciones óptimas para el desarrollo de la actividad física más intensa que puedan desarrollar los usuarios. Las cargas térmicas sensible y latente debidas a ocupación, pasan a un lugar predominante.

El otro requisito fundamental, es la abundancia de agua a la temperatura ideal, y termina por definir la calidad percibida por el cliente.

Pero a ambas exigencias debe añadirse la premisa del menor coste posible, es decir ahorro sin renunciar a confort, tanto para proporcionar la climatización como el Agua Caliente Sanitaria. La práctica deportiva en centros especializados, constituye un potencial de negocio para cubrir una necesidad creciente, una actividad de empresa, que ha de rentabilizarse con los menores costes de explotación posibles.

Para conseguir que se cumplan las condiciones de confort, las unidades terminales y climatizadores encargados de combatir la carga térmica generada por la instalación o las pérdidas de calor de la misma, han de proporcionar la energía necesaria en los locales climatizados, y esta energía llega a los puntos de consumo como agua fría y agua caliente.

Los caudales de agua destinados a estos cometidos deben ser los correctos, sin sobrecaudales y sin subcaudales, y a la temperatura adecuada. En esto consiste la primera condición para un correcto equilibrado hidráulico:

4.1. Conseguir los caudales de diseño en todos los consumidores

La normativa es clara al respecto, el RITE establece la necesidad de equilibrado de las instalaciones hidráulicas, único medio para conseguir que circulen los caudales de diseño, por todos y cada uno de los terminales.

En la aplicación a gimnasios, el equilibrado hará llegar agua caliente sanitaria en caudal y temperatura adecuados, agua fría para proporcionar la refrigeración idónea, a través de climatizadores que controlan la temperatura y la humedad del ambiente, y el agua para calefacción del sistema de radiadores o climatizadores.

4.2. El equilibrado como medida de ahorro energético

Una instalación, a caudal constante o variable de agua, consume más energía cuando está desequilibrada. El desequilibrio provoca un importante exceso de caudal en las unidades más cercanas a la bomba de circulación, mientras que las más lejanas o más desfavorecidas por su propia pérdida de presión, reciben poco caudal, según la fórmula básica:

$$q = Kv \times \sqrt{\Delta p}$$

, siendo **Kv** la característica del circuito (la capacidad para dejar pasar más o menos caudal de agua, según esté construido), y **Δp**, la presión disponible en el circuito. Por dar una referencia, la presión atmosférica es aproximadamente igual a 1 bar, (10 metros de columna de agua, o 101,3 kPa), mientras que las bombas de circulación proporcionan usualmente entre 10 y 30 m.cd.a (de 100 a 300 kPa).

El impacto del desequilibrio en el consumo es muy grande. Si para solventar el problema de las unidades terminales que no reciben su caudal de diseño por estar en zonas desfavorecidas, se aumentase el caudal de la bomba, se provoca un gran consumo de la bomba ya que es proporcional al caudal q y a la altura manométrica ΔH :

$$\text{Consumo} \sim q \times \Delta H$$

Además, los usuarios de zonas desfavorecidas tienden a establecer puntos de consigna en sus reguladores de temperatura más elevados en invierno y más bajos en verano, provocando aumentos en el consumo de entre un 7% y un 12% en calor, y un 15% y un 18% en modo frío por cada grado de temperatura de diferencia. El símil en un gimnasio sería tener frío en la piscina climatizada y tener un excesivo calor en la zona de «cardio».

El equilibrado de la instalación consiste en añadir pérdidas de presión calculadas en los circuitos más favorecidos (iguales a las diferencias en longitud más las diferencias entre los diversos elementos) para conseguir los caudales de diseño en todos y cada uno de las unidades terminales.

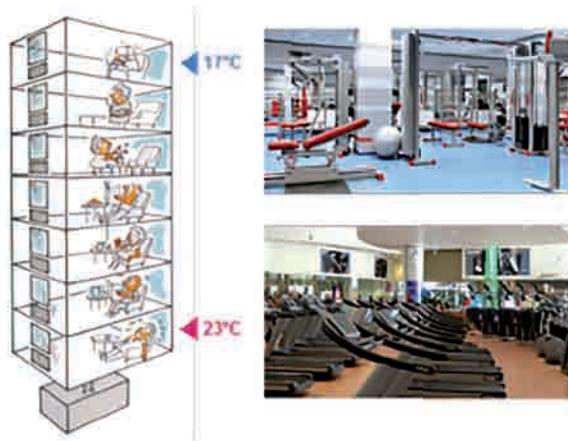


Figura 2. Sin equilibrado no hay confort, una forma menos saludable de sudar la camiseta. Fuente: Holidaygym.

Como es lógico ello debe realizarse con las mínimas pérdidas de carga posibles en las válvulas de equilibrado, es decir, una muy pequeña pérdida de presión de 3 kPa (recordemos para la válvula de equilibrado del circuito más desfavorable (para poder medir con buena precisión) y en las demás válvulas la diferencia respecto a la más desfavorable.

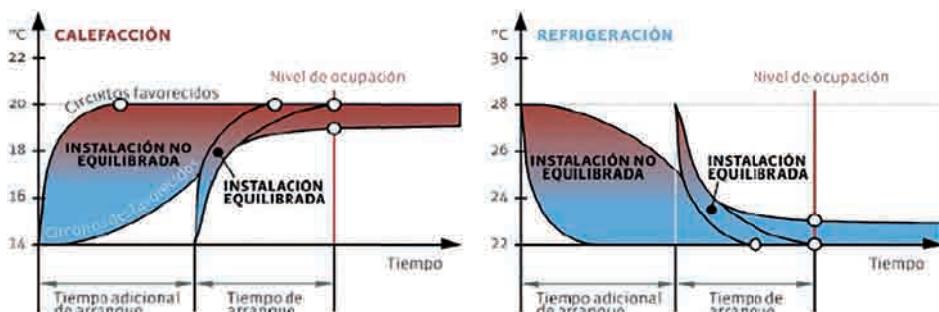


Figura 3. Tiempo de puesta en marcha de sistemas equilibrados respecto a sistemas con desequilibrio hidráulico. Una instalación desequilibrada debe arrancar más temprano, aumentando el consumo.

El equilibrado permite optimizar la puesta en marcha de los locales. Si la instalación está desequilibrada, el tiempo de puesta en marcha se alarga innecesariamente, creando la necesidad de arrancar con gran anticipación el sistema para evitar la falta de confort de los usuarios. La instalación equilibrada arranca y se pone a régimen en un tiempo más corto ahorrando horas de operación al sistema de refrigeración o calefacción.

4.3. El Equilibrado en la instalación de ACS

Hay algo todavía más molesto que la larga espera hasta que llega el agua caliente a nuestra ducha en un gimnasio: es más molesto y peligroso un chorro repentino de agua helada, seguido de agua casi a temperatura de escaldado. Ambos son síntomas de un deficiente equilibrado y control hidráulico de la instalación.

En una red de distribución desequilibrada, el agua pierde temperatura entre intervalos de uso, además de oscilar ésta en función del grado de demanda. En ambos casos el servicio es deficiente, ocasionando un derroche de agua y energía: con frecuencia es preciso esperar con el grifo abierto la llegada de agua

caliente y aun así, su temperatura fluctúa. Pretender solucionarlo aumentando el caudal de circulación y su temperatura, conlleva a mayores pérdidas de calor sin corregir la disparidad de temperaturas entre los distintos puntos de consumo.

El equilibrado hidráulico de una instalación de A.C.S. permite mantener constante la temperatura del agua en todos los puntos de consumo, cumpliendo la normativa contra la proliferación de la legionella.

El tratamiento de los circuitos con productos germicidas (principalmente cloro) complementada con choques térmicos¹ son la mejor forma de lucha contra la bacteria, haciendo circular agua a alta temperatura 60º C durante un tiempo determinado, por ejemplo, de dos a cuatro horas en la madrugada.

Con objeto de mantener el agua a la temperatura de utilización debe generarse una circulación permanente en las tuberías cuya única finalidad es aportar las pérdidas caloríficas de la red mientras no haya consumo. La función de la bomba de circulación es garantizar este caudal mínimo q_1 .

Tomando como referencia el esquema de la figura 4, para que la temperatura del agua en los puntos A', B',...E' de retorno sea la misma, los respectivos caudales de agua deberán ir incrementándose con la distancia a la zona de producción y compensar así las mayores pérdidas de calor.

El RITE expresa de forma detallada como evaluar las pérdidas de calor, pero el CTE es más tajante. Se asigna un caudal mínimo en función del diámetro de tubería elegido, que han de pasar por cualquiera de los ramales (nunca inferior a 250 l/h). Además para evitar los depósitos de biofilm, se incrementa la velocidad de paso por cualquier tubería de retorno hasta los 1,5 m/s.

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

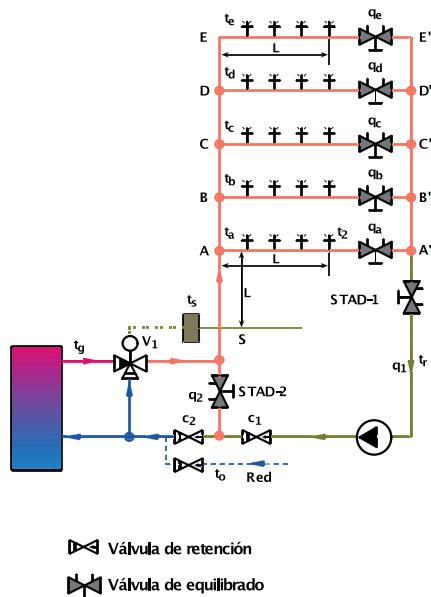


Figura 4. La bomba de circulación mantiene caudal un q_1 en la red mientras no hay consumo.

Sin embargo, si en los puntos de retorno no existe ningún dispositivo de ajuste correcto del caudal, por los más cercanos circulará un exceso de agua, en perjuicio de aquellos más alejados, a los que llegará fría, por insuficiente caudal, con la consiguiente pérdida de temperatura, favoreciendo la proliferación de la bacteria Legionella (si no se alcanzan los 50 °C).

Si se usan válvulas de equilibrado en los retornos como las que se ven en la figura 5, se cumple perfectamente este imperativo, ya que al ajustar los caudales se obtiene una temperatura uniforme en los retornos. Las válvulas de equilibrado manuales pueden sustituirse por termostáticas, reguladas para no dejar que la temperatura no caiga por debajo de 50 °C.



Figura 5. Válvula de equilibrado manual. A la derecha válvula de equilibrado termostática.

Volviendo al esquema de la figura 4, la válvula mezcladora de tres vías controla la temperatura de suministro del agua, por ejemplo 50 °C. Su grado de apertura depende de los valores relativos de las temperaturas de entrada de agua fría y agua caliente.

Normalmente se dimensiona en base a una pérdida de presión carga entre 30 y 50 kPa para el caudal máximo. Su controlabilidad para caudales pequeños es bastante mala. La válvula cierra y abre bruscamente, y por ello usuarios de «horas poco frecuentadas» sufren golpes de agua fría y caliente.

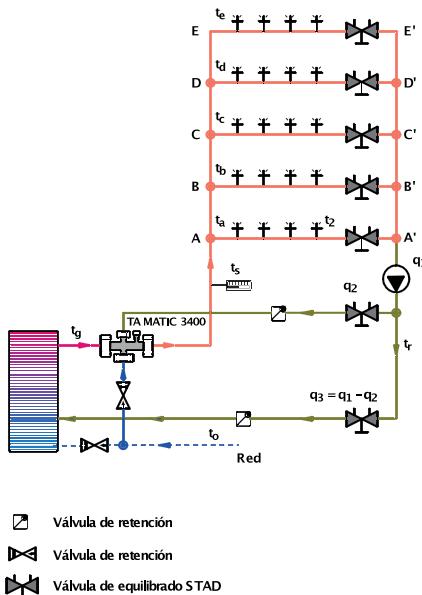


Figura 6. Instalación de ACS válvula termostática mezcladora con recirculación.

La válvula termostática mezcladora como la mostrada (figura 6) está diseñada exclusivamente para realizar, con tecnología mecánica, las funciones de las válvulas de control tres vías convencionales en las instalaciones de A.C.S. descritas en el párrafo anterior. El by-pass que es necesario realizar en éstas para el agua de circulación, lo poseen internamente este tipo de válvulas.

De este modo, el control de la temperatura del agua en el caso de haber poco consumo, es muy estable. En las mismas condiciones que el circuito de mezcla convencional anterior, el control se vuelve más preciso.

La pérdida de carga de la válvula TA-MATIC es superior a la de la red cuya temperatura controla. En consecuencia, su autoridad es elevada, tanto a pequeños caudales, como a máxima demanda. Las válvulas son ajustables, pudiendo elegir temperaturas de salida de consumo directo (por debajo de 45 °C para tramos muy cortos, recordemos el Real Decreto) o temperatura de red superior a 50 °C.

Se puede implementar un by-pass controlado por una válvula solenoide que se activa durante el periodo de pasteurización. Inyectará directamente el caudal de agua necesario para este realizar este proceso, sin tener que reajustar el punto de consigna de las estos elementos. Hay amplia utilización de este tipo de válvulas en múltiples centros deportivos en toda Europa.

4.4. Distribución a caudal constante frente a caudal variable

La disminución del precio de los sistemas de variación de frecuencia-velocidad de motores eléctricos ha popularizado su uso en todos los campos, incluyendo el sector de la climatización. La idea consiste en adecuar la velocidad de giro de la bomba a la demanda de energética, y, usando válvulas de dos vías, convertir los circuitos de distribución a caudal variable.

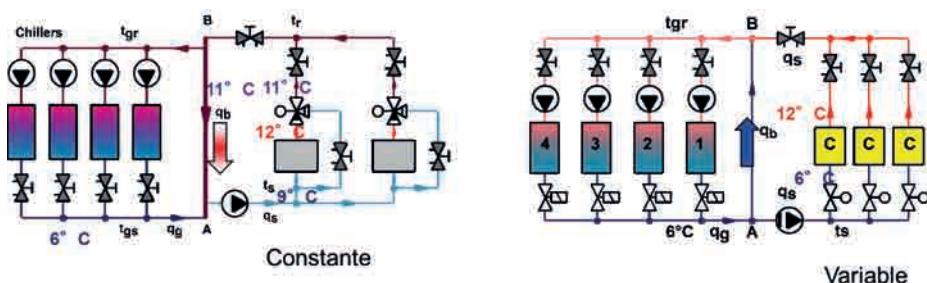


Figura 7. Instalación a caudal constante (válvulas tres vías) y caudal variable (válvulas de dos vías).

A continuación se definen ambos conceptos.

4.4.1. Distribución de agua fría o caliente a caudal constante

Se considera caudal constante en una instalación cuando cualquiera que sea la carga térmica, el caudal de agua permanece constante. Se consigue usando válvulas de control en los elementos terminales que cuenten con una derivación (by-pass) cuando no sea necesario que circule agua por el terminal que no registra demanda térmica. A este tipo de válvulas de control se las denomina válvulas de tres vías. Veamos consecuencias de la definición.

- ✿ El caudal es constante y la diferencia de presión (presión diferencial) creada por la bomba de circulación en cualquier punto de la instalación no varía con el tiempo.
- ✿ El caudal en el circuito de producción es siempre menor que en bucle de consumo. Esto conlleva que tanto las temperaturas de impulsión como de retorno de agua sean variables en el tiempo en cualquier punto de la instalación

4.4.2. Distribución de agua fría o caliente a caudal variable

Se considera caudal variable en una instalación cuando el caudal a través de las unidades terminales y a través de los ramales de distribución es variable en función de la carga térmica. Se consigue simplemente usando válvulas de control de dos vías, que corten o modulen el paso de agua.

Asimismo:

- ✿ El caudal es variable y ahora la diferencia de presión creada por la bomba de circulación varía en todos los puntos, incrementándose cuando baja el caudal.
- ✿ El caudal en el bucle de producción puede optimizarse para ser igual (no importa que sea mayor) que en el bucle de consumo. Esto conlleva que la temperatura de impulsión y de retorno de agua sean constantes en el tiempo.

Comparado con un sistema de distribución a caudal constante, el caudal variable presenta las siguientes ventajas:

1. La Temperatura de impulsión del agua es constante, mínima en frío y máxima en calor. Se adaptan los caudales de producción y consumo.

2. Como ventaja más valorada, el sistema de distribución a caudal variable de agua permite ahorrar energía de bombeo frente al de caudal constante. De una parte, por bombear solamente el caudal de agua que demanda la instalación y de otra, porque este sistema permite que la bomba nunca resulte sobredimensionada.
3. Como hemos visto, puede llegarse a las condiciones de confort más rápidamente, si la instalación está equilibrada.

4.4.3. Correcto diseño de una instalación de caudal variable

Para un correcto diseño de una instalación de caudal variable se han de considerar los tres condicionantes siguientes:

- ✿ **Caudal mínimo de las bombas.** En caudal constante la bomba trabaja siempre con el mismo caudal. En caudal variable, es necesario garantizar un caudal mínimo de protección de la bomba (que se refrigerará a partir del agua que pasa por ella). La solución puede ser dejar algunas válvulas a 3 vías, o poniendo una válvula de control al final de línea que abra cuando la frecuencia del control del variador reduzca a su vez las revoluciones de la bomba. La instalación de estos elementos al final de los ramales corrige el efecto mostrado en el punto siguiente.
- ✿ **Temperatura del agua en la red de distribución.** En caudal constante las pérdidas o ganancias de calor entre dos puntos de la instalación por transmisión en las tuberías suelen ser casi despreciables. En caudal variable, cuando se reduce el caudal en las tuberías, o cuando todas las válvulas de control de los terminales de un ramal cierran totalmente, el agua se «estanca» en ese ramal, resultando en una elevación o disminución de la temperatura. Al abrir de nuevo las válvulas puede transcurrir un tiempo hasta que los terminales reciben agua con la temperatura adecuada. El volumen de agua estancada conlleva un gasto energético al tener que ser enfriado o calentado nuevamente.
- ✿ **Variaciones de la presión diferencial.** El agua atraviesa un circuito o un terminal con el caudal adecuado si existe a la entrada de éste la diferencia de presiones, según la primera fórmula. El dimensionado de la bomba de circulación tiene en cuenta la pérdida de presión de las tuberías hasta puntos alejados.

En caudal variable, la presión diferencial aplicada a los circuitos es variable, ya que como el caudal que circula por las tuberías es variable, también lo es la pérdida de presión en ellas.

Si $q = Kv \times \sqrt{\Delta p}$, cuando $q' = q/2$ es decir solamente están abiertos la mitad de los terminales se tiene:

$$\Delta p' = \Delta p \times (q/2 / q)^2 = 1/4 \Delta p$$

Y si $q'' = q/10$ (solo 10% abiertos) entonces $\Delta p'' = 1/100 \Delta p$

La presión trasladada a un terminal será

$$\Delta H_{\text{terminal}} = \Delta H - (1/100 \Delta p),$$

Es decir se transmite prácticamente toda la presión de la bomba ΔH a los últimos terminales. La presencia del sensor de presión diferencial o su ubicación no modifican este hecho, es inherente a la reducción del caudal. Esto crea problemas de controlabilidad (lo que se denomina, baja autoridad); la válvula abre y cierra aleatoriamente generando ruidos, y costándole mucho cerrar contra esa elevada presión. No obstante, este posible problema puede ser fácilmente evitado con el uso de estabilizadores de presión en ciertos puntos (verticales, plantas, etc.) de la instalación.

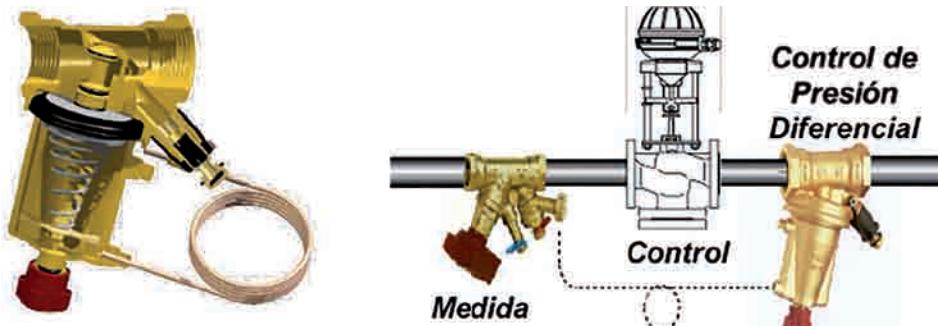


Figura 8. Estabilizadora de presión. Su aplicación sobre una válvula de control.

4.4.4. Presión diferencial estable

En este punto cabe definir una segunda condición hidráulica:

Conseguir que la presión diferencial sea estable, y no afecte a la capacidad de control de las válvulas.

En gimnasios se han aplicado con éxito estabilizadores de presión diferencial, normalmente en montantes o ramales. Mantienen una presión diferencial constante en los puntos donde se instalan, independientemente de las variaciones de presión diferencial que puedan existir aguas arriba de ellas, y hacen que las variaciones de la presión sobre las válvulas de control de los circuitos terminales (fancoils o radiadores) sean mucho menores.

Con la bomba recibiendo la frecuencia máxima de 50 Hz, se ajustan los estabilizadores de los respectivos circuitos, hasta que, circule por la válvula de medida, el caudal de proyecto. Midiendo en la más alejada, se determina la velocidad de rotación (frecuencia) óptima y la altura manométrica ΔP_M que comanda la bomba.

Otra posibilidad con reducido coste es la instalación es usar controladores de presión diferencial ya integrados en la válvula de control, locales según se muestra en la figura inferior. Las válvulas no son mucho más grandes que las convencionales, pero la sencillez de su selección (sólo basta conocer el caudal) está haciendo cada vez más frecuente su uso.



Figura 9. Válvulas de control y equilibrado con estabilización de presión. De izquierda a derecha, válvulas para fancoils hasta válvulas para grandes climatizadores de salas de ejercicios.

Con esta técnica la válvula de control nunca resulta sobredimensionada puesto que el caudal de diseño se consigue siempre con la válvula totalmente abierta. La autoridad de la válvula es siempre muy elevada. Como los caudales son correctos en cada unidad terminal, no se requiere ningún procedimiento de equilibrado ni otras válvulas en otros puntos.

La experiencia del autor con instalaciones de este tipo de válvulas en varias instalaciones deportivas, incluyendo varios grandes gimnasios, es muy positiva. Si

además incorporan posibilidad de medir caudal y presión (las mostradas cuentan con esta posibilidad) permiten no sólo el ajuste, sino también el diagnóstico del circuito, como se haría con válvulas de equilibrado.

4.5. Control de caudal y temperatura en radiadores

En gimnasios, los radiadores siguen siendo los emisores de calor preferidos para atemperar los locales en invierno, calentar duchas y vestuarios, etc.. Evitan la condensación en cristalerías y calientan vestuarios y duchas, pero no obstante, el control de caudal de radiadores suele estar desajustado, y no permiten otra acción que «cerrar manualmente». El confort y sobre todo el coste de explotación se ven afectados por esta falta de control.

Las Directivas Europeas abogan por el uso obligatorio de cabezales termostáticos en radiadores. Su efecto en el ahorro es impactante. Un estudio de la Universidad de Dresden muestra un ahorro de energía que se estima en un 28%, cuando se comparan el uso de válvulas termostáticas de radiador con las válvulas manuales totalmente abiertas.

No obstante las consideraciones sobre la presión diferencial tienen plena validez. Sin el control de presión, el cierre de válvulas de radiador crea sobrecaudales y ruidos.

En instalaciones de gimnasio de medio tamaño, podría usarse una nueva tecnología: el control automático del caudal del radiador, combinado con el cabezal termostático. Es simple de regular, fiable y económico.

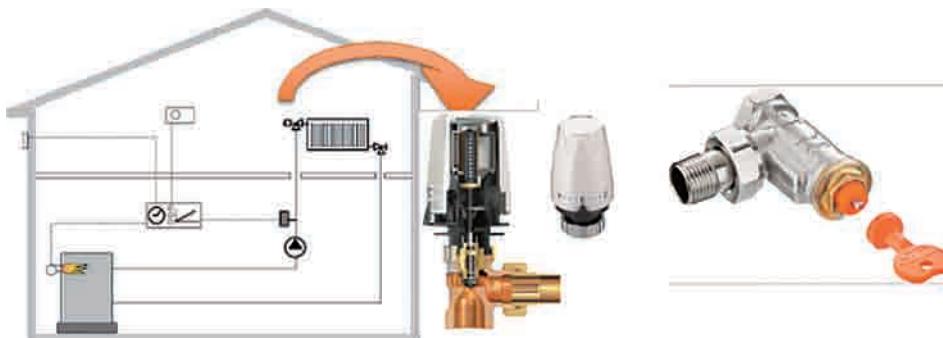


Figura 10. Válvulas termostatizables para radiador y cabezales termostáticos. A la derecha válvula de radiador con regulador automático de caudal.

Cada radiador llevará incorporada una válvula termostatizable² con limitador de caudal. De acuerdo a los cálculos térmicos, el caudal se puede fijar con la llave que se muestra, y sólo resta enroscar el cabezal termostático, que puede regularse a la temperatura adecuada.

Existen además cabezales de alta resistencia, antivandálicos y bloqueables por el mantenedor, para que el usuario manipule de forma limitada, en vestuarios, hall, duchas de uso multitudinario.

4.6. Conclusiones

En general, el consumo de bombeo del sistema de caudal constante es un 12% del consumo total de climatización siendo entre un 14% y un 18% del consumo de refrigeración, y entre un 4% y un 7% del consumo de calefacción. La reducción de los mismos gracias al equilibrado tiene por tanto un impacto importante en el consumo global.

En el caso de ACS de gimnasios, el ahorro de energía y agua es tremadamente significativo al usar los elementos de equilibrado de la recirculación y el control termostático, consiguiendo además el adecuado nivel de confort (sin esperas ni cambios en la temperatura) y cumpliendo las normas para el tratamiento contra la Legionella.

La Directiva Europea EUP¹, obliga a usar bombas de alta eficiencia a partir de 2015, Los fabricantes de bombas recurren a variadores de frecuencia ya integrados, para conseguir el rendimiento prescrito.

Es decir, se están poniendo las bases para que incluso en instalaciones de caudal constante se usen variadores, y se conseguirá un importante ahorro al evitar el exceso de altura de bomba

Los controladores locales de presión diferencial mostrados en este capítulo permiten optimizar la potencia de bombeo, aprovechando plenamente la implementación del variador; facilitan el equilibrado y mejoran la autoridad de las válvulas de control.

² Consulten los planes de renovación de elementos termostáticos de la Comunidad de Madrid

El cuadro muestra una cuantificación del ahorro basado en ejemplos reales:

Resumen de ahorro de bombeo respecto a sistemas de caudal constante	Ahorro (%)
Uso de Bomba con variador. Caudal Constante en el sistema	17%
Bomba caudal variable. ΔP cte con estabilizadores de presión.	50%
Idem, Caudal variable ΔP cte, Sensor remoto	60%

La instalación de válvulas de control con estabilización de presión, es un recurso para reformar gimnasios dónde se quiera abordar la transformación de caudal constante a caudal variable, sin tener que afectar al trazado de tuberías. Se sustituyen las viejas válvulas de control de tres vías por los nuevos dispositivos, proveyendo finales de ramal con válvulas de tres vías, para el caudal mínimo de la bomba.

Ese sería también el caso de reemplazo de viejas válvulas de radiador. La Consejería de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid tiene en marcha varios programas para la reforma de instalaciones de calefacción, dado el ahorro de energía que se puede conseguir.

Las salas de calderas, los medidores de consumo, las válvulas de radiador y los cabezales termostáticos son objeto de atención de estos programas, ofreciendo guía y soporte económico, que pueden ser aplicables, a la explotación de gimnasios y centros deportivos.

Bibliografía

1. «Control Handbook», Per Göran Persson, Tour & Andersson AB 1992
2. «L'Equilibrage Hydraulique Global», R.Petitjean, Tour & Andersson 1983
3. Código técnico de la Edificación.
4. ASHRAE Hand book of HVAC Applications. : ASHRAE Inc, N.York,
5. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
6. «Real decreto sobre prevención de Legionella».
7. Manual de Aire Acondicionado Carrier, Carrier Corp. Barcelona 1983.

Deshumectación con bomba de calor y recuperación de calor en gimnasios y piscinas

5.1. Introducción

Las necesidades de recuperar el calor son especialmente importantes en los recintos de los gimnasios y de sus piscinas cubiertas. En estos locales, donde se dan altas tasas de ocupación, elevadas cargas latentes y mayores concentraciones de efluentes orgánicos y químicos, las tasas de renovación de aire son importantes, y se hace especialmente significativa la necesidad de recuperar calor del aire de extracción, tanto en funcionamiento de refrigeración, de calefacción, como de producción de agua caliente sanitaria (ACS), con requerimientos elevados de esta última, por la necesidad de disponer de aseos y duchas para los usuarios.

En el presente capítulo, se revisarán las técnicas de recuperación de calor empleadas en la climatización de gimnasios y en la de sus spas.

El proceso de climatización de una piscina cubierta, es, principalmente, un proceso de deshumectación. Las técnicas de deshumectación mediante compresión mecánica empleando bombas de calor, han demostrado sus ventajas en términos de eficiencia energética por su mayor capacidad de recuperación de calor^{1,2}, además de otras muy deseables en este tipo de instalaciones como son su compactidad y facilidad de instalación.

Las pequeñas piscinas cubiertas de los gimnasios y spas urbanos presentan características que hacen que sus necesidades de deshumectación sean diferentes de las de las grandes piscinas cubiertas municipales. Es por ello, que se va a prestar especial atención al proceso de cálculo y diseño de una instalación para el tratamiento del aire en una piscina cubierta de un spa urbano. Se analizarán las particularidades que exige el elevado ratio de humedad generada por volumen del local y se mostrarán los ahorros conseguidos por la recuperación de calor mediante la deshumectación con bombas de calor.

¹ JOHANSSON L., WESTERLUND L. (2001). Energy savings in indoor swimming-pools: comparison between different heat-recovery Systems. *Applied Energy* 70 (2001) 281-303

² SUN P. et al. (2010). Analysis of indoor environmental conditions and heat pump energy supply systems in indoor swimming pools. *Energy and Buildings* 43 (2011) 1071-1080

5.2. Sistemas de recuperación de calor en gimnasios y piscinas

5.2.1. Recuperación de calor en los equipos de climatización

En el presente apartado se van a describir distintos sistemas para recuperar el calor tanto en los equipos que climatizan las salas de aparatos y demás locales del gimnasio, como en los recintos de sus spas y piscinas cubiertas.

5.2.1.1. Recuperación activa del aire de extracción en equipos aire-aire

Es bien conocida la técnica de recuperación activa que se emplea en los equipos autónomos de climatización. Dicha técnica se basa en el empleo de un circuito frigorífico adicional que emplea un intercambiador de calor ubicado en la corriente de aire de extracción (figura 1). Esta técnica está descrita en la guía "Ahorro y Recuperación en Instalaciones de Climatización" publicada por el IDAE.³

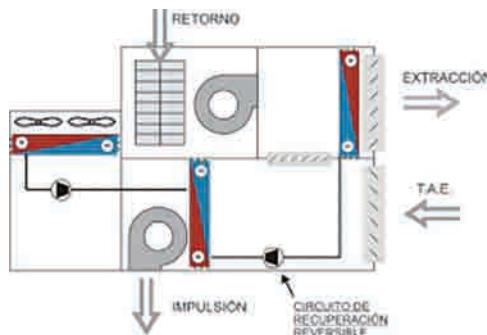


Figura 1. Esquema de funcionamiento de un equipo autónomo/roof-top con un circuito de recuperación activa. Fuente: CIAT.

En funcionamiento en invierno, el calor del aire de extracción se aprovecha accionando el circuito de recuperación reversible en modo "calor", es decir, disponiendo el intercambiador de la corriente de aire de extracción como evaporador. En funcionamiento en verano, se consigue una capacidad frigorífica adi-

³ GUÍA TÉCNICA AHORRO Y RECUPERACIÓN DE ENERGÍA EN INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN. IDAE. Autor: J. Rey, A. Maillo. ATECYR. 2010.

cional accionando el circuito de recuperación reversible en modo “frío”, es decir, disponiendo el intercambiador de la corriente de aire de extracción como condensador. Así, el circuito trabajará con una eficiencia muy elevada, al ser la temperatura del aire de extracción menor que la del aire exterior. El incremento de eficiencia es tal, que en climatologías con veranos severos pero no extremos, se consigue satisfacer la demanda de refrigeración con menor consumo energético que incluso empleando otras técnicas de recuperación.

5.2.1.2 Recuperación de calor para producción de ACS

Los gimnasios son locales con elevadas cargas internas (intensa ocupación con alto metabolismo), por lo que la demanda térmica mayoritaria a lo largo del año es la de refrigeración. Es por ello que durante la mayoría de las horas de funcionamiento, al cabo del año, los equipos de climatización funcionan en modo “frío”, expulsando al exterior el calor de condensación de los circuitos frigoríficos. Al mismo tiempo, estas instalaciones presentan una considerable demanda de ACS para sus vestuarios y duchas. Existe por tanto, un calor residual neto del proceso de climatización que conviene aprovechar para la producción de ACS. La técnica de recuperación de calor de gases calientes es una solución eficiente, compacta y económica muy utilizada en los sistemas de climatización basados en plantas enfriadoras que está permitiendo dar cumplimiento a la obligatoriedad de producir el ACS mediante energía renovable o calor residual en otros tipos de edificios como los hoteles.

Hasta la fecha esta técnica no se ha empleado habitualmente en los equipos de climatización aire-aire.



Figura 2. Equipo de climatización aire-aire equipado con recuperación de calor de gases calientes. Fuente: CIAT.

La técnica es compatible con la de recuperación activa del aire de extracción descrita en el apartado anterior. El intercambiador de gases calientes sólo se instala sobre los circuitos frigoríficos principales. La potencia recuperable en el intercambiador del circuito de gases calientes es del 20% de la potencia frigorífica total.

5.2.1.3. Recuperación de calor activa en bombas de calor de piscinas

En las bombas de calor de piscinas la deshumectación se realiza mediante circuitos frigoríficos de compresión mecánica. En sus evaporadores, el aire se enfria hasta saturación, condensándose el agua, que es evacuada. El calor de condensación de los circuitos frigoríficos se recupera para pre-calentar el aire. En condiciones de invierno, si es preciso, la calefacción adicional se completa mediante una caldera de apoyo. La figura 3 muestra un esquema de estas instalaciones.

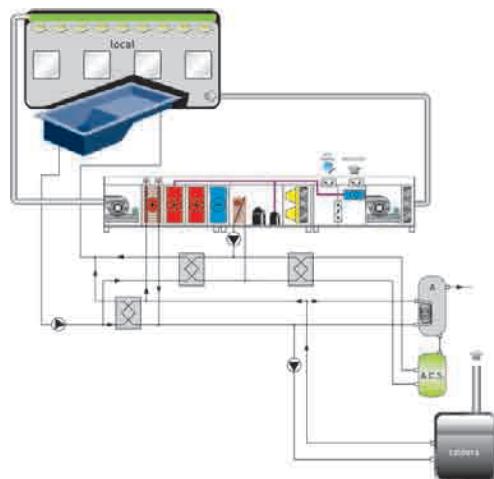


Figura 3. Esquema de principio de una instalación de climatización de piscina cubierta basada en bomba de calor de piscina. Fuente: CIAT.

Una novedosa forma de resolver la recuperación de calor del aire de extracción en estos equipos es incorporar a los mismos la técnica de la recuperación activa que se ha usado con éxito en la última década en los equipos de climatización aire-aire.

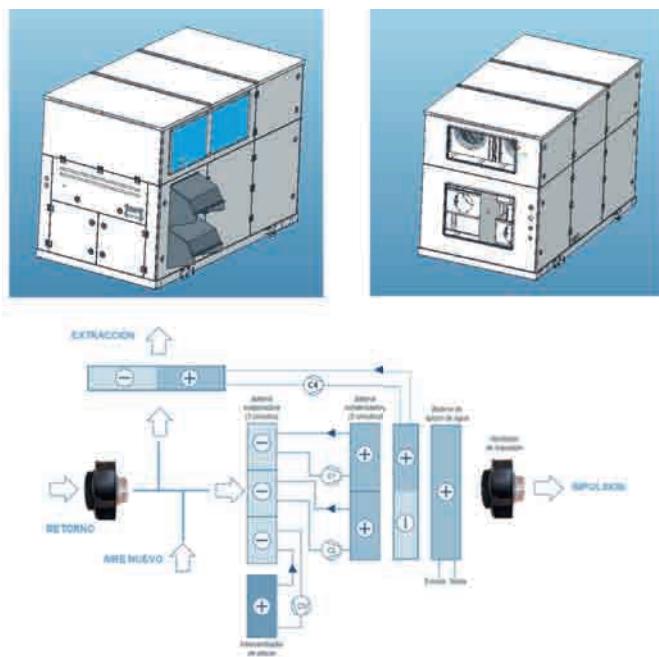


Figura 4. Bomba de calor de piscinas dotada de recuperación activa del aire de extracción. Fuente: CIAT.

La máquina con recuperación activa (figura 4) estará así normalmente formada por tres circuitos frigoríficos principales y un circuito adicional de recuperación. El aire de mezcla atraviesa las baterías evaporadoras de los circuitos frigoríficos principales donde se enfriá y deshumecta. Posteriormente, atraviesa las baterías condensadoras de otros dos circuitos donde se calienta. El condensador del tercer circuito principal es un intercambiador de placas que se emplea para calentar el agua de la piscina o para producir ACS. Posteriormente se incorpora el circuito de recuperación, que es reversible y está formado por un intercambiador dispuesto en la corriente de aire de extracción y un intercambiador dispuesto en la corriente de aire principal.

El circuito de recuperación proporciona una calefacción adicional, funcionando el intercambiador del aire de extracción como evaporador, recuperando calor.

Si no se precisa un recalentamiento pero sí son necesarios una deshumectación y enfriamiento adicionales, el circuito de recuperación funciona en modo verano, condensando el calor contra el aire exterior.

5.3. Normativa y condiciones generales de cálculo y diseño de en gimnasios y piscinas cubiertas

5.3.1. Normativa

El Código Técnico de la Edificación (CTE)⁴, y en concreto las secciones HE4 Y HS3 recogen las bases legales aplicables para el proyecto de las instalaciones de climatización, y de forma concreta establece los requisitos básicos que deben cumplir los proyectos tan especiales como son los de climatización de recintos de piscinas cubiertas. Así mismo el RITE⁵ establece exigencias de diseño para estos proyectos.

Por otra parte hay que tener en cuenta la normativa de las diferentes Comunidades Autónomas sobre la renovación mínima del agua del vaso y demás aspectos higiénico-sanitarios. En (Martin et al. 2009)⁶ puede encontrarse una recopilación normativa a este respecto para todo el Estado y el conjunto de las Comunidades Autónomas.

No existe hasta la fecha una norma española para el cálculo de las cargas termo-higrométricas de instalaciones de piscinas cubiertas. La Asociación de Ingeniería Alemana ha publicado la guía VDI 2089 2010⁷ que incluye aspectos relativos al cálculo de las instalaciones de climatización y deshumectación de piscinas cubiertas con fórmulas detalladas.

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) ha publicado la DTIE 10.06⁸ que trata sobre la climatización. Deshumectación y ahorro de energía mediante bombas de calor.

⁴ CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE). Real Decreto 314/2006

⁵ RITE 2007. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.

⁶ ESTUDIO SOBRE EL AIRE DE LAS PISCINAS DE USO PÚBLICO. BASES TEÓRICAS Y HERRAMIENTAS DE ACTUACIÓN. Óscar Martín, Andreu Corominas, Asunción Freixa, Antón Gomà, María Cinta Pastor, Franchek Drobnic. Septiembre 2009. Edita Institut d'Estudis de la Seguretat

⁷ VDI 2089, 2010. BUILDING SERVICES IN SWIMMING BATHS – INDOOR POOLS

⁸ DTIE 10.06. PISCINAS CUBIERTAS. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN, DESHUMECTACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA MEDIANTE BOMBAS DE CALOR. Ed. ATECYR ISBN: 978-84-95010-46-9. Autores: R. Tubío, N. Molero, M. Zamora

5.3.2. Condiciones de confort térmico y caudal de aire exterior de ventilación

El RITE en su instrucción técnica (IT) 1.1.4.1.2 indica que la temperatura seca del aire del local que albergue una piscina cubierta será 1 °C o 2 °C superior a la del agua con un máximo de 30 °C. En la IT 1.1.4.3.2 se establece que la temperatura del agua de la piscina estará entre 24 °C y 30 °C. La humedad relativa, establece el RITE, deberá ser inferior al 65% para proteger los cerramientos de la formación de condensaciones.

Como es sabido en cualquier local público hay que asegurar un caudal de aire exterior de ventilación mínimo y en el RITE se establece que para la dilución de los contaminantes en los recintos de piscinas cubiertas este caudal será de 2,5 dm³/s por metro cuadrado de superficie de la lámina de agua y playa (IT 1.1.4.2.3). También se establece que los locales se mantendrán con presión negativa, esto debe de asegurarse mediante una adecuada selección de los ventiladores de retorno.

5.3.3. Cálculo del caudal de agua evaporada

Los factores que intervienen en el aporte de humedad al ambiente interior de una pequeña piscina climatizada de un balneario y spa urbano son:

- ✿ Evaporación de la lámina de agua del vaso de la piscina, que depende básicamente de la temperatura del agua, de las condiciones higrométricas del aire del recinto y de la agitación causada por los artificios terapéuticos como chorros y cascadas y por los propios bañistas. Debido al uso terapéutico y de relax, este último factor puede estimarse en un 20% del que se obtiene en las piscinas deportivas. En cualquier caso, la agitación causada por los artificios tiene un efecto mucho más significativo, pudiendo llegar a aumentar la masa de agua evaporada entre un 100% y un 150% en función del número y diseño de los efectos de agua.
- ✿ Evaporación del agua contenida en las playas mojadas. En este caso, dado las limitaciones habituales de suelo disponible y el tipo de uso, no es habitual dejar zonas de playa. Los bañistas salen del baño y pasan a zona de vestuarios o masajes.
- ✿ Evaporación del agua que sacan los bañistas al salir del vaso. De nuevo, para el uso habitual en spas y balnearios, los bañistas toman toallas y pasan a zona de vestuarios o masajes.

- ✿ Carga latente de los propios ocupantes del recinto. Es pequeña dado el reducido número de bañistas, su poca movilidad y la ausencia de espectadores.

De las numerosas fórmulas existentes para calcular la cantidad de agua evaporada, la de Bernier está ampliamente contrastada en la práctica. Se propone a continuación una modificación de la misma, con las simplificaciones consideradas para el caso de las pequeñas piscinas de balnearios y spas:

$$M_e = S \cdot [16 + 133 \cdot n \cdot 0,2] \cdot (W_e - W_a) \cdot \xi + 0,1 \cdot N \quad (1)$$

Donde:

M_e = caudal mísico de agua evaporada (kg/s)

S = superficie de la lámina de agua de la piscina (m^2)

n = número de bañistas por m^2 de superficie de lámina de agua

W_e = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua de la piscina ($kg_{agua}/kg_{aire seco}$)

W_a = humedad absoluta del aire a la temperatura seca del aire ambiente interior ($kg_{agua}/kg_{aire seco}$)

ξ = coeficiente de mayoración por los artificios terapéuticos como chorros y cascadas

N =número total de ocupantes del recinto

5.4. Caso de estudio. Spa de un gimnasio

5.4.1. Descripción del caso de estudio

Se expone a continuación el cálculo y selección de la instalación de deshumectación de una piscina cubierta en un spa de un gimnasio en Madrid.

Se trata de un establecimiento con gimnasio, sala de masajes y zona de spa con piscina de pequeñas dimensiones. La piscina climatizada se encuentra en un sótano comercial de 100 m^2 y 2,7 metros de altura. La superficie del vaso es de 30 m^2 . El local no dispone de ventanas al exterior. Las restricciones de espacio exigen una instalación térmica de la mayor compactidad posible.

La ocupación prevista es de 5 personas ($n=0,167$ persona/ m^2).

No hay superficie destinada a playa.

La altura de Madrid es 667 metros sobre el nivel del mar.



Figura 5. Fotografía de la pequeña piscina cubierta en un spa urbano.

Fuente: CIAT.

Las condiciones interiores son 30 °C y 65% de humedad relativa. La humedad absoluta del aire es $W_a = 0,01782 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{as}}$.

La temperatura del agua es 30 °C. La humedad del aire saturado a dicha temperatura es: 0,02957 $\text{kg}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{as}}$.

Existen chorros de agua de masaje bajo la superficie y un único artificio tipo hongo de agua. El coeficiente ξ de mayoración es $\xi = 130\%$.

5.4.2. Cálculos preliminares y selección de equipos

Aplicando la ecuación (1) a los datos de la instalación:

$$M_e = 30 \cdot [16 + 133 \cdot 0,167 \cdot 0,2] \cdot (0,02957 - 0,0178) \cdot 2,3 + 0,1 \cdot 5 = 17,1 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$$

Caudal de aire mínimo de ventilación: $30 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2 = 75 \text{ dm}^3/\text{s} = 270 \text{ m}^3/\text{h}$, lo que supone una exigencia mínima de ventilación de 1 renovación/hora. Ese aire exterior, tendrá, en las condiciones más desfavorables una cierta capacidad de deshumectar. Analizando los datos meteorológicos de la base CLIMED 1.3⁹

⁹ BASE DE DATOS METEOROLÓGICOS DE LOS PROGRAMAS OFICIALES DE CERTIFICACIÓN <http://www.mineco.es/ENERGIA/DESARROLLO/EFICIENCIAENERGETICA/CERTIFICACIONENERGETICA/DOCUMENTOSRECONOCIDOS/Paginas/Otrosprogramasodocumentos.aspx>

en el horario de uso de la piscinas puede seleccionarse la humedad exterior más desfavorable de $W_{ext} = 0,008477 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{as}}$, que tiene lugar para una temperatura exterior de 19,4 °C. La capacidad de deshumectación de este aire es

$$M_{ext} = 270 \cdot (0,01782 - 0,008477) \cdot 1.099 = 2,8 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$$

restan por lo tanto 14,3 $\text{kg}_{\text{agua}}/\text{h}$ que son necesarios secar con un equipo de tratamiento de aire de piscinas.

El caudal de aire trasegado de los equipos frigoríficos de tratamiento de aire de piscinas de pequeñas potencias¹⁰ en relación a la capacidad de deshumectación media es del orden de 300 m³/kg. Eso conduciría, para el caso objeto del presente estudio, a seleccionar una máquina con un caudal del orden de 4.290 m³/h. Como el local es pequeño, 270 m³, mover ese caudal conllevaría una tasa de recirculación de 16 recirculaciones/hora, lo que sin duda es un valor demasiado elevado. Esto es una característica de las instalaciones de pequeñas piscinas en balnearios y spas que las diferencia claramente de las grandes piscinas deportivas, la mayor relación caudal evaporado a volumen del local.

Se observa por lo tanto, que la selección directa de un equipo comercial con esa capacidad de deshumectación puede conllevar unas exigencias de difusión de aire elevadas y complejas, no irresolubles, pero sí quizás con un coste por encima de lo habitual.

Se plantea una alternativa, que puede ser la selección de un mayor caudal de ventilación y aprovecharse así de la capacidad de deshumectación natural del aire seco exterior. Para el caso considerado, triplicar el caudal de ventilación, hasta 835 m³/h, permitiría combatir 8,6 kg/h, dejando para la batería evaporadora una carga latente de 8,5 kg/h. Un equipo de 2.600 m³/h sería entonces suficiente, permitiendo reducir la tasa de recirculación de aire del local. Esta solución que a primera vista puede resultar excelente, debido a que se reduce el tamaño del equipo, presenta el inconveniente de su menor eficiencia energética. En efecto, a mayor ventilación, mayor carga sensible negativa introducida al local. Además, el equipo mayor posee una superior capacidad de recuperación de calor como se verá a continuación.

En las dos situaciones analizadas no es necesario, por normativa, recuperar la energía del aire de extracción.

¹⁰ CIAT. (2011). "Catálogo Técnico: equipos de tratamiento de aire para piscinas. Serie Junior BCP. Unidades de deshumectación". NE10649C_CT-JuniorBCP. www.ciatesa.es

5.4.3. Simulación energética. Cálculo de la demanda térmica

Se realizará un cálculo en base horaria de la demanda energética del agua y del aire durante las horas de uso establecidas para todo el año. Se considera un horario de apertura de 8 h a 22 h y cierre en agosto. La ocupación máxima es de 5 personas, con el perfil de ocupación semanal presentado en la figura 6.

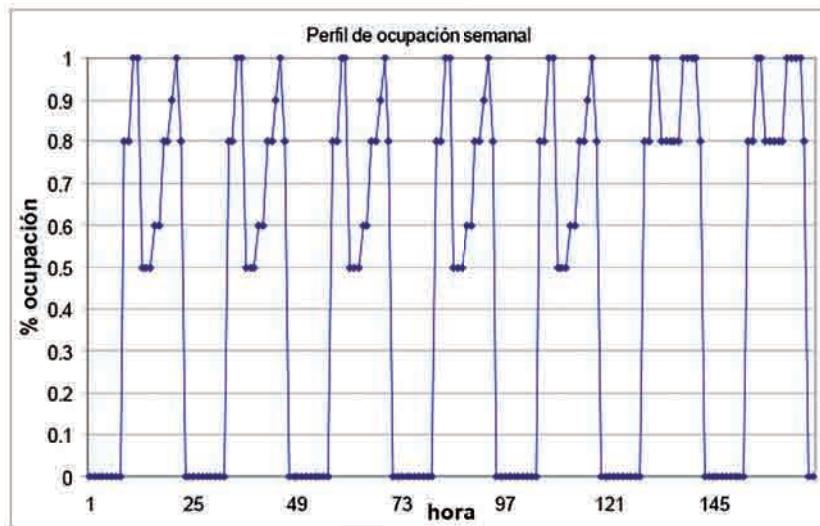


Figura 6. Perfil de ocupación empleado en la simulación. Fuente: CIAT.

Los resultados de carga y consumo se fijan para mantener las condiciones del aire y agua de la piscina durante las horas de uso establecidas. La variable de control es la humedad del local, por lo que la relación carga latente frente a potencia latente disponible en el equipo de deshumectación seleccionado determinan el factor de utilización del mismo en cada paso de la simulación. Esto determina también la cantidad de energía que es posible recuperar, la cual irá al aire o al agua en función de la demanda existente en cada caso. El resto de energía calorífica necesaria tanto en aire como en agua es suministrada a partir de un apoyo mediante caldera de gas natural.

5.4.3.1. Demanda energética del vaso de la piscina

Para realizar el cálculo de demanda energética se supondrá que el sistema de producción es capaz de mantener las condiciones de diseño de temperatura

del vaso de agua durante todas las horas de uso. Se calculará en cada una de ellas la carga térmica, la fracción de potencia calorífica requerida a los equipos de producción y su potencia absorbida asociada. Finalmente se integrarán todas las horas del año obteniéndose los datos de demanda energética y energía consumida.

Se supone que la temperatura de los cerramientos es de 25 °C (cálculo de las pérdidas por radiación del vaso).

La renovación de agua del vaso es del 5% (incluyendo en este porcentaje la evaporación de agua que se produce en la piscina). Se considera que la renovación del agua se realiza de manera homogénea durante las horas de uso del vaso.

Para el cálculo de las pérdidas por evaporación de agua del vaso se tienen en cuenta el calor de vaporización del agua, así como el caudal evaporado según la fórmula de Bernier adaptada a las hipótesis de cálculo habituales en piscinas de spas (ecuación 1).

Para las pérdidas por conducción del vaso, se considera un coeficiente de transmisión de 1 W/m²/°C de las paredes de la piscina, y una temperatura del sótano a 15 °C con el que colindan las paredes.

La temperatura del agua de red considerada se muestra en la Tabla 1:

TABLA 1. Temperatura del agua de red. Fuente: CENSOLAR.

T ^º agua de red (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6

En la figura 7 se muestran los resultados de las cargas térmicas sobre el agua. Un valor negativo indica pérdidas de calor. Puede observarse como la carga principal es la pérdida de calor por evaporación seguida de la renovación.



Figura 7. Demandas térmicas sobre el agua. Q_{evap} = calor perdido por evaporación; Q_{rad} : calor perdido por radiación; Q_{conv} : calor perdido por convección; Q_{ren} : calor perdido por renovación del agua; Q_{cond} : calor perdido por transmisión. Fuente: CIAT.

5.4.3.2. Demanda energética en el aire

A la hora de calcular las cargas térmicas sensibles se tienen en cuenta las características particulares de este tipo de locales. Así, la radiación solar no se considera por estar el spa ubicado en un sótano sin ventanas. Las cargas de transmisión por los cerramientos son pequeñas. Se ha considerado un coeficiente de transmisión de suelo y paredes de $0.5 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ y una temperatura del terreno co-lindante de 15°C . Se considera una ganancia sensible de 60 W por persona. La iluminación es de 10 W/m^2 , siendo de 100 m^2 la superficie del local. Se consideran las ganancias sensibles debidas a la ventilación.

La demanda energética latente se evalúa a partir del cálculo de las cargas latentes debidas a la evaporación de agua, calculadas como se ha indicado, la ganancia aportada por los usuarios y la humedad aportada o retirada por la ventilación.

Los resultados se muestran en la figura 8. Se debe tener en cuenta el siguiente criterio de signos para poder interpretarlos. Una demanda sensible negativa

indica la necesidad de proporcionar calefacción al aire. Una demanda latente positiva indica la necesidad de secar el aire.

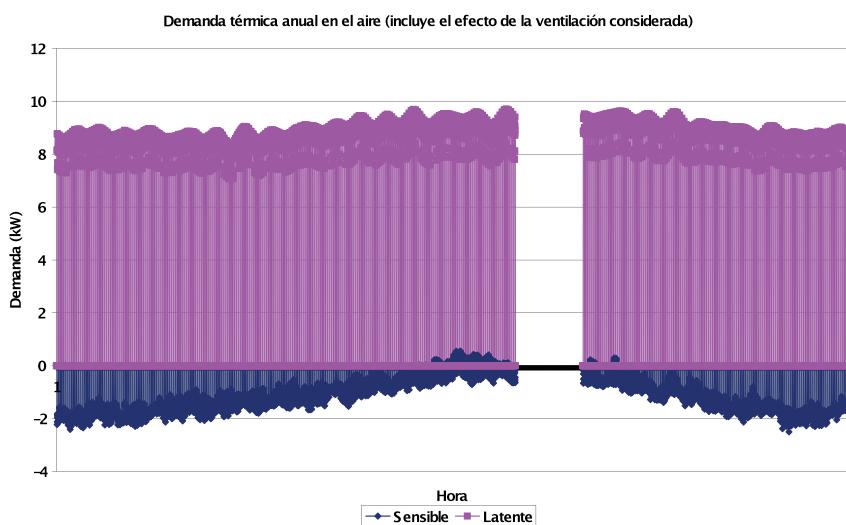


Figura 8. Perfil de demanda energética sobre el aire del local. Fuente: CIAT.

La simulación ofrece un valor de la demanda energética de deshumectación de 28.300 kW·h y de calentamiento de 4.700 kW·h. Es bien sabido que los datos ofrecidos por las simulaciones energéticas deben ser considerados siempre aproximados. Dependen de las hipótesis consideradas y del método de cálculo empleado. La utilidad de los mismos está siempre en la comparación entre sistemas.

5.4.4. Comparación entre alternativas

Tal y como se ha explicado en el punto 3.2. se van a analizar dos alternativas; el empleo de un equipo con capacidad de deshumectación para combatir todas las cargas latentes y el de un equipo de tamaño inferior pero con una mayor cantidad de aire exterior.

En primer lugar se considera una bomba de calor capaz de hacer frente a la carga máxima de deshumectación del aire del spa. Se ha seleccionado un modelo de CIAT BCP JUNIOR 80. El caudal de impulsión del equipo es de 4.300 m³/h, lo que supone 17 recirculaciones/hora del aire del local. La simulación energética debe de tener en cuenta el consumo de los elementos de transporte, ventiladores y bombas. El equipo en cuestión utiliza un ventilador de impulsión de 1,1 kW y un

módulo complementario con ventilador de retorno de 0,5 kW. Se considera también una bomba de circulación del agua de caldera de 0,4 kW.

En segundo lugar se considera como límite de impulsión un caudal de 2.700 m³/h tal que supone 10 recirculaciones/hora del aire del local. Se corresponde con el modelo de CIAT BCP JUNIOR 50 Esta bomba de calor aire-aire es capaz de deshumectar 8,7 kg/h de agua evaporada. Teniendo en cuenta que las necesidades de deshumectación son de 17,1 kg/h se decide aumentar el caudal de aire exterior hasta 835 m³/h, que en las condiciones más desfavorables permite deshumectar el resto de agua evaporada.

Al aumentar el caudal de ventilación respecto al considerado en el cálculo de cargas, la carga que realmente ha de combatir el sistema también se modifica siendo la presentada en la figura 9.

La mayor cantidad de aire exterior frente a la que fija la normativa permite deshumectar en parte, pero supone también un incremento de demanda sensible que ha de combatir la bomba de calor. El resto de demanda latente será aportada por la bomba de calor, la cual además permite recuperar energía calorífica tanto en aire como en agua.

El equipo en cuestión utiliza un ventilador de impulsión de 0,6 kW y un módulo complementario con ventilador de retorno de 0,4 kW. Se considera también una bomba de circulación del agua de caldera de 0,4 kW.

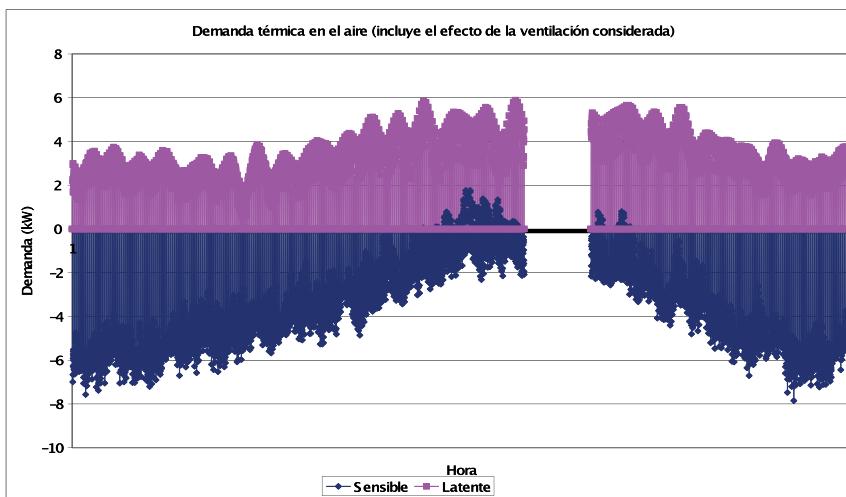


Figura 9. Perfil de demanda energética del aire del local que ha de combatir la bomba de calor tras descontar el efecto del aire exterior. Fuente: CIAT.

La tabla 2 muestra los resultados numéricos ofrecidos por la simulación para las dos alternativas analizadas.

TABLA 2. Comparación de resultados. Fuente: CIAT.

Resultados globales		
	BCP 50	BCP 80
Emisiones CO2 (kg CO2)	22164	17194
Coste del consumo energético (Euros)	7103	5555
Resultados relativos al agua de la piscina		
	BCP 50	BCP 80
Potencia pico de la caldera (kw)	18	18
Consumo eléctrico bomba de circulación de agua caldera (kw/h)	1870	1870
Consumo combustible para calentamiento del agua (kw/h)	73827	25323
Emisiones CO2 (kgCO2)	15809	5914
Coste del consumo energético (Euros)	5042	1889
Energía calorífica recuperada por la deshumectadora (kw/h)	10934	54589
Energía calorífica procedente de la caldera (kW.h)	66445	22790
Resultados relativos al aire de la piscina		
	BCP 50	BCP 80
Consumo eléctrico de ventiladores (kW.h)	4676	7482
Consumo eléctrico de compresores (kW.h)	9548	20718
Consumo eléctrico (kW.h)	14224	28200
Consumo combustible para calentamiento del aire (kW.h)	3260	0
Emisiones CO2 (kgCO2)	6355	11280
Coste del consumo energético (Euros)	2061	3666
Energía sensible aportada por la caldera (kW.h)	2934	0
Energía sensible recuperada por la deshumectadora (kW.h)	13416	5137
Energía latente de secado aportada por aire exterior (kW.h)	36279	11731
Energía latente de secado aportada por la deshumectadora (kW.h)	15001	39559

(*1) Se ha supuesto un ratio de 0,40 kg CO₂/kWh para la electricidad y 0,20 kg CO₂/kWh para la calefacción con caldera.

(*2) Se ha supuesto un coste de 0,13 €/kWh para la electricidad y 0,065 €/kWh para el combustible fósil.

La comparación muestra como el sistema que emplea la deshumectadora de mayor tamaño es el que genera un menor impacto ambiental, un 22% menos.

Con las hipótesis de costo de energía consideradas, el sistema que emplea la deshumectadora de mayor potencia tiene además una operación más económica, un 22% inferior. Esto permite amortizar las diferencias de precio de los equipos en poco más de 2 años. Si bien, será necesario incluir en esta valoración del plazo de retorno de inversión los costes adicionales de un sistema de transporte y difusión de aire más costosos que supone la opción del equipo de mayor tamaño, imprescindibles para resolver el inconveniente de las elevadas recirculaciones hora que se producen en este tipo de pequeñas piscinas cubiertas.

Los resultados de la simulación sobre el aire indican que, en este caso, no es necesario emplear una batería de apoyo de agua caliente para calentar el aire en el caso del empleo de la bomba de calor de potencia ajustada a la carga latente. La recuperación de calor que se consigue en su condensador es suficiente en todas las épocas del año para compensar las pérdidas sensibles en el aire. Este resultado coincide con lo concluido por Sun et al. (2010) [2].

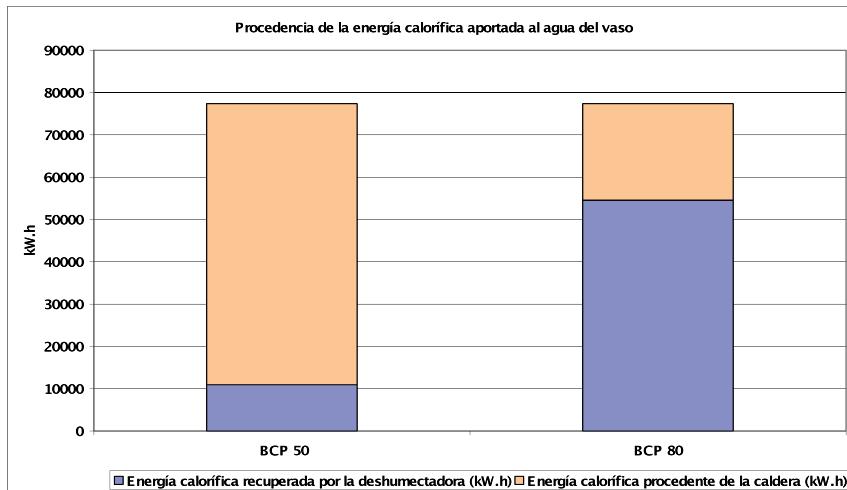
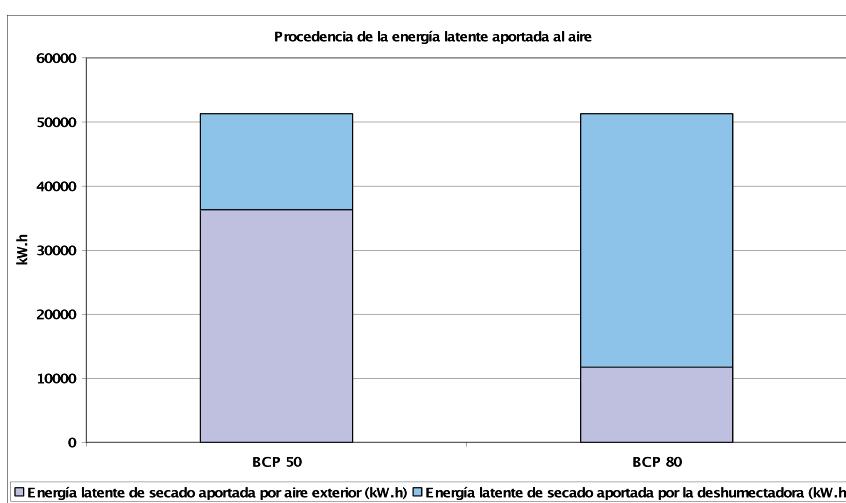
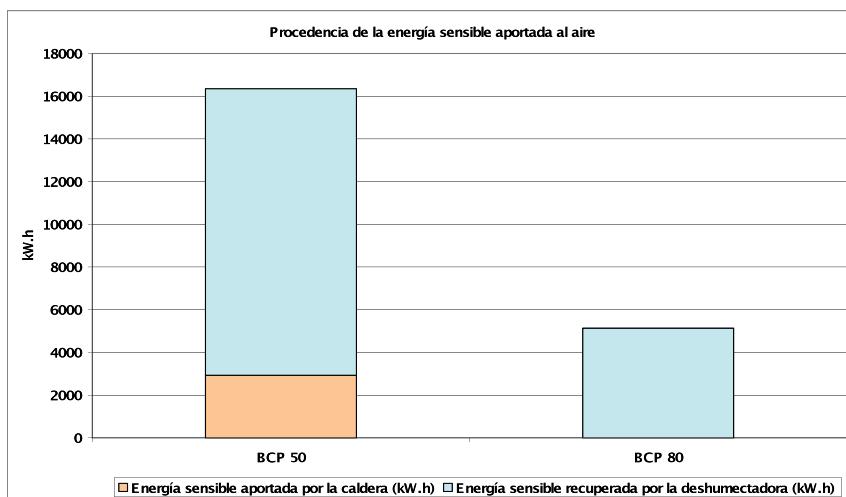


Figura 10. Procedencia de la energía calorífica aportada al agua del vaso.

Fuente: CIAT.



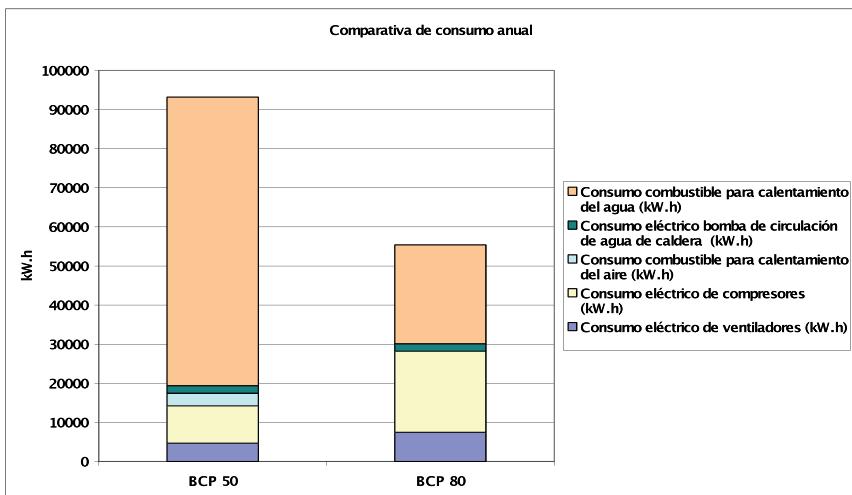


Figura 13. Desglose de consumos energéticos en función de su aplicación.

Fuente: CIAT.

5.5. Conclusiones

La climatización de gimnasios y de sus piscinas cubiertas precisa de una especial atención a la recuperación de calor. La recuperación activa del aire de extracción es una técnica consolidada en estos proyectos.

Es posible emplear el calor residual de la climatización, con demanda mayoritaria en estas instalaciones de refrigeración, para la producción de ACS. Para ello la conocida técnica de recuperación de gases calientes está siendo cada vez más aplicada a los equipos aire-aire habitualmente usados en estos proyectos.

La elección de la técnica de la bomba de calor para la climatización de piscinas cubiertas ofrece las ventajas de una mayor compacidad y sobre todo la superior eficiencia energética debida a la recuperación del calor de condensación tanto para el calentamiento del aire como para contribuir al calentamiento del agua de la piscina. Para la recuperación de calor del aire de extracción pueden usarse bombas de calor de piscinas dotadas de un circuito de recuperación activa.

La deshumectación del aire de las pequeñas piscinas en balnearios y spas urbanos presenta particularidades frente a los casos de las grandes piscinas depor-

tivas. Las mayores relaciones de masa de agua evaporada frente al volumen del local, exigen una selección de equipos de deshumectación con caudales de aire que ocasionan unas elevadas tasas de recirculación.

El proyectista de la instalación, deberá resolver en cada caso la difusión de aire, evitando altas velocidades que ocasionan desconfort y multiplican las pérdidas de evaporación. Normalmente, estos diseños conducirán a un encarecimiento de las instalaciones de transporte de aire, conductos, rejillas, difusores, etc., en este tipo de piscinas. Una alternativa viable es aumentar la tasa de renovaciones/hora por encima de las mínimas exigidas para la ventilación del recinto. Es bien sabido, que en la mayoría de las ocasiones el aire exterior presenta unas condiciones de humedad absoluta inferiores que permiten un secado del ambiente. Se puede así reducir el tamaño del equipo de deshumectación y el caudal de aire nominal, disminuyendo las recirculaciones y el coste del sistema de difusión. El inconveniente es la introducción de unas mayores cargas sensibles que hay que combatir con el sistema de calefacción auxiliar.

El caso de estudio analizado en este capítulo muestra como la selección de un equipo de deshumectación con capacidad suficiente para combatir la carga latente del recinto es la opción más favorable desde el punto de vista de la eficiencia energética.

Recuperación de la energía de aguas grises

Las instalaciones de agua caliente sanitaria en piscinas climatizadas y vestuarios de deportivos precisan de una elevada reposición de agua caliente con fines sanitarios, debido fundamentalmente a la renovación de agua diaria de un porcentaje del volumen de las piscinas climatizadas (vasos y sistema de compensación), así como al uso de ACS en vestuarios por parte de los usuarios. Este volumen de agua debe reingresarse en el sistema en un punto previo a los depósitos intermedios de ACS y a la temperatura proyectada, para lo que habrá que calentarla desde la temperatura de entrada de la red de agua fría sanitaria hasta la temperatura de servicio.

Este artículo propone recuperar la energía residual que se pierde por el sumidero y por la red de desagüe procedente de duchas, vestuarios y piscinas climatizadas.

6.1. Elementos pasivos y activos para la recuperación de energía

6.1.1. Intercambiadores agua/agua

Un sistema de recuperación pasivo de la energía contenida en estas “aguas grises” consiste en el uso de un intercambiador agua/agua, donde la cesión de energía residual es transmitida al flujo de agua entrante de reposición desde la red. No obstante, el caudal de agua gris deberá ser previamente almacenado, filtrado y probablemente impulsado por bomba hidráulica.

Para estos usos puede ser interesante el empleo de intercambiadores tubulares coaxiales con flujos a contracorriente, que pese a presentar rendimientos algo inferiores al intercambiador de placas, son elementos pasivos que pueden llegar a no precisar de consumos adicionales de energía. Estos intercambiadores deben emplear materiales como el titanio o cuproniquel, con un buen comportamiento anticorrosivo resistente a agentes químicos presentes en el agua tales como cloro, bromo, etc..

Lógicamente, los correspondientes circuitos hidráulicos de desagüe, filtrado y reposición de todas las aguas grises involucradas, deberán estar correctamente aislados mediante coquilla elastomérica o similar para evitar pérdidas, al igual que el propio intercambiador. Es necesaria la existencia de un dispositivo de limpieza automática, de modo que desaparezca el peligro de la aparición de depósitos en las superficies del intercambiador en el momento de su enfriamiento, debido a jabones, grasas y otras sustancias líquidas en el agua caliente.



Figura 1. Intercambiadores de calor. Fuentes: Astral Pool; ACP Termotécnica.

Por supuesto, existe la opción de emplear intercambiadores agua-agua de placas corrugadas, o de haz tubular, de acero AISI-316 o titanio. Estos dispositivos deberán incluir un sistema de filtrado con bomba de circulación, y regulación mediante sondas y válvula motorizada de dos vías. Aguas arriba deberá redimensionarse la bomba de recirculación, caso de existir, de modo que se adecue a la pérdida de carga originada en el intercambiador. Adicionalmente debe considerarse la opción de incluir una bomba de recirculación en el primario del intercambiador.

6.1.2. Bomba de calor

La bomba de calor agua/agua se emplea para la transferencia de energía térmica de un volumen o flujo de agua a otro. En realidad, al igual que a los anteriores intercambiadores agua/agua se les puede considerar recuperadores de calor pasivos, ya que no consumen energía por si mismos, las bombas de calor son recuperadores activos, también llamados termodinámicos, disponiendo de un compresor que consume energía eléctrica. Por otro lado, al contrario de lo que sucede con la potencia térmica recuperada en el intercambiador, muy dependiente de la diferencia de temperaturas entre los dos flujos de agua, en la bomba de calor dicha potencia es prácticamente constante.

Este consumo eléctrico vendrá determinado por el rendimiento o COP de la máquina. De igual modo que en las bombas de calor geotérmicas los rendimientos son muy elevados, debido al aprovechamiento de una fuente de energía estable, en este caso sucede lo mismo, ya que usualmente la temperatura del agua procedente de piscinas climatizadas, duchas y aseos, almacenada en un depósito previo, suele presentar un valor más o menos constante dentro de unos márgenes definidos.



Figura 2. Bomba de calor agua/agua. Fuente: alter technica.

El esquema muestra como el calor contenido en un flujo de aguas grises es transferido al flujo de agua sanitaria. De este modo se obtiene como resultado un precalentamiento o atemperamiento del agua de red, a cambio de un agua de deshecho mucho más fría. Por supuesto, este agua se puede recuperar para otros usos, tales como cisternas de inodoro o riegos. La temperatura alcanzada por el ACS será función de la potencia térmica de la bomba de calor y su COP en unas determinadas condiciones, y usualmente serán valores altos.

6.1.3. Combinación de sistemas

Los rendimientos de los elementos anteriores son relativamente altos, pero pueden mejorarse enormemente mediante el empleo de una sistema combinado de recuperaciones pasiva y termodinámica basado en intercambiador más bomba de calor según el esquema descriptivo adjunto. En él se aprecia que el caudal de agua de red a la salida del intercambiador "pasivo" pasa por otro intercambiador agua/refrigerante, disipando la energía térmica de la batería condensadora de la bomba de calor.

De este modo, el agua de red alcanza una temperatura próxima a la de servicio (35°C en el esquema) o superior, que puede ser incluso inyectada directamente en los citados depósitos de ACS. Por otro lado, el agua gris pre-enfriada en el intercambiador pasivo pasa por la batería correspondiente al evaporador de la bomba de calor, cediendo su energía al sistema para finalmente conducirse a la red de drenaje del edificio, o para ser recuperada para otros usos hídricos no necesariamente sanitarios.

Explicado de otro modo: se trata de recuperar o robar toda la energía del agua de rechazo. En este caso se realiza en dos etapas. Un primer intercambiador pasivo agua/ agua que a groso modo es capaz de captar el 60% de la energía del agua de rechazo. Y una segunda etapa en la que interviene una bomba de calor, que como su nombre indica bombea calor de una de sus baterías a la otra. En nuestro caso, el agua de rechazo que se ha enfriado en el intercambiador pasivo, termina de enfriarse cediendo su calor al evaporador (batería fría) de la bomba de calor. Este calor "robado" es el que, a través del compresor, será "bombeado" hacia el condensador (batería caliente) se cederá al agua nueva de ACS que entra en el sistema y que se ha empezado a calentar en el intercambiador estático alcanzando su máxima temperatura a la salida del condensador.

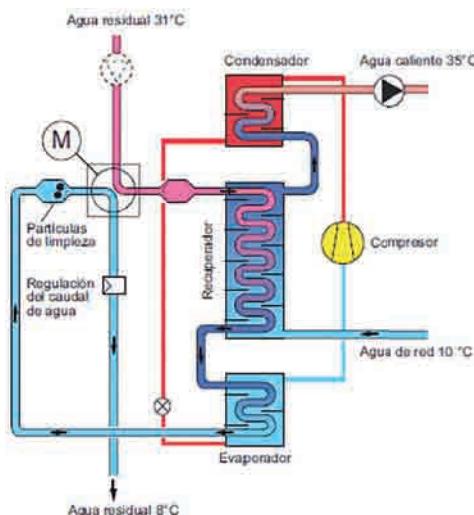


Figura 3. Recuperación de energía de aguas grises. Fuente: Menerga.

A causa del efecto combinado del intercambiador y la bomba de calor, sólo es preciso una pequeña fracción de la cantidad de energía que sería necesaria para un calentamiento convencional, en el calentamiento de la reposición del mismo volumen de agua evacuado, pudiendo llegar a suponer tan sólo el 10% del

consumo anterior. En condiciones ideales, el COP combinado puede superar el valor de 10, incluyendo en el cómputo las potencias absorbidas por el compresor y las bombas hidráulicas de ACS y de agua residual.

6.2. Funcionamiento

6.2.1. Recuperación de energía del ACS residual

Como se podrá ver a continuación, el sistema propuesto utiliza un sistema combinado de recuperación pasiva y activa, esta última consistente en una bomba de calor agua/agua (hidrotermia). Dicho sistema está diseñado para la recuperación de la energía térmica que aún almacena el agua caliente sanitaria en su seno, tras ser utilizada y enviada a la red de desagüe.



Figura 4a. Esquema de funcionamiento de un sistema de recuperación individual de energía de aguas grises. Fuente: Kalhidra.



Figura 4b. Esquema de funcionamiento de un sistema de recuperación colectivo de energía de aguas grises. Fuente: Kalhidra.

El agua tibia ya usada, procedente de duchas y lavabos, llega a una arqueta de recogida desde donde es aspirada mediante una bomba hidráulica hasta depósito de agua gris, atravesando en primer lugar el correspondiente filtro de agua (ver Fig. 4a), y en segundo lugar un intercambiador agua/agua pasivo, cediendo parte de su energía térmica al agua fría sanitaria de red (AFS), la cual elevará su temperatura un primer escalón.

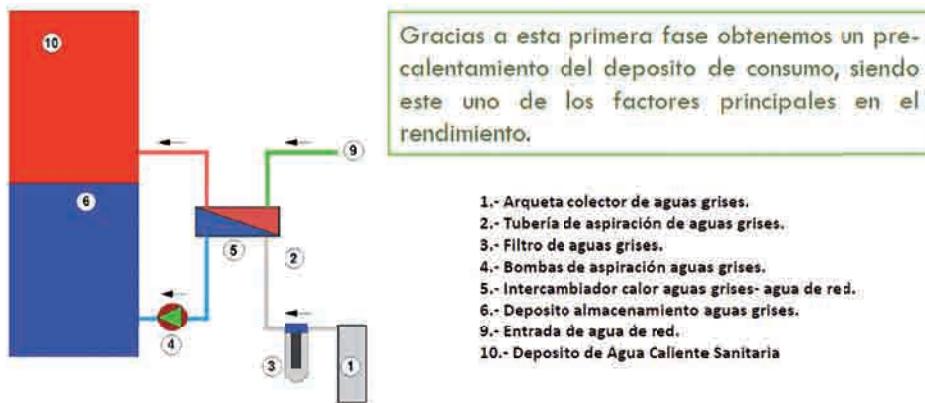


Figura 5a. Fase de captación gratuita.

Una vez superado el intercambiador agua/agua, el AFS atemperado, se almacenará en un depósito de agua caliente sanitaria (ACS). El agua gris o residual, a su salida del mismo intercambiador, entra en otro acumulador de agua consistente en un depósito abierto de agua gris o residual. Este último depósito dispone de rebosadero y válvula de flotador para drenaje y asume los desfases en el tiempo entre la producción de agua residual respecto al consumo de ACS.



Figura 5b. Fase bomba de calor (energía hidrotérmica).

Finalmente, un sistema hidrotérmico compuesto por una bomba de calor agua/agua, cuyo evaporador se instala en el depósito de agua gris y cuyo condensador se haya en el depósito de ACS, se encargará de transferir la energía que aún le resta al agua residual, transmitiéndola al depósito de ACS, siendo capaz de lograr temperaturas de suministro de ACS entre 35 y 55 °C, con un SCOP (COP medio estacional) superior a 6,00.

El depósito de ACS cuenta también con una resistencia eléctrica que permite elevar la temperatura del agua a 60 °C, para mantenimientos y desinfecciones, y como auxiliar en caso de avería.

Este sistema también permite la recuperación de un porcentaje de agua gris para dar servicio a las cisternas de los inodoros, lo que en viviendas supone aproximadamente un 34% del consumo de agua.

6.2.2. Recuperación de energía del agua de renovación de piscinas

Los reglamentos de las diferentes Comunidades Autónomas regulan las características que debe reunir el agua de la piscina colectiva. Así pues, cada C.A. regula, o no, sobre ámbitos de actuación, componentes, características del vaso e instalaciones, sobre condiciones y tratamiento del agua del vaso, sobre la T^a del agua y la T^a del ambiente del recinto, etc., existiendo lógicas diferencias sobre los parámetros de calidad del agua en las diferentes normativas vigentes.

Respecto al volumen de renovación diaria al vaso, la mayoría de las normativas siguen el mismo criterio: debe ser un 5% del volumen del agua del vaso. Esta cantidad se establece para garantizar la eliminación de sustancias químicas entre las que se encuentra el ácido isocianúrico (ICN).



Figura 6. Ejemplo Spa. Fuente: Hidroingenia.

Sin embargo, las normativas de Catalunya y Madrid no hacen referencia alguna. En las de Navarra y Valencia indican que el aporte de agua nueva será el mínimo suficiente para garantizar el mantenimiento de la calidad del agua y para que se mantenga el nivel de agua necesario para el correcto funcionamiento del sistema de recirculación. La de Extremadura establece que el aporte diario será tal que el cloro residual combinado en el vaso no supere en 0,6 mg/l el valor del cloro residual libre del agua de alimentación. En las que no utilicen derivados del cloro el valor de nitratos sea igual o superior a 10 mg/l respecto al agua de alimentación.

Hasta cierto punto tiene sentido en un escenario de frugalidad económica, el ahorro del agua y de la energía que hay que inyectar en el caso de piscinas climatizadas.

Desde el punto de vista ambiental, las emisiones de CO₂ generadas obligan a planteamientos de inversión en energías renovables, la mayoría de las veces de gran calado. Por otro lado, el consumo hídrico en España por este concepto sería equivalente de modo aproximado al consumo total de agua sanitaria de la sociedad española. Se trata a todas luces de un uso insostenible en el tiempo, que provoca en época de sequía que distintas Autonomías permitan, aconsejen, u obliguen a actuar en sentido contrario.

En lo económico, una renovación completa cada 20 días del agua de la piscina y, sobre todo, de la reposición del calor necesario para mantener su temperatura, suponen unos costes de operación inasumibles por la mayoría de los establecimientos con este tipo de instalaciones.

Este segundo aspecto (y no el primero) provoca que en muchas piscinas climatizadas no contemplen la renovación del 5% del agua entre sus cometidos de mantenimiento diario, reduciendo al mínimo esa renovación mediante el sobreesfuerzo de los sistemas de filtración, hasta el punto de llegar en algunos casos a una sola renovación anual (equivalente al 0,25% de renovación diaria), consistente en el vaciado, limpieza y posterior llenado de la piscina una vez al año. Esto, unido a cierto grado de permisividad en algunas inspecciones, hace que en muchos casos no se pueda garantizar a los usuarios el cumplimiento de todos los parámetros de salubridad.

No es extraño observar casos de atopías e irritaciones cutáneas entre los usuarios de piscinas climatizadas. Casos que van en aumento desde el momento del llenado de la piscina hasta su vaciado anual, cuando la percepción de los bañistas es que el agua está claramente sucia.

Por ejemplo, en el caso del ICN, éste se acumula al cabo de semanas de tratamiento, pudiendo ser su exceso en el agua perjudicial para la salud, además de impedir que el ácido hipocloroso (HClO) actúe eficazmente sobre los microorganismos. El nivel de ICN en piscinas debe mantenerse entre 25 y 75 mg/l y las asociaciones de salud pública recomiendan que la concentración nunca exceda de 100 mg/l. Para mantener el ICN del agua por debajo de este umbral se renueva una parte de ésta cada cierto tiempo. Incluso así, es aconsejable la renovación total mediante vaciado al menos una vez al año.

En el caso de aquellas instalaciones que deseen garantizar la salubridad del agua a sus usuarios, el sistema propuesto de recuperación de energía del agua residual supone una inversión amortizable en muy poco tiempo, probablemente menos de dos o tres años, debido al gran rendimiento energético que presenta, haciendo asumibles los costes de operación que contemplen la renovación de agua de las piscinas climatizadas.

Esto último, unido al reaprovechamiento hídrico y continuado para otros usos no sanitarios (por ejemplo riego de jardines) de este caudal de agua procedente de la renovación, incluso considerando el menor coste del tratamiento de eliminación del ahora escaso porcentaje de ICN (debido a la reposición continua de agua), plantea un nuevo escenario de mayor sostenibilidad ambiental (consumos inteligentes de energía y agua), económica (costes asumibles) y social (salubridad).

6.3. Consideración de energía renovable

En Febrero de 2014, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) publicó el documento "PRESTACIONES MEDIAS ESTACIONALES DE LAS BOMBAS DE CALOR PARA PRODUCCIÓN DE CALOR EN EDIFICIOS".

Este documento fue elaborado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo a través del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, con el objetivo de establecer una metodología de cálculo para que determinadas bombas de calor accionadas eléctricamente **puedan ser consideradas como bombas de calor renovables**.

Para la elaboración del documento se tuvieron en cuenta las directrices elaboradas por parte de la Comisión Europea para que los Estados miembros estimen los valores que pueden considerarse energía procedente de fuentes renovables en el

funcionamiento de las bombas de calor aerotérmica, geotérmica o hidrotérmica, de acuerdo con el anexo VII de la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, teniendo siempre en cuenta las distintas zonas climáticas.

En aquellos casos en que se pretenda sustituir el aporte solar mínimo para la producción de ACS mediante una bomba de calor será necesario justificar documentalmente, conforme a lo establecido en la IT 1.2.2 del R.I.T.E., que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria debidos al consumo de energía eléctrica de la bomba de calor son iguales o inferiores a los que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia que se deberá considerar como auxiliar de apoyo para la demanda comparada. Los coeficientes de paso que se utilicen en la elaboración de esta justificación para obtener la producción de emisiones de dióxido de carbono y de consumo de energía primaria debidos al consumo de energía eléctrica de la bomba de calor serán los publicados como documento reconocido.

6.3.1. Introducción

En la **Directiva 2009/28/CE** se reconoce como energía renovable, en determinadas condiciones, la energía capturada por bombas de calor, según se dice en su artículo 5 y se define en el Anexo VII: Balance energético de las bombas de calor.

Las bombas de calor que podrán considerarse como renovables son aquellas en las que la producción final de energía supere de forma significativa el insumo de energía primaria necesaria para impulsar la bomba de calor.

Posteriormente, la **Decisión de la Comisión de 1 de marzo de 2013 (2013/114/UE)** establece el parámetro □ con el valor del 45,5%, por lo que las bombas de calor accionadas eléctricamente deben de considerarse como **renovables siempre que su SPF sea superior a 2,5**.

Dicha decisión establece que **la determinación del SPF de las bombas de calor accionadas eléctricamente debe efectuarse de acuerdo con la norma EN 14825:2012**. (El SPF se refiere al “coeficiente de rendimiento estacional neto en modo activo –SCOPnet–”, en el caso de las bombas de calor accionadas eléctricamente).

El presente documento pretende establecer una metodología que, utilizada por defecto a falta de una mejor información, podrá considerarse como suficiente para que determinadas bombas de calor accionadas eléctricamente puedan ser consideradas como bombas de calor renovables.

La aplicación de **esta metodología** propuesta no pretende excluir u obviar la posibilidad de que cualquier fabricante de equipos pueda determinar el SPF de sus equipos mediante la aplicación de la norma EN 14825:2012, sino que más bien pretende todo lo contrario, animar a que estos agentes realicen los cálculos necesarios para su determinación conforme a la mencionada norma tal y como se dice en las directrices. Si bien, **se considera que la justificación documental que aporte el cálculo del SPF debe ser avalada mediante la declaración de conformidad CE realizada por el fabricante, y su etiquetado energético, según regula el R.I.T.E.4 y el resto de la normativa vigente.**

6.3.2. Método de cálculo

El presente documento busca estimar los valores de SPF para las distintas tecnologías y aplicaciones de las bombas de calor accionadas eléctricamente mediante la multiplicación de su COP nominal obtenido en condiciones de ensayo por un factor de ponderación (FP) y por un factor de corrección (FC).

$$\text{SPF} = \text{COP}_{\text{nominal}} \times \text{FP} \times \text{FC}$$

El factor de ponderación tiene en cuenta las diferentes zonas climáticas de España que marca el CTE y se ha calculado mediante una metodología exclusivamente técnica, utilizando valores objetivos y los Documentos Reconocidos existentes.

El factor de corrección tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de distribución o uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP en el ensayo.

El rendimiento medio estacional obtenido mediante la aplicación de estos factores se ha de considerar por defecto en caso de no disponer de datos de rendimiento determinados y justificados mediante la norma correspondiente.

TABLA 1. Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas, según la zona climática.

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

TABLA 2. Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP.

Tº de condensación (ºC)	Factor de Corrección (FC)						
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00	

El valor del COP nominal de la bomba de calor será el obtenido de su ensayo, según la norma que les afecte (UNE-EN 14511: 2012, UNE-EN 15316: 2010, UNE-EN 16147, etc.) y obtenido para las condiciones de temperatura que correspondan a la zona climática en la que se instale y según la aplicación a la que abastezca.

En el caso de tratarse de **bombas de calor para producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) deberá considerarse 60 °C como temperatura de distribución**. Para temperaturas de preparación de ACS diferentes de 60 °C el volumen de acumulación de ACS de la bomba de calor deberá corresponder a la demanda obtenida

para la temperatura elegida y se calculará a partir de las demandas de referencia a 60 °C de la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación. En ningún caso la temperatura de preparación del ACS podrá ser inferior a 45 °C.

6.3.3. Resumen

La siguiente tabla resumen, muestra el COP mínimo necesario para consideración de renovable, según aplicación y en función de la zona climática, para una temperatura de distribución de calefacción de 60 °C y/o ACS. Estos valores se tomarán siempre que la bomba de calor se use para producción de ACS, independientemente de su T^a de distribución.

TABLA 6.3. COP mínimo necesario para consideración de renovable, según aplicación y en función de la zona climática, para una temperatura de distribución de calefacción de 60 °C y/o ACS.

Fuente Energética de la bomba de calor	COP mínimo para calefacción y/o ACS a 60°C				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	5,23	5,66	5,66	6,08	6,08
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	6,89	6,66	6,66	7,12	7,12
Energía Hidrotérmica.	4,59	4,75	4,92	5,30	5,66
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	4,35	4,49	4,70	5,04	5,37
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	3,66	3,69	3,86	4,09	4,40
Energía Geotérmica de circuito abierto	3,47	3,50	3,69	3,90	4,17

Según el documento del IDAE, "Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios", la energía empleada por el sistema hidrotérmico propuesto de recuperación de energía de aguas grises sería **equiparable a energía renovable**, siempre que presente un COP superior a 5,30, valor calculado según la metodología propuesta en el referido documento.

6.4. Conclusiones

Los ambientes presentes en las instalaciones deportivas, requieren de un análisis que garantice las condiciones de salubridad, máximo confort y de eficiencia energética dentro del diseño conceptual de la instalación.

Salvando subjetividades, los escenarios futuros de frugalidad energética y la negativa social a la renuncia de signos garantes de calidad de vida, hacen inevitable la implementación de soluciones que sumen confort e ingenio. No es que antes no hubiese capacidad para hacerlo, es que no interesaba puesto que el coste de la energía no suponía un problema.



Figura 7. ACS y piscinas vs. eficiencia energética. Fuente: Alter Technica.

Hoy día, es necesario meditar con intensidad y detalle sobre el coste energético de operación, sobre todo cuando se trata de grandes consumidores, como es el caso de los spas y balnearios con una gran fracción de producción térmica no gratuita, de modo que la evolución del precio de la energía no sea determinante para el éxito de la empresa.

7.1. Introducción

Las medidas energéticas parciales o submetering es la utilización de equipos de medida independientes y adicionales de los provistos por las compañías de distribución de energía (electricidad, agua y gas natural), proporcionando datos en tiempo real más detallados de los totales y parciales sobre el uso de la energía dentro de una instalación.

El submetering es la herramienta clave para aumentar la eficiencia y la reducción del consumos de energía, ya que por el concepto de “no se puede gestionar lo que no controlamos” el primer paso es saber exactamente cuando y donde se utiliza, y que cantidad de energía se está utilizando. Estos datos proporcionan a los usuarios la información necesaria para implementar programas “verdes” dentro de sus instalaciones para reducir el uso y los costos provocados por el mal uso de la energía.

Gracias al submetering se puede disponer de información en tiempo real de la instalación, así como alarmas o eventos en situaciones anormales en el uso de la energía, como exceso de demanda o cortes de suministro. Toda esta información se puede utilizar para realizar informes sobre el uso de la energía en las “auditorías energéticas”.

Las auditorías energéticas nos ayudan a tomar medidas de ahorro energético. En general, hay dos maneras en que un administrador energético puede perseguir reducciones en el uso de energía: a través de aumento de la eficiencia de recursos, instalando nuevas tecnologías que ofrecen el mismo servicio pero con un consumo menor de energía, o a través de la conservación de recursos realizando un uso responsable de la instalación.

Por otro lado el submetering puede impulsar la eficacia a largo plazo en las mejoras en la conservación de los recursos, ya que proporciona una visión en el

tiempo sobre los problemas de operación y mantenimiento diario, semanal o estacional, el comportamiento de ocupantes, el rendimiento de los equipos instalados (por ejemplo, sistemas de climatización e iluminación), y la verificación de tecnologías de eficiencia instaladas.

7.2. Beneficios de las medidas energéticas parciales

El principal beneficio del submetering es el ahorro de energía. Estudios sobre el submetering demuestran que el tener conocimiento sobre el consumo por zonas o procesos en una instalación permite obtener reducciones del 15% al 30% en la factura del suministro. Además este ahorro perdura en el tiempo, ya que al disponer de información continua del uso de la energía, el usuario final invierte en nuevos equipos más eficientes (refrigeradores, paneles solares...) y refuerza los hábitos adquiridos que mantienen las medidas de ahorro en el tiempo.

Otros beneficios del submetering son:

- ✿ Mediante la distribución equitativa de costes, se aplica el coste de la energía de las cargas específicas de un proceso, una línea de productos, unidad de negocio o departamento, restaurando el uso del concepto "pago por uso".
- ✿ Permite una rápida respuesta ante los fallos de componentes del sistema, gracias a las tecnologías de los contadores y su capacidad de proporcionar alarmas en tiempo real. Los datos adquiridos pueden identificar el consumo anormal de energía como resultado de un fallo que de otro modo no podría ser reconocido por el usuario.
- ✿ Igualmente el submetering ayuda en la identificación de mejoras en el rendimiento y mantenimiento preventivo de los equipos, que puedan necesitar atención después de aumentos inesperados en el consumo, evitando costes extras sobre una planificación económica existente.
- ✿ Los equipos que forman parte del submetering miden la calidad del servicio proporcionado por las compañías suministradoras, pudiendo rendir cuentas o añadir medidas de corrección en las instalaciones para evitar sobrecostes por penalización.
- ✿ Ayuda en la toma de decisión de nuevos proyectos que favorezcan al ahorro de energía, apoyándose en ayudas estatales o simplemente en la aplicación de nuevas tarifas que se adapten mejor a su perfil de utilización de la energía (por ejemplo tarifas nocturnas).

- ★ Es posible descubrir oportunidades para mejorar la eficiencia de energía con el submetering, ya que se puede conocer quién está utilizando la energía, la cantidad que está utilizando y cuando se está utilizando. Esta información puede ser utilizada para determinar la causa de los cargos por demanda de servicios públicos y comparar la eficiencia energética con usuarios similares.
- ★ Se consigue una reducción de los costes de energía al conocer el uso de energía y los datos que son críticos para la negociación de contratos energéticos; es también una herramienta de análisis visual para explicar patrones de consumo y demanda. El submetering se puede utilizar en las auditorías antes y después de las actualizaciones de energía para medir la cantidad de energía y desarrollar un proyecto de ahorro.
- ★ Se pueden identificar los problemas de rendimiento de procesos y equipos; una configuración adecuada del submetering puede indicar el uso excesivo de energía en determinadas piezas específicas de equipos, sistemas o procesos.
- ★ Se puede conseguir limitar la demanda; el rendimiento del sistema requiere el uso de los datos de energía en tiempo real para indicar cuánta energía se está utilizando en prácticamente cualquier hora del día. Mediante el uso de submetering también se puede pronosticar la demanda y ayudar a los consumidores a implementar rutinas que limitan su uso. Si se vincula el submetering con los Sistemas de Gestión de la Energía, se obtiene un nivel mucho más alto de control.
- ★ Al poder identificar los problemas de calidad eléctrica, se protegen los equipos y se prolonga el tiempo de funcionamiento.
- ★ Se puede verificar la exactitud de las facturas de las compañías suministradoras.

7.3. Equipos que componen el submetering y sus funcionalidades

7.3.1. Equipos principales

Como equipos principales destacamos los siguientes:

7.3.1.1. Contadores eléctricos monofásicos/trifásicos con interfaz de pulsos

Estos contadores sólo proporcionan datos de energía activa de la instalación.



Figura 1. Ejemplo de contador eléctrico monofásico con emisión de pulsos para medida de la energía activa.



Figura 2. Ejemplo de contador eléctrico trifásico con emisión de pulsos para medida de la energía activa.

7.3.1.2. Contadores eléctricos monofásicos/trifásicos con protocolos de comunicación serie.

Su gran ventaja es que se les puede incorporar accesorios como software de gestión de redes de medida, adaptadores USB-RS485 y pasarelas MODBUS-TCP, de forma que se puede obtener su información de forma remota.

- Pueden suministrar la siguiente información:
- Medida de la energía activa y reactiva
- Periodos tarifarios
- Medida separada de importación y exportación
- Curvas de carga
- Máximas de tensión, corriente y potencia
- Registro de cortes de red
- Comunicación MODBUS a través de puerto RS-485



Figuras 3 y 4. Ejemplos de contadores eléctricos monofásico y trifásico con protocolo de comunicación serie.

Los equipos principales, según sus prestaciones, pueden ser configurados en función de donde se vayan a instalar. En la figura siguiente se puede observar un ejemplo de **configuración** para un contador conectado a un equi-

po de aire acondicionado. Se puede establecer la información a presentar por el visualizador, fecha, velocidad de comunicación, discriminación horaria, curvas de carga (registro de datos cada 5, 15, 30, 45 o 60 minutos), así como visualizar eventos como la potencia máxima registrada o el número de cortes de alimentación.

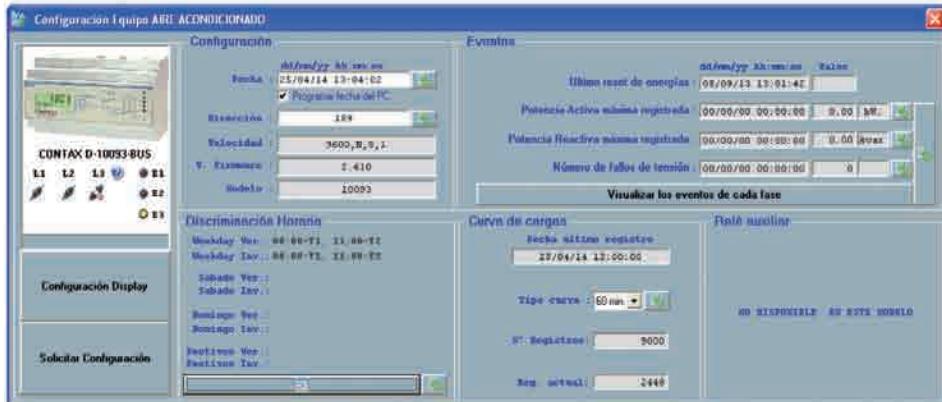


Figura 5. Ejemplo de configuración de un contador.

7.3.1.3. Analizadores de red

Además de los consumos de la instalación, indican la calidad del suministro eléctrico y si la instalación consume eficientemente la energía. Pueden suministrar la siguiente información:

- ✿ Tensión, corriente y potencia activa/reactiva
- ✿ Valores de pico de los voltajes de fase ✿ Voltajes entre conductores
- ✿ Corrientes de fase y valores pico
- ✿ Potencia aparente de fase
- ✿ Desfases voltajes-corrientes
- ✿ Energía activa y reactiva total
- ✿ Frecuencia



Figura 6. Ejemplo de analizador de red monofásico.

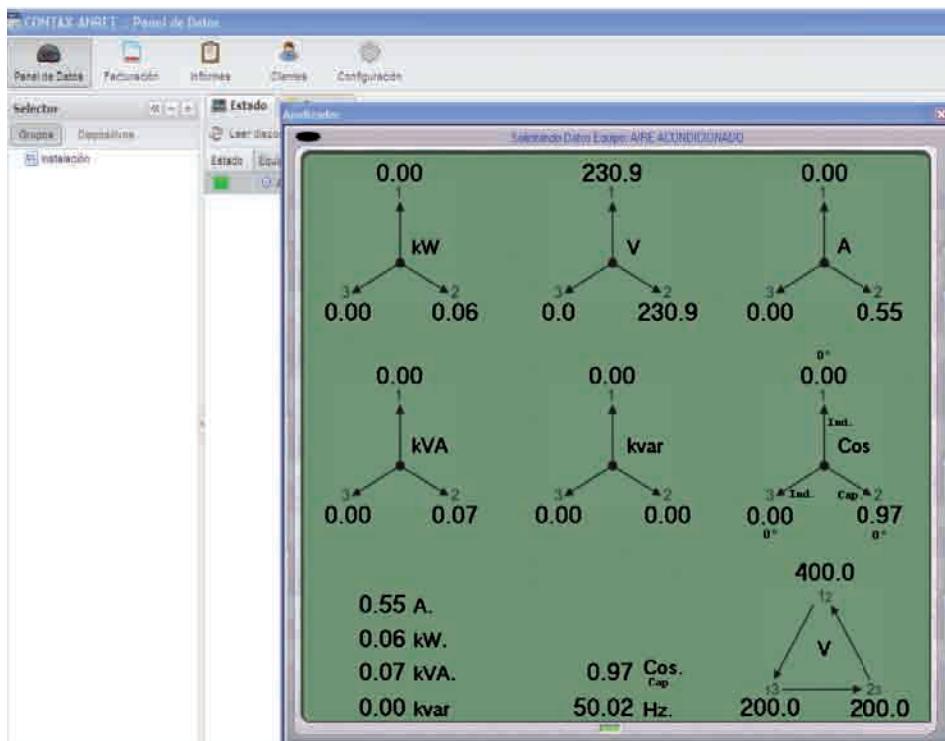


Figura 7. Ejemplo de información visual obtenida en un analizador de red trifásico.

7.3.2. Equipos complementarios

Como equipos complementarios destacamos los siguientes:

7.3.2.1 Plataformas de gestión energética

Son sistemas de comunicaciones que permiten medir los consumos de energía consumida a través de entradas de pulsos o protocolos serie de una red de medidores /contadores (eléctricos, agua y gas). Estos equipos registran internamente los datos del consumo de la instalación y pueden ser transmitidos a un servidor para su análisis con herramientas visuales. Son equipos ideales para realizar auditorías energéticas con precisión.

Los sistemas de comunicaciones dependen de las infraestructuras de red que disponga el cliente final, las más habituales son con conexión Ethernet para entornos industriales y GPRS/4G donde no existe infraestructura de cable.

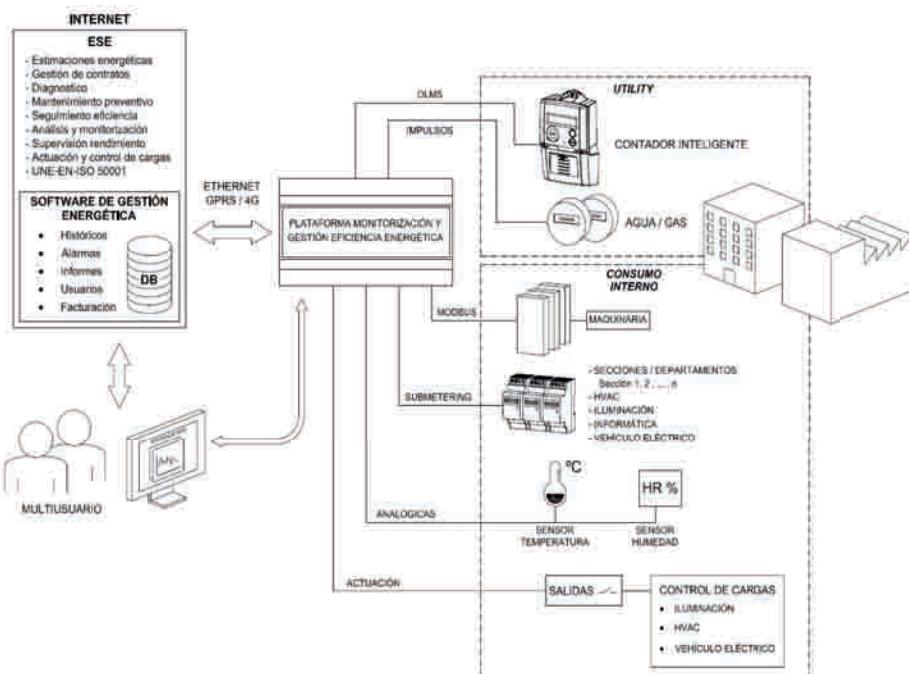


Figura 8. Esquema de un sistema completo de gestión energética.

7.3.2.2. Concentrador de contadores de pulso

Equipos que como su nombre indicar cuentan los pulsos enviados por el contador de energía, estos equipos suelen tener conexión local tipo MODBUS para sistemas SCADA y se pueden conectar a las plataformas de Gestión energética.

En la figura siguiente se representan distintos contadores, concentradores y analizadores de red instalados en distintas zonas como salas gimnasio, vestuarios, canchas interiores, piscina climatizada, iluminación, ACS, etc.. Se conectan entre sí bien mediante un bus de comunicación o a través de un concentrador de impulsos. Finalmente toda la información se recoge en una única **plataforma de monitorización y gestión energética**.



Figura 9. Contadores y analizadores de red conectados a una única plataforma de gestión energética.

7.3.2.3. Sistemas OCR para lectura de contadores

Estos equipos traducen la lectura directa con un sistema de visión artificial a un valor de consumo, esta forma de obtener el valor del contador no es intrusiva y se puede adaptar a los equipos de medida de las compañías suministradoras, sobre todo para las soluciones de Gas y Agua que son contadores mecánicos y carecen de electrónica de control.

7.3.3. Uso combinado de equipos principales y complementarios

Utilizando tanto equipos principales como equipos complementarios, obtendremos un sistema de submetering que puede contar con alguna o con todas las siguientes funcionalidades:

- ✿ Entradas de impulsos para conexiones de contadores genéricos.
- ✿ Puertos serie con protocolos serie estándar (MODBUS, IEC870...).
- ✿ Entradas analógicas que nos permite conectar sensores de temperatura, humedad, presión... y otros sensores (interfaz 4-20mA y 0-10V).
- ✿ Salidas programables, se puede actuar sobre las salidas cuando se producen alarmas en el equipo o aplicar programas horarios y conseguir así ahorro energético.
- ✿ Almacenamiento de históricos, estos módulos tiene la capacidad de almacenar los datos recibidos de los medidores en su memoria interna, estos datos pueden ser exportados a plataformas externas (software de gestión energética) o tablas de Excel para su análisis.
- ✿ Interfaz web, también incluyen internamente una interfaz gráfica para realizar el análisis de los datos de consumo a través de un navegador web sin necesidad de un software externo.

7.3.4 Ejemplo de lectura remota de contadores mediante una red inalámbrica

Para la lectura remota de los contadores donde es difícil la instalación de cables para comunicarlos entre sí, se propone una red inalámbrica capaz de cubrir, sin zonas oscuras de cobertura y salvando las barreras físicas del edificio, todos los cuadros de suministro. Para ello se utilizan pequeños concentradores que recogen la medida cada 5 contadores, y que componen una red mallada para retransmitir entre ellos la información hasta llegar a la oficina central. La comunicación la establece este pequeño concentrador, siendo los contadores equipos convencionales (cualquier contador modular con emisión de impulsos, no requiere que disponga de puerto de comunicaciones), con lo que se reduce el coste total de la instalación.

La información de los consumos se recoge a través de un modem inalámbrico. El programa de gestión permite una gran flexibilidad a la propiedad, ya que puede hacer grupos por zonas o por tipo de usuario, hacer lecturas del contador en cualquier instante, informes de evolución del consumo o informes comparativos entre clientes.



Figura 10. Ejemplo de instalación con equipos principales y complementarios, con comunicación inalámbrica.

7.3.5. Herramientas software para eficiencia energética

Por último, otro componente cada vez más importante en el submetering son las **herramientas software para eficiencia energética**. Son programas que ayudan al análisis de los datos capturados por los medidores, facilitando al gestor energético el control y mantenimiento de una o varias instalaciones. Sus funcionalidades son las siguientes:

- ★ Captura de datos de medidores de consumo, termostatos, estaciones meteorológicas, o cualquier equipo de una instalación del que se pueda leer su estado.
- ★ Sistema integrado de gráficas: facilita el análisis de datos almacenados a través de representaciones gráficas.
- ★ Gestión de ubicaciones para distintos clientes, permite a un solo gestor controlar a varias instalaciones de distintos clientes.

- Gestión de alertas: Permite definir umbrales para cada medida, enviando alertas por email o apagando aparatos si se sobrepasan.
- Contador de horas de funcionamiento: permite almacenar y contabilizar las horas de funcionamiento de equipos del tipo on/off.
- Generación de informes para certificación de edificios con almacenamiento de históricos, necesario para etiquetado verde, por ejemplo la certificación LEED®, que requiere al menos 1 año de datos de consumos de energía y agua.
- Módulos de facturación por tiempo de uso de las instalaciones.
- Almacenamiento ilimitado: permite almacenar datos durante varios años de cientos de sensores.
- Permite almacenar valores absolutos o diferenciales (diferencia entre la última lectura y la actual)
- Exportación de datos a Excel: permite exportar medidas y métricas a Microsoft Excel para el análisis y comparación de datos.

En las siguientes figuras y se muestran ejemplos de un análisis gráfico de la curva de carga de la energía consumida en un punto. En la primera imagen se representan 5 días y en la segunda imagen se representan 2 meses.

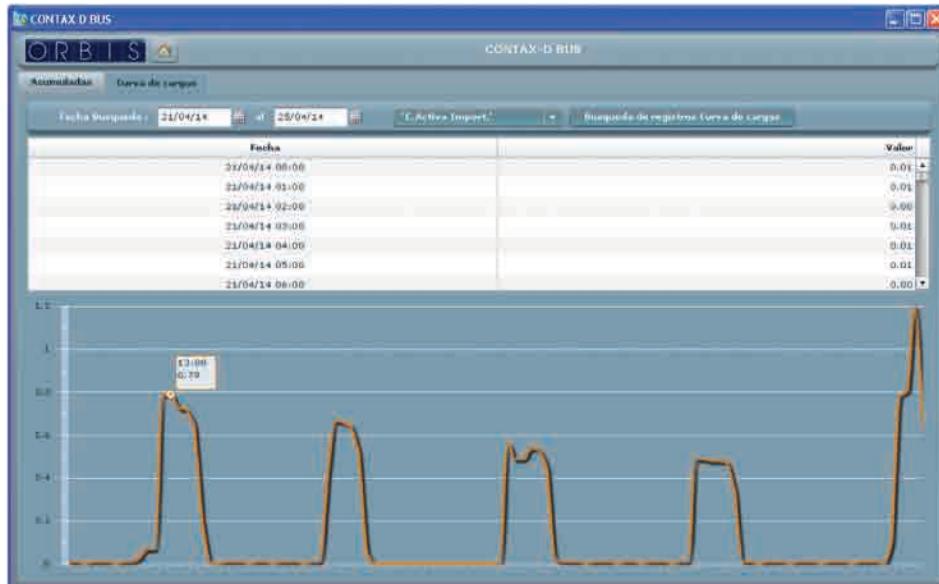


Figura 11. Representación del consumo de energía durante 5 días.

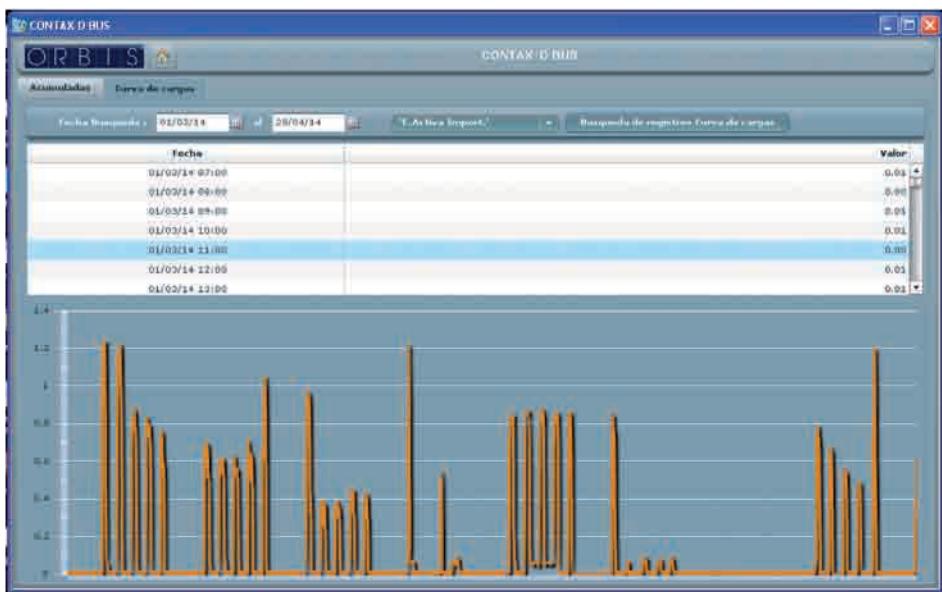


Figura 12. Representación del consumo de energía activa durante dos meses.

En la siguiente figura se muestra un informe comparativo de consumos entre distintos equipos de medida.

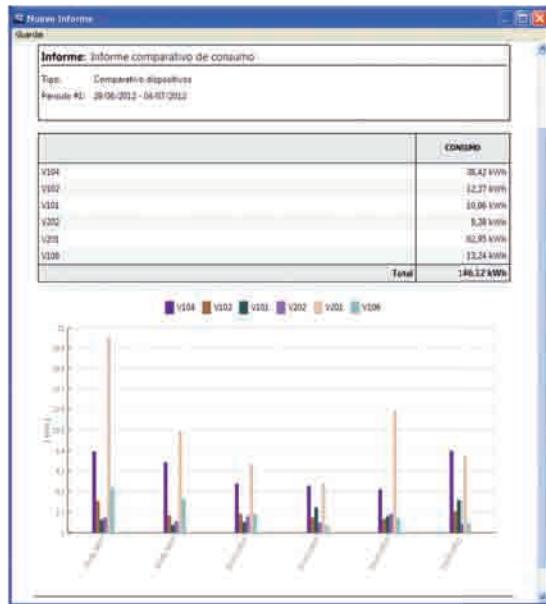


Figura 13. Informe comparativo de consumos entre distintos equipos de medida.

7.4. Submetering en empresas de servicios energéticos “ESEs”

Las ESEs son empresas que proporcionan servicios energéticos en las instalaciones de un usuario determinado, realizando estudios y consiguiendo ahorros de energía primaria a través de la implantación de mejoras en el equipamiento energético de las instalaciones, recomendaciones en los hábitos de uso o en la utilización de energías renovables. El pago de los servicios está basado en la obtención de dichos ahorros.

La instalación de equipos de submetering son obligados para que las ESE puedan gestionar adecuadamente la eficiencia energética, ya que dependen de la información generada por estos para tomar las medidas de ahorro energético más óptimas.

El procedimiento que siguen las ESE en la consecución del proyecto es el siguiente:



Figura 14. Cadena secuencial de actuación de las ESE.

Haciendo referencia a la cadena de actuación de las ESEs, el submetering se aplica tanto en la fase de auditoría energética, para calcular el porcentaje de ahorro que puede obtenerse de una instalación y el margen de beneficio posible que obtiene el cliente con las medidas propuesta por la ESE, y posteriormente en el seguimiento, gestión y optimización de las soluciones adoptadas.

La figura 5 representa un resumen de todos los apartados vistos hasta ahora: uso de diferentes equipos principales como contadores de electricidad, agua y gas, tanto en el ámbito residencial como industrial; a través de equipos complementarios como concentradores de impulsos o plataformas de gestión energética, comunicados con los dispositivos mediante diversos interfaces de comunicación, se pone a disposición de las ESEs todos los datos tomados por los contadores o analizadores, que son analizados por la aplicación de gestión energética.

8.1. Introducción

Tan sólo por respirar estamos generando energía en forma de calor. Si además se está realizando una actividad física, el calor que desprende el cuerpo humano es mucho mayor, hasta el punto de que en la climatización de edificios es uno de los aspectos que más hay que tener en cuenta.

Para hacerse a la idea, un hombre de 30 años de edad, 70 kg de masa y 1,75 m de altura, en reposo genera tanto calor como el que emite una bombilla convencional incandescente en funcionamiento; o lo que es lo mismo, el ser humano en reposo genera una potencia térmica de 100 vatios (Informe CEN CR 1752). Si este hombre realiza ejercicio físico intenso (correr a 15 km/h), llega a producir hasta 1.000 vatios de potencia térmica, lo mismo que una bomba de calor o split doméstico de tamaño medio calentando una habitación en invierno.

TABLA 1. Tasa metabólica en función de la actividad (W/m² de piel). Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (IDAE, 2007. CEN CR 1752).

	Tasa metabólica	
	W/m ²	met
Recostado	46	0,8
Sentado, relajado	58	1
Actividad sedentaria (oficina, vivienda, colegio, laboratorio)	70	1,2
De pie, actividad ligera (compras, laboratorio)	93	1,6
De pie, actividad media (dependiente, trabajo doméstico)	116	8

La explicación anterior es parte del fundamento para el análisis de las cargas térmicas que es necesario combatir a la hora de acondicionar un edificio, en particular la referente a la ocupación de los mismos. En la presente guía sobre gimnasios y centros deportivos se analiza con detalle este aspecto y además otras cargas que también han de ser vencidas por los sistemas de climatización, tales como las debidas al ambiente exterior, a los diferentes usos del local, a las máquinas, etc..

Pero además está el consumo eléctrico, que en este tipo de locales es también importante y requiere analizar las alternativas disponibles para hacer un uso eficiente de la energía e incrementar el autoconsumo. Por ello, y dado que en estos espacios los usuarios buscan combatir el sedentarismo mediante la realización de actividades físicas, parece oportuno considerar la recuperación de la energía cinética que se produce durante la realización de dichas actividades físicas, y tratar de transformarla en energía eléctrica útil.

En ciertos foros se aportan cifras de que 20 personas haciendo ejercicio en bicicletas estáticas pueden producir 3.000 Wh eléctricos en 1 hora, y según la empresa Rocfit (www.rocfit.com), a través de su sistema *Inverter* para gimnasios se pueden conectar hasta 20 aparatos que alcanzarían los 2.000 Wh de energía eléctrica en una hora.

Confrontando los valores de la energía térmica y la energía eléctrica que puede generar el cuerpo humano al realizar esfuerzo físico, sorprende el bajo rendimiento relativo que pudiera desprenderse: correr a 15 km/h puede generar hasta 1.000 vatios de potencia térmica, mientras que 20 personas pedaleando generarían entre 2.000 y 3.000 vatios de potencia eléctrica.

En cualquier caso, ¿por qué no aprovechar también la energía eléctrica que generan los usuarios de los gimnasios o los centros deportivos e incrementar el autoconsumo?

8.2. Captar la energía del cuerpo humano

Las tecnologías comerciales para la producción sostenible de electricidad a pequeña escala son sobradamente conocidas: la captación fotovoltaica, los generadores minieólicos, las centrales minihidráulicas, o algunos sistemas de captación de energía marina. Por lo tanto gran parte del trabajo está ya sobre la mesa y disponible para ser utilizado en el desarrollo de la captación de la energía humana, y su transformación en energía eléctrica para el autoconsumo.

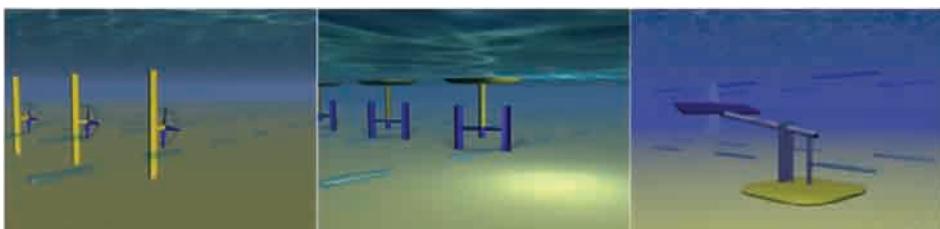


Figura 1. Sistemas de aprovechamiento de corrientes marinas.

Fuente: www.aquaret.com, Guía sobre proyectos y tecnologías de captación de energía marina y off-shore. FENERCOM 2012.

No obstante, y pese a no estar tan difundidas las alternativas para la captación de la energía que genera el cuerpo humano, desde hace años se comercializan numerosos dispositivos capaces de aprovecharla ya sea en casa, en la calle, o en gimnasios.

Existen prototipos de calzado deportivo con ingenios capaces de captar la energía que se genera al caminar, proveyendo unas decenas de vatios útiles para recargar los dispositivos móviles. Un ejemplo es la propuesta del Dr. Ville Kaajakar, Profesor de la Universidad Tecnológica de Luisiana, (figura 3), cuyo dispositivo se basa en los nuevos circuitos de regulación de voltaje que convierten de forma eficiente una carga piezoeléctrica en una tensión útil, de modo que cuando el usuario se mueve, es posible recargar baterías de pequeños dispositivos electrónicos o usarse directamente.



Figura 2. Dispositivo adaptado en la suela de una zapatilla para la recarga de dispositivos electrónicos. Universidad Tecnológica de Luisiana. <http://news.latech.edu/2010/04/25/shoe-power-generator-earns-louisiana-tech-professor-national-attention/>.

Otro caso más evolucionado es un sencillo dispositivo para la captación de la energía que se produce saltando la comba. Este sistema puede captar y almacenar la energía cinética de cada salto para después ser transformada en energía eléctrica, y así poder iluminar una linterna LED (figura 4). La energía cinética generada durante el ejercicio se transfiere hasta el mango mediante el giro de la cuerda. En el mango la energía cinética se transforma en energía eléctrica y queda almacenada para después usarse a través de una linterna LED integrada, y además en el contador del número de saltos y en el indicador del nivel de carga del sistema.



Figura 3. Dispositivo adaptado a una comba para alimentar una linterna LED.

Fuente: Jumping Light, Hyun Joo Lee y Eu Tteum.

La reciente implantación del servicio público de bicicleta eléctrica de la ciudad de Madrid es un caso muy significativo de la implantación de un sistema de captación y almacenamiento de la energía eléctrica generada durante la realización de actividades físicas. Si bien el objetivo último de esta ambiciosa iniciativa es proporcionar una alternativa para la movilidad sostenible en la capital, lo fundamental es la captación de la energía que genera el cuerpo humano, y refleja además un esfuerzo muy significativo por parte de una administración pública para impulsar el desarrollo en este campo.



Figura 4. Servicio público de bicicleta eléctrica de la ciudad de Madrid.

Otros sistemas están despertando el interés, tales como las baldosas captadoras de la energía de las pisadas (<http://www.pavegen.com/>), o los captadores de la energía de las ruedas de las bicicletas como el sistema Magtenlight (<http://www.magtenlight.com/>) o The Copenhagen Wheel (<http://senseable.mit.edu/copenhagenwheel/>).

Al igual que ha sucedido con otras tecnologías que han despegado comercialmente, en este campo se perciben importantes esfuerzos en la innovación así como una implantación cada vez mayor, probablemente gracias en parte a la gran demanda social de alternativas para el ahorro energético y el autoconsumo. En el siguiente apartado se describen sistemas de generación, almacenamiento, y autoconsumo para gimnasios, que ya están en funcionamiento.

8.3. Captación en máquinas de gimnasios

En una escala algo mayor que lo descrito con anterioridad, parece lógico que los gimnasios sean el lugar idóneo donde implantar un sistema de generación y autoconsumo de energía de generación humana, hasta el punto que existen gimnasios que ya lo han hecho para aprovechar la energía que sus usuarios generan. Además, parece que queda argumentado el logro de mayores niveles de autoconsumo y de mejora de la gestión de la demanda eléctrica. Para ello, además de los dispositivos adaptados a bicicletas estáticas, elípticas, aparatos de fitness, etc., que captan la energía cinética y la transforman en energía eléctrica, es necesaria una tecnología que pueda procesar esa energía y la integre en la red eléctrica.



Figura 5. Bicicletas y elípticas con alimentación autogenerada. Ecopower.

Fuente: www.rocfit.com.

El caso más reseñable es el sistema que implanta la empresa Rocfit. Se trata de un dispositivo propio (dispositivo Inverter, figura 6), que gestiona la producción eléctrica de aparatos de fitness y su integración en la red eléctrica.



Figura 6. Transformador Inverter de Ecopower.

<http://gosportsart.com/en/cardio/eco-powr-series>.

El sistema Ecopower consiste en un grupo de aparatos de entrenamiento (elípticas y bicicletas estáticas) diseñados específicamente para producción de corriente y compatibles con el propio sistema. Éstos están conectados al transformador Inverter, que a su vez está conectado a una fuente de alimentación de 200-240V de Corriente Alterna (normalmente de 220V). Cada aparato puede generar hasta 350 W de potencia, sin embargo un usuario medio alcanza los 50 W. Teniendo en cuenta esto, en un club de fitness en el que 40 máquinas se encuentren produciendo simultáneamente se podría alcanzar una producción de 2.000 Wh de energía en cada hora. Considerando esto, y el hecho de que el consumo medio horario de energía en un club de fitness es normalmente superior a 5.000 Wh, la energía eléctrica producida por 40 máquinas con el sistema Ecopower pueden cubrir hasta un 40% de la energía eléctrica que necesita un gimnasio (Fuente: www.rocfit.com).

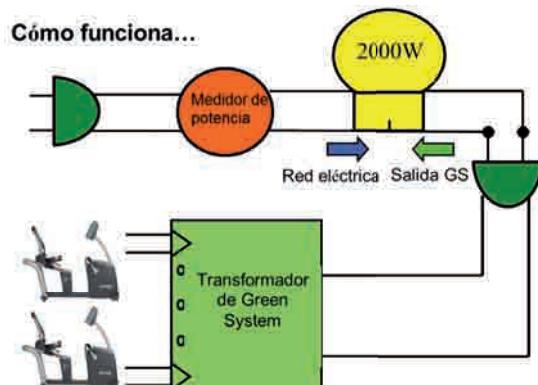


Figura 8.7. Funcionamiento del sistema Ecopower.

<http://gosportsart.com/en/cardio/eco-powr-series>.

En cuanto los usuarios comienzan a entrenar, la energía que ellos mismos generan se envía a través de un amplificador de potencia de Corriente Continua al Inverter de Ecopower y a la red eléctrica del edificio, siendo aprovechada instantáneamente por otros aparatos del gimnasio (iluminación, aire acondicionado, TV, ordenadores, etc.) fomentando así el autoconsumo y reduciendo el gasto de energía.

Los requisitos principales para utilizar el sistema es disponer de una fuente de alimentación de 200-240 V de Corriente Alterna y 15 A. El sistema está diseñado para producir electricidad y enviarla inmediatamente a la red sin utilizar sistemas de almacenamiento en baterías y ser así consumida directamente por otros aparatos electrónicos.

TABLA 2. Equivalencia de la corriente que genera el dispositivo Ecopower en aparatos de uso doméstico. www.rocfit.com.

Aparatos domésticos	Energía que consume el aparato en 1 hora (Wh)	El Inverter de Ecopower puede producir hasta 2.000 Wh de energía durante 1 hora, lo que equivale a las siguientes horas de funcionamiento de estos aparatos domésticos
Lavadora	350	6 horas
Lavavajillas	1.200	2 horas
Ventilador de techo	65	30 horas
Secador de pelo	1.200	2 horas
Estufa	750	2,5 horas
Horno microondas	750	2,5 horas
Ordenador	270	7,5 horas
Ordenador portátil	50	40 horas
Radio (equipo de música)	235	8,5 horas
Frigorífico	725	3 horas
TV pantalla plana color 27"	117	17 horas
Tostadora	800	2,5 horas
VCR/DVDQ	20	133 horas
Aspirador	1.200	1,5 horas

El sistema ya se ha empezado a implantar en Holanda y Reino Unido. En España, la empresa Rocfit está iniciando la introducción de este sistema de autoconsumo, siendo prevista su implantación inicialmente para instalaciones aisladas.

Este y otros sistemas similares suponen una apuesta firme y equilibrada por el autoconsumo en los gimnasios; no obstante, habrá que tener en consideración lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, que regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, y a la Ley 24/2013 del sector eléctrico, en especial el artículo 9 sobre autoconsumo.



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency
Intelligent Energy Europe

www.fenercom.com

