

Industria

# Guía de Ahorro Energético

Guía de Ahorro Energético



## Instalaciones Industriales



Madrid Fabrica Ahorrando Energía



# **Guía de Ahorro Energético en Instalaciones Industriales**



Madrid **Ahorra** con Energía

**Madrid, 2006**

Depósito Legal: M. 6.479-2006

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

# Presentación

La innovación en las instalaciones industriales está íntimamente relacionada con la capacidad del sector para identificar las posibilidades de mejora en la gestión.

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

Por otra parte, en la estrategia energética de la Comunidad de Madrid juega un papel central la promoción de la eficiencia energética, al objeto de minimizar el impacto ambiental que supone el uso de energía y aumentar la competitividad de las empresas madrileñas. Estas líneas estratégicas están en concordancia con los objetivos de la política energética nacional y europea, y con el cumplimiento de los compromisos del Protocolo de Kyoto.

Por ello, la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica en colaboración con la Confederación Empresarial de Madrid (CEIM) han decidido publicar esta Guía para informar a los empresarios y a otros profesionales relacionados con el sector de las ventajas de la adopción de medidas para la mejora de la eficiencia energética y de los incentivos existentes para ello.

**Carlos López Jimeno**

Director General de Industria, Energía y Minas

# Prólogo

En un contexto de constante aumento del consumo de energía como el actual, el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y la concentración de éstas en unas pocas regiones del Mundo, hacen de nuestro modelo energético un modelo inseguro que es necesario modificar. Por tanto, es imprescindible reducir la dependencia de nuestra economía del petróleo y los combustibles fósiles. Es una tarea urgente, no sólo por la amenaza del cambio climático global, sino porque a medio plazo no podemos seguir basando nuestra forma de vida en una fuente de energía no renovable que se va agotando.

La energía es un elemento clave dentro de la sociedad y uno de los principales motores que mueve la economía. Por tanto, el crecimiento económico, es un factor que inevitablemente llevará implícito un aumento del consumo energético.

Se hace, por tanto, imprescindible desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahoren energía para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sostenible. Por ejemplo, se puede ahorrar energía en los automóviles, tanto construyendo motores más eficientes, que empleen menor cantidad de combustible por kilómetro, como con hábitos de conducción más racionales, tales como conducir a menor velocidad o sin aceleraciones bruscas.

Aunque el sector industrial es complejo por el elevado número de industrias y de subsectores involucrados, cualquier planificación del sistema energético, debe incluir la industria como un capítulo importante del mismo. En concreto, el sector industrial madrileño consume prácticamente las dos terceras partes de la energía final de la región. Por ello, es de vital importancia potenciar los mecanismos necesarios para la disminución de su intensidad energética asociada al uso racional de la energía y a una reducción de costes en las empresas, lo cual redundará en una mayor competitividad de las mismas.

Prácticamente no existe hoy día instalación industrial que no sea demandante de energía, por lo que ésta se constituye en un factor clave en la competitividad de la industria. De ahí que su disponibilidad, calidad y precio vaya a

jugar un papel primordial no sólo en la competitividad industrial, sino que en ocasiones va a constituirse en un factor clave de supervivencia empresarial.

Es importante destacar que el principal objetivo de la eficiencia energética (concepto que abarca otros dos: ahorro y diversificación de energía) debe ser obtener un rendimiento energético óptimo para cada proceso o servicio en el que su uso sea indispensable, sin que ello provoque una disminución de la productividad, o de la calidad del servicio.

El objetivo óptimo debe implicar por tanto un compromiso entre aspectos energéticos, económicos y de productividad o de prestación de servicio. El ahorro se produce cuando se consigue utilizar menos energía para satisfacer una demanda determinada. Para ello se debe utilizar un sistema más eficiente (de mayor eficiencia o rendimiento energético) que el que se hubiera venido utilizando, para obtener un determinado efecto útil.

El crecimiento de la demanda unido a su carácter estratégico hacen que la eficiencia energética se vuelva una necesidad de gran importancia en el desarrollo de cualquier Comunidad Autónoma. En el caso de Madrid es aún más crítico debido a la gran dependencia energética del exterior.

Por ello, es necesario el desarrollo de una Política Energética adecuada a estas características. Esta política se ha articulado a través de la elaboración de un Plan Energético para la Comunidad de Madrid 2004-2012 en el que se establece, entre otros objetivos, el de mejorar la eficiencia de uso de los productos energéticos, propiciando el ahorro y reduciendo la intensidad de consumo energético sin comprometer la competitividad de la actividad económica de nuestra Comunidad y sin reducir las cotas de bienestar de los madrileños.

En dicho Plan se establecen una serie de medidas como el refuerzo de la actividad de transporte y distribución del sistema eléctrico, la implantación de nuevas plantas de generación de Ciclo Combinado mediante gas natural, y sobre todo el fomento de las fuentes de energía renovables que, a lo largo del mismo, se verán impulsadas, de tal forma que energías como la solar en su versión térmica o fotovoltaica, la energía eólica o la procedente de la biomasa, etc., experimentarán un importante crecimiento participando activamente en el balance energético de la Comunidad.

Y, por supuesto, el Plan incluye un conjunto de actuaciones en materia de ahorro y eficiencia energética, con medidas tanto de carácter horizontal, que

afectan de modo genérico a todos los sectores, como de medidas específicas que afectan a determinados sectores entre los que se incluye, por su importancia estratégica, el sector industrial.

Como complemento a estas actuaciones que incluye la planificación energética de la Comunidad de Madrid, desde la Dirección General de Industria, Energía y Minas se está realizando un exhaustivo análisis de la calidad de suministro en la Comunidad de Madrid y, en concreto, en el ámbito industrial también se está realizando una prueba piloto para analizar la calidad de suministro en los polígonos industriales, ya que además de las interrupciones, la falta de calidad en la onda de tensión puede presentar una incidencia negativa en la maquinaria, equipos de producción y en definitiva competitividad industrial.

Por ello todos los actores debemos estar involucrados en este proceso. Y por ello AECIM, como Asociación más representativa del metal madrileño, está participando activamente en todas las iniciativas tendentes a fomentar el ahorro y eficiencia energético entre las empresas madrileñas del metal.

En resumen, hacer un uso eficiente de la energía surge en este escenario, como un requisito ineludible de todos los actores del mercado energético: productores, consumidores, reguladores, y es una práctica que contribuye a mejorar la competitividad de la economía, disminuir los impactos ambientales derivados de una menor producción y consumo de energía, y a reducir a lo estrictamente necesario las expansiones que naturalmente requiera el sistema energético nacional.

**J. Miguel Guerrero Sedano**  
Presidente de AECIM

# Autores

- Capítulo 1. **Eficiencia energética. Índice de eficiencia**  
Centro de Eficiencia Energética de Unión Fenosa  
[www.unionfenosa.es](http://www.unionfenosa.es)
- Capítulo 2. **Medidas para la eficiencia energética**  
Endesa. Dirección Empresas. Marketing Empresas.  
[www.endesa.es](http://www.endesa.es)
- Capítulo 3. **Ahorro de energía eléctrica en el alumbrado**  
Philips División Comercial Alumbrado  
[www.philips.es](http://www.philips.es)
- Capítulo 4. **Sistemas de ahorro de agua y energía**  
D. Luis Ruiz Moya  
Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L (Tehsa)  
[www.ahorraragua.com](http://www.ahorraragua.com)
- Capítulo 5. **Ahorro energético en la climatización de residencias y centros de DIA**  
D. José J. Vílchez. Ingeniero Industrial  
Product Manager de Equipos Comerciales y Sistemas  
Departamento de Marketing  
Carrier España S.L.  
[www.carrier.es](http://www.carrier.es)
- Capítulo 6. **Motores de alta eficiencia**  
D. Atanasi Jorner  
Colaborador del Centro Español de Información del Cobre (CEDIC) en  
el campo de Eficiencia y Ahorro Energético
- Capítulo 7. **Energía solar fotovoltaica**  
D. Luis Gordo  
Acciona Solar  
[www.acciona-energia.com](http://www.acciona-energia.com)  
[www.aesol.es](http://www.aesol.es)
- Capítulo 8. **La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización**  
D. Juan Manuel Rubio Romero  
Product Manager Energía Solar  
Viessmann, S.L.  
[www.viessmann.es](http://www.viessmann.es)
- Capítulo 9. **La eficiencia energética en procesos industriales. Caso práctico**  
D. José Manuel Sanz  
Dpto. Central de Protección del Medio Ambiente  
BSH Electrodomésticos España, S.A.  
[www.bsh-group.com](http://www.bsh-group.com)



# Índice

CAPÍTULO 1. Eficiencia energética. Índice de eficiencia	19
1.1. Introducción	19
1.2. Estudio de eficiencia energética de la PYME	20
1.2.1. Introducción y metodología	20
1.2.2. Índice de Eficiencia Energética	22
1.2.3. Resultados por Comunidad Autónoma	23
1.2.4. Resultados por sector de actividad	24
1.2.5. Resultados por tamaño de la empresa	26
1.2.6. Componentes del Índice de Eficiencia Energética	27
1.2.6.1. Cultura Energética	30
1.2.6.2. Mantenimiento	32
1.2.6.3. Control	35
1.2.6.4. Innovación	37
1.2.7. Conclusiones	40
1.2.7.1. Cultura Energética	41
1.2.7.2. Mantenimiento	41
1.2.7.3. Control	42
1.2.7.4. Innovación	43
CAPÍTULO 2. Medidas para la eficiencia energética	45
2.1. Introducción	45
2.2. Optimización tarifaria	47
2.2.1. Mercado Liberalizado: Gas y Electricidad	48
2.3. Optimización de instalaciones	48
2.3.1. Estudio del consumo	48
2.3.1.1. Consumo de energía en Instalaciones Industriales	49
2.3.1.2. Distribución del consumo energético	49
2.3.2. Parámetros de eficiencia energética	50
2.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en instalaciones industriales	51

2.3.3.1. Iluminación	53
2.3.3.2. Calefacción y aire acondicionado	59
2.3.3.3. Agua caliente sanitaria	65
2.3.4. Gestión y mantenimiento energético	68
2.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE	70
2.3.5.1. Certificado de eficiencia energética	72
2.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado	73
2.4. Conclusiones	74
CAPÍTULO 3. Ahorro de energía eléctrica en el alumbrado	77
3.1. Introducción	77
3.2. Directivas, Códigos, Leyes y Reglamentos sobre la Eficiencia Energética	78
3.2.1. Código Técnico de la Edificación	79
3.2.2. Norma UNE 12464-1 relativa a "Iluminación de los lugares de trabajo en interior"	81
3.2.3. Real Decreto 208/2005, relativo a la Directiva RAEE sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos	82
3.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado	83
3.3.1. Fase de Proyecto	86
3.3.1.1. La predeterminación de los niveles de iluminación	87
3.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación	88
3.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación	94
3.3.1.4. Coste Total de Propiedad (CTP). Estudio Económico: Caso práctico	96
3.3.2. Mantenimiento	104
3.3.2.1. Previsión de operaciones programadas	104
3.3.2.2. Respeto de las frecuencias de reemplazo de los componentes	105
3.3.2.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos	105



5.3.4. Ahorro energético con válvulas de expansión electrónica. Economizadores	163
5.3.5. Ahorro energético con turbina de expansión	165
5.3.6. Cogeneración más unidades de producción de agua fría por ciclo de absorción	166
5.4. Utilización de sistemas de control de ahorro energético más eficaces	168
5.4.1. Gestión de componentes del sistema: cambio de modo de operación	169
5.4.2. Gestión de enfriamiento gratuito por aire exterior (ITE 02.4.6) y recuperación de calor	170
5.4.3. Gestores energéticos para distribución de agua fría con múltiples enfriadoras	172
5.5. Consideraciones finales	174
CAPÍTULO 6. Motores de alta eficiencia	177
6.1. Precedentes	177
6.2. Políticas energéticas	179
6.2.1. EEUU	179
6.2.2. Canadá	180
6.2.3. Comunidad Europea	180
6.3. Métodos de ensayo en la determinación del rendimiento	182
6.4. Selección del motor de alta eficiencia	182
6.5. Conclusiones	189
CAPÍTULO 7. Energía solar fotovoltaica	191
7.1. Introducción	191
7.2. La energía solar fotovoltaica	192
7.2.1. Características y conceptos básicos de la energía solar fotovoltaica	192
7.2.2. Usos de la energía solar fotovoltaica	194
7.2.3. Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica conectada a red	198
7.2.3.1. Sobre tejados y cubiertas existentes	198
7.2.3.2. Sobre el terreno	201
7.2.3.3. Integración en edificios	202

7.2.4. Mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas	205
7.2.5. Garantía de los equipos	205
7.3. Desarrollo de la energía solar fotovoltaica	206
7.4. Legislación y Normativa	209
7.5. Análisis de rentabilidad	211
CAPÍTULO 8. La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización	217
8.1. Introducción	217
8.2. Posibilidades de ahorro solar en las industrias	219
8.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas.	220
Componentes	
8.3.1. Subsistema de Captación	222
8.3.2. Subsistema de Acumulación	225
8.3.3. Subsistema de Intercambio	227
8.3.4. Subsistema de Regulación y Control	227
8.3.5. Subsistema de Energía Auxiliar o Convencional	228
8.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica	230
8.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica	230
8.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica	232
8.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica	232
8.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica	234
8.6. Caso ejemplo: industrias con energía solar para la producción de ACS	236
8.6.1. Objetivo	236
8.6.1.1. PROCESO 1. Fábrica de Tintado de Pieles Curtidas	236
8.6.1.2. PROCESO 2. Almazara de Aceite	239
8.6.1.3. PROCESO 3. Matadero de Pollos	240
8.6.1.4. PROCESO 4. Fábrica de Almíbar	242
8.6.2. Características de la instalación tipo	243
8.6.2.1. Funcionamiento del esquema hidráulico tipo	243
8.6.2.2. Otras ventajas de las instalaciones solar	244

CAPÍTULO 9. La eficiencia energética en procesos industriales. Caso práctico	247
9.1. Presentación de la empresa	247
9.2. Compromiso medioambiental	248
9.3. Actuaciones de mejora de eficiencia	250
9.3.1. Balance medioambiental	250
9.3.2. Mejora de eficiencia instalaciones existentes	251
9.3.3. Eficiencia en nuevas instalaciones	254
9.3.4. Resultados obtenidos	257
9.3.5. Etapa de distribución	262
9.4. Formación, sensibilización y comunicación	263

## 1.1. Introducción

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

El sector Industria representa aproximadamente un 16 % del consumo energético en España, sólo estando su consumo por debajo del sector Transformación de la Energía y Transporte, lo cual evidencia la importancia de la eficiencia energética en este sector.

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

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

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

- Elevada dependencia energética exterior: España importa el 75 % de la energía primaria que utiliza frente al 50 % de media en la UE, cifra considerada ya elevada por las instituciones comunitarias. Además, esa dependencia va en aumento, con las implicaciones no sólo económicas y comerciales que ello supone, sino también con unos efectos medioambientales significativos al tratarse mayoritariamente de productos fósiles con un elevado nivel de emisiones de efecto invernadero.
- La economía española está evolucionando durante los últimos años hacia tasas de crecimiento anual superiores a la media europea, lo que está permitiendo un avance significativo en convergencia real. No obstante, esta evolución también se ha visto acompañada por crecimientos importantes de la demanda energética, con tasas de incremento anual superiores, algunos años, a las de la economía. De ahí que el indicador de Intensidad Energética muestre tendencias de ligero crecimiento durante los últimos años.
- Hay una preocupación por llevar a cabo una reducción significativa de emisiones de contaminantes atmosféricos, en concordancia con las Directivas europeas y orientaciones internacionales.

## 1.2. Estudio de eficiencia energética de la PYME

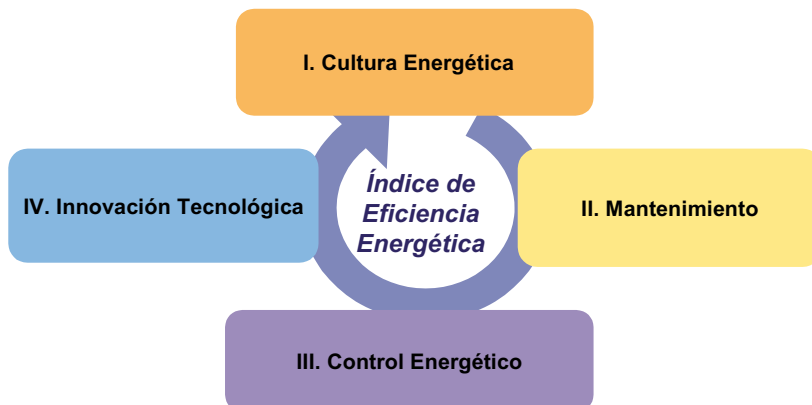
### 1.2.1. Introducción y metodología

UNION FENOSA está comprometida con el ahorro y la eficiencia energética porque entiende firmemente que *“la energía más limpia es la que no se consume”*.

Una de las contribuciones a este principio básico es la construcción de una métrica: el *‘Índice de Eficiencia Energética’*, que permite a las empresas conocer y gestionar su perfil de eficiencia energética.



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



Los cuatro factores analizados son:

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

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

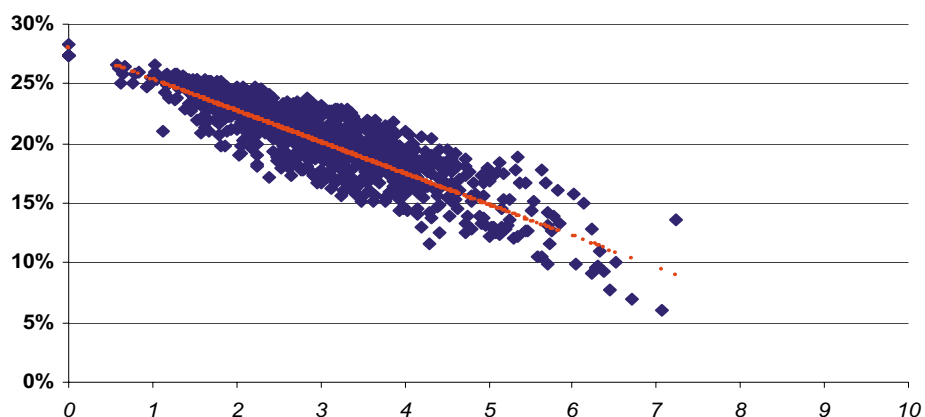
Para la realización de este primer estudio de 'Eficiencia energética de la Pyme', se han realizado 2421 entrevistas telefónicas, lo que ofrece una precisión de  $\pm 2\%$  en un intervalo de confianza del 95 %.

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

## 1.2.2. Índice de Eficiencia Energética

La primera edición del estudio sobre 'Eficiencia Energética de la PYME', conforma un Índice de Eficiencia Energética de **3,1** puntos sobre 10, la misma puntuación que obtiene el Índice de Eficiencia Energética en el sector Industria.

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



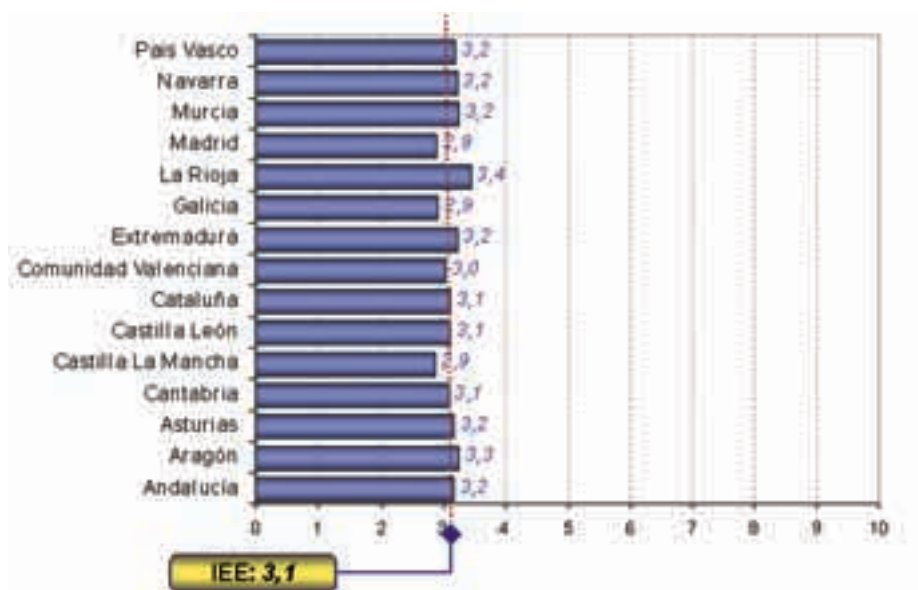
**Figura 1.** Distribución del ahorro en función del Índice de Eficiencia.

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

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

### 1.2.3. Resultados por Comunidad Autónoma

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



**Figura 2.** Índice de Eficiencia Energética por CCAA.

Como se desprende de la lectura de los gráficos, los resultados que se obtienen son muy homogéneos en todas las Comunidades Autónomas, lo que lleva

a concluir que no existen grandes diferencias geográficas en los hábitos de consumo ni en los equipamientos energéticos de las pymes españolas.

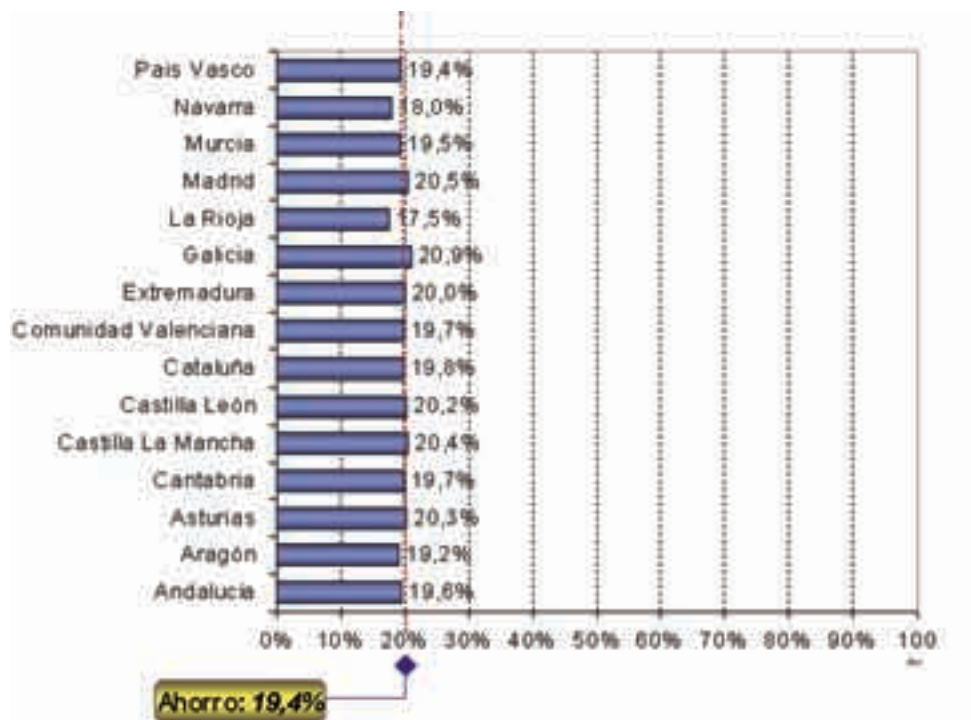


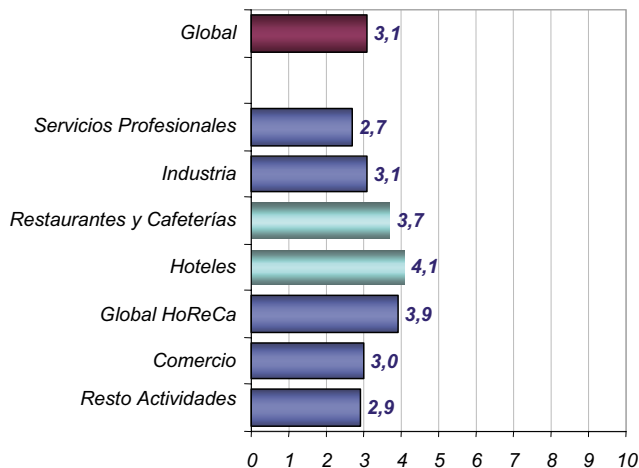
Figura 3. Ahorro potencial estimado por CCAA.

## 1.2.4. Resultados por sector de actividad

El análisis de los resultados del Índice por sector de actividad muestra diferencias significativas entre los mismos. El sector 'Hoteles' obtiene la mejor valoración (4,1 puntos sobre 10), mientras que el sector 'Servicios Profesionales' obtiene la puntuación más baja, 2,7 puntos, el sector Industria obtiene la segunda puntuación más alta con 3,1 puntos situándose justo en la media de los sectores analizados.

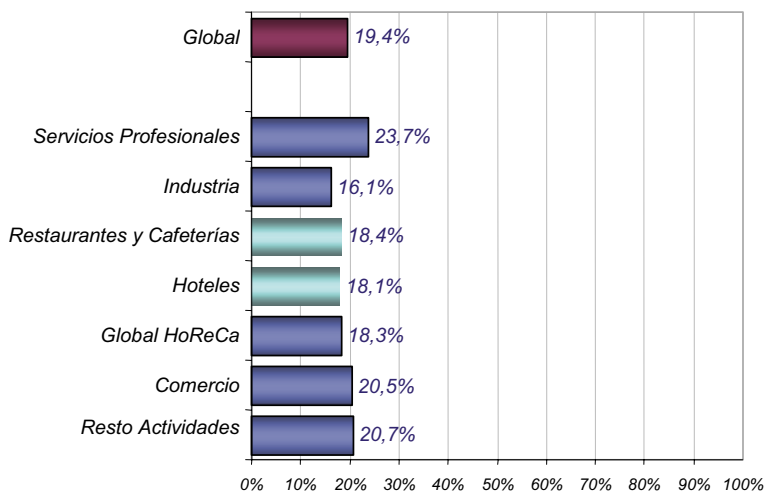
La dispersión, en términos de ahorro, también es significativa y oscila entre el 23,7 % de ahorro en el sector de 'Servicios Profesionales' y el 16,1 % del sector 'Industria', siendo éste el sector con potencial de ahorro más bajo. Este dato se

justifica porque debido al alto porcentaje que en los costes del sector supone la factura energética, se han realizado tradicionalmente más medidas de eficiencia energética. Como se desprende del estudio de los dos gráficos, no existe una relación lineal entre el valor del índice y el potencial de ahorro que se puede alcanzar, es decir, mayor/menor valoración del índice no implica necesariamente menor/mayor potencial de ahorro respectivamente.



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

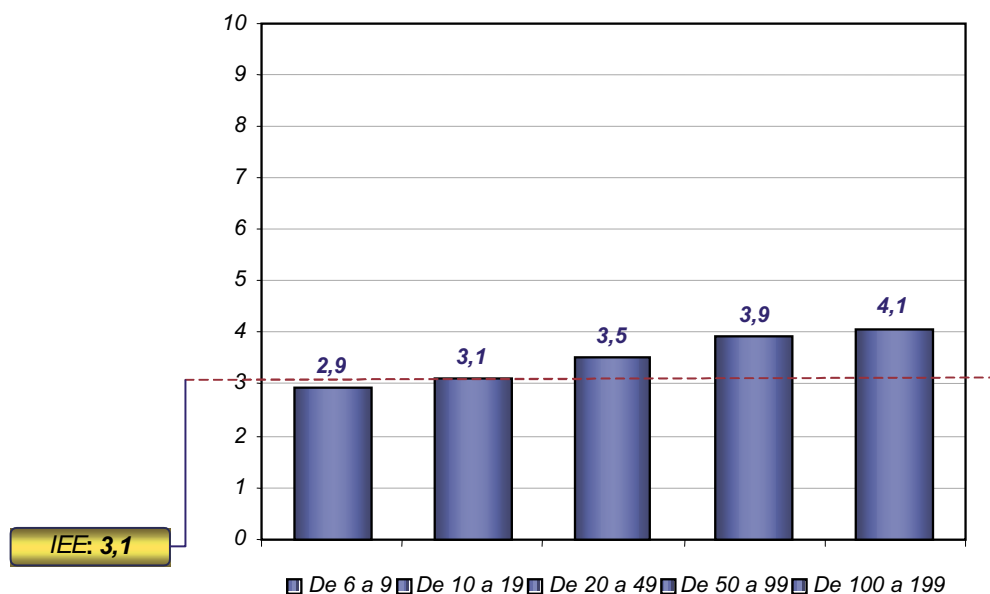
Nota: HoReCa. Agrupa a los sectores de actividad: Hoteles, Restaurantes y Cafeterías



**Figura 5.** Ahorro potencial estimado por sectores.

## 1.2.5. Resultados por tamaño de la empresa

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



**Figura 6.** Índice de eficiencia energética por tamaño.

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

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

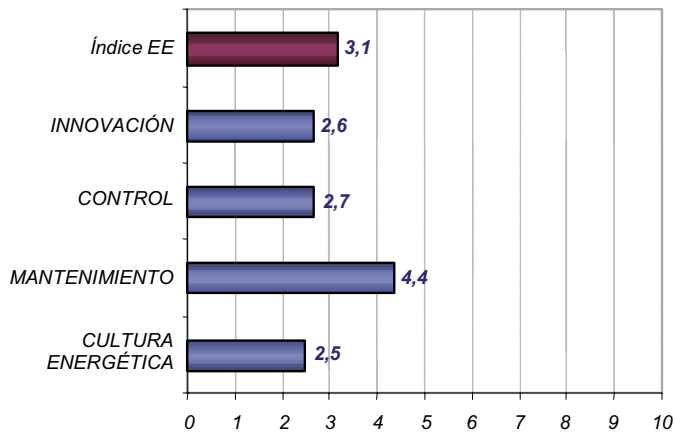
Se puede comprobar a lo largo del Estudio que esta tendencia se repite, de forma generalizada, en todos los indicadores estudiados.

## 1.2.6. Componentes del Índice de Eficiencia Energética

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

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

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



**Figura 7.** Componentes del Índice de Eficiencia.

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

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

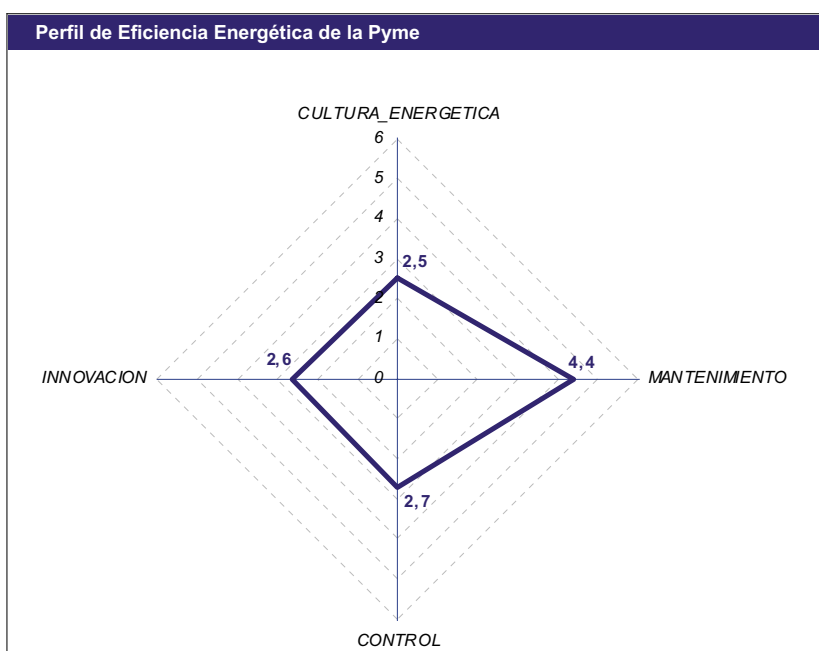
otra parte, salvo 'Mantenimiento', no existen grandes diferencias entre el resto de subíndices.

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

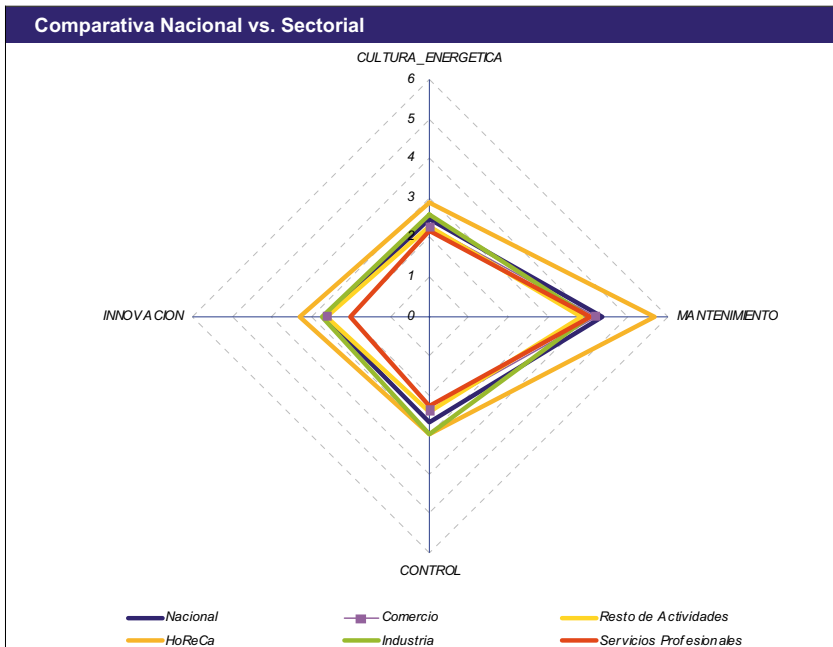
***La empresa española presenta un perfil de Cultura Energética bajo y, por lo tanto, muy adecuado para poder desarrollar acciones encaminadas a mejorar la eficiencia energética de sus organizaciones.***

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

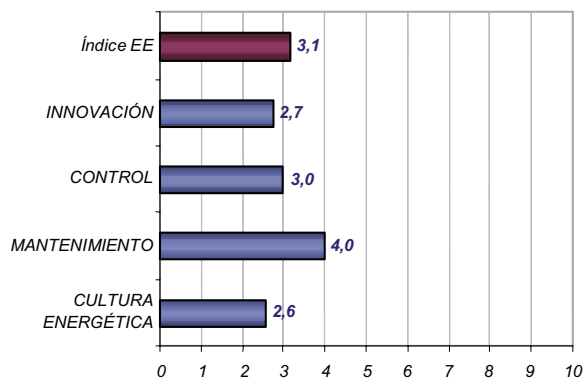
***Sin embargo, sí dedica recursos a la realización de acciones de mantenimiento, generalmente mantenimiento correctivo, de las instalaciones y equipos energéticos.***







Como se puede observar en la comparativa Nacional vs. Sectorial, el sector Industria, al igual que el resto de sectores obtiene mejor puntuación en Mantenimiento que en el resto de factores. Esta gráfica permite observar el equilibrio entre los distintos componentes del índice, siendo el sector Industria, a pesar de su tendencia al Mantenimiento, el que más equilibra los cuatro aspectos de la eficiencia energética.



**Figura 8.** Componentes del índice de Eficiencia Energética en el sector Industria.

### 1.2.6.1. Cultura Energética

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

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

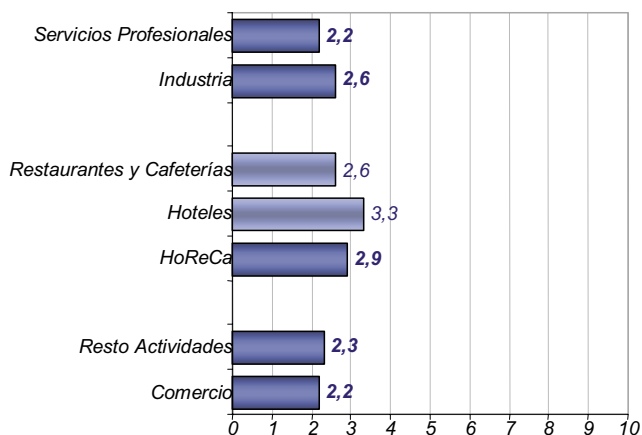
A la vista de estos resultados, se puede concluir que existe una muy escasa concienciación y, por lo tanto, un bajo nivel de compromiso en las pymes para mejorar su rendimiento energético.

Si se analiza el apartado de Cultura Energética por sector de actividad, se observa, en primer lugar, que son los sectores 'HoReCa' e 'Industrial' los que obtienen las mejores valoraciones, mientras que 'Comercio' y 'Servicios Profesionales' se sitúan en las posiciones más bajas con, tan sólo, 2,2 puntos sobre 10. El sector Industria obtiene 2,6 puntos, sólo 0,1 puntos por encima de la media, siendo el factor Cultura Energética el que obtiene peor nota en el análisis de eficiencia energética del sector.

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

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

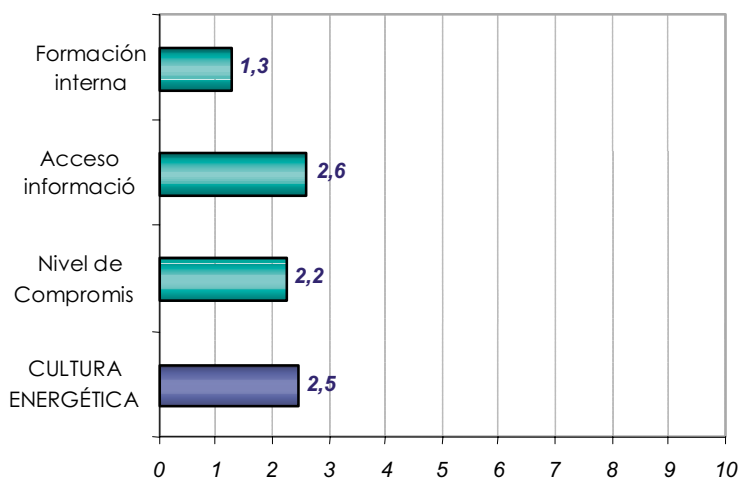
Se detecta un salto cuantitativo en las empresas de más de cincuenta empleados.



**Figura 9.** Cultura Energética, valoración por sectores.

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

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



**Figura 10.** Índice de Cultura Energética por factores.

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

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

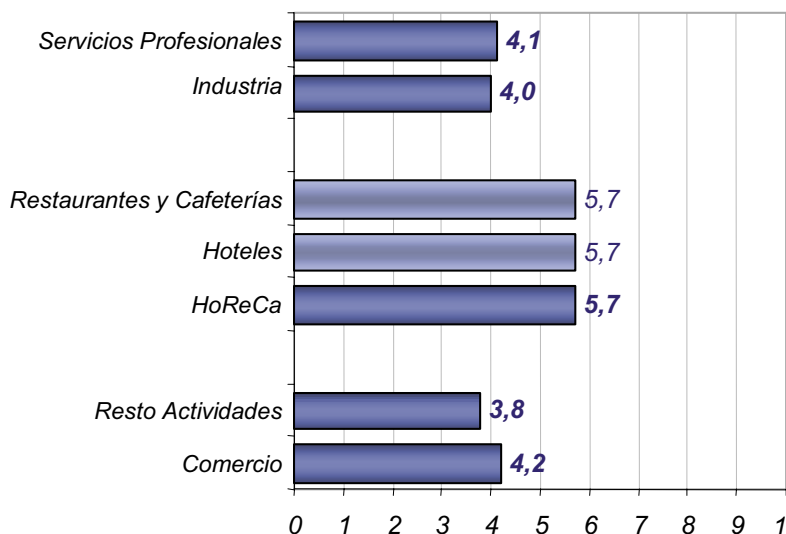
### 1.2.6.2. Mantenimiento

Para conseguir una máxima eficiencia energética en la empresa, se necesita que todos los equipos existentes dentro de ella, desde la más sencilla de las lámparas que iluminan un puesto de trabajo hasta la más complicada de los equipos robotizados que puedan existir en la actualidad, funcionen de la forma más eficiente posible. Esto se logrará siempre que se realice el mantenimiento adecuado de dichos equipos, minimizando así averías, bajos rendimientos, etc.

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

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

Como se puede comprobar en la Fig. 11, el análisis sectorial de este subíndice muestra el gran salto cuantitativo que existe entre el sector que obtiene la mayor puntuación 'HoReCa' (5,7 puntos sobre 10) y el resto de sectores de actividad.



**Figura 11.** Índice de Mantenimiento por sectores.

Industria con 4,0 puntos se encuentra, aunque muy por debajo del sector 'Horeca', en la media de los sectores restantes. El factor de Mantenimiento es donde Industria obtiene la mayor puntuación, entre 1 y 1,4 puntos por encima de los demás factores de eficiencia, por lo que a pesar de ser el único factor que obtiene una nota inferior a la media, es en el que tiene mayor grado de eficiencia.

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

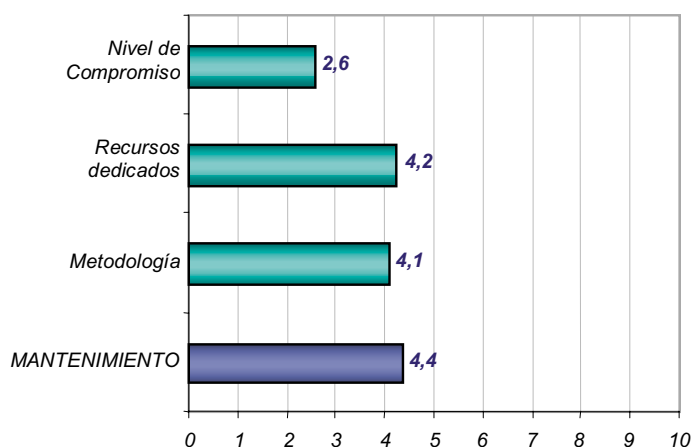
A la vista de estos resultados se puede concluir que, tanto el sector 'Hotelero' como los 'Restaurantes y cafeterías', son los sectores más concienciados de las ventajas que suponen desarrollar acciones de mantenimiento de sus instalaciones de energía.

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

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

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

La Fig. 12 muestra las puntuaciones obtenidas por los tres componentes del subíndice 'Mantenimiento'.



**Figura 12.** Puntuaciones de los factores de mantenimiento.

Como se desprende de la figura, las empresas realizan acciones de mantenimiento aplicando cierto nivel de metodología y dedicando un determinado número de recursos. Sin embargo, el indicador del 'Nivel de compromiso' de los tres indicadores analizados en este apartado es el que menor puntuación obtiene, 2,6 puntos sobre 10. Por lo tanto, se puede concluir que aunque las empresas otorgan mucha importancia a las tareas de mantenimiento, este hecho no se ha sido bien comunicado o transmitido al resto de la organización.

### 1.2.6.3. Control

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

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

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

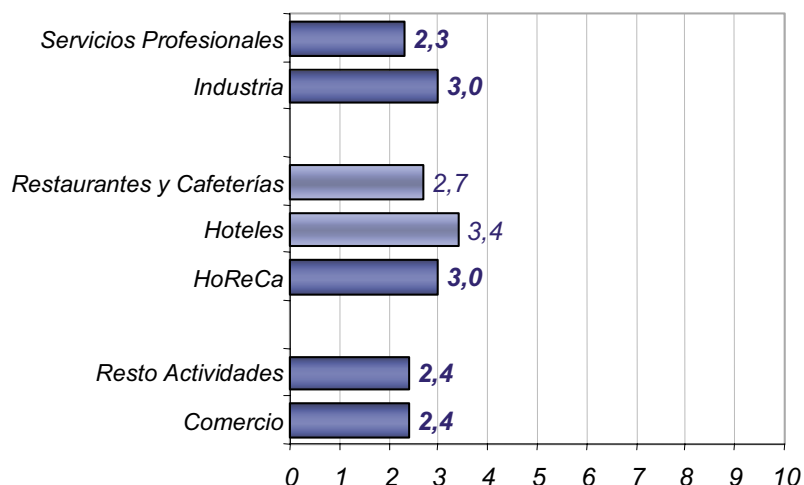


Figura 13. Índice de Control por sectores.

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

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

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

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

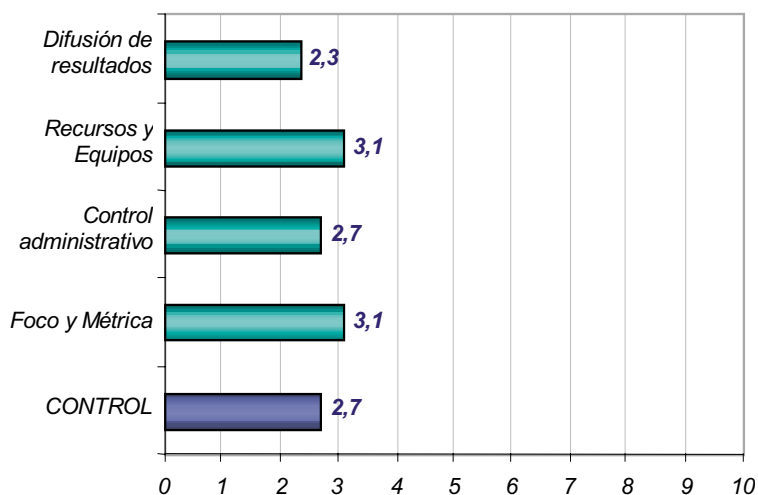
Dentro del apartado de 'Control' se han analizado los siguientes aspectos:

- ❖ **Foco y Métrica.** Mide el nivel de adopción del concepto 'ahorro energético' por parte de la Dirección de la empresa, es decir, la mayor o menor importancia que la Dirección de la empresa otorga al ahorro energético.
- ❖ **Control Administrativo.** Indicador muy relacionado con el anterior. Es un indicador operativo. Trata de medir en qué manera se controla, maneja y procesa la información sobre consumos desde el punto de vista administrativo.
- ❖ **Recursos y Equipos.** Mide la adecuación de los recursos, humanos y técnicos, dedicados a la tarea de monitorización de consumos.
- ❖ **Difusión de Resultados.** Este indicador trata de valorar en qué medida los resultados obtenidos gracias al control, se utilizan para concienciar a los empleados de la utilidad de llevar a cabo acciones de control y medidas de eficiencia energética.

Como se puede observar en la Fig. 14, el indicador 'Difusión de Resultados' es el que obtiene la valoración más baja (2,3 puntos sobre 10), por debajo de la media del subíndice 'Control' (2,7).



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



**Figura 14.** Índice de control por factores.

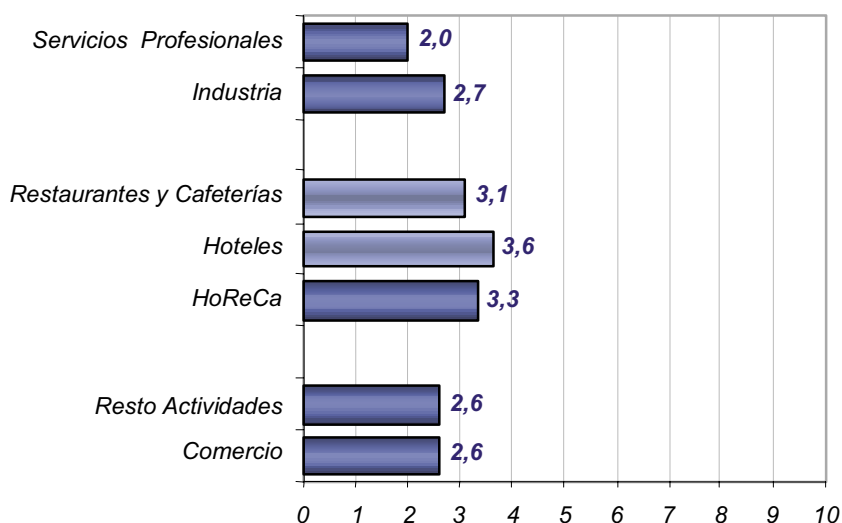
#### 1.2.6.4. Innovación

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

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

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

En el análisis sectorial de este subíndice, el sector 'Hotelero' es el que mejor valoración obtiene (3,6 puntos sobre 10). Por el contrario el sector 'Servicios Profesionales' es el que se sitúa a la cola de los sectores de actividad en cuanto a la introducción de innovaciones se refiere. No existen diferencias significativas entre el resto de sectores de actividad, por lo que Industria, con 2,7 puntos, se encuentra en un término medio, a pesar de estar en una situación a priori no especialmente desfavorable, la realidad es que la nota obtenida es muy baja, siendo junto con Cultura, con 2,6 puntos, los dos factores que más necesitan mejorar.



**Figura 15.** Índice de Innovación por sectores.

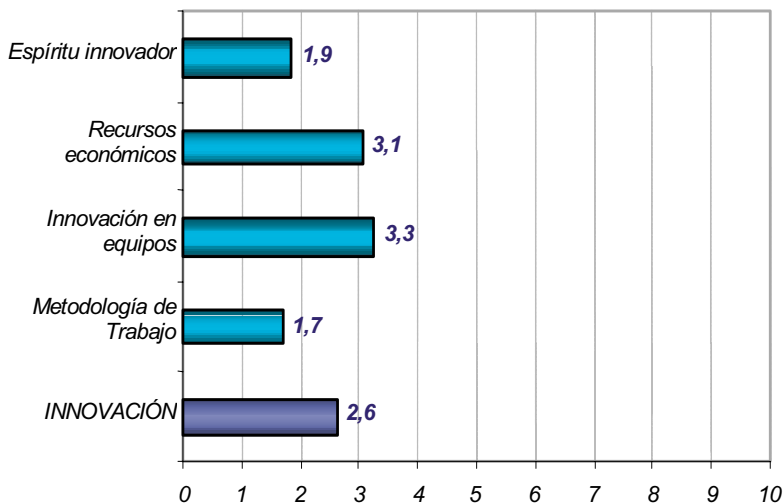
Los valores obtenidos por el subíndice 'Innovación' según el número de empleados de la empresa, siguen un comportamiento muy lineal, no existen grandes diferencias de un segmento a otro.

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

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

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

La Fig. 16 muestra las puntuaciones obtenidas por los cuatro componentes de este subíndice.



**Figura 16.** Índice de Innovación por factores.

Como se puede observar, las empresas por lo general no adoptan nuevas metodologías de trabajo (o son poco flexibles para adaptarse a los cambios) (1,7

puntos sobre 10), mientras que el nivel de compromiso por estar en la vanguardia tecnológica es bajo (1,9).

Por otra parte, aunque las puntuaciones obtenidas también son bajas, los indicadores mejor valorados están relacionados con la inversión. 'Recursos económicos' obtiene una puntuación de 3,1 puntos sobre 10 mientras que el indicador de 'Innovación en equipos' llega a 3,3 puntos.

## 1.2.7. Conclusiones

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

- Los resultados reflejan un importante potencial de mejora en la competitividad de las empresas trabajando los puntos débiles identificados en el estudio.
- El mantenimiento y la explotación de equipos consumidores de energía son las áreas analizadas con mejor valoración, que podrían mejorarse aún más incorporando criterios de ahorro energético.
- La contabilidad energética de las empresas es un área de mejora claramente identificada.
- La formación en materia energética es un factor clave para afianzar la cultura energética y realizar un uso más racional de la energía.
- Se detecta una baja utilización de servicios energéticos (auditorías y diagnósticos) y tecnologías eficientes (iluminación de bajo consumo, baterías de condensadores, etc.) que permitan optimizar el uso de la energía.

A continuación se presentan las conclusiones por cada subíndice analizado.

### 1.2.7.1. Cultura Energética

- Existe un desconocimiento generalizado, en todos los sectores de actividad analizados, del tipo de contrato 'contratado' en materia energética (tarifa/mercado). El 44 % de los entrevistados desconoce el tipo de contrato de electricidad que tiene. Este desconocimiento se hace todavía más latente en el caso del gas, (el 91,4 % desconoce qué tipo de contrato de gas tiene).
- Sólo el 20 % de las empresas analizadas están realizando acciones de ahorro energético. Un 60 % de las empresas no tiene previsto hacerlo en el corto/medio plazo. El sector hotelero destaca del resto con un 35 % de empresas que manifiesta tener en marcha acciones de ahorro energético.
- Menos de un 20 % de los empleados de las empresas entrevistadas tiene conocimientos de eficiencia energética.
- El grado de conocimiento sobre programas y subvenciones en materia de ahorro energético es bajo (4 puntos sobre 10). Sólo el 7 % de las empresas ha intentado participar en estos programas y subvenciones en los últimos tres años. El sector hotelero (17 %) e Industrial (11 %) destacan al alza frente a Servicios Profesionales (5 %).
- El grado de implantación de los sistemas de gestión de calidad/medio ambiente en las empresas analizadas es muy bajo: ISO 9001 (11 % de las empresas manifiestan tenerlo implantado), ISO 14001 (6 %), Reglamento EMAS (1 %).

### 1.2.7.2. Mantenimiento

- El 52 % de las empresas realiza un mantenimiento correctivo, un 33 % mantenimiento preventivo, sólo un 11 % realiza mantenimiento predictivo, mientras que los mantenimientos RCM (Mantenimiento Basado en la Fiabilidad) (3 %) y TPM (Mantenimiento Productivo Total) (2 %) son

prácticamente marginales. Llama la atención el sector hotelero donde el porcentaje de mantenimiento preventivo (44 %) supera al correctivo (41 %).

- Sólo un 14 % de las empresas dedican herramientas informáticas para gestionar y controlar el consumo energético. No existen grandes diferencias significativas en el análisis sectorial.
- Respecto al estado general de las instalaciones, la valoración otorgada por las empresas es de 7,5 puntos sobre 10. Todos los sectores obtienen la misma puntuación, por lo que se puede concluir que las empresas consideran el estado actual de sus instalaciones como bastante satisfactorio.

### 1.2.7.3. Control

- El 80 % de las empresas entrevistadas manifiesta que no ha realizado optimización alguna de su tarifa energética o ha pasado a suministro liberalizado durante el último año. El sector Servicios Profesionales parece ser el sector que demuestra menor preocupación por el tema (90 % no ha realizado optimización) y el sector Hotelero el más concienciado, (27 % de los entrevistados manifiestan haber realizado optimización de su tarifa durante el último año).
- Únicamente el 9 % de las empresas han contratado una auditoría o asesoría energética en los últimos tres años. Los sectores de Industria (11 %) y Hoteles (17 %) destacan al alza, mientras que Servicios Profesionales (5 %) a la baja.
- Un 74 % de las empresas manifiesta no realizar control alguno para identificar excesos de consumo. No existen grandes diferencias sectoriales, salvo en el sector hotelero donde el porcentaje de empresas que no identifica los excesos desciende hasta el 58 %.
- Únicamente un 45 % de las empresas entrevistadas dispone de personal encargado de planificar, controlar y evaluar el consumo energético. En el sector hotelero, este porcentaje alcanza el 59 % mientras que en el sector

Servicios Profesionales, únicamente llega al 38 %. Si analizamos este aspecto por el tamaño de la empresa, se puede comprobar como el número de empresas que dispone de personal encargado para estas tareas aumenta conforme aumenta.

#### 1.2.7.4. Innovación

- Las empresas, por lo general, no utilizan sistemas de regulación de la iluminación:

    Detectores de presencia: 10 %

    Interruptores temporizados: 25 %

*Dimmer* (variador de intensidad de luz): 3 %

    Sensor de luz ambiental: 3 %

    Reloj astronómico para alumbrado exterior: 7 %

- Cabe destacar la muy escasa utilización de energías renovables:

    Energía solar térmica: 2,1 %

    Energía solar fotovoltaica: 0,5 %

    Eólica: 0,3 %

    Biomasa: 0,2 %.

## 2.1. Introducción

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

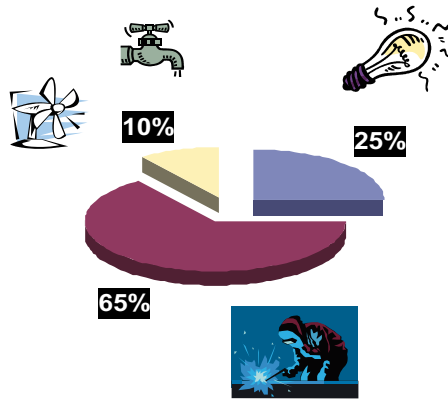
De la diversidad de instalaciones que pueden acoger el Sector Industrial, así como de la actividad concreta de las mismas, depende el suministro de energía.



Las aplicaciones que más consumo de energía concentran son: Maquinaria e Iluminación.

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





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

### Nave industrial

<b>INSTALACIONES</b>	MAQUINARIA TRANSPORTE VENTILACIÓN
<b>APLICACIONES ENERGÉTICAS</b>	PRODUCCIÓN ILUMINACIÓN ACS, CLIMATIZACIÓN OTROS
<b>ENERGÍAS</b>	ELECTRICIDAD GAS GASÓLEO
<b>CONSUMO</b> (* ) MEDIA SECTORIAL	300.000 kWh/año
<b>COSTE</b> (* ) MEDIA SECTORIAL	<b>32.500 € / año</b>

#### □ OPTIMIZACIÓN DE TARIFA

##### REVISIÓN DE LOS CONTRATOS DE ENERGÍA.

- ✓ ELECTRICIDAD
- ✓ GAS

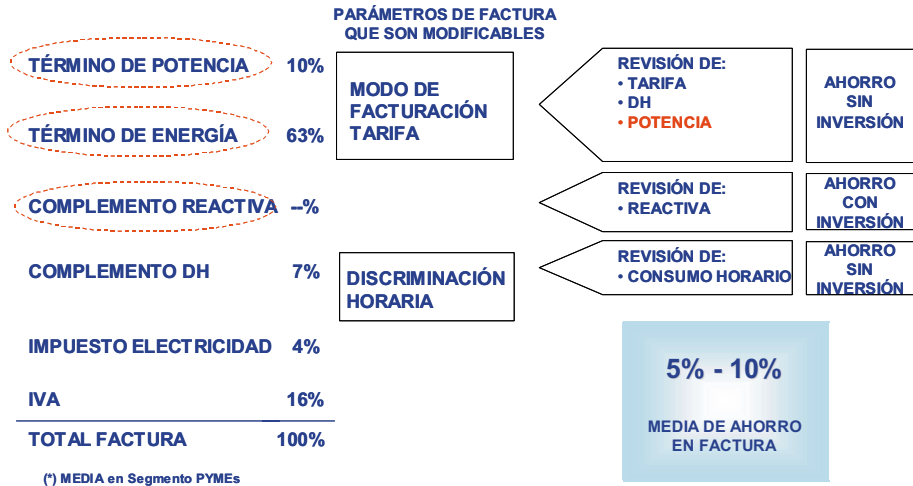
#### □ OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES

##### ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES.

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

## 2.2. Optimización tarifaria

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



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

### TÉRMINOS EN FACTURA:

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



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

## 2.2.1. Mercado Liberalizado: Gas y Electricidad

Aspectos más relevantes de la contratación en el Mercado liberalizado:

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

En todo caso se ha de tener en cuenta:

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

## 2.3. Optimización de instalaciones

### 2.3.1. Estudio del consumo

El coste derivado del consumo de energía es susceptible de ser minorado a través de la optimización de las instalaciones y maquinaria con las que contamos en nuestras instalaciones industriales.

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

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

### 2.3.1.1. Consumo de energía en Instalaciones Industriales

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

La distribución del consumo energético, entre energía eléctrica y energía térmica, demandada por una instalación industrial, depende de varios factores: del tipo de instalación, de su situación, categoría, la industria que desarrolla, etc.

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

**TABLA 1.** Instalaciones, consumos y costes medios.

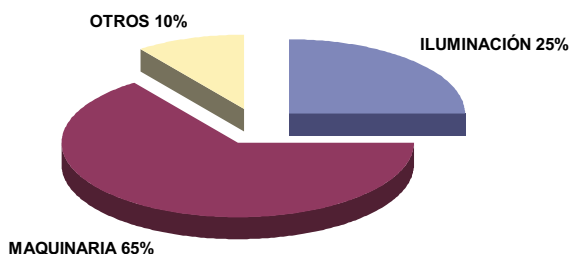
	<b>INSTALACIÓN RESIDENCIAS DE MAYORES Y CENTROS DE DIA</b>
<b>INSTALACIONES</b>	MAQUINARIA TRANSPORTE VENTILACIÓN
<b>APLICACIONES ENERGÉTICAS</b>	PRODUCCIÓN ILUMINACIÓN ACS, CLIMATIZACIÓN OTROS
<b>ENERGÍAS</b>	ELECTRICIDAD GAS GASOIL
<b>CONSUMO</b> (* ) MEDIA SECTORIAL	300.000 kWh/año
<b>COSTE</b> (* ) MEDIA SECTORIAL	<b>32.500 € / año</b>

### 2.3.1.2. Distribución del consumo energético

Generalmente las instalaciones industriales consumen, por una parte, energía eléctrica, para su consumo en maquinaria eléctrica, alumbrado, bombeo de agua,

ventilación, etc. También se están implantando, cada vez con mayor frecuencia, las bombas de calor eléctricas, que permiten el suministro de calefacción durante los meses fríos. Por otra parte, las instalaciones industriales consumen algún combustible, que se utiliza para la producción de agua caliente para calefacción (si no dispone de bomba de calor), para la producción de agua caliente sanitaria. Además se consume gasóleo para la maquinaria de carga y movimiento de mercancías.

A la hora de realizar la distribución del consumo energético en las instalaciones industriales, se observa que debido a la gran variedad de tipos de industrias, situación geográfica, combustibles y fuentes de energía utilizadas, es difícil hacer una distribución estándar del consumo de energía en las instalaciones industriales, ya que existe una gran variedad en los porcentajes de consumo de los diferentes servicios que suministra una instalación industrial, debido a estos factores.



Como se puede observar es, sin duda, la partida destinada al funcionamiento de la maquinaria la principal consumidora de energía de una instalación industrial; por lo tanto, los principales esfuerzos de los empresarios del sector industrial a la hora de realizar inversiones en ahorro energético, han de ir dirigidos a la reducción de dicho consumo, bien mediante la utilización de tecnologías más eficientes, bien mediante la elección de la tarifa más adecuada.

### 2.3.2. Parámetros de eficiencia energética

El consumo energético de una instalación industrial supone uno de sus gastos principales. La abundante maquinaria y la constante iluminación son piezas fundamentales en la rentabilidad de la misma.

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



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

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

### 2.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en instalaciones industriales

Para reducir el coste de los consumos de energía podemos:

- Optimizar el contrato.
- Optimizar las instalaciones.

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

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

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

SISTEMA EQUIPO	MEJORAS POSIBLES	¿CÓMO?	CONSECUENCIA	AHORRO ESTIMADO (%)
Iluminación exterior	Optimización del consumo	Lámparas compactas de bajo consumo Cambio de lámparas de vapor de sodio de alta presión	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica	40
Iluminación interior (fluorescentes)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido	Cambio de las reactancias convencionales por balastos electrónicos de alta frecuencia	Disminución del consumo eléctrico, y de la potencia. Reducción del coste en la factura eléctrica	20
Iluminación interior (incandescencia)	Disminución del consumo y de la potencia de encendido	Cambio a lámparas de bajo consumo	Disminución del consumo eléctrico y de la potencia. Reducción del coste en la factura eléctrica	85
Agua:	Reducción consumo de agua	Instalación de limitador de caudal	Reducción del consumo eléctrico o gas. Reducción del coste en la factura eléctrica o gas	20
	Reducción del consumo de ACS, mediante desplazamiento del grifo monomando	Sustitución de los grifos convencionales por grifos monomando especiales.		15
Lavaplatos y lavavajillas industriales	Evitar gasto en calentar el agua.	Utilización de agua pre-calentada por la recuperación de las máquinas frigoríficas y calderas	Reducción del consumo eléctrico o gas. Reducción del coste en la factura eléctrica o gas.	25
Evaporadores en cámaras frigoríficas y de congelación	Automatizar el desescarche	Medición automática del hielo en las aletas de los evaporadores. Puesta en marcha de las resistencias.	Reducción del consumo eléctrico.	3

### 2.3.3.1. Iluminación

La iluminación es un apartado que representa un importante consumo eléctrico dentro de una instalación industrial, dependiendo su porcentaje de su tamaño, de la industria específica que en ella se lleva a cabo, y del clima de la zona donde está ubicada. Este consumo puede oscilar en torno a un 25 %.





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

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

Los elementos básicos de un sistema de alumbrado son:

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

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

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

#### ● **Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos**

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

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

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

**TABLA 3**

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

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

#### **BALASTOS ELECTRÓNICOS**

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

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

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



### Lámparas de descarga

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

Es por ello que su aplicación resulta interesante en los lugares donde no se requiere un elevado rendimiento de color, como muelles de carga y descarga.



### Lámparas fluorescentes compactas

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

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

EQUIVALENCIAS ENTRE FLUORESCENTES COMPACTAS E INCANDESCENTES		
Lámpara Fluorescente Compacta	Lámpara Incandescencia	Ahorro Energético %
3 W	15 W	80
5 W	25 W	80
7 W	40 W	82
11 W	60 W	82
15 W	75 W	80
20 W	100 W	80
23 W	150 W	84

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

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

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

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

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

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

AHORRO ENERGÉTICO POR SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS		
ALUMBRADO EXTERIOR		
SUSTITUCIÓN DE	POR	% AHORRO
Vapor de mercurio	Vapor de Sodio Alta Presión	45 %
Vapor de Sodio Alta Presión	Vapor de Sodio Baja Presión	25 %
Halógena Convencional	Halogenuros Metálicos	70 %
Incandescencia	Florescentes Compactas	80 %
ALUMBRADO INTERIOR		
SUSTITUCIÓN DE	POR	% AHORRO
Incandescencia	Florescentes Compactas	80 %
Halógena Convencional	Florescentes Compactas	70 %

### Sustituciones luminarias

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

Muchas luminarias modernas contienen sistemas reflectores cuidadosamente diseñados para dirigir la luz de las lámparas en la dirección deseada. Por ello, la remodelación de instalaciones viejas, utilizando luminarias de elevado

rendimiento generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

### **Aprovechamiento de la luz diurna**

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

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



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

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

## Sistemas de control y regulación

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

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

### 2.3.3.2. Calefacción y aire acondicionado

Como hemos visto, podemos encontrar ahorros entre un 10 % y un 40 % gracias a la optimización de las instalaciones.

**TABLA 7.** Ahorros de energía en las instalaciones de calefacción con aplicaciones de mejora de eficiencia energética.

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

## Características constructivas

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

## Control y regulación

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

Se pueden obtener ahorros del 20-30 % de la energía utilizada en este apartado mediante:

la sectorización por zonas, el uso de sistemas autónomos para el control de la temperatura en cada zona o habitación, la regulación de las velocidades de los ventiladores o la regulación de las bombas de agua.



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

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

### **Free-cooling**

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

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

### **Aprovechamiento del calor de los grupos de frío**

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



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



## Recuperación de calor del aire de ventilación

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

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

## Bombas de calor

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Optimización del rendimiento de las calderas**

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

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

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

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

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



### Calderas de baja temperatura y calderas de condensación

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

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

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

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

### Sustitución de gasóleo por gas natural

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

#### **CAMBIOS DE GASÓLEO A GAS NATURAL**

- Ahorro energético debido al mejor rendimiento energético de las calderas a gas.
- Menor coste de combustible.
- Utilización de un combustible más limpio, con el que se eliminan las emisiones de SO<sub>2</sub> y se reducen las de CO<sub>2</sub> responsables del efecto invernadero.
- Menor mantenimiento de la instalación.

### **2.3.3.3. Agua caliente sanitaria**

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

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

La instalación de sistemas de bajo consumo de duchas y baños, que reducen el caudal suministrado sin perjuicio de la calidad del suministro, también conllevan

importantes ahorros energéticos debido a que disminuye notablemente el caudal de agua a calentar, con una reducción que en algunos de estos equipos alcanza valores del orden del 50-60 % del consumo de agua.

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

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

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

#### RECOMENDACIONES DE AHORRO EN LA PRODUCCIÓN DE ACS

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



## Ahorro de agua

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

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

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

### MEDIDAS PARA EL AHORRO DE AGUA

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

La Tabla 11 recoge los consumos de agua por persona y día para los usos más frecuentes, una estimación del coste anual por ambos conceptos (agua y energía) y del posible ahorro económico anual que se obtendría con la aplicación de las anteriores medidas.

**TABLA 11.** Ahorro económico de los diferentes sistemas de agua.

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

### Ahorro en bombeo

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

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

A continuación se expone un ejemplo de la aplicación práctica de un variador de frecuencia a una bomba de suministro de agua, Tabla 12.

## 2.3.4. Gestión y mantenimiento energético

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

**TABLA 12.** Variaciones en el bombeo de agua.

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

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

#### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO**

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

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



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

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

#### **BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL**

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

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

En el caso de las instalaciones industriales, estos sistemas de gestión informatizada no están necesariamente limitados a un sólo local, ya que un mismo sistema puede gestionar distintas naves situadas en lugares alejados.

### **2.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE**

El 16 de Diciembre de 2002 se aprobó la Directiva 2002/91/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, con el objeto de fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad Europeo. De esta manera se pretende limitar el consumo de energía, y por lo tanto,

de las emisiones de dióxido de carbono del sector de la vivienda y de los servicios. Este sector, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe el 40 % del consumo final de energía de la Comunidad Europea.

**TABLA 13.** Demanda final de energía de la UE por sectores y combustible en 1997.

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

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

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

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

En las instalaciones industriales con una superficie útil total de más de 1000 m<sup>2</sup>, la Directiva establece que se considere y se tenga en cuenta la viabilidad técnica, medioambiental y económica de sistemas alternativos como:

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

Para IAs existentes, la Directiva establece que se han de tomar las medidas necesarias para que, cuando se efectúen reformas importantes en instalaciones con una superficie útil total superior a 1000 m<sup>2</sup>, se mejore su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos, siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable.



### 2.3.5.1. Certificado de eficiencia energética

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

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



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

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

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

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

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

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

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

## 2.4. Conclusiones

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

Sin embargo, antes de encaminar nuestros pasos para lograr reducir nuestros costes, es necesario pararse a pensar cuáles son las variables sobre las que debemos actuar para conseguir mayor eficacia en nuestra misión. Por ello, respecto a las Instalaciones Industriales, tenemos que tener en cuenta que estamos sometidos a elevados consumos energéticos para mantenerlas. El ahorro energético que podemos conseguir con una combinación de actuaciones sobre diferentes puntos ayudará al gestor a incrementar la rentabilidad de la empresa y a su vez, a conseguir una mejora en los efectos medioambientales producidos por nuestra actividad.

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

Las actuaciones recomendadas en este capítulo se han fundamentado sobre la propia tarifa energética, sobre las instalaciones –industriales o no- y sobre otros aspectos de calidad y seguridad en el suministro. Se han propuesto diferentes opciones y se propone un Plan de Gestión de la Demanda.

Parece una obviedad el recomendar antes de nada una revisión de la factura eléctrica, pero es fundamental conocer el punto de partida para establecer un objetivo. Y ese objetivo tiene una sola finalidad: el ahorro. Las necesidades varían a lo largo de la vida empresarial y es muy probable que una atenta revisión nos permita una selección de Tarifa más adecuada para el momento actual, que no tiene por qué ser la misma que la que se seleccionó al inicio de la actividad empresarial. Por otra parte, el consumo diario no es constante a lo largo de la jornada por lo que el componente horario determinará las necesidades reales en cada momento del día. Una adecuada asesoría tarifaria nos ayudará en la detección de oportunidades de ahorro. El ahorro producido por una adecuada selección tarifaria es inmediato y lo notaremos en la primera factura.

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

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

En cualquier caso, hemos conocido sólo unas pocas de las posibilidades que existen en el mercado para ahorrar en la factura energética, así como para mejorar la calidad y garantizar el suministro. Una *Auditoria Energética* es el vehículo más adecuado para conocer nuestras limitaciones, nuestras necesidades reales y las posibilidades que ENDESA pone a nuestra disposición. Esta inquietud por la realización de *Auditorias Energéticas* es compartida por el propio Ministerio de

Industria, Turismo y Comercio que establece subvenciones para la promoción y realización de las mismas, así como para la implantación de las mejoras propuestas en ellas.

ENDESA, con las *Auditorías Energéticas* propone una solución Integral, desde el Asesoramiento Técnico económico, la solicitud gratuita de subvenciones y la puesta en marcha de las mejoras consecuencia de ese estudio. Dichas mejoras, algunas de las cuales han sido introducidas en este documento, significarán de manera inmediata el ahorro en los costes energéticos de la empresa y con ello la mejora de la cuenta de resultados y el incremento del beneficio.

## 3.1. Introducción

Un buen alumbrado es de vital importancia para crear las condiciones óptimas de trabajo y que se traduzcan en óptimas productividades. Empresas industriales invierten grandes sumas de dinero en máquinas e inmovilizado fijo y en personal cualificado; tan solo una pequeña cantidad se invierte en iluminación.

Cada lugar tiene sus propias necesidades de iluminación en cuanto a coste, calidad y tipo de iluminación necesaria para el trabajo a efectuar en las instalaciones. Los gerentes desean economizar en el coste total de propiedad, y cada vez son más conscientes de qué forma la iluminación puede aumentar el rendimiento, la concentración y la productividad. Los usuarios, desean trabajar en un ambiente confortable, qué es tan importante como las condiciones laborales y salariales, etc. Buenas condiciones estimulan al trabajador a aumentar su productividad. Numerosos factores pueden influir en el confort y en las condiciones laborales. Tanto como para que una ciencia se preocupe de ello, la ergonomía. Sin embargo, todos estos beneficios no se pueden conseguir sin una iluminación adecuada.

Los beneficios y ahorros generados por una buena iluminación recuperan la inversión realizada en la misma. Estudios realizados demuestran que la productividad aumenta si se invierte en tener una buena iluminación. Por tanto, como usted sabe, tener una buena iluminación significa un mejor lugar de trabajo.

Existe una relación entre calidad industrial de los productos y la calidad de los servicios y procesos que los fabrican. Para tener un buen producto, se necesitan buenas herramientas, buenas máquinas y buen capital humano; por supuesto también se necesitan más cosas. La iluminación es una necesidad para conseguir productos de calidad, tan importante como cualquier otro aspecto de la cadena



de producción. Anteriormente ya se ha indicado, pero hay que insistir en el hecho de que por experiencia, una buena iluminación aumenta tanto la productividad como la calidad. Una buena iluminación aumenta confort y la seguridad, minimiza los errores, estimula al personal, menor absentismo laboral, salud y bienestar.

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

En los próximos años el mundo de la construcción vivirá una pequeña revolución en ámbitos relacionados con la calidad y la eficiencia energética. El punto de inflexión que significó la firma del protocolo de Kyoto en 1999 y los compromisos más que exigentes de la CE con sus emisiones de CO<sub>2</sub>, marcan el desarrollo de una serie de normativas que salen ahora a la luz y que cambiarán los parámetros básicos de construcción.

Consecuencia directa de la necesidad de reducir las emisiones de gases es la **Directiva 2002/91 CE sobre eficiencia energética en los edificios**. Esta directiva enmarca una serie de medidas que suponen un nuevo estándar en eficiencia energética.

Tras la aprobación de dicha directiva, en España ya está a punto un nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE), que nació de la necesidad de aumentar la calidad básica de la construcción según se recogía en la **Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación**. En este código se ha incorporado también la eficiencia energética para cubrir así las exigencias derivadas de la Directiva 2002/91 CE. El nuevo CTE entrará en vigor, previsiblemente, en Enero de 2006.

Por otro lado la Certificación Energética de Edificios aparece como parte de las exigencias de la directiva 2002/91 CE. Esta certificación, que está actualmente en elaboración, permitirá clasificar los edificios en siete clases diferentes dependiendo de la eficiencia energética de los mismos. Se creará también una etiqueta, del estilo de las que encontramos habitualmente en las lámparas o en los

electrodomésticos, que permita distinguir estas clases de una forma rápida y sencilla.

Por último la nueva Norma sobre Alumbrado de Interiores UNE-12464-1 se incorpora, a través del nuevo CTE a las exigencias básicas del alumbrado.

### 3.2.1. Código Técnico de la Edificación

Esta nueva norma básica de referencia para la construcción de edificios tiene dos características básicas: la primera es que se trata de una norma de mínimos obligatorios y, la segunda, es que es una norma de objetivos, es decir, que indica los valores que se tienen que obtener, pero no cómo se tiene que hacer. La norma afecta a edificios de oficinas, escuelas, hospitales, hoteles, aparcamientos e instalaciones deportivas, entre otros.

Dentro del código existen unos documentos básicos de eficiencia energética dentro de los cuáles está el **HE 3 – Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación**. Los apartados principales que incluye son:

- Valores de eficiencia energética mínima para cada tipo de edificio y utilización. El parámetro utilizado para medir esta eficiencia es el **VEE (Valor de Eficiencia Energética)**:

$$\text{VEE} = \text{W/m}^2 \text{ por cada } 100 \text{ Lux}$$

Los valores exigidos están dentro de los estándares actuales en oficina, con iluminación fluorescente y alta frecuencia, pero supone un gran avance en otras instalaciones hoy en día menos eficientes como escuelas, hoteles, etc.

- **Sistemas de control y regulación:** hace obligatorio el uso de sistemas de control básicos (prohíbe explícitamente el que el encendido y apagado se haga en exclusiva desde los cuadros eléctricos), detección de presencia en zonas de uso esporádico y regulación en las luminarias más cercanas a las

ventanas en función de la luz natural. Con este punto se hace, ahora sí, imprescindible contar con un sistema de gestión de alumbrado en el edificio. En el caso de edificios pequeños será muy interesante la utilización de sistemas de control incorporados a las luminarias.

- ❖ **Diseño y dimensionado de la instalación:** con objeto de garantizar la calidad de la instalación de alumbrado se detallan los datos mínimos que deben incluir los proyectos y los parámetros de iluminación se confían a la Norma **UNE 12464-1**, con lo que **se convierte en norma de obligado cumplimiento**.
- ❖ **Características de los productos de la construcción:** en este apartado se establecen los valores máximos de consumo para cada tipo de punto de luz. Para las lámparas fluorescentes se confirman los valores recogidos en el Real Decreto 838/2002, que establece que a partir del mes de agosto de 2007 no se podrán comercializar balastos que no sean de bajas pérdidas o alta frecuencia. Todas las luminarias deberán contar con un certificado del fabricante que acredite la potencia total consumida.
- ❖ **Mantenimiento y conservación:** se hace obligatorio el que todas las instalaciones cuenten con un plan de mantenimiento que garantice el mantenimiento de los niveles de eficiencia energética y los parámetros de iluminación. Este documento incluirá entre otra información el periodo de reposición de las lámparas y la limpieza de las luminarias.

Además es importante tener en cuenta que CTE (HE 5) prevé que en aquellos edificios donde no se pueda instalar un sistema de captación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos, se debe proveer al edificio de un modo alternativo de ahorro eléctrico equivalente a la potencia fotovoltaica que se debería instalar. Entre los modos indicados en el CTE para conseguir este ahorro suplementario está la iluminación.

En la actualidad el CTE se encuentra totalmente definido a la espera de su publicación en el B.O.E. a través de un Real Decreto.

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

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

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

- Confort visual.
- Rendimiento de colores.

Dentro del confort visual estarán englobados parámetros tales como la relación de luminancias entre tarea y entorno, o el control estricto del deslumbramiento producido por las fuentes de luz, o incluso el modo de evitar deslumbramientos reflejados en las pantallas de ordenadores.

Pero lo que de verdad introduce una novedad notable, por lo que significa de mejora para el usuario de las instalaciones, es el aspecto relativo al rendimiento de colores. Como todo el mundo probablemente conoce existe una serie de fuentes de luz, masivamente empleadas en la iluminación de interiores, por razones exclusivamente crematísticas que no cumplen con unos índices mínimos de reproducción cromática, y lo que esta norma plantea es la prohibición de dichas fuentes de luz en iluminaciones de tareas visuales.

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

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

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

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

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

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

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

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

El extra coste RAEE establecido por Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, es parte del coste del producto y, por lo tanto, del precio total de la lámpara, sin perjuicio que en este periodo transitorio, dicho coste sea externalizado, al objeto de que el usuario final sea consciente de su derecho y obligación en lo que respecta al residuo RAEE. No obstante, dicho extra coste, deberá ser internalizado en el precio una vez finalice este periodo transitorio en el que nos encontramos (año 2011).

Dada esta situación el usuario profesional, al igual que el doméstico, debe pagar el precio total del producto, en el momento de la compra. Lógicamente, esta obligación legal correlativamente le otorga una serie de derechos, siendo el principal la posibilidad de entregar el residuo en el momento de la compra de aparatos nuevos equivalentes. El usuario profesional tiene la facultad de gestionar dichos residuos por sí mismo mediante su entrega a un gestor propio; ahora bien, dicha facultad no le excluye de pagar el extra coste RAEE.

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

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

La iluminación en una industria debe servir a dos objetivos fundamentales: garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes, y contribuir a una atmósfera en la que el usuario se sienta confortable. Todo esto garantizando la máxima eficiencia energética posible.

La iluminación tiene unas características complejas de diseño, de prestaciones técnicas, y de cumplimientos de regulaciones y normativas muy específica, que pocas veces se dan en otro tipo de instalaciones.

La adecuada iluminación puede influenciar el estado de ánimo y, por tanto, combinada con otros elementos, contribuye significativamente a la salud de las personas.

Las instalaciones de iluminación de las distintas dependencias que componen una industria, 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.

En una instalación de alumbrado de una industria, 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 luminosa (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 una industria, 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.

La iluminación industrial abarca un amplio espectro de locales de trabajo y de tareas, desde pequeños talleres a enormes naves industriales, y desde tareas

que exigen una gran precisión a trabajos industriales pesados. La calidad de la luz ha de ser siempre suficiente para garantizar un rendimiento visual adecuado de la tarea en cuestión. El rendimiento visual de una persona depende de la calidad de la luz y de sus propias "capacidades visuales". En este sentido, la edad es un factor importante, ya que con ella aumentan las necesidades de iluminación.

Cuando se aumentan los niveles de iluminación se produce un incremento del rendimiento visual. La mejora de la visión da lugar, a su vez, a mejores resultados laborales como consecuencia del mayor rendimiento y el menor número de errores. El grado en que la calidad de la iluminación puede mejorar un resultado laboral dependerá del componente visual de la tarea. Una buena visibilidad repercutirá en mayor medida sobre una tarea con un componente visual importante que sobre otra en que no lo es tanto.

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

Una iluminación de baja calidad puede producir esfuerzo y fatiga en la vista, con la consiguiente disminución del rendimiento. Las causas son con frecuencia el escaso nivel de iluminación, el deslumbramiento y las relaciones de luminancia mal equilibradas en el lugar y puesto de trabajo. Se recomienda el uso de balastos electrónicos para evitar los molestos parpadeos.

Está demostrado que muchos tipos de accidentes industriales se podrían evitar si se mejorara la visibilidad aumentando el nivel de iluminación, mejor uniformidad, evitar deslumbramientos, instalar balastos electrónicos para evitar el efecto estroboscópico.

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



### 3.3.1. Fase de Proyecto

Las naves industriales tienen distintas formas y tamaños. La altura de las áreas de trabajo varían de un sector a otro. Las soluciones básicas de alumbrado son:

- líneas con lámparas fluorescentes, Foto 1, y
- alumbrado con lámparas de descarga de alta intensidad utilizando luminarias en forma de campana, Foto 2.



**Foto 1.** Alumbrado con lámparas fluorescentes.



**Foto 2.** Alumbrado con campanas.

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

- la predeterminación de los niveles de iluminación,
- la elección de los componentes de la instalación,
- la elección de sistemas de control y regulación, y
- el Coste Total de Propiedad (CTP). Estudio Económico: caso práctico.

### 3.3.1.1. La predeterminación de los niveles de iluminación

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

#### A) Niveles de iluminación mantenidos

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

Los ciclos de mantenimiento y limpieza se deben realizar para mantener un nivel de iluminación adecuado a la tarea que se realiza en local y se tendrán que sustituir las lámparas justo antes de alcanzar este nivel mínimo, de este

modo aseguraremos que la tarea se pueda realizar según las necesidades visuales.

Por supuesto se satisfarán otros criterios cualitativos simultáneamente, tales como la reproducción de colores, el color aparente de la luz, el ambiente en que se encuentren las personas que realizan la tarea visual en su interior, el control del deslumbramiento, la simultaneidad con la luz natural, etc.

#### **B) Tiempo de ocupación del recinto**

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

#### **C) Aportación de luz natural**

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

#### **D) Flexibilidad de la actividad que se realice**

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

### **3.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación**

Otro de los elementos básicos en la fase de proyecto es el proceso de estudio y elección de los elementos componentes, tales como las fuentes de luz, los

equipos eléctricos precisos para el funcionamiento de las fuentes de luz, las luminarias, que alojan a unas y otros.

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

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

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

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

## A) Lámparas

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

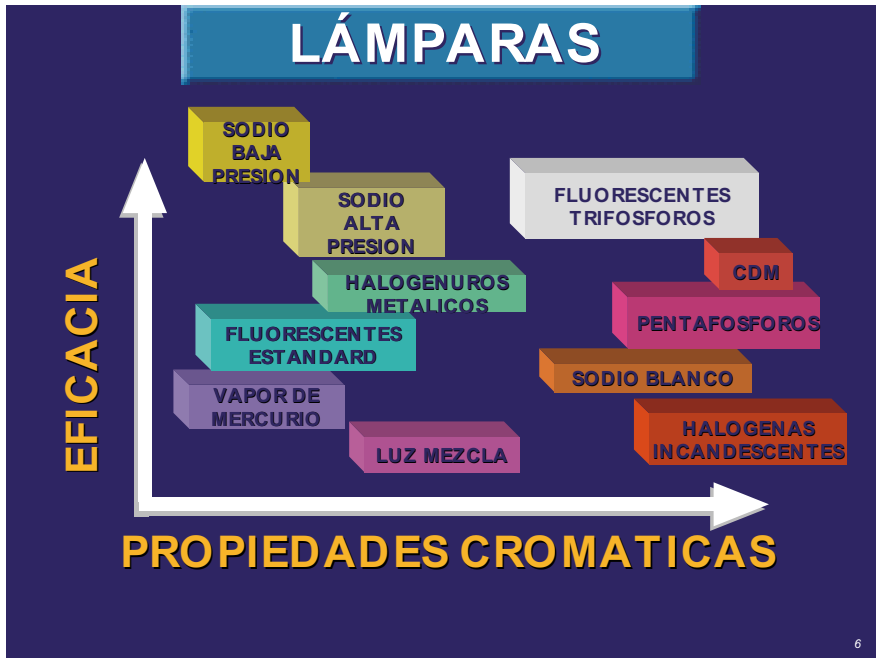


Figura 1. Cuadro comparativo de eficacia de las lámparas.

Es importante para las prestaciones visuales y la sensación de confort y bienestar, que los colores del entorno, de objetos y de la piel humana sean reproducidos de forma natural, correctamente y de tal modo que haga que las personas parezcan atractivas y saludables.

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

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

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

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

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

Blanco Cálido	$T_c < 3300 \text{ K}$
Blanco Neutro	$3300 \text{ K} < T_c < 5300 \text{ K}$
Blanco Frío	$T_c > 5300 \text{ K}$

La elección de apariencia de color es una cuestión psicológica, estética y de lo que se considera como natural. La elección dependerá del nivel de iluminancia, colores de la sala y muebles, clima circundante y la aplicación. En climas cálidos generalmente se prefiere apariencia de color de la luz más fría, mientras que en climas fríos se prefiere una apariencia de color de la luz más cálida.

## B) Balastos

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

combinarse con cebadores y habitualmente con condensadores de corrección del factor de potencia.

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

- Las pérdidas de potencia en los balastos tradicionales (electromagnéticos) oscilan entre un 6 - 7 % hasta un 20 %, mientras en los balastos electrónicos puros son de 0 vatios.
- Ahorros de coste: reducción del consumo de energía en aproximadamente un 25 %, duración de la lámpara considerablemente mayor y reducción notable de los costes de mantenimiento.
- Al confort general de la iluminación, añaden lo siguiente: no produce parpadeos; un interruptor de seguridad automático desconecta el circuito al acabar la vida de la lámpara evitando los intentos de encendido indefinidos. El encendido de la lámpara rápido y fluido está garantizado y se evita el potencialmente peligroso efecto estroboscópico.
- Mayor seguridad mediante la detección de sobrecargas de voltaje, una temperatura de funcionamiento significativamente inferior y en la mayoría de los tipos, un control de protección de la tensión de red de entrada.
- Más flexibilidad: con los balastos de regulación, las instalaciones con lámparas fluorescentes pueden regularse, lo que permite el ajuste de los niveles de iluminación de acuerdo a las preferencias personales, además de proporcionar un ahorro adicional de energía.
- Las unidades de balastos electrónicos son más ligeras y relativamente sencillas de instalar comparadas con los balastos electromagnéticos y

requieren menos cableado y componentes de circuito (no hay cebadores).

- El funcionamiento de los balastos electrónicos a alta frecuencia, por encima de 16 kHz, que hace aumentar la eficacia del tubo en un 10 %.

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

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

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

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



**Figura 2.** Algunos tipos comunes de balastos electrónicos.

### C) Luminarias

La eficiencia energética de las luminarias está basada en el máximo aprovechamiento del flujo luminoso emitido por la lámpara, con un tope del



100 %, pero que en casos muy especiales se aproxima al 90 % como máximo. A esta eficiencia contribuyen de modo muy importante el tamaño físico de la lámpara (cuanto más se aproxima a un foco luminoso puntual mayor será su eficiencia dentro de un sistema óptico).

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

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

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

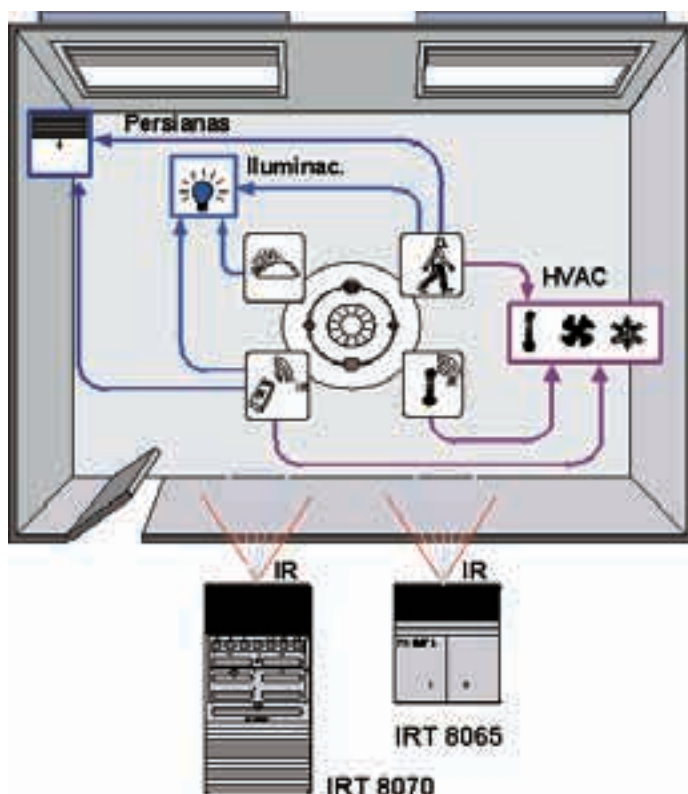
### 3.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación

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

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

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

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



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

### 3.3.1.4. Coste Total de Propiedad (CTP). Estudio Económico: Caso práctico

A la hora de invertir en una instalación de alumbrado no solo se deben de tener en cuenta la inversión inicial, consistente en: el coste de lámparas, más las luminarias, más los equipos y el coste de la instalación. Se deben de tener en cuenta también los siguientes costes:

- Costes de reemplazo de las lámparas.
- Costes energéticos, precio del kWh. Consumo energético del sistema.
- Costes de mantenimiento: que serán la suma de los costes laborales, costes operacionales y los costes por alteración o interrupción producida.

Los CTP se pueden reducir:

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

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

- **Iluminancia:** 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  $m^2$ ). La unidad de medida es el lux ( $lúmen/m^2$ ). Existen varios tipos de iluminancia según la superficie en la que se mida, iluminancia horizontal ( $E_{hor}$ ) o vertical ( $E_{vert}$ ).

- **Iluminancia media:** valores medios de la iluminancia en una superficie determinada ( $E_m$ ).
- **Uniformidad:** relación entre las iluminancias mínima y máxima sobre una superficie ( $E_{\min}/E_{\max}$ ). Lo que nos indica este parámetro es la homogeneidad en los niveles de iluminación de una superficie, evitando la sensación de “manchas” y que toda la superficie tenga unos niveles de iluminación homogéneos.

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

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

El siguiente estudio económico, compara el CTP de un pasillo de una nave industrial con dos opciones de alumbrado (Opción 1: instalación con luminarias tipo campanas y lámparas de halogenuros metálicos. Opción 2: instalación con lámparas fluorescentes). Hay que tener en cuenta que las soluciones aquí propuestas son para las medidas del pasillo en cuestión.

#### A) Pasillo almacén estanterías

Medidas:	Largo	30 m
	Ancho	2 m
	Altura	15 m



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

	$E_m$ lux	UGR	R <sub>a</sub>
Pasillos guarnecidos	150	22	60





Para obtener los niveles indicados por la Norma UNE 12464-1 si se instalan luminarias tipo campana con lámpara de halogenuros metálicos necesitaríamos 4 luminarias, frente a las 9 luminarias que necesitaríamos si se instala un sistema de fluorescencia.

Los costes totales de cada opción y el desglose por partidas se detallan en la Tabla 1. Sobre los precios venta recomendado se aplica un descuento comercial.

**TABLA 1.** Relación de materiales y valoración económica.


<b>HPK365</b>	<b>TTX400</b>
	
<b>Nº luminarias: 4</b>	<b>Nº luminarias: 9</b>
<b>Dimensiones Local: 2x30x15</b>	<b>Dimensiones Local: 2x30x15</b>
<b>Relación de materiales:</b> 4 ud. HPK365 1xHPI250W a 135,23€ =540,92€ 4 ud. GPK365 NB a 46,88€ =187,52€ 4 ud. ZPK365 GC NB a 64,91€ =259,64€ <b>988,08€</b>	<b>Relación de materiales:</b> 6 ud. carril TTX40058/3 5 a 62€ = 372€ 1 ud. Carril TTX40058/2 5 a 47€ = 47€ 1 ud. Aliment. ZTX400CU a 9€ = 9€ 1 ud. Tapa final ZTX400 EP a 3€ = 3€ 20 ud. Suspen. ZTX400CB a 8€ = 160€ 9 ud. Regl. TTX400 158HFB a 72€ = 648€ 11 ud. Tapa inf. ZTX400 BC58 a 5€ = 55€ 9 ud. Reflec. GMX470CN a 76€ = 684€ <b>1.978€</b>
<b>Total 25% descuento = 741,06€</b> <b>Total por luminaria = 185,27€</b>	<b>Total 25% descuento = 1.483,50€</b> <b>Total por luminaria = 164,83€</b>

En las siguientes tablas se calculan los distintos costes con el fin de saber cuál de las dos opciones tiene el mejor CTP. El CTP será la resultante de sumar los siguientes costes:

-  Inversión inicial.
-  Coste energético.
-  Coste de reemplazo de las lámparas.
-  Costes de mantenimiento.

Los costes de montaje y el gasto en materiales es mayor en la opción 1 con respecto a la opción 2, ya que el sistema es más complejo de instalar. Por el contrario, el sistema de fluorescencia incorpora todos los materiales necesarios para instalarlo.

**TABLA 2.** Costes por luminarias.

<b>OPCIÓN 1</b>		<b>OPCIÓN 2</b>	
<b>HPK365</b>		<b>TTX400</b>	
Nº luminarias: 4		Nº luminarias: 9	
Dimensiones Local: 2 x 30 x 15		Dimensiones Local: 2x30x15	
Coste montaje luminarias: Tiempo estimado montaje: (1) 40' Precio/hora 2002 sin I.V.A: (2) 23,70€	63,20 €	Coste montaje luminarias: Tiempo estimado montaje: (1) 15' Precio/hora 2002 sin I.V.A: (2) 23,70 €	53,32 €
Gasto en materiales:	225,00 €	Gasto en materiales	0,00 €
<b>COSTE TOTAL INST.</b> Tubo metálico 5,4 €/m: (1) 162 € Cable instalación 2,1€/m: (1) 63 €	<b>288,20 €</b>	<b>COSTE TOTAL INST.</b>	<b>53,32 €</b>
<b>COSTE POR LUMINARIA</b>	72,05 €	<b>COSTE POR LUMINARIA</b>	5,92 €
(1) Instaladores externos (2) FERCA			

A la hora de realizar el estudio económico se han considerado los siguientes datos fijos en ambos casos:

HORAS DE FUNCIONAMIENTO	4000 h
PRECIO kWh	0,04 €
PERIODO DE AMORTIZACIÓN (AÑOS)	12,5
TASA DE INTERES ANUAL	6 %

En la Tabla 3, aparecen los costes de material (luminarias y lámparas), el coste de mano de obra por cada reemplazo de lámparas y el consumo energético por luminaria. Las lámparas fluorescentes (en este caso MASTER TL-D Super 80) duran más de dos veces que las lámparas de halogenuros metálicos de la opción 1. El equipo instalado en la opción 2 es un balasto

electrónico de alta frecuencia con precaldeo(HF-P), que alarga un 50 % la vida de los tubos fluorescentes.

**TABLA 3.** Cálculo Costes energéticos y costes de mantenimiento.

<b>OPCIÓN 1</b>		<b>OPCIÓN 2</b>	
<b>HPK365</b> 		<b>TTX400</b> 	
Nº luminarias	4	Nº luminarias	9
Lámparas por luminaria	1	Lámparas por luminaria	1
Coste luminaria (€)	185,27	Coste luminaria (€)	164,83
Coste por lámpara (€)	42,36	Coste por lámpara (€)	5,03
Coste instalación por luminaria (€)	72,05	Coste instalación por luminaria (€)	5,92
Coste mantenimiento por luminaria (€) (3)	4,45	Coste mantenimiento por luminaria (€) (3)	4,45
Consumo energético (lum kWh)	0,28	Consumo energético (lum kWh)	0,05
Vida lámpara (horas)	8.000	Vida lámpara (horas)	18.000
(3) FERCA, tiempo 10'			

Si solo nos fijáramos en la inversión inicial, la mejor opción es la opción 1 ya que supone casi un 50 % con respecto a la inversión a realizar en la opción 2. El CTP tal y como se ha explicado anteriormente, es la suma de la inversión inicial más los costes que lleva implícito el funcionamiento de la instalación.

Los costes de energéticos y de mantenimiento son muy importantes, hay que tenerlos en cuenta a la hora de realizar el proyecto. En este ejemplo, se demuestra que por tener una inversión menor no quiere decir que vaya a ser más rentable. El tomar una decisión valorando los costes energéticos, mantenimiento, etc., en el momento del proyecto evitará realizar futuros desembolsos por tener una instalación ineficiente energéticamente.

En la Tabla 4, están desglosados los distintos costes por cada una de las opciones. La opción 2 que requiere una inversión anual mayor es la de mejor CTP, supone un ahorro de un 35% con respecto al coste de la opción 1.

**TABLA 4.** Costes desglosados y Coste Total Anual.

		
Inversión anual	139€	183€
Coste energético anual	179€	72€
Reemplazo lámparas	85€	10€
Mantenimiento	9€	9€
Coste Anual	<b>412€</b>	<b>274€</b>

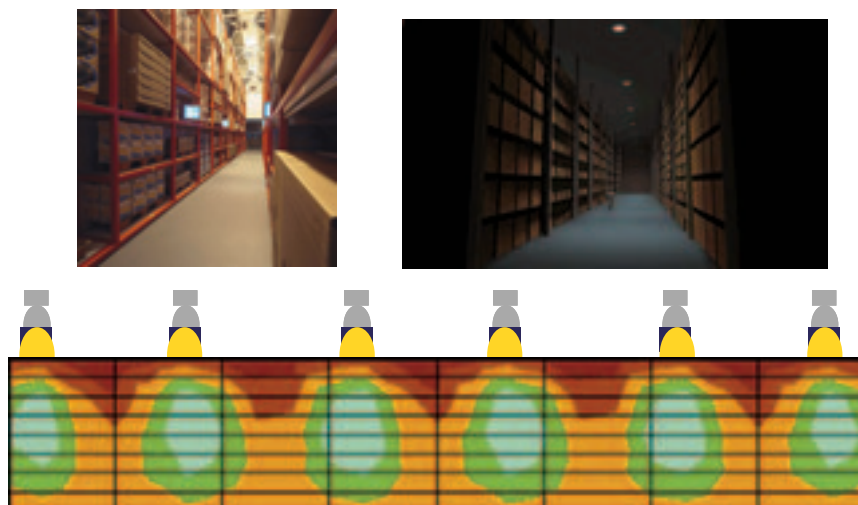
Además de tener mejor CTP anual la fluorescencia, otras ventajas con respecto a los halogenuros metálicos son:

- Mejor Índice de Reproducción Cromática, ( $R_a > 80$ ) que los halogenuros metálicos ( $R_a > 60$ ).
- Alumbrado de emergencia integrado en la luminaria.
- Reencendido instantáneo, si hay un corte de corriente.
- Regulación hasta el 3 % del flujo luminoso. Sistemas de regulación, detectores de presencia, etc., pueden ser instalados consiguiendo ahorros adicionales muy importantes.
- Reemplazo en grupo: los ciclos de mantenimiento pueden ser programados y el reemplazo de las lámparas se pueden realizar en grupo, reduciendo los costes de mantenimiento. Ver gráfico 1, 2 para entender el porque se tiene que hacer reemplazo punto a punto en la opción 1 y no se puede realizar reemplazo en grupo.
- Lámparas de larga duración: la opción 2 incorpora un fluorescente MASTER TL-D Super 80. Los ahorros por reemplazo serán mayores si se instalan tubos fluorescentes de larga duración del tipo MASTER TL-D XTRA o MASTER TL-D XTREME. Estos tubos fluorescentes tienen la misma calidad y cantidad de luz que los MASTER TL-D Super 80, su valor añadido es el menor porcentaje de fallos prematuros y su larga/fiable duración. MASTER TL-D XTRA dura más de 2 veces y MASTER TL-D XTREME dura más de 4 veces que los MASTER TL-D Super 80.



## Efecto de una instalación con la Opción 1:

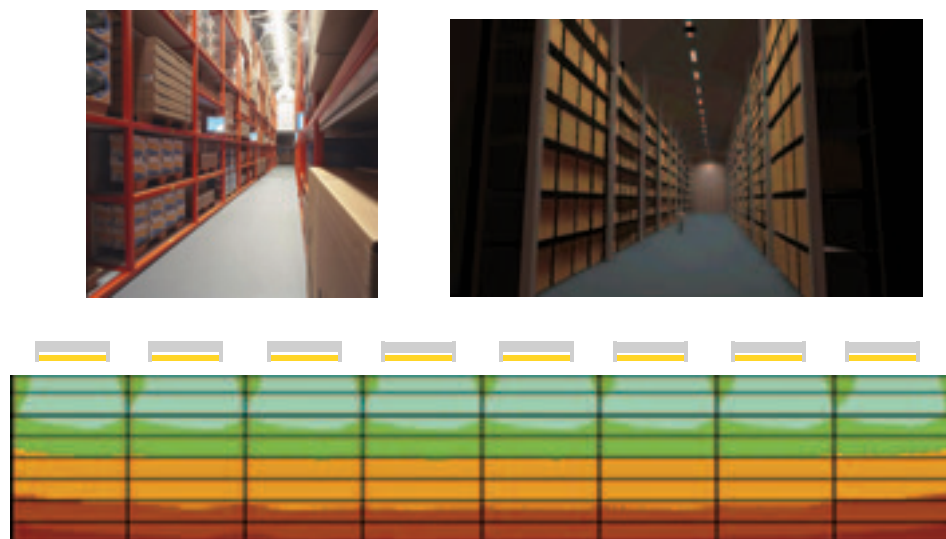
### *Campana Industrial*



*Nivel de Iluminación Vertical*

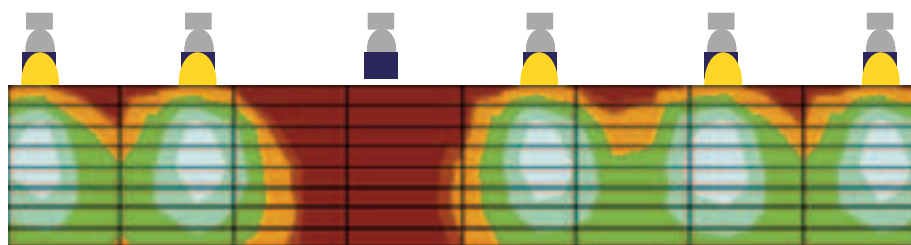
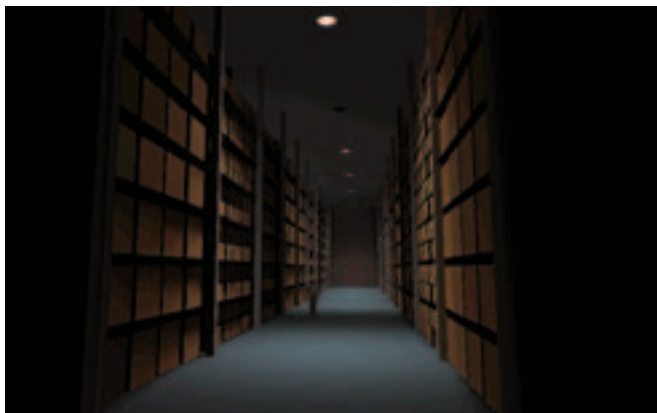
## Simulación de una instalación con la Opción 2:

### *Fluorescencia*

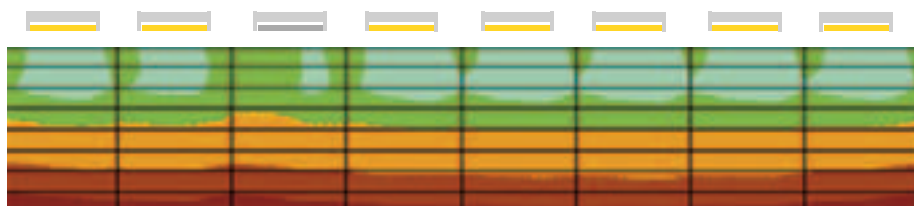


*Nivel de Iluminación Vertical*

*Campana Industrial*



*Fluorescencia*



**Figura 4.** Efecto de una lámpara fundida en la Opción 1 y 2.

### 3.3.2. Mantenimiento

No por ser la última fase es la menos importante. El capítulo de mantenimiento es el conjunto de todos aquellos trabajos, programados u ocasionales que sirven para conservar el funcionamiento de la instalación y las prestaciones de la misma dentro de los límites que se consideraron como convenientes en la fase de Proyecto.

El mantenimiento se debe realizar porque el alumbrado se deteriora, el polvo y la suciedad se acumula en las luminarias, las lámparas pierden flujo luminoso y pueden tener fallos prematuros. No solo por estos motivos se debe realizar el mantenimiento sino que hay factores humanos que afectan a la productividad de los trabajadores. Sin un buen mantenimiento aumenta el cansancio visual, se producen más fallos y defectos, se requiere de más tiempo para terminar las tareas, pueden producirse accidentes y en términos económicos sin un buen mantenimiento perdemos dinero y eficiencia energética.

Así pues, habrá que prestar una exquisita atención a los siguientes métodos operativos.

#### 3.3.2.1. Previsión de operaciones programadas

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

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

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

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

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

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

### **3.3.2.2. Respeto de las frecuencias de reemplazo de los componentes**

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

### **3.3.2.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos**

Uno de los problemas más frecuentes que se observa en el mantenimiento de algunos edificios es que al realizarse las tareas de reposición, ya sea casual o

programada, se sustituyen elementos de un tipo por otros similares pero de diferentes prestaciones. Esto que es tan evidente en el color de luz de las lámparas, y que se aprecia a simple vista, no es tan visible en los componentes del equipo eléctrico, pudiendo reemplazarse elementos por otros que no sean los correctos y den origen a fallos en la instalación. Está claro que el cuidado que se exige en todas estas acciones tiene un rendimiento muy favorable, pues la instalación se comporta adecuadamente a lo largo de toda su vida, consiguiéndose los ahorros para los que fue proyectada.

#### **3.3.2.4. Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos**

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

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

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

## Bibliografía

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

## 4.1. ¿Por qué ahorrar agua?

Se mire a donde se mire, estamos rodeados de algún tipo de medio húmedo, arroyos, ríos, lagos, mares, lluvia y nieve. Pensando en estas inmensas masas de agua, algunas personas no entienden porqué ha de escasear el agua, y porqué el precio del agua potable es cada vez más caro.

Nunca habrá más agua de la que se dispone en estos momentos, pues el ciclo vital de ésta hace que cada vez escaseen más las lluvias y éstas se produzcan irregularmente.

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

El 97 % de las existencias de agua de la Tierra corresponden al agua salada no potable de los océanos y mares. La mayor parte de los restantes 36 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce, está aglomerada sólidamente en forma de hielo en los glaciares y en los casquetes polares de la Tierra. De manera que sólo queda aproximadamente el 0,5 % de la totalidad de las existencias de agua para la explotación de agua potable.

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

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.

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.

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

Según los estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística (*INE*), respecto a los datos de consumo que se tuvieron en el año 2003, y que han sido publicados el día 3 de agosto de 2005, se obtiene que durante ese año en España se dispusiera de 4.947 hm<sup>3</sup> de agua de abastecimiento público urbano. De esta cantidad, un 81,3 % (4.021,9 hm<sup>3</sup>) se distribuyó para el consumo de familias, empresas, consumos municipales, etc.

El consumo de agua de las familias españolas ascendió a 2.603 hm<sup>3</sup>, lo que representa el 65 % del consumo total. El consumo medio se situó en 167 litros por habitante y día, un 1,8 % más que en el año 2002. Por comunidades, Cantabria registró el consumo medio más elevado (185 litros) e Islas Baleares tuvo el más bajo (130). Madrid, tanto en el 2002 como en el 2003, está estable en 166 litros.

En la industria, hay tres enfoques claramente diferenciados en consumos de agua; éstos son: Consumo de agua para procesos productivos, Consumos de ACS (Agua Caliente Sanitaria) y AFCH (Agua Fría de Consumo Humano) y, por último, el agua para riego, baldeo o para paisajismo.

De entre ellas, este capítulo se centra en el ACS y AFCH, pues son generales a cualquier tipo de industria e incluyen un componente importante, que es el consumo energético para su calentamiento; también se facilitan consejos genéricos para el resto.

La principal fuente de consumos en la Industria a nivel global, son los consumos de agua en procesos productivos, que incluso en muchos casos son con agua caliente; por ejemplo, la extrusión y moldeado de piezas por inyección,



donde se requieren grandes cantidades de agua en muchos casos, para su proceso, y donde es muy difícil poder reducir el consumo de agua.

Esto no quiere decir que no pueda aprovecharse; de hecho las grandes técnicas de ahorro en la industria, están basadas en el reciclaje de estas aguas, aprovechando las mismas una y otra vez, y evitando consumos energéticos, por trasvase de procesos de intercambio de calor o frío.

Lógicamente, la gran variedad de industrias, tipos y procesos productivos, no nos permite profundizar en este apartado, muy especializado y que requiere en muchas ocasiones, un análisis previo y productivo de los mismos.

La Comisión Nacional de Ecología de México publicó el informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al medio ambiente, donde ofrece los porcentajes en materia de extracción y consumos de agua potable, así como de vertidos residuales a cauce, de los nueve principales tipos industriales del país.

INDUSTRIA	Extracción (%)	Consumo (%)	Descarga (%)
Azucarera	35,20	22,3	38,8
Química	21,70	24,4	21,0
Papelera	8,20	16,1	6,0
Petróleo	7,20	3,7	8,2
Bebidas	3,30	6,4	2,4
Textil	2,60	2,4	2,7
Siderurgia	2,50	5,5	1,7
Eléctrica	1,50	4,7	0,7
Alimentos	0,20	0,3	0,2

Como ejemplo de la tabla anterior, podemos ver cómo se distribuye el consumo de agua en el sector azucarero que es uno de los que más agua utiliza:

• Uso del agua vinculada directamente con el proceso productivo:

- Agua de alimentación a calderas.
- Vapor consumido en los motores primarios.
- Vapor consumido en el proceso tecnológico.
- Escapes a la atmósfera por válvulas, tuberías y equipos de proceso.
- Limpieza y desinfección de sistemas mediante equipos auxiliares: sopladores de hollín, escobas de tachos, etc.
- Limpieza y desinfección de sistemas mediante mangueras: desinfección de tándems.
- Calentamiento de jugos en calentadores líquido-líquido.
- Extracción del calor de rechazo en enfriaderos y torres de enfriamiento.
- Enfriamiento de chumaceras.
- Preparación de productos químicos.
- Dilución de mieles.
- Imbibición.
- Lavado de centrífugas.
- Lavado de la torta de los filtros.

• Uso de agua vinculada indirectamente al proceso productivo:

- Como medio de enfriamiento en los enfriadores inter y post entálpicos de los compresores de aire para el sistema neumático de control.
- Enfriamiento de toma de muestras y sistemas afines.
- Sistemas de protección e higiene vinculados al proceso.
- Sistemas de regeneración de la planta de tratamiento de aguas.
- Planta eléctrica.
- Talleres mecánicos destinados a las reparaciones y fabricación de piezas.

• Uso de agua no vinculada al proceso productivo:

- Sistemas sanitarios y de higiene de recursos humanos auxiliar al proceso.
- Sistema contra incendios.
- Paisajismo y/o jardinería.

La valoración de una guía, como lo pretende ser ésta, que sirva a nivel genérico para todo tipo de industrias, nos lleva a enfocar el tema desde una perspectiva más reducida y generalista, con consejos generales y actuaciones concretas y polivalentes a toda clase de actividad.

Este enfoque es el del consumo de agua fría de consumo humano (AFCH) y agua caliente sanitaria (ACS), que no tiene porqué estar ligada directamente a la producción, y que viene representando una parte importante dentro de las industrias, suponiendo en muchas ocasiones un consumo por encima de otros tipos de demanda, debido a que durante el trabajo desarrollado por los operarios o trabajadores es muy fácil que éstos se manchen, o que sus ropas, prendas o manos se ensucien o tomen olor (minería, talleres mecánicos, cadenas de montaje, imprentas, tintes, pescaderías, etc.).

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

En este punto y antes de continuar, una variante discriminatoria de los consumos de agua en la industria, no va ligada tanto al propio consumo, sino a los cánones, tasas e impuestos derivados de su vertido, donde en muchísimas ocasiones el coste del agua se multiplica por cinco por la calidad del agua vertida a cauce, cobrándose por la cantidad de agua consumida, no vertida realmente.

La industria textil de procesamiento húmedo, por ejemplo, está entre los tres sectores industriales que consumen mayor volumen de agua y está entre las diez primeras de mayor incidencia en la contaminación de efluentes líquidos.

Por tanto, si ahorramos agua en otros procesos, la empresa, se verá beneficiada en su totalidad, ya que el coste del agua es igual para el proceso productivo, que para el consumo de agua fría de consumo humano, o incluso el riego.

Además, es realmente económico tratar el agua antes de verterla a cauce, filtrarla o incluso depurarla, pues los costes y problemas de la industria serán mínimos y se amortizarán, por lo general, muy rápidamente.

Una mención especial es el agua consumida en baldeo o limpieza de locales, que hoy por hoy es un gasto absurdo debido a la existencia de limpiadoras o barredoras mecánicas, incluso para riego, a las cuales no se da importancia y que puede suponer un ahorro económico muy elevado.

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.

Para hacernos una idea de estas emisiones de gases de efecto invernadero, derivadas del consumo de agua, podemos afirmar que la demanda en contadores de 1 m<sup>3</sup> de agua, implica unas emisiones de más de 0,537 kilogramos de CO<sub>2</sub>, considerando todo el ciclo de agua, es decir, aducción, distribución, acumulación, y la proporción de calentamiento, consumo, canalización, depuración, reciclaje y tratamiento de vertidos, etc.

Con una simple y sencilla cuenta, cualquiera puede calcular las emisiones provocadas por el consumo de agua, simplemente mirando la factura 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.

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

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

- Disminuir el agua requerida para cada proceso, optimizando la utilización de la misma.
- Disminuir, por lo tanto, de una forma directa los residuos, obteniendo una importante reducción del impacto ambiental del inmueble, es decir haciéndolo más respetuoso con el medioambiente.
- Reducir los consumos adyacentes de energías derivadas de su utilización, como por ejemplo la energía utilizada para calentar o enfriar el agua, así como los de almacenaje y preparación.
- Disminuir los consumos de fuentes de energía fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, realizando un efectivo aporte a la protección de la naturaleza.
- Cumplir la legislación medioambiental aplicable en todo momento y, en la medida de lo posible, adelantarse a las disposiciones legales de futura aparición.
- Facilitar las posibles implementaciones de sistemas de gestión medioambiental, tipo ISO 14.001, EMAS, etc.

- Obtener una mejor imagen pública para la empresa o gestora, de ser respetuosa con el medioambiente, lo que la posiciona y diferencia del resto de la oferta del sector, siendo muy apreciado por determinados sectores y usuarios, pero sobre todo por los clientes y usuarios más exigentes, como signo de calidad.
- Ayudar a la sociedad directa e indirectamente, facilitando el crecimiento sostenible de la misma y aportando un granito de arena vital para futuras generaciones.
- Y por último, la no menos importante actuación, la reducción de costes económicos, que permitirán un mejor aprovechamiento de dichos recursos económicos en otras áreas y facilitará y aumentará los beneficios, haciendo que la empresa sea más competitiva.

## 4.2. ¿Cómo ahorrar agua y energía?

Tanto por responsabilidad social, como personal, ecológica o económica, es importante saber qué hacer para reducir la demanda de agua en una industria, y este capítulo persigue dar a conocer acciones, técnicas y sistemas que permitan a propietarios, gestores, responsables y técnicos de este tipo de centros, minimizar los consumos de agua y energía.

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

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 hoteles, residencias, hospitales, gimnasios y empresas españolas, principalmente en las zonas costeras e insulares.

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

Se dispone de muchas opciones cuando se habla de ahorrar agua y energía, y esto ha de hacerse considerando infinidad de factores, desde la optimización de las facturas, pasando por la formación del personal y/o considerando los proyectos en su fase de diseño, a la realización de estudios y eco-auditorías de hidro-eficiencia, sin olvidar el mantenimiento y la implementación de medidas correctoras en aquellos puntos que son significativos, no por volumen de agua ahorrada, sino por posibilidades de ahorro existentes.

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

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

- En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS, como AFCH, hay que preocuparse de que cuando se diseñen o reformen, se considere como muy importante la eficiencia, tanto como el diseño y la ergonomía de uso, utilizando los adelantos técnicos más avanzados que en ese momento existan (*ya contrastados*), pues una instalación una vez construida, será para muchos años. Sin olvidar la facilidad de mantenimiento y sus costes.
- Prever las necesidades hídricas de producción, detectando en qué procesos se podría, mediante intercambiadores de calor o frío, aprovechar la energía de unos procesos a otros, mezclando incluso sistemas de calefacción, o aire acondicionado, con procesos industriales.

• La reutilización y/o reciclaje de Aguas Grises, si no se considera en la fase de diseño o al realizar una reforma, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría, al no estar preparada la estructura ni canalización del edificio para ello; mientras que si se preocupan de incluirlas en el proyecto, el coste será mínimo, ofreciendo beneficios por ahorro de por vida.

- ✓ *Por ejemplo: si se está diseñando un nuevo edificio, se ha de tener en cuenta, la realización de dos circuitos de suministro de agua, uno llamémosle de agua pura y otro de agua reciclada para el abastecimiento de los inodoros o WC, la cual la obtendremos de recolectar, decantar y filtrar el agua de los lavabos, duchas y bajantes de los tejados, pudiendo obtener un ahorro de agua superior al 30 %, para toda la vida, y con una inversión bajísima. Esta medida permite aprovechar casi el 95 % del agua utilizada en esos procesos, pudiendo también utilizarse para regar, una vez que se ha dejado posar durante un par de días.*
- ✓ *Otro ejemplo, sería el recuperar y acumular el agua sobrante de rebosaderos y reposición de los vasos de las piscinas, obteniendo por norma general agua suficiente y gratuita de por vida para los urinarios e inodoros, únicamente se necesita filtrarla (ya está clorada), y bombearla y repartirla separadamente del agua de consumo humano.*

• Es muy interesante, la instalación de contadores (a ser posible electrónicos), que permitirán la segregación y control de consumos y fugas, adecuando los diámetros de éstos a las necesidades reales, y no con márgenes de seguridad excesivos, que encarecerán la factura del agua, sin aportar nada a cambio.

• Otro elemento a considerar, es el tipo de grifería que se utilizará, pensando que las actuales leyes y normas exigen que el agua en circulación por el punto más alejado de la caldera, esté por encima de 50 °C, lo más probable es tener problemas y accidentes por escaldamiento de los usuarios, pudiéndose evitar con la instalación de griferías termostáticas, las cuales aumentan el confort del usuario, no representan una inversión mucho mayor



y ahorran más del 15 % de la energía, gracias a su fácil y rápida regulación, generando un ahorro del 4-5 % de agua.

- ❁ Considerar la adecuación paisajística del entorno (si lo tuviera), o de las plantas de interior, con un punto de vista de xerojardinería o decoración con plantas autóctonas o que consuman poco agua, utilizando siempre que se pueda, sistemas de riego eficientes, y programables, para evitar la tentación humana de que si les damos más agua crecerán más y estarán mejor.
  
- ❁ Selección de equipos y adecuación de las instalaciones de climatización al tipo de explotación, que va a tener el edificio. Hay especialistas que saben exactamente cuál es el tipo más adecuado, las precauciones a tener en cuenta, y las opciones más adecuadas a la hora de diseñar las instalaciones.
  - ✓ *Prever el aprovechamiento, canalización y recuperación del agua de las torres de ventilación, y/o de condensación, para ser utilizadas para otros usos.*
  
- ❁ Selección de equipos Hidro-Eficientes para el centro, a nivel de electrodomésticos, y con etiquetaje clase "A", pues está demostrado que las diferencias de inversión en este tipo de establecimientos se amortizan muy rápidamente. *(Existen lavadoras y lavavajillas que consumen hasta un 60 % menos de agua y un 50 % menos de energía);* hay que hacer cuentas, antes de decidirse.
  
- ❁ Utilizar jabones y productos biodegradables, que no contengan cloro ni fosfatos en su composición, y utilizar la dosis correcta propuesta por los fabricantes. *Cuando sale la vajilla blanca, puede ser por la alta concentración de cal en el agua, y esto se resuelve con un aporte de sal adecuado, según el fabricante, pero sobre todo no hay que volver a lavarlos, pues con frotarlos con un paño seco será suficiente.*
  
- ❁ Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo que, además de cumplir con la normativa vigente, permitan una corrección y detección

inmediata de anomalías, excesos de consumos, fugas, etc., revisando las protecciones de aislamiento de las tuberías, cada seis meses, y cada vez que algún operario realice algún trabajo de mantenimiento.

- ❖ Prever, programar y comprobar las temperaturas de calentamiento, acumulación y distribución del ACS, adecuándolas a la demanda de agua esperada. *(Es ilógico disponer de agua caliente en el fin de semana si se cierra el centro, ajustarlas de tal forma de que el último día sólo se aporte el agua necesaria, programando su arranque para que el lunes esté preparada para su consumo).*
- ❖ Supervisar mensualmente, a la vez que se toman las temperaturas en puntos terminales, como exige el RD. 865/2003. Comprobar si éstos cierran adecuadamente, tienen pérdidas y/o fugas. *(Verificar sobre todo los tanques o cisternas de inodoros, pues suelen ser los más dados a tener fugas, por culpa de los flotadores de los grifos o los sistemas de cierre).*
- ❖ Si se utilizan sistemas de tratamiento del agua, verificar la calidad del agua y su composición cada cierto tiempo y sobre todo en épocas estivales, pues la variación de su composición requerirá dosis o ciclos distintos. Aprovechar para comprobar el estado de resinas, sales, etc., de los distintos depósitos, verificando el resultado final del tratamiento.
- ❖ Realizar campañas de sensibilización ambiental dentro del establecimiento, formando al personal para que resuelva los problemas más habituales que pueda encontrarse, demostrando a los clientes y visitantes su sensibilidad y preocupación por el tema, lo que mejorará la imagen pública del centro.
- ❖ Instalar, prever o implementar equipos y medidas economizadoras de agua, como las que a continuación se detallan, pues facilitarán la minimización de los gastos y consumos de agua y energía, y generarán beneficios por ahorro para toda la vida.

## 4.3. Tecnologías y posibilidades técnicas para ahorrar agua y energía

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

Este capítulo pretende dar un repaso a las posibilidades técnicas más exitosas y fáciles de implementar, y que más rápida amortización tienen (*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 que por ejemplo un monomando de lavabo ecológico, de última generación que consuma 4,6 litros por minuto, no podría comercializarse.

A su vez, otras normativas favorecedoras de la eficiencia y el ahorro, como la Legislación Catalana en materia de distintivos ambientales, califica las griferías ecológicas a aquellas que están por debajo, justo de lo que las normas UNE, indican. Por ejemplo, el Departamento de Medioambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya, (*en su Resolución MAH/1603/2004, de 21 de mayo, por la que se establecen los criterios medioambientales para el otorgamiento del distintivo de garantía de calidad ambiental a los productos y a los sistemas que favorecen el ahorro de agua*), establece que los límites razonables para el consumo de una ducha fija o móvil serán de 10 l/min para presiones inferiores a 3 bar y de 12 l/min para presiones superiores a 3 bar.

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

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

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

Las tecnologías existentes permiten acelerar el agua, y crear turbulencias sin aportación de aire en cabezales de ducha, que mejoran el confort al generar una sensación de hidro-masaje por turbulencias consumiendo mucha menos agua que con los sistemas tradicionales de masaje por cantidad y presión de agua, economizando hasta el 65 % del agua que actualmente consumen algunos equipos, sin pérdida ni detrimento del servicio, Fig. 1.

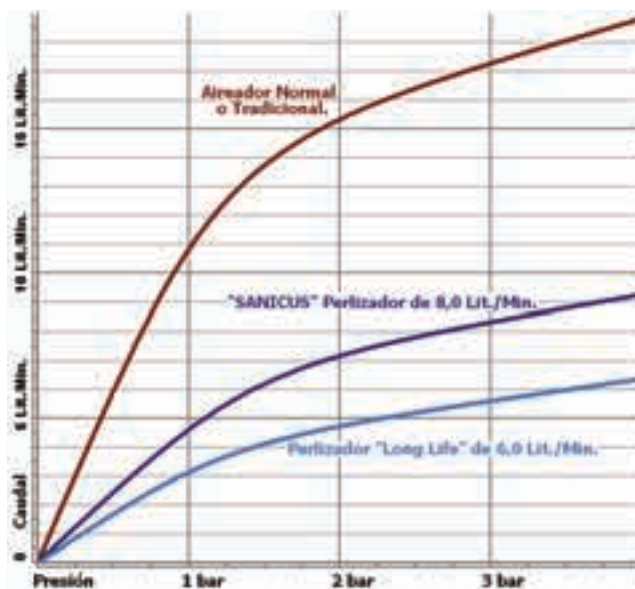


Figura 1. Consumos de Griferías normales y ecológicas con Perilizadores.

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

## 4.4. Clasificación de equipos

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

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

La siguiente información, 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.

### 4.4.1. 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.

Como se puede apreciar en la Foto 1, al accionar la maneta, ésta se encuentra en su posición central un freno a la apertura y además ofrece sólo agua fría, debiendo girar la maneta hacia la izquierda, para obtener una temperatura de agua más caliente.

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



**Foto 1.** Explicación gráfica de los Cartuchos Ecológicos.

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.



**Foto 2.** Perlizadores de distintos caudales y modelos.

#### 4.4.2. Grifos de volante tradicionales

Este tipo de equipos, está en desuso en obra nueva, aunque sí es fácil encontrarlos en edificaciones con más de 15 años y todavía suele montarse en zonas de poca utilización, como vertederos, fregaderos, etc., por su bajo precio.

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

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

Esto se puede lograr con la simple sustitución de la montura clásica de zapatas, por otra Montura Cerámica que permite la apertura y cierre del agua en



un sólo cuarto de vuelta, evitando los problemas de apriete y cierre inadecuados y las fugas y goteos constantes de éstos.

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

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

Por lo general, un grifo de doble mando o *monoblock* cerámico, será más económico y a la vez mucho más eficiente energéticamente hablando, que un monomando, aunque no tan cómodo como lo es éste.

### 4.4.3. Grifos termostáticos para lavabos

Posiblemente son los equipos más costosos, detrás de los de activación automática por infrarrojos, pero a la vez los más eficientes desde el punto de vista del consumo energético, ya que mezclan automáticamente el agua fría y caliente, para lograr la temperatura seleccionada por el usuario. Aportan altísimo confort y calidad de vida o servicio ofrecido, evitan accidentes, y 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. Hoy en día un grifo de ducha termostático, con mango de ducha ecológica, puede encontrarse, desde 50,00 € y con una garantía de 5 años, por lo que ya no es tan elevada la diferencia, como para no utilizarlos.

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.

#### 4.4.4. 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, pues los hay muy sencillos, y muy sofisticados, siendo capaces de realizarse ellos mismos, el tratamiento de prevención y lucha contra la *Legionella*. Existen dos técnicas muy parecidas de activación automática por detección de presencia (*infrarrojos y microondas 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 60 % de ahorro, e incluso el 75 %, si incorporan Perlizadores a su salida.

Se pueden utilizar, para lavabos, fregaderos, duchas fijas, tanto normales como con equipos termostatizados; también existen versiones para inodoros, y urinarios, cubriendo casi cualquier necesidad que pueda plantearse. Las inversiones pueden llegar a ser 10 veces más costosas que un equipo tradicional, pero la eficacia, eficiencia y vida de los productos, se justifica, si se desea tener una

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



**Foto 3.** 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 electroválvulas, detectores y griferías normales, por separado. El mantenimiento es mucho más sencillo y se reducen considerablemente las inversiones, a la vez que se pueden diseñar las áreas húmedas utilizando griferías de diseño y/o de fabricantes los cuales no tienen este tipo de tecnologías.

#### **4.4.5. Grifos de ducha y torres de prelavado en cocinas o comedores de empresa**

Uno de los puntos donde posiblemente se consume más agua, de las zonas comunes de un edificio residencial, es sin lugar a dudas la zona de lavado de la vajilla del centro, o cocina.

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

En primer lugar, es muy habitual encontrar los flexos de las torres de prelavado en muy mal estado, cuando un cambio o mantenimiento de las mismas y de los flexos de conexión, rentabilizan el trabajo, ahorrando agua por fugas o usos inadecuados por parte de los trabajadores. Es muy normal, por parte de los empleados, dejar fija la salida de agua de la pistola o regadera de la torre de prelavado, y marcharse a realizar otra tarea, dejando correr el agua hasta que vuelve de nuevo, dejando los 5-6 platos que se quedaron debajo de la ducha muy limpios, y el resto sin mojar.

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



**Foto 4.** Ejemplo de Ducha Ecológica de Prelavado, para cocinas y comedores.

Otra opción, muy simple y eficiente, es sustituir el cabezal de la ducha por otro regulable en caudal y ecológico, el cual permite determinar el consumo del

mismo, entre 8 y 16 litros minuto, siendo más que suficiente, y amortizándose la inversión en tan sólo unos meses.

#### 4.4.6. Grifos temporizados

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

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

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



Foto 5. Mejoras posibles en griferías temporizadas.

Sobre este equipamiento y a través de su propio personal especializado de mantenimiento o profesionales específicos, puede optimizarse y regularse los consumos, minimizando éstos entre un 20 y 40 %, pues la gran mayoría de los fabricantes pone tiempos excesivamente largos a los equipos, lo que genera, en muchas ocasiones, hasta tres activaciones por usuario, de entre 12 y 18 segundos cada una, cuando con una pulsación de 6 segundos sería ideal para evitar la salida de agua en tiempos intermedios de enjabonados, frotado y aclarado. Y si bien es cierto que muchos usuarios los utilizan una sola vez, mojándose y aclarándose (*por ejemplo tras realizar una micción*), es muy frecuente ver, como el usuario se marcha y sigue saliendo agua.

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

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

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.

#### **4.4.7. Fluxores para inodoros y vertederos**

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

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 9 litros.

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

Existen, en empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro, unos Eco-pistones especiales, Foto 6, a los cuales se les modifica la curva de descarga, produciendo una descarga más intensa pero de menos tiempo, que permite economizar hasta el 35 % del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre, que incluso en algunas tazas antiguas, aumenta.

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

#### **4.4.8. Regaderas, cabezales y regaderas de duchas**

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



**Foto 6.** Pistones Ecológicos para Fluxores.

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

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

- Cambio de la alcachofa o regadera de ducha por otra hidro-eficiente y de hidro-masaje por turbulencias, que posibilita ahorros de hasta el 60 % sobre los equipos tradicionales; siendo menor este ahorro, del orden del 35 %, cuando el equipo a sustituir es un equipo pensado para sitios públicos y suele ser accionado por un grifo temporizado.



- ❖ Desmontaje del equipo, sobre todo cuando tiene múltiples chorros o tipos de suministro de agua, intercalándole en la toma un regulador o limitador de caudal, que tara el volumen de agua que deja pasar por minuto, sin sacrificar el confort de la ducha. Los ahorros suelen ser menores del orden del 25 %.

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

- ❖ Intercalar un reductor volumétrico giratorio, que aumenta la vida del flexo, evitando torceduras y enredos, a la vez que se ahorra un 35 % del agua consumida por el equipo al que se le aplica.
- ❖ Insertar en la toma de la ducha un limitador de caudal ajustando el suministro a lo deseado; posibilita ahorros del orden del 25 % aproximadamente, pero no valen para cualquier modelo.
- ❖ Incorporar un interruptor de caudal, para disminuir el agua suministrada durante el enjabonamiento, pero sin perder la temperatura de mezcla obtenida, dejando pasar sólo una parte ínfima de agua para evitar el enfriamiento de las cañerías.
- ❖ Cambiar el mango de ducha, por otro Ecológico o Eficiente, existiendo tres tipos de éstos principalmente:
  - ✓ Los que llevan incorporado un limitador de caudal.
  - ✓ Los que la técnica de suministro de agua se basa en acelerar el agua y realizar el suministro con múltiples chorros más finitos y a mayor presión.
  - ✓ Los cabezales de ducha específicos, que suelen ser irrompibles, con suministro de agua a nivel e hidro-masaje por turbulencias, que posibilitan ahorros de hasta el 60 % aumentando el confort y la calidad del servicio ofrecido. Suelen ser más costosos, pero generan mucho más ahorro y duran toda la vida.

- 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 integradas en diseños propios de los distintos fabricantes.



**Foto 7.** Distintas duchas y accesorios para economizar agua y energía.

#### 4.4.9. 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.

Los inodoros de los aseos de habitaciones y/o de aseos de señoras se utiliza 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 veces al WC, de las cuales 4 son por micciones y 1 por deposición. Por lo que ahorrar agua es fácil siempre que se pueda discriminar la descarga a realizar, ya que para retirar líquidos se necesita solamente unos 2-3 litros, y el tanque completo sólo se requiere para retirar sólidos.

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

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

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

Tanque 2 Pulsadores:        1 Descargas x     9 l/Desc.     =     9 l/ Día.  
    4 Descargas x     3 l/Desc.     =     12 l/ Día.

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

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

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

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

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

Si así fuera, la simple instalación de unas pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto del sanitario, a la vez que se aprovecha para realizar campaña de sensibilización y del interés del centro hacia el medioambiente y la responsabilidad social, mejorará la imagen corporativa del centro y se ahorrará más del 30 % del agua que actualmente se utiliza. (*Este hecho de poder interrumpir la descarga es desconocido por la gran mayoría de los usuarios*).

#### **Tanques o cisternas con tirador:**

Al igual que el anterior y desde la misma época, algunos de los fabricantes más famosos, empezaron a incorporar la posibilidad de que sus mecanismos

de tirador pudieran interrumpirse, para ahorrar agua, siendo esto muy fácil de reconocer, porque al tirar de ellos se quedan levantados, y para interrumpir la descarga hay que presionarlos hacia abajo. Mientras que si se bajan ellos solos, es señal de que el mecanismo no es interrumpible y producirá la descarga completa.




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

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

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

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

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

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

Con independencia de las posibles actuaciones comentadas, será vital que las personas se responsabilicen del mantenimiento, comprueben posibles fugas de agua, bien por la vía de que el flotador llena de más el tanque, *(lo que con la simple regulación se resuelve)*, bien porque las gomas del mecanismo se han aleteado, endurecido o deteriorado, dejando escapar el agua por su asiento *(cambiarlas es muy fácil y su coste ridículo)*. También será recomendable instalar pegatinas con independencia del modelo que sea por lo anteriormente comentado.

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

*Por ejemplo: la inserción de una o dos botellas de agua en el interior de la cisterna; está demostrado que al disponer de menos agua en cada utilización (se ahorra por ejemplo 1 litro por descarga) al realizar deposiciones y tener que retirarlas, hay muchas ocasiones en que no tiene fuerza suficiente para arrastrar los restos, debiendo pulsar varias veces, consumiendo el agua ahorrada en 7-8 utilizaciones, aparte de los problemas de estabilidad que puede ocasionar si se caen o tumban, evitando su cierre y que genere fugas constantes.*



**Foto 8.** Mecanismo de tirador, contrapesos y M. de doble pulsador.

## 4.4.10. Tecnología para las redes de distribución

El consumo de agua y la energía derivada de su calentamiento se ve muy afectado por los circuitos de reparto, tanto en su diseño, protección, diámetro, caudal y, por supuesto, por la presión de trabajo, lo que hace que todos estos factores juntos influyan extraordinariamente en la gestión del agua y, por lo tanto, en el consumo adecuado o excesivo. A continuación se describe cómo se pueden optimizar las instalaciones de zonas comunes y/o de todas aquellas partes que no son estrictamente habitaciones, como zonas de vestuarios, piscinas, etc.

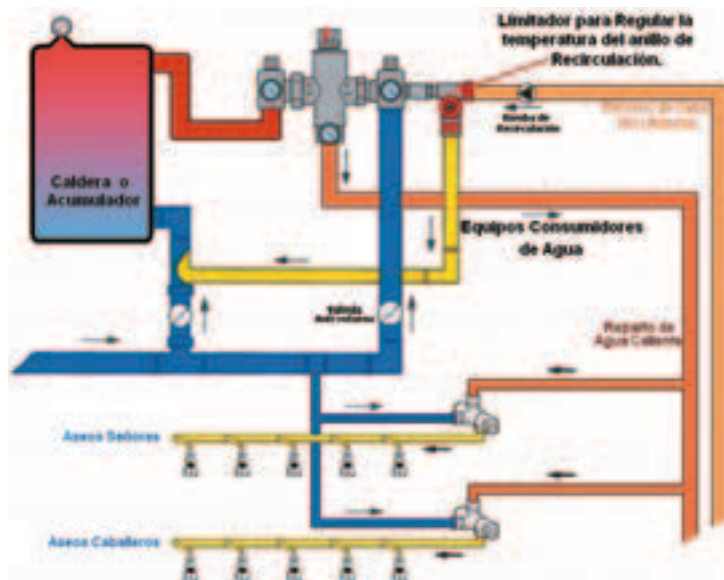
En primer lugar, a la hora de analizar un circuito de reparto y suministro de agua, ésta, si es caliente, deberá ser lo más corta posible, y si la distancia es elevada desde el punto de calentamiento al último de consumo, convendrá realizar un anillo de recirculación, para evitar que se derroche agua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

Este anillo conviene que sea lo más corto posible y que se alimente de agua caliente, la sobrante del retorno (como agua más fría) y la toma que llega del calentador o acumulador. De esta forma el anillo conseguirá muy fácilmente la temperatura prefijada como tope de demanda, evitando accidentes o escaldamientos con la misma; la composición ideal sería introducir un Mezclador Termostático, con aporte de retorno, como en la Fig. 2, donde el agua no consumida, retorna al mezclador aportándose como agua fría, para que al mezclarse con la caliente, podamos ofrecer el agua a la temperatura deseada.

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

De cara al cumplimiento del RD 865/2003, el agua caliente que alimenta al mezclador ha de poder alcanzar al menos los 70 °C para poder realizar los

tratamiento de mantenimiento y choque, el anillo de recirculación ha de poder alcanzar los 60 °C en su retorno o en cualquiera de los puntos de salida.



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

La instalación de anillos de recirculación, con aprovechamiento del agua de retorno y los mezcladores termostáticos, posibilitan ajustar la cantidad de agua consumida a la mínima necesaria; y el aprovechamiento energético de ésta, es el máximo posible, ofreciendo ahorros energéticos superiores al 16 % sobre sistemas tradicionales y minimizando la demanda de agua en espera, que tradicionalmente se derrocha con otros sistemas, por esperar a que salga a la temperatura que el usuario desea.

Con independencia de las temperaturas de consumo y su red de distribución, otro de los puntos de alto consumo de agua y energía está motivado por la presión de los circuitos, y las pérdidas de carga de éstos cuando se consume agua simultáneamente en varios puntos de consumo.

En el primer caso, un exceso de presión provoca un aumento del consumo de agua que puede cifrarse perfectamente en un 15 % por cada incremento de presión de 1 bar, considerando como presión media 2,5 bar.



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

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

Para resolver estos problemas, no hay que bajar la presión general, que en algunos casos es una solución válida, sino intercalar en los ramales finales de distribución, los citados reguladores, que ajustarán la presión a la deseada; permitiendo diferenciar zonas donde se requiera más o menos, y sin que esto afecte a líneas bien calculadas o adecuadas.

Estas medidas son recomendables tanto para agua fría como para agua caliente, pues es muy habitual que exista una diferencia de presión entre una línea de suministro y otra, (*desequilibrio de presiones*), lo que puede provocar problemas muy graves de confort de la calidad del servicio ofrecido, por inestabilidad de la temperatura, quejándose los usuarios de que tan pronto sale fría como al momento siguiente muy caliente, o tienen que estar constantemente regulando la temperatura.

Esto se debe a la invasión del agua con mayor presión en el circuito de suministro contrario, ocupando y enfriando la cañería al principio y hasta que se equilibran 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 de 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.

#### **4.4.11. Técnicas productivas y mejoras en los procesos**

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

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

Los expertos en asesoramiento empresarial, utilizan como técnica de incentivar al personal o empleados responsables de estos departamentos técnicos, la reducción de las facturas energéticas y de suministros, para plantearles retos de reducción, que de lograrse verían incrementados sus pluses productivos.

De igual forma hay que premiar e incentivar a los empleados a que planten ideas de cómo mejorar o aprovechar las áreas que ellos trabajan y dominan. Se nos

olvida que la industria de maquinarias en general evolucionó, gracias a que los técnicos de mantenimiento que se desplazan a las empresas a realizar la conservación de éstas, escuchan y buscan soluciones y mejoras a los problemas e ideas que les plantean los empleados que las utilizan, en los procesos cotidianos de su trabajo diario, recogiendo y aprovechando todo ese *know how* o saber hacer, para su propio conocimiento y mejora de los equipos.

No sólo es importante que realicen bien el trabajo, sino que además estén atentos a los procesos y técnicas que podrían implementarse en las industrias para el bien de todos y que al final optimice los costes de producción, haciendo de las empresas que éstas sean más competitivas, respetuosas medioambientalmente y eficientes en la elaboración de sus productos.

## 4.5. Consejos generales para economizar agua y energía

### ***En salas de calderas y distribución:***

- Las calderas y los quemadores deben ser limpiados y revisados periódicamente por un técnico cualificado.
- Mandar inspeccionar la caldera periódicamente, inspeccionando los siguientes puntos:
  - ✓ Las luces de alarma;
  - ✓ Signos de fugas en las tuberías, válvulas, acoples y caldera;
  - ✓ Daños y marcas de quemado en la caldera o chimenea;
  - ✓ Ruidos anormales en las bombas o quemadores;
  - ✓ Bloqueos de los conductos de aire.
- Inspeccionar el tanque de expansión y alimentación periódicamente. Si se oye la entrada de agua a través de la válvula de llenado, entonces el sistema tiene fugas.
- Si se sospecha que hay fugas, llamar inmediatamente a un especialista para que las arregle.

- La revisión debe incluir una comprobación de la eficiencia de combustión y el ajuste de la proporción aire/combustible del quemador para obtener la eficiencia óptima.
- Indicar al técnico que maximice la eficiencia de la caldera y que le presente una hoja de ensayos con los resultados. El coste aproximado puede oscilar entre los 100 y 200 € por caldera.
- Estudiar la posible instalación de un termómetro en la chimenea. La caldera necesita limpiarse cuando la temperatura máxima de los gases en la chimenea aumente más de 40 °C sobre la del registro del último servicio. El coste aproximado es de unos 40 €.
- Ajustar las temperaturas de ACS para suministrar agua en función de la temperatura de cada época del año.
- Aislar las tuberías de distribución que no contribuyan a calentar las zonas de trabajo.
- Si se dispone de anillos de recirculación de ACS, medir, verificar y ajustar las proporciones de agua reciclada, en los distintos horarios de demanda punta y valle, a la más adecuada, que garantice el servicio con el mínimo esfuerzo de la caldera. *(Si sus puntas son muy exageradas, valorar la implementación de un programador de maniobra que automatice los cambios de temperatura).*

**En los puntos de consumo:**

- Instalar equipos termostáticos siempre que sea posible, pues aumentan el confort y ajustan el consumo energético a la demanda real.
- Los equipos temporizados son ideales cuando se trabaja con jóvenes y adolescentes, pues evita olvidos de cierre y soportan mejor el posible vandalismo.

- Instalar o implementar medidas correctoras del consumo, como perlizadores, alcachofas de ducha ecológicas, reductores volumétricos, etc., reducirá espectacularmente los consumos.

### **En el centro de trabajo:**

- Promover una mayor participación en la conservación del medio ambiente por medio de actividades de educación ambiental, para empleados y subcontratas, realizando campañas de educación y procesos respetuosos, en su trabajo cotidiano, con ejemplos concretos, reputables y discriminatorios. *(Si se hace mucho hincapié en una tendencia y/o técnica mal utilizada, la persona que lo ejecuta se sentirá mal internamente cuando la practique).*
- Realizar campañas de sensibilización, transmitiendo a clientes y empleados su preocupación por el medioambiente, mejorará su imagen y disminuirá las facturas de los suministros.
- Diseñar y colocar pegatinas de sensibilización y uso correcto de equipos economizadores, por ejemplo en inodoros y/o sistemas especiales.
- Formar, instruir y redactar órdenes de trabajo claras y específicas, para que los empleados tengan presente cómo actuar ante las distintas situaciones que puedan encontrarse.
- Solicitar la colaboración de los usuarios, con notas de sugerencias y mejoras, y avisos para resolver los problemas y/o averías que puedan surgir y fueran detectados por los clientes, resolviéndolos inmediatamente para demostrar la preocupación por el tema y a la vez minimizar el impacto económico.
- Un hábito frecuente es tirar al inodoro gasas, compresas, tampones o los envoltorios de éstos, junto con papeles, plásticos o profilácticos, con lo que se pueden producir atascos en tuberías tanto de bajantes como en fosas y

sifones, provocan obstrucción en las rejillas de entrada y filtros, ocasionando diversos problemas higiénicos y mecánicos. Es recomendable que todos estos residuos vayan directamente a la basura, para ello aparte de sensibilizar a los usuarios, los centros han de poner medios para poder facilitar esta labor.




### ***En jardinería y paisajismo:***

- El exceso de agua en el césped produce aumento de materia verde, incremento de enfermedades, raíces poco profundas, desaprovechamiento de recursos y grandes facturas. Cuando se trata de regar un área verde o jardín es preferible regar de menos que regar de más, pues se facilitará el crecimiento y enraizado de plantas, arbustos y césped, mejorando su imagen y sufriendo menos en épocas de sequía.
- La necesidad de agua en el pasto, puede identificarse cuando éste se torna de un color verde azulado y cuando las pisadas permanecen marcadas en él, ya que la falta de agua hace que a la hoja le cueste recuperar su posición original. Lo ideal sería regar el césped justo en ese momento ya que el deterioro en ese punto es mínimo y, apenas el césped recibe agua, se recupera. Regar el pasto antes de observar estos signos no proporciona beneficio alguno.
- No es recomendable regar sistemáticamente. Un programa fijo de riego no contempla las necesidades reales del césped y puede resultar perjudicial.
- La hora ideal para hacerlo es entre las 4:00 y las 8:00 de la mañana. A esta hora el viento no interfiere en el riego y no hay prácticamente evaporación de agua. Una de las complicaciones que ocasiona el riego en horas de la tarde, es la creciente incidencia de enfermedades. Este inconveniente puede reducirse regando únicamente cuando el césped lo necesita y haciéndolo esporádica pero profundamente. Regar durante el mediodía no es efectivo ya que gran cantidad de agua se evapora siendo por consiguiente muy difícil humedecer la tierra adecuadamente.

- El riego por aspersión produce más pérdidas que el riego por goteo o las cintas de exudación. La manguera manual también supone mucho desperdicio, pero es adecuado para aquellas plantas resistentes que se riegan manualmente muy de tarde en tarde.
- Al diseñar y/o reformar el jardín, agrupar las especies según su demanda de agua. Se tendrá de esta forma zonas de necesidades altas, medias y bajas. Por ejemplo, los Cactus y Crasas y la flora autóctona estarían dentro de un grupo de plantas con necesidades bajas.
- Elegir especies autóctonas que con la lluvia pueden vivir sin precisar riego alguno.
- La Xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90 %.
- Elegir otras especies, que aunque no sean autóctonas, sean resistentes a la sequía (*habrá que regarlas menos*). Ejemplos: cactus, lantana, áloes, palmeras, etc.
- Instruir, formar o exigir conocimientos al personal que cuida de la jardinería.

**En la limpieza de las instalaciones:**

- Realizar la limpieza en seco, mediante: aspiración, barrido con cepillos amplios, máquinas barredoras, automáticas, etc.
- Incorporar el jabón y/o detergentes a los recipientes, después del llenado, aunque no haga espuma, limpiará lo mismo.
- Promover medidas para ahorrar en el lavado de toallas.
- Las toallas, sábanas o trapos viejos se pueden reutilizar como trapos de limpieza. No se emplearán servilletas o rollos de papel para tal fin, pues se aumenta la cantidad de residuos generados.

-  Utilizar trapos reciclados de otros procesos y absorbentes como la celulosa usada, para pequeñas limpiezas y productos como la arena o el serrín, para problemas de grandes superficies.
-  No utilizar las mangueras para refrescar zonas, pues si están muy calientes se evaporará el agua muy rápidamente y los cambios bruscos de temperatura, pueden crear problemas de dilatación.
-  No barrer canchas descubiertas con mangueras; utilizar cepillos de amplias dimensiones en seco.

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

## Bibliografía

1. IDAE. (2001).: "Ahorro de Energía en el Sector Hotelero: Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo" Madrid, España.
2. Proyecto Life. (2001).: "Jornadas Internacionales de Xerojardinería Mediterránea ". WWF/Adena. Madrid, España.
3. Fundación Ecología y Desarrollo. (2002).: "Guía practica de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y servicios públicos". Bakeat. Bilbao, España.
4. Fundación Ecología y Desarrollo. (2003).: "Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en la industria". Fundación Ecología y Desarrollo. (Zaragoza), España.
5. Infojardin.com (2002-2005).: Web y Artículos de Jesús Morales (Ingeniero Técnico Agrícola), (Cádiz) España.
6. TEHSA, S.L. (2003).: "Sección de Artículos", Web de la empresa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L. Alcalá de Henares (Madrid), España.
7. Ahorraragua.com (2004).: "Eco-Artículos", Web de la compañía. Madrid, España.



# Ahorro energético en la climatización de instalaciones industriales

## 5.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es mostrar las principales líneas de actuación para incrementar la eficiencia energética en las instalaciones de climatización en general, con un hincapié especial en instalaciones de tipo industrial. No se tratará en el presente capítulo las instalaciones de proceso, en las cuales se usa la refrigeración directa del producto, o la creación de condiciones climáticas de características determinadas, sino el confort de las personas que trabajan en este tipo de locales.

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

- Diseño y utilización de las instalaciones.
- Mejora de la eficiencia energética en el ciclo de refrigeración.
- Utilización de sistemas de control de ahorro energético más eficaces.

Se tratarán de ampliar estos tres puntos y cuantificar el impacto de las mejoras propuestas en los costes de las instalaciones.

## 5.2. Diseño y utilización de las instalaciones

El confort humano se centra en cinco variables fundamentales:

- Temperatura.
- Humedad.
- Velocidad del aire.

- Calidad ambiental (IAQ).
- Nivel sonoro.

Las personas que trabajan en instalaciones industriales suelen estar ubicadas bien en oficinas, que no difieren en uso ni condiciones de las que se pueden encontrar en edificios dedicados a ese uso, o en zonas de trabajo diáfanos, del estilo de talleres o almacenes .

El primer caso está muy bien tipificado, Tabla 2, pero existen grandes diferencias entre diversas industrias debido a sus peculiares características. Éstas suelen no ser muy grandes en las condiciones de confort climático, pero sí pueden serlo en nivel acústico, desde almacenes hasta industrias de maquinaria pesada en los que se requiere incluso protección especial.

El nivel sonoro exterior, es el marcado para cualquier actividad pública, de acuerdo a normativas locales.

Las condiciones que han de cumplirse en el exterior son las recogidas en la Tabla 1.

**TABLA 1.** Niveles sonoros en exterior.

Tipo de área	Presión sonora máxima (dBA)	
	7:00 a 19:00	19:00 a 7:00
Residencial (V. unifamiliares)	50	45
Residencial (Ed. en altura)	55	50
Comercial	60	55
Industrial	70	70

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

La atenuación del nivel sonoro es un factor a tener en cuenta en cualquier proyecto, al menos ha de pensarse que deben proveerse espacios para medidas de corrección del nivel sonoro, ante un eventual endurecimiento de la normativa. En el exterior las medidas son:

- Ventiladores y compresores de bajo nivel sonoro.
- Cerramientos acústicos.

**TABLA 2.** Niveles sonoros en interior.

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

En el interior son:

- Buen aislamiento de Ventiladores y compresores (antivibradores).
- Buenas prácticas de instalación de conductos.

Hay una enorme variedad de formas con las que propietarios, consultores e instaladores abordan el proyecto, y ésta depende fundamentalmente de las

prioridades que estos participantes fijen. Para unos será importante el confort de usuarios, para otros puede ser servidumbres de colocación de equipos, etc., e inevitablemente para algunos sólo tendrá importancia el coste, tremendamente importante en los edificios de tipo industrial, por la gran superficie que suelen abarcar. El sector se enfrenta a un elevado coste de suelo industrial que redundará en precios de venta y alquiler elevados.

Ello condiciona que las características constructivas (generalmente cubiertas y cerramientos) de los edificios de tipo industrial suelen ser más ligeras y con menor aislamiento que los edificios para aplicaciones de tipo residencial u oficinas.

La solución es como siempre el trabajo en común entre arquitectos, consultores de ingeniería e instaladores para en las diversas fases del proyecto conseguir un adecuado compromiso entre la necesidad de reducir costes y proporcionar el nivel de confort deseado.

Sin embargo, y una vez discutidos todos estos pormenores, ha de llegarse a tres decisiones importantes que de no mantenerse invariables, provocarían retrasos en el desarrollo e incluso mal funcionamiento en la futura instalación:

- Elección del sistema de climatización: todo aire, todo agua, aire-agua, o incluso un sistema de distribución de refrigerante de no poder adoptarse ninguno de los anteriores, por condicionantes arquitectónicos o de uso del edificio.
- Selección del tipo de plantas de producción de agua fría y caliente.
- Selección de la ubicación de las mismas, concediendo las suficientes servidumbres de paso de tuberías y conductos de aire, para distribución de aire en cada espacio o aportación de aire exterior.

De la decisión primera se obtienen las condiciones del fluido que ha de ser usado para la climatización del edificio; es decir ¿Qué cantidades de aire o agua, y a qué temperatura han de circular?.

Después, el edificio ha de dividirse en zonas donde el sistema de distribución de agua y el sistema de control han de ser capaces de garantizar el confort a lo largo de todo el año.

Conociendo la zonificación del edificio, las cargas de frío y calor han de comprobarse para conocer la cantidad de agua que ha de llegar a cada una de ellas y en qué momento ha de llegar este volumen.

Esto lleva a la selección de los terminales de zona tipo *fancoil*, climatizadores, etc. Tanto el sistema de distribución de agua como los terminales contribuyen a la pérdida de presión en el circuito de agua, que ha de vencerse con la presión disponible del sistema de bombeo.

En resumen, los primeros pasos del diseño de una instalación condicionan fuertemente el impacto económico posterior.

## 5.3. Tecnología del ciclo frigorífico aplicable al ahorro energético

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

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

### 5.3.1. Ahorro energético por el avance tecnológico en nuevos equipos

En general, todos los equipos de climatización han incrementado su eficiencia energética, como muestra la Fig. 1. El esfuerzo por incrementar la

eficiencia de las unidades de climatización, tanto a través de mejores materiales con mayores coeficientes de transferencia de calor como a través de compresores más simples y eficientes (caso del compresor *scroll* con sólo tres piezas móviles) ha dado sus frutos.

Ejemplo:

Equipo compacto de cubierta		1980	2005	
Cap.Frig.	50 kW	Eficiencia	2,6	2,8
		Consumo plena carga	19,2	17,9 kW
	2100	Horas operación año	40384,6	37500,0 kWh
	0,01	€/ kWh	403,8	375,0 €
		Ahorro		7 %

El sencillo cálculo en un equipo compacto puede ilustrar el ahorro en climatización que un equipo nuevo representa respecto a una unidad que cuente con veinte años de edad:

**Incremento de eficiencia kW/kW**

	1980	→	2005	Aplicación
• Equipos Split	2.3	→	2.5 (2.8 VRV)	Pequeños locales
• Equipos Compactos Verticales, Cubierta	2.6	→	2.8	Áreas convenciones, banquetes o grandes gimnasios (Requieren gran caudal de Ventilación )
• Enfriadoras aire-agua:	2.7	→	3.0 (C. Tornillo)	Sistemas de agua fría / caliente equipos terminales de agua para hoteles, grandes centros deportivos
• Enfriadoras agua-agua:	3.0	→	4.0 (C. Tornillo)	Grandes Complejos
• Enfriadoras Centrifugas:	5.0	→	7.0 (Turbina expansión)	

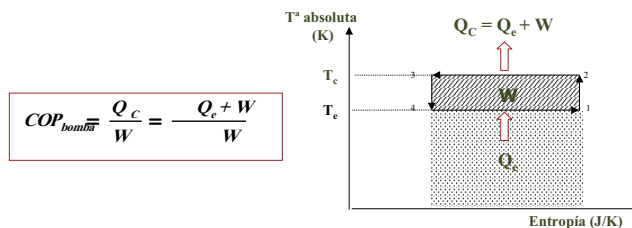
**Figura 1.** Evolución de la eficiencia energética en los equipos de climatización.

### 5.3.2. La bomba de calor: una máquina frigorífica como fuente de calor

En la Fig. 2 se puede ver el diagrama de concepto de una máquina frigorífica, en este caso una máquina frigorífica cuyo efecto aprovechable consiste

en el traslado de la energía desde el foco frío al foco caliente, es decir una “bomba de calor”. La formulación termodinámica realizada por Carnot, científico y político francés a finales del siglo XVIII, usaba fluidos ideales; la representación del ciclo de Carnot sobre el diagrama presión entalpía de un fluido frigorífico real, muestra las variaciones de estado y propiedades termodinámicas en una máquina frigorífica real, aunque de una forma simplificada, despreciando o modelizando los efectos de pérdida o ganancia de calor y pérdida de carga (disminución de la presión) debidas al rozamiento por el desplazamiento de los fluidos dentro de la máquina.

### Ciclo de Carnot



**Figura 2.** Ciclo Bomba de calor.

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

- Intercambiador evaporador: extrae el calor  $Q_e$  del foco frío (área punteada del diagrama T-Entropía).
- Compresor: aporta el trabajo  $W$  (área rayada del diagrama T-Entropía).
- Intercambiador condensador: cede el calor  $Q_c$  al foco caliente (área punteada del diagrama T-Entropía).
- Válvula de expansión.
- Válvula de inversión de ciclo (sólo bombas de calor).
- Elementos de control y seguridad (electromecánicos o gracias al avance de la técnica, en su mayoría electrónicos).

Se puede deducir que existe un calor potencialmente aprovechable  $Q_c$ , en una cantidad equivalente al efecto frigorífico producido en el foco frío  $Q_e$ , más el equivalente en calor del trabajo "recibido" por el fluido  $W$ . A diferencia del caso teórico enunciado por Carnot, este equivalente en calor del trabajo es ligeramente menor que el trabajo comunicado a la máquina, debido a que existen una serie de pérdidas del proceso eléctrico y/o mecánico, y pérdida de calor del compresor hacia el ambiente.

Volviendo al ciclo de Carnot, se define el coeficiente de eficiencia energética (COP) teniendo en cuenta ahora que el efecto útil buscado es el calor en el condensador.

El coeficiente se verá afectado por las temperaturas del refrigerante: a mayor temperatura de condensación (producciones de agua caliente con mayor temperatura) la eficiencia será menor; cuanto menor sea la temperatura del foco frío (evaporación), es decir, menor temperatura del agua o del aire exterior, el rendimiento será menor.

Las temperaturas del fluido frigorífico dependen entre otras variables de las temperaturas de los fluidos de intercambio en evaporador y condensador, existiendo lógicamente diferencias en la temperatura entre el fluido de trabajo y los fluidos de intercambio, debidas al diseño del intercambiador de calor (equicorriente o contracorriente, superficies secundarias de intercambio que induzcan elevada turbulencia, velocidades de los fluidos, materiales de construcción de los intercambiadores, etc.). La presión de trabajo de los intercambiadores está íntimamente relacionada con la elección del fluido de trabajo; puesto que por las características del ciclo frigorífico, la mayor parte del proceso de intercambio se realiza con un fluido de trabajo compuesto de dos fases, líquido y vapor, y, si se desprecian los efectos de pérdida de carga del fluido en los intercambiadores, en la teoría se tendrá una presión de saturación constante y una temperatura prácticamente constante.

En el ciclo real, la relación de compresión del ciclo en funcionamiento de bomba de calor es mucho mayor que en funcionamiento como refrigerador, ya



que la temperatura de evaporación en el caso de trabajar como bomba de calor es inferior, al trabajar precisamente, en la mayoría de los casos, con bajas temperaturas exteriores o bajas temperaturas de agua.

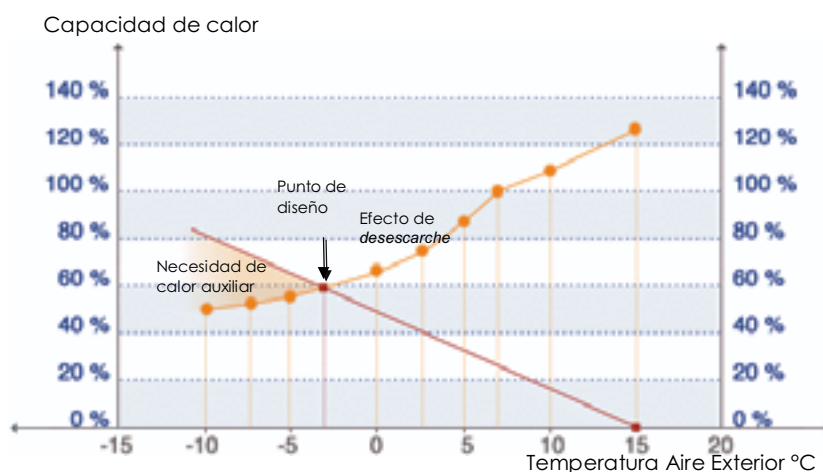
La segunda consideración es que al requerir temperaturas de agua o aire caliente que hagan posible un rendimiento óptimo de los emisores de calor la temperatura de condensación debe ser elevada (superior a 50 °C), y existe una clara tendencia a bajar conforme baja la temperatura de evaporación. El resultado es que las bombas de calor no pueden mantener altas temperaturas de salida de agua o de aire cuando existe una baja temperatura exterior.

Existe un factor adicional que afecta al COP (coeficiente de eficiencia energética) de una bomba de calor. Con temperaturas del foco frío cercanas a 0 °C, la temperatura de la superficie del evaporador será inferior a la temperatura de congelación del agua y, por tanto, el vapor de agua condensado sobre la misma se congelará, siendo necesarios unos períodos de desescarche para no perder la capacidad de transferencia de calor del citado evaporador.

Ello produce no sólo la ausencia de efecto calorífico en el foco caliente durante dichos períodos, sino incluso, en el desescarche por inversión del ciclo, un efecto frigorífico en el foco que se desea calentar. Por tanto, en dichas condiciones la potencia calorífica neta, llamada también potencia calorífica integrada (en las unidades que se prueban bajo estándares europeos se incluye la potencia calorífica integrada durante el periodo de una hora), será inferior a la potencia calorífica instantánea, siendo el COP también menor.

Estas limitaciones, constituyen el flanco débil de estos sistemas; sin embargo, la normativa ya recoge, con el fin de contribuir al ahorro energético, que la distribución de agua caliente con destino a calefacción reduzca sus temperaturas. Los sistemas de bomba de calor, salvo, en climas extremos, permiten cumplir estas condiciones, siempre y cuando se dimensionen adecuadamente, de acuerdo a las necesidades de calefacción para la temperatura de diseño del edificio.

En este sentido, viene siendo habitual la selección de bombas de calor a través de las necesidades de refrigeración sin prever otros sistemas de calefacción suplementarios para las ocasiones en que la capacidad de la bomba de calor sea inferior a la demanda. Esto ha traído como consecuencia una cierta desconfianza hacia los sistemas de bomba de calor, ya que se creaban situaciones de no confort en los usuarios. Por el contrario al sobredimensionar los sistemas auxiliares, se está encareciendo la inversión para el sistema, con lo cual se enmascaran los efectos de ahorro en la instalación.



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

En la Fig. 3 se ha representado de una forma simplificada la evolución de la capacidad de una bomba de calor (aire-agua o aire-aire) en función de la temperatura exterior. Se puede ver que esta capacidad va disminuyendo progresivamente (recordemos la fórmula del rendimiento de Carnot) y que se hace más acusado en cuanto se da el fenómeno de formación de hielo en las baterías y el necesario desescarche.

Si la temperatura de diseño para la localidad coincide con el punto de corte entre ambas curvas, no sería preciso dotar a la instalación de calor suplementario, ya que (dependiendo del percentil usado para la Temperatura de Diseño) sólo se dejan de cubrir las necesidades de un porcentaje muy pequeño de horas al año.

En cambio, si la temperatura de diseño es inferior a la definida por el punto de corte, será preciso dotar a la instalación de una fuente de calor suplementaria para poder atender las necesidades caloríficas de la instalación.

Como es natural, un correcto diseño de cerramientos ayuda al proyectista a reducir las necesidades caloríficas de la instalación, y reducir la capacidad de la unidad que cumple con las condiciones de diseño. Puesto que al realizar el cálculo energético de una instalación no se computan todas las cargas internas y efectos de acumulación de calor en la estructura de los edificios, las necesidades caloríficas reales se reducen notablemente, representando un factor de seguridad añadido.

### **5.3.3. Recuperación de calor para producción de agua caliente en unidades de condensación por aire**

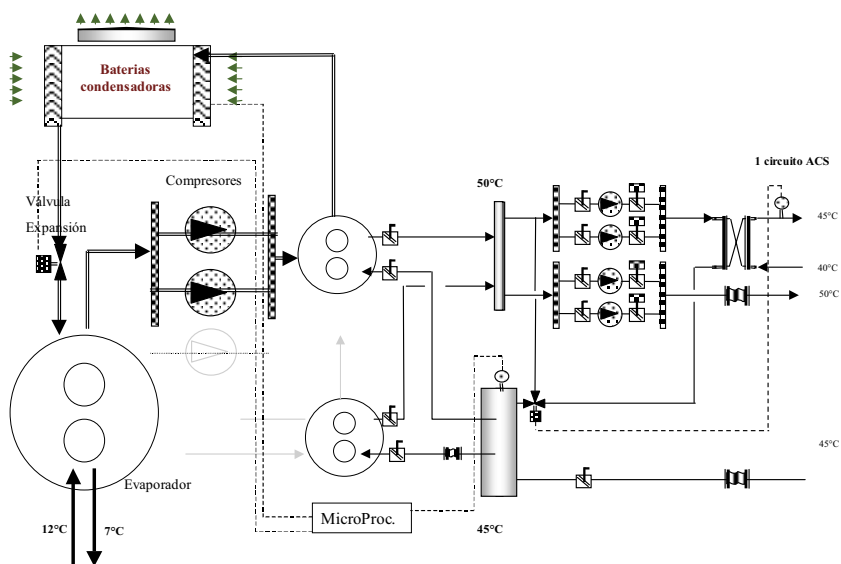
La utilización del aire como medio de condensación presenta como ventaja la simplificación de los circuitos hidráulicos de las instalaciones, llevando las unidades al exterior. Las unidades condensadas por aire con condensador o condensadores de recuperación presentan por supuesto esta ventaja.

Las posibilidades de recuperación van desde la simple recuperación de gases calientes hasta la recuperación del 50 % o del 100 % del calor total rechazado por la unidad.

Las unidades con recuperadores del 100 % suelen contar con válvulas solenoides de cierre activadas por el cambio de modo de funcionamiento (de frío a frío más recuperación), que se encargan de cerrar el paso de refrigerante a las baterías del condensador, realizando una purga de refrigerante de parte o todas ellas, según el diseño de cada fabricante, con el fin de "llenar el recuperador", y realizar la condensación en el mismo. Puesto que el intercambiador recuperador está dimensionado para disipar el 100 %, del calor total, la unidad funciona por tanto en su zona óptima cuando ambas cargas, frigorífica y calorífica llegan a su máximo simultáneamente.

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

La recuperación de calor en condiciones normales no afecta de modo significativo al rendimiento de la unidad, comparado con el de una enfriadora convencional. Por ejemplo, con 35 °C exteriores, la temperatura saturada de condensación será aproximadamente de 52 °C; si se desea obtener agua a precisamente esta temperatura, el punto de consigna fijado en el control para la temperatura de saturada de condensación habrá de ser de 57 °C, con lo cual habrá una ligera pero apreciable reducción de la capacidad frigorífica de la unidad (de 3 a 5 %), y un incremento del consumo eléctrico (de 4 a 6 %). Estas dos características han de tenerse en cuenta a la hora de realizar el balance económico de la instalación.



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

En el caso de los recuperadores de gases calientes, la recuperación de calor no suele ir más allá del 20 % del calor total rechazado. En estas unidades, el control de condensación de la unidad es realizado igual que en una unidad estándar, a

través de las etapas de ventilación con las que cuenta la máquina. Al estar en serie el condensador, siempre se encuentra expuesto a la acción del gas caliente, por lo que es altamente aconsejable un flujo constante de agua a través del mismo.

La rentabilidad de estas instalaciones de recuperación está garantizada en edificios que cuentan con importantes cargas de frío (no cubiertas con enfriamiento gratuito) simultaneadas con cargas de calor importantes.

Éste puede ser el caso de instalaciones hosteleras, sobre todo en climas suaves y el de instalaciones de tipo industrial, dónde hay una necesidad de refrigeración casi constante para proceso o mantener las condiciones de trabajo en un área de taller; el calor rechazado puede usarse en otras zonas de la instalación, bien en preparación de A.C.S o directamente calefacción.

En relación a estas aplicaciones de recuperación de calor, un factor negativo son sus bajas temperaturas de utilización. Éstas dan lugar a la proliferación de la bacteria *Legionella Neumophila* tristemente conocida. El tratamiento de los circuitos con productos anticorrosión (que evitan la formación de depósitos "alimento" de las colonias de *Legionella*) y sobre todo la limpieza periódica con compuestos germicidas (principalmente cloro) complementada con choques térmicos<sup>1</sup> son la mejor forma de lucha contra la bacteria. De esta forma pueden seguir usándose, en condiciones de salubridad esos eficientes dispositivos de ahorro de energía que representan las unidades de recuperación de calor.

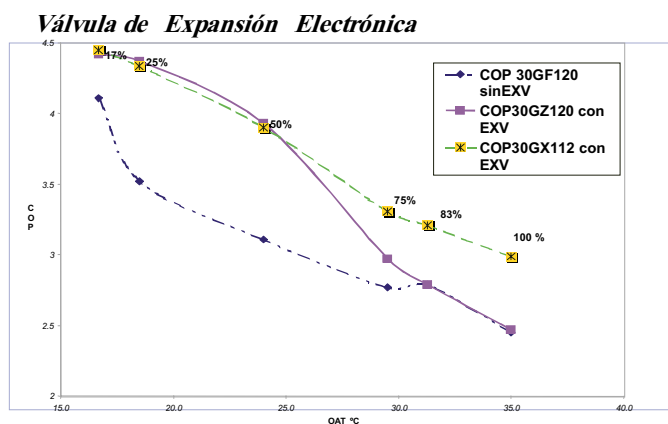
### **5.3.4. Ahorro energético con válvulas de expansión electrónica. Economizadores**

Las válvulas de expansión pueden ser de tipo termostático o electrónico. En ambos tipos se regula el paso de refrigerante dependiendo de las condiciones de trabajo. En las válvulas de expansión de tipo termostático se controla el flujo de refrigerante basándose en un solo parámetro, el recalentamiento del gas a la salida del evaporador.

---

<sup>1</sup> En cumplimiento del Real Decreto sobre Prevención de infección por Legionella.

La válvula de expansión electrónica por el contrario presenta una enorme facilidad de adaptación a todas las condiciones, pudiendo incluso fijarse límites diferentes para aplicaciones muy diversas, o incluso permitiendo (con cambios en el software) el trabajo con diferentes gases refrigerantes. Constan de un motor de múltiples pasos. La regulación con 1.500 pasos permite la adaptación a múltiples condiciones de carga, temperatura de los fluidos, redundando en que es posible disminuir la diferencia de presiones entre condensador y evaporador con el fin de reducir el trabajo del compresor.



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

En el caso ejemplo, Fig. 5, puede verse como el rendimiento, COP de una unidad con el mismo tipo de compresores e intercambiadores mejora drásticamente con la simple incorporación de las válvulas de expansión electrónica, al permitir ese acercamiento entre presiones de evaporación y condensación. Puesto que una unidad funciona más del 80 % de sus horas de operación a cargas inferiores al 75 % de su potencia de diseño, puede verse el enorme beneficio que supone para un usuario el disfrutar de bajo coste en la producción de frío.

El uso conjunto de las válvulas de expansión electrónicas con economizadores aporta también un notable ahorro energético. Consisten en un intercambio de calor de entre la línea de líquido y una línea de gas enfriada en este proceso, es introducida en una etapa intermedia de compresión. Esta refrigeración del compresor de tornillo incrementa su potencia en un 8 –10 %.

Con estas medidas, la eficiencia energética de las unidades enfriadoras aire agua se ha incrementado en casi 0,5 puntos. Se traduce en un ahorro del 2 % anual en los costes de todo el edificio.

### 5.3.5. Ahorro energético con turbina de expansión

Un último refinamiento técnico es el uso de la turbina de expansión. El elevado caudal de refrigerante a alta presión tiene una energía potencialmente aprovechable. La turbina de expansión es capaz de soportar el empuje de la mezcla bifásica líquido – gas, y ayuda al movimiento del compresor centrífugo, reduciendo el consumo del motor eléctrico. La eficiencia se incrementa hasta valores de hasta 7 kW frigoríficos por cada kW eléctrico consumido.

Sin embargo, estos dos avances tecnológicos sólo se están aplicando para unidades de gran capacidad frigorífica, para más de 300 kW frigoríficos en el caso de las válvulas de expansión electrónica y para unidades de más de 2.000 kW frigoríficos en el caso de las turbinas de expansión. Las grandes instalaciones de proceso, pueden beneficiarse enormemente de estos avances.



**Figura 6.** Turbina de expansión en unidades centrífugas.

### 5.3.6. Cogeneración más unidades de producción de agua fría por ciclo de absorción

El uso de unidades de ciclos de absorción ha sido un medio muy usado para el incremento del rendimiento total de las instalaciones de cogeneración, al usar el calor residual, de otra forma rechazado, para la producción de frío. En los sistemas de cogeneración se suelen emplear motores térmicos o turbinas para la producción eléctrica. Normalmente sobra calor: agua sobrecalentada o vapor que se puede aprovechar en una máquina de absorción para refrigeración (también existen máquinas con quemador directo).

La unidad enfriadora de agua por absorción funciona mediante un ciclo de absorción utilizando como energía impulsora, el calor, como refrigerante el agua y como absorbedor una sal, generalmente bromuro de litio (también existen máquinas con Amoniaco-Agua).

Dado que la máquina de absorción utiliza calor como fuente de energía, su mayor aplicación la tendremos cuando exista una fuente barata de calor en forma de vapor o bien en forma de agua caliente.

- En zonas de combustible barato.
- Donde las tarifas de energía eléctrica sean muy elevadas.
- Donde exista vapor o agua caliente como subproducto de otras fases de fabricación.
- Donde exista una caldera y no se aproveche durante el verano.

En un futuro existe una intención de aplicar los ciclos de absorción con instalaciones de energía solar, con la gran ventaja de utilizar la energía solar en periodos de máxima radiación (verano) y, por tanto, con unos costes muy bajos. Para ello se intenta encontrar una máquina que precise agua a temperaturas no superiores a 80 °C, en la actualidad hace falta llegar a 87 °C o 90 °C y son temperaturas dónde la energía solar con colectores planos llega con muy bajo rendimiento.



Como ventajas más importantes en resumen podemos indicar las siguientes:

- Ausencia de vibraciones y partes móviles.
- Mínimo coste de mantenimiento.
- Vida útil muy elevada.

Sin embargo, fundamentalmente debido a la regresión del negocio de la cogeneración, se ha producido la disminución de la instalación de unidades de absorción. En las grandes instalaciones el dominio pasa a ser de nuevo de las unidades con compresor centrífugo.

La disminución de las ayudas estatales a la cogeneración, el incremento de precio del gas, y peores condiciones de venta de los cogeneradores a las compañías eléctricas, fue la causa de la caída de las ventas de los equipos de absorción asociados a las instalaciones de cogeneración. Aunque en pequeña proporción respecto al total de instalaciones de cogeneración estas instalaciones de trigeneración tuvieron auge hasta el año 1999, donde comenzó su declive.

Aunque el precio en mercado de la unidad de absorción, entre 1,5 y 2,5 veces el de una unidad centrífuga de capacidad equivalente, unido a los adversos efectos de los factores expuestos anteriormente, puede hacer difícil la justificación económica en proyectos de hospitales, hoteles u oficinas, las mayores posibilidades para la cogeneración más absorción se van a dar de nuevo en las instalaciones industriales.

No obstante la introducción de nuevas ayudas y normativas de ahorro energético<sup>2</sup> pueden impulsar de nuevo esta tecnología.

Además, la producción de agua caliente por energía solar está siendo promovida por parte de las diversas administraciones del Estado con salir del *impass*

---

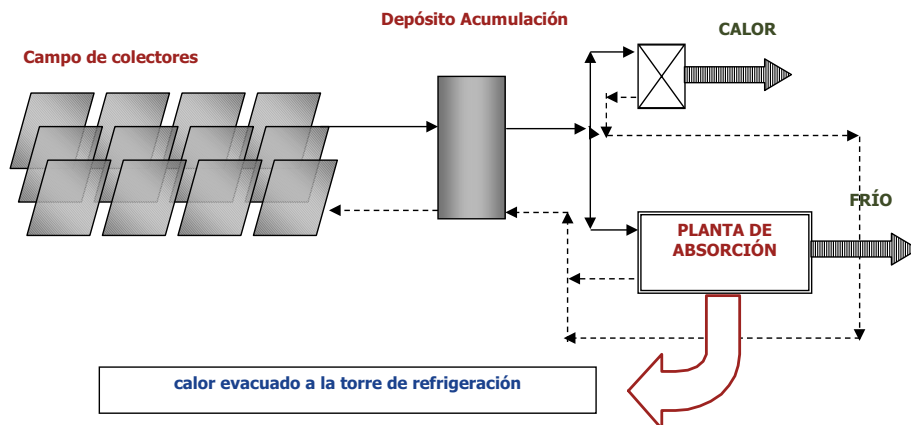
<sup>2</sup> Línea de financiación ICO-I.D.A.E. para proyectos de energías renovables y eficiencia energética año 2004 (Plan de fomento de energías renovables en España, Madrid 1 de marzo de 2004).

Orden 98/2005, de 13 de enero, de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid, por la que se regula la concesión de ayudas para la promoción de las energías renovables y del ahorro y la eficiencia energética para el período 2005-2007.

que impide que España cuente seriamente con la energía solar como un recurso para el ahorro energético.

Muchas de las Comunidades Autónomas y ciudades<sup>3</sup> costeras están emitiendo normativa técnica para implantar, de forma obligatoria este tipo de sistemas en hoteles y en viviendas de nueva construcción.

La aplicación de colectores con producción a alta temperatura podría proporcionar asimismo energía térmica a máquinas de absorción para suministrar agua fría a los sistemas de acondicionamiento de aire, con lo que el doble uso del sistema de colectores, podría reducir extraordinariamente el periodo de amortización del sistema.



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

## 5.4. Utilización de sistemas de control de ahorro energético más eficaces

Las instalaciones industriales suelen tener horarios estrictos, marcados por los turnos de trabajo, que favorecen la actuación de sistemas de gestión energética.

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

Es por tanto uno de los casos dónde se podrá constatar fácilmente el ahorro producido por estos sistemas, respecto a uno convencional.

### **5.4.1. Gestión de componentes del sistema: cambio de modo de operación**

Un sistema de control convencional sobre un bucle de distribución de agua de dos tubos necesita de un control de cambio de modo de operación, con un criterio que ha de definirse cuidadosamente.

El criterio en función de temperatura exterior ha sido seguido ampliamente, y suele ser válido para aquellas zonas en que la carga térmica debida a las condiciones exteriores (bien sea por transmisión y ventilación) es preponderante respecto a la carga térmica debida a las cargas internas (iluminación, equipos, personas, etc.). Deja, sin embargo, sin resolver el problema de la radiación solar o el efecto de "vidrio frío" en edificios de oficinas con muros cortina.

La solución en cualquiera de los casos es realizar un cálculo detallado con programas informáticos que analicen no sólo las cargas térmicas punta, sino la evolución de las mismas durante todas las horas del año, con el fin de establecer cuando ocurren los cambios de modo de funcionamiento.

Los cambios calor/frío en diferentes orientaciones del edificio son más propensos a presentarse en las estaciones intermedias, y es muy aconsejable prestar especial cuidado a estas situaciones, por las consecuencias de disconfort que pueden provocarse.

Sin embargo, la mejor gestión se obtiene con los modernos sistemas de gestión de la instalación por demanda real. Computando la "votación" que cada zona hace de su necesidad real y con algoritmos de control de la evolución de la temperatura en esas zonas, se puede gestionar de una forma bastante fiable los cambios de modo de funcionamiento.

Expresando el modo de funcionamiento en términos electorales, el sistema recuenta los votos en cada instante, y conoce la *intención de voto* futura. De esta forma se consigue prever el modo de funcionamiento más idóneo en el instante actual y el modo más eficaz de adaptarse a la futura demanda, aprovechando la inercia térmica del bucle de agua para favorecer un cambio más rápido de modo de operación.

## 5.4.2. Gestión de enfriamiento gratuito por aire exterior (ITE 02.4.6) y recuperación de calor

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

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

Gran parte de los edificios industriales, suelen ser grandes naves, que como se ha comentado ya unen a una gran superficie, una enorme ligereza de cerramientos y estructuras de cubierta. Muchas de estas naves suelen contar con equipos de cubierta, bien sea climatizadores o unidades autónomas tipo *rooftop*, que suelen mover grandes caudales de aire.

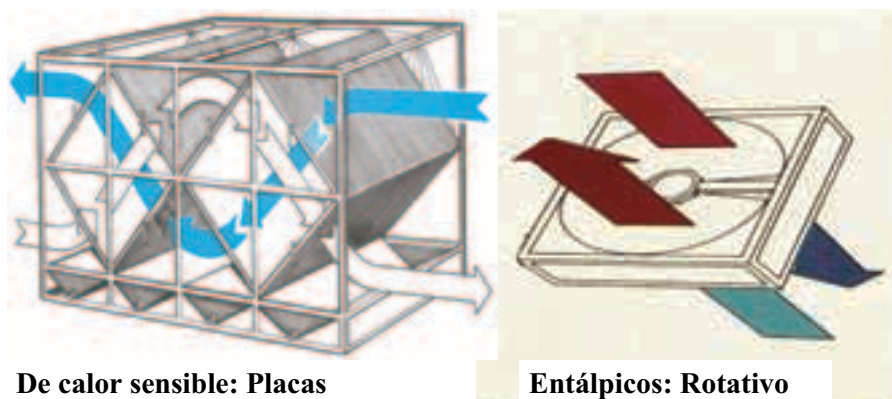
Cuando el caudal de un subsistema de climatización sea mayor que 3 m<sup>3</sup>/s y su régimen de funcionamiento sobrepase mil horas por año en que la demanda de energía pudiera satisfacerse gratuitamente con la contenida en el aire exterior, será obligatoria la instalación de un sistema de aprovechamiento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



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

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

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



**De calor sensible: Placas**

**Entálpicos: Rotativo**

**Figura 9.** Tipos de intercambiadores recuperadores de calor.

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

Razones de seguridad e higiene en el trabajo pueden hacer necesario el incremento de aire exterior de ventilación en un área de trabajo industrial; el uso de recuperación de calor de flujos cruzados será, por tanto, decisivo para poder ofrecer a los trabajadores un entorno saludable sin penalizar el ahorro energético.

### **5.4.3. Gestores energéticos para distribución de agua fría con múltiples enfriadoras**

Existen muchas posibilidades de ahorro energético en la disposición de varias unidades en paralelo, muy usada en grandes edificios (grandes hospitales, centros comerciales, palacios de congresos). La aplicación está, por tanto, limitada a las grandes instalaciones industriales con plantas centralizadas de producción de agua fría y caliente.

Ahora también está de moda este tipo de montaje en instalaciones de menores dimensiones, gracias a la inclusión por algunos fabricantes de algoritmos de control capaces de manejar estos grupos como si de una única enfriadora/bomba de calor se tratase.

Sin embargo, las posibilidades de conectar múltiples unidades de producción plantean problemas de regulación complejos.

El requisito fundamental es proveer una temperatura estable y razonablemente baja a los unidades terminales, haciendo que el sistema se comporte como una sola máquina (una máquina *virtual*). Para evitar la mezcla de agua entre unidades que funcionan y unidades en espera, es necesario proveer de medios en forma de válvulas o bombas dedicadas que eviten el paso de agua por

las unidades no activas. Esto ha de conseguirse a toda costa cualesquiera que sea la estrategia de control adoptada.

Estos modos de control suelen ser:

❁ **Decalaje de puntos de consigna.** Es el más antiguo, simple y barato y consiste en fijar (bien sea en retorno o en impulsión) puntos de consigna diferentes en uno o varios grados centígrados para cada unidad (por ejemplo, enfriadora 1: 7 °C en impulsión, enfriadora 2: 8 °C, etc.). El principal inconveniente es el solapamiento de etapas entre las máquinas, y sobre todo el que el arranque de las unidades puede llegar a ser simultáneo. Las unidades tampoco igualan por sí solas sus horas de funcionamiento, precisando controles externos.

❁ **Control maestro/esclavo.** El control electrónico de una unidad asume el control del grupo, determinando en función de las horas de operación y número de arranques, cual de las enfriadoras ha de arrancar. Se arranca la bomba o se abre la válvula correspondiente a esa primera máquina, no procediendo al arranque de una segunda unidad, hasta que no ha completado el arranque de cada una de sus etapas.

En caso de bombas dedicadas a cada máquina, se produce un sustancial ahorro de energía en el bombeo del primario. La temperatura de salida es muy estable, y permite igualar tiempos de funcionamiento.

❁ **Control secuenciado de máquinas.** El sistema de gestión toma el mando de todas las etapas de las máquinas, determinando el número de ellas que ha de activarse. De acuerdo a la demanda existente, y teniendo en cuenta la mejora del coeficiente de eficiencia energética a carga parcial de las enfriadoras, el sistema arranca el número de bombas y etapas de máquinas exclusivamente necesario, optimizando el consumo de energía.

Los sistemas permiten también el máximo ahorro en costes de bombeo, aparte de presentar la posibilidad de una óptima regulación de las enfriadoras en

paralelo. A pesar de ser el que cuenta con mayor coste de instalación, la rápida amortización de costes de bombeo (pensemos que en el consumo total del edificio puede llegar a ser del 15 al 20 %) compensa sobradamente su implantación, sin contar con los beneficios de superior rendimiento energético de las plantas enfriadoras cuando están sometidas a su funcionamiento óptimo.

## 5.5. Consideraciones finales

Como se ha visto, los avances en la tecnología pueden servir para mejorar el rendimiento de las instalaciones, pero no se puede dejar de destacar que el modo de vida en nuestra civilización, caracterizado por una imparable demanda de mayor confort reclama cada vez mayor gasto energético.

El confort como tal no es el único objetivo de la climatización de locales industriales; aparte de la mejor conservación de materiales y herramientas en entornos de clima estable, estudios de rendimiento laboral demuestran el incremento de productividad en locales industriales climatizados, respecto a aquellos que no lo están.

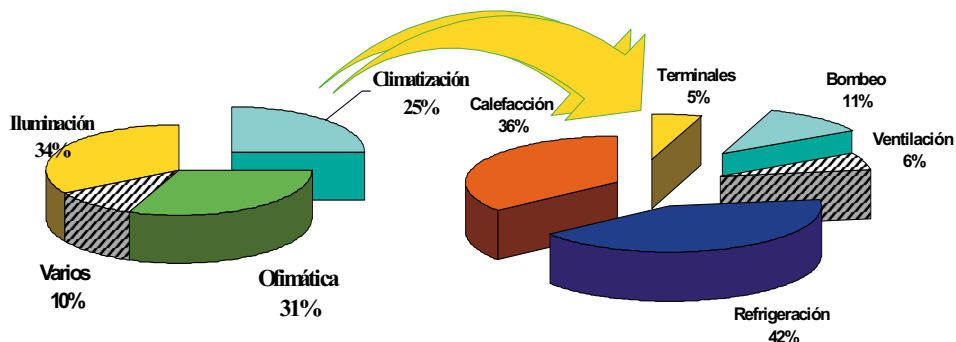
Los avances expuestos en tecnología de equipos y sistemas tienen un impacto importante en el ahorro energético y la consiguiente reducción de costes de explotación debidos a la climatización, pero la climatización en sí misma no es el factor determinante del consumo total de un edificio, aunque sí uno de los más influyentes.

Sirvan como ejemplo una instalación "tipo" simulada con un programa de análisis energético para edificios (*Hourly Analysis Program* versión 4.1.).

Con las necesarias precauciones al tratarse de un modelo informático, puede verse la influencia tan importante que la iluminación y la utilización de equipos ofimáticos tiene en el consumo de energía del edificio. La influencia de estos dos consumos en la climatización es directa; cada kW que deje de consumirse en luces y equipos reduce la carga frigorífica en la misma proporción. Cualquier ahorro



energético bien sea por un uso más racional o avances en la tecnología de equipos informáticos y luminarias, repercute en el ahorro en los consumos de climatización.



Simulación Edificio Oficinas en cuatro plantas, situado en Madrid, superficie útil 3.000 m<sup>2</sup>. Programa de cálculo de cargas y análisis horario de Carrier HAP v4.06. Datos climáticos de Madrid (año meteorológico tipo).

Cerramientos: Forjados y pavimentos:  $K = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  ; Techumbre, pavimento y cubierta:  $K = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Muro exterior ladrillo, aislamiento, ladrillo, enlucido:  $K = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  .

Medianeras y particiones:  $K = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  ; Ventanas (Cristalera doble y marcos):  $K = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Planta de climatización compuesta por enfriadora más caldera mixta ACS-Calefacción de gas, con suministro a un sistema de *fancoils* perimetrales, más climatizadores de aire primario y zona central.

Verano: Temperatura seca 25 °C, Humedad relativa 50 %, T exterior 36 °C, T húmeda 24 °C.

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

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

En el caso de un edificio industrial, la parte de oficinas puede comportarse de forma muy similar al ejemplo, mientras que las necesidades de elevado caudal exterior de zonas de producción, su horario continuado, su gran superficie y sus cerramientos más ligeros configuran soluciones de climatización consistentes en unidades de cubierta. Los aspectos más críticos para una mejor eficiencia van a ser, por tanto, la adecuada gestión de la recuperación de energía, además de la mayor eficiencia de los equipos.

Es, por tanto, altamente recomendable conseguir la evaluación energética del edificio, simulando las condiciones de proyecto para poder tomar las decisiones sobre elección de cerramientos, sistemas de climatización, etc., antes de la construcción del edificio.

La Unión Europea preocupada por la dependencia energética, está emitiendo un nuevo marco legislativo que fomente el ahorro energético, la nueva Certificación Energética de Edificios.

Con la aplicación de la Certificación Energética: la nueva normativa obligará a cumplir requisitos mínimos de eficiencia energética, emitiendo los organismos oficiales competentes en temas energéticos sendos certificados para cada edificio.

A este análisis habrán de someterse todo tipo de edificios independientemente de su uso. Muchas de las instalaciones industriales podrán incrementar eficiencia energética sin renunciar a su nivel de confort.

En resumen, se presenta un futuro en el que la consecución de un superior rendimiento energético va a ser considerado como un beneficio para toda la sociedad, además de un elemento para el incremento de la competitividad de una instalación industrial.

## Bibliografía

1. Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 8.01 "Recuperación de energía en sistemas de Climatización", Comité ATECYR y Grupo de Termotecnia de la U. de Valladolid; Editorial El Instalador, Madrid 1998.
2. "25 años de instalaciones, 1967-1992" Monografía nº23; El instalador, Madrid, 1992.
3. "Manual de Aire Acondicionado Carrier", Carrier Corporation, Marcombo Boixareu Editores, Barcelona 1983.
4. "Air conditioning and Ventilation for Buildings". Croome and Roberts, Pergamon Press, N.York E.E.U.U. 1975.

## 6.1. Precedentes

La utilización de motores eléctricos de alta eficiencia presenta un potencial de ahorro de mil millones de euros. A continuación se presenta un resumen de cifras que muestran el orden de magnitud de este potencial de ahorro.

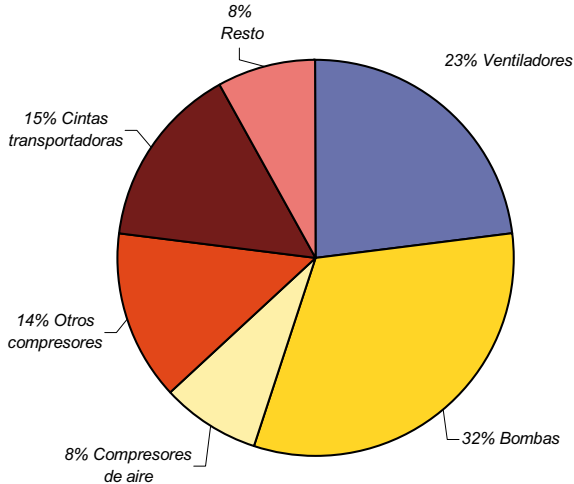
El total de la energía producida anual en el Estado Español asciende a unos 239 TWh (SERCOBE) de los cuales el 42,5 % se corresponden al consumo industrial, lo que significa 101,6 TWh. Pero no todo el consumo industrial es de energía eléctrica; de este subtotal el 66,6 % será el consumo de los accionamientos eléctricos, valor que significa 67,6 TWh.

El conjunto de los accionamientos eléctricos están formados por:

- Motor eléctrico.
- Motor eléctrico con reductor.
- Motor eléctrico alimentado con convertidor de frecuencia (también llamado variador de velocidad).

En la Comunidad Europea hay países como en Alemania donde esta cifra de consumo es mucho mayor. Por ejemplo según datos de la asociación de fabricantes alemanes (ZVEI) del año 2004, se produjeron 3.200.000 unidades de motores industriales de los cuales 500.000 unidades estarían previstas para ser accionadas con convertidores de frecuencia. Una gran parte de los motores producidos se aplican en sustitución de motores averiados, pero en ningún caso la cifra de motores instalados disminuye, se tienen censados de unos 25 a 30 millones de motores instalados. En una gran planta química se pueden encontrar hasta unos 300.000 motores eléctricos de diversos tamaños.

En la Fig. 1 se presenta la distribución del consumo eléctrico entre los diferentes tipos de accionamientos eléctricos.



**Figura 1.** Distribución de consumo energético en los diferentes accionamientos.

El rendimiento en los motores Standard se puede mejorar hasta el 8 % en motores de 1 kW y hasta 1,5 % en los motores hasta 100 kW. Estas medidas son válidas en la mitad de los motores instalados con un valor de mejora medio que aumenta el rendimiento un 4 % sobre 34 TWh, resultando un ahorro de potencia de 1,36 TWh.

De los 67,6 TWh es posible un ahorro energético mediante el uso de convertidor de frecuencia del 35 % de la potencia consumida que representa 23,5 TWh. Al poder regular la velocidad, este valor de 23,5 TWh se reduciría al 40 %, que equivale a un consumo anual de 9,4TWh , presentando un ahorro de 14,1TWh. Este valor sumado con el ahorro anterior por mejora directa del rendimiento suma 15,46 TWh anuales. En unidad monetaria, significaría un ahorro de 1.100 millones de Euros al tomar como referencia un precio de 0,0712380 €/kWh.

El ahorro energético no sólo significa disminuir el gasto de un país sino que hay una relación directa con el impacto medioambiental que se produce.

Considerando que para generar 1 kWh se producen 0,59 kg de CO<sub>2</sub>, el ahorro en la emisión de CO<sub>2</sub> significaría algo más de 9 millones de toneladas.

En la UE (25) se estima un potencial de ahorro de 200 TWh que equivalen a una disminución de 118 millones de toneladas de emisión de CO<sub>2</sub>, lo que supone un 25 % del compromiso de reducción de Kyoto [1].

## 6.2. Políticas energéticas

Bajo este potencial de ahorro y mejora del medio ambiente los diferentes países del mundo han desarrollado políticas energéticas para incentivar el uso de motores eléctricos de elevado rendimiento. Con intención de poder entender su evolución y ayudar al consumidor o al fabricante de maquinaria, se presenta a continuación el modelo Europeo y, comparativamente también, el modelo americano que fue uno de los pioneros.

### 6.2.1. EEUU

En los Estados Unidos de Norte América el DOE "*Department of Energy*" promulga la Ley EPact (*Energy Policy Act, 1992*) que obliga a partir del 24 de Octubre de 1997 que los motores (1-200 hp) que se comercialicen en este país sean según NEMA o Métricos, cumplan con un rendimiento mínimo dependiendo de la potencia, la polaridad y el tipo de protección (IP).

Los motores eléctricos están normalizados en América según la Norma NEMA MG1 (*National Electrical Manufacturers Association*).



**Figura 2.** Logotipo indicativo de los motores de alto rendimiento que cumplen con EEAct y EPAAct verificados por UL (*Underwriters Laboratories Inc.*).

## 6.2.2. Canadá

En Canadá también se promulga una ley similar a los EEUU, llamada EEAct (*Energy Efficiency Act, 1992*).

Los motores eléctricos (1-200 hp) que se comercializan en Canadá habrán de cumplir con la CSA 390-93, y los valores de rendimiento mínimo que han de cumplir dependerán, al igual que en el caso anterior, de la potencia, la polaridad y el grado de protección.

## 6.2.3. Comunidad Europea

En la Comunidad Europea los fabricantes de motores, conjuntamente con la Dirección General de la Energía DGXVII, firman un acuerdo voluntario donde se comprometen a fabricar solamente motores de rendimiento mejorado y alto rendimiento. Este acuerdo voluntario entró en vigor en el año 2000 y su ámbito de aplicación será el de motores normalizados IEC 60034, con potencias comprendidas entre 1,1-90 kW para 2 y 4 polos con tensión asignada 400 V 50 Hz. En este acuerdo se clasifican los motores en tres categorías de rendimiento eff1 (Alto Rendimiento), eff2 (Rendimiento Mejorado) y eff3 (Bajo Rendimiento) y dentro de estas categorías se indican de forma tabulada los valores nominales de rendimiento que en función de la polaridad y del tamaño IEC del motor han de cumplir (Fig. 4, Tabla 2). El rendimiento de estos motores se verificará según la Norma EN-IEC 60034-2 vigente.

Los fabricantes de motores que han firmado el acuerdo, marcan sus motores en la placa característica con el logotipo registrado mostrado en la Fig. 3. Estos fabricantes aportan con su experiencia, sistema de calidad e instalaciones de ensayo una seguridad en el cumplimiento de los valores de rendimiento declarados. Esta fórmula permite distinguir los motores de alto rendimiento de los del resto de los motores sin clasificar.



**Figura 3.** Logotipo indicativo de los motores de alto rendimiento que cumplen con el Acuerdo Voluntario Europeo.

Los valores presentados en la Tabla 1 resultaron de la puesta en común de los rendimientos que podrían ofrecer los fabricantes en el estado actual de la técnica y sin encarecer excesivamente el producto.

**TABLA 1.** Definición de las diferentes clases de rendimientos según el Acuerdo Voluntario Europeo.

kW	4 polos			2 polos		
	eff3	eff2	eff1	eff3	eff2	eff1
	$<\eta_N$	$\geq\eta_N$	$\geq\eta_N$	$<\eta_N$	$\geq\eta_N$	$\geq\eta_N$
1,1	76,2	76,2	83,8	76,2	76,2	82,8
1,5	78,5	78,5	85	78,5	78,5	84,1
2,2	81	81	86,4	81	81	85,6
3	82,6	82,6	87,4	82,6	82,6	86,7
4	84,2	84,2	88,3	84,2	84,2	87,6
5,5	85,7	85,7	89,2	85,7	85,7	88,6
7,5	87	87	90,1	87	87	89,5
11	88,4	88,4	91	88,4	88,4	90,5
15	89,4	89,4	91,8	89,4	89,4	91,3
18,5	90	90	92,2	90	90	91,8
22	90,5	90,5	92,6	90,5	90,5	92,2
30	91,4	91,4	93,2	91,4	91,4	92,9
37	92	92	93,6	92	92	93,3
45	92,5	92,5	93,9	92,5	92,5	93,7
55	93	93	94,2	93	93	94
75	93,6	93,6	94,7	93,6	93,6	94,6
90	93,9	93,9	95	93,9	93,9	95

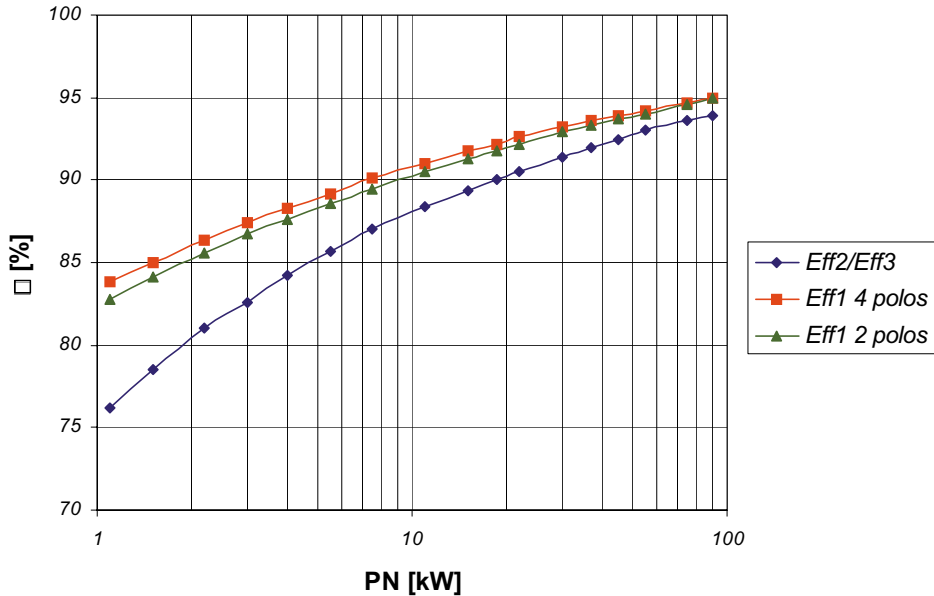


Figura 4. Potencia asignada en función del rendimiento.

### 6.3. Métodos de ensayo en la determinación del rendimiento

Aunque la fórmula que rige la determinación del rendimiento de un motor eléctrico es el cociente de la potencia cedida en el eje P2 y la potencia absorbida de la red P1 expresado en porcentaje, el valor del rendimiento obtenido, puede divergir en función de la normativa que se utilice. Como las políticas energéticas utilizan diferentes Normas de medida del rendimiento, los valores obtenidos para un mismo motor dependerán de la Norma que se haya utilizado.

### 6.4. Selección del motor de alta eficiencia

A continuación se presentan 4 reglas que han de llevar al éxito en el diseño y la explotación de accionamientos eficientes:





## Regla 1: Tamaño

En la elección del motor tamaño del motor entran diferentes factores que hacen que la potencia consumida por el motor seleccionado ascienda al 25 % de la potencia asignada del motor.

Cuando el motor funciona fuera del punto nominal de trabajo, que corresponde con su potencia asignada que se indica en placa, desarrolla un rendimiento muy inferior al nominal.

Hay que evitar sobredimensionar el motor mediante la aplicación de coeficientes de seguridad.

En la Fig. 5 se muestra un ejemplo exagerando la selección errónea del tamaño del motor. En las auditorías energéticas hay que detectar que los motores instalados tengan un consumo cercano al valor que se indica en la placa del motor.



**Figura 5.** Ejemplo selección errónea del tamaño del motor.



## Regla 2: Regulación de velocidad

En las aplicaciones donde el motor eléctrico acciona un ventilador o un sistema de bombeo existe un gran potencial de ahorro energético. La forma tradicional de disminuir el caudal se realizaba mediante la utilización de una válvula que produce un estrangulamiento de paso, disminuyendo la sección útil. Esta solución consigue disminuir efectivamente el caudal pero el consumo del accionamiento es el mismo que cuando la válvula está totalmente abierta. Este tipo de accionamientos tiene una característica de par velocidad resistente cuadrático, lo que significa que si se regula el caudal variando la velocidad, la potencia requerida por el accionamiento disminuye en una relación cúbica.

La regulación de velocidad se puede conseguir mediante un motor que tenga dos velocidades por ejemplo 1500/3000 [1/min] o mediante un motor accionado por un convertidor de frecuencia. La selección de una u otra aplicación se basará en un estudio del coste de la inversión, de la fiabilidad del sistema y del ahorro energético.

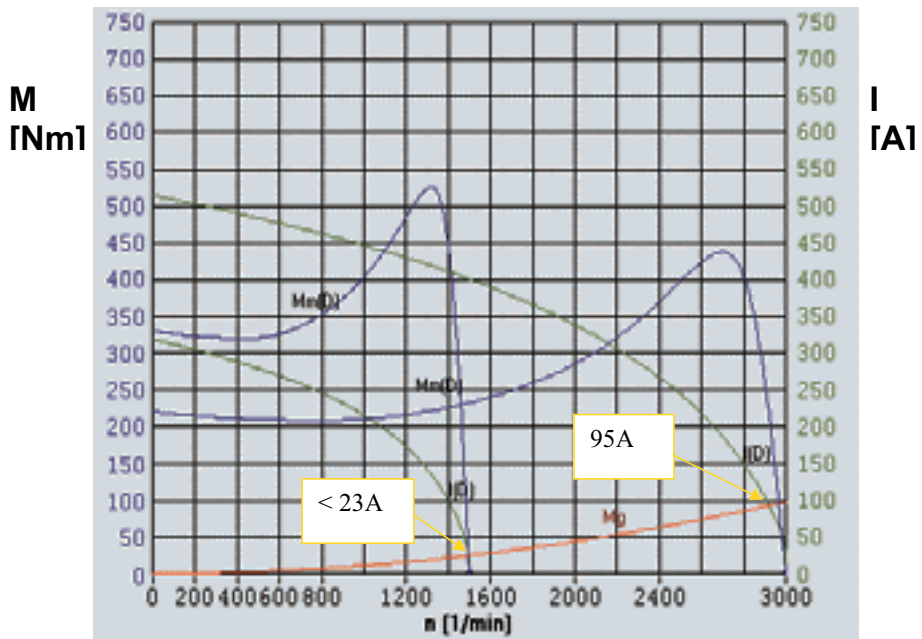
### Solución 1: Motor de dos velocidades

En la Fig. 6 se muestra la característica par-corriente velocidad de un motor en conexión Dahlander dos velocidades 1500/3000 [1/min]. El ahorro energético se observa fácilmente ya que la corriente consumida se ha reducido por debajo del 25 %. Esta variación de velocidad se consigue variando la conexión del motor. Tiene el inconveniente de no permitir una regulación continua de la velocidad.

### Solución 2: Motor accionado con convertidor de frecuencia

Esta solución permite una regulación continua de la velocidad, obteniéndose un ahorro energético en todo el campo de regulación.

También permite el ahorro de consumo en el arranque. A diferencia del arranque directo, cuando se arranca con convertidor de frecuencia, la corriente de arranque en ningún caso será mayor que 1,50 veces la corriente nominal. Cuando se realiza arranque directo puede llegar a 8 veces la corriente nominal de la misma forma que la potencia consumida.



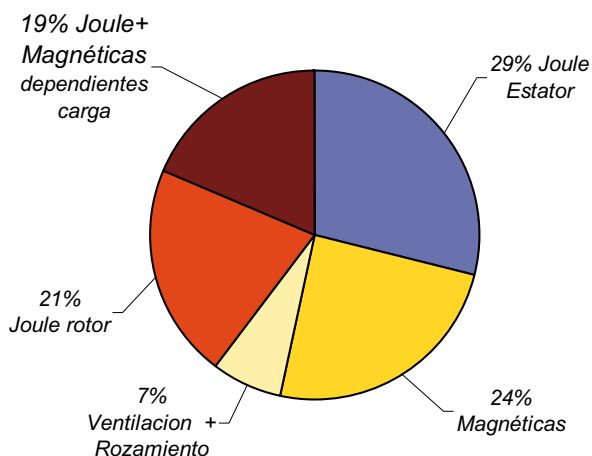
**Figura 6.** Característica Par-Corriente velocidad de un ventilador regulación 1500/3000 [1/min]. Mg Par resistente del ventilador (30 kW 3000/min).

### Regla 3: Motor de alto rendimiento

Para que el motor de inducción cumpla con los rendimientos mínimos indicados en el acuerdo Europeo, la Ley EEact y la Ley EPact, éste se tiene que optimizar teniendo en cuenta donde se originan las pérdidas. En la Tabla 2 y la Fig. 7 se presentan los valores característicos de un motor de 18,5 kW 1500/min con un rendimiento del 92,2 %.

**TABLA 2.** Distribución de pérdidas en un motor eff1 de 18,5 kW 1500/min.

Potencia Nominal cedida al eje		18500 [W]
Potencia Eléctrica Absorbida		20065 [W]
Total de Pérdidas	100 %	1565 [W]
Pérdidas Magnéticas	29 %	454 [W]
Pérdidas Joule Estator	24 %	376 [W]
Pérdidas Joule Rotor	21 %	329 [W]
Pérdidas dependientes de la carga Joule y magnéticas	19 %	297 [W]
Pérdidas ventilación y rozamiento	7 %	110 [W]



**Figura 7.** Distribución de pérdidas originadas en motor eff1 18,5 kW rendimiento 92,2 %.

A continuación se presentan las mejoras que se han introducido en los motores de alto rendimiento para alcanzar el objetivo fijado en el Acuerdo Europeo y las Leyes Americanas.

### Pérdidas por efecto Joule estator

- Aumentar la cantidad de cobre alojado en las ranuras del estátor.
- Mayor tamaño de ranura.
- Disminuir la cabeza de la bobina.

### Pérdidas Magnéticas

- Mejorar la calidad de la chapa magnética.
- Disminuir el grosor de las chapas que componen el empilado del motor.
- Mejorar los procesos de fabricación, evitar rebabas.
- Aumento del entrehierro.
- Mejorar el factor de bobinado. Por ej. Mot 2 capas.
- Aumentar el tamaño del empilado, longitud del paquete magnético.

### Pérdidas por efecto Joule en el rotor

- Aumentar la inducción en el entrehierro.
- Aumentar el tamaño de las barras conductoras del rotor.
- Aumentar la conductividad de las barras, utilizar rotores de cobre.

### Pérdidas Mecánicas

- Optimización de la ventilación: utilización de ventiladores más eficientes.
- Disminuir las pérdidas por rozamiento: utilización de rodamientos con bajo nivel de pérdidas y rodamientos más pequeños.

En muchos casos las pérdidas mecánicas no son debidas al propio motor sino a que existe un sistema de transmisión que hace que debido a las pérdidas que en éste se originan, disminuya el rendimiento global del accionamiento.

Este fenómeno se puede evitar controlando las tensiones de las transmisiones por correas. También hay que estudiar la posibilidad de sustituir el sistema de

correas o de reductor con caja de engranajes por accionamiento directo mediante regulación de velocidad.

### **Pérdidas dependientes de la carga Joule y magnéticas [2]**

Este tipo de pérdidas no dejan de ser pérdidas por efecto Joule y magnéticas que se originan en el cobre del estator, en el aluminio o cobre del rotor y en la chapa magnética y aunque son análogas a las indicadas anteriormente se tratan separadamente, ya que para su determinación se utilizan métodos diferentes a los utilizados en los apartados anteriores. Estas pérdidas se pueden reducir mediante la actuación sobre los siguientes parámetros:

- Modificación del número de ranuras del rotor  $N_2$ .
- Inclinación de las ranuras del rotor.
- Bobinado de paso acortado.
- Devanado 2 capas.
- Conexión en triángulo/estrella.
- Grupos en paralelo.
- Tamaño espineta rotor.
- Resistencia transversal del rotor.
- Forma de las ranuras del rotor.
- Mejorando el mecanizado.
- Actuando sobre el entrehierro



### **Regla 4: No comprar el motor solamente por el precio de venta**

En la Tabla 3 adjunta se presenta un estudio cuantitativo de las ventajas que supone la inversión en un motor eléctrico de alto rendimiento  $eff_1$ , respecto a un motor de rendimiento mejorado  $eff_2$ .

El motor  $eff_1$ , desarrollado en cumplimiento de las recomendaciones en la Regla 3, alcanza un rendimiento del 93,1 % frente el valor del 91,6 % del motor  $eff_2$ .

**TABLA 3.** Estudio comparativo del ahorro económico con el motor de alto rendimiento eff1 respecto a un eff2 de rendimiento mejorado.

TIPO		AMHE 200L P2	AM 200LLA2
Clase Eficiencia (CEMEP)		EFF1	EFF2
RENDIMIENTO	( %)	93,1	91,6
Potencia EJE	(kW)	30	30
Potencia Red	(kW)	32,22	32,75
Precio Energía	(€/kW-h)	0,071238	
Precio Motor	(€)	2.422,54	2.202,14
Ahorro €/h	(€)	0,0376	
Amortización Diferencia precio horas	(horas)	3.094	128 días
Amortización Motor Eff1 horas	(horas)	64.445	7 años

Esta diferencia de rendimiento hace que en tan sólo 128 días se ahorre la diferencia que costaría haber comprado un motor eff1. Para un valor del precio de la energía eléctrica de 0,071238 €/kWh, por cada hora de utilización se ahorrarían 0,0376 Euros respecto a lo que se tendría que pagar con el motor eff2. Aunque esta cifra pueda parecer pequeña, a lo largo del tiempo se llega prácticamente a pagar el motor de clase eff1.

Desde el punto de vista medioambiental, un ahorro de 0,528 kWh, significaría la disminución de emisiones en 0,311 kg de CO<sub>2</sub> por hora.

## 6.5. Conclusiones

En las nuevas instalaciones o adecuación de las existentes se sustituirán los motores poco eficientes por motores de mayor eficiencia probada y a ser posible con regulación de velocidad.

En los casos que se requiera una reparación, el taller tendrá en cuenta la modificación del bobinado en función de las reglas anteriormente citadas así como de otros elementos de la instalación para mejorar el rendimiento del motor.

## Bibliografía

- [1] Energy Efficient Motor Driven Systems. European Copper Institute (ECI), Fraunhofer-ISI, KU Leuven and University of Coimbra. Published by ECI in April 2004.
- [2] A. L. Orille, A. Jornet, S. Jareño, A. Pérez, "Optimal design and efficiency test method of induction motors fed by frequency converters", EEMODs 2002, Treviso, Italy .



## 7.1. Introducción

La energía es el motor de nuestro desarrollo, pero también es la causa de muchos de los problemas medioambientales de nuestro planeta.

Por lo tanto, uno de los grandes retos de nuestra sociedad en el siglo XXI es la integración de las energías renovables en nuestro actual modelo energético.

Y es necesario por dos razones fundamentales:

- Por la necesidad de disponer de recursos energéticos que reduzcan el alto nivel de dependencia de los combustibles fósiles que colaboren en la solución al actual problema del cambio climático.
- Por la necesidad de conseguir un modelo energético sostenible, que pueda hacer frente a la muy previsible limitación de la actual oferta de combustibles fósiles.

Otro aspecto favorable que presentan las energías renovables, es su capacidad de creación de empleo de forma descentralizada, ya que de forma mayoritaria los nuevos empleos que se crean en este sector, se distribuyen por el territorio en el que se implantan las energías renovables, creándose una interesante relación entre desarrollo energético e industria.

De entre todas las posibilidades que nos ofrecen las energías renovables, es la energía solar fotovoltaica, una de las opciones con mayor campo de desarrollo. Es una tecnología limpia, fiable, no contaminante, de fácil instalación y poco mantenimiento, que además de ser rentable para aquellos que acometen su

inversión es la única que permite producir electricidad allí donde se consume, en el propio entorno urbano.

Además, la aplicación de la energía solar fotovoltaica en viviendas y edificios tiene un gran interés fuera del ámbito estrictamente energético, ya que proporciona una imagen de respeto con el medio ambiente, cuidado del entorno y calidad de vida, que hace que las inversiones en esta tecnología beneficien a las áreas locales que las acometen.

## 7.2. La energía solar fotovoltaica

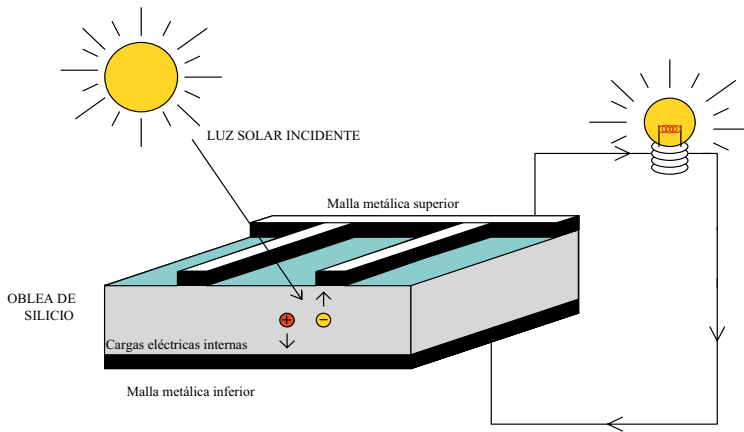
### 7.2.1. Características y conceptos básicos de la energía solar fotovoltaica

La cantidad de energía que se recibe anualmente del Sol se estima del orden de 149 millones de kWh, cantidad muy superior al consumo mundial de energía de nuestro planeta, pero el problema radica en convertirla de una forma eficiente en energía eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos, basándose en las propiedades de los materiales semiconductores, transforman la energía que irradia el Sol en energía eléctrica, sin mediación de reacciones químicas, ciclos termodinámicos, o procesos mecánicos que requieran partes móviles.

El proceso de transformación de energía solar en energía eléctrica se produce en un elemento semiconductor que se denomina célula fotovoltaica. Cuando la luz del Sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido.

Luego la tecnología fotovoltaica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.



**Figura 1.** Efecto fotovoltaico.

La conexión de células fotovoltaicas y su posterior encapsulado y enmarcado da como resultado la obtención de los conocidos paneles o módulos fotovoltaicos de utilización doméstica e industrial, como elementos generadores eléctricos de corriente continua.

Las condiciones de funcionamiento de un módulo fotovoltaico dependen de algunas variables externas como la radiación solar y la temperatura de funcionamiento; por ello para medir y comparar correctamente los diferentes módulos fotovoltaicos, se han definido unas condiciones de trabajo nominales o estándar. Estas condiciones se han normalizado para una temperatura de funcionamiento de 25 °C y una radiación solar de 1.000 W/m<sup>2</sup>, y los valores eléctricos con estas condiciones se definen como valores pico.

Teniendo en cuenta que la unidad de potencia eléctrica es el vatio (W) y sus múltiplos el kilovatio (1 kW = 1.000 W) y el megavatio (1 MW = 1.000.000 W), la potencia de un módulo fotovoltaico se expresa en vatios pico (Wp), refiriéndose a la potencia suministrada a una temperatura de 25 °C y una radiación solar (irradiancia) de 1.000 W/m<sup>2</sup>.

Por otro lado, la energía producida por los sistemas fotovoltaicos es el resultado de multiplicar su potencia nominal por el número de horas pico, dado que no todas las horas de Sol son de la intensidad considerada como pico, es decir  $1.000 \text{ W/m}^2$ . Y se mide de igual forma que en el resto de sistemas energéticos, en vatios hora (Wh) y sus múltiplos en kilovatios hora ( $1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Wh}$ ) y megavatios hora ( $1 \text{ MWh} = 1.000.000 \text{ Wh}$ ).

El número de horas pico de un día concreto se obtendrá dividiendo toda la energía de ese día (en  $\text{Wh/m}^2$ ) entre  $1.000 \text{ W/m}^2$ .



Figura 2. Mapa solar de España.

Para tener una idea, la suma total de la energía que produce el Sol durante un día sólo equivale en España a unas 5 horas solares pico durante el verano y entre 2 y 4 durante el invierno, según la zona.

## 7.2.2. Usos de la energía solar fotovoltaica

Hay dos formas de utilizar la energía eléctrica generada a partir del efecto fotovoltaico:

- En instalaciones aisladas de la red eléctrica.
- En instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional.



**Foto 1.** Instalación fotovoltaica aislada.

Mientras que en las primeras la energía generada se almacena en baterías para así disponer de su uso cuando sea preciso, como por ejemplo en electrificación de:

- viviendas rurales,
- sistemas de telecomunicación,
- sistemas de señalización, y
- sistema de bombeo de agua.

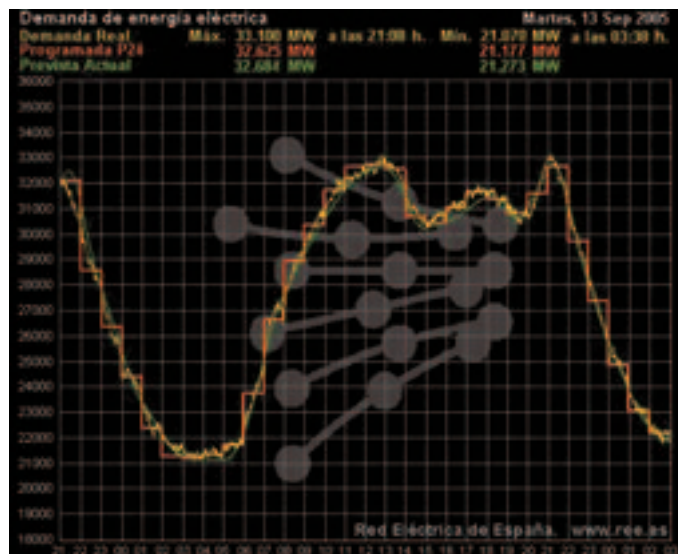
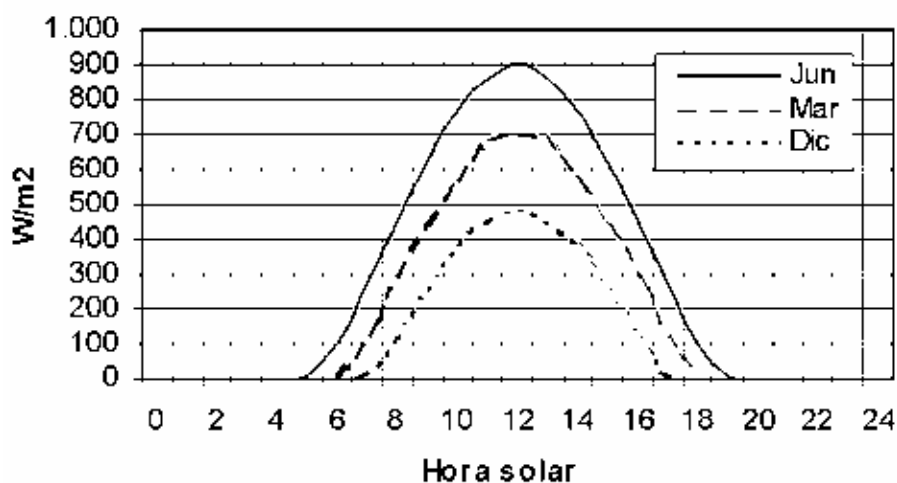
en las segundas toda la energía generada se envía a la red eléctrica convencional para su distribución donde sea demandada.



**Foto 2.** Instalación conectada a red.

En los núcleos de población que disponen de fluido eléctrico, la conexión a red de los sistemas fotovoltaicos es una solución idónea para contribuir a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera.

Esta aplicación se ajusta muy bien a la curva de demanda de la electricidad. El momento en que más energía generan los paneles, cuando hay luz solar, es cuando más electricidad se demanda.



**Figura 3.** Radiación Solar Diaria y Curva de la demanda energía eléctrica en España (13-9-05).

Para que estas instalaciones sean viables, sólo es necesario disponer de:

- Una superficie soleada y bien orientada.
- La existencia de una línea de distribución eléctrica cercana con capacidad para admitir la energía producida por la instalación fotovoltaica.

En las instalaciones conectadas a red, el tamaño de la instalación no depende del consumo de electricidad de la vivienda o edificio, simplificando enormemente su diseño. Para dimensionar la instalación es necesario conocer la inversión inicial, el espacio disponible y la rentabilidad que se quiere obtener.

Es importante recordar que el consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos. El usuario sigue comprando la electricidad que consume a la distribuidora al precio establecido y además es propietario de una instalación generadora de electricidad que puede facturar los kWh producidos a un precio superior.

Los elementos que componen una instalación conectada a red son:

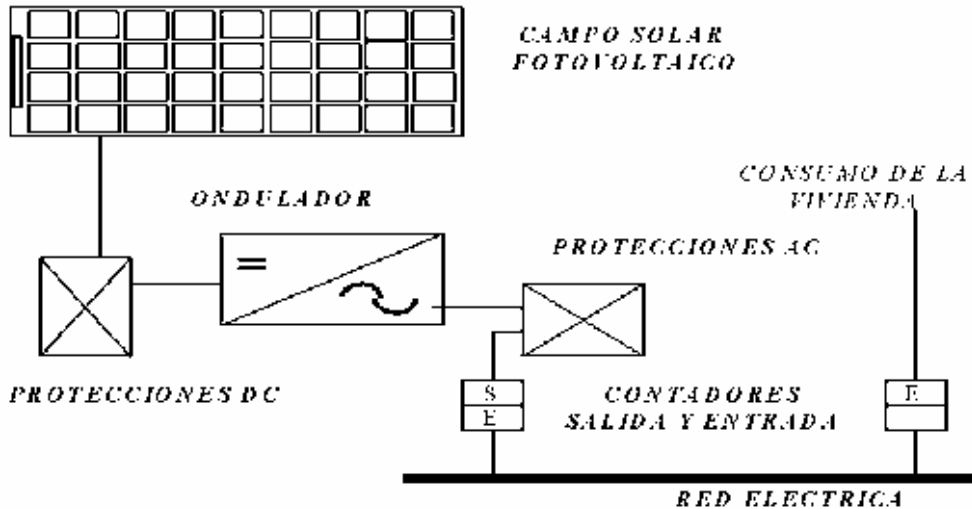
- **Generador fotovoltaico:** transforma la energía del Sol en energía eléctrica, que se envía a la red. Actualmente, en el mercado se pueden encontrar tres diferentes tecnologías:

**TABLA 1.** Tecnologías fotovoltaicas en el mercado.

Tecnología	Eficiencia
Silicio monocristalino	13 -15 %
Silicio policristalino	11-13 %
Silicio amorfo	7 %

- **Cuadro de protecciones:** contiene alarmas, desconectores, protecciones, etc.
- **Inversor:** transforma la corriente continua producida por los paneles en corriente alterna de las mismas características que la de la red eléctrica.

- Contadores:** un contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, para que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. Un contador secundario mide los pequeños consumos de los equipos fotovoltaicos (kWh) para descontarlos de la energía producida.



**Figura 4.** Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red.

### 7.2.3. Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica conectada a red

Las principales aplicaciones de los sistemas conectados a la red eléctrica son las que se describen seguidamente.

#### 7.2.3.1. Sobre tejados y cubiertas existentes

Se emplean sistemas prefabricados de fácil instalación donde se aprovecha la superficie de tejado existente para sobreponer los módulos fotovoltaicos.





**Foto 3.** Sistema fotovoltaico sobre tejado inclinado.

Los módulos fotovoltaicos siempre irán colocados sobre una estructura, que dependiendo de la zona geográfica, será de acero galvanizado o acero inoxidable.

Para cubiertas de chapa o uralita:

La cubierta puede ser inclinada o plana, en el primer caso, y si la inclinación de la cubierta es suficiente para conseguir una inclinación óptima para los módulos fotovoltaicos, estos últimos se colocarán sobre una estructura superpuesta a la cubierta.



**Foto 4.** Estructura sobre tejado inclinado de uralita.

En el caso de que la cubierta sea plana o la inclinación de la misma no es suficiente para conseguir una inclinación óptima de los módulos, éstos se colocarán sobre una estructura que permita obtener dicha inclinación.



**Foto 5.** Estructura sobre tejado plano de uralita.

En ambos casos, la estructura que sujeta los módulos habrá que anclarla, de tal manera que el campo fotovoltaico quede perfectamente sujeto.

En la mayor parte de las naves industriales, las cubiertas están soportadas por unas vigas principales o pórticos y sobre éstos se colocan las *correas* o vigas, más pequeñas que las principales, y que son sobre las que se sujetan las cubiertas.

En estas *correas* se anclarán las estructuras sobre las que van colocados los módulos fotovoltaicos.

Para evitar posibles goteras, siempre se utilizan arandelas de goma. La fijación de esta arandela de goma se asegurará con arandelas y tuercas metálicas, y luego se repasará la zona con una silicona resistente.

En el caso de cubiertas planas donde no se pueda perforar por motivos de impermeabilización, la colocación de las estructuras se hará sobre contrapesos, que en la mayor parte de los casos se tratará de dados de hormigón prefabricado.



**Foto 6.** Sistema fotovoltaico sobre tejado plano no perforable.

Si la instalación es sobre un tejado inclinado al Sur, se ocupan unos 10 m<sup>2</sup> por cada kWp instalado. Pero si se trata de una cubierta plana, como hay que salvar las sombras de unos módulos a otros, se necesitarán hasta 20 m<sup>2</sup> por cada kWp instalado.

El peso del sistema fotovoltaico instalado, oscila entre 15 y 30 kg/m<sup>2</sup> dependiendo de que incluya o no los dados de hormigón.

### 7.2.3.2. Sobre el terreno

Utilizando estructuras soportes fijas o con seguimiento del Sol.

Un sistema con seguimiento azimutal (este-oeste) puede incrementar hasta un 35 % la producción del sistema fotovoltaico.

Los sistemas con seguimiento al incorporar partes mecánicas, requieren un mayor mantenimiento que los sistemas fijos.



**Foto 7.** Instalación fotovoltaica sobre seguidor solar.

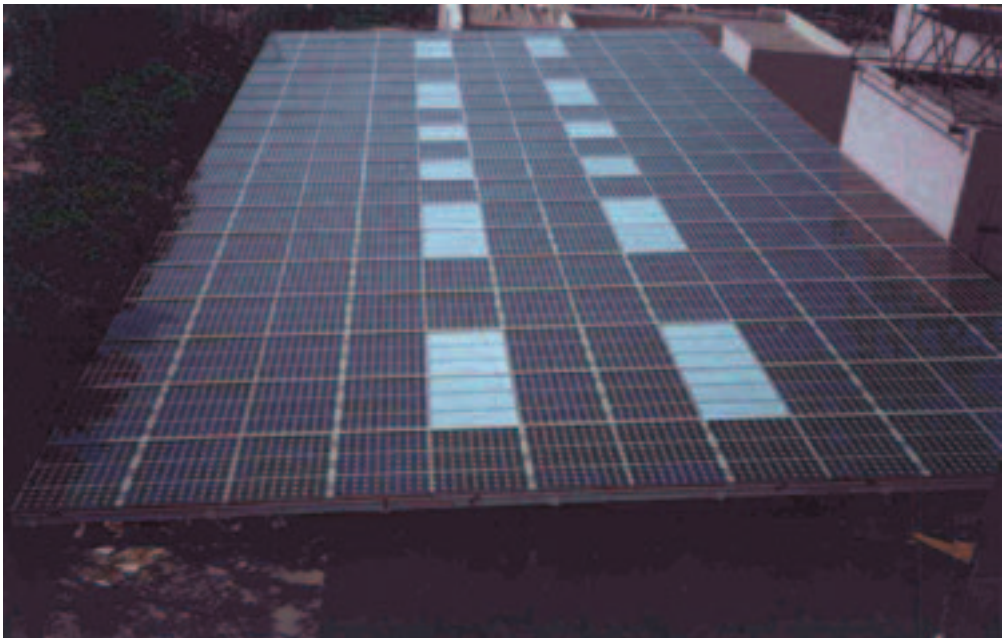
### 7.2.3.3. Integración en edificios

Por integración fotovoltaica debemos entender la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por nuevos elementos arquitectónicos que incluyen el elemento fotovoltaico y que, por lo tanto, son generadores de energía.

Si en cualquier tipo de instalación es conveniente cuidar su incorporación al entorno, en las aplicaciones urbanas conectadas a red, en las que se unen exigencias urbanísticas a las motivaciones medioambientales, es donde la integración tiene más relevancia.



**Foto 8.** Instalación fotovoltaica integrada en muro cortina.



**Foto 9.** Instalación fotovoltaica integrada en cubierta.

La demanda de energía del sector terciario en la Unión Europea está creciendo de forma significativa, por lo que la integración de sistemas fotovoltaicos

en edificios, con aportaciones energéticas en las horas punta, contribuye a reducir la producción diaria de energía convencional.



**Foto 10.** Instalación fotovoltaica integrada en lamas.

La integración de los sistemas fotovoltaicos en los edificios puede venir por instalarlos a modo de:

- Recubrimiento de fachadas.
- Muros cortina.
- Parasoles.
- Pérgolas.
- Cubiertas.
- Lucernarios.
- Lamas en ventanas.
- Tejas.
- Etc.

Para conseguir una mejor integración del elemento fotovoltaico, es necesario considerar esta posibilidad desde el inicio del diseño del edificio. De esta manera se podrá conseguir mejorar el aspecto exterior y el coste del edificio al poderse sustituir elementos convencionales por los elementos fotovoltaicos.



**Foto 11.** Instalación fotovoltaica integrada en parasoles.

En esta aplicación, a veces es necesario sacrificar parte del rendimiento energético por mantener la estética del edificio.

#### **7.2.4. Mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas**

El mantenimiento se reduce a la limpieza de los paneles, cuando se detecte suciedad, y a la comprobación visual del funcionamiento del inversor.

Sólo con los sistemas con seguimiento solar, que incorporan elementos mecánicos, es necesario revisarlos regularmente.

Y aunque las primeras instalaciones fotovoltaicas no llevan más de 20 años funcionando, se estima que la vida media de una instalación fotovoltaica conectada a red es de treinta años.

#### **7.2.5. Garantía de los equipos**

Todos los fabricantes de equipos fotovoltaicos garantizan sus productos por un mínimo de 2 años contra cualquier defecto de fabricación.

Además, y dado que los módulos fotovoltaicos son los elementos clave de la instalación, casi todos los fabricantes garantizan su potencia durante 25 años.

### 7.3. Desarrollo de la energía solar fotovoltaica

Toda nueva tecnología tras pasar por las fases de madurez conceptual, y madurez técnica, llega a su madurez económica (donde el producto, mediante un crecimiento continuo y sostenido de su aplicación, se convierte en un producto asequible para la sociedad).

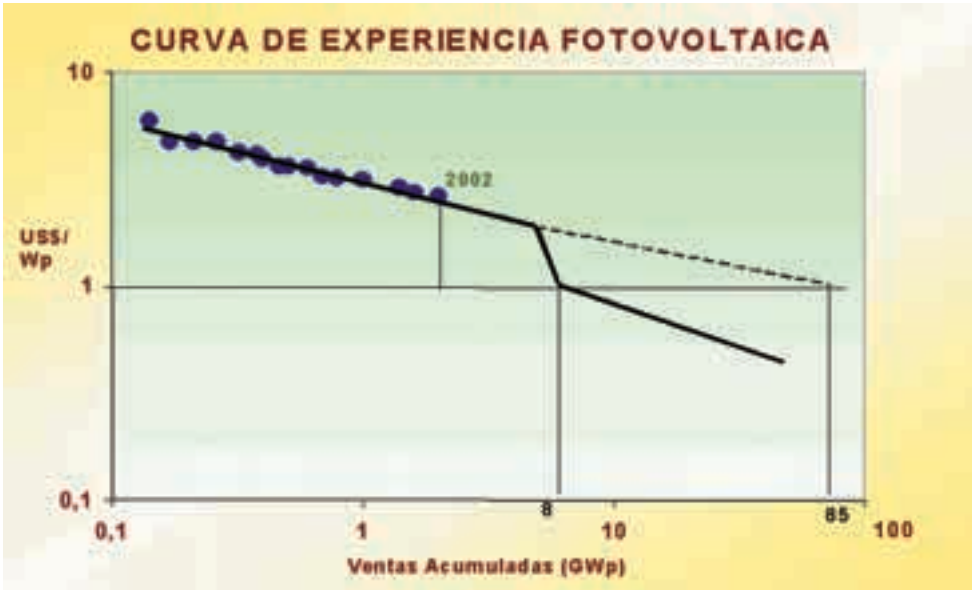
El período de madurez conceptual para la conversión fotovoltaica se inició hacia el año 1904 cuando Albert Einstein publica su artículo sobre el efecto fotolumínico. Cincuenta años más tarde, en el año 1954 se puede decir que comienza la fase de madurez técnica, cuando los investigadores D.M. Chaplin, C.S. Fuller y G.L. Pearson de los Laboratoris Bell en Murray Hill, New Jersey, producen la primera célula de silicio.

Hoy, el periodo de madurez técnica está terminado, y no porque esté todo investigado y no se observen nuevas líneas de investigación, al contrario, el trabajo pendiente por hacer en I+D+I es muy importante; sin embargo la tecnología que disponemos de silicio cristalino nos proporciona una sólida base para avanzar en la fase de madurez económica, aquella que con una ayuda decidida de los países industrializados nos permita alcanzar rápidamente los costes deseados para esta tecnología.

La energía solar fotovoltaica está siguiendo un curva de experiencia similar a la de cualquier otra nueva tecnología, como puede ser la aviónica, la telefonía móvil o la propia eólica, con reducciones de precio según va aumentando su consumo. En el caso concreto de la fotovoltaica, se están manteniendo unas reducciones constante de precio del 5 % anual.

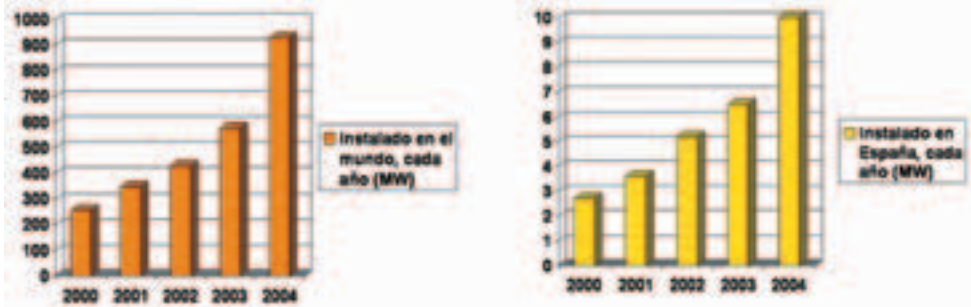
Pero el papel de la investigación puede ser concluyente si a medio plazo aparecen, nuevas y revolucionarias tecnologías que produzcan un salto cuantitativo o escalón descendente en la curva de experiencia.





**Figura 5.** Curva de Experiencia FV.

Como se indica en la Fig. 6, el mercado fotovoltaico mundial ha venido creciendo en los últimos años, del orden del 38 % anual de media y se espera que, globalmente, mantenga este crecimiento exponencial en los próximos años.



**Figura 6.** Curva de potencia instalada en el Mundo y en España 2000-2004.

España, por su parte, también ha mantenido este crecimiento, estimándose que durante 2004 la potencia total instalada fue de 10 MWp, lo que supuso alcanzar, a finales del 2004, una potencia total instalada de 37 MWp.

Por su parte, en la Comunidad de Madrid también ha habido un significativo incremento de las instalaciones fotovoltaicas, pasado de tener instalados 0,75 MWp en el año 2001, a contar en la actualidad con 2,38 MWp, Fig. 7.

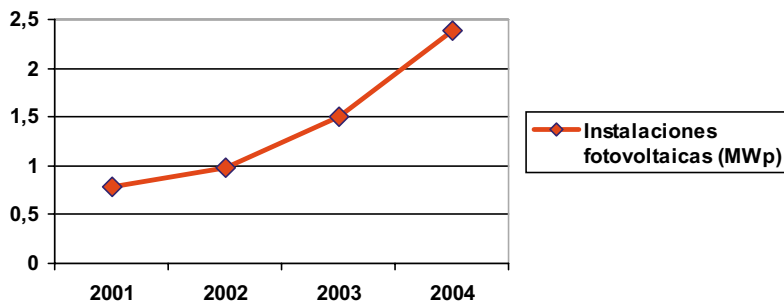


Figura 7. Potencia instalada en la Comunidad de Madrid.

Aunque en España, actualmente sólo se lleva cumplido el 27,4 % del objetivo que fue fijado en el año 1999 en el “Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010”, consciente de la actual potencialidad del sector, en su reciente revisión se ha fijado el nuevo objetivo para el mismo periodo en 400 MWp.

TABLA 2. Objetivos 2010 para la Energía Solar Fotovoltaica.

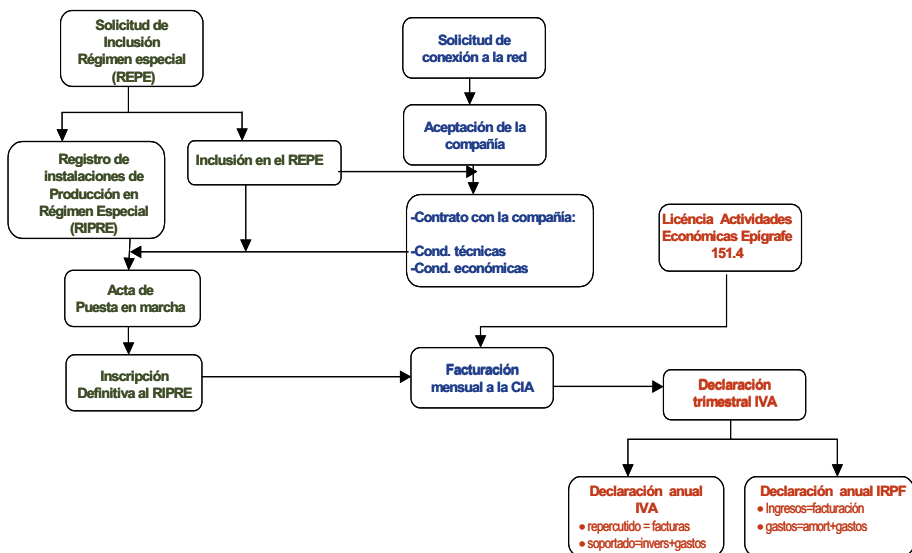
SOLAR FOTOVOLTAICA. OBJETIVOS 2010			
COMUNIDAD AUTÓNOMA	SITUACIÓN ACTUAL 2004 (MWp)	INCREMENTO 2005 - 2010 (MWp)	POTENCIA EN 2010 (MWp)
ANDALUCÍA	7,86	43,38	51,24
ARAGÓN	0,67	16,08	16,75
ASTURIAS	0,34	8,93	9,27
BALEARES	1,33	16,41	17,74
CANARIAS	1,20	16,04	17,24
CANTABRIA	0,07	9,14	9,21
CASTILLA Y LEÓN	2,73	23,60	26,33
CASTILLA - LA MANCHA	1,78	11,64	13,42
CATALUÑA	4,11	52,48	56,59
EXTREMADURA	0,54	12,85	13,39
GALICIA	0,51	23,49	24,00
MADRID	2,38	29,33	31,71
MURCIA	1,03	19,03	20,06
NAVARRA	5,48	14,20	19,64
LA RIOJA	0,15	9,06	9,21
COMUNIDAD VALENCIANA	2,83	31,25	34,08
PAÍS VASCO	2,40	23,70	26,10
NO REGIONALIZABLE	0,77	-	0,77
<b>TOTAL (MW)</b>	<b>37</b>	<b>363</b>	<b>400</b>

Concretamente en la Comunidad de Madrid, se ha pasado de un objetivo para el año 2010 de 13,39 MWp al más realista de 31,71 MWp.

## 7.4. Legislación y Normativa

La demanda social a favor de la energía fotovoltaica se ha traducido en el establecimiento de normativas técnico-administrativa que regulan su instalación y priman la electricidad que generan y vierten a la red.

Actualmente, este proceso técnico administrativo es claro, sencillo y asequible incluso para particulares. En la Fig. 8 se muestra un diagrama de todos los pasos a seguir cuando se quiere instalar un sistema fotovoltaico conectado a red.



**Figura 8.** Proceso técnico administrativo de conexión a red.

La legislación aplicable actualmente, viene regulada por:

- El Real Decreto 436/2004, de 12 de Marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y

económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

(Este Real Decreto sustituye al 2818/1998 que hasta ahora regulaba en esta materia).

- El Real Decreto 1663/2000, de 29 de Septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a red de baja tensión.
- La Resolución de 31 de Mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establece el modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Y cuando sea aprobado:

- El nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE) que tiene por objeto establecer las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos básicos de seguridad estructural, seguridad en caso de incendio, seguridad de utilización, higiene, salud y protección del medio ambiente, protección contra el ruido y ahorro de energía y aislamiento térmico, establecidos en artículo 3 de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE), así como determinar los procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas.

El CTE se aplicará, con las limitaciones que en el mismo se establecen, en las obras de edificación de nueva construcción, excepto aquellas construcciones de escasa entidad constructiva y sencillez técnica que no tengan, de forma eventual o permanente, carácter residencial ni público y se desarrollen en una sola planta salvo en los aspectos relacionados con la seguridad de las personas. Cuando se trate de intervenciones en edificios existentes, ya sean de reparación, reforma o rehabilitación, y sin perjuicio de lo que en cada caso pueda establecerse, las exigencias básicas

establecidas en el Código se aplicarán en tanto sean compatibles con la naturaleza de la intervención.

En lo referente a la contribución fotovoltaica, será aplicable a los edificios de nueva construcción o rehabilitados dedicados a actividades administrativas, de ocio, hostelería, sanitarias y comercio a partir de una superficie construida de 10.000 m<sup>2</sup>. Siendo la contribución fotovoltaica mínima para producir energía eléctrica, función de la zona climática y la superficie construida.

## 7.5. Análisis de rentabilidad

A la hora de calcular la rentabilidad de una instalación fotovoltaica hay que tener en cuenta una serie de aspectos muy relevantes:

- El precio de venta de la energía producida.
- La compensación del IVA.
- La deducción fiscal.

El **precio de venta** de la energía está regulado por el Gobierno, y actualmente, tras la aprobación en Marzo del 2004 del Real Decreto 436/2004, por el que se establece la nueva metodología de tarifas para la producción de energía eléctrica en Régimen Especial está fijado en:

1. Para instalaciones fotovoltaicas de hasta 100 kW de potencia del campo solar (equivale aproximadamente a unos 100 m<sup>2</sup> de superficie de captación), cada kWh producido y suministrado a la red eléctrica se facturará durante el año 2005 a 0,4215 euros (precio equivalente al 575 % de la TMR, la tarifa media o de referencia en España).

Este precio, que se garantiza durante los primeros 25 años de vida del sistema, es actualizado por el Gobierno en la misma medida que lo hace el citado TMR. Posteriormente, y durante el resto de la vida del sistema fotovoltaico, se garantiza el 80 % del citado precio.

2. Para instalaciones fotovoltaicas de más de 100 kW de potencia del campo solar, cada kWh producido y suministrado a la red eléctrica se facturará durante el año 2005 a 0,2198 euros (precio equivalente al 300 % de la TMR, la tarifa media o de referencia en España).

La TMR se revisa anualmente por el Gobierno, y se estima que su incremento medio para los próximos años será del 1,5 % anual.

Esta tarifa la pagan en último término todos los consumidores de electricidad en España, que pagan un porcentaje infinitesimal de su facturación eléctrica para este propósito.

Para el cálculo de la tarifa, se considera como potencia de una instalación fotovoltaica o potencia nominal, la suma de las potencias de los inversores instalados.

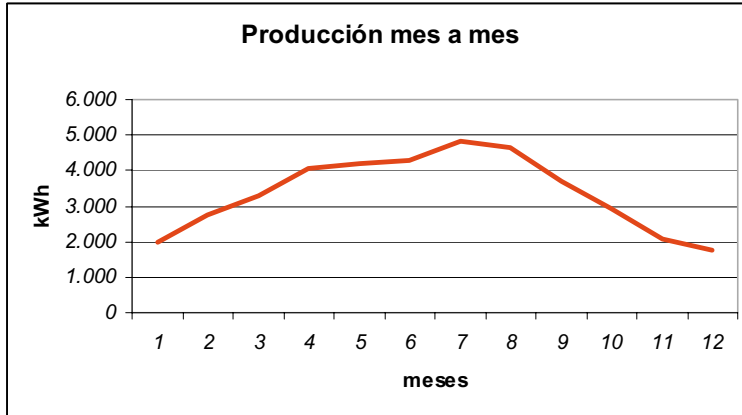
El **IVA** de la inversión se compensa con el de la factura que emitimos mensualmente a la Compañía Distribuidora.

Y además hay que tener en cuenta que por Ley podemos **deducirnos** hasta un 10 % de la inversión a través del Impuesto de Sociedades, cuando se trata de empresa, y del Impuesto de la Renta cuando se trata de personas físicas.

### Ejemplo práctico

Considerando una instalación tipo de 33,6 kWp, superpuesta sobre un tejado inclinado al sur con una inclinación de 20°, en la Comunidad de Madrid:

- Superficie necesaria: 330 m<sup>2</sup>.
- Peso aproximado: 14 kg/m<sup>2</sup>.
- Producción estimada: 40.590 kWh/año (Datos de radiación "Censolar").



**Figura 9.** Producción mes a mes.

- Precio neto (llave en mano): 218.400 euros.
- IVA: 34.944 euros.
- Coste de mantenimiento primer año: 250 euros. (IPC estimado 2,5 %).

Si consideramos la posibilidad de financiar el 80 % la inversión a través de un crédito bonificado hasta 2 puntos por la Comunidad de Madrid y gestionado a través de Avalmadrid:

- Sería necesaria una inversión inicial de 43.300 euros + IVA.
- Recuperaríamos el IVA con la facturación de electricidad u otras actividades de la empresa.
- Los ingresos por venta de electricidad cubrirían el 100 % de la amortización del préstamo.

Después de 25 años habremos generado unos beneficios (antes de impuestos superiores a los 300.000 euros.

## Bibliografía

1. ASIF (2003): "Energía Solar Fotovoltaica en la Comunidad de Madrid. Comunidad de Madrid". España.
2. ASIF (2002-2004): "Informes anuales". España.
3. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2004): " RD 436/2004" BOE. España.



# VIABILIDAD ECONOMICA

FECHA: 14-02-04

TIPO DE INSTALACION: **INDUSTRIAL** - **35.6 MW**

CLIENTE: **RESIDENCIA DE MAYORES DE LA COMUNIDAD DE MADRID**  
 TAMANO DE LA INSTALACION: **324 MWp**  
 SUPERFICIE DE CAPTACION (m<sup>2</sup>): **336 m<sup>2</sup>**  
 INVERSIONES (en € Impuestos): **28.320.000 euros**  
 Valor total de la inversión: **33.330.000 euros**

GASTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL: **25.000 euros**  
 PRODUCCION ANUAL: **4.189 MWh**

INCREMENTO ANUAL DE IPC: **3,75%**  
 TASA ELECTRICA: **0,024 €/kWh IVA incluido**  
 Primeros 25 años: **1,0%**  
 Resto de la vida en adelante: **0%**

REVISION ANUAL MEDIDA PREVISTA: **1,0%**

EDUCACION DEL INYUESTOR DE SOCIEDADES:  
 Requerido en 5 años: **33.330,00 €**  
 24 Tomadas de

SEMIINVERSIONES ALICION: **100%**  
 APORTACION DE LA INVERSION: **0,00 €/m<sup>2</sup>/Wp**

EMISORACION ANUAL MEDIO: **31,75%**  
 INTERES ANUAL: **10,00%** (PERIODO 4-5)

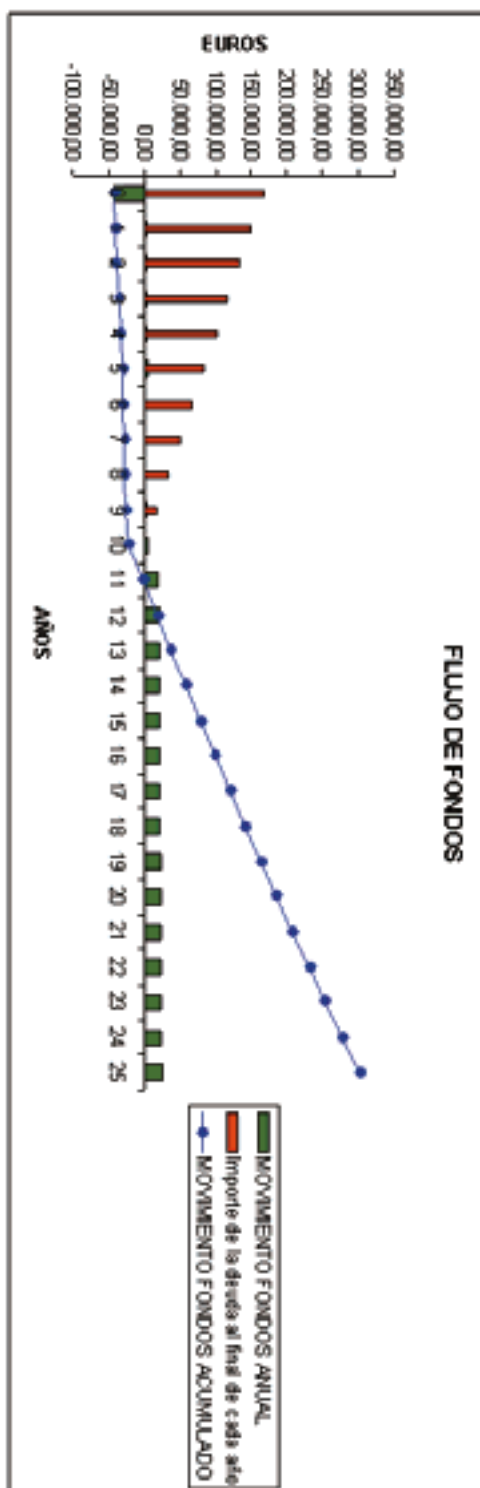
COMISION FINANCIERA: **10,00%** DE LA INVERSION  
 Sin gastos de apertura y cierre

RENTABILIDAD DE INYUESTOS: **5,33%** (HASTA 4 PERIODOS) DE LA INVERSION  
 9% DE LA INVERSION

costa de capital: **10,00%**

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20	AÑO 21	AÑO 22	AÑO 23	AÑO 24	AÑO 25		
<b>INVERSIONES</b>																												
INVERSIONES DE MANTENIMIENTO	-25.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INVERSIONES DE CAPITAL (Impuestos)	28.320.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INVERSIONES DE CAPITAL (Impuestos)	28.320.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INVERSIONES DE CAPITAL (Impuestos)	28.320.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INVERSIONES DE CAPITAL (Impuestos)	28.320.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>GASTOS DE MANTENIMIENTO</b>																												
GASTOS DE MANTENIMIENTO	-25.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>PRODUCCION ANUAL</b>																												
PRODUCCION ANUAL	0,00	4.189,00	4.300,00	4.410,00	4.520,00	4.630,00	4.740,00	4.850,00	4.960,00	5.070,00	5.180,00	5.290,00	5.400,00	5.510,00	5.620,00	5.730,00	5.840,00	5.950,00	6.060,00	6.170,00	6.280,00	6.390,00	6.500,00	6.610,00	6.720,00	6.830,00	6.940,00	
<b>RENTABILIDAD DE INYUESTOS</b>																												
RENTABILIDAD DE INYUESTOS	0,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
<b>GASTOS DE CAPITAL</b>																												
GASTOS DE CAPITAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>RENTABILIDAD DE INYUESTOS</b>																												
RENTABILIDAD DE INYUESTOS	0,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	
<b>RENTABILIDAD DE INYUESTOS</b>																												
RENTABILIDAD DE INYUESTOS	0,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	

IMPORTE DE LA INYUESTION: 33.330.000 euros (SE COMPENSA CON EL IVA POR FACTURACION DE LA ELECTRICIDAD PRODUCIDA)



## 8.1. Introducción

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

Quizás hace algunas décadas, era lógico que la energía obtenida de la radiación solar no se sustituyera por la obtenida de los combustibles convencionales, debido a la ausencia de recursos técnicos y del interés en la investigación de métodos capaces de hacer competente la energía solar con la energía de los combustibles, y probablemente por la falta de mentalidad social sostenible, comprometida con el medio ambiente y los recursos naturales.

En la actualidad, el Sol es una gran fuente de energía no aprovechada en su totalidad, si bien, se han conseguido desarrollar tecnologías capaces de aprovechar la radiación solar de forma que ésta puede competir con los combustibles convencionales, para la obtención de energía térmica, sobre todo cuando se trata de producir agua caliente sanitaria con temperaturas de preparación entre 45 y 60 °C, en estos casos, la fiabilidad de las instalaciones (y de sus componentes), los ahorros conseguidos y en definitiva la amortización de éstas, han sido probadas en múltiples ocasiones.

A lo largo de los últimos tres años se ha iniciado el despertar del mercado solar térmico en España, con crecimientos que, sin llegar a las cifras de Alemania, (más de 900.000 m<sup>2</sup> de colectores solares térmicos instalados en el año 2001), empiezan a ser muy significativos al superarse en el año 2004 los 90.000 m<sup>2</sup> instalados.

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

Con todo ello, el impulso de los sistemas de producción de agua caliente sanitaria con energía solar térmica, genera la necesidad de definir nuevas condiciones para el diseño, ejecución y mantenimiento de las instalaciones, principalmente en el actual escenario en el que no nos encontramos con una recomendación sino con una obligación, por medio de las Ordenanzas Solares.

Las industrias, son uno de sus pilares en la utilización del Sol que realizan sus ocupantes para un desarrollo de sus actividades diarias. Éstas cada vez más exigentes con unos niveles de calidad y de servicios superiores y entre las nuevas muestras de calidad que valoran, destaca el compromiso de la Industria con la protección del medio ambiente. La utilización del Sol para reducir los consumos de combustible en las instalaciones representa, desde este punto de vista, no sólo una buena oportunidad de reducir la factura energética con rentabilidades atractivas, sino que además sirve de muestra del compromiso de esta tipología de instalaciones con la protección del medio ambiente. Cuando se combinan las aplicaciones solares con otras medidas de ahorro energético (sustitución de generadores convencionales de calor, aislamiento, etc.), se consiguen unas rentabilidades especialmente interesantes.

## 8.2. Posibilidades de ahorro solar en las industrias

Los gastos energéticos en las Industrias son los gastos corrientes más significativos después de los de personal. Sin embargo, todavía hay un gran desconocimiento de las posibilidades de ahorro energético y económico ya que, normalmente, las partidas energéticas no se gestionan, ni se miden separadamente. El criterio usual de selección de los equipos e instalaciones suele ser el de minimizar la inversión inicial -eso sí, siempre garantizando la seguridad de suministro de frío y calor- sin tener muy en cuenta los consumos energéticos a posteriori.

Del análisis de las necesidades energéticas de las industrias en España, podemos afirmar que las opciones más claras -por orden de importancia- que se prevé para la utilización del Sol para reducir los consumos energéticos serían:

1. Producción solar de agua caliente para proceso.
2. Climatización de las instalaciones.
3. Calefacción de las instalaciones.

Mediante la aplicación de sistemas térmicos solares industriales a baja y media temperatura pueden llegar a cubrir una parte considerable de la demanda industrial de calor. La demanda térmica industrial constituye aproximadamente un tercio de la demanda de energía final total en los países del sur de Europa, mientras que el consumo de calor de proceso en la industrias inferiores a 250 °C supone alrededor del 7 % de la demanda de energía final total. Alcanzar el objetivo de 2.000.000 m<sup>2</sup> de colectores solares térmicos solares para calor de proceso y refrigeración solar, como se prevé en la “*Campaign for Take – Off* (campaña de despegue)” de la Comisión Europea, significaría un ahorro de energía primaria de unos 2.000.000 MWh/año. En definitiva, la energía térmica solar en la industria puede constituir una contribución importante para un suministro energético fiable, limpio, seguro y rentable basado en fuentes de energía renovable.

Los colectores solares planos y de tubo de vacío Viessmann para producción de agua caliente a baja temperatura son una tecnología bien conocida y difundida. Con los colectores solares de alto rendimiento Viessmann, se puede

producir calor a temperaturas de hasta 150 °C con un rendimiento excelente. El calor a estas temperaturas es necesario en muchos procesos industriales: generación de vapor, lavado, secado, destilación, esterilización, pasteurización, etc.

En la actualidad, en Europa los sistemas térmicos solares en funcionamiento aplicados a la industria alcanzan una superficie total instalada de colectores de 10.000 m<sup>2</sup>. El conjunto de elementos colectores pueden integrarse en los techos de las naves industriales o instalarse en los terrenos disponibles.

La gran escala de instalaciones industriales lleva a sistemas de coste muy bajo, de forma que los sistemas solares para la producción de calor de proceso industrial pueden llegar a ser en un plazo relativamente corto económicamente competitivos con respecto a los combustibles fósiles. Los costes de inversión actuales de los sistemas térmicos solares están comprendidos entre los 400 y los 600 €/m<sup>2</sup> que expresado en términos de potencia supone (a 700 W/m<sup>2</sup>) entre 0,571 €/kW y 0,857 €/kW.

El coste actual por kWh de energía primaria ahorrada en aplicaciones industriales es inferior al de las aplicaciones solares de agua caliente doméstica de pequeña/media escala, y puede reducirse todavía más. Las reducciones de costes pueden conseguirse con la producción de grandes series, la reducción de los costes de operación y mantenimiento, la mejora del rendimiento de los colectores y el diseño del sistema, especialmente en los colectores solares de media temperatura. Se estima que es posible conseguir una reducción de costes de hasta un 50 % a medio plazo.

## 8.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas.

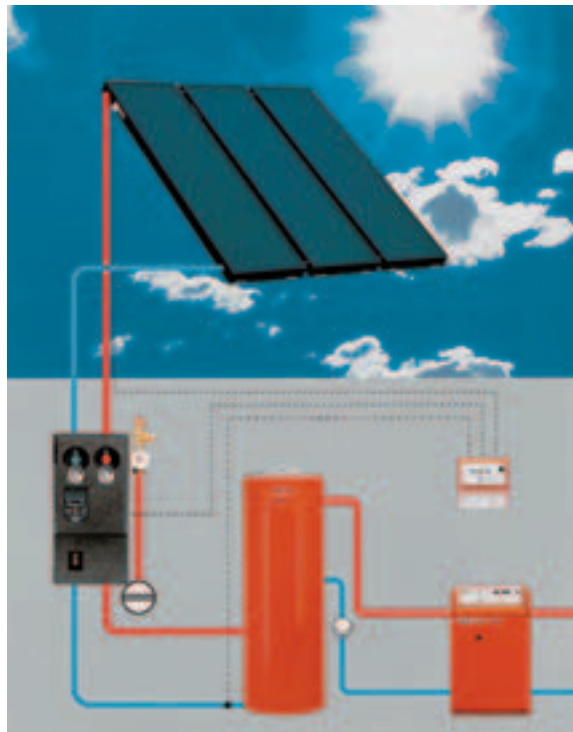
### Componentes

Un sistema solar está constituido por el colector solar, el subsistema de almacenamiento, el de transporte de energía (tuberías, bombas, intercambiadores) y el de utilización o consumidor de la energía solar captada. En su diseño hay que

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

Con todo ello el rendimiento anual del sistema, que será función de la tecnología empleada, dependerá principalmente de los siguientes factores:

- Colector: parámetros de funcionamiento  $\eta_0$  (Eficiencia Óptica, ganancia de energía solar) y  $U_L$  (Pérdidas Térmicas).
- Caudal de diseño: bajo flujo y estratificación.
- Intercambiador: eficiencia.
- Tuberías: longitud, diámetro y aislamiento.
- Almacenamiento: volumen y estratificación.
- Control: diferencial de temperaturas, radiación, caudal variable, etc.
- Operación y seguridades: expansión, purgadores, válvula de seguridad, etc.
- Criterios de diseño.



**Figura 1.** Componentes de una instalación solar.

### 8.3.1. Subsistema de Captación

El colector solar térmico es el encargado de captar la radiación solar y convertir su energía en energía térmica, de manera que se calienta el fluido de trabajo que ellos contienen.

Toda la energía que incide sobre el colector solar no puede ser considerada como energía útil, de manera que al mismo tiempo que se produce el calentamiento del fluido de trabajo, una parte de esta energía se pierde por conducción, convección y radiación, generándose un balance energético entre la energía incidente (en forma de radiación solar) y las pérdidas térmicas, obteniendo como resultado una potencia útil del colector solar.

Estas pérdidas de calor crecen con la temperatura del fluido de trabajo, hasta que llega un momento de equilibrio en el que se cumple que la energía captada es igual a las pérdidas, alcanzándose en ese momento la temperatura de estancamiento del colector. En la mayoría de los colectores esta temperatura de estancamiento o de equilibrio se alcanza a unos 150 - 200 °C.

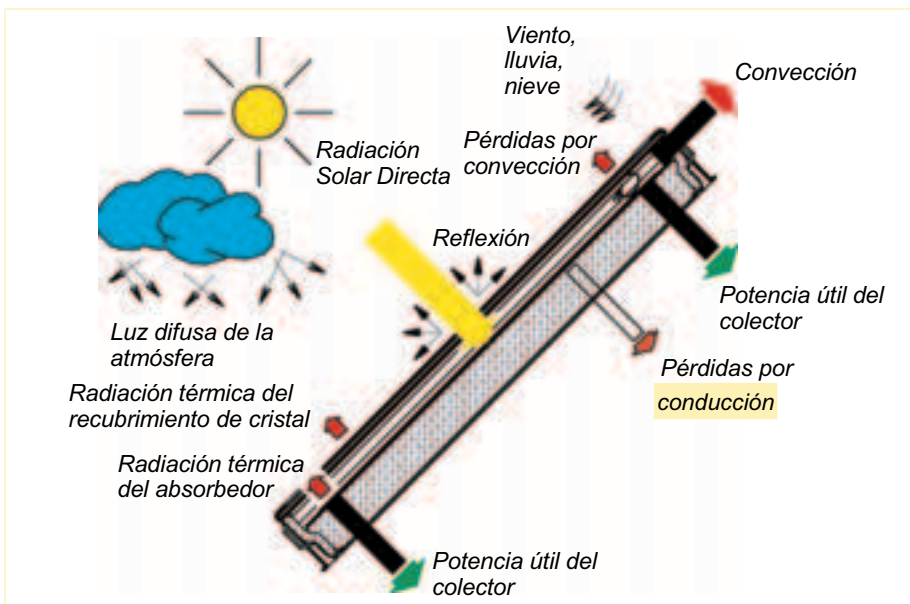


Figura 2. Balance energético en un colector solar.



Con todo ello y teniendo en cuenta la ecuación de la curva que define el rendimiento de un colector solar, Fig. 3, se deduce que nos interesa hacer trabajar el colector a la temperatura más baja posible, siempre que ésta sea suficiente para la utilización específica en cada caso.

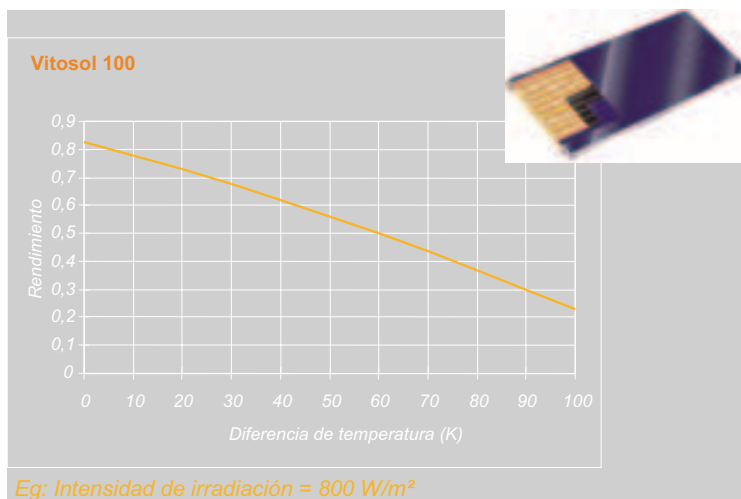
$$\eta = \eta_o - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{E_g}$$

$\eta$	= Rendimiento (Eficiencia).
$\eta_o$	= Rendimiento Óptico (eficiencia óptica).
$k_1, k_2$	= Pérdidas Térmicas; engloba pérdidas por conducción, convección y radiación.
$\Delta T$	= Diferencial de Temperaturas (entre la temperatura media de trabajo del colector y la temperatura ambiente, °C)
$E_g$	= Radiación solar, W/m <sup>2</sup> .

**Figura 3.** Ecuación de la curva de rendimiento de un colector solar.

Los colectores solares son el corazón de cualquier sistema de utilización de la energía solar: absorbe la luz solar y la transforma en calor. Los criterios básicos para seleccionarlo son:

- ☛ Productividad energética a la temperatura de trabajo y coste.
- ☛ Durabilidad y calidad.
- ☛ Posibilidades de integración arquitectónica y
- ☛ Fabricación y reciclado no contaminante.

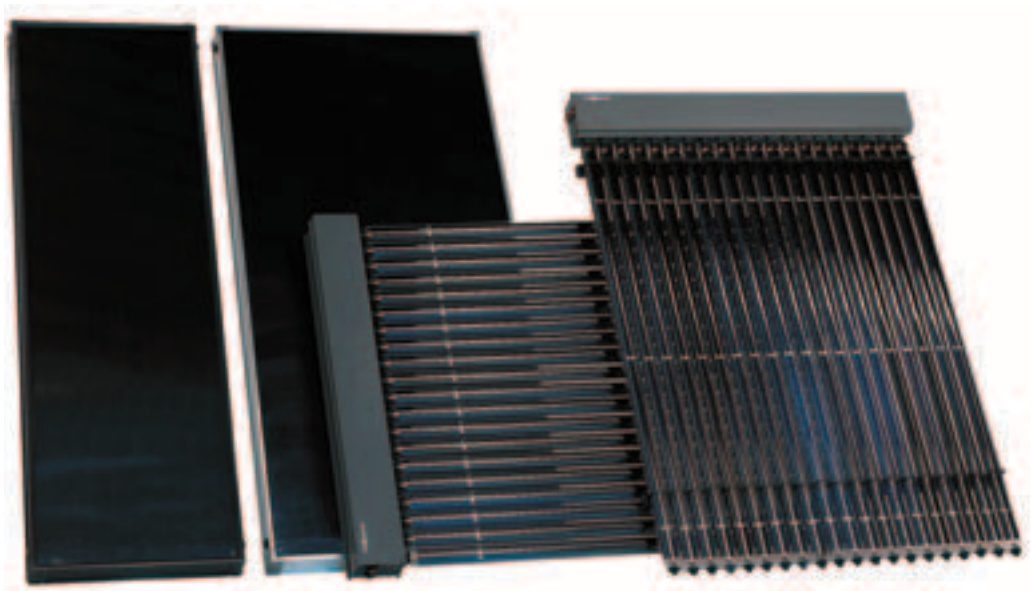


**Figura 4.** Curva de rendimiento de un colector solar de alta eficiencia.

Dependiendo de la aplicación, el tipo de colector solar que hay que utilizar varía. Para aplicaciones que requieren un fluido a baja temperatura ( $<100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) los sistemas con colectores de placa plana son los más utilizados, seguidos por los tubos de vacío, Fig. 5. Los colectores de tubos de vacío se distinguen de los colectores planos por sus menores pérdidas térmicas -mayor rendimiento- al encerrarse el absorbente solar en una cápsula de vidrio de la que se extrae el aire y sus mayores posibilidades de integración arquitectónica. La diferencia de productividad energética entre los diferentes tipos de colectores planos viene dada por las diferencias en las propiedades ópticas de los recubrimientos de sus absorbentes y por las características y espesores de los aislamientos térmicos. Las diferencias en durabilidad y calidad surgen de los materiales empleados y, en especial, de la junta de estanqueidad que une la cubierta de vidrio del colector con el marco y de la resistencia del material de aislamiento térmico al apelmazamiento por las condensaciones internas del colector.

#### **Colectores planos Vitosol 100**

#### **Colectores de vacío Vitosol 200 y Vitosol 300**



**Figura 5.** Ejemplos de tecnología.

Al igual que ocurre con las calderas, la utilización de colectores más eficientes tiene una influencia mucho más significativa en la productividad anual que la que se puede deducir de la comparación directa de los rendimientos instantáneos (relación entre el calor extraído del colector en un momento dado y la radiación solar disponible en ese momento). Además, se pueden encontrar reducciones significativas en los costes del resto de los elementos del sistema solar ya que para un mismo aporte solar hacen falta instalar menos  $m^2$  de colectores y se puede trabajar a temperaturas más altas sin repercusión en el rendimiento (bombas, tuberías, almacenamiento, intercambiadores, etc., más pequeños).

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

### 8.3.2. Subsistema de Acumulación

El Sol es una fuente de energía que no podemos controlar, su producción nos llega de forma continuada durante una media de 12 horas al día, a razón de 1400-1800 kWh/ $m^2$  año, lo que equivale a que por cada  $m^2$  recibimos la energía obtenida de quemar unos 165-200 litros de gasóleo; esto es, con la energía solar que llega en 5  $m^2$  podríamos suplir las necesidades térmicas anuales para acondicionar una casa de 100  $m^2$ .

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

Para conseguir acoplar la producción del sistema solar con el consumo de la instalación siempre nos hará falta una acumulación de energía solar. Esta

acumulación tendrá mayor o menor volumen en función de dos factores principales:

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

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

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

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

Una de las consecuencias más importantes de la necesidad de acumulación de energía con los sistemas solares es que el cálculo del sistema solar siempre se

tiene que hacer en función de la energía demandada y no de la potencia. Esto implica un cambio en el cálculo clásico de las instalaciones, que normalmente se hace basándose en potencias y demandas máximas (el peor día del invierno, etc.) y no basándose en consumos medios diarios como es el caso del diseño solar.

### 8.3.3. Subsistema de Intercambio

La mayoría de los sistemas solares térmicos son de circuito indirecto. Por lo que existe un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.

Los circuitos indirectos, es decir, instalaciones con dos circuitos, uno primario (captadores solares, que funcionan como un generador de calor; el sistema de bombeo; el sistema de intercambio, que transmite la energía producida al almacenamiento; y el sistema de expansión y seguridad) y otro secundario (acumulador solar y sistema de bombeo), son de obligada utilización en zonas con riesgo de heladas (el circuito primario se llena con un líquido anticongelante) o zonas en las que la calidad del agua sea baja, aguas duras, con riesgo de incrustaciones calcáreas.

### 8.3.4. Subsistema de Regulación y Control

Se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación solar. Las estrategias de regulación y control no son complejas, de manera que suelen consistir en el de marcha -paro de una bomba en función de un diferencial de temperatura establecido en la regulación- y en el de control de la temperatura de un acumulador (termostato de seguridad o máxima), en instalaciones complejas, mediante el sistema de regulación y control podemos realizar múltiples operaciones mejorando el rendimiento de éstas.



**Figura 6.** Regulación solar Vitosolic 100 y 200.

### 8.3.5. Subsistema de Energía Auxiliar o Convencional

Todas las instalaciones solares térmicas han de incluir un sistema de apoyo convencional, para cubrir las necesidades de los usuarios durante los períodos en que el sistema solar no pueda cubrir toda la demanda, por los siguientes motivos; por causas climáticas (menor radiación) o de aumento de consumo sobre el previsto inicialmente, es decir, que la demanda media anual calculada no coincide con la diaria.

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

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

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

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

- **Inmerso en el acumulador solar**, para esta configuración existen dos posibilidades en función del tipo de energía convencional utilizada, es decir, resistencia eléctrica (de menor eficiencia en tanques monovalentes) o gas natural, GLP, gasóleo, etc., mediante otro serpentín sumergido en la parte superior del acumulador (mayor eficiencia en tanques bivalentes esbeltos, en los que la estratificación se mantenga, de manera que la caldera sólo debe poder actuar sobre el 50 % del volumen del tanque).
- **En serie con el acumulador solar**: con esta configuración el sistema de energía convencional ha de ser modulante por temperatura y resistir entradas de agua precalentada entre 60-70 °C de temperatura. El rendimiento es el más alto ya que no afecta a la temperatura de entrada a los colectores, además de poder modular el consumo de energía convencional en función de la temperatura de entrada a la caldera mural, mayor eficiencia.
- **En paralelo con el acumulador solar**: es la tipología más usual en sistemas domésticos termosifónicos, **conexión menos eficiente** ya que no se aprovecha el agua precalentada solar, sería un todo-nada. Estas calderas no aceptan agua precalentada.
- **Inmerso en acumulador en serie con acumulador solar**: con esta configuración se puede aprovechar el precalentamiento del agua solar (aún no a la temperatura de consumo) con el consiguiente ahorro energético, **conexión más eficiente**. El acondicionamiento del acumulador

convencional se realizará con caldera de gas, gasóleo, GLP o incluso con resistencia eléctrica (menor eficiencia).

## 8.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica

El objetivo básico del diseño de un sistema de aprovechamiento solar ha de ser el de suministrar al usuario una instalación solar que, dentro de las restricciones de costes:

- Maximice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- Garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- Garantice un uso seguro de la instalación.

Para maximizar el ahorro energético y dado que los colectores solares tienen mejor rendimiento trabajando a bajas temperaturas, es recomendable la conexión entre el sistema solar y el sistema de apoyo convencional de tal manera que el sistema solar siempre trabaje a la temperatura más baja posible. Esto nos llevará a conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo y siempre por delante de éste.

### 8.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica

En instalaciones compartidas por varios usuarios, la producción de ACS solar será preferiblemente centralizada, es decir, un único sistema de captación, intercambio y acumulación solares.

En instalaciones de producción de ACS esto significará que la acumulación de agua calentada por el sistema solar se conectará a la entrada de agua fría de la instalación. El agua precalentada por el sistema solar pasará después, según se

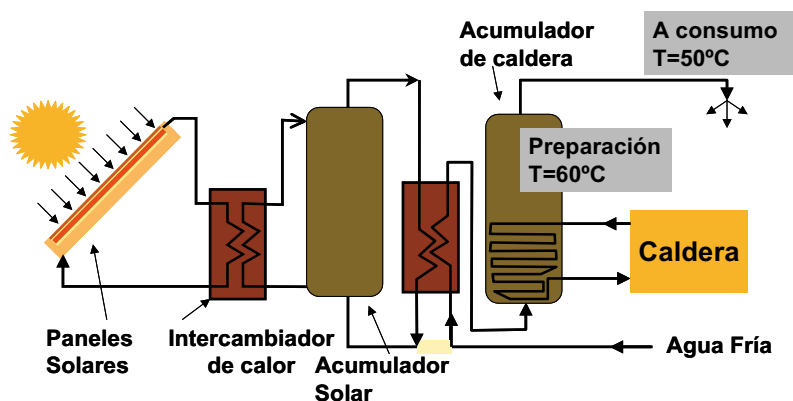


produzca el consumo, al sistema de calentamiento convencional (interacumulador calentado con caldera, calentador instantáneo modulante, termo eléctrico, etc.).

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

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

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



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

## 8.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica

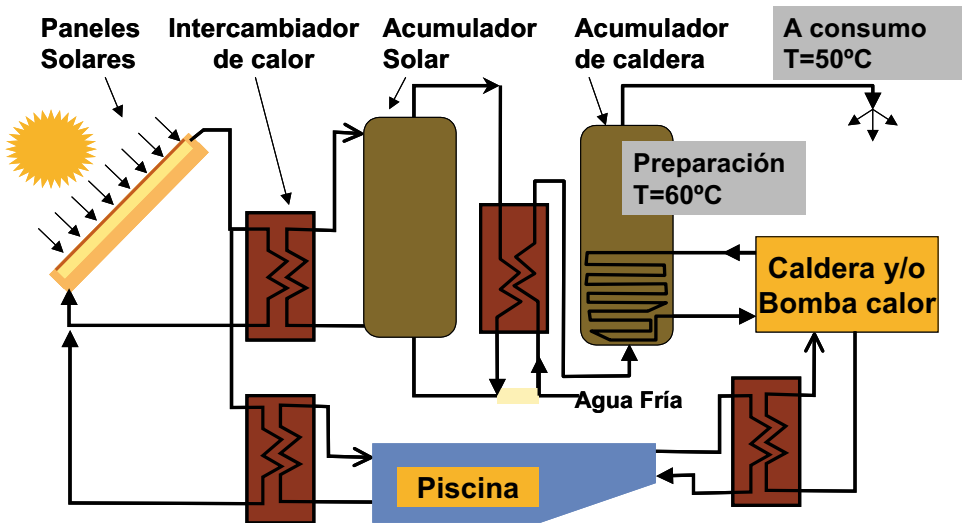
Una de las aplicaciones más interesantes y eficientes de utilización de la energía solar es el calentamiento de piscinas ya que las temperaturas requeridas son bajas y las demandas energéticas muy grandes. En el caso de piscinas cubiertas es usual el instalar como sistema de calentamiento una combinación de bomba de calor y caldera. La bomba de calor sirve como mecanismo de control de la humedad del recinto, recuperando la entalpía del aire de renovación para aportar calor al ambiente y al vaso de la piscina. En este caso, la instalación solar siempre se ha de montar en serie con la caldera, pero en paralelo con la bomba de calor - para no empeorar su rendimiento ni pararla por sobretemperatura- dando prioridad al mantenimiento de las condiciones de confort -temperatura y humedad- en la piscina. En la Fig. 8 se muestra un esquema tipo para esta aplicación.

## 8.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica

En sistemas de calefacción, y en general en circuitos cerrados, la conexión del sistema solar ha de hacerse donde se encuentre la temperatura más baja del circuito. Normalmente este punto es el retorno de la instalación. En la Fig. 9 se muestra el esquema tipo: el retorno de calefacción se hace pasar por los tanques solares cuando los acumuladores solares están más calientes que el retorno y de esta manera precalentamos el retorno y ahorramos combustible en la caldera.

Si bien está bastante claro que el punto de conexión del sistema solar debe ser siempre el punto más frío de la instalación de calefacción, en ocasiones hay que hacer un análisis cuidadoso de la instalación para poder determinar cuál es este punto. En instalaciones clásicas en las que existe un único colector de impulsión y otro de retorno, el punto de conexión del sistema solar será siempre entre el colector de retorno y la caldera. Para hacer la conexión, la solución más sencilla es colocar una válvula de tres vías diversora que obligue al agua de retorno de la calefacción -cuando el retorno esté mas frío que los tanques solares- a circular por la

acumulación solar, donde será precalentado con la energía acumulada, para volver a entrar en la caldera a continuación.

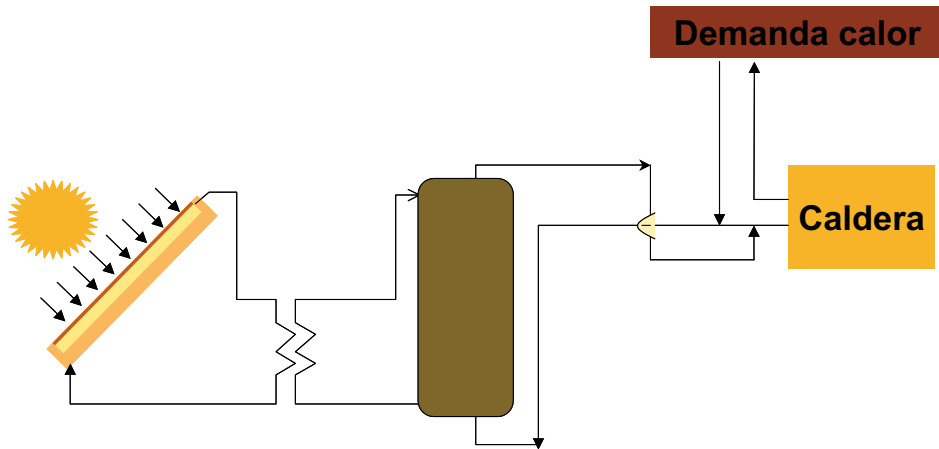


**Figura 8.** Esquema tipo de aplicación solar para ACS y Piscina.

En instalaciones de calefacción más complejas decidir el punto exacto de conexión del sistema solar a calefacción puede ser menos inmediato. Por ejemplo, si existe un distribuidor menor formado por colector de impulsión y colector de retorno conectados a un colector corrido, el lugar más indicado para conectar la instalación solar no sería entre el colector corrido y el retorno de caldera, ya que este punto del retorno puede llegar a estar a una temperatura elevada. En este caso habría que conectar el sistema solar entre el colector menor de retorno y el colector corrido.

Además del correcto conexionado de los dos sistemas de producción, otro elemento muy importante para un buen rendimiento de los sistemas de calefacción con energía solar es el elemento de distribución del calor. Los sistemas solares tendrán mejor rendimiento con aquellos sistemas que trabajan con temperaturas de retorno más bajas, suelo radiante, *fan-coils*, sistemas de radiadores dimensionados para temperatura de impulsión de 60 °C o inferior, etc.; en ese sentido el trabajar con calderas que puedan trabajar con temperaturas de retorno más bajas

(calderas de baja temperatura o condensación) siempre simplifica el funcionamiento de la instalación en su conjunto, aparte de, por supuesto, conseguir un ahorro energético global mucho mayor.

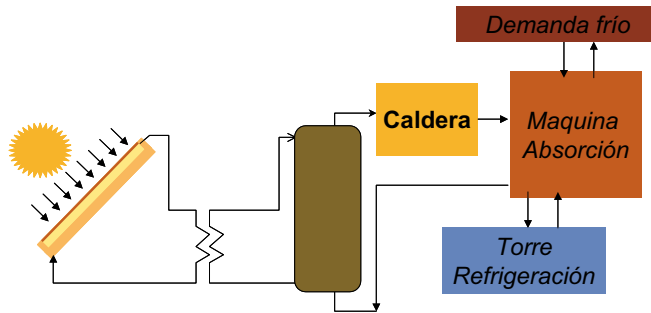


**Figura 9.** Esquema tipo de aplicación solar para Calefacción y ACS.

## 8.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica

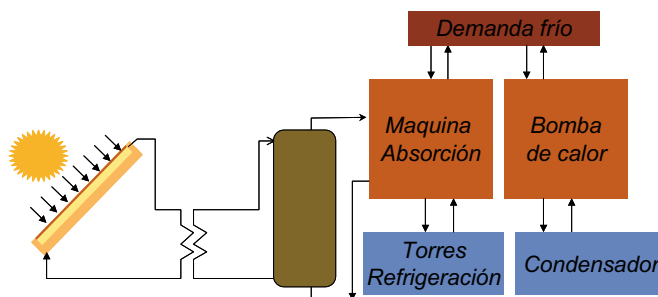
Para la aplicación del sistema solar a la producción de frío se utilizan máquinas de absorción con unas temperaturas de trabajo de 80-90 °C. Para suministrar energía a estas temperaturas a la máquina de absorción se puede conectar el equipo al distribuidor de caldera como un consumidor más en la instalación. Conectando la máquina al distribuidor de calefacción el apoyo del sistema solar se podrá aplicar tanto a la producción de frío como al apoyo de calefacción de forma sencilla y natural, la única diferencia entre la temporada de calefacción y de refrigeración para el sistema solar será la temperatura de retorno en cada época.

Este sistema de conexión de la máquina de absorción con el sistema solar es especialmente aconsejable en instalaciones en el que el único generador de frío es la máquina de absorción, Fig. 10.



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

Teniendo en cuenta que las máquinas de absorción utilizables con energía solar presentan COP bajos, del orden de 0,65, a pesar de las diferencias de coste entre el kWh térmico producido por gas o gasóleo para alimentar la máquina de absorción y el kWh eléctrico (de 2 a 3 veces más caro) para alimentar la bomba de calor, como el COP en frío de las bombas de calor suele ser superior a 3 y las inversiones iniciales suelen ser bastante inferiores, la mayoría de los centros suelen elegir bombas de calor para cubrir sus necesidades de frío. Desde ese punto de vista cuando se decide instalar una instalación solar para climatización mediante máquina de absorción, los consumos en los centros suelen ser lo suficientemente altos para que además de la máquina de absorción se instalen bombas de calor (enfriadoras) para la producción de frío. En este caso la producción de frío mediante energía solar se realiza mediante la conexión directa del sistema solar a una máquina de absorción que solamente trabaja con energía solar, Fig. 11, ya que no es interesante -ni desde un punto económico, ni medioambiental- el utilizar combustible en la máquina menos eficiente.



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

## 8.6. Caso ejemplo: industrias con energía solar para la producción de ACS

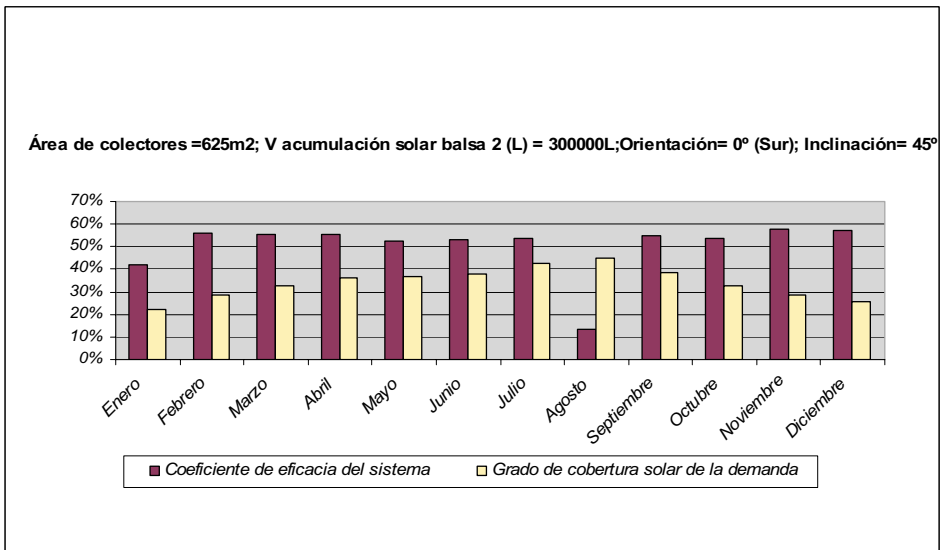
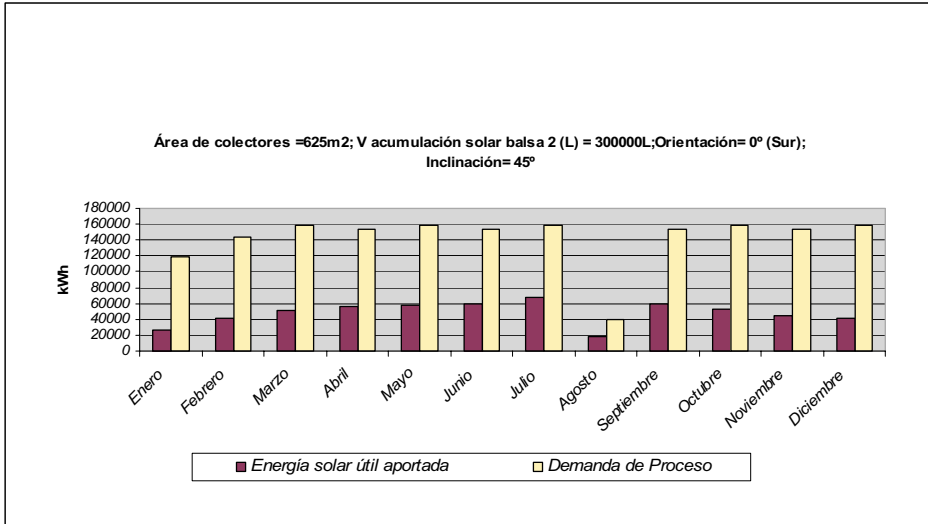
### 8.6.1. Objetivo

El fin de este caso es mostrar el potencial que algunas aplicaciones de la energía solar en distintos procesos industriales tiene para mejorar el medio ambiente aprovechando la energía solar, de una manera económica y con garantía de mantener sus niveles de confort, para la solicitud de las subvenciones concedidas por la Comunidad de Madrid.

#### 8.6.1.1. PROCESO 1. Fábrica de Tintado de Pieles Curtidas

Mes	Radiación Disponible kWh	Energía solar útil aportada kWh	Demanda de Proceso kWh	Grado de cobertura solar de la demanda %	Coefficiente de eficacia del sistema %
Enero	63639	26649	119500	22.3%	41.9%
Febrero	73361	41152	143889	28.6%	56.1%
Marzo	92889	51615	159306	32.4%	55.6%
Abril	100417	55654	154167	36.1%	55.4%
Mayo	111833	58465	159306	36.7%	52.3%
Junio	111083	58738	154167	38.1%	52.9%
Julio	126139	68023	159306	42.7%	53.9%
Agosto	130694	17885	39833	44.9%	13.7%
Septiembre	108000	59046	154167	38.3%	54.7%
Octubre	96806	52093	159306	32.7%	53.8%
Noviembre	76889	44246	154167	28.7%	57.5%
Diciembre	71722	40942	159306	25.7%	57.1%
<b>Anual</b>	<b>1163472</b>	<b>574507</b>	<b>1716417</b>	<b>33.5%</b>	<b>49.4%</b>
Nº de Paneles Vitosol 100		250	V acumulación solar balsa 2 (L) =		300000
m <sup>2</sup> totales=		625	Potencia de Intercambio (kW)=		500
Orientación=		0º (Sur)			
Inclinación=		45º			
Captación solar por m <sup>2</sup> de colector		919	kWh/m <sup>2</sup> año		
CO <sub>2</sub> evitados		172352	kg/año		

\*Fuente kg/año CO<sub>2</sub> evitados: EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97)



Opción= Instalación con 625 m<sup>2</sup> Vitosol 100  
 Inversión total (antes de subvenciones) =287500 €  
 Cálculo de rentabilidad con el precio del combustible en Julio del 2001

Combustible	Precio de compra	PCI	Rend estacional	Coste energía auxiliar	Subvenciones esperadas por m <sup>2</sup>	
	€/kg (sin IVA)	kWh/kg	-	€/kWh	min.	max.
Fuel - Oil	0.20	10.7	40 %	0.0467	210	300

Coste energía auxiliar	Coste del sistema solar	Área de colectores	Años de vida de la instalación	Producción solar anual	Gastos de mantenimiento anual	Gastos de mantenimiento anual
€/kWh	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	años	kWh/m <sup>2</sup>	€	€/kWh solar
0.0467	460	625	20	919	3907	0.0068

Subvención esperada	Coste final del sistema solar	Coste del kWh solar	Período de recuperación de la inversión	Ahorro anual conseguido	Ahorro total conseguido
€/ m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/kWh solar	años	€	€
210	250	0.0204	5.8	<b>28,846 €</b>	<b>536.923 €</b>
300	160	0.0155	3.7		

Cálculo de rentabilidad con 30 % de subida del precio del combustible

Coste energía auxiliar	Coste del sistema solar	Área de colectores	Años de vida de la instalación	Producción solar anual	Gastos de mantenimiento anual	Gastos de mantenimiento anual
€/kWh	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	años	kWh/m <sup>2</sup>	€	€/kWh solar
0.0607	460	625	20	919	3907	0.0068

Subvención esperada	Coste final del sistema solar	Coste del kWh solar	Período de recuperación de la inversión	Ahorro anual conseguido	Ahorro total conseguido
€/ m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/kWh solar	años	€	€
210	250	0.0204	4.5	<b>34,900 €</b>	<b>697,999 €</b>
300	160	0.0155	2.9		

Como se recoge en las tablas anteriores, estimando de los datos aportados por el cliente:

- Un coste de producción de la energía convencional de 0,0467 €/kWh.
- Una producción solar anual de 574.507 kWh.
- Un coste del sistema solar, "llave en mano", de 287.500 €.
- Unas subvenciones estimadas entre 210 y 300 €/m<sup>2</sup> de instalación solar.
- Un ahorro anual de 26.846 €.

Con todo ello los plazos de amortización de la instalación solar ascienden a 5,8 años, en el caso de recibir la subvención menor, y de 3,7 años, en el caso de recibir la mayor de las subvenciones posibles.



## 8.6.1.2. PROCESO 2. Almazara de Aceite

Mes	Radiación Disponible	Energía solar útil aportada	Demanda de Proceso ACOLSA	Coefficiente de eficacia del sistema
	kWh	kWh	kWh	%
Enero	61639	35569	603161	57.7%
Febrero	64889	36886	603161	56.8%
Marzo	77167	43209	603161	56.0%
Abril	82417	45640	603161	55.4%
Mayo	90500	50850	603161	56.2%
Junio	87861	49975	603161	56.9%
Julio	96889	56383	603161	58.2%
Agosto	102028	60599	603161	59.4%
Septiembre	88306	52014	603161	58.9%
Octubre	82306	48742	603161	59.2%
Noviembre	66389		Sin Consumo	
Diciembre	66639	38994	603161	58.5%
<b>Anual</b>	<b>967028</b>	<b>518861</b>	<b>6634769</b>	<b>53.7%</b>
Nº Paneles Vitosol 100=	200			
m <sup>2</sup> totales=	500		V acumulación solar(L) =	20000
Orientación=	0° (Sur)		Potencia de Intercambio (kW)=	400
Inclinación=	45°			

Captación solar por m <sup>2</sup> de colector	1038	kWh/m <sup>2</sup> año
CO <sub>2</sub> evitados	155658	kg/año

\*Fuente kg/año CO<sub>2</sub> evitados: EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97)

Combustible	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> * (Kg/GJ)	Energía Solar útil (kWh/año)	CO <sub>2</sub> evitados (Kg/año)
Gas Natural	55.5	518861	115187

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

Combustible	Precio de compra	PCI	Rend estacional	Coste energía auxiliar	Subvenciones esperadas por m <sup>2</sup>	
	€/m <sup>3</sup> (sin IVA)	kWh/ m <sup>3</sup>	-	€/kWh	min.	max.
Gas natural	0.30	10.6	75 %	0.0377	141	300

Coste energía auxiliar	Coste del sistema solar	Área de colectores	Años de vida de la instalación	Producción solar anual	Gastos de mantenimiento anual	Gastos de mantenimiento anual
€/kWh	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	años	kWh/m <sup>2</sup>	€	€/kWh solar
0.0377	510	500	20	1038	3000	0.0058

Subvención esperada	Coste final del sistema solar	Coste del kWh solar	Período de recuperación de la inversión	Ahorro total conseguido
€/ m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/kWh solar	años	€
141	369	0.0236	9.4	391,593 €
300	210	0.0159	5.4	

### Cálculo de rentabilidad con 30 % de subida del precio del combustible

Coste energía auxiliar	Coste del sistema solar	Área de colectores	Años de vida de la instalación	Producción solar anual	Gastos de mantenimiento anual	Gastos de mantenimiento anual
€/kWh	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	años	kWh/m <sup>2</sup>	€	€/kWh solar
0.0491	510	500	20	1038	3000	0.0058

Subvención esperada	Coste final del sistema solar	Coste del kWh solar	Período de recuperación de la inversión	Ahorro total conseguido
€/ m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/kWh solar	años	€
141	369	0.0236	7.2	509,071 €
300	210	0.0159	4.1	

Como se recoge en las tablas anteriores, estimando de los datos aportados por el cliente:

- Un coste de producción de la energía convencional de 0,0377 €/kWh.
- Una producción solar anual de 518.861 kWh.
- Un coste del sistema solar, “llave en mano”, de 255.000 €.
- Unas subvenciones estimadas entre 141 y 300 €/m<sup>2</sup> de instalación solar.
- Un ahorro anual de 19.580 €.

Con todo ello los plazos de amortización de la instalación solar ascienden a 9,4 años, en el caso de recibir la subvención menor, y de 5,4 años, en el caso de recibir la mayor de las subvenciones posibles.

### 8.6.1.3. PROCESO 3. Matadero de Pollos

Mes	Radiación Disponible kWh	Energía solar útil aportada kWh	Demanda de Proceso kWh	Grado de cobertura solar de la demanda %	Coefficiente de eficacia del sistema %
Enero	274167	150598	217000	69.4%	54.9%
Febrero	260278	139356	196000	71.1%	53.5%
Marzo	293611	153202	217000	70.6%	52.2%
Abril	261667	136500	210000	65.0%	52.2%
Mayo	263333	137795	217000	63.5%	52.3%
Junio	253056	132300	210000	63.0%	52.3%
Julio	286944	155372	217000	71.6%	54.1%
Agosto	286667	159061	217000	73.3%	55.5%
Septiembre	297778	163590	210000	77.9%	54.9%
Octubre	288611	160797	217000	74.1%	55.7%
Noviembre	280556	156660	210000	74.6%	55.8%
Diciembre	282778	157542	217000	72.6%	55.7%
Anual	3329444	1802773	2555000	70.6%	54.1%
Nº Paneles Vítosol 100	650				
m <sup>2</sup> totales=	1625		V acumulación solar (L) =	10000	
Orientación=	0º (Sur)		Potencia de Intercambio (kW)=	1300	
Inclinación=	45º				
Captación solar por m <sup>2</sup> de colector	1109		kWh/m <sup>2</sup> año		
CO <sub>2</sub> evitados	540832		kg/año		

\*Fuente kg/año CO<sub>2</sub> evitados: EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97)

Combustible	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> * (Kg/GJ)	Energía Solar útil (kWh/año)	CO <sub>2</sub> evitados (Kg/año)
Fuel - Oil	75	1802773	540832

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

**Opción= Instalación con 1625 m<sup>2</sup> Vitosol 100**  
**Inversión total (antes de subvenciones) = 731250€**  
**Cálculo de rentabilidad con el precio del combustible en Julio del 2001**

Combustible	Precio de compra	PCI	Rend estacional	Coste energía auxiliar	Subvenciones esperadas por m <sup>2</sup>	
	€/kg (sin IVA)	kWh/kg	-	€/kWh	min.	max.
Fuel - Oil	0.23	10.7	43 %	0.0506	210	300

Coste energía auxiliar	Coste del sistema solar	Área de colectores	Años de vida de la instalación	Producción solar anual	Gastos de mantenimiento anual	Gastos de mantenimiento anual
€/kWh	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	años	kWh/m <sup>2</sup>	€	€/kWh solar
0.0506	450	1625	20	1109	6500	0.0036

Subvención esperada	Coste final del sistema solar	Coste del kWh solar	Período de recuperación de la inversión	Ahorro total conseguido
€/ m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/kWh solar	años	€
210	240	0.0144	4.3	<b>1.823.586 €</b>
300	150	0.0104	2.7	

**Cálculo de rentabilidad con 30 % de subida del precio del combustible**

Coste energía auxiliar	Coste del sistema solar	Área de colectores	Años de vida de la instalación	Producción solar anual	Gastos de mantenimiento anual	Gastos de mantenimiento anual
€/kWh	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	años	kWh/m <sup>2</sup>	€	€/kWh solar
0.0658	450	1625	20	1109	6500	0.0036

Subvención esperada	Coste final del sistema solar	Coste del kWh solar	Período de recuperación de la inversión	Ahorro total conseguido
€/ m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/kWh solar	años	€
210	240	0.0144	3.3	<b>2.370.661 €</b>
300	150	0.0104	2.1	

Como se recoge en las tablas anteriores, estimando de los datos aportados por el cliente:

- Un coste de producción de la energía convencional de 0,0506 €/kWh.
- Una producción solar anual de 1.802.125 kWh.
- Un coste del sistema solar, "llave en mano", de 731.250 €.
- Unas subvenciones estimadas entre 210 y 300 €/m<sup>2</sup> de instalación solar.
- Un ahorro anual de 91.180 €.

Con todo ello los plazos de amortización de la instalación solar ascienden a 4,3 años, en el caso de recibir la subvención menor, y de 2,7 años, en el caso de recibir la mayor de las subvenciones posibles.

## 8.6.1.4. PROCESO 4. Fábrica de Almíbar

Mes	Radiación Disponible kWh	Energía solar útil aportada kWh	Demanda del proceso kWh	Grado de cobertura solar de la demanda %	Coefficiente de eficacia del sistema %
Enero	153778	68175	82139	83.0%	44.3%
Febrero	169528	41056	41056	99.5%	24.2%
Marzo	186556	93438	137611	67.9%	50.1%
Abril	206306	105908	147917	71.6%	51.3%
Mayo	236528	108033	110917	97.4%	45.7%
Junio	236944	113513	123250	92.1%	47.9%
Julio	258806	139003	164306	84.6%	53.7%
Agosto	253889	154235	236194	65.3%	60.7%
Septiembre	214667	122729	184833	66.4%	57.2%
Octubre	205500	41083	41083	99.5%	20.0%
Noviembre	157333	87918	164333	53.5%	55.9%
Diciembre	143278	78538	164306	47.8%	54.8%
<b>Anual</b>	<b>2423111</b>	<b>1153630</b>	<b>1597944</b>	<b>72.2%</b>	<b>47.6%</b>
Nº Paneles Vitosol 200=	300	Temperatura Proceso=	90°C		
m <sup>2</sup> totales=	900	V acumulación solar(L) =	24000		
Orientación=	0º (Sur)	Potencia de Intercambio (kW)=	720		
Inclinación=	45º				

Captación solar por m <sup>2</sup> de colector	1282	kWh/m <sup>2</sup> año
CO <sub>2</sub> evitados	256106	kg/año

\*Fuente kg/año CO<sub>2</sub> evitados: EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook (SNAP-97)

Combustible	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> * (Kg/GJ)	Energía Solar útil (kWh/año)	CO <sub>2</sub> evitados (Kg/año)
Gas Natural	55.5	1153630	256106

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

Combustible	Precio de compra	PCI	Rend estacional	Coste energía auxiliar	Subvenciones esperadas por m <sup>2</sup>	
	€/l (sin IVA)	kWh/l	-	€/kWh	min.	max.
Gasóleo	0.363	10	70 %	0.052	180	300

Coste energía auxiliar	Coste del sistema solar	Área de colectores	Años de vida de la instalación	Producción solar anual	Gastos de mantenimiento anual	Gastos de mantenimiento anual
€/kWh	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	años	kWh/m <sup>2</sup>	€	€/kWh solar
0.0512	480.81	900	20	1282	8113.66	0.007

Subvención esperada	Coste final del sistema solar	Coste del kWh solar	Período de recuperación de la inversión	Ahorro total conseguido
€/ m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/kWh solar	años	€
180	300	0.01875	4.5	1195423 €
300	180	0.01406	2.7	

Cálculo de rentabilidad con 30 % de subida del precio del combustible

Coste energía auxiliar	Coste del sistema solar	Área de colectores	Años de vida de la instalación	Producción solar anual	Gastos de mantenimiento anual	Gastos de mantenimiento anual
€/kWh	€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	años	kWh/m <sup>2</sup>	€	€/kWh solar
0.0673	480.81	625	20	919	8113.66	0.007

Subvención esperada	Coste final del sistema solar	Coste del kWh solar	Período de recuperación de la inversión	Ahorro total conseguido
€/ m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/kWh solar	años	€
180	300	0.01875	3.5	1554050 €
300	180	0.01406	2.1	

Como se recoge en las tablas anteriores, estimando de los datos aportados por el cliente:

- Un coste de producción de la energía convencional de 0,0516 €/kWh.
- Una producción solar anual de 1.153.630 kWh.
- Un coste del sistema solar, "llave en mano", de 432.729 €.
- Unas subvenciones estimadas entre 210 y 300 €/m<sup>2</sup> de instalación solar.
- Un ahorro anual de 59.771 €.

Con todo ello los plazos de amortización de la instalación solar ascienden a 4,5 años, en el caso de recibir la subvención menor, y de 2,7 años, en el caso de recibir la mayor de las subvenciones posibles.

## 8.6.2. Características de la instalación tipo

### 8.6.2.1. Funcionamiento del esquema hidráulico tipo

#### Pre calentamiento del agua de caldera

##### Calentamiento del ACS

Si la Solartról M (1) detecta un diferencial de temperatura entre la sonda del colector (2) y la de los acumuladores (3) mayor al ajustado en su programación, ponen en marcha las bombas de circulación del circuito primario (4) y secundario (5), abriendo también la válvula motorizada (6), y se produce el calentamiento de los acumuladores solares. El agua caliente precalentada con la energía solar en los acumuladores pasará, a medida que se produzca el consumo, al interacumulador convencional (si existe o directamente a la alimentación de la caldera), donde se termina de calentar mediante la caldera si es necesario.

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

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

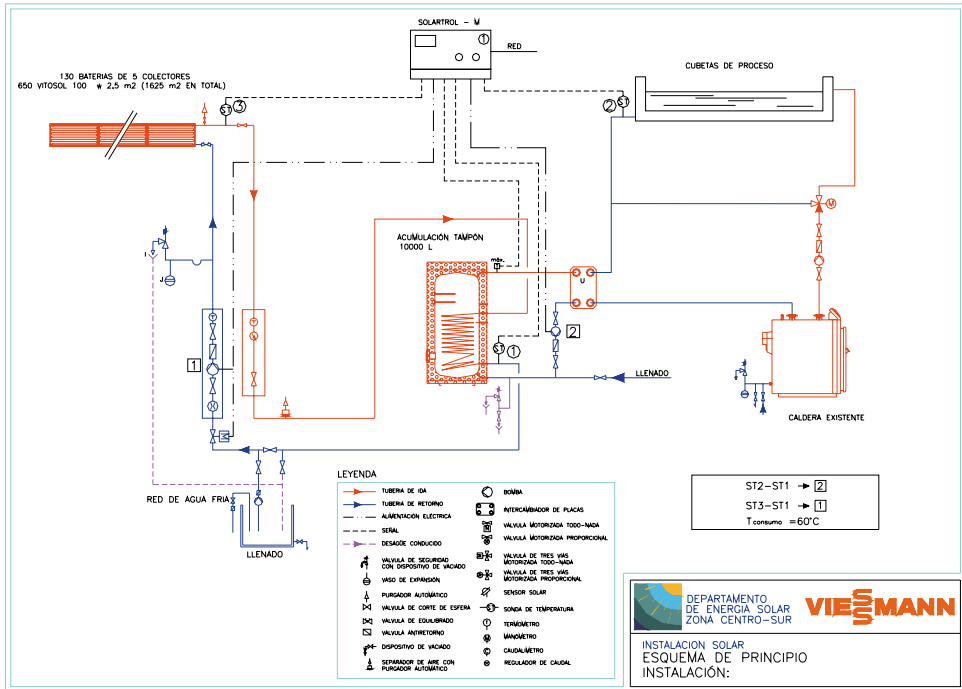


Figura 12. Esquema de la instalación.

### 8.6.2.2. Otras ventajas de las instalaciones solares

Los colectores solares Viessmann son los equipos más eficientes disponibles en el mercado, con un incremento de la producción anual por m<sup>2</sup> de colector solar de al menos un 13 %.





A ese 13 %, hay que añadir la mejora correspondiente a que el sistema se ofrecemos, en su conjunto, resulta más eficiente debido a:

- Máxima durabilidad de los colectores, pensados para soportar los climas más rigurosos (p.ej. Alemania).

- Sello de calidad del SPF (*Institut für Solartechnik Prüfung Forschung*, Instituto para la investigación y ensayos de la tecnología solar, Rapperswill, Suiza) para los colectores Vitosol.
- El arranque del sistema se produce en función del nivel de radiación solar y no sólo a partir de un diferencial de temperatura.
- Todos los materiales que forman el colector son completamente reciclables.
- Insignia de protección del Medio Ambiente, 'Angel Azul', para todos los colectores Vitosol.
- Se puede incluir el equipamiento para el teleseguimiento y contratos de garantía de resultados.
- Las fijaciones de los colectores están especialmente diseñadas para la colocación sobre las cubiertas tipo. Además la mínima separación entre los colectores de una misma batería (16 mm), consigue un efecto de superficie continua.

Por otro lado, se entiende la calidad como un compromiso entre la protección medioambiental, la productividad energética de los colectores, su facilidad de instalación y montaje, y su plena integración en el edificio, estética y funcional.

El desarrollo tecnológico Viessmann viene caracterizado por:

-  Recubrimiento: cermet de titanio solar altamente selectivo.
-  Materiales resistentes a la corrosión: como el acero inoxidable, aluminio y cobre.
-  Vidrio solar especial, de 4 mm de espesor, para el Vitosol 100 y vidrio de borosilicato para los Vitosol 200 y 300.
-  Junta continua entre el vidrio y el marco del Vitosol 100.

- Se puede elegir un Vitosol 100 con una superficie colectora de 1,7 o 2,5 m<sup>2</sup>, sirviendo ambos tamaños para el montaje horizontal o vertical.
- Los Vitosol 200 y 300 existen en dos tamaños, 2 y 3 m<sup>2</sup>.
- Existen diferentes equipos de montaje, para integración en la cubierta, montaje sobre la cubierta y el montaje independiente.
- Tuberías integradas y un aislamiento térmico muy eficaz.
- Mínimos tiempos de montaje gracias a las tuberías flexibles de unión. Con el sistema de conexionado enchufable, se pueden disponer sucesivamente sin problemas hasta seis colectores Vitosol 100.
- La conexión de entrada y salida de la batería de colectores se puede hacer por un mismo lado, ahorrando gran cantidad de tubería.
- Mínima separación entre colectores de una batería, 16 mm. Esto mejora el ahorro de espacio y la continuidad de la superficie.
- Los colectores Vitosol se pueden instalar en cualquier situación: para el montaje en cubiertas planas e inclinadas, para el montaje sobre la cubierta, la integración en la cubierta o el montaje independiente.

Los colectores solares Viessmann se suministran con un Certificado de Garantía válido para 3 años. Esta garantía se puede ampliar a 5 años mediante un contrato de mantenimiento, prorrogable a los años que se acuerden con la propiedad.



# La eficiencia energética en procesos industriales. Caso práctico

## 9.1. Presentación de la empresa

BSH (*Bosch and Siemens Home Appliances Group*) fue fundada en 1967 por Robert Bosch GmbH y Siemens AG con objeto de ofrecer electrodomésticos de alta calidad y prestaciones. En la actualidad, con 40 fábricas, 100 compañías y más de 35.000 empleados, BSH es líder del mercado de electrodomésticos de línea blanca a nivel europeo y tercero a nivel mundial. ([www.bsh-group.com](http://www.bsh-group.com))

BSH Electrodomésticos España S.A., integrada dentro del grupo BSH, dispone de seis plantas productivas de electrodomésticos de línea blanca y una de pequeños aparatos electrodomésticos, y es líder del mercado español a través de sus marcas BOSCH, SIEMENS, BALAY, GAGGENAU, LYNX y UFESA.

Esta empresa considera la compatibilidad medioambiental de sus productos y sus procesos la base esencial para la innovación y el progreso técnico. En 1989 introdujo la protección del medio ambiente en su ideario empresarial, constituyendo hoy en día un factor estratégico y de competitividad integrado como uno de sus valores corporativos.

Como complemento a los sistemas de gestión medioambiental implantados en sus factorías, BSH aplicó a la globalidad de sus actividades el "Modelo de Excelencia Medioambiental", desarrollado por el IESE (Instituto de Estudios Superiores de Empresa, Universidad de Navarra), como paso previo a la estrategia medioambiental. En 1998 se aprobó el Plan Estratégico que orienta las acciones de mejora con un horizonte de medio plazo para todas las unidades del grupo.

Se logra así que la protección del medio ambiente se aplique a todas las actividades del grupo y no sólo a las productivas, siempre dentro del marco de la

política medioambiental de la empresa y en coherencia con el criterio de “pensar globalmente y actuar localmente”.



**Figura 1.** Plan Estratégico Medioambiental 2004 – 2008.

## 9.2. Compromiso medioambiental

La necesidad de gestionar empresas responsables va tomando, cada vez más, carta de naturaleza en la sociedad; la creciente globalización nos lleva a la cuestión de si podemos seguir creando bienestar para la población de forma sostenible, es decir, sin desatender la protección del medio ambiente. Las empresas deben responder afirmativamente con hechos y con un comportamiento adecuado.

BSH contribuye a crear un desarrollo eficaz a la vez que salvaguarda a la naturaleza de los posibles efectos no deseados; y ello tanto en sus centros de producción como con sus productos.

La mejora de eficiencia de las actividades se analiza desde el desarrollo inicial de los productos, contemplando todas las etapas del ciclo de vida. Es decir, desde la concepción y diseño del producto se valoran los aspectos medioambientales de la fabricación y montaje de los componentes, la distribución

del producto, la etapa de uso en los hogares, y finalmente, el impacto ambiental asociado al residuo generado en la etapa de fin de uso.

La empresa es consciente de que en la etapa de diseño del producto o proceso se fijan los parámetros y características que supondrán la mayor parte del impacto medioambiental del mismo a lo largo de todo su ciclo de vida.

Para asegurar que en todo nuevo producto se mantienen o mejoran los aspectos medioambientales respecto de su antecesor, se tiene implantada una herramienta de gestión que asegura que en la fase de diseño de un nuevo proyecto se realiza el análisis comparativo de los aspectos medioambientales fijando objetivos de mejora. Así por ejemplo, en la fase de solicitud de proyecto de toda nueva instalación o proceso se deben valorar los aspectos medioambientales, tras lo que el responsable de medio ambiente emite un dictamen sobre las mejoras de eficiencia que la nueva instalación debe incorporar.

En lo relativo a sus procesos productivos, se considera la implantación y certificación de *sistemas de gestión medioambiental* la forma más segura de mejora continua en la reducción del impacto medioambiental. En la actualidad, BSH tiene certificadas ISO 14001 todas sus plantas productivas, además del servicio postventa de asistencia técnica.

Las actuaciones que ha desarrollado le han permitido una mejora importante de eficiencia, tanto en sus procesos productivos como en los valores de consumo de sus productos.

- Eficiencia en el uso del agua:
  - Disminución del 75 % del consumo de agua en productos.
  - Disminución del 73 % del consumo de agua en procesos.
- Eficiencia en el uso de la energía:
  - 88 % de sus productos con eficiencia energética clase A.
  - Disminución del 23 % del consumo de energía en procesos.
- Eficiencia en el uso de materias primas:
  - Disminución del 32 % de los residuos generados por aparato.
  - Disminución del 34 % de los materiales de embalaje.

## 9.3. Actuaciones de mejora de eficiencia

### 9.3.1. Balance medioambiental

El primer paso en la implantación de un sistema de gestión medioambiental consiste en la realización de un balance ambiental que, con el mayor grado de detalle posible, permita identificar todas las entradas y salidas de los procesos productivos.

Un requisito esencial para poder actuar en la mejora de un determinado aspecto ambiental es disponer de toda la información relativa al mismo. Por ejemplo, en el inicio de la gestión ambiental es muy común que una determinada empresa conozca su consumo total de agua y de energía pero desconozca en detalle las características de sus puntos de consumo, así como, las pérdidas de eficiencia asociadas.

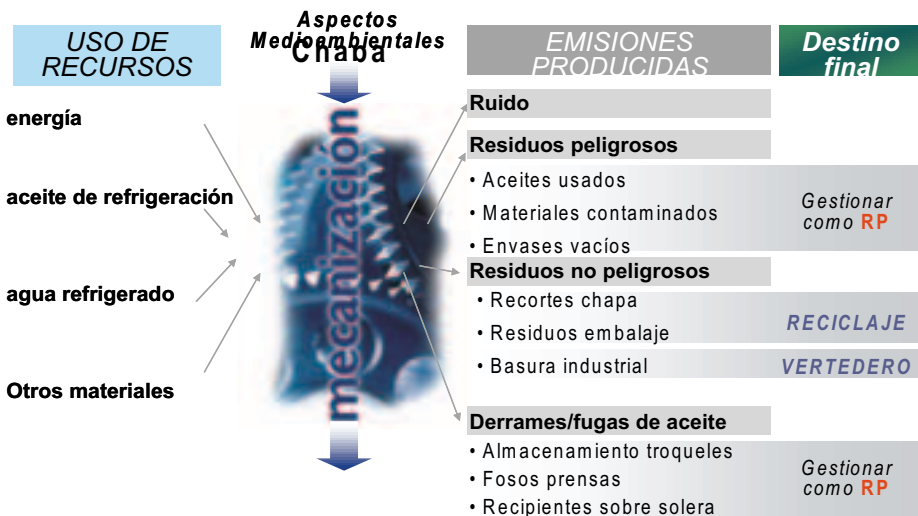


Figura 2. Balance medioambiental simplificado, etapa de mecanización.

Un análisis detallado por procesos e instalaciones, identificando los valores de consumo de energía, agua, productos químicos, etc. (*entradas al sistema*), así

como los residuos y las características y propiedades de las emisiones y vertidos, (*salidas del sistema*) permite disponer de la información necesaria para plantear, analizar y valorar actuaciones de mejora de eficiencia.

Una vez que se dispone de un balance medioambiental detallado de entradas y salidas por instalaciones, se debe pasar a la fase de planteamiento y valoración de acciones de mejora.

### 9.3.2. Mejora de eficiencia instalaciones existentes

BSH coordina sus actuaciones bajo la directriz de "pensar global y actuar localmente", a la hora de plantear acciones, hay que tener muy presente la visión global y la *interactividad* de todos los aspectos ambientales. No se pueden considerar aisladamente y de forma independiente debido a que la actuación sobre uno determinado puede suponer la mejora o empeora de los otros aspectos.

Por ejemplo, para lograr reducir el consumo de energía de un determinado proceso no sólo debemos plantear las mejoras directas asociadas al propio consumo de energía (como podría ser eficiencia de un quemador de combustión), sino también la mejora de eficiencia de otros aspectos del proceso que indirectamente conllevarán una reducción del consumo de energía (como por ejemplo, la reducción del consumo de agua en una instalación de desengrase de chapa, conlleva una reducción del consumo de energía asociada al calentamiento de la misma).

Para comprender más claramente las actuaciones que se van a describir, es conveniente conocer brevemente el proceso productivo. Básicamente se puede simplificar en tres etapas, una primera, mecánica, en la que partiendo de bobina de chapa se conforman los bastidores y diferentes componentes del electrodoméstico. Una segunda, recubrimientos, en la que se realiza la limpieza de la chapa (eliminar el aceite que contiene) y posteriormente, se aplica la protección superficial correspondiente (pintado, esmaltado, etc.). Finalmente, está la etapa de montaje y ensamblado de todos los componentes y embalado final del producto.

**TABLA 1.** Ejemplo de actuaciones de mejora de eficiencia en recubrimientos.

<p><i>Actuaciones de mejora de eficiencia energética desarrolladas en una instalación de tratamiento de chapa (desengrase y aplicación)</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● <i>Mejora de la eficiencia de los quemadores a gas</i></li><li>● <i>Aprovechamiento del calor residual para el calentamiento de los baños y para el secado de las piezas</i></li><li>● <i>Alargamiento de la vida de los baños, mediante la instalación de equipos de ultrafiltración y trabajando la composición de los productos químicos, por lo que disminuía el consumo de agua y por tanto la energía consumida en su calentamiento</i></li><li>● <i>Incorporación de nuevas composiciones de productos químicos de forma que el proceso de polimerizado se realice a menor temperatura</i></li></ul>
---

Se muestra un ejemplo de la interactividad de los aspectos medioambientales. La principal reducción del consumo de energía en la etapa de recubrimientos (limpieza de la chapa), se ha logrado gracias a las actuaciones enfocadas al alargamiento de la vida de los baños de desengrase y desarrolladas con objeto de reducir los consumos de agua. Mediante la instalación de equipos de ultrafiltración que permiten eliminar el aceite contenido en los baños, se logró reducir la saturación de los mismos, mejorar la eficiencia de limpieza de superficie y supuso que muchas cubas de 10 metros cúbicos de agua que inicialmente se debían cambiar semanalmente, se pasase a una vida media aproximada de 6 meses, con la consiguiente reducción del consumo de agua, del consumo de energía asociada a su calentamiento y la consumida en el posterior proceso de depuración. Además de trabajar el aspecto agua, se analizaron el resto de aspectos que indirectamente influían en la eficiencia de todo el proceso, como pueden ser los productos químicos. Trabajando con la composición de los productos químicos utilizados en el desengrase se pudo disminuir la temperatura operacional de trabajo, reducción del consumo de energía consumida en su calentamiento, además, como en el caso anterior de alargar la vida de los baños.

Además de la interactividad de los aspectos y de la visión global de los sistemas, otro aspecto importante es aplicar soluciones de mejora al inicio del

proceso y no actuaciones de solución de “final de tubería” (solución final cuando debemos corregir un aspecto medioambiental sobre el que hemos influido negativamente). Como ejemplo se describe las actuaciones desarrolladas en la planta del grupo ubicada en Santander.



**Figura 3.** Balance medioambiental simplificado, etapa de recubrimientos.

En 1993 se planteó en Santander la necesidad de instalar una estación depuradora de aguas residuales. En lugar de aplicar una solución de final de tubería, la estrategia seguida fue el análisis detallado de los procesos, la mejora de eficiencia de los mismos y la reducción del consumo de agua.

Las actuaciones desarrolladas fueron las que se recogen en la Tabla 2.

**TABLA 2.** Ejemplo de actuaciones de mejora de eficiencia en agua.

<b>Instalación/Equipo</b>	<b>Mejora</b>
<i>Recuperación aguas básicas</i>	<i>Alargar vida baños</i>
<i>Microfiltración baños</i>	<i>Alargar vida baños y eliminación aceites</i>
<i>Retardo ácido</i>	<i>Reducción consumo de agua, ácido y carga vertido</i>
<i>Filtrado lodos esmalte</i>	<i>Reducción carga contaminante vertido</i>
<i>Programación baños de decapado</i>	<i>Reducción consumo de agua, ácido y carga vertido</i>
<i>Ultrafiltración equipo limpieza</i>	<i>Reducción consumo de agua y carga vertido</i>
<i>Circuitos cerrados refrigeración</i>	<i>Reducción consumo de agua</i>
<i>Fluxómetros en los servicios</i>	<i>Reducción consumo de agua</i>
<i>Aprovechamiento de agua de lluvia refrig.</i>	<i>Reducción consumo de agua</i>

Lo que permitió, además de una importante reducción del consumo de energía, las siguientes mejoras:

**TABLA 3.** Mejoras obtenidas, situación inicial / final

<p><b>SITUACION INICIAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Consumo 62.346 m<sup>3</sup> equivalente a 212 litros/unidad fabricada</li><li>• Necesidad de una depuradora de Q=20 m<sup>3</sup>/h (Inversión aprox. de 720.000 euros)</li><li>• Estimación de coste del ciclo de agua / unidad fabricada. <b>1.18 euros</b> (agua+saneamiento+depuración)</li></ul> <p><b>SITUACION FINAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Consumo anual de 21.238 m<sup>3</sup> equivalente a 45 litros/unidad fabricada</li><li>• Necesidad de una depuradora de Q=4m<sup>3</sup>/h, con una inversión de 96.000 euros</li><li>• Inversión total realizada (incluyendo depuradora) 324.000 euros</li><li>• Coste del ciclo de agua / unidad fabricada <b>0.18 euros</b> (costes reales de agua+saneamiento+depuración)</li></ul>
--

En resumen, cuando se planteó la instalación de una planta depuradora los consumos de agua existentes en aquel momento requerían una inversión que ascendía a más de 721.000 € y los costes del ciclo del agua (captación, tratamiento y depuración), a 1,2 € por aparato fabricado. Una vez implantadas las mejoras en los procesos (inversión de 228.000 €) y obtenida una importante reducción del consumo de agua, se instaló una estación depuradora con una inversión de 96.000 € y un coste del ciclo del agua de aproximadamente 0,18 € por aparato.

De esta forma, la mejora de eficiencia ha supuesto una reducción del impacto medioambiental, así como una mejora económica tanto en inversión (ahorro de más de 390.000 €) como en coste del producto fabricado (reducción de 1 € por unidad producida), contribuyendo así a la mejora de productividad y competitividad de la empresa.

### 9.3.3. Eficiencia en nuevas instalaciones

Un aspecto muy importante es considerar los aspectos medioambientales en todos los cambios de procesos, productos y servicios que se realicen en la



ubicación. Se debe asegurar que en toda nueva instalación que se va a incorporar se identifican los consumos energéticos y se analiza su eficiencia.

En BSH se dispone de un *checklist* que debe ser cumplimentado por el responsable de todo nuevo proyecto en la fase de solicitud de pedido y que permite que, conjuntamente con el responsable de medio ambiente, se evalúen todos los aspectos medioambientales.

Listado de chequeo para la evaluación medioambiental de inversiones y/o gastos de equipamientos, cambios de proceso, o de servicios			
Eventualidad y breve descripción del nuevo cambio de equipamiento, proceso o servicio		Señalar el anterior <input type="checkbox"/> Medio al anterior <input type="checkbox"/> No existe anteriormente <input type="checkbox"/> De otros <input type="checkbox"/> Fecha aprox. implantación:	
1. Reportaciones sobre el Medio Ambiente o sobre las instalaciones (1)			
Consumo de energía <input type="checkbox"/>	Residuos Sólidos y Peligrosos <input type="checkbox"/>	Radiación alta beta, rayos x <input type="checkbox"/>	
Consumo de agua <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	Radiación penetrante, base UV <input type="checkbox"/>	
Consumo de otros recursos <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	Cristales/Resinas <input type="checkbox"/>	
----- <input type="checkbox"/>	Emisiones atmosféricas <input type="checkbox"/>	Materiales pesados/volátiles <input type="checkbox"/>	
Residuos <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	
----- <input type="checkbox"/>	Vibración <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	
----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	Ruido <input type="checkbox"/>	
Otros <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	
2. Enumerar los Productos Químicos que sufren una modificación en su UTILIZACIÓN, Emisión, Vertido, etc. (2)			
----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	
----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	
----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	
3. ¿Durante el Proceso de implantación del cliente cómo se ven afectados los Aspectos Medioambientales? (3)		4. ¿El tipo de su vida útil el equipamiento será en estado:	
Residuos generados <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	Peligroso <input type="checkbox"/>	
Consumo de energía <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	No Peligroso <input type="checkbox"/>	
Vertidos <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	Reutilizable <input type="checkbox"/>	
----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	----- <input type="checkbox"/>	
Área y Responsable del Proyecto		Inversión/Gasto (€)	
-----	-----	- Total aprox.:	
-----	-----	- % imputable a inversión I+D.	
Declaración del Encargado de Protección del Medio Ambiente			
-----		-----	
Firma		Fecha	

Figura 4. Checklist de valoración de aspectos, nuevos proyectos.

Este sencillo proceso se aplica a todo cambio (producto, proceso o servicio) que se produce en una ubicación y permite no sólo tomar medidas preventivas,

sino además aprovechar las oportunidades que ofrecen los momentos de cambio para incorporar mejoras de eficiencia.

En el caso de incorporar instalaciones, como puede ser una nueva prensa, la toma de medidas preventivas asegura que antes de su implantación se proceda a la protección del suelo (impermeabilización del foso, instalación de bandejas, etc.), a la mejora de eficiencia (consumo en *stand-by*, automatismos de control, etc.), así como a la formación y sensibilización de los colaboradores.

En el caso de las oportunidades de mejora que se ofrecen en los momentos de cambio, se muestra un ejemplo, aplicable a cualquier actividad, como es la remodelación de los vestuarios de una de las fábricas del grupo. En este caso, el análisis del proyecto de remodelación permitió incorporar mejoras, tanto consideraciones bioclimáticas en edificación como en iluminación, que no habían sido tenidas en cuenta en el proyecto original.

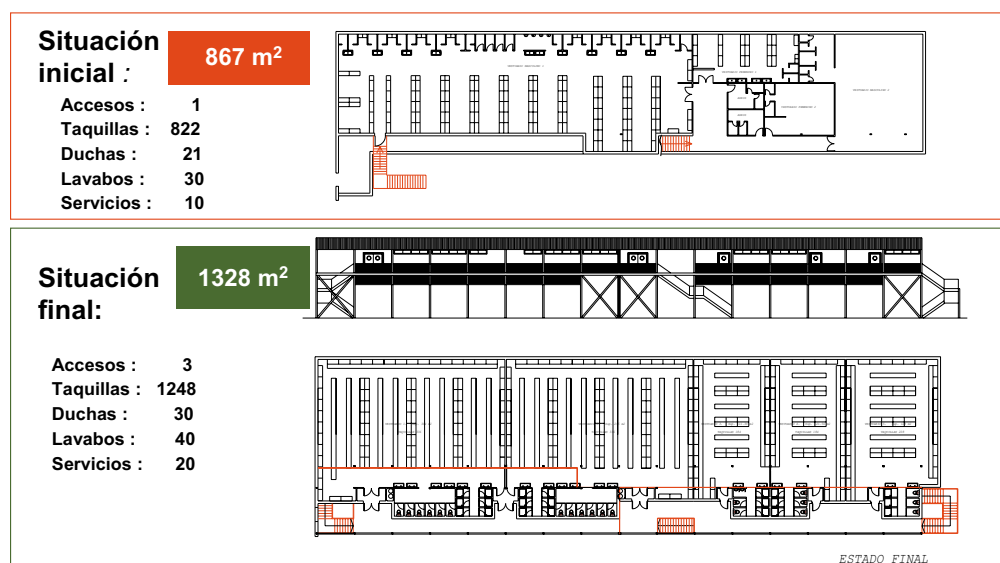


Figura 5. Remodelación de vestuarios.

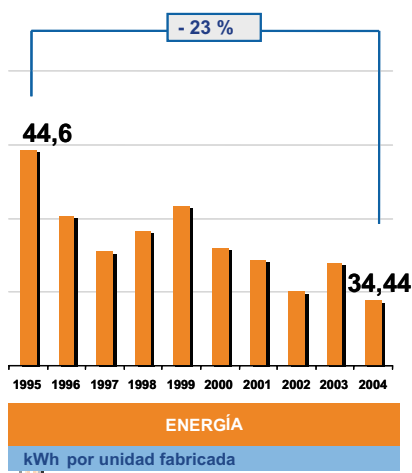
Los cambios incorporados en el proyecto, principalmente mejoras en climatización e iluminación, supusieron únicamente un incremento de 2060 € en la inversión del proyecto, que fue amortizado en tan sólo medio año.

**TABLA 4.** Mejoras incorporadas, remodelación vestuarios.

Mejoras incorporadas:		
<b>Pasivas en edificación</b>	<i>Consideraciones bioclimáticas pasivas en aislamiento y posición, dimensionado y calidad de ventanas.</i>	
<b>Agua</b>	<i>Dispositivos ahorradores en lavabos, duchas e inodoros</i>	
<b>Iluminación</b>	<i>Lámparas fluorescentes de 36 W de bajo contenido en mercurio Balastos electrónicos con detectores de presencia</i>	
<b>Económicas</b> (estimación a igual iluminación respecto a tecnología anterior)		
Situación	ANTERIOR	NUEVA
Potencia instalada	11,34 kW	6,93 kW
Coefficiente de utilización	100 %	40 %
Horas de utilización	7.680	3.072
Consumo	87.091 kWh	21.289 kWh
Coste (coste 0.06 euros/kWh)	5225 euros/año	1277 euros/año
Incremento inversión		2060 euros
Ahorro anual	<b>3948 euros</b>	

### 9.3.4. Resultados obtenidos

La implantación de sistemas de gestión medioambiental ha permitido la mejora sistemática de la eficiencia de los procesos productivos, y así, desde 1995, año en el que se inicio el análisis e incorporación de mejoras en los procesos, **se ha logrado disminuir un 23 % el consumo de energía** por cada aparato de línea blanca que se fabrica, lo que supone una importante reducción de la influencia sobre el efecto invernadero.



**Figura 6.** Evolución del consumo de energía.

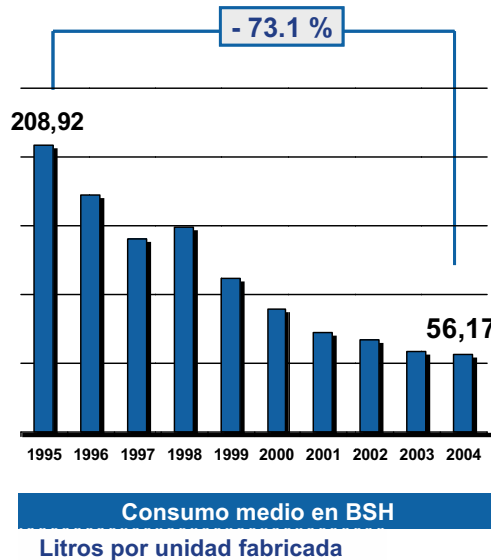
La mejora alcanzada se ha logrado gracias a la involucración y al trabajo de los diferentes departamentos de la empresa. Como se ha comentado, entre las actuaciones más relevantes cabe destacar:

- ❁ *Incorporación de plantas de cogeneración.* En tres de las fábricas se han implantado instalaciones a gas para la producción de energía eléctrica (1 MWh), con aprovechamiento del calor residual en los procesos de calentamiento de los baños de tratamiento de chapa y calefacción en los meses de invierno.
- ❁ *Sustitución de instalaciones.* Se analizaron qué instalaciones eran menos eficientes y se procedió a la sustitución progresiva de las mismas. Como ejemplo, la incorporación de una caldera de producción de agua caliente con recuperación de calor, en sustitución de la antigua caldera de producción de vapor sin recuperación de condensados, supuso un ahorro anual de 2,5 millones de termias y más de 17 millones de litros de agua.
- ❁ *Mejora de los procesos existentes.* Se trabajó en la mejora técnica de los procesos existentes para hacerlos más eficientes. Así, por ejemplo, se mejoraron:
  - ◆ las instalaciones de desengrase de chapa (aprovechamiento calor residual, modificación productos químicos, modificaciones de diseño lavados, instalación de equipos de ultra-filtración, instalación intercambiadores, etc.);
  - ◆ las instalaciones de aplicación y polimerizado de pintura o esmalte (mejora en el proceso de renovación de aire, aprovechamiento del calor residual, mejora de aislamientos, modificación composición productos químicos, etc.);
  - ◆ las instalaciones de aire comprimido (sustitución de elementos, revisión de fugas y plan de mantenimiento, instalación de automatismos de desconexión, etc.).
- ❁ *Análisis previo de nuevas instalaciones.* Una vez incorporadas las principales mejoras en las instalaciones existentes el objetivo debe ser asegurar que se

identifican los consumos energéticos y se estudia su reducción en toda nueva instalación que se va a incorporar a la planta. El análisis medioambiental que se realiza se lleva más allá de las instalaciones del proceso productivo.

■ *Mantenimiento preventivo y sensibilización.* Finalmente, para asegurar que las mejoras incorporadas resultan eficientes es necesaria una labor de mantenimiento preventivo de las instalaciones y de concienciación. Esto último se ha conseguido gracias a las campañas de sensibilización y formación de la plantilla que se realizan anualmente en las diferentes plantas del grupo.

Las actuaciones realizadas han permitido, además de la disminución del consumo de energía, una importante mejora en la eficiencia de otros parámetros. **En el caso del agua, desde 1995 se ha reducido en un 73 % su consumo por aparato fabricado**, lo que en muchos casos supone además un menor consumo de energía asociado a las etapas de tratamiento y uso de este agua.



**Figura 7.** Evolución del consumo de agua.

En el Informe al Club de Roma (1997), E. U. Weizsaecker y A. Lovins introducen el concepto de "Factor 4" como la necesidad de duplicar el bienestar con la mitad de recursos naturales.

Gracias a la mejora continua, BSH ha logrado, desde 1994, el "Factor 4" en el uso del agua, es decir, "el doble con la mitad de recursos".

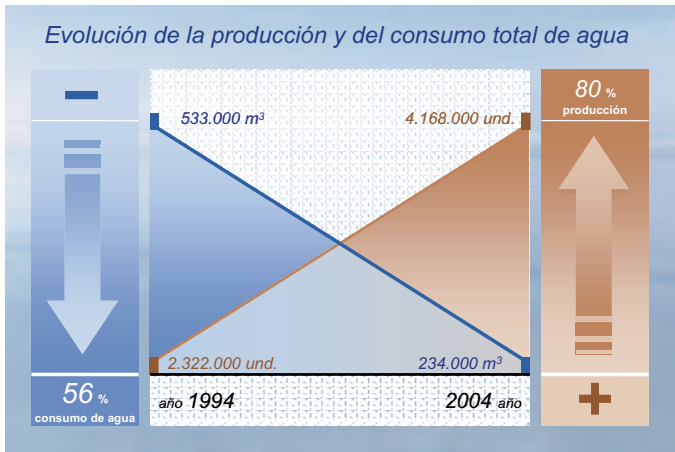


Figura 8. Factor 4 en el uso del agua.

- Mejora de los procesos existentes. La principal herramienta para la reducción del consumo ha sido el análisis sistemático de los procesos productivos. En este campo se han realizado muchas actuaciones, como son: sustitución de productos químicos para el alargamiento de la vida de los baños de desengrase de chapa; eliminación de circuitos abiertos de uso del agua y sustitución por circuitos cerrados; incorporación de equipos de ultrafiltración; sensibilización de todo el personal sobre la importancia de la reducción del uso del agua; etc.
- En las plantas de BSH en Montañana, el grupo de mejora integrado por los departamentos de ingeniería, procesos y medio ambiente, realiza propuestas de actuación tanto técnicas, como organizativas o de sensibilización, contemplando el ciclo completo del agua, es decir, desde su entrada en la fábrica hasta su salida en forma de vertidos. Se debe destacar, que las plantas de Montañana extraen de un pozo la mayor parte de su consumo de agua, lo que supone un menor impacto medioambiental respecto al uso de agua potable ya que este agua de pozo es sometida al tratamiento mínimo para garantizar las propiedades necesarias para su uso posterior. Este aspecto supone un uso racional y de bajo impacto, ya que en lugar de tomar agua potable para todos los usos de la planta, es decir la de máxima

calidad y mayor impacto, se adecua la calidad a cada uso, minimizando así el impacto al medio ambiente.

En la planta de Estella, los departamentos de ingeniería y medio ambiente han trabajado unidos para lograr un circuito cerrado entre el agua industrial depurada en la instalación y los túneles de pintura, y así alcanzar el objetivo de "Vertido Cero". Al agua de los túneles de tratamiento de chapa se le añaden productos químicos desengrasantes y fosfatantes que van a participar en la limpieza de la chapa. Con el paso de los días este agua se va contaminando y es necesario renovarla, por lo que es enviada a la depuradora. Curiosamente, en el proceso de depuración se le debe eliminar un contaminante, el fosfato, que es de utilidad en el proceso de desengrase. Analizando las propiedades, calidades y necesidades de agua surgió el proyecto de reutilización del agua de salida de depuradora como recurso de entrada en los procesos.

Así mismo, desde 1995 se han reducido en un 32 % los residuos generados por aparato fabricado.

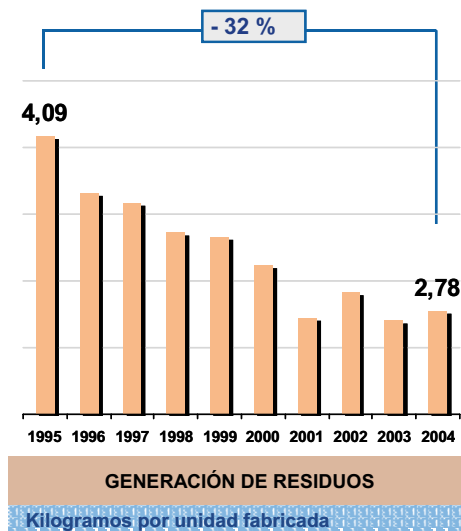


Figura 9. Evolución de los residuos generados.

La eficiencia de los procesos productivos está directamente relacionada con la cantidad de materiales y recursos que se logran aprovechar en el proceso. En

este campo, los residuos que se generan representan una clara ineficiencia de la producción ya que no sólo no se realiza un buen aprovechamiento de materias primas, sino que en gran parte de las ocasiones estos residuos terminan en un vertedero generando un mayor impacto ambiental.

Desde 1995, BSH viene trabajando en el análisis de los procesos para lograr una reducción de los residuos generados. Analizando los procesos desde el diseño del producto, trabajando con los proveedores en el diseño de nuevos embalajes reutilizables para sus componentes, y estudiando alternativas en el uso de productos químicos en los procesos industriales, se ha conseguido una reducción de un 32 % en los residuos generados por aparato fabricado.

● *Embalajes reutilizables.* Una de las principales actuaciones en las fábricas para conseguir la reducción de los residuos generados ha sido la incorporación de embalajes retornables en la adquisición de piezas del proveedor. Con ese fin, se han realizado grupos de trabajo integrados por los diferentes departamentos de la empresa (desarrollo de producto, planificación, compras, ingeniería, etc.). Como resultado de su trabajo y una vez analizados los principales componentes de los productos, se ha incrementado notablemente el uso de embalajes retornables, lo que ha supuesto una importante reducción de los materiales de embalaje y de los residuos generados.

### 9.3.5. Etapa de distribución

El transporte es una de las actividades más contaminantes de nuestra sociedad ya que debido a las emisiones de CO<sub>2</sub> que genera contribuye en gran medida al efecto invernadero y, por tanto, al cambio climático.

En este campo el grupo trabaja en la mejora de la eficiencia de su transporte, principalmente a través de tres actuaciones: el grado de ocupación de los vehículos; el porcentaje de uso del ferrocarril en el transporte internacional de sus productos y el embalaje de los productos.



Entre las acciones que permitieron hace unos años *incrementar el grado de ocupación de los vehículos* destacan dos. En primer lugar, el cambio de diseño en el embalaje de los frigoríficos permitió transportarlos en posición horizontal, lo que incrementó en un 14 % el número de frigoríficos transportados en cada camión. En segundo lugar, un cambio de diseño en la tapa de varios modelos de lavadoras destinadas a exportación, permitió un aumento del 33 % en la ocupación de los camiones que transportan estos modelos, para los envíos de España a Alemania.

BSH apuesta por *el ferrocarril como el medio de transporte* menos contaminante y más eficiente energéticamente. En los dos últimos años, el departamento de logística ha incrementado un 8 % su uso en el transporte internacional de los productos.

El departamento de desarrollo de producto ha realizado un importante trabajo en la mejora de los *aspectos medioambientales de sus embalajes*. Así, los nuevos diseños de embalajes que, además son más fácilmente reciclables, presentan una reducción de peso del 43,9 % lo que ha supuesto un menor uso de recursos, un menor consumo de energía en el transporte y una menor cantidad de residuos generados.

BSH fue elegida por Ecoembes como único representante del sector de fabricación de electrodomésticos con objeto de la publicación por primera vez en nuestro país de un catálogo con los ejemplos más relevantes de prevención de residuos de envases.

## 9.4. Formación, sensibilización y comunicación

La empresa considera la sensibilización medioambiental, tanto de sus trabajadores, proveedores y clientes, como de la sociedad en general, pieza clave en busca de la mejora medioambiental.

En lo relativo a la *sensibilización interna de sus colaboradores* el principal objetivo que se fija es la integración de los aspectos medioambientales en el trabajo

diario de cada uno. Para BSH el medio ambiente no debe ser un aspecto diferencial, sino integrado en cada actuación de los diferentes departamentos. De esta forma considera la formación el paso primordial para que todos los integrantes del grupo adquieran su compromiso con el medio ambiente.

En cada una de las fábricas se realizan anualmente charlas de sensibilización medioambiental a toda la plantilla, en las que se exponen los logros conseguidos en el año, los objetivos de cara al futuro, así como el compromiso de mejora medioambiental que la empresa tiene, y como la colaboración de todos es esencial para alcanzarlo. A través de carteles, folletos y videos se exponen los objetivos alcanzados, así como los aspectos medioambientales más significativos de la planta.

Para difundir entre toda la plantilla diferentes comunicaciones medioambientales, dos veces al año se preparan y reparten "eco-mensajes" con consejos sencillos que pueden aplicar a su vida diaria y que implican mejoras medioambientales.

Con objeto de motivar la participación de todos sus empleados en el proceso de mejora continua, existe un programa, "Top Idea", que fomenta la participación premiando las sugerencias que supongan una mejora para la empresa. En dicho programa existe un apartado especial para incentivar las ideas y sugerencias que ayuden a disminuir los efectos de las actividades de la empresa sobre el medio ambiente y la mejora de eficiencia.

Además de las campañas de sensibilización, BSH aprueba anualmente un *Plan de Formación* en el que se integra la formación medioambiental. Así, el pasado año se impartieron más de 1.000 horas de formación medioambiental específica a los departamentos de desarrollo de producto, ingeniería, mantenimiento, logística, compras, marketing, servicio de asistencia técnica, etc. Los principales seminarios impartidos han sido:

- Sistemas de gestión medioambiental.
- Eco-diseño de productos.

- Eficiencia energética en instalaciones.
- Mejora de eficiencia en actividades de mantenimiento.
- Gestión de la planta depuradora de aguas residuales.
- Gestión de residuos industriales.
- Diseño de productos medioambientalmente compatibles

Se debe destacar que en los planes de formación y sensibilización, también se tiene en cuenta al personal de las empresas subcontratadas que realizan trabajos en las instalaciones de BSH, ya que los criterios que se les exige es que actúen conforme a las directrices de ésta.