

# Guía de Ahorro Energético



## Comercios de Alimentación

Madrid Vive Ahorrando Energía

# Guía de Ahorro Energético en Comercios de Alimentación



Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2006

# Presentación

La evolución del comercio 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 los establecimientos comerciales de alimentación (iluminación, climatización, refrigeración, etc.), después de los gastos de personal.

Por otra parte, en la estrategia energética de la Comunidad de Madrid juega un papel central la promoción de las energías renovables, así como la aplicación de medidas de ahorro y eficiencia energética, al objeto de minimizar el impacto ambiental que supone el uso de la energía, al tiempo que se aumenta la competitividad de las empresas madrileñas y se incrementa el grado de autoabastecimiento de la región. Esta estrategia está en línea con los objetivos de la política energética nacional y con el cumplimiento del Protocolo de Kyoto.

Estas medidas están dando ya resultados positivos, es decir, la incorporación de medidas de eficiencia energética y sostenibilidad en la gestión de los comercios son una inversión rentable.

Por ello, la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, en colaboración con la Confederación de Empresarios de Comercio Minorista, Autónomos y de Servicios de la Comunidad de Madrid (CECOMA), han decidido publicar esta Guía para informar a los empresarios y a otros profesionales relacionados con el sector de las ventajas de la aplicación de las nuevas tecnologías, todo ello enmarcado dentro del Plan de Fomento e Impulso del Pequeño Comercio de la Comunidad de Madrid (Plan FICO 2004-2007) y de la Campaña Madrid **Ahorra** con Energía.

**Carlos López Jimeno**

Director General de Industria, Energía y Minas

# Prólogo

Uno de los temas más importantes que las sociedades modernas cada vez se plantearán con más existencia será, sin ninguna duda, el de la eficiencia energética y su estrecha relación con el medioambiente y la sostenibilidad. Se trata de una problemática de enormes implicaciones económicas y sociales.

Si esto ocurre en todos los sectores, para los comercios relacionados con la alimentación la eficiencia energética resulta un gran reto que en muchas ocasiones puede poner en entredicho o asegurar la viabilidad de un negocio. El desarrollo tecnológico está haciendo que cada día surjan nuevas posibilidades, lo que obliga a los comerciantes a un permanente esfuerzo.

Es por eso que hay que dar la bienvenida a esta Guía, que pretende de un modo riguroso estudiar la eficiencia energética de la Pyme y proponer medidas para mejorarla. La energía que gastamos en alumbrado, agua, o climatización y su gestión acertada, son problemas a los que los comerciantes se enfrentan día a día y que en esta Guía se abordan con acierto.

La energía solar, como alternativa cada vez práctica, merece unos capítulos especiales en esta Guía, y es un ejemplo real de lo que las nuevas tecnologías pueden aportar en la necesaria modernización y mejorar de la eficiencia energética.

Este trabajo, junto a las jornadas de presentación previstas, ayudarán al comerciante madrileño a conocer mejor una parte esencial de todos sus negocios y contribuirán a un debate fundamental que todos tenemos planteados.



**Salvador Santos Campano**

Vicepresidente Primero de la Cámara de Madrid

# 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 en comercios de alimentación**  
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 locales y edificios del sector comercial**  
D. José J. Vilchez. 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. **Energía solar fotovoltaica**  
D. Oscar Perpiñán  
Gerente de Ingeniería de Isofotón  
[www.isofoton.com](http://www.isofoton.com)
- Capítulo 7. **La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización**  
Departamento de Energía Solar  
Viessmann, S.L.  
[www.viessmann.es](http://www.viessmann.es)
- Capítulo 8. **Gestión energética de instalaciones**  
D. Koldo Bustinza  
[www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es)

# 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	25
1.2.6. Componentes del Índice de Eficiencia Energética	26
1.2.6.1. Cultura Energética	27
1.2.6.2. Mantenimiento	31
1.2.6.3. Control	33
1.2.6.4. Innovación	36
1.2.7. Conclusiones	38
1.2.7.1. Cultura Energética	39
1.2.7.2. Mantenimiento	39
1.2.7.3. Control	40
1.2.7.4. Innovación	40
CAPÍTULO 2. Medidas para la eficiencia energética	43
2.1. Introducción	43
2.2. Optimización tarifaria	44
2.2.1. Mercado Liberalizado: Gas y Electricidad	45
2.3. Optimización de instalaciones	46
2.3.1. Estudio del consumo	46
2.3.1.1. Consumo de energía en Comercios de Alimentación	46
2.3.1.2. Distribución del consumo energético	47
2.3.2. Parámetros de eficiencia energética	48

2.3.3. Estrategias y medidas de ahorro energético en comercios de alimentación	49
2.3.3.1. Iluminación	51
2.3.3.2. Calefacción y aire acondicionado	56
2.3.4. Gestión y mantenimiento energético	62
2.3.5. Eficiencia energética de edificios. Análisis de la Directiva 2002/91/CE	63
2.3.5.1. Certificado de eficiencia energética	66
2.3.5.2. Inspección de calderas y de los sistemas de aire acondicionado	66
2.4. Conclusiones	67
CAPÍTULO 3. Ahorro de energía eléctrica en el alumbrado	71
3.1. Introducción	71
3.1.1. Antecedentes	
3.1.2. Alumbrado en comercios de alimentación	71
3.2. Directivas, Códigos, Leyes y Reglamentos sobre la Eficiencia Energética	72
3.2.1. Norma UNE 12464-1 relativa a "Iluminación de los lugares de trabajo en interior"	73
3.2.2. Real Decreto 208/2005, relativo a la Directiva RAEE sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos	74
3.2.3. Código Técnico de la Edificación (CTE). Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	75
3.2.4. RoHS. Directiva sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos	78
3.3. Cómo se puede ahorrar energía en instalaciones de alumbrado	79
3.3.1. Fase de Proyecto	80
3.3.1.1. La predeterminación de los niveles de iluminación	80
3.3.1.2. Elección de los componentes de la instalación	82
3.3.1.3. Elección de sistemas de control y regulación	87
3.3.2. Ejecución y explotación	88
3.3.2.1. Suministro de energía eléctrica	88

3.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados	89
3.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados	89
3.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados	89
3.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial	89
3.3.2.6. Uso flexible de la instalación	90
3.3.3. Mantenimiento	90
3.3.3.1. Previsión de operaciones programadas	91
3.3.3.2. Respeto de las frecuencias de reemplazo de los componentes	92
3.3.3.3. Reemplazo llevado a cabo con componentes correctos	92
3.3.3.4. Recogida, transporte y reciclaje de los elementos sustituidos	92
3.3.4. Consejos a la hora de elegir las lámparas. Coste Total de Propiedad (CTP)	93
3.3.5. Consejos para la realización de proyectos de alumbrado en comercios de alimentación	101
3.3.5.1. Tendencias en la iluminación de comercios	101
3.3.5.2. Parámetros en la iluminación de comercios	101
3.3.5.3. Soluciones lumínicas	102
3.3.5.3.1. Alumbrado General. Góndolas altas y techos altos – Fluorescencia	102
3.3.5.3.2. Alumbrado General. Góndolas altas y techos altos – Campanas	103
3.3.5.3.3. Alumbrado General. Muebles bajos y techos bajos – <i>Downlights</i>	105
3.3.5.3.4. Alumbrado General. Muebles bajos y techos bajos – <i>Downlights</i>	107
3.3.5.3.5. Alumbrado de Acento. Combinación de alumbrado general + acento	108
3.3.5.3.6. Alumbrado de Producto. Góndolas altas y techos altos – Longitudinal asimétrica	110
3.3.5.3.7. Alumbrado de Producto. Góndolas altas y techos altos – Longitudinal bidireccional	112



5.4.1. Gestión de componentes del sistema: cambio de modo de operación	172
5.4.2. Gestión de enfriamiento gratuito por aire exterior (ITE 02.4.6) y recuperación de calor	173
5.5. Consideraciones finales	175
CAPÍTULO 6. Energía solar fotovoltaica	179
6.1. Introducción	179
6.1.1. Energía Solar Fotovoltaica	179
6.1.1.1. La radiación solar	179
6.1.1.2. Características	180
6.1.1.3. Aplicaciones	182
6.1.1.4. Integración arquitectónica	183
6.2. Legislación referente a SFCR	183
6.2.1. Código Técnico de la Edificación	185
6.3. Integración arquitectónica	187
6.4. Componentes de un SFCR	190
6.4.1. Generador FV	190
6.4.2. Inversor	190
6.4.2.1. Protecciones internas de los inversores	191
6.4.3. Cableado	191
6.4.4. Resumen de protecciones	192
6.5. Sistemas de seguimiento	194
CAPÍTULO 7. La energía solar térmica: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización	199
7.1. Introducción	199
7.2. Posibilidades de ahorro solar en comercios de alimentación	201
7.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas.	203
Componentes	
7.3.1. Subsistema de Captación	204
7.3.2. Subsistema de Acumulación	207
7.3.3. Subsistema de Intercambio	209
7.3.4. Subsistema de Regulación y Control	209
7.3.5. Subsistema de Energía Auxiliar o Convencional	210
7.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica	212

7.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica	212
7.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica	214
7.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica	214
7.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica	216
7.6. Caso ejemplo: apoyo a la calefacción y refrigeración en un supermercado con energía solar	218
7.6.1. Objetivo	218
7.6.2. Selección de opciones	218
7.6.3. Características de la instalación	219
7.6.3.1. Descripción general	219
7.6.3.2. Funcionamiento del esquema hidráulico	219
7.6.3.3. Cálculos energéticos y económicos	219
7.7. Resumen de los beneficios de solarizar un comercio de alimentación	221
CAPÍTULO 8. Gestión energética de instalaciones	223
8.1. Introducción	223
8.2. Objetivos	225
8.3. Clasificación del sector de comercios de alimentación en la Comunidad Autónoma de Madrid por tamaño y potencias eléctricas contratadas	226
8.3.1. Pequeños comercios de alimentación	227
8.3.2. Comercios de alimentación de tamaño mediano	229
8.3.3. Grandes instalaciones	230
8.4. Criterios de diseño utilizados	232
8.4.1. En iluminación	233
8.4.2. En los cálculos térmicos	235
8.4.3. Calendario/horario de funcionamiento de las instalaciones	236
8.5. Cálculo de potencias eléctricas de las instalaciones modelo	237
8.5.1. Cargas eléctricas en el modelo de Pequeños Comercios de Alimentación	237

8.5.2. Cargas eléctricas en el modelo de Comercios de alimentación de tamaño mediano	238
8.5.3. Cargas eléctricas en el modelo de Comercios Alimentación Grandes	239
8.6. Sistema de gestión energética	241
8.6.1. Diseño del sistema de gestión energética (GEN)	241
8.7. Metodología de trabajo	244
8.8. Características generales de un sistema de gestión	244
8.9. Elementos que constituyen el sistema de gestión	245
8.10. Ahorros energéticos posibles por tipo de instalación	245
8.10.1. Comercios de Alimentación Pequeños	246
8.10.2. Comercios de Alimentación Medianos	251
8.10.3. Comercios de Alimentación Grandes	260
8.11. Ejecución de las soluciones aplicables	272
8.12. Ventajas para el usuario	273

## 1.1. Introducción

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

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

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

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

- ✿ Elevada dependencia energética exterior: España importa el 75 % de la energía primaria que utiliza frente al 50 % de media en la UE, cifra

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

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

## 1.2. Estudio de eficiencia energética de la PYME

### 1.2.1. Introducción y metodología

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

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

Los cuatro factores analizados son:



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

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

Para la realización de este segundo estudio de 'Eficiencia energética de la Pyme', se han realizado 3990 entrevistas telefónicas, lo que ofrece una precisión de  $\pm 1,55\%$  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.

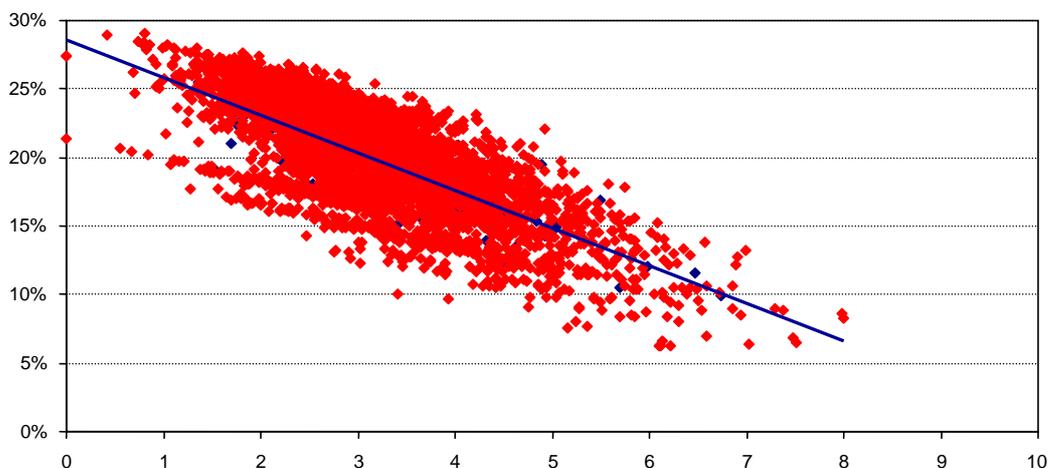
## 1.2.2. Índice de Eficiencia Energética

La segunda edición del estudio sobre 'Eficiencia Energética de la PYME', conforma un índice de Eficiencia Energética de **3,2** puntos sobre 10. Lo que supone una mejora de un 3,23 % respecto a los resultados del año anterior

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

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

Si se trasladan los resultados del Índice de Eficiencia Energética a términos de ahorro, el estudio refleja que las pequeñas y medianas empresas españolas pueden ahorrar una media del 19,8 % de la energía que consumen. En la Fig. 1 se muestra la distribución del ahorro estimado en función del Índice de Eficiencia Energética.



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

### 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.

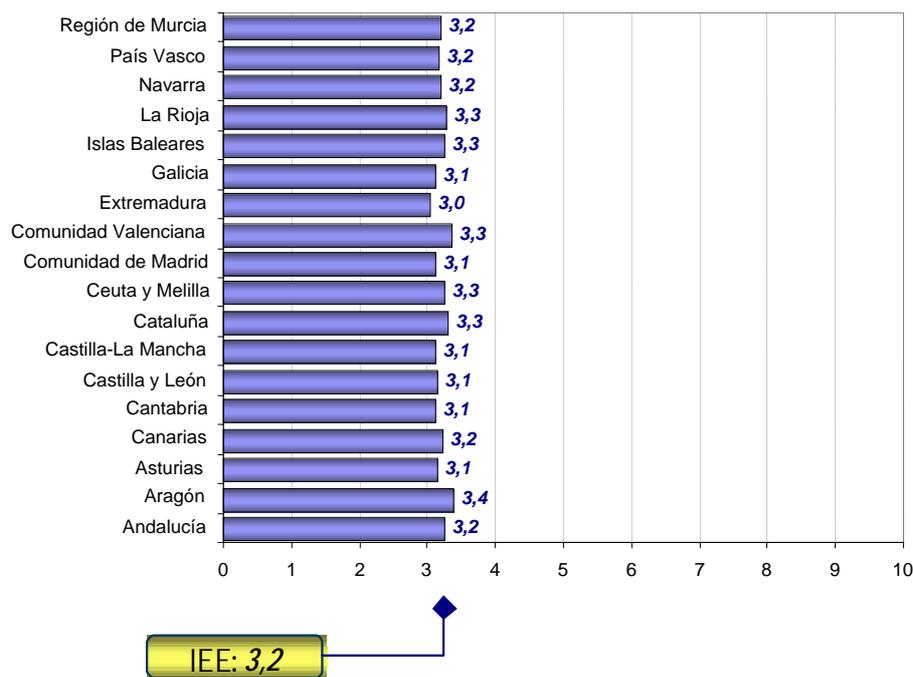


Figura 2. Índice de Eficiencia Energética por CCAA.

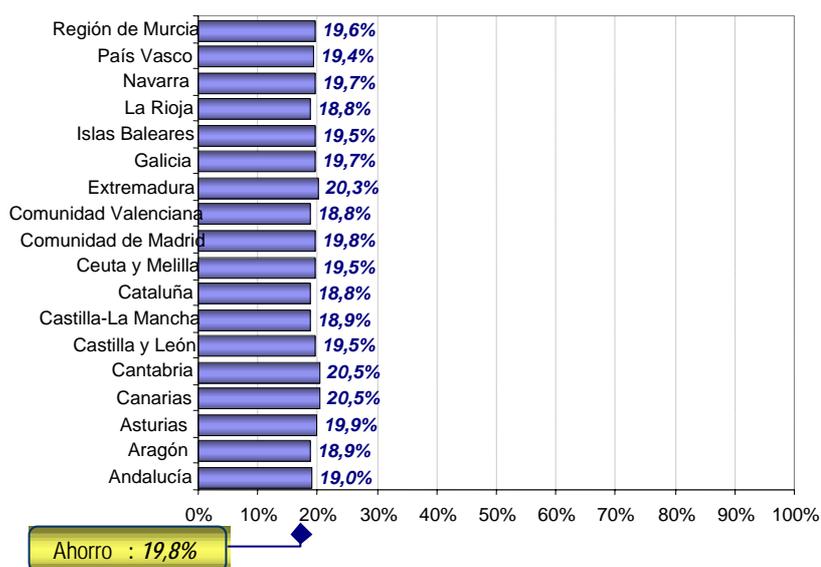


Figura 3. Ahorro potencial estimado por CCAA.

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.

### 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 (4,5 puntos sobre 10), mientras que el sector 'Servicios Profesionales' obtiene la puntuación más baja, 2,9 puntos, obteniendo 'Comercios' la segunda puntuación más baja con 3,0.

La dispersión, en términos de ahorro, también es significativa y oscila entre el 22,8 % de ahorro en el sector de 'Servicios Profesionales' y el 15,0 % del sector 'Industria'. Como se desprende del estudio de los dos gráficos, no existe una relación lineal entre el valor del índice y el potencial de ahorro que se puede alcanzar, es decir, mayor/menor valoración del índice no implica necesariamente menor/mayor potencial de ahorro respectivamente.



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

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

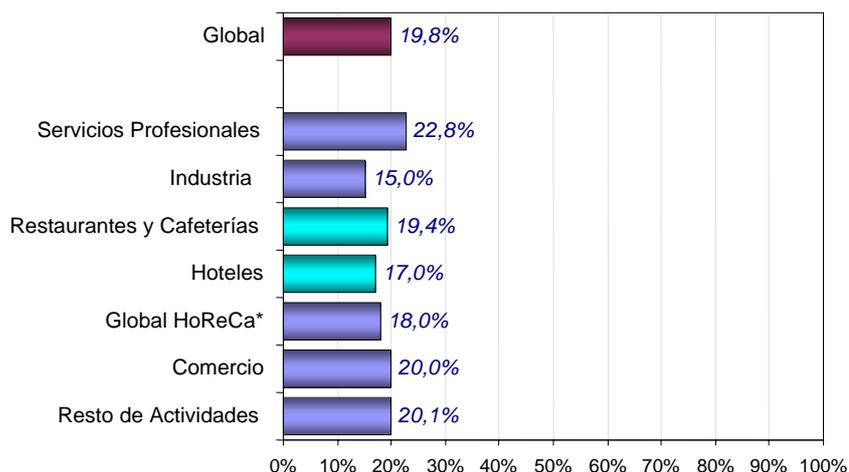


Figura 5. Ahorro potencial estimado por sectores.

### 1.2.5. Resultados por tamaño de la empresa

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

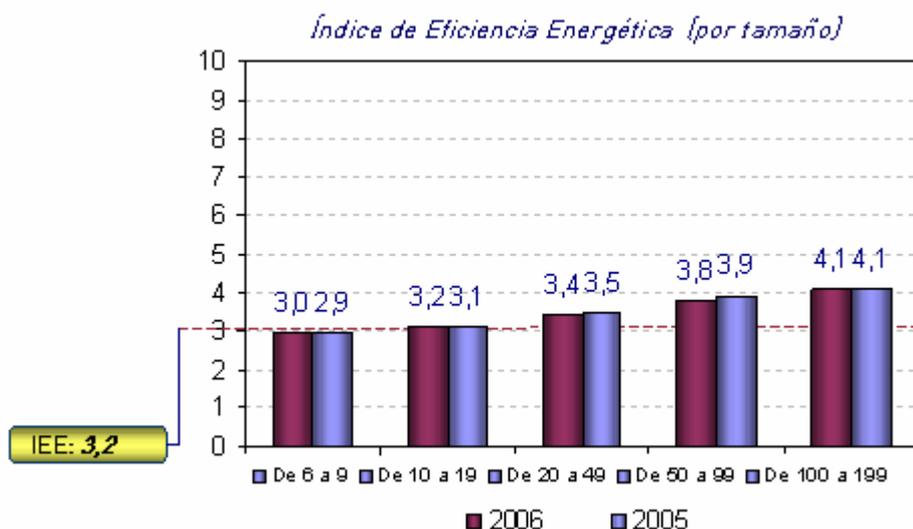


Figura 6. Índice de eficiencia energética por tamaño.

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

Por otra parte, el segundo segmento de empresas analizadas (de entre 10 y 19 empleados) obtiene la misma puntuación que la media del estudio (3,2 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.

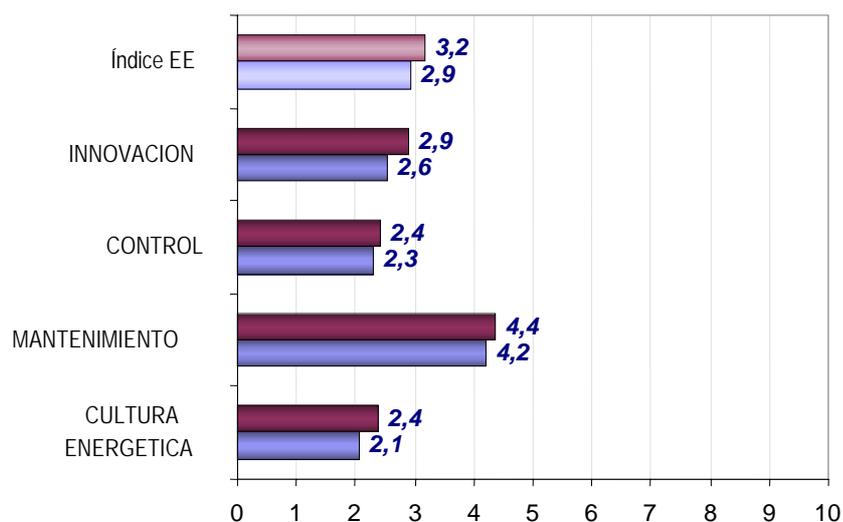


Figura 7. Componentes del Índice de Eficiencia.

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 que 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 (2,4 puntos sobre 10). Por otra parte, salvo 'Mantenimiento', no existen grandes diferencias entre el resto de subíndices.

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

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

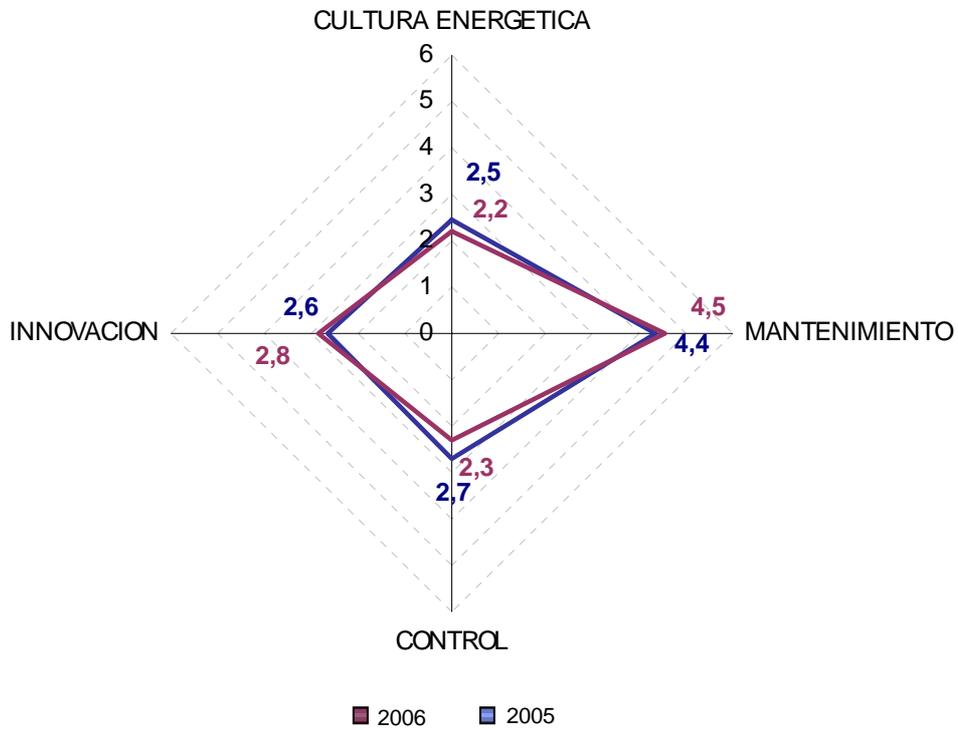
*No está especialmente concienciada de los beneficios de implementar políticas de control energético ni de introducir innovaciones (tanto en los aspectos de metodologías de trabajo como en lo que a equipos energéticamente eficientes se refiere).*

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

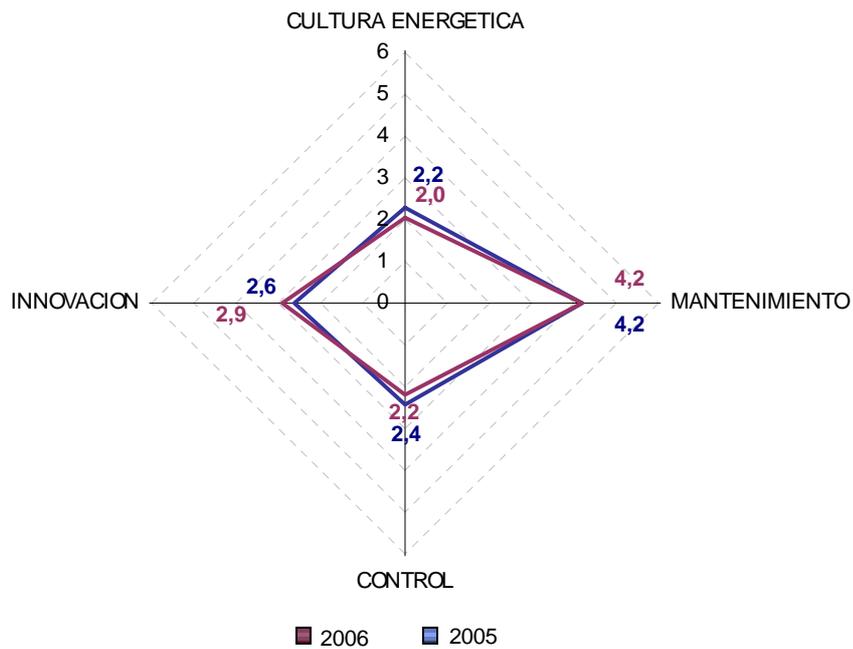
### 1.2.6.1. Cultura Energética

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

## Perfil de Eficiencia Energética de la Pyme



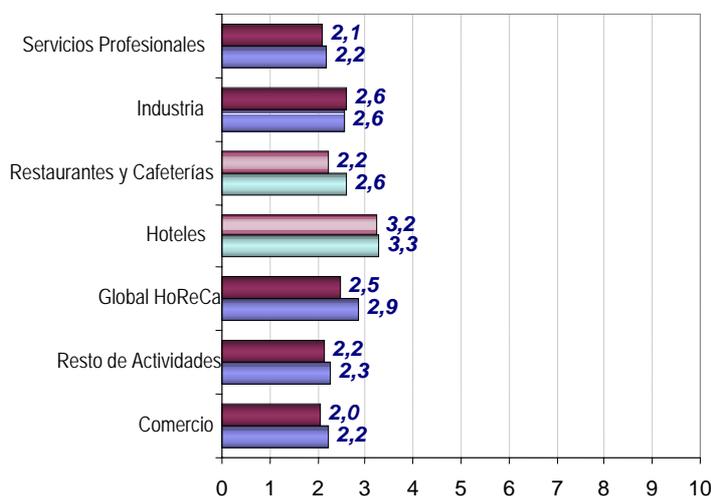
## Comercio



El subíndice de Cultura Energética alcanza un valor de 2,0 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' se sitúa en las posiciones más bajas con, tan sólo, 2,0 puntos sobre 10.



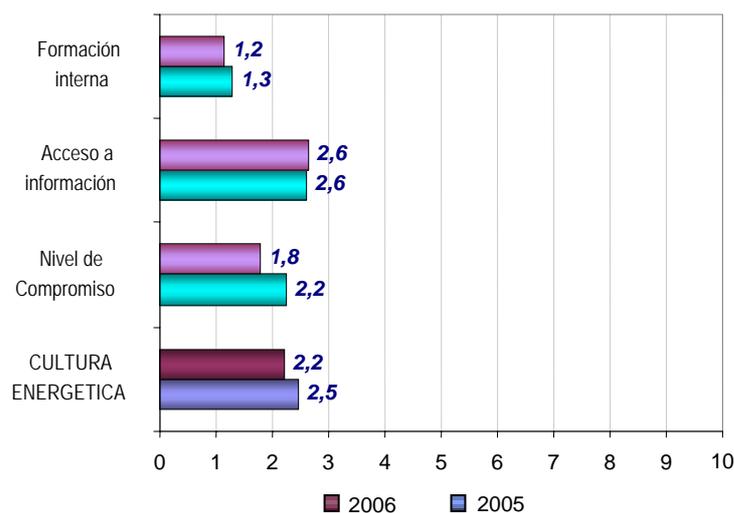
**Figura 8.** Cultura Energética, valoración por sectores.

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

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

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

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



**Figura 9.** Índice de Cultura Energética por factores.

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

- ❁ La formación interna en temas de hábitos y usos eficientes de la energía es prácticamente inexistente, se convierte, por lo tanto, en la asignatura pendiente de la pyme. La valoración de este indicador es de sólo 1,2 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 (1,8 puntos sobre 10). Lógicamente, si no existe formación no puede haber una puesta en práctica de los conceptos y hábitos energéticamente eficientes.
- ❁ Por último, el acceso a información relacionada con la eficiencia energética, es el indicador que obtiene la mejor valoración de los tres. Aún así, su puntuación es de tan sólo 2,6 puntos sobre 10.

### 1.2.6.2. Mantenimiento

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

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

De los cuatro subíndices que conforman el índice Eficiencia Energética el subíndice de 'Mantenimiento' obtiene la puntuación más alta (4,5 puntos sobre 10). Cabe destacar que la mayoría de las empresas entrevistadas realizan algún tipo de mantenimiento. Destacan las pymes que realizan un mantenimiento correctivo (52 %) frente a las que realizan un mantenimiento preventivo (33 %).

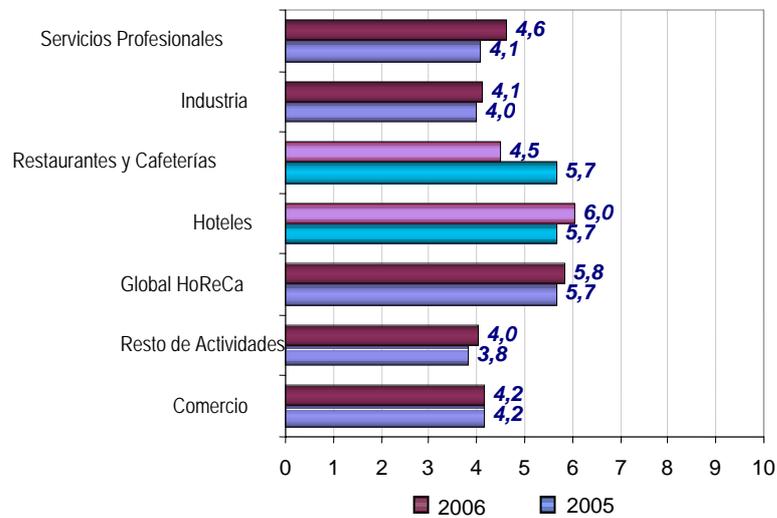
Como se puede comprobar en la Fig. 10, el análisis sectorial de este subíndice muestra el gran salto cuantitativo que existe entre el sector que obtiene la mayor puntuación 'HoReCa' (5,8 puntos sobre 10) y el resto de sectores de actividad.

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

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

Si se observa la puntuación del subíndice de 'Mantenimiento', atendiendo al tamaño de las empresas, se puede comprobar que todas las empresas, independientemente de su tamaño, realizan acciones de mantenimiento y están,

por lo general, muy concienciadas sobre los beneficios de realizar este tipo de acciones.



**Figura 10.** Índice de Mantenimiento por sectores.

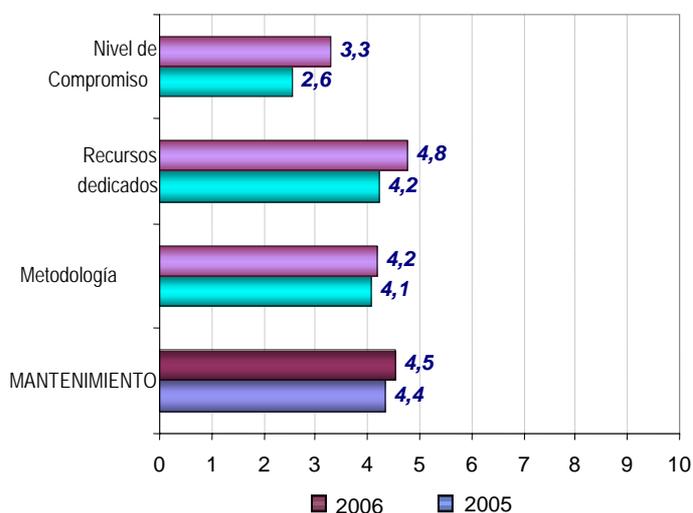
Para realizar el estudio del subíndice Mantenimiento, se han analizado los siguientes factores:

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

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

Como se desprende de la figura, las empresas realizan acciones de mantenimiento aplicando cierto nivel de metodología y dedicando un determinado número de recursos. Sin embargo, el indicador del 'Nivel de

compromiso' de los tres indicadores analizados en este apartado es el que menor puntuación obtiene, 3,3 puntos sobre 10. Por lo tanto, se puede concluir que aunque las empresas otorgan mucha importancia a las tareas de mantenimiento, este hecho no se ha sido bien comunicado o transmitido al resto de la organización.



**Figura 11.** Puntuaciones de los factores de mantenimiento.

### 1.2.6.3. Control

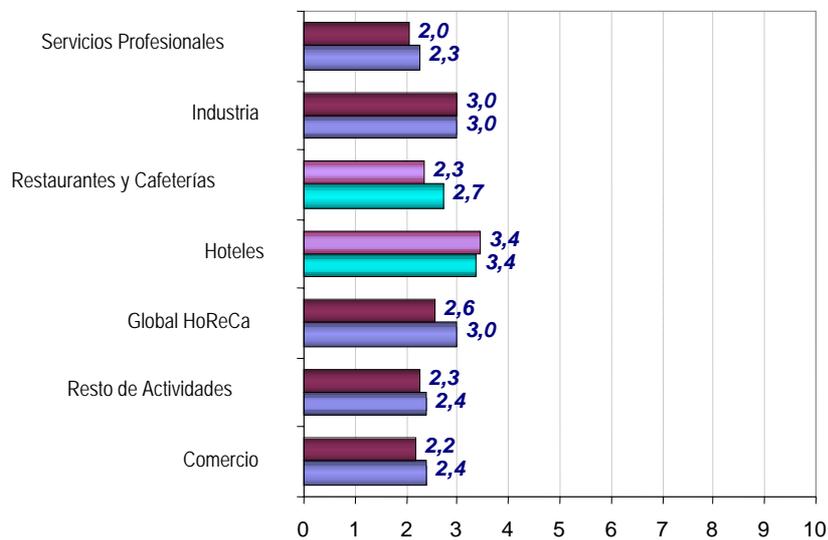
El indicador de 'Control', mide el grado de disponibilidad que tienen las empresas sobre una serie de datos acerca de cuánto, cómo, dónde y por qué se produce el gasto energético/económico en cada uno de los equipos o procesos consumidores de energía que existan en las empresas.

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

La puntuación obtenida por este indicador es de 2,3 puntos.

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

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



**Figura 12.** Índice de Control por sectores.

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

Son las empresas de más de veinte empleados las que se sitúan con puntuaciones por encima de la media del indicador 'Control', 3,3 puntos sobre 10.

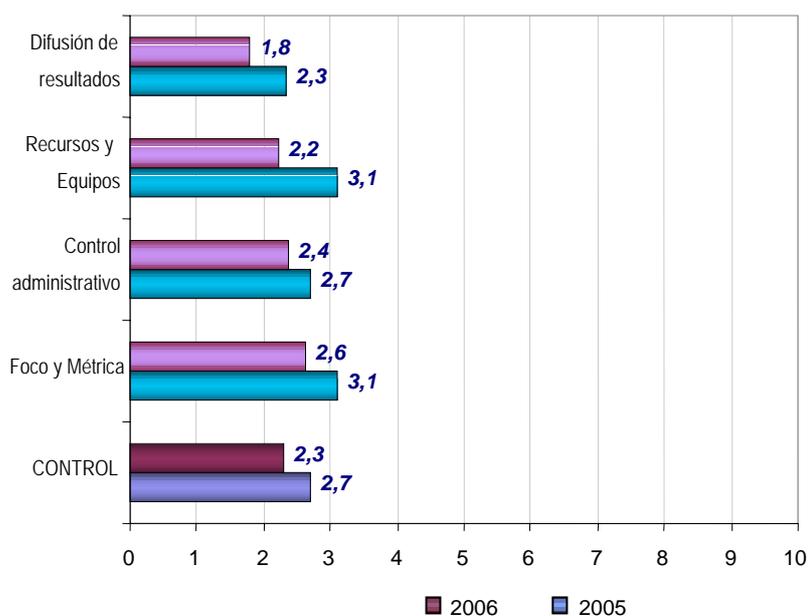
Dentro del apartado de 'Control' se han analizado los siguientes aspectos:

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

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

Como se puede observar en la Fig. 13, el indicador 'Difusión de Resultados' es el que obtiene la valoración más baja (1,8 puntos sobre 10), por debajo de la media del subíndice 'Control' (2,3).

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 (2,6), dedican pocos medios y recursos a actividades de control (2,2) y al control administrativo de los consumos (2,4) 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 (1,8).



**Figura 13.** Índice de control por factores.

#### 1.2.6.4. Innovación

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

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

La puntuación obtenida por el subíndice 'Innovación' es de 2,8 puntos.

En el análisis sectorial de este subíndice, el sector 'Hotelero' es el que mejor valoración obtiene (4,1 puntos sobre 10). Por el contrario el sector 'Servicios Profesionales' es el que se sitúa a la cola de los sectores de actividad en cuanto a la introducción de innovaciones se refiere. No existen diferencias significativas entre el resto de sectores de actividad.

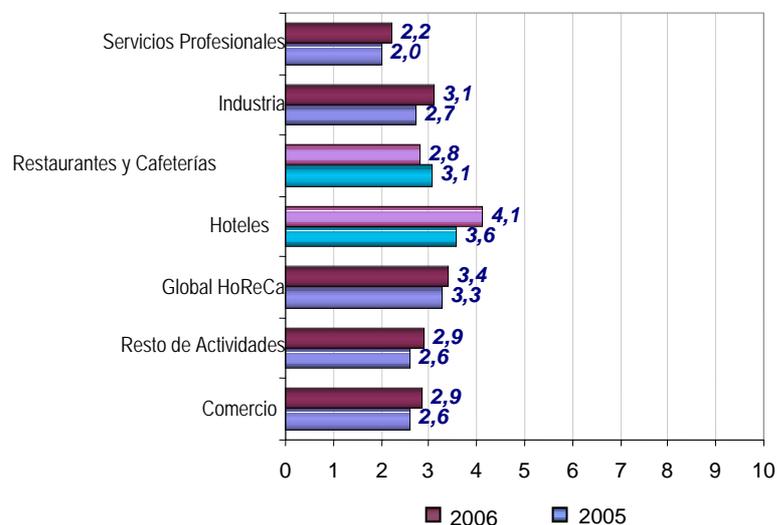


Figura 14. Índice de Innovación por sectores.

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

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

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

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

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

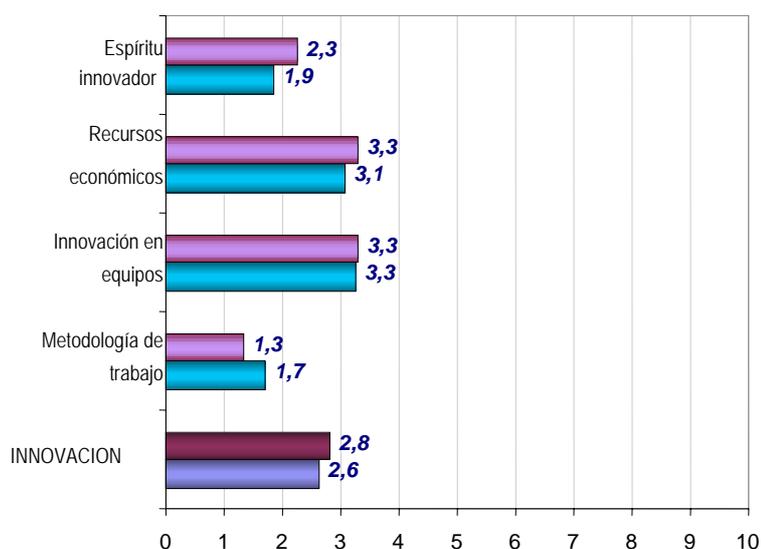


Figura 15. Índice de Innovación por factores.

Como se puede observar, las empresas por lo general no adoptan nuevas metodologías de trabajo (o son poco flexibles para adaptarse a los cambios) (1,3 puntos sobre 10), mientras que el nivel de compromiso por estar en la vanguardia tecnológica es bajo (2,3).

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 3,3 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 2006 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 32 % 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 90 % desconoce qué tipo de contrato de gas tiene).
- ✿ Sólo el 25 % de las empresas analizadas están realizando acciones de ahorro energético. Un 68 % de las empresas no tiene previsto hacerlo en el corto/medio plazo.
- ✿ Menos de un 9 % 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 (2 puntos sobre 10). Sólo el 8,9 % de las empresas ha intentado participar en estos programas y subvenciones en los últimos tres años.
- ✿ El grado de implantación de los sistemas de gestión de calidad/medio ambiente en las empresas analizadas es muy bajo: ISO 9001 (16 % de las empresas manifiestan tenerlo implantado), ISO 14001 (5 %), Reglamento EMAS (3 %).

### 1.2.7.2. Mantenimiento

- ✿ El 61 % de las empresas realiza un mantenimiento correctivo, un 23 % mantenimiento preventivo, sólo un 6 % realiza mantenimiento predictivo, mientras que los mantenimientos RCM (Mantenimiento Basado en la Fiabilidad) y TPM (Mantenimiento Productivo Total) son prácticamente marginales.

- ✿ El 26 % de las empresas disponen de un plan de mantenimiento programado de limpieza y sustitución de lámparas. En el sector 'Industria' llega al 35 % mientras que en 'HoReCa' al 31 %.
- ✿ Las empresas que disponen de equipos de climatización cambian los filtros de los equipos cada seis meses aproximadamente.
- ✿ Las empresas consideran que dedican pocos recursos a las labores de mantenimiento de equipos consumidores de energía y que la formación que recibe el personal de mantenimiento es escasa (4 puntos sobre 10).

### 1.2.7.3. Control

- ✿ El 86 % 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 35 % de las empresas realizan inventario de los equipos consumidores de energía.
- ✿ Solo un 19 % ('Industria': 29 %, 'HoReCa': 23 %) de las empresas realizan algún tipo de control para identificar excesos de consumo (balance energético) y únicamente el 8 % ('Industria': 13 %) de las empresas utiliza alguna herramienta informática para gestionar y controlar el consumo.
- ✿ Únicamente un 6 % de las empresas ('Industria' y 'HoReCa': 11 %) han contratado durante los tres últimos años alguna auditoría/asesoría energética que haya valorado su situación actual y haya sugerido acciones de potenciales ahorros energéticos.

### 1.2.7.4. Innovación

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

Detectores de presencia: 10 %.

Interruptores temporizados: 27 %.

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

Sensor de luz ambiental: 4 %.

Reloj astronómico para alumbrado exterior: 14 %.

- ✿ El uso de las energías renovables todavía no está extendido, sin embargo, aquellas empresas donde se utilizan, las energías renovables representan el 47 % del total de la energía consumida. La energía renovable más utilizada es la energía solar térmica. El sector donde más empresas la utilizan, 3,4 % de las empresas entrevistadas, es el sector 'HoReCa'

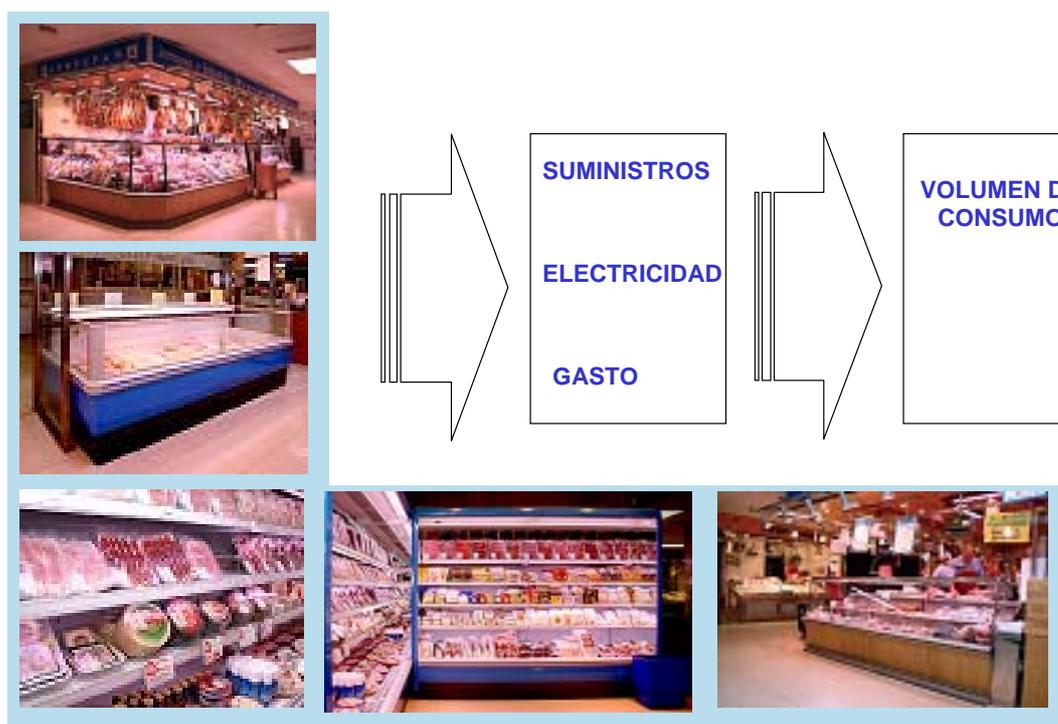
# Medidas para la eficiencia energética en comercios de alimentación

## 2.1. Introducción

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

De la diversidad de instalaciones que puede acoger el Sector, así como 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.

### COMERCIO DE ALIMENTACIÓN

INSTALACIONES	MAQUINARIA VENTILACIÓN
APLICACIONES ENERGÉTICAS	REFRIGERACIÓN PREPARACIÓN ILUMINACIÓN ACS, CLIMATIZACIÓN OTROS
ENERGÍAS	ELECTRICIDAD
CONSUMO (* ) MEDIA SECTORIAL	60.000 kWh/año
COSTE (* ) MEDIA SECTORIAL	<b>6.500 € / año</b>

#### □ OPTIMIZACIÓN DE TARIFA

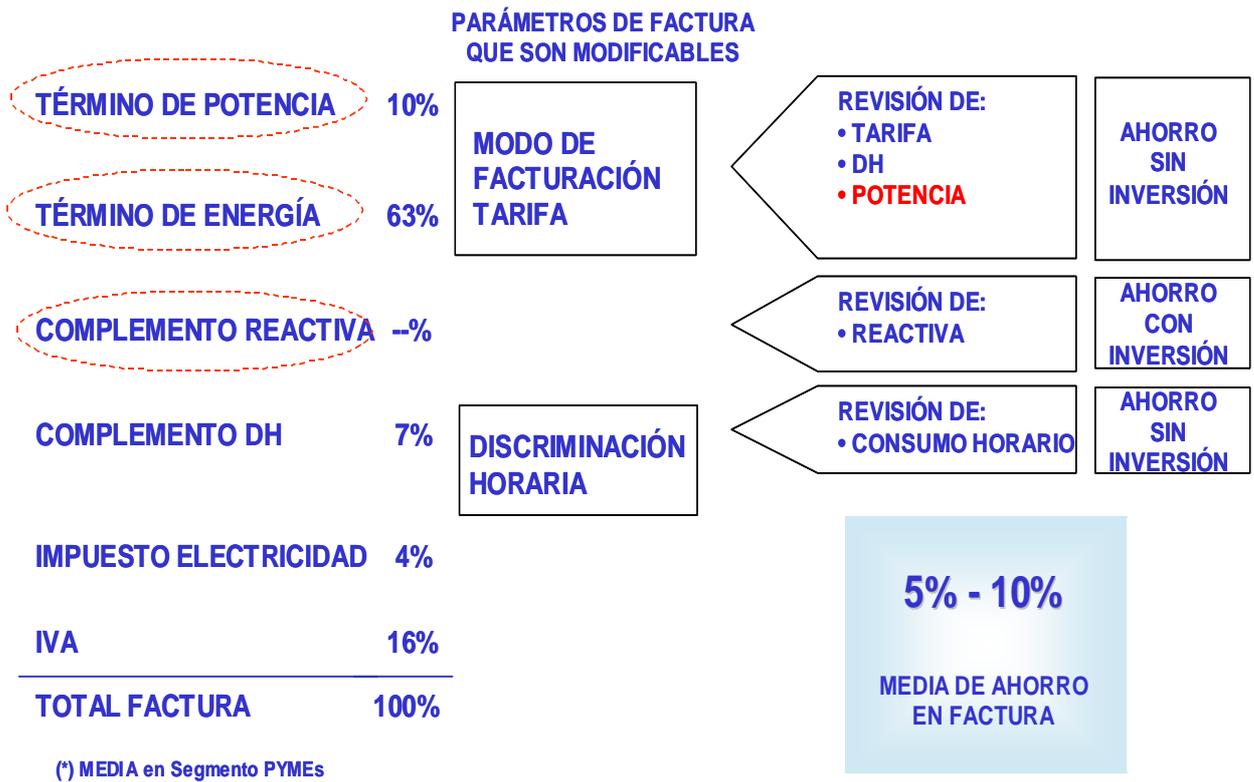
REVISIÓN DE LOS CONTRATOS DE ENERGÍA.  
- ELECTRICIDAD

#### □ 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:



## 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 nuestros Comercios.

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

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

#### 2.3.1.1. Consumo de energía en Comercios de Alimentación

En este apartado vamos 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 del Sector, depende de varios factores: del tipo de comercio, su situación, categoría, tamaño, 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.

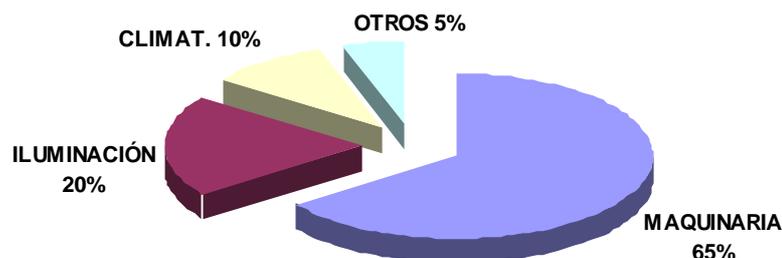
**TABLA 1.** Comercio de alimentación.

	INSTALACIÓN TÍPICA
INSTALACIONES	MAQUINARIA VENTILACIÓN CÁMARAS
APLICACIONES ENERGÉTICAS	PRODUCCIÓN REFRIGERACIÓN ILUMINACIÓN ACS, CLIMATIZACIÓN OTROS
ENERGÍAS	ELECTRICIDAD
CONSUMO (* ) MEDIA SECTORIAL	60.000 kWh/año
COSTE (* ) MEDIA SECTORIAL	<b>6.500 € / año</b>

### 2.3.1.2. Distribución del consumo energético

Generalmente los Comercios de Alimentación utilizan, esencialmente, energía eléctrica para su consumo en maquinaria, 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.

A la hora de realizar la distribución del consumo energético en los Comercios de Alimentación, se observa que debido a la gran variedad de tipos de actividades, situación geográfica, etc., es difícil hacer una distribución estándar del consumo de energía en el Sector, ya que existe una gran variedad en los porcentajes de consumo de los diferentes servicios que suministra el Comercio Alimenticio, debido a estos factores.



Como podemos observar es sin duda la partida destinada al funcionamiento de la maquinaria la principal consumidora de energía de un Comercio Alimenticio, por lo tanto, los principales esfuerzos de los empresarios a la hora de realizar inversiones en ahorro energético, han de ir dirigidos a la reducción 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 un Comercio de Alimentación supone uno de sus gastos principales. La abundante maquinaria y la constante iluminación son piezas fundamentales en la rentabilidad del mismo.

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 y agua, se pueden obtener los ratios de consumo energético del establecimiento.

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 comercios de alimentación

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>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 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 los compresores.	Reutilización del aire caliente.	Reducción del consumo eléctrico /gas para la climatización. Reducción del coste en la factura eléctrica /gas.	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
<b>Iluminación:</b> Zonas auxiliares	Pasillos, lavabos, sótanos etc. Reducción del tiempo de uso.	Incorporando temporizadores/detectores de presencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura.	60
Lámparas dicroicas	Reducción del consumo eléctrico (reducción de la potencia).	Cambio por lámparas dicroicas IRC de menor potencia.	Reducción del consumo eléctrico. Reducción del coste en la factura eléctrica.	80

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
<b>Agua:</b>	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 desescarcho.	Medición automática del hielo en las aletas de los evaporadores. Puesta en marcha de las resistencias.	Reducción del consumo eléctrico.	3



### 2.3.3.1. Iluminación

La iluminación es un apartado que representa un elevado consumo eléctrico dentro de una tienda de alimentación, dependiendo su porcentaje de su tamaño, de la actividad específica que en ella se lleva a cabo, y el clima de la zona donde está ubicado. Este consumo puede oscilar en torno a un 20 %.



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

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

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

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

### ✿ Lámparas de descarga

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

Es por ello que su aplicación resulta interesante en los lugares donde no se requiere un elevado rendimiento de color, como 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	0,088 €/kWh	
Precio de compra estimado	0,60 €	18 €
Costes funcionamiento (8000 horas)	58,80 €	18,60 €
<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	Fluorescentes Compactas	80 %
ALUMBRADO INTERIOR		
SUSTITUCIÓN DE	POR	% AHORRO
Incandescencia	Fluorescentes Compactas	80 %
Halógena Convencional	Fluorescentes Compactas	70 %



### Sustituciones luminarias

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

Muchas luminarias modernas contienen sistemas reflectores cuidadosamente diseñados para dirigir la luz de las lámparas en la dirección deseada. Por ello, la remodelación de instalaciones viejas, utilizando luminarias de elevado rendimiento generalmente conlleva un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.



### Aprovechamiento de la luz diurna

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

Los principales factores que afectan a la iluminación de un interior, mediante luz diurna, son la profundidad del local, 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 se alcanza una iluminación adecuada. Esto se consigue mediante el uso de sistemas de control apropiados, y puede requerir un cierto nivel de automatización.

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

### **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.

#### Características constructivas

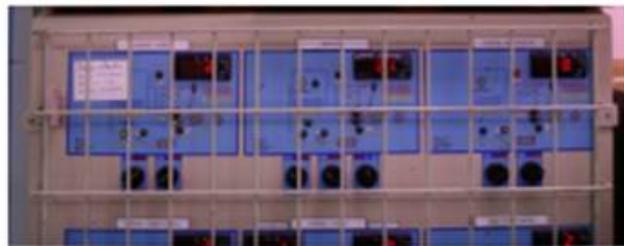
Para unas condiciones climatológicas determinadas, la demanda térmica de un local comercial dependerá de sus características constructivas: la ubicación y orientación del edificio, los cerramientos utilizados en fachadas y cubiertas, el tipo de carpintería, el acristalamiento y las protecciones solares.



## Control y regulación

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

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



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

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

### ✿ *Free-cooling*

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

Esta medida requiere de la instalación 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 precalienta en el recuperador, y en verano se disminuye el consume eléctrico asociado al aire acondicionado.



## Bombas de calor

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

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

**TABLA 7.** 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>.



### 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 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 8 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 8.** Ahorro económico de los diferentes sistemas de agua.

VALORACIÓN ECONÓMICA SISTEMAS DE AHORRO DE AGUA				
	DUCHA	LAVABO	WC	TOTAL
Consumo diario por persona (litros)	200	50	72	322
Consumo anual (m <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>

## 2.3.4. Gestión y mantenimiento energéticos

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

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

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

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

Este sector, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe el 40 % del consumo final de energía de la Comunidad Europea.

**TABLA 9.** 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 los edificios 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 los existentes, la Directiva establece que se han de tomar las medidas necesarias para que, cuando se efectúen reformas importantes en edificios con una superficie útil total superior a 1000 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 propietario o por parte del propietario, a disposición del posible comprador o inquilino, un certificado de eficiencia energética. Este certificado tendrá una validez máxima de 10 años.

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



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

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 pasado 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, para el Sector Alimenticio tenemos que tener en cuenta que estamos sometidos a elevados consumos energéticos. 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 documento hemos podido recoger -aunque sea de un modo superficial e 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 documento se han fundamentado sobre la propia tarifa energética, sobre las instalaciones -comerciales 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. Hay que tener en mente una máxima: la energía más barata es la que no se consume.

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

Por otra parte, un adecuado **estudio de seguridad termográfica** nos permitirá incrementar la seguridad y la prevención pero además evitaremos las averías antes de que éstas se produzcan y con ello las pérdidas energéticas y económicas subsiguientes. La termografía nos permite actuar fundamentalmente sobre las instalaciones eléctricas y sobre los equipos e instalaciones térmicas. Con ello podemos evitar costes de oportunidad, aumentar la eficiencia y conseguir ahorros.

En cualquier caso, hemos conocido sólo unas pocas de las posibilidades que existen en el mercado para ahorrar en nuestra factura energética, así como para mejorar la calidad y garantizar el suministro. Una **Auditoría Energética** es el vehículo

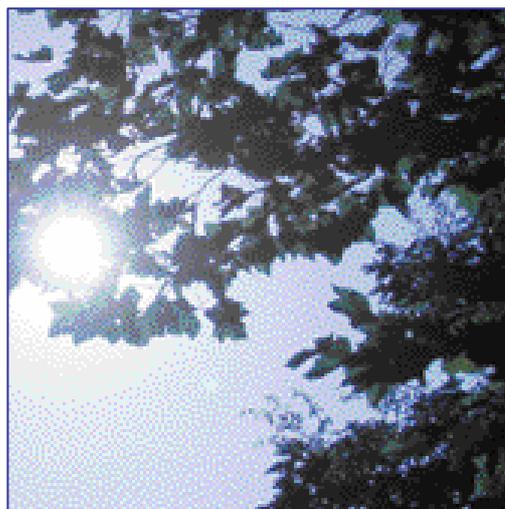
más adecuado para conocer nuestras limitaciones, nuestras necesidades reales y las posibilidades que ENDESA pone a nuestra disposición. Esta inquietud por la realización de *Auditorías Energéticas* es compartida por el propio Ministerio de Industria, Turismo y Comercio que establece subvenciones para la promoción y realización de las mismas, así como para la implantación de las mejoras propuestas en ellas.

ENDESA propone hacer uso de esas ayudas económicas para la realización de la *Auditoria Energética* y la puesta en marcha de las mejoras consecuencia de ese estudio. Dichas mejoras –algunas posibilidades han sido introducidas en este documento- significarán de manera inmediata el ahorro en los costes energéticos de la empresa y con ello la mejora de la cuenta de resultados y el **incremento del beneficio**.

## 3.1. Introducción

### 3.1.1. Antecedentes

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

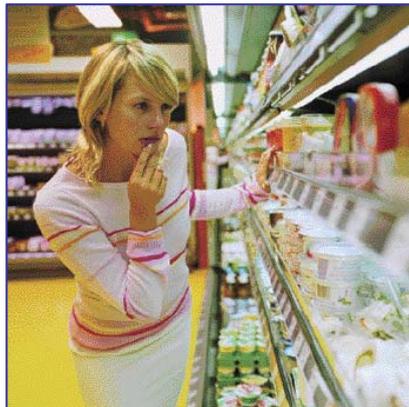


De entre esos recursos, los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural), son de los más preciados, dado que son los más utilizados en múltiples instalaciones y dispositivos que el hombre emplea para: uso residencial, la industria y el transporte, tanto propio, como de mercancías.

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

### 3.1.2. Alumbrado en comercios de alimentación

La mayor parte de comercios de alimentación invierten grandes sumas de dinero en la distribución de espacios y expositores, recolocación de productos, etc., y tan sólo 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 en función del uso o finalidad de la instalación. Los gerentes desean economizar en el coste total de propiedad, y cada vez son más conscientes de qué forma la iluminación puede realzar el atractivo de los productos expuestos y potenciar la asiduidad de los clientes hacia los puntos de venta. Las buenas condiciones de iluminación mejoran el aspecto de los productos y estimulan al cliente a aumentar el tiempo de permanencia en las instalaciones.

Los beneficios y ahorros generados por una buena iluminación recuperan la inversión realizada en la misma. Estudios realizados demuestran que la concurrencia y asiduidad a los centros de alimentación aumenta si se invierte convenientemente en tener una buena iluminación. Por tanto, tener una buena iluminación significa un aumento de rentabilidad del negocio.

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

A la vista de lo anterior, resultaba evidente que la Sociedad tenía que protegerse y proteger a las especies que conviven con el hombre, y consciente de ello, ha redactado una serie de Directivas, Códigos, Leyes, Reglamentos y Normas para acomodar el consumo excesivo de los recursos escasos a las verdaderas necesidades, evaluando, limitando y primando el empleo de fuentes de energía alternativas y sobre todo renovables, a la par que desarrollando sistemas eficientes energéticamente para responder a las necesidades vitales.

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

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

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

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

- ✿ Confort visual.
- ✿ Rendimiento de colores.

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

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

reproducción cromática, y lo que esta norma plantea es la prohibición de dichas fuentes de luz en iluminaciones de tareas visuales.

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

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

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

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

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

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

- ❁ Lámparas fluorescentes rectas.

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

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

### **3.2.3. Código Técnico de la Edificación (CTE). Sección HE3. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación**

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

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

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

A través de esta normativa se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se

refieren tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad a las personas con movilidad reducida.

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

Dentro del código existen unos documentos básicos de eficiencia energética dentro de los cuáles está el **HE 3 – Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación**.

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

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

Los apartados principales de esta sección 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 supermercados, 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.
  
- ✿ **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 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 el 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.

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

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

Una de las principales consecuencias de la directiva RoHS deberá ser la restricción de aquellos productos que no cumplan con las cantidades de sustancias contaminantes que en esta Directiva se especifican. Así mismo, reducir los riesgos en la manipulación de los productos en su ciclo de reciclaje.

Se prohibirán las siguientes sustancias en lámparas y equipos:

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

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

La normativa sobre el mercurio y el plomo contempla algunas exenciones en iluminación, basadas en los niveles que se utilizan actualmente en el sector. La razón es que se requiere algo de mercurio para que las lámparas de descarga en gas funcionen eficientemente, así como la ausencia de alternativas técnicas industriales al plomo en determinadas categorías de producto.

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

Las instalaciones de iluminación 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 un local destinado a alimentación, 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, tanto por defecto como por exceso. El color de la luz emitida por las lámparas tiene también una gran importancia en la presentación de los productos; de este modo, existen diferentes lámparas de uso específico para carnicerías, panaderías, etc.

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

Para realizar un buen Proyecto de Alumbrado en Instalaciones destinadas a alimentación, 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 productos expuestos en los diferentes lineales y mostradores.

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

### 3.3.1. Fase de Proyecto

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

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

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

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

## **A) Niveles de iluminación mantenidos**

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

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

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

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

En una tarea visual que se desarrolla dentro de un 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.

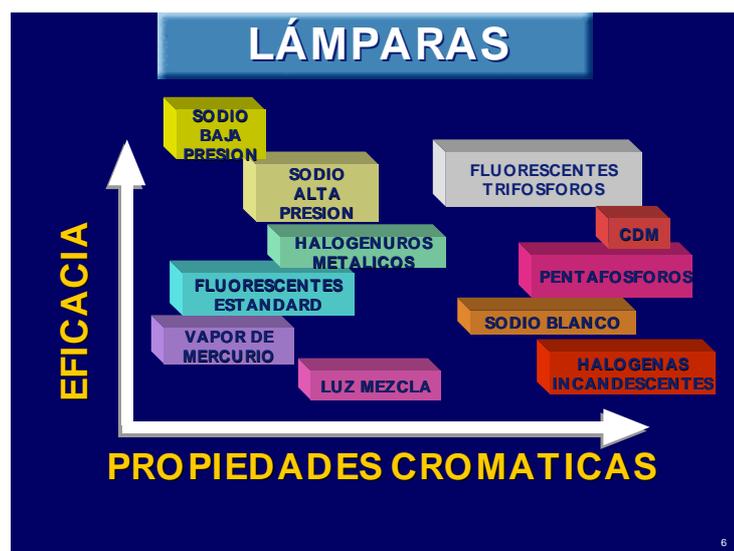


Figura 1. Cuadro comparativo de eficacia de las lámparas.

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.

<b>Ra &lt; 60</b>	<b>Pobre</b>
<b>60 &lt; Ra &lt; 80</b>	<b>Bueno</b>
<b>80 &lt; Ra &lt; 90</b>	<b>Muy Bueno</b>
<b>Ra &gt; 90</b>	<b>Excelente</b>

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 periodos.

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:

<b>Blanco Cálido</b>	<b>Tc &lt; 3300 K</b>
<b>Blanco Neutro</b>	<b>3300 K &lt; Tc &lt; 5300 K</b>
<b>Blanco Frío</b>	<b>Tc &gt; 5300 K</b>

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 objetos en la misma, clima circundante y la aplicación.

## B) Balastos

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

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

- ❖ Las pérdidas de potencia en los balastos tradicionales (electromagnéticos) oscilan entre un 6-7 % hasta un 20 %, mientras 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 presente en el local. El resultado final es un número comprendido entre 10 y 31, siendo mayor el deslumbramiento cuanto más alto sea el valor obtenido.

### 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.

### 3.3.2. Ejecución y explotación

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

#### 3.3.2.1. Suministro de energía eléctrica

La comprobación y revisión de la existencia de subtensiones o sobretensiones justifica la toma de medidas eléctricas de la red de suministro, tanto durante la fase de ejecución inicial, como durante la explotación de la instalación, pues aunque el Reglamento de Verificación admite tolerancias de un más, menos 7 % en las tensiones nominales de alimentación, una sobretensión de un 10 % puede provocar

un exceso de consumo energético de hasta un 20 % además del acortamiento muy significativo de la vida de la lámpara y del balasto.

### **3.3.2.2. Cumplimiento de los niveles proyectados**

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

### **3.3.2.3. Respeto de las soluciones y sistemas proyectados**

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

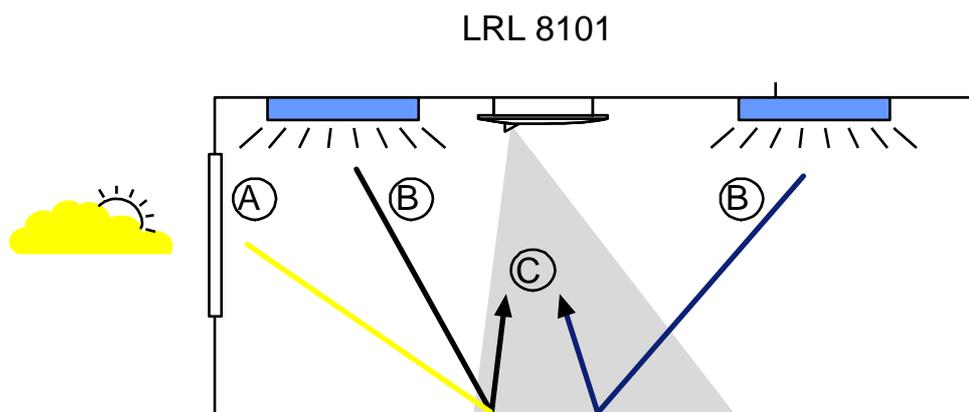
### **3.3.2.4. Establecimiento de los encendidos y apagados**

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

### **3.3.2.5. Regulación de los niveles de luz artificial**

La regulación del flujo luminoso, como consecuencia de las variaciones de empleo del ambiente en que se encuentran las personas, por su dedicación a

diferentes tareas, o incluso para compensar la aportación de la luz natural que penetra por los acristalamientos, Fig. 3, puede conducir a ahorros enormes de consumo de energía eléctrica, evaluables según la orientación y superficies de acristalamiento. Ningún edificio con aportación de luz natural que contuviera salas de unas dimensiones mínimas debería proyectarse sin regulación del flujo luminoso o apagado de las fuentes más próximas a los acristalamientos. Esto se recoge perfectamente en los últimos comentarios al Código de la Edificación.



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

### 3.3.2.6. Uso flexible de la instalación

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

### 3.3.3. Mantenimiento

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

### 3.3.3.1. Previsión de operaciones programadas

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

Con estas operaciones programadas se pueden llegar a ahorros equivalentes a lo que supondría el coste del 50 % de las operaciones casuales u ocasionales, es decir, cuando se tiene que acudir 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 evitan grandes diferencias de flujo luminoso entre lámparas nuevas y antiguas.

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

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

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

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

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

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

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

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

A pesar de que se ha publicado recientemente la Directiva Europea RAEE para la recogida y reciclaje de sustancias o componentes tóxicos empleados en

material eléctrico, y aunque parece que no guarda relación con la eficiencia energética propiamente dicha, las tareas encaminadas a cumplir con esta Directiva permitirán conseguir resultados muy convenientes para la conservación del Medio Ambiente, al tiempo que obligará a los fabricantes a sustituir componentes considerados como peligrosos por otros alternativos.

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

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

### 3.3.4. Consejos a la hora de elegir las lámparas. Coste Total de Propiedad (CTP)

A la hora de invertir en una instalación de alumbrado no sólo se deben de tener en cuenta la inversión inicial, coste de lámparas + luminarias + 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.

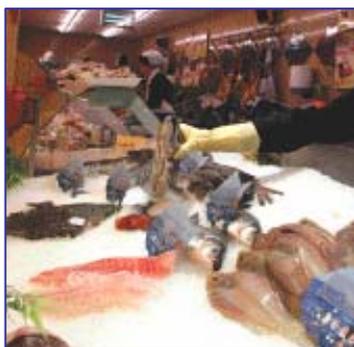
Los criterios luminotécnicos a tener en cuenta para realizar un proyecto de alumbrado son:

- ✿ **Illuminancia:** 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 ( $E_{vert}$ ).
- ✿ **Illuminancia 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.).

La elección de las luminarias estará en función del concepto de establecimiento. Sin embargo, sí podemos hacer recomendaciones sobre las fuentes de luz a utilizar.



Los siguientes estudios económicos, comparan el CTP de instalar una lámpara con respecto a una lámpara MASTER, manteniendo los mismos niveles de iluminación.

### ❁ **Fluorescentes estándar Vs Fluorescentes Trifósforo**

Las lámparas fluorescentes son las más utilizadas en centros de alimentación debido a su bajo coste, su versatilidad y su simplicidad de uso. Los ahorros obtenidos por la utilización de uno u otro tipo difieren considerablemente en función del balasto con el que trabajan. A parte del ahorro económico, la utilización de un tubo trifósforo frente a un tubo estándar otorga una mejor reproducción cromática y un mayor flujo lumínico.

Tipo de fluorescente	Ra	Eficacia	Contenido en mercurio
Tubo estándar	50-60	67-79	8 mg
Tubo trifósforo	>80	75-93	2 mg

En los siguientes supuestos se muestran cuáles son los verdaderos costes totales de propiedad anuales. Se entiende por coste total de propiedad la suma de los costes de las lámparas, costes de electricidad y costes de mantenimiento.

Bajo un ciclo de encendido de 12 horas (dos encendidos diarios)

**A.1** Tubo fluorescente trifósforo 36 W Vs tubo fluorescente estándar 36 W trabajando con **equipo electromagnético**:

<b>Coste de la energía (kWh)</b>	<b>0.08 €</b>
<b>Tiempo de utilización anual</b>	<b>12h / día - 3600h / año</b>

<b>Tipo de fluorescente</b>	<b>Estándar T8</b>	<b>Trifósforo</b>
Número de tubos	1	1
Potencia (vatios)	36	36
Vida útil (horas)	7500	12000
Precio medio (€)	3	6
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	2,79 €
<b>Ahorro anual</b>		<b>0,23 €</b>

**A.2** Tubo fluorescente trifósforo 36 W Vs tubo fluorescente estándar 36 W trabajando con **equipo electrónico**:

<b>Coste de la energía (kWh)</b>	<b>0.08 €</b>
<b>Tiempo de utilización anual</b>	<b>12h / día - 3600h / año</b>

<b>Tipo de fluorescente</b>	<b>Estándar T8</b>	<b>Trifósforo</b>
Número de tubos	1	1
Potencia (vatios)	36	36
Vida útil (horas)	7500	19000
Precio medio (€)	3	6
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	1,76 €
<b>Ahorro anual</b>		<b>1,26 €</b>

Tanto si se dispone de un balasto electromagnético como electrónico, los ahorros en mantenimiento por lámpara instalada son considerables. A este beneficio económico, hay que añadir la mejor reproducción cromática de la gama trifósforo (cumplimiento de la Normativa UNE 12464-1), disminución del contenido en mercurio de la lámpara, siendo de este modo más respetuoso con el medioambiente y una mejora de la eficacia de las lámparas, permitiendo incluso la disminución del número de lámparas instaladas manteniendo el mismo flujo lumínico.

### ❁ **Fluorescentes estándar Vs Fluorescentes Trifósforo de Larga Vida**

Para lograr un mayor ahorro en CTP, en los últimos años, han aparecido lámparas fluorescentes trifósforos de larga vida. Los ahorros al utilizar estas lámparas son considerables si las comparamos con lámparas estándar o convencionales.

Tipo de fluorescente	Ra	Eficacia	Contenido en mercurio
Tubo estándar	50-60	75-93	8 mg
Tubo trifósforo	>80	70-90	2 mg

En función de los ciclos de encendido y del tipo de balasto, las lámparas de larga vida pueden durar desde 24000 h hasta 79000 horas de vida útil.

A continuación, se muestran dos ejemplos comparativos en función del balasto utilizado en la instalación:

**B.1** Tubo fluorescente trifósforo de larga duración 36 W Vs tubo fluorescente estándar 36 W trabajando con **equipo electromagnético**:

Coste de la energía (kWh)	0.08 €
Tiempo de utilización anual	12h / día - 3600h / año

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo Larga Vida MASTER TLD - Xtra
Número de tubos	1	1
Potencia (vatios)	36	36
Vida útil (horas)	7500	40000
Precio medio (€)	3	10
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	1,20 €

<b>Ahorro anual</b>		<b>1,83 €</b>
---------------------	--	---------------

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo Larga Vida MASTER TLD - Xtreme
Número de tubos	1	1
Potencia (vatios)	36	36
Vida útil (horas)	7500	58000
Precio medio (€)	3	18
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	1,32 €

<b>Ahorro anual</b>		<b>1,70 €</b>
---------------------	--	---------------

Tanto con la utilización de tubos de larga vida Xtra o Xtreme, los ahorros anuales por tubo fluorescente instalados son considerables. A este beneficio económico, hay que añadir la mejor reproducción cromática de la gama trifósforo (cumplimiento de la Normativa UNE 12464-1), disminución del contenido en mercurio de la lámpara, siendo de este modo más respetuoso con el medioambiente y una mejora de la eficacia de las lámparas, permitiendo incluso la disminución del número de lámparas instaladas manteniendo el mismo flujo lumínico.

**B.2** Tubo fluorescente trifósforo de larga vida 36 W Vs tubo fluorescente estándar 36 W trabajando con **equipo electrónico**:

Coste de la energía (kWh)	0.08 €
Tiempo de utilización anual	12h / día - 3600h / año

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo Larga Vida MASTER TLD - Xtra
Número de tubos	1	1
Potencia (vatios)	36	36
Vida útil (horas)	7500	55000
Precio medio (€)	3	10
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	0,87 €
<b>Ahorro anual</b>		<b>2,15 €</b>

Tipo de fluorescente	Estándar T8	Trifósforo Larga Vida MASTER TLD - Xtreme
Número de tubos	1	1
Potencia (vatios)	36	36
Vida útil (horas)	7500	79000
Precio medio (€)	3	18
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	3,02 €	0,97 €
<b>Ahorro anual</b>		<b>2,05 €</b>

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

### Halogenuros metálicos con quemador de cuarzo Vs Halogenuros metálicos con quemador cerámico

Cada vez es más frecuente encontrar lámparas en comercios de alimentación diferentes a los tubos fluorescentes. En función del nivel de

acentuación que requiera el comercio, se recurre con mayor frecuencia a luminarias con lámparas de halogenuros metálicos en su interior (generalmente de doble terminal). Principalmente existen dos clases de lámparas de halogenuros metálicos:

- ✿ Lámparas de halogenuros metálicos con quemador de cuarzo.
- ✿ Lámparas de halogenuros metálicos con quemador cerámico.

Las diferencias entre ambas tecnologías se pueden resumir en:

Tipo de halogenuro	Ra	Eficacia
Cuarzo	70-80	80-90
Cerámico	85-95	85-95

Al igual que en los casos anteriores, el empleo de una u otra tecnología repercutirá en CTP. Véase el siguiente ejemplo:

Coste de la energía (kWh)	0.08 €
Tiempo de utilización anual	12h / día - 3600h / año

Lámpara de halogenuro metálico	Cuarzo	CDM-TD Cerámico
Número de lámparas	1	1
Potencia (vatios)	70	70
Vida útil (horas)	8500	15000
Precio medio (€)	30	45
Tasa RAEE (€)	0,3	0,3
Coste de reemplazo (€)	3	3
Costes Energía / año	10,37 €	10,37 €
Costes de Mant. /año	14,10 €	11,59 €
<b>Ahorro anual</b>		<b>2,51 €</b>

Al usar lámparas CDM-TD con quemador de cerámico, a parte de ahorrar en costes de propiedad 2,5 € se dispondrá de lámparas más eficaces con reproducción cromática superior.

### **3.3.5. Consejos para la realización de proyectos de alumbrado en comercios de alimentación**

#### **3.3.5.1. Tendencias en la iluminación de comercios**

La iluminación en comercios ha de buscar la creación de la imagen adecuada en términos de:

- ✿ Atraer a los compradores al comercio – crear sensaciones.
- ✿ Crear la atmósfera adecuada: acentuación y alumbrado indirecto.
- ✿ Guiar al cliente por el comercio.
- ✿ Dirigir la atención del cliente hacia aquellos productos considerados como estratégicos.
- ✿ Presentar los productos con su aspecto más favorable.
- ✿ Fomentar el espíritu de compra.
- ✿ Garantizar la seguridad de movimientos dentro del comercio.

#### **3.3.5.2. Parámetros en la iluminación de comercios**

La ubicación de las góndolas y pasillos, la arquitectura del recinto y la imagen de la marca son los puntos principales a tener en cuenta para un buen diseño de iluminación

A continuación, se detallan los niveles recomendados de iluminancia en función del tipo de iluminación a realizar:

Iluminación general	800 a 1000 lux
Iluminación de producto	500 a 750 lux
Iluminación de acento	1:3
Temperatura de Color	3000 ó 4000 K
Ra	>80

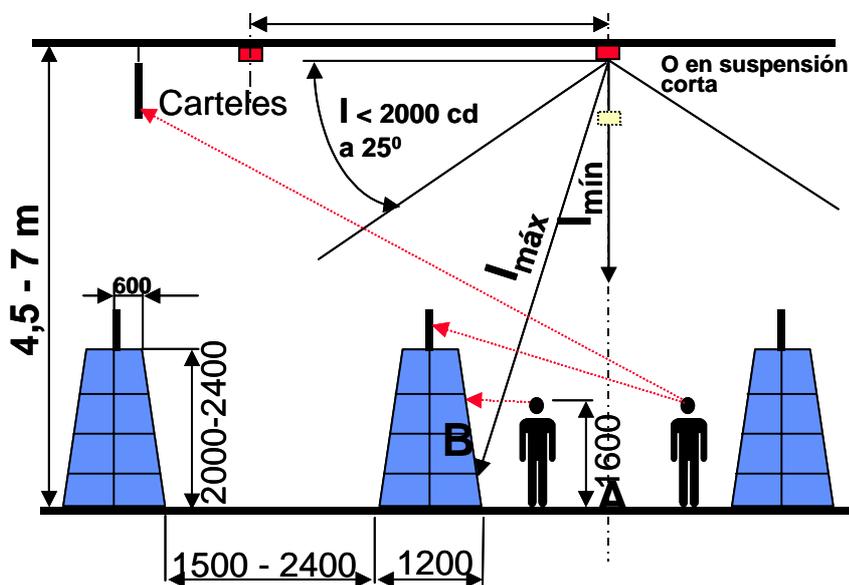
### 3.3.5.3. Soluciones lumínicas

#### 3.3.5.3.1. Alumbrado General. Góndolas altas y techos altos – Fluorescencia

Situación habitual en hipermercados donde las góndolas tienen una posición fija.

La solución muestra un alumbrado general con líneas de fluorescencia en carril electrificado situados en el centro del pasillo.

El alumbrado se dirige tanto al plano horizontal de los pasillos como al plano vertical de las góndolas por lo que la separación de las líneas debe tener en cuenta ambos planos de cálculo.



### Esquema de iluminación:

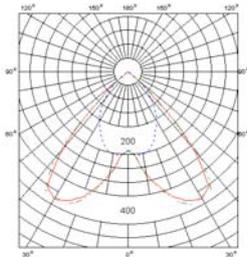
Nivel de iluminancia media horizontal  $E_h = 800-1000$  lux

Nivel de iluminancia media a la altura del observador  $E_o = 500-750$  lux

Temperatura de color  $T_c = 4000$  K

Índice de reproducción cromática:  $>80$

### Distribución óptima de la luz:



### Ópticas y reflectores:

Reflectores blancos en combinación o no de espejos extensivos para mejorar la distribución de la luz y ópticas para apantallar las lámparas y aumentar el confort visual.

### Lámparas:

Fluorescentes

TLD Gama 80 y/o TL5, TLD Gama 80 Xtra y/o Xtreme

### Equipos

HFP Balasto electrónico con precaldeo

HFR Balasto electrónico regulable

Balastos convencionales IC

### Luminarias

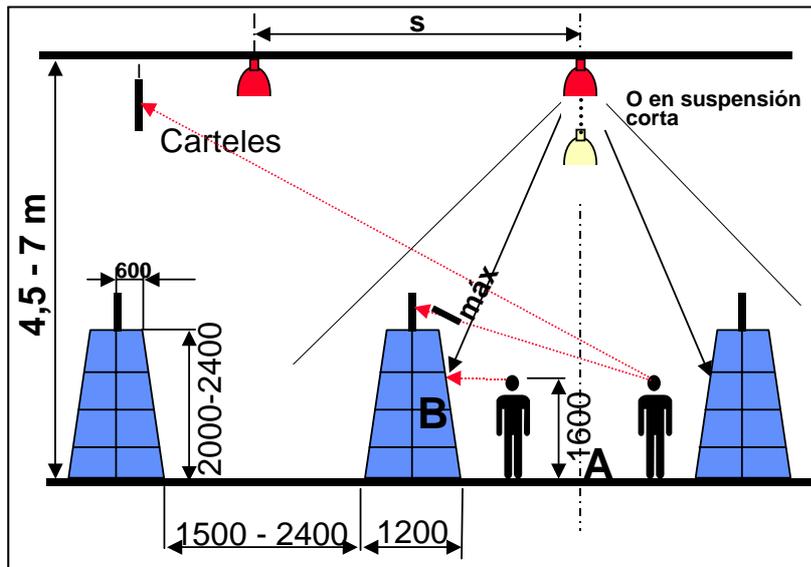
TTX 400, Maxo's

### 3.3.5.3.2. Alumbrado General. Góndolas altas y techos altos – Campanas

Situación habitual en hipermercados donde las góndolas tienen una posición fija.

La solución muestra un alumbrado general mediante campanas adosadas o suspendidas formando un patrón que sigue o no el eje longitudinal central de los pasillos.

El alumbrado se dirige tanto al plano horizontal de los pasillos como al plano vertical de las góndolas por lo que la separación de las líneas debe tener en cuenta ambos planos de cálculo.



#### Esquema de iluminación:

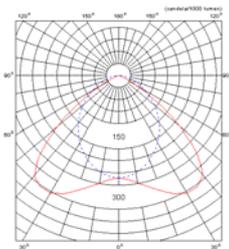
Nivel de iluminancia media horizontal  $E_h = 500-1000 \text{ lux}$

Nivel de iluminancia media a la altura del observador  $E_o = 500-750 \text{ lux}$

Temperatura de color  $T_c = 4000 \text{ K}$

Índice de reproducción cromática:  $>80$

#### Distribución óptima de la luz:



#### Ópticas y reflectores:

Reflectores extensivos con o sin vidrio de protección

### Lámparas:

Halogenuros metálicos  
CDM-T HPT-T  
Inducción QL

### Equipos

Balastos convencionales para halogenuros metálicos de alta potencia

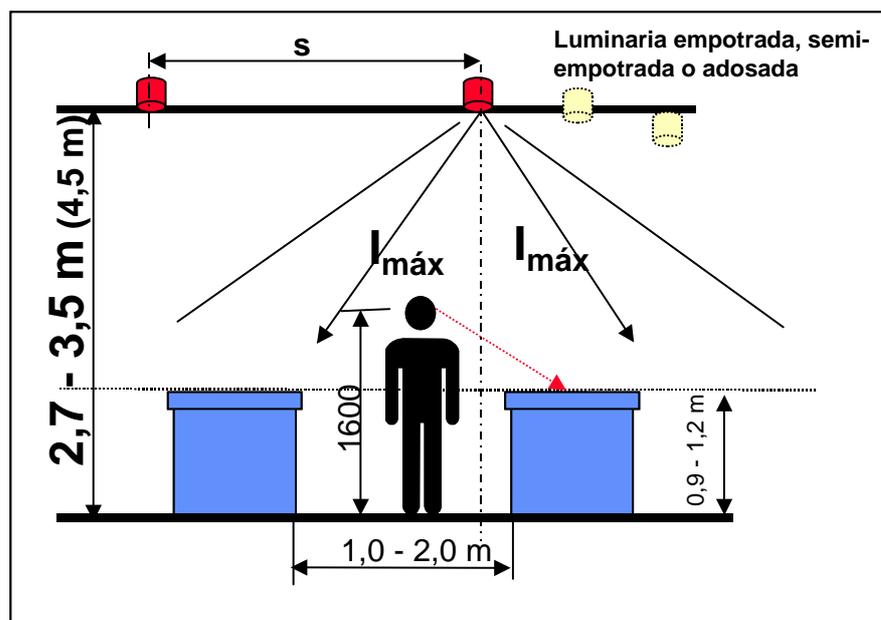
### Luminarias

HDK / MegaEco  
Megalux  
Péndola

#### 3.3.5.3.3. Alumbrado General. Muebles bajos y techos bajos – *Downlights*

Situación habitual en comercios de alimentación donde los muebles no tienen siempre una posición fija.

La solución muestra un alumbrado general con un patrón de *downlights*. Este patrón sigue un criterio estético y se ajusta al falso techo.



Se busca principalmente un alumbrado uniforme del plano horizontal y un nivel de iluminancia adecuado aunque en algunas zonas puede ser interesante completar el alumbrado general con alumbrado de acento.

### Esquema de iluminación:

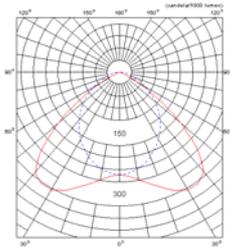
Nivel de iluminancia media horizontal  $E_h = 500-750$  lux

Valor de uniformidad recomendado  $E_{min} / E_{max} = 0.50$

Temperatura de color  $T_c = 4000$  K,  $3000$  K o  $2700$  K

Índice de reproducción cromática:  $>80$

### Distribución óptima de la luz:



### Ópticas y reflectores:

Óptica facetada de aluminio de  $60^\circ$  y  $36^\circ$  de apertura, haz ancho

Con o sin vidrio decorativo y/o UV

### Lámparas:

Fluorescentes compactas

PL-C

Halogenuros metálicos

CDM-T

Sodio blanco

SDW-T, SDW-TC

### Equipos

HFP Balasto electrónico con precaldeo

HFR Balasto electrónico regulable

Balastos convencionales IC

Balastos EB para halogenuros metálicos y sodio blanco

### Luminarias

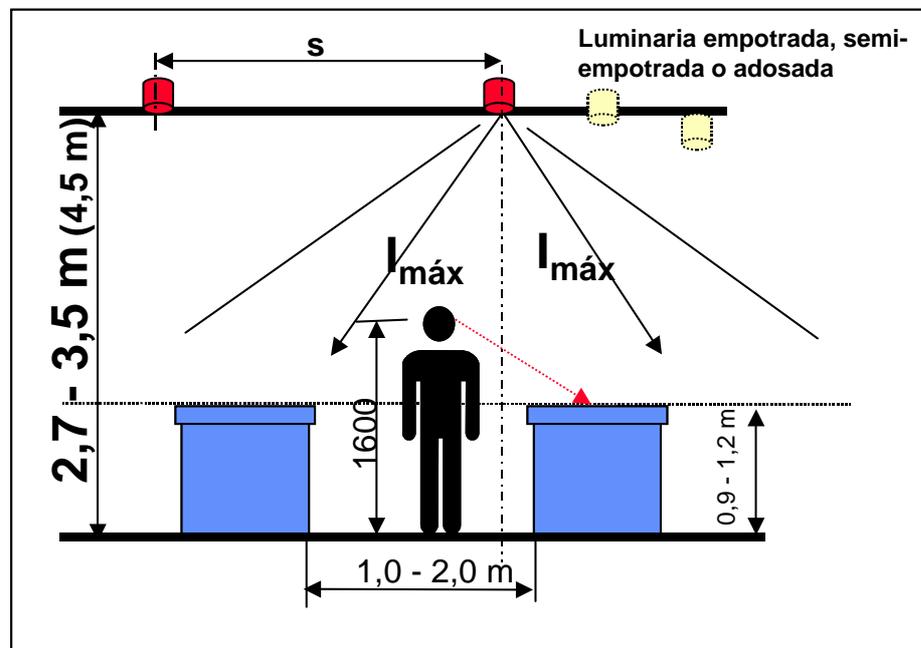
Trilogy

### 3.3.5.3.4. Aluminado General. Muebles bajos y techos bajos – Downlights

Situación habitual en comercios de alimentación donde los muebles no tienen siempre una posición fija.

La solución muestra un alumbrado general con un patrón de luminarias cuadradas. Este patrón se ajusta a la modulación del falso techo.

Se busca principalmente un alumbrado uniforme del plano horizontal y un nivel de iluminancia adecuado aunque en algunas zonas puede ser interesante completar el alumbrado general con alumbrado de acento.



#### Esquema de iluminación:

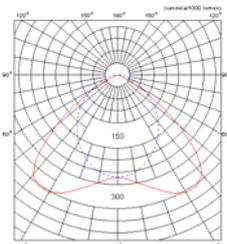
Nivel de iluminancia media horizontal  $E_h = 500-750 \text{ lux}$

Valor de uniformidad recomendado  $E_{\min} / E_{\max} = 0.50$

Temperatura de color  $T_c = 4000 \text{ K}, 3000 \text{ K}$  o  $2700 \text{ K}$

Índice de reproducción cromática:  $>80$

#### Distribución óptima de la luz:



### **Ópticas y reflectores:**

Óptica con distribución en delta  
Reflector opal O OD  
Reflector prismático P

### **Lámparas:**

Fluorescentes compactas  
PL-T, PL-L  
Fluorescentes  
TLD Gama 80 y/o TL5, TLD Gama 80 Xtra y/o Xtreme

### ***Equipos***

HFP Balasto electrónico con precaldeo  
HFR Balasto electrónico regulable  
Balastos convencionales IC

### ***Luminarias***

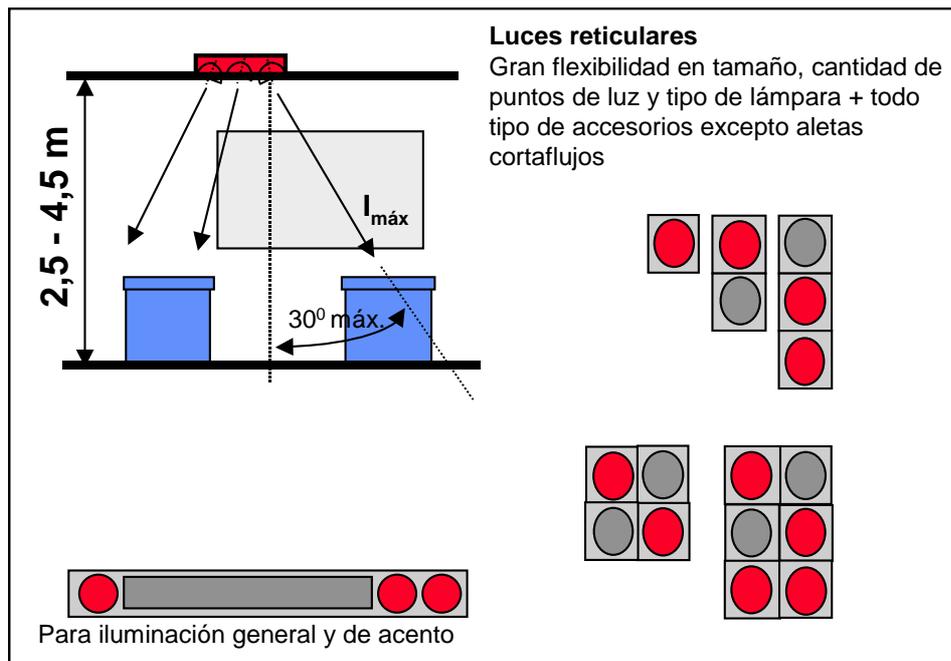
Daruma  
TBS300

#### **3.3.5.3.5. Alumbrado de Acento. Combinación de alumbrado general + acento**

Situación habitual en comercios de alimentación donde los muebles no tienen siempre una posición fija.

La solución muestra un alumbrado con un patrón de luminarias en las que está integrado el alumbrado general y el alumbrado de acento y en el que el criterio estético y funcional es fundamental.

Se requiere una luminaria que ofrezca la versatilidad de poder elegir la situación de los acentos y del alumbrado general sin tener que renunciar a dichos criterios estéticos y de funcionalidad.



#### Esquema de iluminación:

Nivel de iluminancia media horizontal  $E_h = 500-750 \text{ lux}$

Valor de iluminancia máxima  $E_{\text{max}} = 1500-7500 \text{ lux}$

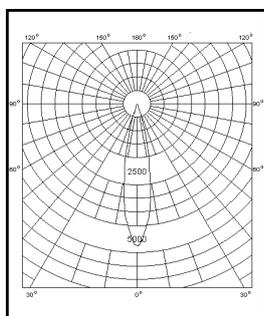
Intervalo del ángulo de orientación del acento sin deslumbramiento: [ $>15^{\circ}$ ,  $<30^{\circ}$ ]

Temperatura de color  $T_c = 3000 \text{ K}$  o  $4000 \text{ K}$

Se puede mezclar la temperatura de color de alumbrado general en  $4000 \text{ K}$  y el acento en  $3000 \text{ K}$  o al revés

Índice de reproducción cromática:  $>80$

#### Distribución óptima de la luz:



#### Ópticas y reflectores:

Para el alumbrado general:

Óptica en delta

Óptica de haz ancho

Óptica facetada aluminio 36ª y 60ª

Para el alumbrado de acento emplear:

Óptica facetada de aluminio de 36ª, 24ª, 12ª y 6ª de abertura

### **Lámparas:**

Fluorescentes sólo para el alumbrado general

TLD Gama 80 y/o TL5, TLD Gama 80 Xtra y/o Xtreme

Halogenuros metálicos CDM-T

Sodio Blanco SDWT SDWT-C

Halógenas reflectoras MasterLine ES / 111

### **Equipos**

HFP Balasto electrónico con precaldeo

HFR Balasto electrónico regulable

Balastos convencionales IC

Balastos EB electrónicos para halogenuros metálicos y sodio blanco

### **Luminarias**

Scrabble

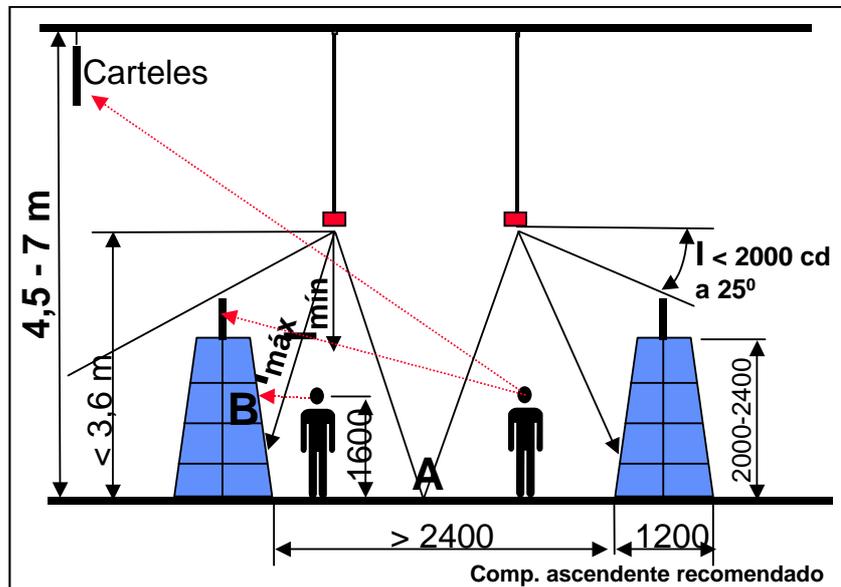
Daruma

#### **3.3.5.3.6. Alumbrado de Producto. Góndolas altas y techos altos – Longitudinal asimétrica**

Situación habitual en comercios de alimentación donde la posición de las góndolas es siempre fija.

El alumbrado se dirige básicamente al producto y el alumbrado general se obtiene por contribución de las luminarias.

El alumbrado consiste en líneas de fluorescencia colocadas longitudinalmente a las góndolas y suficientemente cerca de éstas y sin relación alguna con el centro del pasillo.



#### Esquema de iluminación:

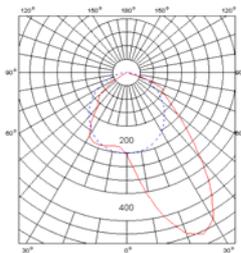
Nivel de iluminancia media horizontal  $E_h = 500-1000\text{ lux}$

Nivel de iluminancia hacia el observador  $E_{\text{obs}} = 500-750\text{ lux}$

Temperatura de color  $T_c = 3000\text{ K}$  o  $4000\text{ K}$

Índice de reproducción cromática:  $>80$

#### Distribución óptima de la luz:



#### Ópticas y reflectores:

Óptica asimétrica

#### Lámparas:

Fluorescentes

TLD Gama 80 y/o TL5, TLD Gama 80 Xtra y/o Xtreme

## Equipos

HFP Balasto electrónico con precaldeo  
HFR Balasto electrónico regulable  
Balastos convencionales IC

## Luminarias

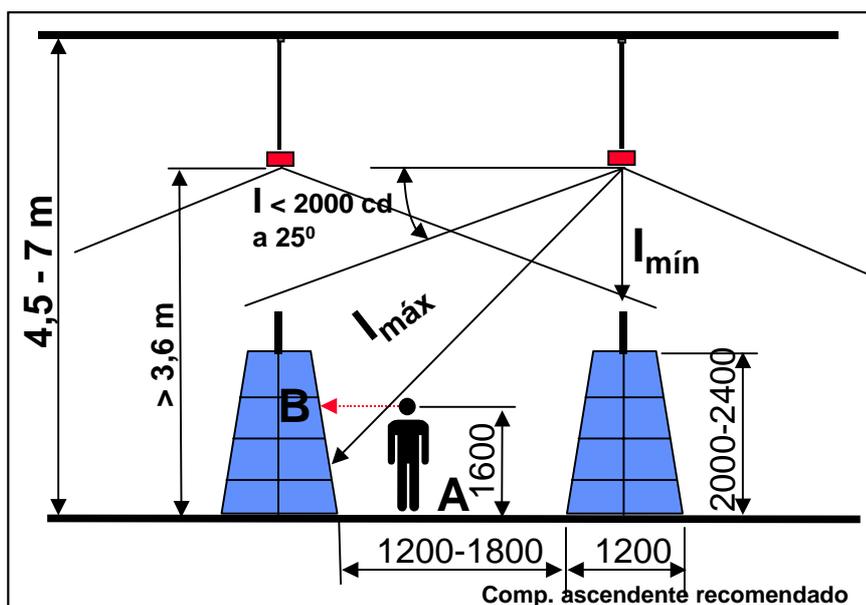
TBS 105  
X-Tend  
Maxo's  
TTX400

### 3.3.5.3.7. Alumbrado de Producto. Góndolas altas y techos altos – Longitudinal bidireccional

Situación habitual en comercios de alimentación donde la posición de las góndolas es fija pero el ancho de los pasillos no sigue la modulación.

El alumbrado se dirige básicamente al producto y el alumbrado general se obtiene por contribución de las luminarias.

El alumbrado consiste en líneas de fluorescencia colocadas longitudinalmente a las góndolas y sobre el eje de éstas y sin relación alguna con los pasillos.



### Esquema de iluminación:

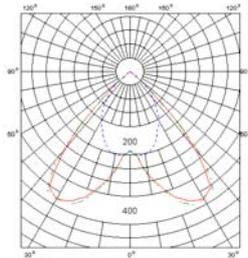
Nivel de iluminancia media horizontal  $E_h = 500-1000$  lux

Nivel de iluminancia hacia el observador  $E_{obs} = 500-750$  lux

Temperatura de color  $T_c = 3000$  K o  $4000$  K

Índice de reproducción cromática:  $>80$

### Distribución óptima de la luz:



### Ópticas y reflectores:

Óptica bidireccional

Óptica extensiva

### Lámparas:

Fluorescentes

TLD Gama 80 y/o TL5, TLD Gama 80 Xtra y/o Xtreme

### Equipos

HFP Balasto electrónico con precaldeo

HFR Balasto electrónico regulable

Balastos convencionales IC

### Luminarias

X-Tend

Maxo's

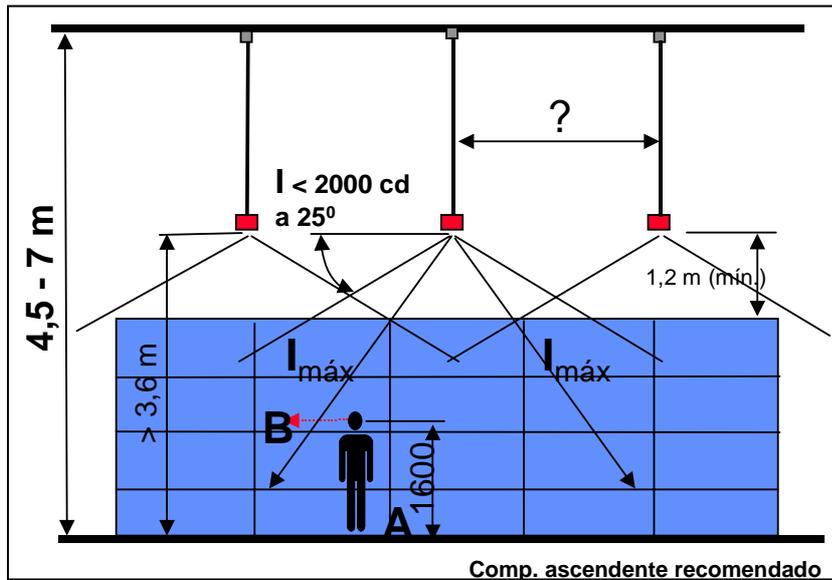
TTX400

### 3.3.5.3.8. Alumbrado de Producto. Combinación de alumbrado de producto + acento

Situación habitual en comercios de alimentación donde la posición de las góndolas es fija.

El alumbrado se dirige básicamente al producto y el alumbrado general se obtiene por contribución de las luminarias.

El alumbrado consiste en líneas de fluorescencia combinando proyectores para el acento colocadas longitudinalmente a las góndolas y suficientemente cercanas para conseguir el alumbrado de producto y un buen alumbrado de acento.



#### Esquema de iluminación:

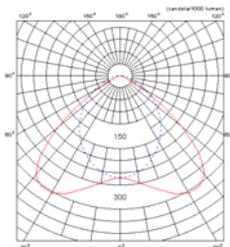
Nivel de iluminancia media horizontal  $E_h = 500-1000 \text{ lux}$

Nivel de iluminancia hacia el observador  $E_{\text{obs}} = 500-750 \text{ lux}$

Temperatura de color  $T_c = 3000 \text{ K}$  o  $4000 \text{ K}$

Índice de reproducción cromática:  $>80$

#### Distribución óptima de la luz:



#### Ópticas y reflectores:

Óptica doble asimétrica

Óptica simétrica

Óptica de distribución bidireccional

Óptica fanceteada aluminio de 36ª 24ª 12ª 6ª de abertura

### **Lámparas:**

Fluorescentes sólo para el alumbrado general:

TLD Gama 80 y/o TL5, TLD Gama 80 Xtra y/o Xtreme

Compacta PL-L

Halogenuros metálicos CDM-T

Sodio Blanco SDW-T SDW-TC

Halógenas reflectoras Masterline ES / 111

### **Equipos**

HFP Balasto electrónico con precaldeo

HFR Balasto electrónico regulable

Balastos convencionales IC

Balastos EB electrónicos para halogenuros metálicos y sodio blanco

### **Luminarias**

Daruma

TTX 400

Maxo's

Musa

## **Bibliografía**

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

## 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, con inundaciones en algunas zonas del planeta y sequías en otras.

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

El 97 % de las existencias de agua de la Tierra, corresponde al agua salada no potable de los océanos y mares. La mayor parte de los restantes 36 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce, está aglomerada sólidamente en forma de hielo en los glaciares y en los casquetes polares de la Tierra. 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, de la que no nos recuperamos.

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 a la incorporación de medidas correctoras y a 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 fueron 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 el sector del comercio, hay tres enfoques claramente diferenciados en consumos de agua; éstos son: consumo de agua para la manipulación, limpieza y elaboración de alimentos o comidas, los consumos de ACS (Agua Caliente Sanitaria) y AFCH (Agua Fría de Consumo Humano) para el lavado de vajillas y limpieza en general y los consumos sanitarios en aseos, duchas, etc. Mencionando por último, algunos consumos en mantenimiento, climatización, producción y limpiezas o incluso riego, baldeo y paisajismo, en algunos casos muy específicos.

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

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

La amplitud de sectores y comercios de alimentación, como por ejemplo panaderías, fruterías, pescaderías, carnicerías, etc., y la variedad de formatos y tipos de ubicación que se suelen dar, como comercios de barrio o tiendas, mercados, galerías de alimentación, grandes superficies, etc., hace muy difícil poder unificar criterios que no resulten vanos y que a la vez fueran generalistas, optando por centrar la guía, en elementos casi comunes a la totalidad de los mismos.

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 o despacho de alimentos y que viene representando una parte importante dentro del sector, debido en muchas ocasiones, a que durante el trabajo de manipulación o despacho, es muy fácil que se manchen enseres, utensilios necesarios, o que los manipuladores o restauradores, se ensucien y deban lavarse muy a menudo (bien ellos o sus utensilios).

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 este tipo de empresas, es cuando se pega el salto a la denominación de industrias, pues los costes no van ligados 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, y no vertida realmente.

La industria de la alimentación, por su alto contenido graso, es una fuente habitual de inspección por lo costoso de la depuración de sus vertidos, encareciéndose la factura por dos o por tres, cuando no se cuenta con sistemas de depuración, filtrado o separadores de grasas.

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, del 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 mínimas 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 correspondiente y multiplicando el consumo por la cifra antes indicada, pudiendo calcular también la disminución de las mismas, si realiza actuaciones para economizar ésta.

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

Si el tipo de edificación o establecimiento se considera de uso público y/o edificio de alto tránsito, galerías de alimentación, mercados, grandes superficies, etc., además deberá incorporar en el plazo máximo de dos años, grifería eficiente en las áreas públicas o de elevada concurrencia, como por ejemplo los aseos públicos, y optimizar sus consumos en toda la instalación.

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

Como podemos ver, cada vez más la sociedad, las autoridades, instituciones, van acotando los excesos de consumo, pues el hecho de que el agua resulte barata, no quiere decir que dispongamos de ella sin ninguna limitación y cada día iremos viendo cómo el estado, las comunidades autónomas y sobre todo las corporaciones locales, legislan a favor del crecimiento sostenible y el mantenimiento de los recursos naturales, para favorecer las futuras generaciones.

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

Un **Programa de Reducción y Uso Eficiente del Agua**, para cualquier comercio, 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, "Q" Calidad, etc.
- ❁ Ayudar a la sociedad directa e indirectamente, facilitando el crecimiento sostenible de la misma y aportando un granito de arena vital para futuras generaciones.
- ❁ 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 gremio, siendo muy apreciado por determinados sectores, pero sobre todo por los clientes y usuarios más exigentes, como signo de calidad.
- ❁ 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. Este capítulo persigue dar a conocer acciones, técnicas y sistemas que permitan a propietarios, gestores, responsables y técnicos de este tipo de comercios, minimizar los consumos de agua y la energía derivada de su calentamiento.

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 algunos de las más importantes que puedan servir a modo de ejemplo:

- ✿ En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS, como AFCH, hay que preocuparse de que cuando se diseñen o reformen, se considere 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 de las instalaciones del establecimiento.
- ❁ 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. (*En la localidad de Madrid, ya es obligatorio para todos y se dispone de tres años para segregarse los consumos comunitarios*).
- ❁ 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. (*Siendo obligatorio en Madrid*).
- ❁ 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 (por ejemplo para el riego mezclada con otras aguas).*

- ✿ Selección de equipos Hidro-Eficientes, 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. (Además ahora suele haber subvenciones para este tipo de equipos).*

- ✿ Utilizar jabones y productos biodegradables, que no contengan cloro ni fosfatos en su composición y emplear la dosis correcta propuesta por los fabricantes. *Cuando sale la vajilla blanca, puede ser por la alta concentración de cal en el agua, y esto se resuelve con un aporte de sal adecuado, según el fabricante; pero sobre todo no hay que volver a lavarlos, pues con frotarles con un 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 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.
- ❁ Realizar un plan interno de la gestión y uso eficiente del agua y la energía. No ya porque sea digno de que lo puedan solicitar, sino por el propio interés de ver por dónde y de qué forma podemos crecer con los mínimos recursos, tanto naturales, como económicos.

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

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

En la Comunidad de Madrid, cada vez hay más Ayuntamientos que exigen la incorporación de medidas economizadoras de agua en los edificios de nueva construcción, como es el caso de Madrid, Alcobendas, Alcalá de Henares, Getafe, 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.

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-calcáreos y anti-bloqueo, pudiendo ser sustituidos en cualquier grifería existente. Aunque también hay griferías que ya lo incorporan.

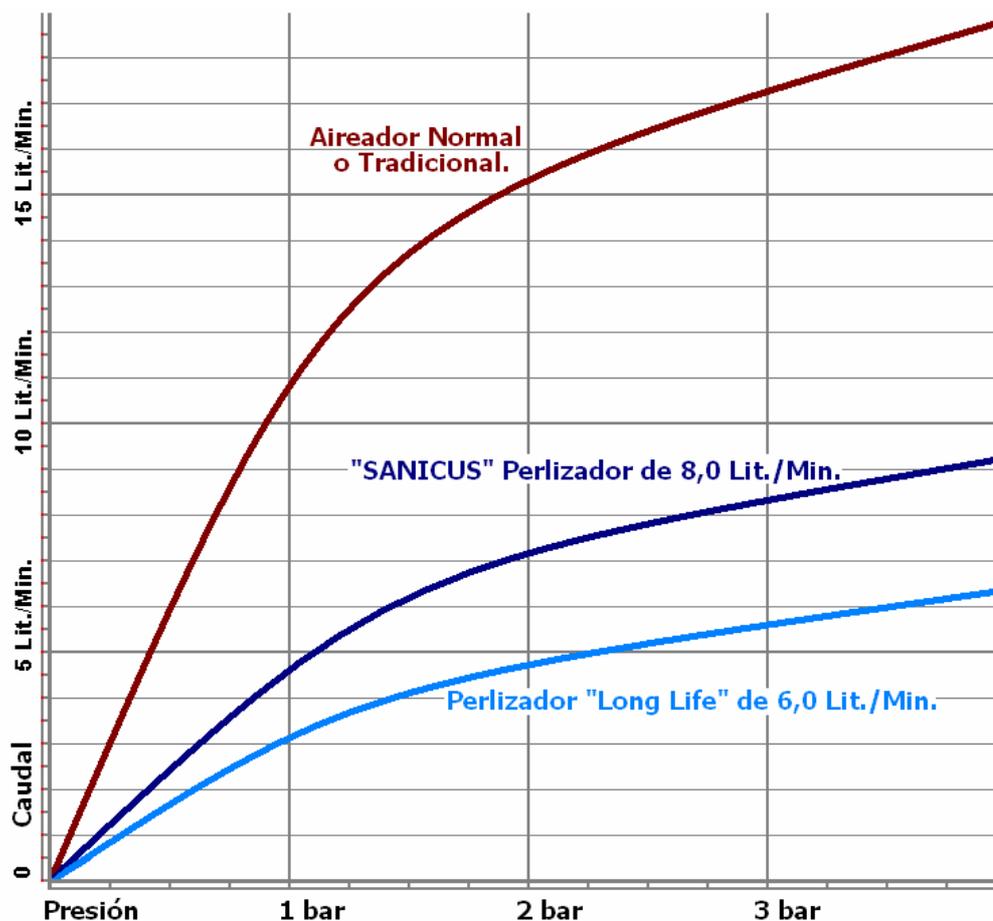


Figura 1. Consumos de griferías normales y ecológicas con Perlizadores.

## 4.4. Clasificación de equipos

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

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

La siguiente información, 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.

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.



Foto 1. Explicación gráfica de los Cartuchos Ecológicos.

Otra de las soluciones que hay para ahorrar agua y energía, consiste en la sustitución de este aireador, por un "PERLIZADOR", el cual, a parte de cumplir con el objetivo del anterior, aporta ventajas como: ser más eficaz con los jabones líquidos, ser más agradable y confortable, aparentar salir más agua de la que realmente sale y, por supuesto, economizar agua y la energía derivada de su calentamiento.

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

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



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 suelen montarse en zonas de poca utilización, como vertederos, fregaderos, etc., por su bajo precio.

Los problemas clásicos de estos equipos, son los cierres inadecuados, por falta de estanqueidad en las zapatas de cierre, y es habitual 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 su antigüedad no supere los 15 años aproximadamente, también se le podrá implementar los Perlizadores antes comentados, complementando las medidas de eficiencia y totalizando ahorros superiores al **60 %** sobre el estado previo a la optimización.

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

### 4.4.3. Grifos termostáticos

Posiblemente son los equipos más costosos, detrás de los de activación automática por infrarrojos, pero a la vez los más eficientes desde el punto de vista del consumo energético, ya que mezclan automáticamente el agua fría y caliente, para lograr la temperatura seleccionada por el usuario. Aportan altísimo confort y calidad de vida o servicio ofrecido, evitan accidentes, y 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 antebrazo, resultando la solución ideal; aunque requieren una mayor inversión, su rendimiento economizador es para toda la vida. Hoy en día un grifo de ducha termostático, con mango de ducha

ecológica, puede encontrarse, desde 60,00 € 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 (*lavamanos por ejemplo*), 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 en el caso de los lavamanos más del 70 %, e incluso casi el 80 %, si incorporan Perlizadores a su salida.

Se pueden utilizar para lavabos, fregaderos, duchas fijas, tanto normales como con equipos termostatizados, Foto 3. 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 por infrarrojos y termostatizada, para fregaderos.

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

Uno de los puntos donde posiblemente se consume más agua, de las zonas comunes, es sin lugar a dudas la zona de lavado de la vajilla del centro o cocina si se dispone de ella, o en zonas de limpieza de alimentos, para su conservación, preparación o despacho.

Si bien es cierto, que los nuevos lavavajillas reciclan el agua del aclarado anterior, para el prelavado del siguiente ciclo, ahorrando mucha 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 de fregadero en barras, despachos y cocinas

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

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

#### 4.4.7. 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.

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

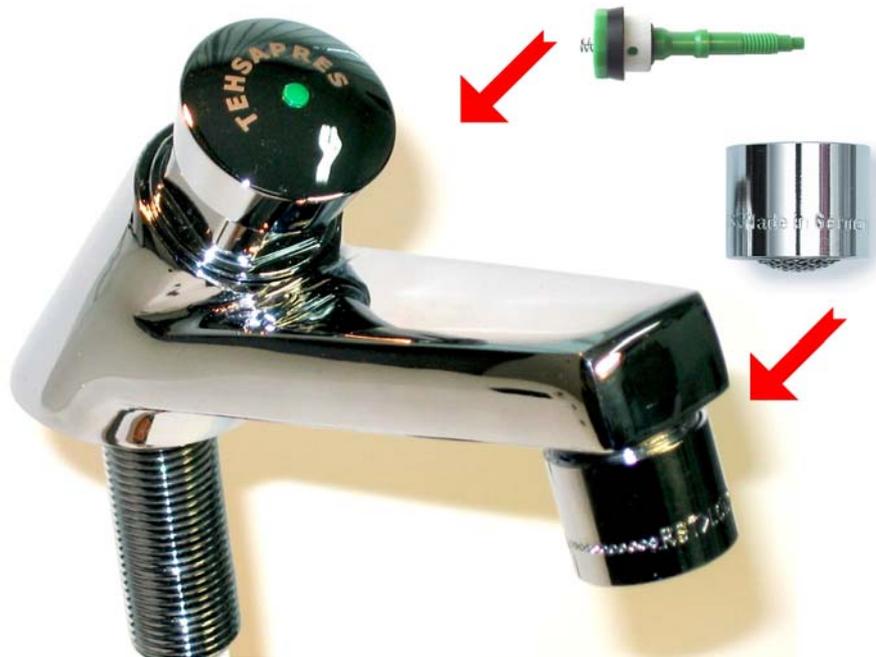


Foto 5. Mejoras posibles en griferías temporizadas.

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

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

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, lavabos 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.

#### **4.4.8. 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.



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

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.

#### **4.4.9. Regaderas, alcachofas y cabezales de duchas**

A la hora de economizar agua en la ducha, esto suele ser más fácil actuando sobre la salida del agua, que sobre la grifería. Con algunas de estas técnicas puede

actuarse sobre duchas de activación temporizada, pero que utilizan regaderas o cabezales normales, conjugando el suministro optimizado de la salida del agua, con el cierre temporizado de la misma.

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

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

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

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

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



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

- ✿ 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 integrados en diseños propios de los distintos fabricantes.

#### 4.4.10. 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 utilizan tanto para micciones como para deposiciones, lo que hace que si el sanitario no dispone de elementos para seleccionar el tipo de descarga, ésta sea igual tanto para retirar sólidos, como para retirar líquidos, cuando éstos sólo necesitarían un 20 o 25 % del agua, del contenido del tanque.

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

Analizando los distintos sistemas que suelen utilizarse, y tras haber descrito anteriormente las posibilidades existentes para los fluxores (*muy utilizados en la década de los 90*), ahora están más de moda los sistemas de descarga empotrados

y que, por norma general, acompañan a lozas de alta eficacia que suelen consumir como mucho 6 litros por descarga.

Casi la totalidad de los fabricantes que ofrecen cisternas o tanques empotrados, ofrecen en éstos, la opción de mecanismos con doble pulsador, algo altamente recomendable, pues 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 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 un comercio, empresa o 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 distinguirlos, 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 éstos muy fácil de reconocer, porque al tirar de ellos se quedan levantados, y para interrumpir la descarga hay que presionarlos hacia abajo. Mientras que si se bajan ellos solos, es señal de que el mecanismo no es interrumpible y producirá la descarga completa.

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

En cualquier caso siempre es recomendable incorporar pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto, a la vez que se sensibiliza a los usuarios

y se mejora la imagen del centro, tanto para explicar los interrumpibles, como si se instalan contrapesos de acero inoxidable para automatizarlos.

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

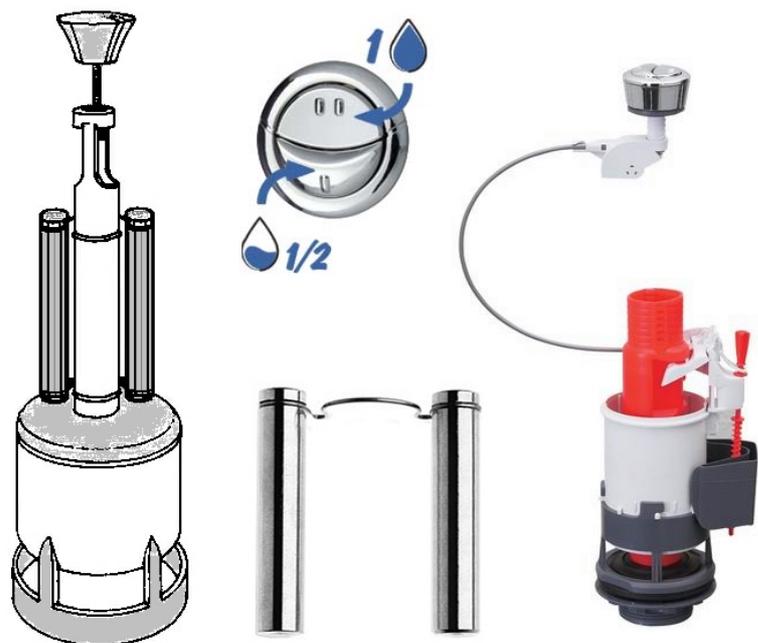
Sin lugar a dudas, la opción más ecológica y racional para el uso de los inodoros. Aunque por desgracia algunos fabricantes no permiten la selección y graduación del tipo de descarga; hay otros que es complicado saber cuál es el botón que descarga una parte u otra; incluso existen unos mecanismos, que 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 debe ser de 10 años, siendo como mínimo 5.
- ✿ Y que los botones se identifiquen claramente, 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 colocar 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.



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

*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 utilidades; aparte de los problemas de estabilidad que puede ocasionar si se caen o tumban, evitando su cierre y que genere fugas constantes.*

## 4.5. Consejos generales para economizar agua y energía

**En salas de calderas, calentadores y redes de 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.
- 
- ✿ 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:***

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

- ✿ 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 puedan vivir sin precisar riego alguno, o que no se mueran en periodos largos de sequía.
- ✿ La Xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90 %.
- ✿ Existen hidro-geles o polímeros absorbentes del agua, que posibilitan el crecimiento de las raíces mucho más extensas y a la vez acumulan el agua, liberándola hacia las raíces más lentamente, lo que genera un crecimiento muy superior y una fortaleza mayor de las plantas y/o el césped. Con un 50 % menos de riego.
- ✿ Elegir otras especies, que aunque no sean autóctonas, sean resistentes a la sequía (*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.
- ✿ Si se necesita agua a presión para realizar la limpieza de determina área será preferible utilizar equipos presurizados de alta presión, que ofrecen más de 140 y 190 bares de presión, con un caudal de agua de menos de 7 a 10 litros por minuto (*sería el equivalente a un grifo*), mientras que una manguera consumirá más de 30 litros por minuto (*más de un 75 % de ahorro*). Todo ello con mucha más eficacia.



**Foto 9.** Máquina de limpieza por agua a presión.

- ✿ Incorporar el jabón y/o detergentes a los recipientes después del llenado, aunque no haga espuma, limpiará lo mismo.
- ✿ Promover medidas para ahorrar en el lavado de trapos y uniformes de personal.
- ✿ Las toallas, sábanas o trapos viejos se pueden reutilizar como paños 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 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. (2003).: "Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en la industria". Fundación Ecología y Desarrollo. (Zaragoza), España.
4. Infojardin.com (2002-2005).: Web y Artículos de Jesús Morales (Ingeniero Técnico Agrícola), (Cádiz) España.

5. 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.
6. Ahorraragua.com (2004).: "Eco-Artículos", Web de la compañía. Madrid, España.

## 5.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es mostrar las principales líneas de actuación para incrementar la eficiencia energética en las instalaciones de climatización en general, con un hincapié especial en instalaciones de locales o edificios del sector comercial, teniendo en cuenta las diferencias entre comercios del sector de alimentación y el resto.

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.

La humedad y temperaturas de confort estival e invernal no difieren del estándar de confort de otros tipos de instalaciones dedicadas al confort humano. Estas condiciones oscilarán entre una temperatura y humedad entre 25 °C - 27 °C (con un entorno del 40 al 60 % de humedad relativa) a 20 °C - 22 °C en invierno (manteniendo idealmente la humedad), siempre adaptándose en lo posible a la vestimenta habitual de la clientela (con vestimenta veraniega, trajes de calle, abrigos en invierno, etc.) y el atuendo profesional de los empleados. Téngase en cuenta que se estima en casi un 8-10 % el incremento de consumo de refrigeración por cada grado centígrado de rebaja de la temperatura de consigna de una instalación de confort, con incrementos parecidos en calefacción.

Suele haber un fuerte contraste entre el confort deseado por los empleados y los clientes al haber como se ha señalado una vestimenta diferente. El tiempo de permanencia de estos últimos es además generalmente menor<sup>1</sup>, por lo que debe evitarse choques térmicos al cliente tanto a la entrada como a la salida. Las cortinas de aire en las entradas permiten tanto amortiguar este efecto como el desperdicio de energía.

Es de destacar la influencia que suele tener la elevada carga térmica de iluminación de muchos locales, derivada de la presentación de los productos. Hagamos una referencia cruzada al capítulo de iluminación, pueden usarse luminarias de bajo consumo, calidad cromática adecuada (muy recomendable en confección y alimentación) que no provoquen en el empleado la necesidad de "bajar el termostato", por la sensación de calor por excesiva radiación de las luminarias.

La zonificación, la división en zonas regidas por diferentes termostatos (para fijar la misma o diferentes temperaturas según el caso), no es tan importante en este sector comercial como en sector residencial u oficinas, excepto que el tamaño de local permita varias zonas. En las tiendas multisección con zona de alimentación puede existir una necesidad de agrupar en lo posible las áreas de producto refrigerado, para evitar pérdidas de energía hacia zonas de uso general, (producto

---

<sup>1</sup> Hay un mayor tiempo de permanencia en grandes almacenes, tiendas dedicadas a libros, discos o ropa. Existen estudios de *merchandising* específicos de permanencia del potencial comprador en estos locales.

no perecedero, confección, juguetes, etc.). Debe asimismo estimarse si es conveniente en instalaciones de comercio del sector de alimentación, un tratamiento de humectación especial, podría mejorar tanto la presentación como la conservación de producto perecedero.

A este respecto, la velocidad del aire y la dirección de impacto sobre el cliente son cruciales para evitar situaciones de falta de confort, que disuadan de la compra o se traducen en quejas hacia el establecimiento.

La velocidad recomendada en el espacio ocupado (desde el suelo una altura de 1,20 a 31,50 m) debe ser inferior a 0,80 m/s, con un valor recomendado de 0,20 m/s. No ha de superarse este límite en el espacio ocupado, y además ha de evitarse que el área de impacto de la corriente de aire sobre el cliente sea en espalda, o cuello, ya que se originarán quejas, Fig. 1.

Los gestores o propiedad de los establecimientos deben tener clara durante la fase de proyecto cual va a ser la disposición del personal, cajas, expositores, congeladores y armarios refrigeradores, estanterías, etc., para darle al profesional proyectista o instalador la información para evitar que la difusión de aire cause molestias.

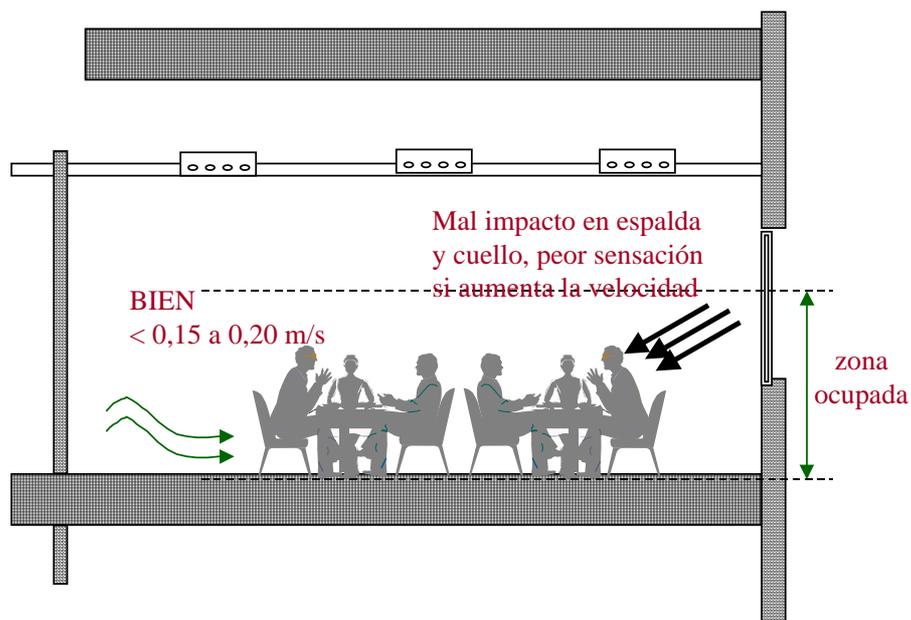


Figura 1. Distribución del aire dentro del área ocupada.

Los establecimientos comerciales tienen como características principales una elevada ocupación puntual (por supuesto el máximo debe ajustarse a la normativa de seguridad vigente), y la necesidad de elevada ventilación por este motivo, aunque la nueva legislación antitabaco prohíbe su consumo en estos locales<sup>2</sup>.

**TABLA 1.** Caudales de aire recomendados.

Tipo de área	Tasa de Ventilación (l/s por persona)	
	Recomendada	Mínima
Residencial	10	8
Bares	18	12
Cafetería	15	12
Restaurantes	15	10
Cocinas (ratio por m <sup>2</sup> )	20 l/s m <sup>2</sup>	-

Sin embargo, puede existir, como ya se ha comentado, una elevada infiltración debida a la entrada y salida de personas. La consecuencia fundamental de estos mayores caudales de aire exterior es una carga térmica mayor (ganancia de calor en verano y pérdida de calor en invierno), que ha de computarse en el cálculo y que puede combatirse con cortinas de aire adecuadas.

En el epígrafe dedicado a la recuperación de calor y enfriamiento gratuito se tratará como reducir la ganancia o pérdida de energía por causa de la admisión de aire, sin perder calidad de aire exterior.

En el caso del nivel sonoro, estas instalaciones no son una excepción a las normativas locales. Como cualquier lugar de actividad pública deben respetar niveles que no alteren el normal desarrollo de los ciclos de sueño vigilia del vecindario.

<sup>2</sup> En cumplimiento del Real Decreto, de entrada en vigor en 1 de Enero de 2006, los locales deben habilitar zonas específicas para fumadores o prohibir el consumo de tabaco dependiendo de su superficie. Es el primer caso el que requiere gran cuidado en el tratamiento de aire exterior de renovación.

Las condiciones que han de cumplirse en el exterior son las recogidas en la Tabla 2.

**TABLA 2.** 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 3.

**TABLA 3.** Niveles sonoros en interior.

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

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

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

En el interior son:

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

Hay una enorme variedad de formas con las que propietarios, consultores e instaladores abordan el proyecto, y ésta depende fundamentalmente de las prioridades que éstos participantes fijen. Para unos será importante el confort de usuarios, para otros puede ser servidumbres de colocación de equipos, etc., e inevitablemente para algunos sólo tendrá importancia el coste.

Las prioridades y las subsiguientes decisiones limitan el camino a seguir para resolver el proyecto, por ejemplo, la falta de una estructura en cubierta adecuada puede llevar a la necesidad de evitar plantas centrales de energía. La falta de espacios de paso de tuberías puede provocar que no sea posible un sistema centralizado de ningún tipo ya sea todo aire, refrigerante variable o a través de *fancoils*.

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

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

- ✿ Elección del sistema de climatización: todo aire, todo agua, aire-agua, o incluso un sistema de distribución de refrigerante de no poder adoptarse ninguno de los anteriores, por condicionantes arquitectónicos o de uso del edificio.

- ✿ Selección del tipo de plantas de producción de frío y calor.
- ✿ 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, agua o refrigerante, y a qué temperatura han de circular?

Después, el edificio ha de dividirse en zonas donde el sistema de distribución de agua, de aire o de refrigerante 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 de cada zona han de comprobarse para conocer tipo de fluido, su caudal máximo y el momento de año en que habrá de llegar este caudal.

Esto lleva a la selección de los terminales de zona. Tanto el sistema de distribución de fluidos energéticos como los terminales contribuyen a la pérdida de presión en el circuito (agua, aire o refrigerante), que ha de vencerse con la presión disponible del sistema de bombeo, o en el caso de distribución de refrigerante, se estudian para comprobar si es admisible la pérdida de capacidad del compresor debida a la longitud, y el adecuado retorno de aceite.

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.

Al contrario que en otros sectores, las tres últimas medidas son de muy improbable aplicación, debido tanto al nivel de inversión necesario, como del tamaño de instalación. Por ello no se han desarrollado en la presente guía.

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

Equipo compacto de cubierta		<u>1980</u>	<u>2005</u>		
Cap.Frig.	50 kW				
		Eficiencia	2,6	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 %	

La iniciativa de ahorro energético E-4 promovida por las administraciones Autonómicas y Central contiene un Plan Renove de equipos de climatización que subvencionará el cambio de equipos.

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 2.** 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. 3 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

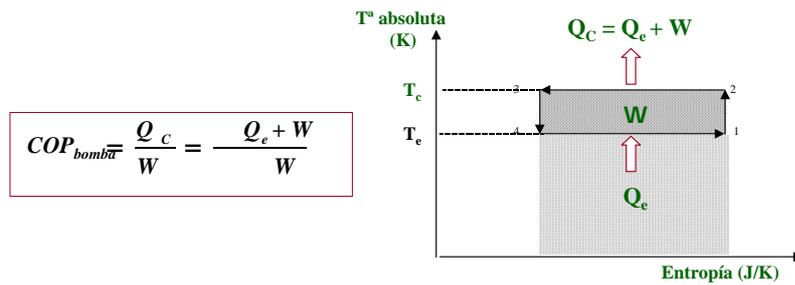


Figura 3. Ciclo Bomba de calor.

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

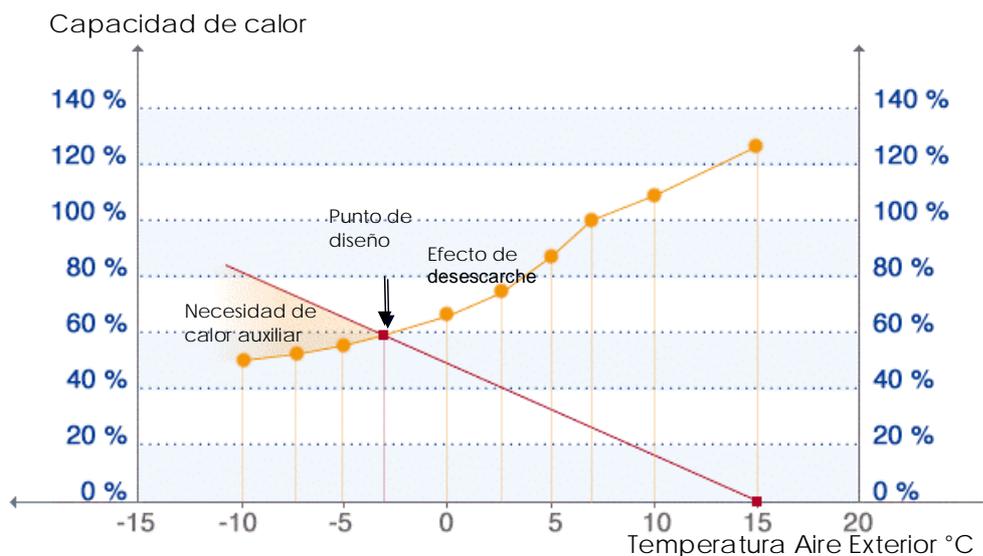
es que las bombas de calor no pueden mantener altas temperaturas de salida de agua o de aire cuando existe una baja temperatura exterior.

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 4.** Elección del punto de diseño de una bomba de calor.

En la Fig. 4 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.

Los sistemas de bombas de calor agua-aire en bucle cerrado también son comunes en aplicaciones comerciales. Estos sistemas se componen de un circuito de tuberías (una de impulsión y otra de retorno) al que se acoplan múltiples unidades terminales bomba de calor agua-aire. Cada una de ellas puede operar en modo frío, enviando calor al bucle de agua o en modo calor, extrayendo energía del bucle.

La temperatura en el bucle de agua se intenta mantener dentro de los límites de 15 °C a 35 °C, mediante la aportación de calor mediante caldera (o bomba de calor aire agua) cuando la temperatura desciende de 20 °C o extrayendo calor cuando la temperatura asciende por encima de 29 °C.

El circuito de agua sirve así como sumidero o aportación de energía a las unidades terminales. Si se mantiene en el entorno citado permite la operación de las unidades en cualquiera de los modos descritos. Esto permite el traslado de la energía desde los espacios templados a los más fríos dentro del edificio, sin generar calor adicional.

Durante los meses de verano, la mayoría de las unidades terminales están en modo frío, calentando el agua del circuito. Tan pronto la temperatura asciende por encima de los 29 °C, se extrae el calor del circuito mediante una torre de refrigeración (preferentemente de tipo cerrado).

Sin embargo en los meses de invierno, sólo los terminales situados en el perímetro del edificio estarán en modo calor; los situados en la zona interior, salvo la carga necesaria para atemperar el aire de renovación estarán en modo frío. Hay que prever que pueda existir un balance negativo de la energía, es decir que el calor que precisen los terminales periféricos sea mayor que el producido por los terminales del interior. En ese caso, el balance térmico hace bajar la temperatura del agua por debajo de 21 °C, momento en el que se conecta la caldera.

Sin embargo, el ahorro energético sigue siendo importante, ya que el calor derivado del uso del edificio, luces, personas y equipos es aprovechado como fuente de energía para mantener calientes las zonas exteriores, permitiendo reducir el consumo de calefacción.

En una aplicación comercial, de un centro comercial tipo compuesto de una gran superficie y tiendas (caso también de un mercado de abastos), en muchos casos éstas son alquiladas a diferentes arrendatarios.

La propiedad puede gestionar el sistema de disipación de energía (torre de refrigeración) o aportación de calor de caldera o bomba de calor centralizada, proporcionando a cada arrendatario unos l/h determinados de agua para condensación o agua atemperada para las bombas de calor, que cada arrendatario deberá adquirir e instalar por su cuenta, corriendo con los gastos de manutención y consumo eléctrico de su unidad.

Se consigue de esta forma no constreñir la potencia frigorífica de la instalación de cada arrendatario; la limitación estará en los l/h de agua y en la capacidad total de torre y sistema de aportación de calor.

### **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.

De momento, la recuperación de calor está presente en la mayoría de fabricantes en unidades enfriadoras a partir de 100 – 150 kW, aunque existen ya en algunas gamas recuperación parcial (20 %) por debajo de 20 kW.

Por este motivo, es difícil encontrar aplicaciones comerciales en que sea posible el uso de estas unidades, aunque dada la tendencia ya apuntada, podrían verse aplicaciones en este sector en unos pocos años.

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.

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.

El autor cree que es difícil encontrar justificación de la inversión en aplicaciones comerciales; es el caso de instalaciones hosteleras, sobre todo en climas suaves dónde muchas veces se estaba usando este calor para la preparación de Agua Caliente Sanitaria. Sin embargo, es dudosa por ahora su rentabilidad en instalaciones dedicadas únicamente al sector comercial, dónde el plazo de amortización va a alargarse.

En relación a la aplicaciones de recuperación de calor, es necesario evitar la proliferación de la bacteria *Legionella Neumophila*, mediante 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>3</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.

Cabe citar como colofón la introducción de nuevas ayudas y normativas de ahorro energético<sup>4</sup>. La producción de agua caliente por energía solar está siendo promovida por parte de las diversas administraciones del Estado con salir del *impass* 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>5</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.

---

<sup>3</sup> En cumplimiento del Real Decreto sobre Prevención de infección por Legionella.

<sup>4</sup> Dentro del programa E-4, la introducción de una 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), además de la 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 periodo 2005-2007.

<sup>5</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*.

En el caso de instalaciones comerciales, la producción de A.C.S. a través de sistemas de colectores solares se traduce en un ahorro de energía, no dramático pero sí importante, siempre recurriendo a un sistema de acumulación que almacene durante el día el agua para su posterior consumo.

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

Las instalaciones comerciales tienen fijados horarios estrictos, en cumplimiento de las Ordenanzas Municipales y Autonómicas vigentes, pero la diversidad de ocupación fuerza a que el sistema de Gestión Energética tenga una enorme flexibilidad de manejo, sobre todo en la gestión del cambio de modo de operación de frío a calor y la gestión del aire de ventilación y enfriamiento gratuito con todo aire exterior.

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

El control de cambio de modo de operación, de calor a frío o de frío a calor en una instalación, ha de hacerse 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", que suele darse muy a menudo en los grandes comercios.

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.

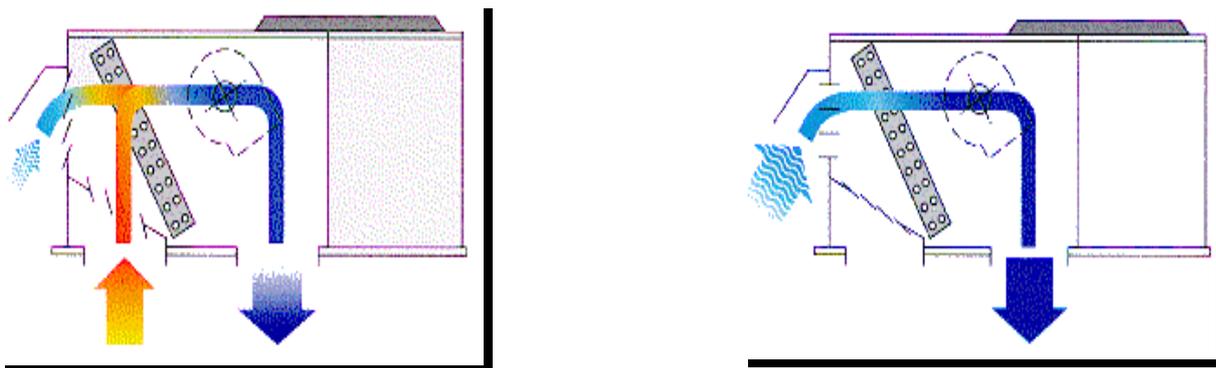
## **5.4.2. Gestión de enfriamiento gratuito por aire exterior (ITE 02.4.6) y recuperación de calor**

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.

Tanto las grandes superficies como pequeñas tiendas se prestan al uso de este tipo de sistemas, ya que como se ha comentado, tienden a tener pocas zonas y pueden ser climatizados con un equipo centralizado, por conductos. El sistema de enfriamiento gratuito, actuaría muy frecuentemente en estación intermedia e incluso en invierno, para refrigerar el local cuando exista gran número de personas y una temperatura exterior adecuada.

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

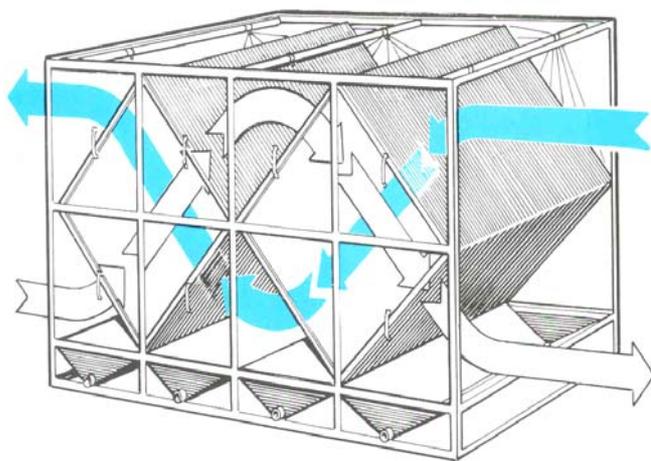


**Figura 5.** Entrada de aire de ventilación y utilización con enfriamiento gratuito.

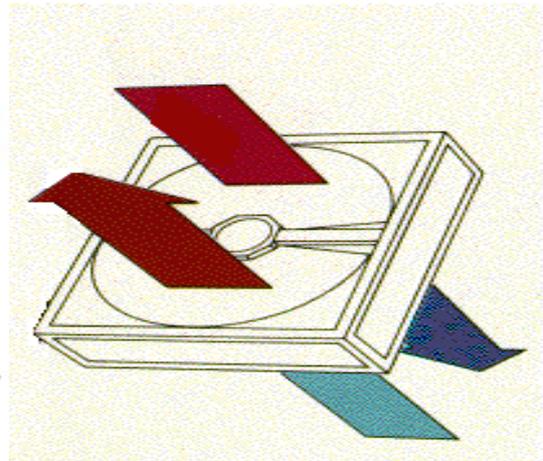
Citando el reglamento, el Aire exterior mínimo de ventilación (ITE 02.4.5) y la Recuperación de calor del aire de extracción (ITE 02.4.7) y con independencia de lo indicado en ITE 02.2.2, en los subsistemas de climatización del tipo "todo-aire", para locales que no están siempre ocupados por el número máximo de personas (cines, teatros, salas de fiesta, restaurantes, salas de reuniones de centros de día o de residencias de mayores, comercios como en el caso que nos ocupa y similares), se usarán dispositivos automáticos que permitan variar el caudal de aire exterior mínimo de ventilación en función del número de personas presentes. Para cuando los locales estén desocupados, deberá preverse un dispositivo automático para

mantener la compuerta de aire exterior mínimo cerrada, tanto en los períodos de parada como en los de puesta en marcha de un subsistema.

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



**De calor sensible: Placas**



**Entálpicos: Rotativo**

**Figura 6.** Tipos de intercambiadores recuperadores de calor.

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

## 5.5. Consideraciones finales

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

Los últimos avances en tecnología de equipos y sistemas tienen un impacto importante en el ahorro energético y la consiguiente reducción de costes de explotación debidos a la climatización.

El caso de una instalación de una tienda de 200 m<sup>2</sup> en las condiciones de cálculo de Madrid, se ha analizado mediante un programa de cálculo por ordenador con análisis de consumo energético (*Hourly Analysis Program HAP de Carrier v.4.22.*).

Los sistemas de climatización comparados son un equipo *split* de conductos convencional de 36 kW frigoríficos, y gracias a la recuperación de calor del aire exterior un equipo de 30 kW con posibilidad de enfriamiento gratuito.

Ya de entrada se reduce la potencia instalada obteniéndose un importante ahorro de casi un 20 % en el equipo. En cuanto al consumo eléctrico, se obtiene un 15 % de ahorro anual en frío más un 25 % de ahorro anual en el consumo eléctrico destinado a calefacción por bomba de calor.

Con las necesarias precauciones al tratarse de un modelo informático, puede verse la influencia tan importante que una instalación, con modernos sistemas, tiene respecto a una convencional.

Aparte ha de pensarse que otros sistemas como iluminación y equipos auxiliares de los comercios tienen también enorme influencia 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 refrigeración (congeladores, armarios refrigerados), ofimática (balanzas, cajas registradoras u ordenadores) y luminarias, repercute en el ahorro en los consumos de climatización.

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

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.

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, por la reducción de gastos incluso en las más pequeñas tiendas de alimentación, o en grandes centros comerciales.

## 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. Introducción

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

1. **Energía Solar Fotovoltaica:** se basa en la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar incidente en los módulos fotovoltaicos, proceso basado en el efecto fotoeléctrico.
2. **Energía Solar Térmica:** se basa en la producción de energía calorífica a través de colectores solares térmicos que absorben la radiación solar, la transforman en calor y lo transmiten a un fluido caloportador que circula por su interior y traslada esa energía absorbida a un intercambiador para utilizarlo en diversas aplicaciones posibles.

### 6.1.1. Energía Solar Fotovoltaica

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

#### 6.1.1.1. La radiación solar

Los sistemas de energía solar dependen de la radiación solar, un recurso cuya predicción es asequible calcular con las herramientas disponibles actualmente.

Debido a su comportamiento aleatorio sometido a leyes estadísticas, los resultados están sujetos a un mínimo factor de incertidumbre espacial y temporal.

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

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

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

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

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

### 6.1.1.2. Características

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

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

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

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

Las principales características de los sistemas de energía solar fotovoltaica:

- ✿ Son libres – pudiendo cualquier persona u organismo convertirse en generador de energía.
- ✿ Son limpios – el impacto medioambiental de un sistema en funcionamiento es prácticamente despreciable.
- ✿ Son alternativos/complementarios a las tecnologías energéticas convencionales – no consumen agua, no poseen partes móviles, no realizan ningún tipo de combustión, no emiten gases, residuos o ruidos.
- ✿ Son renovables – se basan en un recurso inagotable.
- ✿ Son ahorradores – se basan en un recurso descentralizado, lo que posibilita realmente la generación energética cerca de los puntos de consumo, reduciendo las pérdidas de transporte y transformación, y la dependencia del mercado del petróleo.
- ✿ El proceso de instalación es sencillo y barato.
- ✿ El mantenimiento es simple y poco costoso.
- ✿ Tienen una elevada fiabilidad.
- ✿ Tienen una larga vida útil (se estima que la vida útil de un módulo fotovoltaico es superior a los 30 años).

### 6.1.1.3. Aplicaciones

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

**Sistemas autónomos:** sin conexión permanente a la red eléctrica

- ✿ Sistemas de electrificación rural.
- ✿ Sistemas híbridos (con grupo electrógeno, generador eólico, red eléctrica, etc.).
- ✿ Sistemas de iluminación pública.
- ✿ Sistemas de telecomunicación.
- ✿ Sistemas de señalización y telemetría.
- ✿ Sistemas de bombeo de agua.
- ✿ Sistemas de protección catódica.
- ✿ Otros: automoción, etc.

**Sistemas fotovoltaicos de Conexión a Red (SFCR)**

- ✿ Un SFCR es un generador que inyecta energía eléctrica en la red convencional. No está diseñado para satisfacer un consumo determinado. Sin embargo, generalmente se instala en puntos cercanos a núcleos de consumo, favoreciendo así la reducción de pérdidas por transporte y transformación.

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

Las instalaciones se amortizan en un plazo medio breve, siendo la vida útil de la instalación superior a 20 años, con unos mínimos costes de mantenimiento.

#### 6.1.1.4. Integración arquitectónica

La filosofía de la integración arquitectónica consiste en dotar a la edificación de una doble función:

- ✿ Generador de energía.
- ✿ Elemento de construcción – sustituyendo en ocasiones a otros elementos contractivos.

A modo orientativo, 1 kWp de módulos fotovoltaicos ocupan 10 m<sup>2</sup> con un peso aproximado de 13 kg por m<sup>2</sup>, generando anualmente unos 1200 kWh para la región centro de España.

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

## 6.2. Legislación referente a SFCR

En España están vigentes en la actualidad tres leyes que hacen referencia de forma directa a los Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red (SFCR):

- ✿ **RD. 436/2004:** describe los procedimientos de legalización de un SFCR como generador de energía. Marca las primas que el usuario debe percibir por la venta de la energía producida.
- ✿ **RD.1663/2000:** describe los requisitos técnicos de conexión a red que un SFCR debe cumplir. Principalmente hace referencia a los sistemas de seguridad (para personas, equipos y mantenimiento de la calidad de red). Es válido para sistemas de hasta 100 kW y conexión en Baja Tensión.
- ✿ **Resolución del 31 de Mayo de 2002 de la Dirección General de Política Energética y Minas:** fija el contrato-tipo que debe ser firmado por el titular del SFCR y la compañía eléctrica a la que se conecta el sistema, así como el formato de la factura resultante. Se basa en el RD.1663/2000, por tanto es

válido únicamente para sistemas de hasta 100 kW de conexión en BT. No obstante, y salvo pequeñas modificaciones, el contrato es utilizado también para instalaciones en MT.

Además, es aplicable el Reglamento de Baja Tensión publicado en el Real Decreto 842/2002 (Agosto 2002), y la norma IEC 60364-7-712. De esta legislación, pueden extraerse unas conclusiones principales en relación a las condiciones técnicas de conexión:

- ✿ El propietario de un generador fotovoltaico puede vender a una compañía eléctrica toda la energía que produce su sistema, no sólo la que le “sobra” (diferencia entre la producción de su sistema y el consumo de, por ejemplo, su domicilio). Debe destacarse que la reglamentación eléctrica española establece la separación administrativa entre la comercialización y la distribución de la energía (así, la empresa que nos vende energía eléctrica en nuestro hogar es distinta a la que compra la energía que produce el sistema que podamos tener en nuestro tejado). Por tanto, al menos administrativamente, la generación fotovoltaica y el consumo “cercano” son dos elementos independientes. No obstante, es claro que la corriente eléctrica no entiende de leyes ni contratos, sino que fluye según las leyes de Kirchhoff. Así, la energía producida por un SFCR será consumida parcial o totalmente en el propio edificio (generación distribuida).
- ✿ La separación existente entre empresa comercializadora y empresa distribuidora se refleja en la separación de contratos y facturas y, por tanto, también de elementos y puntos de medida. Es decir, no pueden utilizarse las lecturas de dos contadores distintos (uno de venta y otro de compra) para componer una única factura. Este hecho, unido a la necesidad legal de conectar el sistema fotovoltaico en un punto propiedad de la compañía eléctrica (por tanto, externo a las instalaciones eléctricas propias del domicilio, empresa, etc.) tiene como consecuencia que en ciertos casos la legalización de un sistema fotovoltaico sea extremadamente complicada. Deben destacarse dos casos:

- Titulares con contrato de suministro en Media Tensión con instalaciones fotovoltaicas de potencia menor a 100 kW. A pesar de que la potencia fotovoltaica es menor que el valor que obliga a la conexión en MT, la otra obligación de conexión en punto que sea propiedad de la compañía eléctrica implica el uso de un transformador BT-MT distinto al usado para consumo. Sin embargo, esta solución conlleva pérdidas energéticas e incremento de inversión de la instalación que la pueden hacer inviable. La posibilidad de inyectar “aguas abajo” del transformador de consumo y hacer los balances necesarios en las facturas de venta y consumo, utilizando las medidas de los respectivos contadores, queda descartada como ya se ha explicado. Otra posibilidad consiste en medir la energía consumida en BT (“aguas abajo” del transformador), inyectar “aguas abajo” del transformador y “aguas arriba” del contador de compra, y compensar mediante un factor de corrección para contabilizar las pérdidas debidas al transformador. Este problema es muy frecuente, y puede limitar el número de instalaciones FV (grandes superficies comerciales, edificios de oficinas con cubiertas planas, etc.).
- Titulares en edificios de varias viviendas. De nuevo, la necesidad de realizar la conexión “aguas arriba” al contador de consumo, implica en este caso la instalación de cableado bajante desde la vivienda en cuestión hasta la sala de protecciones del edificio. Esta solución no es siempre fácil ni técnicamente (no siempre existe espacio o canalizaciones disponibles en la bajante del edificio) ni administrativamente (es necesario el permiso de la comunidad de vecinos).

### 6.2.1. Código Técnico de la Edificación

A partir del 29 de Septiembre de 2006 el Código Técnico de la Edificación (CTE) es de obligada aplicación, y en particular la sección HE 5, relativa a la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. Los límites de aplicación

están relacionados con la aplicación que se vaya a dar a la edificación, tal y como se detalla en la siguiente lista:

- ❁ Comercial:
  - o Hipermercado: 5.000 m<sup>2</sup> construidos.
  - o Multitienda y centros de ocio: 3.000 m<sup>2</sup> construidos.
  - o Gran almacén: 10.000 m<sup>2</sup> construidos.
- ❁ Oficinas: 4.000 m<sup>2</sup> construidos.
- ❁ Hoteles y hostales: 100 plazas.
- ❁ Hospitales y clínicas: 100 camas.
- ❁ Pabellones de recintos feriales: 10.000 m<sup>2</sup> construidos.

Asimismo, se especifican unos coeficientes de uso dependiendo de la aplicación, y se delimitan cinco zonas climáticas a las que asigna otros coeficientes. La potencia mínima de obligada instalación se calcula basándose en estos dos grupos de coeficientes. En cualquier caso, la potencia pico mínima a instalar será de 6,25 kWp. El inversor tendrá una potencia mínima de 5 kW.

Por ejemplo, para la zona climática III, caracterizada por un valor de radiación solar global diaria media comprendido entre 4.2 y 4.6 kWh/m<sup>2</sup>, resulta la siguiente tabla:

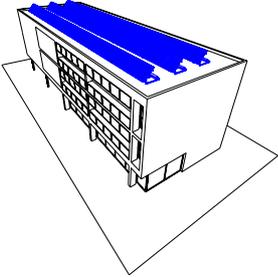
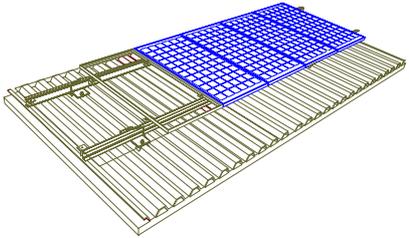
Uso/Área (m <sup>2</sup> )	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000
Hipermercado			7.5	9.8	12.0	14.3	16.5	18.8	21.0	23.3	25.5	27.8	30.0
Multitienda	7.5	13.1	18.8	24.4	30.0	35.6	41.3	46.9	52.5	58.1	63.8	69.4	75.0
Nave almacén								7.5	9.2	10.9	12.6	14.2	15.9
Administrativo		7.5	9.0	10.4	11.9	13.4	14.8	16.3	17.8	19.2	20.7	22.2	23.6
Pabellón								7.5	9.2	10.9	12.6	14.2	15.9

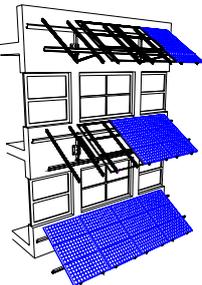
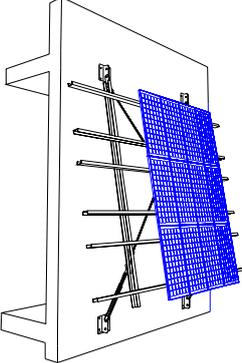
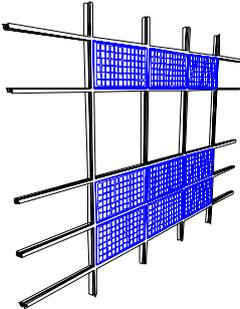
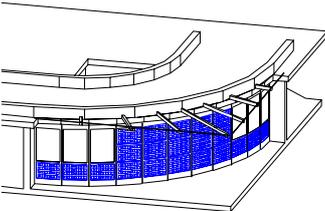
La disposición de los módulos se hará de tal manera que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del sistema y a las sombras sobre el mismo sean inferiores a determinados límites según tres posibles relaciones del generador con la edificación: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica, sustituyendo además elementos

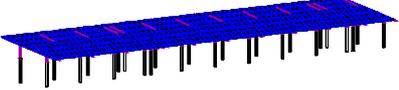
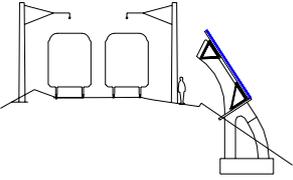
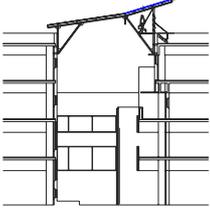
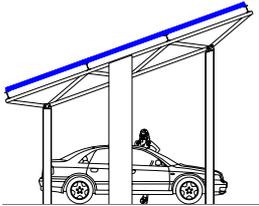
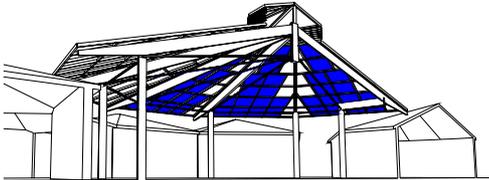
constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación. Se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima la latitud del lugar menos 10°.

### 6.3. Integración arquitectónica

A modo de ilustración, se muestran a continuación diferentes posibilidades de integración de generadores fotovoltaicos en estructuras constructivas.

TIPO DE INTEGRACIÓN	CARACTERÍSTICAS	ESQUEMA
<b>CUBIERTAS PLANAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✿ Instalación sencilla.</li> <li>✿ Estructuras de soporte convencionales.</li> <li>✿ Buen rendimiento energético.</li> </ul>	
<b>CUBIERTAS INCLINADAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✿ Superposición de módulos sobre cubierta existente.</li> <li>✿ Módulos especialmente diseñados como tejas.</li> <li>✿ Carpinterías metálicas para techos vidriados.</li> </ul>	

TIPO DE INTEGRACIÓN	CARACTERÍSTICAS	ESQUEMA
<p><b>PARASOLES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Fijos o de ángulo variable.</li> <li>☀ Reducción de la carga térmica.</li> </ul>	
<p><b>PAÑO CIEGO- MURO CORTINA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Sistemas de montantes y rastreles ya existentes en el mercado.</li> <li>☀ Fácil instalación.</li> </ul>	
<p><b>MURO CORTINA O ACRISTALAMIENTO VERTICAL</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Acristalamiento semitransparente.</li> <li>☀ Rendimiento energético menor al óptimo.</li> <li>☀ Adaptable a tecnologías ya existentes (muros cortinas y pieles de vidrio convencionales simple y doble piel).</li> </ul>	
<p><b>MURO CORTINA SIMPLE PIEL</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Seguridad de la instalación y los habitantes.</li> <li>☀ Gran impacto visual.</li> <li>☀ Muy adaptable a tecnologías constructivas ya existentes.</li> <li>☀ Espesor de los cristales.</li> </ul>	

TIPO DE INTEGRACIÓN	CARACTERÍSTICAS	ESQUEMA
<b>PÉRGOLAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Sombreado de grandes superficies exteriores.</li> <li>☀ Estructuras soporte constructivamente sencillas.</li> <li>☀ Buen rendimiento energético.</li> </ul>	
<b>BARRERAS DE SONIDO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Reducción del nivel de ruido.</li> <li>☀ Módulos especiales (mayor masa).</li> </ul>	
<b>LUCERNARIOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Claridad en interiores.</li> <li>☀ Módulos especiales (tédlar transparente).</li> </ul>	
<b>APARCAMIENTOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Térmicos y fotovoltaicos.</li> <li>☀ Multitud de posibles diseños.</li> </ul>	
<b>OTRAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☀ Fines estéticos, protección del sol, etc.</li> </ul>	

## 6.4. Componentes de un SFCR

### 6.4.1. Generador FV

Los sistemas fotovoltaicos son generadores eléctricos a partir de la energía de la radiación solar. La conversión de energía solar a eléctrica se realiza mediante células fotovoltaicas. Una célula fotovoltaica es básicamente una unión de dos semiconductores con una capa expuesta a la radiación solar. Los fotones incidentes provocan la generación de pares electrón-hueco que pueden funcionar como portadores de corriente.

Generalmente, las células se conectan en serie y paralelo, obteniendo como resultado un módulo fotovoltaico. Un módulo fotovoltaico viene caracterizado por varios parámetros, siendo los más utilizados la corriente de cortocircuito, la tensión de circuito abierto, y la tensión y corriente de máxima potencia. Dado que el funcionamiento energético de la célula depende esencialmente de las condiciones meteorológicas (principalmente de la temperatura ambiente y la radiación solar), las características del módulo están referidas a unas condiciones estándar (1000 W/m<sup>2</sup> de radiación solar, 25 °C de temperatura de célula, AM 1,5) que permiten comparar distintos módulos entre sí.

El generador fotovoltaico está compuesto por módulos fotovoltaicos agrupados en ramas. El número de módulos por rama determina la tensión nominal del generador, mientras que el número de ramas define la corriente nominal. La potencia a instalar se elige basándose en la superficie disponible y a la inversión prevista. Salvo casos especiales de proyectos de demostración, el diseño no tiene en cuenta el consumo del hogar o industria cercanos o asociados, como en el caso de sistemas FV autónomos.

### 6.4.2. Inversor

La potencia suministrada por un generador fotovoltaico iluminado es de tensión continua, que debe ser adecuadamente acondicionada para permitir el

correcto funcionamiento de las cargas conectadas en un sistema autónomo o el acoplamiento a la red eléctrica en el caso de sistemas de conexión a red. El equipo de acondicionamiento de potencia, denominado inversor DC/AC, realiza la conversión de continua a alterna cumpliendo con determinados requisitos de tensión eficaz, frecuencia, distorsión armónica de las ondas de tensión y corriente, rendimiento instantáneo y medio, seguridad eléctrica, etc.

A grandes rasgos, se pueden distinguir dos tipos de inversores: inversores "orientados a rama" (*string inverters*), o inversores alimentados por una única rama de módulos, e inversores centrales, alimentados por varias ramas de módulos. La elección entre uno u otro depende de la potencia FV a instalar y las condiciones relativas entre componentes del generador. Cuando el generador se compone de grupos con varias orientaciones y/o inclinaciones, es preferible asociar cada uno de estos grupos a inversores diferentes para evitar las pérdidas asociadas a los diferentes puntos de trabajo. Sin embargo, en el caso de instalaciones con iguales condiciones para todos los módulos es preferible utilizar inversores centrales (p.ej. en una instalación de 300 kWp es lógico utilizar tres inversores de 100 kW).

#### 6.4.2.1. Protecciones internas de los inversores

- ✿ Protección contra polaridad inversa en la entrada.
- ✿ Protección contra cortocircuito en red.
- ✿ Protección contra modo isla.
  - Vigilancia de tensión (entre 0,8 y 1,1 de  $V_{nom}$ ).
  - Vigilancia de frecuencia (entre 49 y 51 Hz).
- ✿ Protección contra sobretensiones.
- ✿ Protección contra sobret temperatura.
- ✿ Aislamiento galvánico.
- ✿ Rearme desconexión por fallo de red retardado 3 minutos.

#### 6.4.3. Cableado

Tiene la misión de conducir la energía entre módulos, de módulos a inversor, y de inversor a punto de conexión a red, manteniendo un aislamiento permanente a

lo largo del tiempo en condiciones de intemperie. El diseño del cableado se realiza normalmente mediante el criterio de caída de tensión (la intensidad admisible de los conductores suele ser mayor que la que impone el generador). En sistemas de gran tamaño, es importante prestar atención al hecho de que el cableado puede crear un gran bucle que funciona como antena en caso de descargas atmosféricas. Por tanto, para prevenir problemas debidos a sobretensiones inducidas, el diseño del cableado debe cuidarse realizando bucles de pequeño tamaño cruzando cables de distinta polaridad cada cierta distancia. Por otra parte, en el diseño de la estructura que integrará el generador FV a un edificio, no debe olvidarse dotar de un camino adecuado que debe recorrer el cableado entre módulos y de módulos a cajas de protección.

Por último, el uso de PVC y de compuestos halogenados en los aislamientos de los conductores y en las canalizaciones eléctricas está generalizado en las instalaciones comunes, a pesar de conocerse que dicho material es altamente contaminante y peligroso. Como alternativa, es posible optar por cable de doble aislamiento a base de poliolefinas. Este tipo de aislantes, en caso de incendio, tienen baja emisión de gases, de muy reducida corrosividad y toxicidad, y casi totalmente transparentes, al contrario que los aislantes comúnmente utilizados. Comparando el índice de toxicidad (It) que presenta una mezcla de PVC convencional, frente a los cables libres de halógenos, se encuentra una relación de 30 a menos de 2 según normas UNE 21174. En cuanto a la composición de halógenos en mezclas aislantes y de cubiertas, los ensayos según norma UNE 21147-1 (IEC 754-1) muestran una total ausencia de estos compuestos. En cuanto a las tuberías de protección eléctrica, los tubos de doble pared en polietileno son el complemento al cable. De esta forma se evitan posibles acciones contaminantes en la fabricación y se descarta el peligro de la formación de ácido clorhídrico o compuestos organohalogenados tóxicos que se producen en caso de incendio si se utilizan materiales convencionales.

#### 6.4.4. Resumen de protecciones

La instalación fotovoltaica conectada a red contará con:

## 1. Protección de la instalación:

### a. Sobrecargas y cortocircuitos:

- 1) **Interruptor magnetotérmico** en el lado AC.
- 2) **Interruptor general manual**, con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- 3) **Cableado CC**, diseño del cableado en la parte de CC utilizando el criterio térmico según el RBT.

### b. Sobretensiones:

- 1) **Varistores** situados en la parte de CC y AC.
- 2) **Masas metálicas conectadas a tierra**.

### c. Acoplamiento con la Red:

- 1) **Transformador de aislamiento galvánico** entre las partes de CC y AC (incluido inversor).
- 2) **Interruptor automático de interconexión** controlado por *software*, que permite la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, evitando el funcionamiento en isla, garantía de seguridad para los operarios de mantenimiento de la compañía eléctrica distribuidora. Los umbrales permitidos son en frecuencia entre 51 a 49 Hz y en tensión de  $1.1 U_m$  a  $0,85 U_m$  (incluido en el inversor).

## 2. Protección de las personas:

### a. **Interruptor automático diferencial** frente a contactos indirectos.

### b. **Puesta a tierra** de la estructura soporte y resto de masas metálicas de forma unificada, con el fin de evitar diferencias de potencial peligrosas según RBT y siguiendo la normativa vigente en este tipo de instalaciones sin alterar las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora.

### c. **Aislamiento clase II** en todos los componentes: módulos, cableado, cajas de conexión, etc.

- d. **Configuración flotante del campo generador** (los dos polos aislados de tierra), con el fin de garantizar la seguridad de las personas en caso de fallo a tierra en la parte de CC.
- e. **Controlador permanente de aislamiento**, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de resistencia de aislamiento (incluido en el inversor).

*Toda la descripción de protecciones anterior está de acuerdo con la normativa vigente: R.D. 1663/2000 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión; Resolución de 31 de mayo de 2001 de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión; así como está sujeta a la aprobación por la compañía distribuidora, y REBT.*

La instalación contará asimismo con un cuadro de contadores según especificaciones de la compañía eléctrica distribuidora, donde se ubicará un contador bidireccional preceptivo por ley: para la generación de la instalación y para los pequeños consumos que puedan existir en la instalación. Su precisión deberá ser como mínimo la correspondiente a la de clase de precisión 2, regulada por el Real Decreto 875/1984, de 28 de marzo. Los contadores serán seleccionados entre las marcas homologadas por la compañía eléctrica distribuidora, siendo, además, certificados por la misma.

## 6.5. Sistemas de seguimiento

Es conocimiento común que la electricidad entregada por un generador fotovoltaico es tanto mayor cuanto mayor sea el nivel de radiación incidente en el mismo. Pero no deben despreciarse otros efectos asociados al proceso de producción eléctrica tales como la temperatura de célula, pérdidas por suciedad en el módulo, y pérdidas por reflexión. Este último efecto está relacionado con el ángulo formado entre la línea que une el generador con el sol y la perpendicular al plano del módulo. Cuanto mayor es este ángulo, mayor es la radiación reflejada, efecto que podemos experimentar si observamos desde diferentes ángulos la

intensidad de nuestra imagen en una superficie acristalada de un edificio. Para poder contabilizar adecuadamente la radiación que es aprovechable por el generador FV, se emplea el concepto de radiación efectiva, que no es más que el resultado de descontar las pérdidas por suciedad y por reflexión de la radiación incidente en el generador.

La radiación que incide en una superficie proviene de la interacción de la radiación solar extraterrestre con nuestra atmósfera. Esta interacción provoca que veamos dos "cuerpos" emisores de luz: el sol y el resto del cielo. La componente de radiación que podemos achacar directamente al sol es denominada, por motivos evidentes, radiación directa. La componente de la radiación que llega del resto de la esfera celeste es consecuencia de una cadena de rebotes de la radiación extraterrestre en las diferentes partículas que componen la atmósfera. A esta componente de la radiación que recibimos se la denomina radiación difusa. La suma de las dos componentes se conoce como radiación global, y es la que se utiliza comúnmente para los cálculos de funcionamiento del generador. La componente difusa aumenta proporcionalmente cuando el cielo es nuboso, y la componente directa incrementa su participación cuando el cielo es claro. En general, la componente directa es superior a la difusa en el balance anual.

Teniendo en cuenta estos dos efectos (la radiación directa es proporcionalmente superior, y las pérdidas por reflexión disminuyen si el apuntamiento al sol mejora), se diseñan los sistemas de seguimiento solar. Su objetivo común es reducir el ángulo formado entre la línea que une el generador con el sol y la perpendicular al plano del módulo, es decir, apuntar al sol a lo largo de su movimiento celeste. Las diferentes técnicas de seguimiento buscan concretar este objetivo general sacrificando un apuntamiento perfecto en aras de conseguir sistemas estructurales más económicos y mejores aprovechamientos del terreno.

Así, el mejor método de seguimiento desde la perspectiva de la producción eléctrica es el denominado a doble eje, que consigue apuntar al sol con precisión a lo largo de todo su recorrido. En los sistemas de concentración es imprescindible adoptar este método, ya que los concentradores, grosso modo, son ciegos a la

radiación difusa y tan sólo son capaces de aprovechar la componente directa de la radiación.

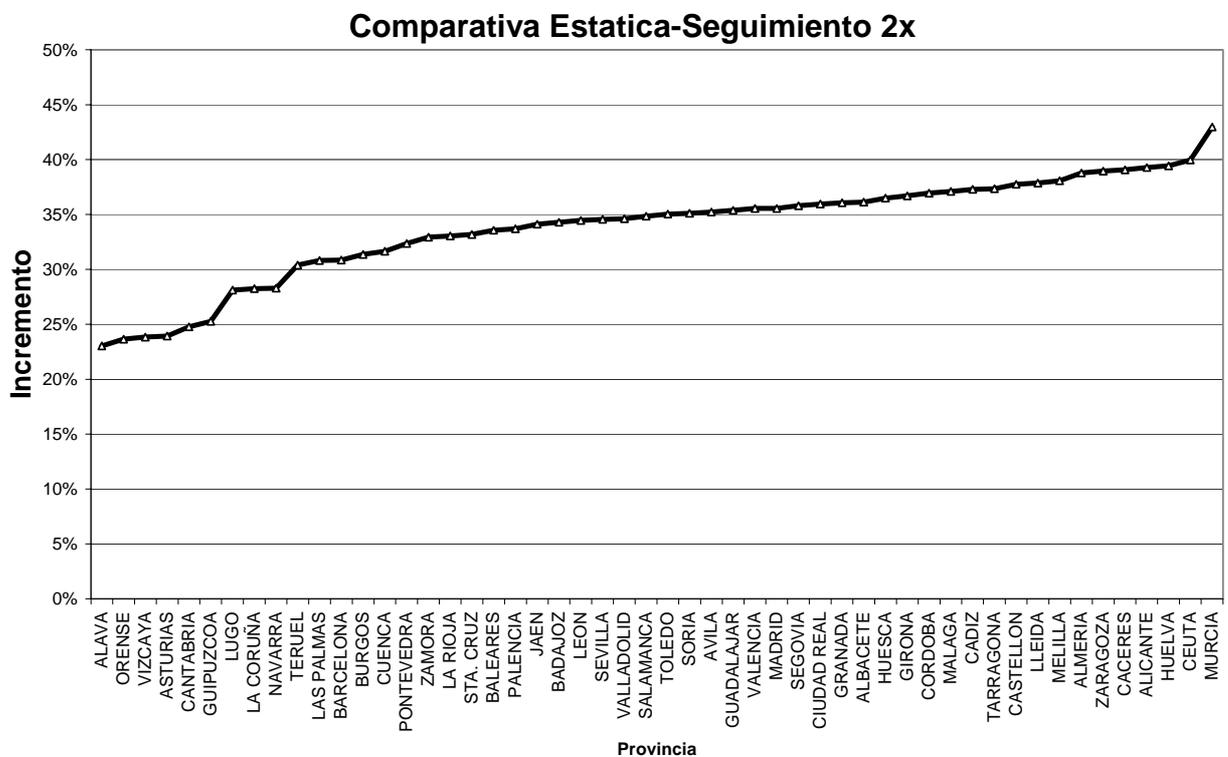
En el siguiente puesto de los que optimizan la producción encontramos el seguimiento acimutal, que sacrifica un movimiento (inclinación del generador) para conseguir sistemas más económicos. El método consiste en girar de este a oeste sobre un eje vertical. Su uso está decreciendo en comparación al método de doble eje.

Otro planteamiento diferente es el utilizado por el seguimiento polar. El único eje sobre el que se produce el giro está inclinado de forma paralela al eje de rotación de la Tierra, consiguiendo que el generador aparezca al sol como perpendicular a sus rayos durante gran parte del recorrido. No obstante, las complicaciones estructurales y de giro, y la dificultad de su implantación en grandes plantas han provocado que su uso sea ocasional.

Por último mencionaremos el método de seguimiento horizontal con eje Norte-Sur. Sus ventajas son la sencillez y estabilidad estructural (el eje es horizontal y paralelo al terreno, con tantos puntos de apoyo como se consideren necesarios), la facilidad de motorización, así como el mejor aprovechamiento del terreno en relación a un sistema de doble eje.

El mejor aprovechamiento de terreno depende directamente del porcentaje de radiación que quedará sombreada por los seguidores cercanos, lo que se conoce como sombras mutuas. En general, cuanto más exacto es el método de seguimiento, menos eficiente es su aprovechamiento de terreno: para un mismo valor de radiación sombreada, la separación entre seguidores aumenta en sistemas que apuntan mejor. Como número orientativo, valga saber que un sistema de seguimiento a doble eje puede necesitar en torno a seis veces la superficie que ocupa su generador fotovoltaico para permitir separar los elementos adecuadamente, mientras que una instalación estática (sin movimiento) puede funcionar correctamente con un terreno de superficie inferior al doble del área de su generador.

Llegados a este punto, dada la complejidad de los sistemas de seguimiento y la peor ocupación del terreno, cabría preguntarse si realmente es sensato apostar por esta tecnología. La siguiente figura puede resolver esta duda. Presenta una comparativa entre la radiación que llega a un generador estático y la que incide en un seguidor a doble eje. En cualquier provincia española, el seguimiento a doble eje supone un incremento en la radiación incidente de más del 20 % respecto a una instalación estática, y en la mayor parte de la geografía española este incremento supera el 30 %. Estas cifras justifican el uso de métodos de seguimiento solar en grandes plantas fotovoltaicas.



ISOFOTON ha acometido distintos proyectos basados en sistemas de seguimiento solar a doble eje, materializados en la actualidad con la puesta en marcha de 325 kW en Ochanduri y Becilla de Valderaduey, y la ejecución de 6 MW en Carmona. Todos estos proyectos están basados en un seguidor de gran tamaño, capaz de albergar más de 25 kWp de paneles fotovoltaicos.



Imagen frontal de una planta solar fotovoltaica (Ochanduri, La Rioja).

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

## 7.1. Introducción

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

Quizás hace algunas décadas, era lógico que la energía obtenida de la radiación solar no se sustituyera por la obtenida de los combustibles convencionales, debido a la ausencia de recursos técnicos y del interés en la investigación de métodos capaces de hacer competente la energía solar con la energía de los combustibles, y probablemente por la falta de mentalidad social sostenible, comprometida con el medio ambiente y los recursos naturales.

En la actualidad, el Sol es una gran fuente de energía no aprovechada en su totalidad, si bien, se han conseguido desarrollar tecnologías capaces de aprovechar la radiación solar de forma que ésta puede competir con los combustibles convencionales, para la obtención de energía térmica, sobre todo cuando se trata de producir agua caliente sanitaria con temperaturas de preparación entre 45 y 60 °C, en estos casos, la fiabilidad de las instalaciones (y de sus componentes), los ahorros conseguidos y en definitiva la amortización de éstas, han sido probadas en múltiples ocasiones.

A lo largo de los últimos tres años se ha iniciado el despertar del mercado solar térmico en España, con crecimientos que, sin llegar a las cifras de Alemania, (más de 900.000 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.

El sector del comercio y en particular los comercios de alimentación, son uno de sus pilares en la utilización del Sol que realizan sus clientes para el desarrollo de actividades. Estos clientes, conscientes del voraz consumo energético del sector terciario, cada vez exigen unos niveles de calidad y de servicios superiores y entre las nuevas muestras de calidad que valoran -especialmente los provenientes del centro y norte de Europa- cada vez en mayor medida, destaca el compromiso del comercio de alimentación con la protección del medio ambiente. La utilización del Sol para reducir los consumos de combustible en las instalaciones del edificio o local, desde este punto de vista, no sólo una buena oportunidad de reducir la factura energética con rentabilidades atractivas, sino que además sirve de muestra

del compromiso del comercio de alimentación 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, *free-cooling*, etc.), se consiguen unas rentabilidades especialmente interesantes.

## 7.2. Posibilidades de ahorro solar en comercios de alimentación

El sector del comercio de alimentación abarca una tipología muy grande desde pequeños establecimientos (tiendas tradicionales autoservicios y supermercados pequeños y medianos) a grandes superficies (supermercados grandes e hipermercados).

El consumo energético específico total de los pequeños comercios podemos situarlo en una media de unos 580 kWh/m<sup>2</sup> anuales. Sin embargo, este dato presenta una gran dispersión, pudiéndose establecer un rango de consumos de 100 a 600 kWh/m<sup>2</sup>. En este sector existe un gran desconocimiento de las posibilidades de ahorro energético y económico ya que, normalmente, las partidas energéticas no se gestionan, ni se miden separadamente (los pequeños comercios consumen generalmente sólo electricidad para las demandas de iluminación y climatización y tienen un único contador). 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 ya que la gestión eficiente de la energía no es una práctica habitual para estos tipos de locales.

El consumo energético específico total de las grandes superficies de alimentación tales como hipermercados podemos situarlo en una media de 327 kWh/m<sup>2</sup>, siendo este valor muy representativo dada la uniformidad y escasa dispersión en este sector. A diferencia del caso de los pequeños establecimientos, los hipermercados suelen ser edificios aislados y cuentan con sistemas de control

centralizado de la energía. Dado que el gasto energético de estas superficies es elevado, existe una mayor preocupación en la selección de equipos y diseño de instalaciones consumidoras de energía.

En cuanto a la distribución del consumo de energía, el pequeño comercio de alimentación presenta principalmente un consumo de energía para iluminación (en torno al 50 %), seguido del consumo debido a la calefacción y aire acondicionado (35 %) y el resto en otros usos (principalmente para los equipos de frío y cámaras frigoríficas). Los hipermercados distribuyen el uso de la energía con un 47 % para calefacción y aire acondicionado, un 24 % en iluminación y un 29 % en otros usos. Tanto para grandes como pequeñas superficies, la demanda de agua caliente sanitaria normalmente es mínima y podemos estimarla en un 1 %. Estas estimaciones son más aproximadas para grandes superficies y menos representativas para las pequeñas superficies. Pueden existir casos particulares en los que la demanda de agua caliente sanitaria alcance un valor a tener en consideración.

En cuanto al tipo de energía consumida, tanto las grandes como pequeñas superficies, consumen generalmente sólo electricidad. Los sistemas utilizados para climatización varían desde instalaciones centralizadas de producción de calor y frío, equipos autónomos de bomba de calor situados en las cubiertas de los edificios, hasta pequeños equipos bomba de calor partidos.

Con los datos mostrados, las opciones más claras -por orden de importancia- que se prevé para la utilización de la energía solar térmica para reducir los consumos energéticos en los comercios de alimentación son:

1. Calefacción y refrigeración solar.
2. Producción solar de agua caliente sanitaria.

Hay que recalcar nuevamente la variedad de tipologías de estos establecimientos, lo que conlleva la necesidad de estudiar las opciones más interesantes en cada caso particular.

## 7.3. Funcionamiento de las instalaciones solares térmicas. Componentes

Un sistema solar está constituido por el colector solar, el subsistema de almacenamiento, el de transporte de energía (tuberías, bombas, intercambiadores) y el de utilización o consumidor de la energía solar captada. En su diseño hay que tener en cuenta que, tan importante como la correcta selección de los elementos integrantes de cada subsistema, es la correcta integración de todos ellos en el sistema y la selección de las estrategias de regulación control y operación.

Con todo ello el rendimiento anual del sistema, que será función de la tecnología empleada, dependerá principalmente de los siguientes factores:

- ❁ Colector: parámetros de funcionamiento  $\eta_0$  (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.

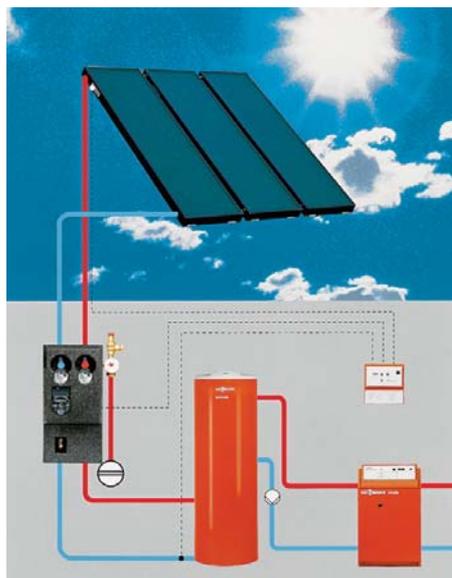


Figura 1. Componentes de una instalación solar.

### 7.3.1. Subsistema de Captación

El colector solar térmico es el encargado de captar la radiación solar y convertir su energía en energía térmica, de manera que se calienta el fluido de trabajo que ellos contienen.

Toda la energía que incide sobre el colector solar no puede ser considerada como energía útil, de manera que al mismo tiempo que se produce el calentamiento del fluido de trabajo, una parte de esta energía se pierde por conducción, convección y radiación, generándose un balance energético entre la energía incidente (en forma de radiación solar) y las pérdidas térmicas, obteniendo como resultado una potencia útil del colector solar.

Estas pérdidas de calor crecen con la temperatura del fluido de trabajo, hasta que llega un momento de equilibrio en el que se cumple que la energía captada es igual a las pérdidas, alcanzándose en ese momento la temperatura de estancamiento del colector. En la mayoría de los colectores esta temperatura de estancamiento o de equilibrio se alcanza a unos 150 - 200 °C.

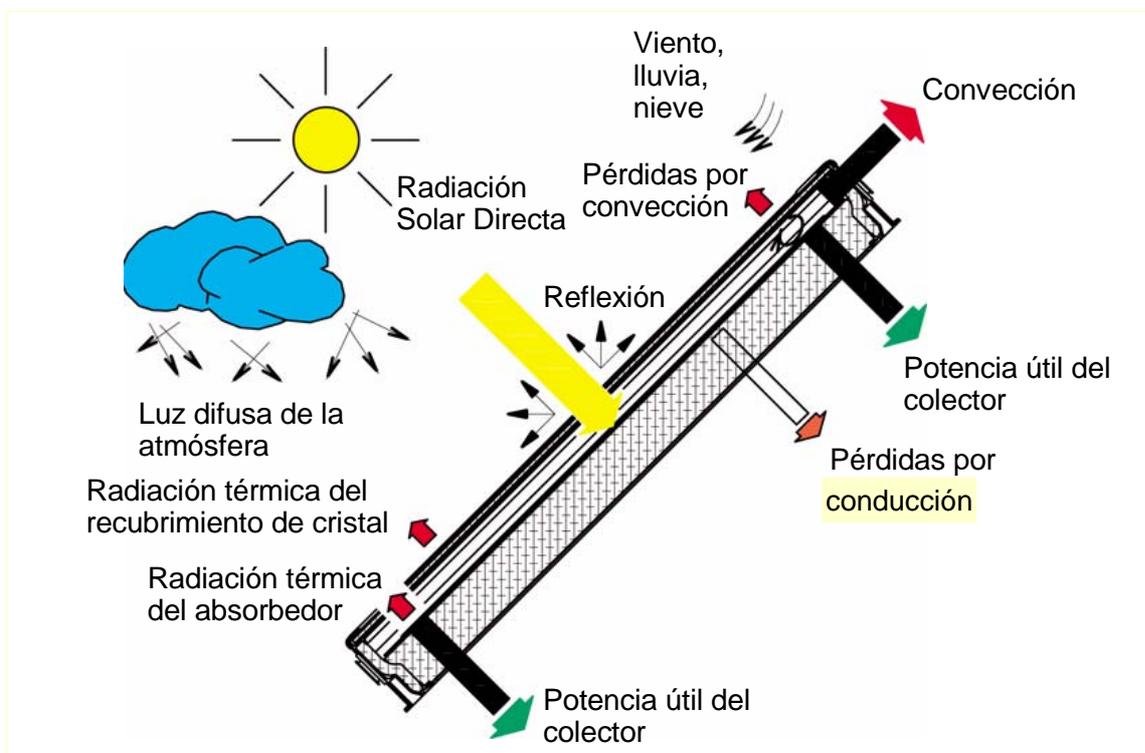


Figura 2. Balance energético en un colector solar.

Con todo ello y teniendo en cuenta la ecuación de la curva que define el rendimiento de un colector solar, Fig. 3, se deduce que nos interesa hacer trabajar el colector a la temperatura más baja posible, siempre que ésta sea suficiente para la utilización específica en cada caso.

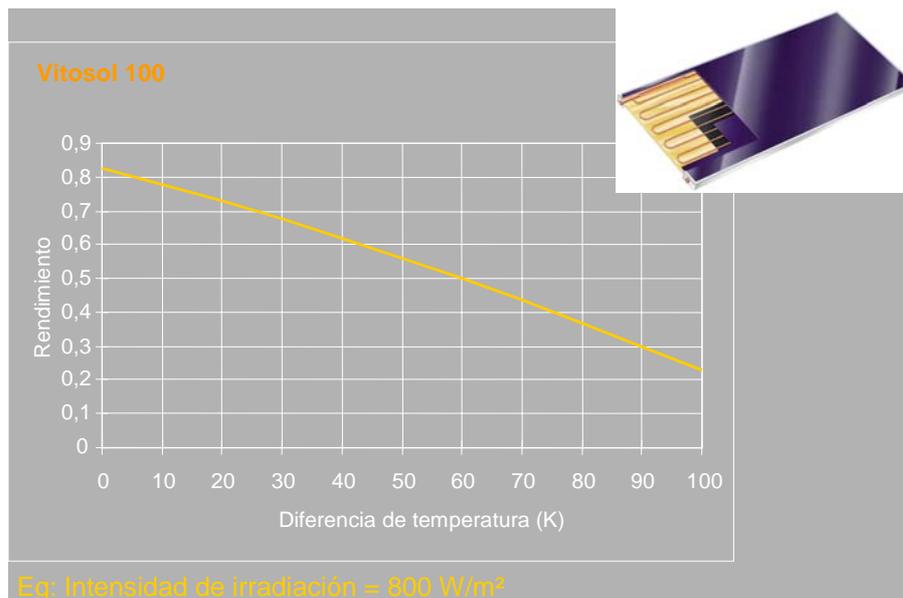
$$\eta = \eta_0 - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{E_g}$$

$\eta$  = Rendimiento (Eficiencia).  
 $\eta_0$  = 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.

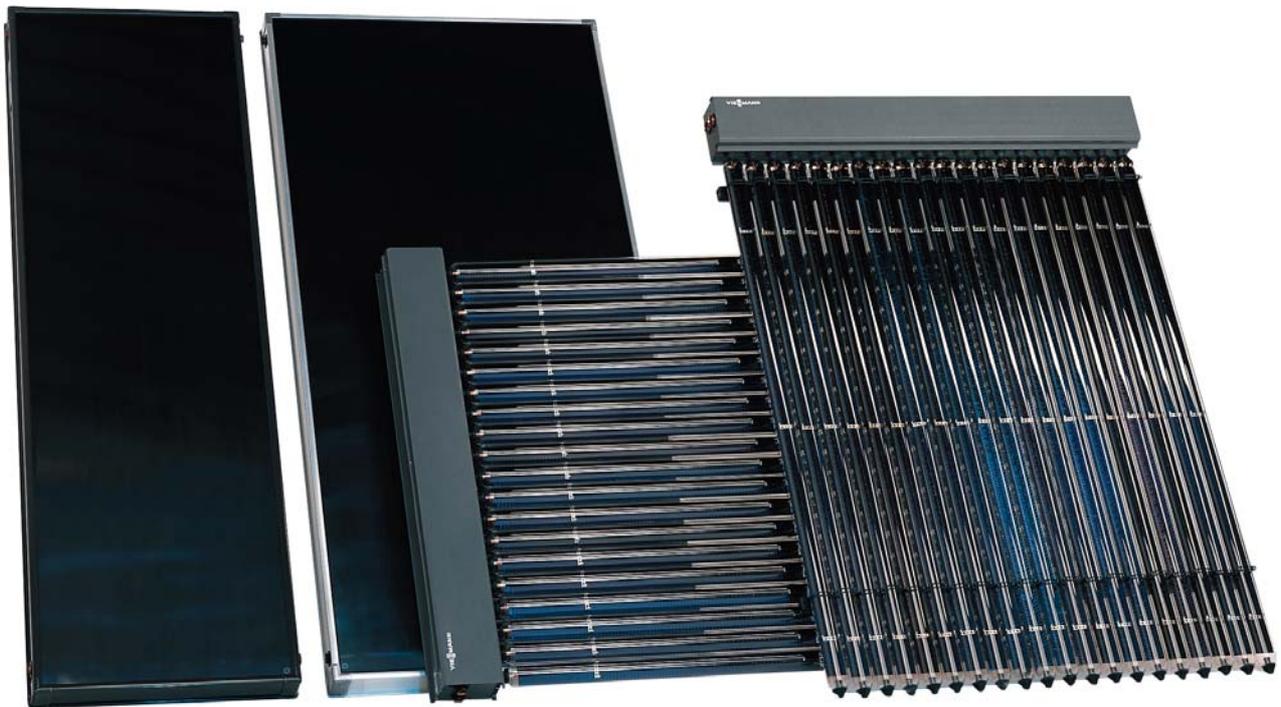


**Figura 4.** Curva de rendimiento de un colector solar de alta eficiencia.

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<sup>2</sup> de colectores y se puede trabajar a temperaturas más altas sin repercusión en el rendimiento (bombas, tuberías, almacenamiento, intercambiadores, etc., más pequeños).

Desde el punto de vista de la integración arquitectónica, una ventaja que tienen los colectores de vacío de absorbente plano es que permiten una mayor flexibilidad de montaje. Así, los tubos de vacío con absorbente plano se pueden instalar en una superficie horizontal o vertical y girar los tubos para que su absorbente esté a la inclinación adecuada.

### 7.3.2. 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<sup>2</sup> año, lo que equivale a que por cada m<sup>2</sup> recibimos la energía obtenida de quemar unos 165-200 litros de gasóleo; esto es, con la energía solar que llega en 5 m<sup>2</sup> podríamos suplir las necesidades térmicas anuales para acondicionar una casa de 100 m<sup>2</sup>.

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. Las curvas de demanda de los comercios de alimentación presentan una punta que sigue básicamente el horario del local quedando un

periodo valle durante las horas de cierre del local en el que el gasto energético principal suele deberse a las cámaras de frío para la conservación de los alimentos.

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:

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

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

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

Otro factor de gran influencia en el rendimiento del sistema solar será la estratificación térmica de la acumulación 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 baterías de depósitos. Una estratificación mayor se puede conseguir mediante diseños más sofisticados, funcionamiento a bajo flujo del circuito primario solar con caudal variable o depósitos especialmente diseñados para favorecer la estratificación térmica.

Una de las consecuencias más importantes de la necesidad de acumulación de energía con los sistemas solares es que el cálculo del sistema solar siempre se tiene que hacer en función de la energía demandada y no de la potencia. Esto implica un cambio en el cálculo clásico de las instalaciones, que normalmente se hace basándose en potencias y demandas máximas (el peor día del invierno, etc.) y no basándose en consumos medios diarios como es el caso del diseño solar.

### **7.3.3. Subsistema de Intercambio**

La mayoría de los sistemas solares térmicos son de circuito indirecto. Por lo que existe un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.

Los circuitos indirectos, es decir, instalaciones con dos circuitos, uno primario (captadores solares, que funcionan como un generador de calor; el sistema de bombeo; el sistema de intercambio, que transmite la energía producida al almacenamiento; y el sistema de expansión y seguridad) y otro secundario (acumulador solar y sistema de bombeo), son de obligada utilización en zonas con riesgo de heladas (el circuito primario se llena con un líquido anticongelante) o zonas en las que la calidad del agua sea baja, aguas duras, con riesgo de incrustaciones calcáreas.

### **7.3.4. Subsistema de Regulación y Control**

Se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación solar. Las estrategias de regulación y control no son complejas, de manera que suelen consistir en el de marcha -paro de una bomba en función de un diferencial de temperatura establecido en la regulación- y en el de control de la temperatura de un acumulador (termostato de seguridad o máxima), en instalaciones complejas, mediante el sistema de regulación y control podemos realizar múltiples operaciones mejorando el rendimiento de éstas.



**Figura 6.** Regulación solar Vitosolic 100 y 200.

### 7.3.5. Subsistema de Energía Auxiliar o Convencional

Todas las instalaciones solares térmicas han de incluir un sistema de apoyo convencional, para cubrir las necesidades de los usuarios durante los períodos en que el sistema solar no pueda cubrir toda la demanda, por los siguientes motivos; por causas climáticas (menor radiación) o de aumento de consumo sobre el previsto inicialmente, es decir, que la demanda media anual calculada no coincide con la diaria.

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

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

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

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

- ✿ **Inmerso en el acumulador solar**, para esta configuración existen dos posibilidades en función del tipo de energía convencional utilizada, es decir, resistencia eléctrica (de menor eficiencia en tanques monovalentes) o gas natural, GLP, gasóleo, etc., mediante otro serpentín sumergido en la parte superior del acumulador (mayor eficiencia en tanques bivalentes esbeltos, en los que la estratificación se mantenga, de manera que la caldera sólo debe poder actuar sobre el 50 % del volumen del tanque).
- ✿ **En serie con el acumulador solar**: con esta configuración el sistema de energía convencional ha de ser modulante por temperatura y resistir entradas de agua precalentada entre 60-70 °C de temperatura. El rendimiento es el más alto ya que no afecta a la temperatura de entrada a los colectores, además de poder modular el consumo de energía convencional en función de la temperatura de entrada a la caldera mural, mayor eficiencia.
- ✿ **En paralelo con el acumulador solar**: es la tipología más usual en sistemas domésticos termosifónicos, **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).

## 7.4. Principales aplicaciones de la energía solar térmica

El objetivo básico del diseño de un sistema de aprovechamiento solar ha de ser el de suministrar al usuario una instalación solar que, dentro de las restricciones de costes:

- ✿ Maximice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- ✿ Garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- ✿ Garantice un uso seguro de la instalación.

Para maximizar el ahorro energético y dado que los colectores solares tienen mejor rendimiento trabajando a bajas temperaturas, es recomendable la conexión entre el sistema solar y el sistema de apoyo convencional de tal manera que el sistema solar siempre trabaje a la temperatura más baja posible. Esto nos llevará a conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo y siempre por delante de éste.

### 7.4.1. Producción de ACS con energía solar térmica

En instalaciones compartidas por varios usuarios, la producción de ACS solar será preferiblemente centralizada, es decir, un único sistema de captación, intercambio y acumulación solares.

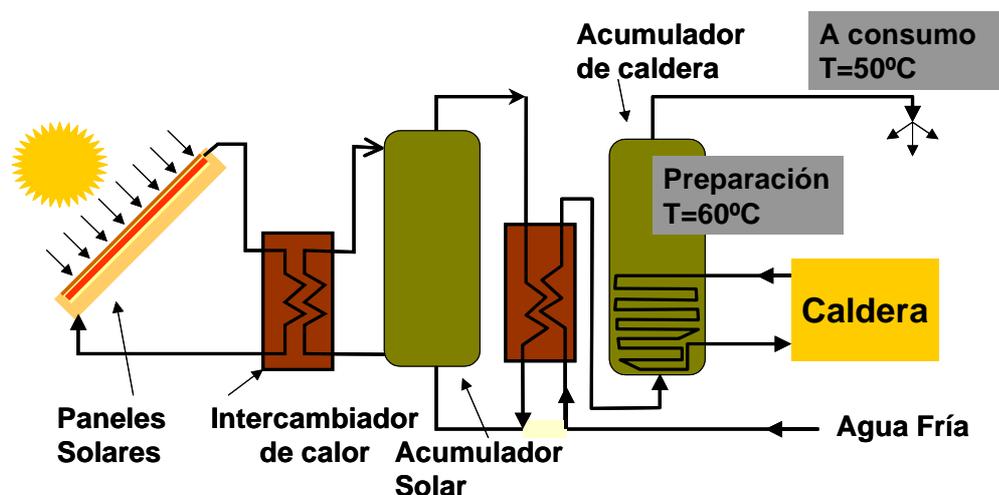
En instalaciones de producción de ACS esto significará que la acumulación de agua calentada por el sistema solar se conectará a la entrada de agua fría de la instalación. El agua precalentada por el sistema solar pasará después, según se

produzca el consumo, al sistema de 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.

## 7.4.2. Producción de ACS y climatización de piscinas con energía solar térmica

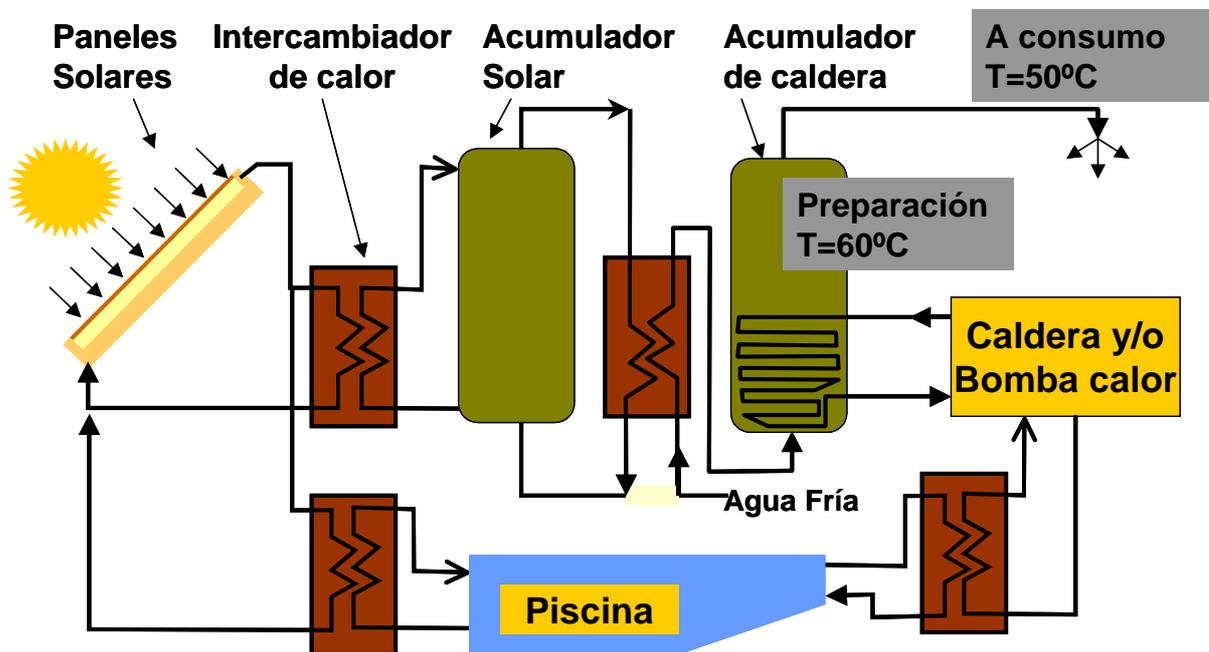
Una de las aplicaciones más interesantes y eficientes de utilización de la energía solar es el calentamiento de piscinas ya que las temperaturas requeridas son bajas y las demandas energéticas muy grandes. En el caso de piscinas cubiertas es usual el instalar como sistema de calentamiento una combinación de bomba de calor y caldera. La bomba de calor sirve como mecanismo de control de la humedad del recinto, recuperando la entalpía del aire de renovación para aportar calor al ambiente y al vaso de la piscina. En este caso, la instalación solar siempre se ha de montar en serie con la caldera, pero en paralelo con la bomba de calor - para no empeorar su rendimiento ni pararla por sobretensión- dando prioridad al mantenimiento de las condiciones de confort -temperatura y humedad- en la piscina. En la Fig. 8 se muestra un esquema tipo para esta aplicación.

## 7.4.3. Conexión al retorno de los sistemas de calefacción con energía solar térmica

En sistemas de calefacción, y en general en circuitos cerrados, la conexión del sistema solar ha de hacerse donde se encuentre la temperatura más baja del circuito. Normalmente este punto es el retorno de la instalación. En la Fig. 9 se muestra el esquema tipo: el retorno de calefacción se hace pasar por los tanques solares cuando los acumuladores solares están más calientes que el retorno y de esta manera precalentamos el retorno y 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.

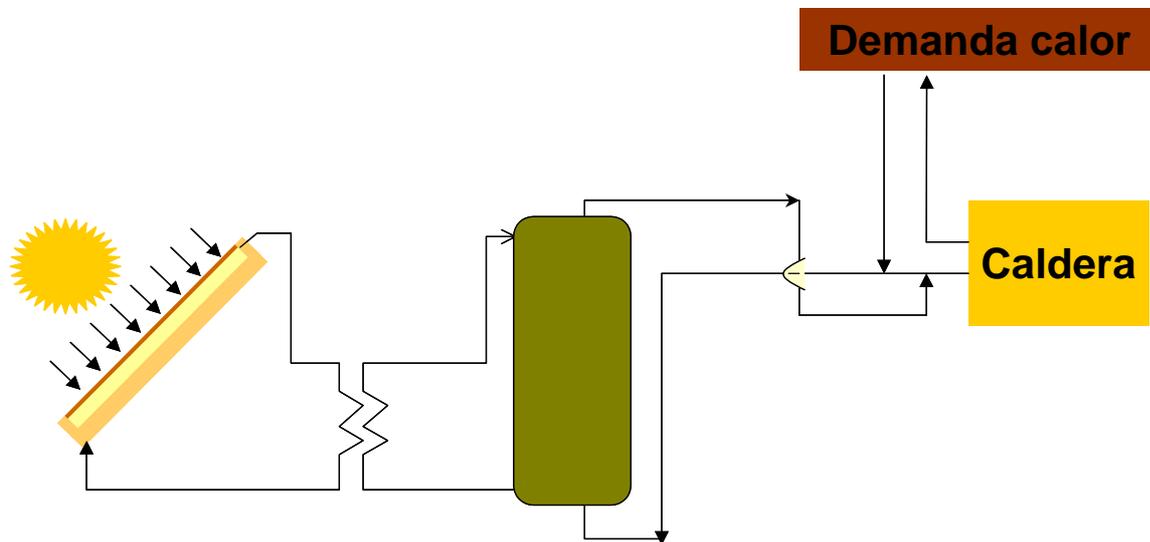
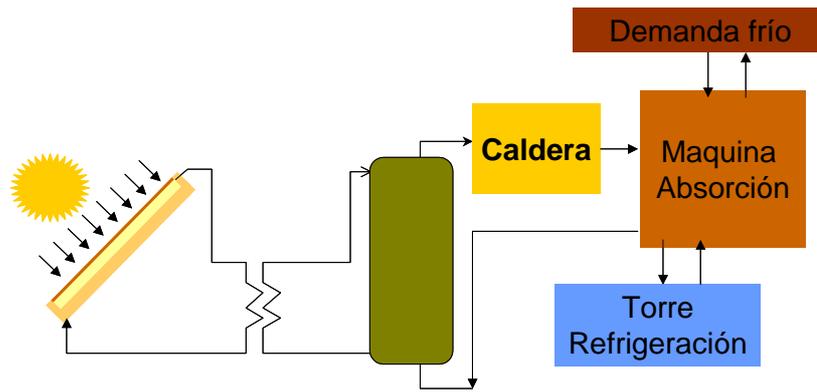


Figura 9. Esquema tipo de aplicación solar para Calefacción y ACS.

## 7.5. Conexión al retorno en sistemas de absorción con energía solar térmica

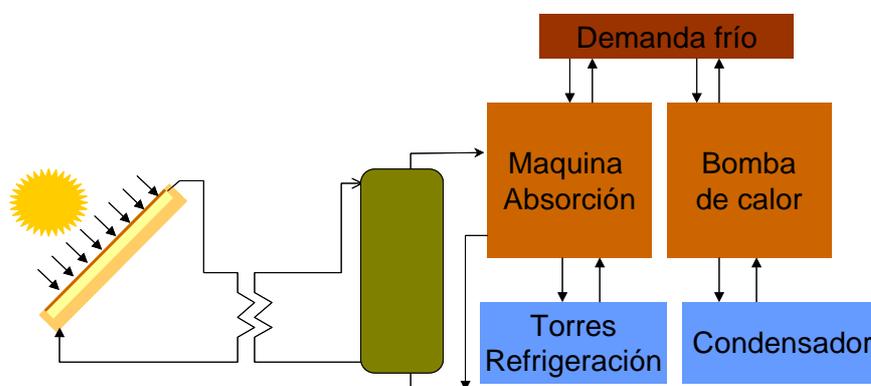
Para la aplicación del sistema solar a la producción de frío se utilizan máquinas de absorción con unas temperaturas de trabajo de 80-90 °C. Para suministrar energía a estas temperaturas a la máquina de absorción se puede conectar el equipo al distribuidor de caldera como un consumidor más en la instalación. Conectando la máquina al distribuidor de calefacción el apoyo del sistema solar se podrá aplicar tanto a la producción de frío como al apoyo de calefacción de forma sencilla y natural, la única diferencia entre la temporada de calefacción y de refrigeración para el sistema solar será la temperatura de retorno en cada época.

Este sistema de conexión de la máquina de absorción con el sistema solar es especialmente aconsejable en instalaciones en el que el único generador de frío es la máquina de absorción, Fig. 10.



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

Teniendo en cuenta que las máquinas de absorción utilizables con energía solar presentan COP bajos, del orden de 0,65, a pesar de las diferencias de coste entre el kWh térmico producido por gas o gasóleo para alimentar la máquina de absorción y el kWh eléctrico (de 2 a 3 veces más caro) para alimentar la bomba de calor, como el COP en frío de las bombas de calor suele ser superior a 3 y las inversiones iniciales suelen ser bastante inferiores, la mayoría de los comercios de alimentación 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 las grandes superficies de comercio de alimentación suelen ser lo suficientemente altos para que además de la máquina de absorción se instalen bombas de calor (enfriadoras) para la producción de frío. En este caso la producción de frío mediante energía solar se realiza mediante la conexión directa del sistema solar a una máquina de absorción que solamente trabaja con energía solar, Fig. 11, ya que no es interesante -ni desde un punto económico, ni medioambiental- el utilizar combustible en la máquina menos eficiente.



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

## 7.6. Caso ejemplo: apoyo a la calefacción y refrigeración en un supermercado con energía solar

### 7.6.1. Objetivo

Mostrar el potencial que la instalación de apoyo al Sistema de Calefacción y Refrigeración tiene para un supermercado de 520 m<sup>2</sup> de superficie a climatizar, para mejorar el medio ambiente aprovechando la energía solar, de una manera económica y con garantía de mantener sus niveles de confort.

### 7.6.2. Selección de opciones

Siguiendo las indicaciones de la propiedad hemos analizado las opciones existentes para integrar la energía solar en el sistema de producción térmica, con el claro objetivo de reducir en la medida de lo posible las emisiones contaminantes reduciendo su consumo energético.

Después de analizar las necesidades energéticas, con las condiciones de contorno impuestas por la propiedad, recomendamos el aplicar la energía solar para apoyar a las demandas energéticas de:

- ❁ Refrigeración mediante máquina de absorción.
- ❁ Calefacción mediante precalentamiento con energía solar.

El dimensionado de la instalación solar ha venido condicionado por la potencia de refrigeración del edificio, proponiendo la siguiente opción: 60 m<sup>2</sup> de colectores de vacío Vitosol 300.

A continuación presentamos el estudio técnico y económico, detallando las justificaciones técnicas.

## 7.6.3. Características de la instalación

### 7.6.3.1. Descripción general

Proponemos una instalación con acumulación centralizada, 2000 l para refrigeración y calefacción, que reciben el calor solar por medio de un intercambiador de placas externo. Estos tanques están conectados al circuito de calefacción y refrigeración convencional.

### 7.6.3.2. Funcionamiento del esquema hidráulico

Un aspecto importante del diseño solar es la integración del sistema solar con el sistema convencional existente. El esquema propuesto garantiza un máximo aprovechamiento tanto del sistema solar como del convencional.

Los colectores solares calientan el agua de los tanques solares. Dependiendo del tipo de demanda, el calor acumulado en los tanques se utiliza para la calefacción o la refrigeración (prioridad en verano).

### 7.6.3.3. Cálculos energéticos y económicos

Proponemos una instalación con una superficie de captación solar de 60 m<sup>2</sup> de colectores solares de tubo de vacío por el principio *heat-pipe* Vitosol 300 colocados sobre la terraza del edificio.

Para los tamaños recomendados, con la instalación solar con Vitosol 300 se ahorrarán un total de 43295 kWh/año, evitando la emisión de grandes cantidades de gases contaminantes. A continuación desarrollamos estos resultados.

Las principales demandas térmicas son la calefacción de octubre hasta mayo ('Demanda de calefacción' en la tabla a continuación) y la climatización-refrigeración ('Demanda de calor para frío') del edificio durante los meses de verano.

El diseño contempla la utilización de una máquina de absorción de 35 kW (COP Medio = 0.7, temperatura de diseño 85 °C) para producir la refrigeración del local mediante la utilización de la energía solar.

**TABLA 1.** Disponibilidad solar y demandas térmicas.

	Radiación solar disponible kWh/m <sup>2</sup>	Demanda calefacción kWh	Demanda refrigeración kWh	Demanda de calor para refrigeración kWh	Demanda ACS kWh	Demanda piscina kWh	Energía a disipar en la torre recuperada en piscina y/o ACS kWh
Enero							
Febrero	4 339	6 333	0	0	0	0	0
Marzo	5 490	5 297	0	0	0	0	0
Abril	7 346	3 743	0	0	0	0	0
Mayo	9 344	2 879	0	0	0	0	0
Junio	12 140	2 303	0	0	0	0	0
Junio	12 812	0	6 624	9 463	0	0	0
Julio	13 669	0	8 943	12 776	0	0	0
Agosto	12 060	0	9 937	14 195	0	0	0
Septiembre	8 755	0	4 968	7 098	0	0	0
Septiembre	6 927	5 182	0	0	0	0	0
Octubre	4 606	5 758	0	0	0	0	0
Noviembre	3 900	6 621	0	0	0	0	0
Diciembre							
Anual (kWh-año)	101 387	38 116	30 472	43 531	0	0	0

El balance energético de la instalación solar se muestra en la Tabla 2. Mostramos la energía suministrada por el sistema solar y la proporción de las necesidades energéticas cubiertas por la energía solar.

La energía solar que llega a los colectores depende de la localización, así como la orientación, inclinación y superficie total de colectores solares. Para su cálculo, hemos partido de los datos de radiación disponible sobre una superficie horizontal en Madrid suministrados por el CIEMAT.

Para los cálculos energéticos hemos utilizado los programas de cálculo TSOL y FCHART junto con las peculiaridades de la instalación de frío solar, herramientas de desarrollo propio.

La máquina de absorción se alimentará con energía solar y tendrá aporte de caldera.

**TABLA 2.** Balance energético de la instalación solar

	Capta Colectores Total	Captación de colectores para piscina	Captación Colectores para ACS	Captación Colectores para calefacción	Captación Colectores para refrigeración	Energía a disipar en la Torre recuperada en Piscina y/o ACS
	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes	kWh/mes
Enero	2490	0	0	2490	0	0
Febrero	2988	0	0	2988	0	0
Marzo	3091	0	0	3091	0	0
Abril	2417	0	0	2417	0	0
Mayo	3785	0	0	2303	1482	0
Junio	4579	0	0	0	4579	0
Julio	5684	0	0	0	5684	0
Agosto	5804	0	0	0	5804	0
Septiembre	4058	0	0	0	4058	0
Octubre	3684	0	0	3684	0	0
Noviembre	2604	0	0	2604	0	0
Diciembre	2111	0	0	2111	0	0
<b>Año</b>	<b>43295</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21688</b>	<b>21607</b>	<b>0</b>

**Aporte Solar de la instalación de 60 m<sup>2</sup> de colectores Vitosol  
300 -Orientación 0° (Sur) Inclinación45°**

**Sin considerar la recuperación de calor**

	Ahorro energético con la instalación solar kWh	Cobertura de la demanda de calor con la instalación solar
Enero	2490	39%
Febrero	2988	56%
Marzo	3091	83%
Abril	2417	84%
Mayo	3785	61%
Junio	4579	48%
Julio	5684	44%
Agosto	5804	41%
Septiembre	4058	57%
Octubre	3684	50%
Noviembre	2604	45%
Diciembre	2111	32%
<b>Anual (kWh-año)</b>	<b>43295</b>	<b>53%</b>

## 7.7. Resumen de los beneficios de solarizar un comercio de alimentación

Los principales beneficios son:

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

Los principales factores que están limitando su desarrollo son:

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

y los que lo están favoreciendo:

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

## 8.1. Introducción

En la actualidad, aunque tengamos presente que la Energía es un bien escaso y costoso, especialmente la procedente de fuentes limpias y renovables, se experimenta un continuo crecimiento de los consumos energéticos de todos los países desarrollados y/o en vías de crecimiento.

Este rápido crecimiento, viene favorecido por la terciarización de la economía e impulsado por el desarrollo y evolución de los servicios a las empresas y a los sub-sectores socio-turísticos. Es por ello, que nuestra actual estructura, está experimentando una relativa expansión hacia el Sector Servicios, motivada por las exigencias de este escenario, que probablemente deberá de continuar potenciándose en nuestro futuro inmediato.

En nuestro país, en lo referente al consumo de energía eléctrica, el sector Servicios es el protagonista, ya que en las dos últimas décadas, es el que está aportando los mayores índices de crecimiento.

Estratégicamente, sobre cada uno de estos consumos y sus futuros crecimientos, es importante que desarrollemos estudios de viabilidad, proyectos, diseños e implantaciones de Sistemas Gestión Energética (GEN), adaptados a un periodo de tiempo como el actual, en el que se está viviendo un escenario de alarma de crisis energética y económica.

Escenario, que viene directamente marcado por las tensiones geopolíticas oriente/occidente y por el precio del Barril Brent (crudo de referencia en Europa), recordemos que el jueves 13/04/06, superó por primera vez los 70 dólares por barril,

llegando a cotizar a 70,99 \$ / Barril, y que la perspectiva es una escalada ascendente.

Aumenta la probabilidad de que alcancemos un nuevo escenario de *crisis de energías primarias*, esta vez impulsado por causa de una demanda creciente, con su inevitable gran coste económico asociado, para los países de la UE (como ya sucedió por causa de una oferta descendente, en los años 73, con el embargo del petróleo de los países árabes y en la segunda crisis que se inició en el año 79, con el comienzo de la revolución iraní). Se puede apreciar una tendencia claramente alcista en los mercados energéticos:

- ❁ Mercado Industrial Gas: al ser la demanda mayor que la oferta ha habido un incremento del 18 % del precio en el año 2005.
- ❁ Subida del petróleo (de 30 a 73 \$/barril en 30 meses).
- ❁ Subida espectacular del carbón: se ha pasado de 33 €/t 2003 a 58 €/t en el años 2004 (55 %).
- ❁ Subida del Pool Eléctrico Español: incremento del 50 % respecto al 2004, alcanzando el mercado diario un precio medio de 5,573 c€/kWh.
- ❁ En el año 2006, los datos de subida de precio medio del mercado diario, desde el 1 de enero al 4 de mayo, registran un incremento del 50% respecto al 2005 del 19,16 %, con un valor de 6,633 c€/kWh.

A nivel Macroeconómico, las distintas empresas y los usuarios particulares, necesitan sensibilizarse lo antes posible con el problema, y deberán prepararse para ser más competitivas y rentables, mejorando la Eficiencia de sus equipamientos y/o consiguiendo Ahorros de Energía. La Solución Técnica, que deberán adoptar para conseguir mejorar sus procesos y costes, implicará una adecuada acción de gestión, mejora de procesos, adecuación de tecnologías, mejora de aislamientos y la determinación del tipo y cantidad de energía.

## Evolución de precios índice Brent de petróleo

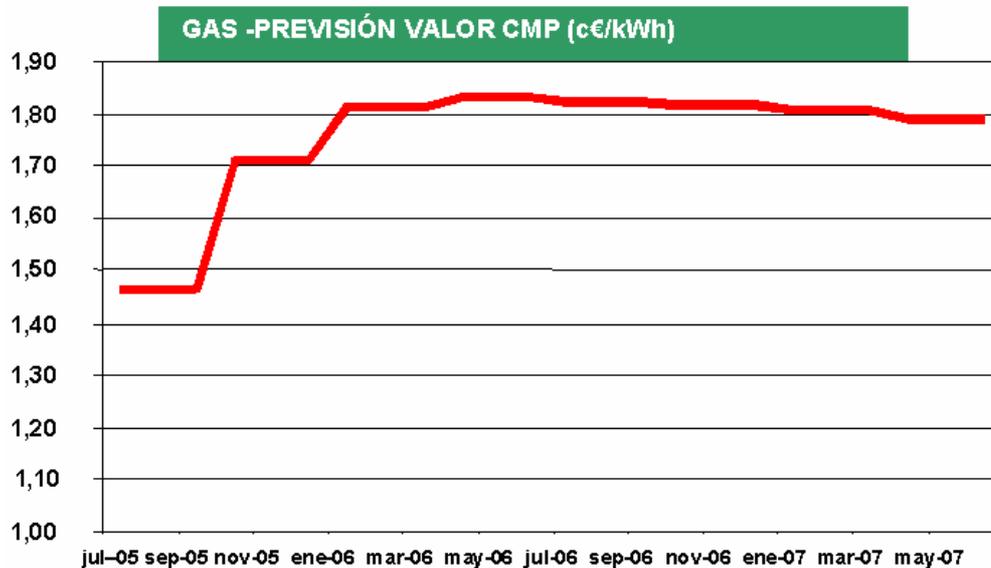
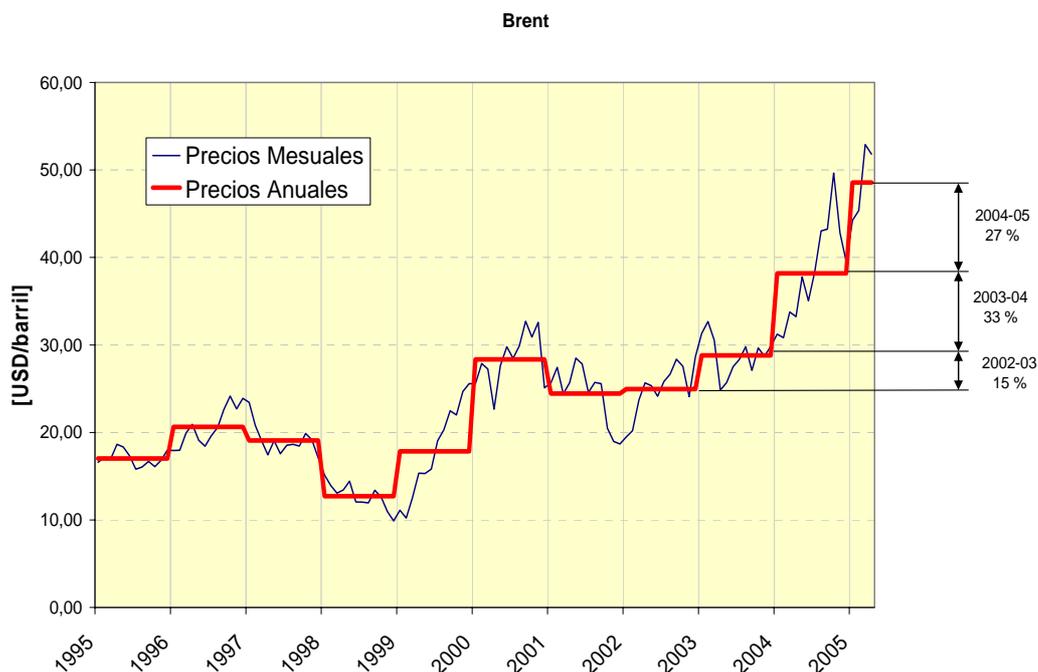


Figura 1.

## 8.2. Objetivos

Esta guía pretende ofrecer una asesoría técnica actualizada, breve y sencilla, relacionada con los Sistemas de Gestión Energética, mejora de la Eficiencia y

obtención de Ahorros energéticos, en los locales e instalaciones destinados al servicio de comercios de Alimentación. Así como informar sobre las posibles ventajas y beneficios que se pueden conseguir, tanto para el usuario, como para las empresas de servicios, las empresa suministradoras de energía, el sistema de regulación y en general para la comunidad.

Como objetivos directos podemos destacar:

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

### 8.3. Clasificación del sector de comercios de alimentación en la Comunidad Autónoma de Madrid por tamaño y potencias eléctricas contratadas

Con los datos obtenidos en un estudio de afinidad y características energéticas realizado sobre un colectivo de 4.521 instalaciones, todas ellas clasificadas como Comercios de Alimentación, cuyo total consumo anual durante el año 2005 fue de 77,077 GWh.

Todos los establecimientos analizados para este estudio están ubicados en territorio de la Comunidad Autónoma de Madrid y figuran inscritos con los códigos de actividades CNAE números: G 52.210; G 52.220; G 52.230 y G 52.240.

Se ha procedido a clasificar y segmentar a este sector en los siguientes tres grupos de características afines.

### 8.3.1. Pequeños comercios de alimentación

Se agrupan aquí 3.498 instalaciones con potencias eléctricas de contrato menores o iguales a 15 kW.

En este colectivo están el 87 % de los Comercios de Alimentación considerados, que mayoritariamente agrupan a los subsectores de carnicerías, pescaderías, panaderías, charcuterías, pastelerías, tiendas de frutas y ultramarinos.

El tamaño tipificado de estas instalaciones, corresponde a locales con áreas totales de  $30 \div 150 \text{ m}^2$ , de los cuales para nuestro modelo de cálculo, consideraremos un local de  $100 \text{ m}^2$ , con una potencia eléctrica contratada  $P_{CE} = 9,9 \text{ kW}$ , en el cual estimamos el siguiente reparto superficial: el 15 % destinado para almacén, el 6 % para servicios y aseos, el 9 % para cámaras frigoríficas y expositores refrigerados, el 10 % para maquinaria, hornos y accesorios y el 60 % al Servicio Comercial. Con un número de empleados por local hasta un máximo de 4 personas y con capacidad de ocupación simultánea máxima de hasta 20 personas.

El equipamiento típico eléctrico que suponemos para el modelo está compuesto por: Sistema de iluminación, Maquinaria y accesorios, Sistema de Ventilación, Sistema de calefacción, Agua caliente sanitaria, Equipamiento de control e instrumentación y Cámaras congeladoras y frigoríficos. Para efectos de cálculos, suponemos que el local modelo que tiene tres empleados y dispone de una capacidad simultánea máxima para 12 clientes.

Todas estas instalaciones tienen contrato eléctrico con tarifas de baja tensión (B.T.).

El consumo total de energía eléctrica registrado en este grupo durante el año 2005 fue de 39.816,2 MWh, lo que representa el 51,66 % del consumo total del sector. La Potencia eléctrica contratada media por instalación es de 6,6 kW y el consumo medio alcanzó un valor de 10.065 kWh/año, equivalente a una utilización de 1.525 h.

La facturación media en energía eléctrica registrada por local, por el total de los factores ha sido 1.018 €/año (IVA no incluido), con un precio medio de facturación de 10,11 c€/kWh (IVA no incluido). El término de potencia medio para este segmento representa un porcentaje del 11,54 % respecto a la facturación total sin IVA.

Por su modo de utilización, curvas de carga, equipamientos y consumo, este grupo se puede dividir en dos segmentos:

✿ Instalaciones con horario de funcionamiento desde las 8 horas hasta las 14 h y desde la 16 h hasta las 20 horas, de lunes a sábado, que suponen 3.850 locales, el 97,35 % del total de usuarios de este segmento, de los cuales, el 73 % se acogen a la tarifa de mercado regulado, en baja tensión (1× 230 V ó 3 × 400 V) tipo 2.0 y el 27 %, contratan la tarifa de mercado libre tipo 2.0A. Con estas premisas y suponiendo en el diseño un coeficiente 0,6 de utilización simultánea de consumos, se dispone capacidad de potencia eléctrica para alimentar los sistemas de iluminación, ventilación, refrigeración, neveras, congeladores, registradoras, etc.).

Se supone que los servicios de lavandería y planchado de la ropa de trabajo, así como de las toallas y trapos se subcontratan al exterior.

✿ Las restantes 105 pequeñas instalaciones, que suponen el 2,65 %, trabajan de lunes a domingo, con horario de funcionamiento apropiado para utilizar rentablemente la tarifa nocturna. Sus instalaciones están equipadas con automatismos diseñados para desplazar los consumos de determinadas cargas del horario diurno al nocturno, como pueden ser los sistemas de acumulación.

Estos locales, contratan la tarifa de mercado regulado, en baja tensión (B.T.) (1×230 V ó 3×400 V) con discriminación nocturna tipo 2.0N. (periodo nocturno de 0 a 8 h en verano y de 23 a 7h en invierno). En esta variante, durante las horas diurnas, solamente se dispone capacidad de potencia eléctrica hasta 15 kW, para alimentar los sistemas de iluminación, ventilación, refrigeración, neveras, congeladores, hornos y pequeños equipos. Pero, durante el periodo nocturno no hay esta limitación de disponibilidad potencia contratada, existiendo por tanto capacidad como para colocar instalaciones de acumulación para el agua caliente, la calefacción, etc.

### 8.3.2. Comercios de alimentación de tamaño mediano

En este grupo se encuentran clasificadas todas las instalaciones dedicadas al Comercio de Alimentación, en el que sus Potencias de Contrato Eléctrico son mayores de 15 kW y menores o iguales a 75 kW.

En este colectivo se encuentran agrupados 546 locales, cifra que abarca el 12 % del total de Comercios de Alimentación considerados.

El tamaño tipificado de estas instalaciones, corresponde a recintos con áreas totales de medidas comprendidas entre 151 ÷ 400 m<sup>2</sup>. En el modelo de cálculo utilizado, suponemos un local con un área de 300 m<sup>2</sup>, con una Potencia Eléctrica contratada P<sub>CE</sub> de 35 kW, con el reparto superficial siguiente: el 16 % destinado para almacén, el 9 % para cámaras frigoríficas y expositores refrigerados, el 10 % para maquinaria, hornos y accesorios, el 10 % para servicios y aseos y el 55 % al Servicio Comercial. Con un número de empleados por local hasta un máximo de 6 personas. Con capacidad de ocupación simultánea máxima de hasta 50 personas.

El equipamiento típico eléctrico que suponemos para el modelo elegido es: Instalación de iluminación, Maquinaria y accesorios, Sistema de Climatización, Agua caliente sanitaria, Equipamiento de control e instrumentación y Cámaras congeladoras y frigoríficas.

Suponemos que el horario de funcionamiento de la instalación modelo es de lunes a sábado, desde las 9 hasta las 20 horas.

Todas estas instalaciones tienen contrato con tarifas de baja tensión B.T. (3 × 400 V), el 80 % corresponde a tarifas del mercado regulado, siendo el reparto de un 68 % del total para tipo 3.0, un 12 % para tipo 4.0 y el 20 % restante está contratado en mercado libre, con contratos en la tarifa de acceso tipo 3.0A.

Con estas premisas y suponiendo en el diseño un coeficiente de utilización simultánea de consumos de 0,7; únicamente se contratará la potencia eléctrica necesaria para alimentar los sistemas de iluminación, ventilación, climatización, refrigeración, neveras, congeladores, hornos, y pequeños equipos.

Se supone que los servicios de lavandería y planchado de ropa de trabajo y de trapos, toallas, etc., necesarios se subcontratan al exterior.

El consumo total de energía eléctrica registrado en este grupo, el año 2005 fue de 26.332,9 MWh de energía activa y de 8.179,1 MVar/año de energía reactiva, cifras que representa el 34,1 % del consumo total de energía activa alcanzado por el sector, con una Potencia de contrato media de 35 kW, y alcanzando un consumo medio por local de energía activa de 48.228 kWh/año y de 14.980 kVar/año en energía reactiva media, equivalentes a una utilización de 1.378 h.

El término de potencia representa el 12,60 % respecto a la facturación total sin IVA.

La facturación media en energía eléctrica por local, fue para el año 2005 de 5.270 €/año (IVA no incluido), con un precio medio de 10,77 c€/kWh (IVA no incluido).

### **8.3.3. Grandes instalaciones**

En este grupo se encuentran el resto de instalaciones segmentadas como Comercios de Alimentación, correspondientes a locales que disponen de contratos

eléctricos con potencias superiores a los 75 kW (no están consideradas las instalaciones de comercios de alimentación integradas en grandes superficies, por pertenecen a otros códigos de clasificación CNAE) .

Este grupo abarca un colectivo reducido con un total de 27 locales, que suponen únicamente el 0,6 % del total.

El tamaño tipificado de estas instalaciones, corresponde a recintos con superficies totales mayores de 400 m<sup>2</sup>, para el modelo consideramos 800 m<sup>2</sup>, con una potencia eléctrica contratada  $P_{CE}$  de 100 kW, con el reparto superficial siguiente: el 16 % destinado para almacén, el 9 % para cámaras frigoríficas y expositores refrigerados, el 12 % para maquinaria, hornos y accesorios, el 13 % para servicios y aseos, 5 % para el bar y el 45 % al Servicio Comercial. Con un número de empleados por local mayor de 6 personas y con capacidad de ocupación simultánea máxima mayor de 50 personas. Para el modelo suponemos 10 trabajadores y una ocupación simultánea máxima de 90 clientes.

El equipamiento típico eléctrico, que suponemos al modelo considerado está compuesto por: Instalación de iluminación, Maquinaria y accesorios, Obrador, Sistema de climatización, Agua caliente sanitaria, Equipos de instrumentación y control, Cámaras congeladoras, frigoríficas y cortinas de aire.

Suponemos que el horario de funcionamiento de la instalación modelo es de lunes a sábado, desde las 9 h hasta las 20 horas, durante 300 días año.

En este grupo hay 4 instalaciones que disponen de contratos de alta tensión (A.T., con tensiones de suministro de 20 kV o 15 kV), que supone un 14,8 % del total del grupo, contratados en la tarifas tipo: 1.1 y 2.1 del mercado regulado, y las restantes 23 instalaciones están contratadas en B.T., lo que supone un porcentaje del 85,2 % de los contratos correspondientes al grupo, con 17 contratos en tarifas mercado regulado tipo 3.0 de utilización normal y 4.0 de larga utilización, ambas con aplicación de complementos por energía reactiva y discriminación horaria, y 7 contratos en mercado liberalizado, con tarifa de acceso 3.0A y 3.1A.

La energía eléctrica se utiliza para alimentar los sistemas de iluminación, ventilación, climatización, refrigeración, neveras, congeladores, hornos y pequeños equipos auxiliares.

Se supone que los servicios de lavandería y planchado de ropa de trabajo del personal y de los equipamientos auxiliares se subcontratan al exterior.

Suponemos que no existe parking.

El consumo total de energía eléctrica registrado en este grupo, en el año 2005 fue de 10.928,2 MWh en energía activa y 1.320,7 MVAR de reactiva. El consumo medio por local fue de 404.749 kWh en energía activa y 48.917 kVAR de reactiva, con una potencia contratada media de 140 kW, equivalentes a una utilización de 2.891 h/año.

El término de potencia representa el 16,06 % respecto a la facturación total sin IVA.

La facturación media en energía eléctrica por local, fue para el año 2005 de 23.813,3 €/año (IVA no incluido), con un precio medio de 5,88 c€/kWh (IVA no incluido).

## 8.4. Criterios de diseño utilizados

Para efectuar los diferentes cálculos de los sistemas eléctricos de las diferentes instalaciones modelo, es necesario establecer unos criterios de diseño para el equipamiento energético básico. Para la realización del diseño, se utilizarán los datos de dimensiones, equipamiento y ocupación ya definidos en los apartados 8.3.1, 8.3.2 y 8.3.3 para cada tipo de instalación.

El lugar de implantación del local destinado al Comercio de Alimentación modelo, se ha considerado ubicado en el bajo de un edificio, con sus fachadas exteriores cerradas y aisladas (no consideraremos en los balances térmicos las cargas solares, infiltraciones y las debidas a los procesos).

## 8.4.1. En iluminación

El objetivo de diseño que se persigue, es proporcionar un ambiente luminoso apropiado para la adecuada visión en cada una de las diferentes zonas o ambientes de cada local. Los criterios de diseño básico, los equipamientos adecuados y los sistemas de ahorro energético, se definen y explican en el Capítulo 3 de esta Guía, dedicado al ahorro en Alumbrado.

### ✿ Nivel de iluminación

Por motivos prácticos, vamos a referirnos únicamente a la iluminación vertical, los valores de los niveles de iluminación recomendados en este sector son:

Supermercados → 750 lx.

Autoservicios → 500 lx.

Resto de tiendas → 300 lx

En este tipo de instalaciones, es importante controlar el deslumbramiento, mediante el adecuado apantallamiento y mantener una adecuada uniformidad de la iluminación.

Utilizaremos como ratios de cálculo para la potencia eléctrica prevista en iluminación de los locales:

En Supermercados →  $P = 40 \text{ W/m}^2$ .

En Autoservicios →  $P = 25 \text{ W/ m}^2$ .

En resto de tiendas →  $P = 20 \text{ W/m}^2$ .

### ✿ Modelado

Este factor sirve para orientarnos sobre la distribución espacial de la iluminación alrededor de un punto.

Los efectos direccionales de la luz, además de condicionar el deslumbramiento directo y reflejado, son decisivos para la definición de la

forma y textura de las personas y objetos. Es importante en los expositores de pescado, carne, postres y de alimentos preparados.

Los mejores resultados se consiguen mediante diseños con disposiciones lineales.

### **Lámparas**

Se debe de considerar prioritariamente entre todas las posibles fuentes de luz aplicable a cada caso, las de mayor eficacia luminosa, con el objetivo primario de obtener una instalación energéticamente eficiente. Las más utilizadas son: las fluorescentes, fluorescentes de bajo consumo, incandescentes, o mixto incandescente y fluorescente.

### **Luminarias**

Se seleccionarán de modo que su distribución fotométrica y uniformidad sean adecuadas, para lograr el nivel de iluminación requerido. Se elegirán preferentemente luminarias de alto rendimiento. En el caso de lámparas fluorescentes, se utilizan luminarias con tubos múltiples, para reducir el número de puntos de luz, con reflectores incorporados y difusores de apantallamiento.

### **Sistemas de control**

La adecuación de los niveles de iluminación a las exigencias de la actividad que se desarrollan (preparación de alimentos, cocinado o comedor) o al grado de ocupación del local, se puede gestionar, mediante actuación sobre un sistema de regulación del flujo luminoso o a través del control de encendido de un sistema de circuitos separados, para las distintas situaciones previstas. La regulación del flujo luminoso para compensar la aportación de luz natural que penetra por las ventanas, acristalamientos y la flexibilidad del uso de los sistemas existentes, permitirá conseguir importantes ahorros en el consumo de energía eléctrica. En todos los casos el control es manual o por gestor, apoyado por células detectoras de presencia (especialmente

en aseos y vestuarios), no utilizándose los interruptores horarios, debido a la polivalencia de este tipo de instalaciones.

## 8.4.2. En los cálculos térmicos

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

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

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

- ✿ Los grados/día en base 15/15, correspondientes a Madrid son 1.555 GD anuales, según UNE-100-001.

- ✿ Los cálculos de consumos se efectúan con base en:

- Carga térmica (sin ventilación): oscilará entre 35 y 70 W/m<sup>2</sup>, en función de la orientación, superficie de paredes exteriores y ventanas. Tomaremos un valor de 49,7 W/m<sup>2</sup> ≈ 50 W/m<sup>2</sup>.
- Carga biológica en zona servicio comercial = 185 W calor sensible/persona + 340 W/persona calor latente = 525 W/persona.
- Volumen aire de renovación 3,5 ÷ 6 l/persona.
- Potencia frigorífica por renovación de aire = 9,9 W/m<sup>3</sup>/h.
- Potencia esp. agua caliente = 1,087 W × °C/litro.

### 8.4.3. Calendario/horario de funcionamiento de las instalaciones

El horario de diseño previsto para el funcionamiento de las instalaciones es de 9 a 20 horas, 300 días/año.

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

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

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

P = Sistemas y Equipos parados.

V = Ventilación (máximo 1.872 h/año).

F = *Free-cooling* (máximo 650 h/año).

R = Refrigeración (máximo 962 h/año).

## 8.5. Cálculo de potencias eléctricas de las instalaciones modelo

### 8.5.1. Cargas eléctricas en el modelo de Pequeños Comercios de Alimentación



#### Iluminación

$$P_I = 100 \text{ m}^2 \times 40 \text{ W/m}^2 = 4.000 \text{ W}$$



#### Maquinaria y accesorios (picadora, aspiradora, etc.)

$$P_{MA} = 1.500 \text{ W}$$



#### Ventilación

$$P_V = 2.000 \text{ W}$$



#### Calefacción

$$P_C = 3.000 \text{ W}$$



#### Agua Caliente

$$P_{AC} = 2.400 \text{ kW}$$



#### Equipos de control e instrumentación (balanzas, registradoras)

$$P_{ECI} = 300 \text{ W}$$



#### Cámaras

4 Armarios frigoríficos de 800 l,  $P_{max.} = 1.600 \text{ W}$

1 Armario congelador de 2.000 l,  $P_{max.} = 1.200 \text{ W}$



#### Potencia Eléctrica total instalada

$$P_{EI} = P_I + P_{MA} + P_V + P_C + P_{AC} + P_{ECI} + P_{CF} = 4 + 1,5 + 2 + 3 + 2,4 + 2,8 = 16 \text{ kW};$$

Coeficiente de Utilización = 0,6; luego la **Potencia Eléctrica a contratar** (sin

sistema Gestonador) será:  $P_{EC} = 16 \text{ kW} \times 0,6 = 9,6 \text{ kW}$ ; luego contrataremos  $P_{EC} = 9,9 \text{ kW}$ .

## 8.5.2. Cargas eléctricas en el modelo de Comercios de alimentación de tamaño mediano

### ✿ Iluminación

$$P_I = 300 \text{ m}^2 \times 40 \text{ W/m}^2 = 12.000 \text{ W}$$

### ✿ Maquinaria y accesorios (picadora, aspiradora, etc.)

$$P_{MA} = 3.000 \text{ W}$$

### ✿ Calentador de Agua → 2 kW

### ✿ Equipos de control e instrumentación (Balanzas, registradoras, etc.) → 500 W

### ✿ Cámaras

8 Armarios frigoríficos de 1.000,  $P_{max.} = 4 \text{ kW}$

2 Armario congelador de 2.000 l,  $P_{max.} = 2,4 \text{ kW}$

### ✿ Carga térmica Climatización

- Iluminación → 12.000 W
- Transmisión →  $300 \text{ m}^2 \times 0,55 \times 50 \text{ W/m}^2 = 8.250 \text{ W}$
- Biológica (sensible y latente) →  $(6 + 50) \text{ p} \times 525 \text{ W/p} = 29.400 \text{ W}$
- Equipamientos y máquinas → 3.000 W
- Renovación de aire

El caudal de diseño de renovación lo elegimos dentro de la normativa → de 3,6 l/s por persona →  $3,6 \times 3.600/1.000 = 12,96 \text{ m}^3/\text{h}$  por persona →

Caudal renovación max. =  $56 \text{ p} \times 12,96 \text{ m}^3/\text{h/p} = 725,76 \text{ m}^3/\text{h}$

Potencia necesaria renovación →  $766 \text{ m}^3/\text{h} \times 9,9 \text{ W/m}^3 = 7.185 \text{ W}$

**Carga total Climatización = 12.000 + 8.250 + 29.400 + 3.000 + 7.185 = 59.835 W.**

Ahora en catálogo de un fabricante seleccionaremos una opción determinada; para esta potencia calculada y tamaño del local, elegiremos una instalación con sistema unizona de simple conducto, con una máquina de 60 kW de potencia frigorífica.

Si el COP frigorífico es 2,4, entonces:  $P_{\text{Clima}} = 60/2,4 = 25 \text{ kW}$

#### ✿ **Potencia Eléctrica total instalada**

$$P_{\text{EI}} = P_{\text{I}} + P_{\text{MA}} + P_{\text{CA}} + P_{\text{ECI}} + P_{\text{CF}} + P_{\text{Clima}} = 12 + 3 + 2 + 0,5 + 6,4 + 25 = 48,9 \text{ kW}$$

Coefficiente de utilización = 0,7; luego la **Potencia Eléctrica a contratar** (sin sistema Gestonador) será:  $P_{\text{EC}} = 48,9 \times 0,7 = 34,23 \text{ kW} \approx 35 \text{ kW}$ .

### 8.5.3. Cargas eléctricas en el modelo de Comercios Alimentación Grandes

✿ **Iluminación:**  $\rightarrow 800 \text{ m}^2 \times 40 \text{ W/m}^2 = 32.000 \text{ W}$

✿ **Maquinaria y accesorios (picadora, aspiradora, etc.)**  $\rightarrow 5.000 \text{ W}$

✿ **Agua caliente sanitaria**  $\rightarrow 8.000 \text{ W}$

✿ **Obrador**  $\rightarrow 10.000 \text{ W}$

✿ **Equipamiento del bar**  $\rightarrow 6.000 \text{ W}$

✿ **Equipos de control e instrumentación (balanzas, registrad., etc.)**  $\rightarrow 1.000 \text{ W}$

#### ✿ **Cámaras**

16 Armarios frigoríficos de 1.000,  $P_{\text{max.}} = 8.000 \text{ W}$

4 Armario congelador de 2.000 l,  $P_{\text{max.}} = 4.800 \text{ W}$

6 cortinas de aire = 9.000 W



## Climatización

Carga térmica Climatización

- Iluminación  $\rightarrow 32.000 \text{ W}$
- Transmisión  $\rightarrow 800 \text{ m}^2 \times (0,05 + 0,45) \times 50 \text{ W/ m}^2 = 20.000 \text{ W}$
- Biológica (sensible y latente)  $\rightarrow (10 + 90) \text{ p} \times 525 \text{ W/p} = 52.500 \text{ W}$
- Equipamientos y máquinas  $\rightarrow 30.000 \text{ W}$
- Renovación de aire

El caudal de diseño de renovación lo elegimos dentro de la normativa de 4,5 l/s por persona  $\rightarrow 4,5 \times 3.600/1.000 = 16,20 \text{ m}^3/\text{h}$  por persona, luego el Caudal de renovación max. =  $(10 + 90) \text{ p} \times 16,2 \text{ m}^3/\text{h/p} = 1.620 \text{ m}^3/\text{h}$

Potencia necesaria renovación  $\rightarrow 1.620 \text{ m}^3/\text{h} \times 9,9 \text{ W/ m}^3 = 16.038 \text{ W}$

En este tamaño de unidad, para ahorrar energía diseñamos una instalación que incorpore un recuperador de calor, para el caudal de renovación de aire de  $16.038 \text{ m}^3/\text{h}$ . En catalogo fabricante vemos que la potencia recuperada es del 40 %. Luego la potencia frigorífica necesaria para el Aire de renovación, con recuperador de calor será  $16.038 \times 0,6 = 9.622 \text{ W}$ .

- **Carga total Climatización**

$$32.000 + 20.000 + 52.500 + 30.000 + 9.622 = 144.122 \text{ W.}$$

Ahora en catálogo de fabricante seleccionaremos una opción determinada, para esta potencia calculada y tamaño del local, elegiremos una instalación con sistema unizona de simple conducto, con una máquina de 150 kW de potencia frigorífica.

Si el COP frigorífico es 2,4, entonces:  $P_{\text{Clima}} = 150/2,4 = 62,5 \text{ kW} \rightarrow 62,5 \text{ kW}$



## Potencia Eléctrica total instalada

$$P_{\text{EI}} = P_{\text{I}} + P_{\text{MA}} + P_{\text{AC}} + P_{\text{o}} + P_{\text{B}} + P_{\text{ECl}} + P_{\text{CF}} + P_{\text{Clima}} = 32 + 5 + 8 + 10 + 6 + 1 + 21,8 + 62,5 = 146,3 \text{ kW}$$

Coeficiente de utilización = 0,7; luego la **Potencia Eléctrica a contratar** (sin sistema Gestor) será:  $P_{EC} = 146,3 \times 0,7 = 102,41 \text{ kW} \approx 100 \text{ kW}$ .

## 8.6. Sistema de gestión energética

Los diferentes opciones existentes en el mercado de sistemas de Gestión Energética, aplicables al sector del Comercio de Alimentación, se han diseñado para ordenar, planificar, regular y controlar el modo de operación de los distintos sistemas, procesos y equipos, con el objeto de conseguir aumentar su Eficiencia, lograr una utilización más racional de la energía consumida y disminuir su coste energético. Todo ello, mediante la gestión planificada y optimizada del uso de equipos, procesos y sistemas, así como una programación personalizada a cada instalación, que consiga una adaptación idónea y racionalizada del modo de trabajo del usuario y de su curva de carga, a la tarifa eléctrica contratada. De este modo, podremos reducir las puntas de potencia, permitiéndonos contratar un término de potencia más bajo, minimizando los costes de los consumos finales de energía eléctrica, mejorando la rentabilidad de sus instalaciones y reduciendo su impacto ambiental.

Los sistemas de Gestión Energética están especialmente diseñados para gobernar sistemas periféricos auxiliares, gestionar los sistemas de regulación y de ahorro implantados (reguladores de flujo luminoso, balastos electrónicos, control de aire acondicionado y calefacción, reguladores de factor de potencia, etc.), que nos permiten optimizar el funcionamiento y consumo de los diferentes equipos de las instalaciones del usuario, manteniendo el mismo nivel de servicio.

### 8.6.1. Diseño del sistema de gestión energética (GEN)

Para diseñar correctamente un sistema de gestión energética de una instalación, es necesario efectuar un estudio previo, para conocer el lugar de implantación, el tipo y tamaño de instalaciones, estudiar sus procesos,

equipamientos adoptados, el modo de operación, consumos realizados, tarifas contratadas, facturas energéticas, sistemas de regulación y/o ahorros ya existentes, etc.

Tras recoger y analizar todos estos datos y valorar la viabilidad de introducir un sistema de gestión, será preciso, definir y elegir:

- a) Tipo de control a diseñar: centralizado o distribuido.
- b) Nivel jerárquico de actuación: Planta, Sistema, Proceso o Control Directo del subproceso (ej. regulación de la temperatura del agua caliente).
- c) Por su función e interacción con el proceso: toma de datos, vigilancia del valor de un parámetro, mando o regulación.

El número de funciones e interacciones con el proceso/sistema, determinará la comunicación y relación con el proceso, que a través del número de señales de entrada, nos permitirá conocer el estado del proceso y con las señales de salida podremos actuar sobre él o sobre otros. El número y tipo de actuaciones, nos permitirá conocer las entradas y salidas necesarias, dimensionar el tamaño del control, sus componentes y características del *hardware* especializado a utilizar y definir los sistemas de conexión, periféricos y resto de accesorios necesarios.

Seguidamente, como parte principal del diseño, se debe realizar un proyecto personalizado a cada instalación de la programación del sistema. El sistema de mando y regulación, se apoya en un controlador lógico programable (PLC), constituido fundamentalmente por una unidad de procesos central, una unidad de memorias, bus de conexiones, tarjetas de entrada y salida, consola de programación y fuente de alimentación. La definición de la estrategia de control y gestión de una instalación en particular, se realiza mediante la creación de un fichero de unidades de control; este fichero es un almacén de registros, que contiene la información relativa a su unidad. Cada unidad de control programable cumplirá una misión determinada, específica y diferenciada, pudiéndose interconectar con otras, para formar lazos de control o de información globales.

Entradas señales interconexión →	Nº Unidad de control	→ salidas a otras unidades
Entrada de medidas de sensores →	Tipo de unidad seleccionado	→ salidas a actuadores

El *software* de gestión energética necesario para ejecutar las funciones de planificación, racionalización, control y regulación de los distintos procesos de la instalación, obligatoriamente debe ajustarse a la instalación estudiada y al sistema tarifario vigente, teniendo en cuenta especialmente los condicionantes y particularidades de las tarifas de energía eléctrica.

Debemos recordar, que en el Sistema Integrado de Facturación de Energía Eléctricas Español (SIFE), las tarifas son de estructura binomial y están compuestas por un *término de facturación de potencia*, un *término de facturación de energía*, el *impuesto sobre la electricidad* y, además, en función de la tarifa contratada, se aplicarán los *complementos tarifarios*. En función de las características del equipamiento del usuario y las condiciones/modo de operación, se procederá a efectuar recargos o descuentos como consecuencia de la discriminación horaria, del factor de potencia, estacionalidad y/o de los incumplimientos cometidos (excesos de potencia).

Una vez que se han definido los objetivos de gestión de cada proyecto particularizado de una instalación determinada, y cuando sepamos cuáles son las variables que podemos medir y aquellas que son susceptibles de manipular, podemos diseñar la estructura de regulación y definir cuáles serán los lazos de regulación que deberemos utilizar.

En función del proceso, de la de variable controlada, del tipo de señal de consigna, de la señal de error y de las posibles perturbaciones que actúan sobre el proceso, hay que establecer el tipo más conveniente de lazo de control, que normalmente suelen ser control de cascada, control selectivo, control de realimentación o control *override*.

## 8.7. Metodología de trabajo

- Selección del Comercio de Alimentación por tamaño y tipo Instalación.
- Realización de una asesoría energética eléctrica.
- Propuesta de recomendación de mejoras aplicables.
- Sistema de gestión de instalaciones y ahorros previsto.
- Implantación de medidas de mejora propuestas.
- Medidas de resultados de ahorros obtenidos.
- Determinación de la reducción del impacto medioambiental.

## 8.8. Características generales de un sistema de gestión

- Sencillez de uso, facilitada por un programa informático adaptado a cada usuario, que permite la gestión coordinada y conjunta de las diversas tecnologías de regulación y control.
- Flexible, permitiendo al usuario modificar los parámetros en función de las necesidades que surjan en el tiempo.
- Modular, de forma que si se desea modifica o incorpora una nueva aplicación que permite reestructurar el sistema.
- Posibilita la interconexión de los equipos y sistemas que realizan las diferentes funciones de los procesos a gestionar.
- Visualiza el estado de los consumidores en tiempo real (I, V, P, Q, etc.), ofreciendo información clara, sencilla y sistematizada.
- Facilidad y rapidez de instalación (75 días, llave en mano).

## 8.9. Elementos que constituyen el sistema de gestión

Un sistema de gestión energética de instalaciones consta de los elementos siguientes:

- ❁ Unidad de control y gestión de datos.
- ❁ Red de conexión de componentes actuados.
- ❁ Receptores, transmisores y captadores.



Foto 1. Sistema de gestión.

- ❁ Accionadores/actuadores.
- ❁ Periféricos de comunicación.
- ❁ Ordenador visualizador.
- ❁ *Software* de gestión personalizado a cada instalación.
- ❁ Control de los sistemas de ahorro implantados.

## 8.10. Ahorros energéticos posibles por tipo de instalación

Vamos a analizar las recomendaciones de ahorro y eficiencia viables y cuantificar el resultado de las posibles acciones en cada tipo de instalación.

(Las tarifas eléctricas empleadas en este estudio, son las oficiales de acuerdo con la orden de 12 enero 1995, siendo los precios utilizados para los consumos efectuados durante el año 2005 → según tarifa del 2005 publicada en B.O.E. de 31 de diciembre 2004 y los precios actuales de acuerdo con el Real Decreto R.D. 809 /2006 de 30 de junio, publicadas en B.O.E. de 1 de julio de 2006).

### 8.10.1. Comercios de Alimentación Pequeños

En función del modo de trabajo, del calendario de funcionamiento, del horario y del equipamiento instalado, en este tipo de instalaciones, podremos colocar un equipo Gestionador de Energía (GEN), con una central de gestión, de modelo de pequeño tamaño, que incorpore 6 entradas y 6 salidas. Su función será realizar una mejora de la eficiencia de las instalaciones, control de puntas de carga y ahorro energético.

Actuará únicamente en los sistemas eléctricos de iluminación, ventilación y cámaras, y estará capacitado para interconectarse / gestionar con los equipos de regulación / control empleados en los sistemas de calefacción, agua caliente y consumo de agua.

Recordamos que la totalidad de las instalaciones de este grupo, están contratadas en la tarifas de baja tensión 2.0, 2.0A y 2.0N, con términos de potencia  $\leq 15$  kW, y que para el Modelo de Pequeños Comercios de Alimentación elegido, se ha calculado que su Potencia Eléctrica Instalada es  $P_{EI} = 16$  kW, su coeficiente de utilización es  $\delta = 0,6$  y que su Potencia Eléctrica de contrato es  $P_{Ec} = 9,9$  kW.

Si aplicamos el número medio resultante para este Grupo de horas de utilización, su consumo previsto será  $9,9 \times 1.525 = 15.097,5$  kWh/año.

Suponiendo que para el modelo elegido, durante el año 2005, se ha contratado en el mercado regulado, la tarifa de baja tensión, **tipo 2.0**, entonces de acuerdo con las Tarifas Eléctricas, durante el citado año, le corresponderá en función del contrato realizado los siguientes valores:

- ✿ Término de potencia  $\rightarrow t_p = 1,461129 \text{ €/kW mes.}$
- ✿ Término de energía  $\rightarrow t_e = 0,083007 \text{ €/kW.}$
- ✿ Un impuesto sobre la electricidad de  $4,864 \text{ %s/ } \Sigma(P_c + E_w) \times 1,05113$ , y
- ✿ El  $16 \text{ %}$  de IVA, aplicado al total bruto.

Con estos datos su facturación anual será:

- ✿ **Pot. contratada**  $\rightarrow P_{EC} = 9,9 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,461129 \text{ €/kW mes} = 173,58 \text{ €}$
- ✿ Energía cons.  $\rightarrow E_w = W_a \times t_e = 15.097,5 \text{ kW /año} \times 0,083007 \text{ €/kW} = 1.253,19 \text{ €}$
- ✿ Impuesto electricidad  $I_E = (173,58 + 1.253,19) \times 4,864/100 \times 1,05113 = 72,94 \text{ €}$
- ✿ **Total factura sin gestorador**  $= \Sigma (P_c + E_w + I_E) = 173,58 + 1.253,19 + 72,94 = 1.499,71 \text{ €/año (sin IVA)}$

Para este modelo el objetivo del Sistema de Gestión Energético será:

- A) *Minimizar el valor de la potencia de contrato eléctrico necesaria y evitar puntas de cargas que produzcan excesos de potencia; para ello, mediante una programación personalizada a cada instalación, se efectuará una planificación controlada de la puesta en marcha de los equipos eléctricos y la utilización secuencial de los diferentes sistemas del conjunto de las instalaciones, y conseguiremos racionalizar y optimizar, para cada modo de operación, los valores máximos necesarios de las puntas de potencia registradas en los distintos procesos que actúan en el modelo pequeño.*

Se estima, que con la aplicación del gestorador energético al control y racionalización de las secuencias de entrada de cargas, y con la mejora de eficiencia de los sistemas, se pueda conseguir trabajar en margen de regulación del  $24 \text{ %}$  de la potencia total, y conseguir una reducción del valor de la potencia contratada del orden del  $12 \text{ %}$ . De los estudios estadísticos realizados para este segmento, la facturación del término de potencia, representa un  $11,54 \text{ %}$  sobre el total de la factura, luego el ahorro previsto por esta acción puede alcanzar el  $1,15 \text{ %}$  de la factura final y, además, su correcto funcionamiento, especialmente, nos asegurará de no tener

aperturas del pequeño interruptor automático limitador de sobrecargas (PIAS), que dejará la instalación sin alimentación hasta su reposición.

- B) *Ahorrar energía y alargar la vida de las lámparas, mediante la gestión y optimización del sistema de alumbrado, controlando los periodos de encendido en función del horario de funcionamiento y de la detección de presencia.* De acuerdo con el modelo considerado se dispone de una potencia instalada en alumbrado de 4 kW, lo cual representa el 25 % de la potencia total instalada, ahora bien, su repercusión sobre el consumo es mayor, ya que su tiempo de funcionamiento relativo es más elevado (máximo  $300 \text{ d} \times 10 \text{ h/d} = 3.000 \text{ h/año}$ ), por lo que su contribución al consumo total es del orden del  $25 \times 3.000/1.525 = 49,1\%$ . Se estima, que con la aplicación del gestor energético y la optimización del sistema de iluminación (de acuerdo a las medidas indicadas en el capítulo de iluminación de esta Guía) se puedan conseguir reducciones del consumo en alumbrado, del orden del 10 %, lo cual representa un 4,91 % sobre el consumo total.

En instalaciones existentes, con equipamiento fluorescente convencional, podríamos reducir notablemente el consumo, mediante sustitución de equipos por otros de mayor eficiencia, especialmente instalando balastos electrónicos y lámparas de alta eficiencia (ahorros totales entre 25 ÷ 30). Ahora bien, esta actuación requiere una inversión de  $\approx 21 \text{ €}$  por balasto (para dos lámparas) y  $6 \text{ €}$  por lámpara de 36 W, más la mano de obra de instalación.

- C) *Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de ventilación.* Se deberá de programar los sistemas de gestión y regulación de acuerdo con el modelo; el caudal de aire de renovación exigido para este tipo de instalaciones debe de mantenerse entre 3,5 ÷ 5 l/s por persona. Como el local modelo se ha supuesto con una capacidad máxima simultánea de 12 clientes y tres empleados, el caudal de ventilación máximo, si tomamos como caudal de referencia 3,7 l/s por persona deberá de ser:

$$QV \text{ max.} = 3,7 \times 3.600/1000 \times (12 + 3) = 199,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

y la Potencia en caudal de aire de renovación necesaria será:

$$PR = 199,8 \text{ m}^3/\text{h} \times 9,9 \text{ W/ m}^3 = 1.978 \text{ W}$$

La instalación de ventilación del modelo extra equipada con un sistema de ventilación de una potencia instalada de 2.000 W. El sistema se programará para que trabaje como un sistema de ventilación por suministro y extracción. Se dispondrá de un lazo de regulación cerrado de caudal, para funcionamiento del sistema en modo ventilación.

El sistema de ventilación representa el 12,5 % de la potencia instalada en el modelo, siendo su repercusión sobre el consumo, para un coeficiente de ocupación del 0,5 de  $12,5 \times 3.000/1.525 \times 0,6 = 14,75 \%$ . Se estima que con la aplicación de un sistema de gestión energética, se pueden obtener reducciones por regulación de caudal en función de la ocupación, del orden del 20 %, lo cual representa un 2,95 % del consumo total.

D) *Resultados y Viabilidad de la implantación del sistema gestor.* De acuerdo con los cálculos y suposiciones realizadas para el modelo, las previsiones de ahorro total para los pequeños comercios de alimentación son:

a) *Reducir la potencia del contrato eléctrico un 10 %*  $\rightarrow 12/100 \times 9,9 = 1,18$  kW. Luego, bajaremos la potencia contratada a 8,8 kW, consiguiendo un ahorro económico en la potencia contratada de  $1,1 \text{ kW} \times 12 \text{ mes} \times 1,461129 \text{ €/kW mes} = 19,28 \text{ €/año}$ ; aplicándole el Impuesto eléctrico  $I_E = 19,28 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 0,98 \text{ €/año}$ ; luego *el Ahorro resultante por reducción de la potencia contratada será de:  $19,28 + 0,98 = 20,26 \text{ €/año}$ .*

b) *Reducir el consumo total de energía eléctrica en un  $4,91 + 2,95 = 7,86 \%$*   $\rightarrow 7,86/100 \times 15.097,5 = 1.186,6 \text{ kWh}$ . Luego, bajaremos el consumo del comercio a  $15.097,5 - 1.186,6 = 13.910,9 \text{ kWh/año}$ , consiguiendo un ahorro económico en término de energía =  $1.186,6 \times 0,083007 \text{ €/kW} = 98,491 \text{ €/año}$ ; aplicándole el  $I_E$   $98,49 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 0,24 \text{ €/año}$ ; luego *el Ahorro total en energía será =  $98,49 + 0,24 = 98,73 \text{ €/año}$ .*

Con estos datos su nueva facturación eléctrica anual será:

- ✿ **Pot. Contratada  $P_{EC} = 8,8 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,461129 \text{ €/kW mes} = 154,29 \text{ €/año}$**
- ✿  **$E_W = W_a \times t_E = 13.910,9 \text{ kW/año} \times 0,083007 \text{ €/kW} = 1.154,70 \text{ €/año}$**
- ✿ **Impuesto electricidad  $I_E = (154,29 + 1.154,70) \times 4,864/100 \times 1.05113 = 66,92 \text{ €/año}$**
- ✿ **Total factura con gestor =  $\Sigma (P_c + E_W + I_E) = 154,29 + 1.154,70 + 66,92 = 1.375,91 \text{ €/año (sin IVA)}$ .**

Luego el ahorro total conseguido será de  $1.499,71 - 1.375,91 = \text{Ahorro total con gestor} = 123,8 \text{ €/año (sin IVA)}$ , lo que supone un **8,25 %**.

Ahora bien, la instalación de un sistema gestor requiere realizar una auditoría previa, obtener un listado de recomendaciones con posibles cambios, realizar el proyecto, efectuar una inversión y ejecutar el cambio, que dará lugar a la instalación del gestor, su programación, instalación, cableado, puesta en marcha y pruebas. Para el caso, del modelo estudiado, para los pequeños comercios de Alimentación, podemos estimar que se precisa de una inversión total de  $\approx 1.240 \text{ €}$  (IVA no incluido).

E) *Conclusión para Pequeños Comercios de Alimentación*

- ✿ Resumen técnico-económico de la operación:

Optimización Prevista	Ahorro anual	Inversión
8,25 %	123,8 € (IVA no incluido)	1.240 € (IVA no incluido)

Luego el Tiempo estimado de amortización será de 120 meses (10 años).

- ✿ **En instalaciones existentes de Pequeños Comercios de Alimentación, el proyecto no es viable, desde el punto de vista de rentabilidad (se rechazan inversiones con periodos de retorno superiores a 5 años),**

aunque es importante resaltar que la introducción de un sistema gestor es atractiva respecto a los ahorros conseguidos, y además mejora y facilita notablemente la operación y control de las instalaciones.

- ✿ Ahora bien, **en nuevas instalaciones o en proyectos de remodelación, será muy importante tener en cuenta estas medidas de ahorro energético, mejora de la eficiencia y ahorro económico.**

## 8.10.2. Comercios de Alimentación Medianos

Para este tipo y tamaño de instalaciones, podremos colocar un equipo Gestor de Energía (GEN), con una central de gestión tamaño mediano, dotada con 12 entradas y 12 salidas. Su función será realizar una mejora de la eficiencia de las instalaciones, control de puntas de carga, control del factor de potencia y ahorro energético.

Actuará únicamente en los sistemas eléctricos de: *iluminación*, **climatización** (ventilación y refrigeración), y controlará las puntas de carga y el factor de potencia de la instalación, y si se desea, se puede gestionar *la curva de carga en función del tipo de discriminación horaria (DH) contratada*.

El sistema estará capacitado para interconectarse, gestionar y/o recibir información para control de los distintos sistemas de regulación empleados, en el resto de sistemas energéticos: calefacción, agua caliente y consumo de agua.

Recordamos que todas las instalaciones de este grupo, están contratadas con tarifas de baja tensión (B.T.) (3 × 400 V), tipo 3.0; 4,0 y 3.0A, y que sus términos de potencia, están acotados según  $15 \text{ kW} < P_p \leq 75 \text{ kW}$ , y que el comercio de alimentación modelo tiene de potencia instalada  $P_{EI} = 48,9 \text{ kW}$  y una potencia de contrato  $P_{Ec} = 35 \text{ kW}$ . Si aplicamos el número medio de horas de utilización resultante para este segmento, su consumo previsto para el modelo será  $W_{MCAm} = 35 \text{ kW} \times 1.378 \text{ h/año} = 48.230 \text{ kWh/año}$ .

Suponiendo que se contrata en el mercado regulado, la tarifa de B.T. de aplicación General 3.0 (3 × 400 V), con DH tipo 1, durante el año 2005 le correspondió ser facturado según:

- ✿ Un término de potencia →  $t_P = 1,430269 \text{ €/kW}$ .
- ✿ Un término de energía →  $t_E = 0,083728 \text{ €/kW}$ .
- ✿ Un complemento de energía reactiva →  $c_{Wr}$  en %, función del factor de corrección  $k_r = 17/\cos^2\phi - 21$ , de acuerdo con el  $\cos \phi$  de la instalación.
- ✿ Un complemento por discriminación horaria ( $c_{DH}$ ),
- ✿ El impuesto sobre la electricidad →  $I_E = 4,864 \% \text{ s/ } \Sigma(T_i) \times 1,05113$  y
- ✿ el 16 % de IVA, sobre la facturación bruta.

Con estos datos su facturación anual será:

- ✿ **Pot. contratada** =  $35 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,430269 \text{ €/kW mes} = 600,71 \text{ €/año}$
- ✿  $E_W = W_a \times t_E = 48.230 \text{ kWh/año} \times 0,083728 \text{ €/kW} = 4.038,20 \text{ €/año}$
- ✿  $c_{E_Q} = \text{Fact. Básica} \times k_r \rightarrow$  para  $\cos \phi = 0,85 \rightarrow k_r = 17/0,72 - 21 \approx + 2,5 \%$ ; luego  $c_{E_Q} = (600,71 + 4.038,20) \times 2,5/100 = 115,97 \text{ €/año}$
- ✿  $c_{DH_{\text{tipo 1}}}$  → ubicado en Zona 3 (Madrid), para clientes con  $P_C \leq 50 \text{ kW}$ , siendo  $c_{DH} = T_{ej} \Sigma E_i \times C_i / 100$ , donde  $E_i =$  Energía consumida total =  $W_{TC} = 48.230 \text{ kWh/año}$ , el coeficiente  $C_i = 20$ ; y  $T_{3,0} = 0,083728 \text{ €/kW}$ ; luego  $c_{DH_{\text{tipo 1}}} = 0,083728 \times 48.230 \times 20/100 = 807,64 \text{ €/año}$
- ✿ El Impuesto Eléctrico  $I_E = 4,864 \% \text{ s/ } \Sigma(P_C + E_W + c_{E_Q} + c_{DH}) \times 1,05113 = 4,864/100 \times (600,71 + 4.038,20 + 115,97 + 807,64) \times 1,05113 = 284,39 \text{ €/año}$
- ✿ **Total Factura sin gestor** =  $\Sigma (P_C + E_W + c_{E_Q} + c_{DH_{\text{tipo 1}}} + I_E) = 600,71 + 4.038,20 + 115,97 + 807,64 + 284,39 = \mathbf{5.846,91 \text{ €/año (sin IVA)}}$

Para este modelo mediano, el objetivo del sistema de gestión energético será:

- A) *Minimizar el valor de la potencia de contrato eléctrico necesaria y evitar puntas de cargas que produzcan excesos de potencia, para ello, se hará una programación personalizada a cada instalación, se efectuará una planificación controlada del arranque de los equipos eléctricos y la utilización secuencial de los diferentes sistemas del conjunto de las instalaciones,*

conseguimos racionalizar y optimizar, para cada modo de operación, los valores máximos necesarios de las puntas de potencia registradas por las distintas cargas que actúan en el modelo de comercio mediano.

Se estima, que con la aplicación del gestor energético al control y racionalización de la secuencia de entrada de cargas, y con la mejora de eficiencia de los sistemas, se pueda conseguir trabajar en margen de regulación del 50 % de la potencia total, y conseguir una reducción del valor de la potencia contratada, del orden del 10 %.

En el estudio realizado para el modelo de este segmento, la facturación del término de potencia, representa un 12,60 % sobre el total de la factura sin IVA, luego el ahorro previsto por esta acción puede alcanzar el 1,26 % de la factura final, y además, *su correcto funcionamiento, nos permitirá no tener excesos de potencia y sus correspondientes recargos.*

- B) Ahorrar energía y alargar la vida de las lámparas, mediante la gestión y optimización del sistema de alumbrado, controlando los periodos de encendido en función del horario de funcionamiento y de la detección de presencia. De acuerdo con el modelo considerado se dispone de una potencia instalada en alumbrado de 12 kW, lo cual representa el 24,5 % del total instalado. Ahora bien, recordemos que para este grupo, el coeficiente de utilización simultánea utilizado es  $\delta = 0,7$  y que el nº de horas de utilización es 1.378 h su repercusión sobre el consumo es mayor, ya que su tiempo de funcionamiento relativo es más elevado (máx. 300 d  $\times$  11 h/d = 3.300 h/año), por lo que su contribución al consumo total es del orden del 58,6 %.

Se estima, que con la aplicación del gestor energético y la optimización del sistema de iluminación (ver capítulo de iluminación de esta Guía), se puedan conseguir reducciones del consumo en alumbrado, del orden del 12 %, lo cual representa un 7 % sobre el consumo total.

En instalaciones existentes, con equipamiento fluorescente convencional, podríamos reducir notablemente el consumo, mediante sustitución de

equipos por otros de mayor eficiencia, especialmente instalando balastos electrónicos y lámparas de alta eficiencia (ahorros totales entre 25 ÷ 30). Ahora bien, esta actuación requiere una inversión de  $\approx 21$  € por balasto (para dos lámparas) y 6 € por lámpara de 36 W, mas la mano de obra de instalación.

- C) *Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de climatización*, obtenido principalmente: a) *operando en modo ventilación* y b) *cuando la unidad trabaje en modo Free-cooling*.

Se deberá de programar el sistema de gestión y regulación de acuerdo con el equipamiento seleccionado para el modelo, un sistema unizona de simple conducto, de 25 kW de potencia frigorífica, y con el calendario de funcionamiento indicado en Tabla 1. Además, se dispondrá de un lazo de regulación cerrado de caudal, para cuando el sistema funcione en modo ventilación y de un lazo de regulación abierto de temperatura y Hr, normalmente con controlador proporcional e integral (PI), detectores de grado de ocupación, de temperatura y humedad exteriores y de las condiciones de confort, para control del sistema de refrigeración en los modos *free-cooling* y aire acondicionado.

La operativa a seguir será:

- a) En el modo ventilación, se programará para que trabaje solamente como un sistema de ventilación por suministro y extracción, de forma que de todos los componentes de la unidad, únicamente estarán en servicio: el equipo ventilador de impulsión de aire (2 CV  $\approx 1,5$  kW), su compuerta de impulsión y su actuador, el filtro de aire de suministro, la batería de calefacción del aire (en otoño-invierno-primavera) y el ventilador de extracción (1,5 kW), con su compuerta y actuador. Sus periodos de funcionamiento están fijados de acuerdo con el horario de la Tabla 1 (máximo de 1.872 h/año), y además su operación estará limitada por la condición de presencia, por lo cual incorporará un detector con sonda de temperatura de entrada, que proporcionará señal al gestor.

- b) En modo *free-cooling* (FC), conseguiremos obtener un gran ahorro energético, ya que podremos realizar un enfriamiento gratuito del local, aprovechando la entalpía del aire de la calle ( $i_{\text{Aire ext.}}$ ). Para ello, es necesario, programar el sistema, de forma, que en primavera, verano u otoño, cuando existan condiciones y orden de funcionamiento de la unidad climatizadora y la sonda de temperatura exterior, da señal de que la temperatura exterior es menor que la temperatura de confort (26 °C y Hr 35÷50 %), El gestor detecta condiciones de FC, dando ordenes de parada al compresor del A.C. (en la unidad exterior o en la climatizadora) y de funcionamiento a los ventiladores de extracción y de climatización. Los actuadores de las compuertas motorizadas de FC, recibirán orden de cambio, cerrando totalmente la compuerta de retorno y abriendo al 100 % las compuertas de extracción y de renovación de aire. De esta forma el aire exterior, entrará en el local, con el caudal de diseño y sale extraído con el mismo valor. Su programación de funcionamiento, ver Tabla 1, indica una previsión máxima de 650 h/año, supeditada a los detectores de presencia.

El sistema de climatización representa el 51 % de la potencia instalada en el modelo, siendo su repercusión estimada sobre el consumo del 25,5 %. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, se pueden obtener reducciones del consumo en climatización, del orden del 16 %, lo cual representa un 4 % del consumo total.

#### D) *Control y mejora del factor de potencia*

Para minimizar la factura eléctrica, es importante medir, registrar y controlar el valor del factor de potencia. En el caso del modelo, estudiado el factor de potencia de la instalación es  $\cos \eta = W_a / (W_a^2 + W_r^2)^{1/2} = 0,85$ , siendo  $W_a$  la cantidad registrada por el contador de energía activa, expresada en kWh y  $W_r$  la cantidad registrada por el contador de energía reactiva, expresada en kVArh, valor que como hemos calculado representa un factor  $k_r \approx 2,5$ , que

implica un recargo en la factura eléctrica del 2,5 %, a aplicar sobre la facturación básica (energía + término de potencia).

En el caso del modelo estudiado, el complemento de energía reactiva será  $cE_Q = (600,71 + 4.038,20) \times 2,5/100 = 115,97 \text{ €/año}$ , siendo su correspondiente impuesto eléctrico  $I_E = 115,97 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 5,93 \text{ €}$ , luego el recargo total por factor de potencia será  $= 115,97 + 5,93 = 121,90 \text{ €}$ . Ahora bien, para corregir este bajo valor del  $\cos \eta$ , es necesario colocar una batería de condensadores (normalmente con control automático), que compense en cada momento la energía reactiva del sistema, pudiendo dimensionarla para que se mejore el valor del  $\cos \eta$ , hasta alcanzar la zona de bonificación en la tarifa.

En el caso del modelo  $\cos \eta = 0,85$  y  $W_a = 48.230 \text{ kWh/año}$ , luego  $\sin \eta = 0,52$  y  $W_s = W_a / \cos \eta = 48.230 / 0,85 = 56.741,1 \text{ kVAh}$ , luego  $W_r = W_s \times \sin \eta = 56.741,1 \times 0,52 = 29.505,4 \text{ kVArh/año}$ .

Esta energía reactiva, se consume mayoritariamente a lo largo de las h/año de funcionamiento en servicio de la instalación (pero con la actuación de los detectores de presencia/ocupación las horas reales de servicio se minimizan). Especialmente aparecerán altas cargas reactivas durante los periodos de funcionamiento del alumbrado, motores ventiladores y de la unidad climatizadora operando en modo Aire Acondicionado. Se va a dimensionar la potencia reactiva (Q) de la batería de condensadores, en función de este periodo y de un coeficiente  $\delta = 0,6$ ; luego  $Q = 29.505,4 \times 0,6 / 962 = 18,4 \text{ kVAr}$ .

Será suficiente con colocar una batería de condensadores en B.T. dotada de 18 botes de 1 kVAr, montando una batería de condensadores trifásica, con potencia máxima de 18 kVAr, repartidas en tres ramas de 6 kVAr, con 6 botes en serie por fase, dotada de un automatismo para entrada de botes, en seis escalones.

El equipo se conectará con el gestor GEN para registro de medidas, control y alarma. Con la mejora del factor de potencia de la instalación, además, de optimizar la capacidad de la instalación, se reducen la intensidad máxima y las pérdidas por efecto Joule.

Se estima que con la mejora del factor de potencia, podemos obtener ahorros energéticos del 1 % por reducción de pérdidas, eliminar el 2,5 % de recargo en facturación y además, alcanzar fácilmente una bonificación del 2,2 %, lo cual representa un ahorro económico directo del 4,7 %.

E) *Gestión de la discriminación horaria (DH)*

El gestor energético GEN, en Tarifa 3.0. se puede programar para hacerse cargo del control del complemento tarifario por DH, si se contrata tipo 2, 3 ó 4, ya que el GEN es un sistema especializado en racionalización de cargas, control de curvas de carga y gestión de la demanda.

El complemento por DH constituirá un recargo o un descuento, que se calculará de acuerdo con la fórmula:  $c_{DH} = \text{Tej} \sum E_i \times C_i / 100$ .

Mediante un estudio previo y una programación apropiada a cada cliente, a sus necesidades, forma de operar y a los periodos de la tarifa, se estudiará si es posible desplazar la curva de carga, desde el periodo punta (con recargo) a los periodos llano (sin recargo) o valle (con descuento), logrando mejorar la curva de demanda de carga y obteniendo notables ahorros económicos.

En el caso del modelo, al estar contratado en 3.0 DH<sub>tipo1</sub>, no hay posibilidad de ahorros, ya que en este tipo, el recargo por DH es fijo, pero como con el gestor GEN hemos reducido el consumo de energía un 11 %, el recargo final se reducirá en este porcentaje resultando un complemento según cálculo de  $c_{DH_{\text{tipo1}}} = 0,083728 \times (48.230 \times 0,89) \times 20/100 = 718,80 \text{ €}$ .

El ahorro económico obtenido en DH es =  $807,64 - 718,80 = 88,84 \text{ €/año}$ .

Ahora bien, además, en cada caso particular habrá que realizar un estudio personalizado a cada instalación y modo de operación.

F) *Resultados y Viabilidad de la implantación del sistema gestor (GEN)*

De acuerdo con los cálculos y suposiciones realizadas para el modelo, las previsiones de ahorro total para los comercios medianos son:

a) *Reducir la potencia del contrato eléctrico en un 10 %*  $\rightarrow 10/100 \times 35 = 3,5$  kW. Luego, bajaremos la potencia contratada a  $P_c = 31,5$  kW, consiguiendo un ahorro de  $3,5 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,430269 \text{ €/kW mes} = 60,07 \text{ €/año}$ . Aplicándole el Impuesto eléctrico,  $I_E = 60,07 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 3,07 \text{ €/año}$ . Luego, el *Ahorro resultante en término de potencia* será de  $60,07 + 3,07 = 63,14 \text{ €/año}$ .

b) *Reducir el consumo total anual de energía eléctrica en  $7 + 4 = 11$  %*  $\rightarrow 11/100 \times 48.230 \text{ kWh/año} = 5.305,3 \text{ kWh/año}$ . Luego, bajaremos el consumo del comercio hasta  $W_a (G) = 48.230 - 5.305,3 = 42.924,7 \text{ kWh/año}$ , y el ahorro económico en término de energía  $= 5.305,3 \times 0,083728 = 444,2 \text{ €/año}$ , aplicándole el impuesto eléctrico se tendrá  $I_E = 444,20 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 22,71 \text{ €/año}$ , y el *Ahorro económico total en energía* será  $= 444,20 + 22,71 = 466,91 \text{ €/año}$ .

c) *Ahorro económico por mejora del factor de potencia*

Con la instalación y gestión de la batería automática de condensadores, conseguiremos fácilmente mejorar el  $\cos \eta = 0,85$  hasta un valor de  $0,95$ . Esta acción nos permitirá eliminar el recargo económico del  $2,5 \%$ , sobre la facturación básica que teníamos ( $c E_0 = (600,71 + 3.594) \times 2,5/100 = 115,97 \text{ €/año}$ ), y además lograremos conseguir una bonificación del  $2,2 \%$ , sobre dicha facturación (mejorable hasta el  $4 \%$ ). El nuevo cálculo será con un  $\cos \varphi = 0,95 \rightarrow k_r = 17/0,90 - 21 \approx - 2,2 \%$ ; luego  $c E_0 = \text{Facturación Básica} \times k_r = (540,64 + 3.593,99) \times 2,2 / 100 = - 90,96 \text{ €/año}$  (descuento).

Se ha pasado de un recargo de 115,97 a un descuento de 90,96 €/año, luego hemos ahorrado  $115,97 + 90,96 = 206,93$  €/año. Aplicando el  $I_E = 206,93 \times 4,864 / 100 \times 1,05113 = 10,57$  €/año; luego, *el ahorro total conseguido por mejorar el  $\cos \eta$  será de  $206,93 + 10,57 = 217,5$  €/año.*

d) *Ahorro en el complemento de DH*

Con el descenso del 11 % del consumo eléctrico, el valor del nuevo complemento de DH, ha bajado hasta  $c_{DH_{\text{tipo1}}} = 0,083728 \times 42.924,7 \times 20/100 = 718,79$  €/año, luego se ha obtenido un ahorro en DH =  $807,64 - 718,79 = 88,85$  €/año.

Aplicando el  $I_E = 88,85 \times 4,864 / 100 \times 1,05113 = 4,54$  €/año; luego, *el Ahorro total conseguido por mejora del  $c_{DH_{\text{tipo1}}} = 88,85 + 4,54 = 93,39$  €/año.*

Con estos datos su nueva facturación eléctrica anual será:

- ✿ **Pot. contratada** =  $31,5 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,430269 \text{ €/kW mes} = \mathbf{540,64 \text{ €}}$
- ✿ **Cuota término de energía** =  $42.924,7 \text{ kW/año} \times 0,083728 \text{ €/kW} = \mathbf{3.593,99 \text{ €}}$
- ✿  **$c_{E_Q}$**  = Fact. Básica  $\times k_r$ ; para  $\cos \phi = 0,95 \rightarrow k_r = 17/0,90 - 21 \approx -2,2 \%$ , luego  $c_{E_Q} = (540,64 + 3.593,99) \times 2,2 / 100 = \mathbf{-90,96 \text{ €/año (descuento)}}$
- ✿  **$c_{DH_{\text{tipo 1}}}$** , para clientes con  $P_c \leq 50 \text{ kW}$ , tiene el recargo fijo, siendo  $c_{DH} = 0,083728 \times 42.924,7 \times 20/100 = \mathbf{718,79 \text{ €/año}}$
- ✿ El Impuesto Eléctrico  $I_E = 4,864 \%$  s/  $\Sigma(P_c + E_w + c_{E_Q} + c_{DH}) \times 1,05113 = 4,864/100 \times (540,64 + 3.593,99 - 90,96 + 718,79) \times 1,05113 = \mathbf{243,49 \text{ €/año}}$
- ✿ **Total Factura con gestor** =  $\Sigma(P_c + E_w + c_{E_Q} + c_{DH_{\text{tipo 1}}} + I_E) = 540,64 + 3.593,99 - 90,96 + 718,79 + 243,49 = \mathbf{5.005,95 \text{ €/año (sin IVA)}}$ ; luego el ahorro total conseguido será de  $5.846,91 - 5.005,95 = \mathbf{Ahorro total con gestor = 840,96 \text{ €/año (sin IVA)}}$ , lo que supone un **14,38 %**.

Ahora bien, la instalación de un sistema gestor requiere efectuar una inversión, realizar una auditoría previa, obtener un listado de recomendaciones con posible cambios, realizar el proyecto y ejecutar el

cambio, que dará lugar a la instalación del equipamiento de gestión, programación, instalación, cableado, puesta en marcha y pruebas. Para el caso, del modelo estudiado para los Comercios de Alimentación Medianos, podemos estimar que se precisa de una inversión 525 € (IVA no incluido) para la batería de condensadores y de 3.650 € (IVA no incluido) para el sistema gestor.

H) *Conclusión para Comercios de Alimentación Medianos*

✿ Resumen técnico-económico de la operación:

Optimización Prevista	Ahorro anual	Inversión
14,38 %	840,96 (IVA no incluido)	4.175 € (IVA no incluido)

Luego el tiempo estimado de amortización es de 59,5 meses (< 5 años).

✿ **La operación es viable, desde el punto de vista de rentabilidad** (se rechazan inversiones con periodos de retorno superiores a 5 años), además es importante resaltar que la introducción de un sistema gestor es atractiva respecto a los ahorros energéticos conseguidos, la reducción del impacto ambiental y la mejora notable de la operación y control de las instalaciones.

### 8.10.3. Comercios de Alimentación Grandes

Para este tipo y tamaño de instalaciones, podremos colocar un equipo Gestor de Energía (GEN), con una central de gestión tamaño grande, modularmente ampliable, dotada con 24 entradas y 24 salidas (analógicas y digitales). Su función será contribuir en la mejora de la eficiencia de las instalaciones, control de puntas de carga, control del factor de potencia y ahorro energético. Actuará únicamente en los sistemas eléctricos de *iluminación, obrador, cámaras, climatización* (ventilación y refrigeración), control grupos de frío, y *gestionará la curva de carga en función de la discriminación horaria (DH) contratada*, buscando el tipo de DH más rentable, y si se desea controlará el

*complemento de factor de potencia de la instalación.* El sistema estará capacitado para interconectarse y gestionar o recibir información para control de los distintos sistemas de regulación empleados, en los restantes sistemas energéticos: calefacción, agua caliente y consumo de agua.

Recordamos que todas las instalaciones de este grupo, están contratadas con términos de potencia > 75 kW, en alta tensión un 14,8 % (15 kV o 20 KV), en las tarifas reguladas **1.1. y 2.1** y en el mercado liberalizado en tarifa de acceso **3.1A**, y el 85,2 % corresponden a instalaciones de B.T. (3 × 400 V), con tarifas en mercado regulado general **3.0** de utilización normal y **4.0.** de larga utilización y con tarifas de acceso en el mercado libre **3.0A**. En todos los contratos con tarifas reguladas, se aplicarán los complementos por energía reactiva y discriminación horaria.

El modelo de instalaciones grandes, tiene una Potencia Eléctrica instalada de  $P_{EI} = 146,3$  kW, con un contrato de potencia  $P_{EC} = 100$  kW. Si aplicamos el número medio de horas de utilización resultante para este grupo, su consumo previsto será de  $100 \text{ kWh} \times 2.891 \text{ h/año} = 289.100 \text{ kWh/año}$ .

Suponiendo que se ha contratado para el modelo comercio de Alimentación grande, la tarifa de A.T. (3 × 15 kV), de aplicación General **1.1**, con **DH tipo 2, zona 3 (Madrid)** y que el factor de potencia registrado es **0,85**.

Durante el año 2005, le ha correspondió ser facturado con:

- ✿ Término de potencia →  $t_p = 1,980859 \text{ €/kW}$ .
- ✿ Término de energía →  $t_e = 0,066324 \text{ €/kW}$ .
- ✿ Un complemento de energía reactiva →  $c W_r$  en %, función del factor de corrección  $k_r = 17/\cos^2\phi - 21$ .
- ✿ Un complemento por discriminación horaria (c DH),
- ✿ El impuesto sobre la electricidad →  $I_E = 4,864 \% s/ \sum(T_i) \times 1,05113$  y
- ✿ El 16 % de IVA, sobre el total bruto.

Con estos datos su facturación anual será:

- ✿ **Pot. Contratada**  $P_{cE} = 100 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,980859 \text{ €/kW mes} = 2.377,03 \text{ €/año}$
- ✿  $E_w = W_a \times t_E = 289.100 \text{ kW /año} \times 0,066324 \text{ €/kW} = 19.174,26 \text{ €/año}$
- ✿  $c E_Q = \text{Fact. Básica} \times k_r \rightarrow \text{para } \cos \varphi = 0,85 \rightarrow k_r = 17/0,72 - 21 \approx + 2,5 \%$ ; luego  $c E_Q = (2.377,03 + 19.174,26) \times 2,5/100 = 538,78 \text{ €/año}$
- ✿ **c DH**, tipo 2, las instalaciones están en la Comunidad de Madrid, luego corresponde zona de aplicación 3; el complemento se determina por  $c DH = \text{Tej} \sum E_i \times C_i / 100$ , donde  $\text{Tej}_{2.1.} = 0,060502 \text{ €/kW}$ ;  $E_i$  = Energía total consumida en cada periodo, en función del área de su curva de carga. Calcularemos los porcentajes correspondientes por periodo y realizaremos la distribución de la energía anual consumida  $\rightarrow W_a = 289.100 \text{ kW/año} \rightarrow$  en las 1.460 horas Punta, el 24 %  $\rightarrow W_p = 0,24 \times 289.100 = 69.384 \text{ kW/año}$ ; en las 4.380 horas Llano, el 66 %  $\rightarrow W_{ll} = 0,66 \times 289.100 = 190.806 \text{ kW/año}$  y en las 2.920 horas Valle, el 10 %  $\rightarrow W_v = 0,1 \times 289.100 = 28.910 \text{ kW/año}$ ; y los coeficiente de recargo  $C_i$ , y la duración de cada periodo son los siguientes:

Periodo horario	Duración	Coefficiente de Recargo
Horas punta	4 horas /día	+ 40
Horas llano y valle	20 horas /día	-

Se consideran como horas punta en zona 3 de 9 a 13 horas en horario de invierno y de 10 a 14 horas en horario de verano.

Luego  $c DH_{\text{tipo 2}} = 0,060502 \times 69.384 \times 40/100 = 1.679,14 \text{ €/año}$

- ✿ El Impuesto Eléctrico  $I_E = 4,864 \%$  s/  $\sum (P_c + E_w + c E_Q + c DH)$   $\times 1,05113 = 4,864/100 \times (2.377,03 + 19.174,26 + 538,78 + 1.679,14) \times 1,05113 = 1.215,24 \text{ €/año}$
- ✿ **Total Factura sin gestorador**  $= \sum (P_c + E_w + c E_Q + c DH_{\text{tipo 2}} + I_E) = 2.377,03 + 19.174,26 + 538,78 + 1.679,14 + 1.215,24 = \mathbf{24.984,45 \text{ €/año (sin IVA)}}$

Para este modelo de grandes instalaciones, el objetivo del sistema de Gestión energético será:

- A) *Minimizar el valor de la potencia de contrato eléctrico necesaria y evitar puntas de cargas que produzcan excesos de potencia;* para ello, mediante una programación personalizada a cada instalación, se efectuará una planificación controlada de la puesta en marcha de los equipos eléctricos y la utilización secuencial de los diferentes sistemas del conjunto de las instalaciones, con lo que se consigue racionalizar y optimizar, para cada modo de operación, los valores máximos necesarios de las puntas de potencia registradas en los distintos procesos que actúan en las instalaciones del modelo de Comercio de Alimentación Grande. Se estima, que con la aplicación del gestor energético al control y racionalización de la secuencia de entrada de cargas, y con la mejora de eficiencia de los sistemas, se pueda conseguir trabajar en margen de regulación del 50 % de la potencia total, y conseguir una reducción del valor de la potencia contratada del orden del 12 %. En el estudio tarifario del modelo, la facturación del término de potencia, representa un 16,06 % sobre el total de la factura sin IVA, luego con estos datos, el ahorro previsto por esta acción puede alcanzar el 2 % de la factura final, y además, su correcto funcionamiento, nos permitirá no tener excesos de potencia.
- B) *Ahorrar energía y alargar la vida de las lámparas,* mediante la gestión y optimización del sistema de alumbrado, *regulando el nivel de flujo luminoso en cada zona y controlando los periodos de encendido en función del horario de funcionamiento y de la detección de presencia.* De acuerdo con el modelo considerado se dispone de una potencia instalada en alumbrado de 32 kW, lo cual representa el 21,87 % del total instalado, recordemos que para este grupo, el coeficiente de utilización simultánea utilizado es de 0,7 y que el nº de horas de utilización es 2.891 h. Ahora bien, su repercusión sobre el consumo es mayor, ya que su tiempo de funcionamiento relativo es más elevado (máximo  $300 \text{ d} \times 11 \text{ h/d} = 3.300 \text{ h/año}$ ), por lo que su contribución al consumo total se estima del orden del 25 %. Se estima, que con la aplicación del gestor energético y la optimización del sistema de iluminación se puedan conseguir reducciones del consumo en alumbrado, del orden del 12 %, lo cual representa un 3 % sobre el consumo *total*.

C) *Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de climatización, obtenido principalmente: a) operando en modo ventilación, b) cuando la unidad trabaje en modo free-cooling y c) cuando la unidad trabaje en refrigeración, empleando un porcentaje del aire de retorno en la ventilación por suministro.* En los cálculos del modelo, hemos supuesto incorporado a la unidad de climatización, un recuperador de calor para el aire de renovación, el cual nos ha permitido ahorrar un 40 % de potencia frigorífica necesaria para su enfriamiento. Aumentarán las pérdidas de carga y los ventiladores se proyectan con mayor potencia.

Se deberán programar los sistemas de gestión y regulación de acuerdo con el modelo de una instalación con sistema multizona, con compuertas selectoras y volumen de aire variable, con una máquina de 150 kW de potencia frigorífica, y con el calendario de funcionamiento indicado en la Tabla 1. Además, se dispondrá de un lazo de regulación cerrado de caudal, para funcionamiento del sistema en modo ventilación y de un lazo de regulación abierto de temperatura y Hr, normalmente con controlador proporcional e integral (PI), detectores de presencia/ocupación, de la temperatura y humedad exteriores y de las condiciones de confort, para control del sistema de refrigeración en los modos *free-cooling* y aire acondicionado.

La operativa a seguir será:

a) En el modo ventilación, se programará para que trabaje solamente como un sistema de ventilación por suministro y extracción, de forma que de todos los componentes de la unidad, únicamente estarán en servicio: el equipo ventilador de impulsión de aire (2,8 CV  $\approx$  2 kW), su compuerta de impulsión y su actuador, el filtro de aire de suministro, la batería de calefacción del aire controlada por el gestor (en otoño-invierno) y el ventilador de extracción (2 kW), con su compuerta y actuador. Sus periodos de funcionamiento están fijados de acuerdo con el horario de la Tabla 1 (máximo de 1.872 h/año), y además su operación estará limitada por la condición de presencia, para lo cual incorporará un detector con sonda de entrada, que proporcionará señal al gestor.

b) En modo *free-cooling* (FC), conseguiremos obtener un gran ahorro energético, ya que podremos realizar un enfriamiento gratuito del local, aprovechando la entalpía del aire de la calle ( $i_{\text{Aire exterior}}$ ). Para ello, es necesario, programar el sistema gestor, de forma, que en primavera o en verano, cuando existan condiciones y orden de funcionamiento de la unidad climatizadora y la sonda de temperatura exterior, da señal de que la temperatura exterior es inferior a la temperatura de confort ( $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  y Hr 50 %), El gestor detecta condiciones de FC, dando órdenes de parada al compresor del A.C. (en la unidad exterior o en la climatizadora) y de funcionamiento a los ventiladores de extracción y de climatización. Los actuadores de las compuertas motorizadas de FC, recibirán orden de cambio, cerrando totalmente la compuerta de retorno y abriendo al 100 % las compuertas de extracción y de renovación de aire. De esta forma el aire exterior, entrará en el local, con el caudal de diseño y saldrá extraído con el mismo valor. Su programación de funcionamiento, Tabla 1, indica una previsión máxima de 650 h/año, supeditada a los detectores de presencia y al grado de ocupación del local.

El sistema de climatización representa el 42,7 % de la potencia instalada en el modelo, siendo su repercusión estimada sobre el consumo del 30 %. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, se pueden obtener reducciones del consumo en climatización del orden del 20 %, lo cual representa un 6 % del consumo total.

*D) Ahorro de energía mediante la gestión energética del sistema de Hornos del Obrador*

Los sistema de control de hornos eléctricos, especialmente los de convección forzada, están normalmente dotados de un regulador de lazo cerrado, donde la variable controlada (temperatura interior) está siendo continuamente registrada y comparada con la temperatura de consigna (variable manualmente por el usuario del horno), la señal resultante, se empleará para modificar la variable controlada, hasta que se consiga igualar con el valor de consigna. El sistema debe de limitarse para conseguir ahorros energéticos, mediante un sistema de control de tiempos y temperatura, que

se adapte al programa de control, que coloque el equipo en posición de funcionamiento, espera caliente, precalentamiento o proceda su desconexión.

El gestor energético, se puede programar para llevar este control /regulación o para realizar funciones de lectura, medida e informativas en el caso de que el control sea local/autónomo.

Para el modelo estudiado los hornos del obrador representan el 6,8 % de la potencia instalada en el modelo, su repercusión sobre el consumo se estima en el 10 %. Se estima que con la aplicación de un sistema de control energético, se pueden obtener reducciones de su consumo, del orden del 10 %, lo cual representa un 1 % del consumo total.

#### E) *Control y mejora del factor de potencia*

Para minimizar la factura eléctrica, es importante medir, registrar y controlar el valor del factor de potencia.

En el caso del modelo, estudiado el factor de potencia de la instalación es  $\cos \eta = W_a / (W_a^2 + W_r^2)^{1/2} = 0,85$ , siendo  $W_a$  la cantidad registrada por el contador de energía activa, expresada en kWh y  $W_r$  la cantidad registrada por el contador de energía reactiva, expresada en kVArh. Para  $\cos \phi = 0,85$ , se obtiene un factor  $kr = 17/(0,85)^2 - 21 \approx 2,5$ , lo que implica que existe un recargo en la factura eléctrica a aplicar a la facturación básica (energía + término de potencia) del 2,5 %.

En el caso del modelo estudiado, el complemento de reactiva c  $E_Q = (P_c + E_w) \times kr / 100 = (2.377,03 + 19.174,26) \times 2,5/100 = 538,78$  €/año, siendo su impuesto eléctrico correspondiente  $I_E = 538,78 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 27,54$  €/año, luego el recargo total por factor de potencia será  $= 538,78 + 27,54 = 566,32$  €/año. Ahora bien, para corregir este bajo valor del  $\cos \eta$  es necesario colocar una adecuada batería de condensadores (generalmente con control automático), que compense la energía reactiva del sistema,

pudiendo dimensionarla, de forma que se consiga mejorar el valor del  $\cos \eta$ , hasta alcanzar la zona de bonificación en la tarifa.

En el caso del modelo  $\cos \eta = 0,85$  y  $W_a = 289.100$  kWh/año, luego  $\sin \eta = 0,52$  y  $W_s = W_a / \cos \eta = 289.100 / 0,85 = 340.117$  kVAh, luego  $W_r = W_s \times \sin \eta = 340.117 \times 0,52 = 176.861$  kVArh/año.

Esta energía reactiva, se consume en su mayor parte, a lo largo de las 3.300 h/año de funcionamiento posibles de la instalación de climatización y el alumbrado, además hay que tener en cuentas los consumos de los motores de las cámaras frigoríficas y congeladores. Luego vamos a instalar una batería de condensadores en B.T., su potencia reactiva en función de este periodo de carga y de un coeficiente  $\delta = 0,65$ ; luego  $Q = 176.861 / 3.300 \times 0,65 = 34,8$  kVAr.

Será suficiente con colocar *36 botes de 1 kVAr*, montando una batería de condensadores trifásica, con potencia máxima de 36 kVAr, repartida en tres ramas de 12 kVAr, con 12 botes en serie por fase, dotada de un automatismo de entrada de botes, con seis escalones. El equipo se conectará con el gestor para registro de medidas, control y alarma. Con la mejora del factor de potencia de la instalación, además, de optimizar la capacidad de la instalación, se reducen la intensidad máxima y las pérdidas por efecto Joule.

Se estima que con la mejora del factor de potencia, podemos obtener ahorros energéticos: 1 % por reducción de pérdidas, eliminar el 2,5 % de recargo en facturación y, además, alcanzar fácilmente una bonificación del 2,2 % (máximo 4 %), lo cual representa un ahorro económico directo del 4,7 %.

#### F) *Gestión de la discriminación horaria (DH)*

El gestor energético se puede programar para hacerse cargo del control del complemento tarifario por discriminación horaria, cuando se

contraten DH,s tipo 2, 3 ó 4, ya que es un sistema especializado en racionalización de cargas, control de curvas de carga y gestión de la demanda.

El complemento por DH constituirá un recargo o un descuento, que se calculará de acuerdo con la fórmula  $c\ DH = Tej \sum Ei \times Ci / 100$ .

Mediante un estudio previo y una programación apropiada a cada cliente en particular, a las características de la instalación y de su equipamiento, a los diferentes modos posibles de operar el sistema, al horario de funcionamiento, a la zona geográfica, al tipo de la tarifa, se estudiará si es posible desplazar la curva de carga, desde el periodo punta (con recargo), a los periodos llano (sin recargo) o al valle (descuento), de forma que consigamos mejorar la curva de demanda carga y además lograremos notables ahorros económicos.

En el caso del modelo, con contrato en la tarifa 1.1 DH tipo 2, zona 3, hemos calculado el complemento de DH que le corresponde:  $c\ DH_{\text{tipo 2}} = 0,060502 \times 69.384 \times 40/100 = 1.679,14 \text{ €/año}$ . En este caso, ya es posible gestionar para conseguir ahorros, ya que en este tipo 2 de discriminación, sólo existe un complemento de recargo del 40 %, aplicado a los consumos registrados en horas punta. Luego, podremos ahorrar si logramos reducir el porcentaje de consumo en horas punta. Habrá que trabajar en reducir este porcentaje, efectuando el adecuado desplazamiento de cargas, con consumos en horas punta al periodo llano-valle. Si logramos desplazar un 4 % de cargas de punta llano, entonces el consumo en horas punta descenderá hasta  $W_p = (24 - 4)/100 \times 289.100 = 57.820 \text{ kW/año}$  y el complemento de DH, también se reducirá  $c\ DH_{\text{tipo 2}} = 0,060502 \times 57.820 \times 40/100 = 1.399,29 \text{ €/año}$ .

Con un estudio profundo y particularizado de cada instalación y sus posibles modos de trabajo, se deberá de valorar la viabilidad técnico-económica de efectuar un cambio en el tipo de DH contratado. Vamos a realizar una comparación rápida con el tipo 3 zona 3 y con 4 h diarias de punta con recargo del 70 %, 12 h diarias de llano, sin recargo ni descuento y 8 horas

diarias de valle, con descuento del 43 %. Calcularemos  $c_{DH_{\text{tipo 3}}}$  y compararemos con  $c_{DH_{\text{tipo 2}}}$ .

$c_{DH_{\text{tipo 3}}} = 0,060502 \times (57.820 \times 70/100 - 28.910 \times 43/100) = 1.696,63 \text{ €/año}$ ;  
vemos que  $c_{DH_{\text{tipo 3}}} > c_{DH_{\text{tipo 2}}}$ .

*Luego, en este caso es mejor permanecer en  $DH_{\text{tipo 2}}$ .*

Además, como con la instalación y uso adecuado del gestor energético (GEN) hemos reducido el consumo total de energía un 11 %, el recargo final se reducirá en este porcentaje resultando un complemento según cálculo  $c_{DH} = 0,060502 \times (57.820 \times 0,89) \times 40/100 = 1.245,36 \text{ €/año}$ .

Ahora bien, además, en cada caso particular habrá que realizar un estudio personalizado de cada instalación y sus posibles modos de operación.

#### G) *Resultados y Viabilidad de la implantación del sistema gestor*

De acuerdo con los cálculos y suposiciones realizadas en el modelo, las previsiones de ahorro total para los Comercios de Alimentación grandes son:

a) *Bajamos la potencia del contrato eléctrico en un 12 %  $\rightarrow 12/100 \times 100 = 12 \text{ kW}$ . Luego, reducimos la potencia contratada a  $P_{CE} = 88 \text{ kW}$ , consiguiendo un ahorro de  $12 \text{ kW} \times 12 \text{ meses} \times 1,980859 \text{ €/kW mes} = 285,24 \text{ €/año}$ ; aplicándole el Impuesto eléctrico:  $I_E = 285,24 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 14,58 \text{ €/año}$ . El Ahorro resultante en término de potencia es  $= 285,24 + 14,58 = 299,82 \text{ €/año}$ .*

b) *Reducir el consumo total anual de energía eléctrica en  $3 + 6 + 1 + 1 = 11 \%$ ;  $11/100 \times 289.100 \text{ kWh/año} = 31.801 \text{ kWh/año}$ . Luego, bajaremos el consumo del comercio hasta  $W_a (G) = 289.100 - 31.801 = 257.299 \text{ kWh/año}$ , y el ahorro económico en término de energía será  $31.801 \times 0,066324 = 2.109,16 \text{ €/año}$ , aplicándole el impuesto  $I_E = 2.109,16 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 107,83 \text{ €/año}$ , y el Ahorro económico total en energía será  $= 2.109,16 + 107,83 = 2.216,99 \text{ €/año}$ .*

c) *Ahorro económico por mejora del complemento por factor de potencia  $c E_0$*

Con la instalación y gestión de la batería automática de condensadores, conseguiremos fácilmente mejorar el  $\cos \eta = 0,85$  hasta un valor de  $0,95$ . Esta acción nos permitirá eliminar el recargo económico del  $2,5 \%$ , sobre la facturación básica que teníamos, y además lograremos conseguir una bonificación del  $2,2 \%$ , sobre dicha facturación (mejorable hasta el  $4 \%$ ). El nuevo cálculo será con un  $\cos \varphi = 0,95 \rightarrow kr = 17/0,95^2 - 21 \approx - 2,2 \%$ ; luego  $c E_0 = \text{Fact. Básica} \times kr = (2.091,78 + 17.065,09) \times (-2,2 / 100) = - 421,45 \text{ €/año}$ .

Luego se ha pasado de tener un recargo de  $538,78$  a conseguir un descuento de  $421,45 \text{ €/año}$ , luego con la batería de condensadores hemos conseguido ahorrar  $538,78 + 421,45 = 960,23 \text{ €/año}$ .

Aplicando el impuesto eléctrico  $I_E = 960,23 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 49,09 \text{ €/año}$ . Luego, *el Ahorro total por mejorar el  $\cos \eta$  será  $960,23 + 49,09 = 1.009,32 \text{ €/año}$ .*

d) *Ahorro en el complemento por Discriminación horaria ( $c DH$ )*

Con el desplazamiento de cargas en horas punta a llano y con el descenso de consumo el valor del nuevo complemento, ha bajado su recargo hasta  $c DH_{\text{tipo 2}} = 0,060502 \times (57.820 \times 0,89) \times 40/100 = 1.245,36 \text{ €/año}$ , luego se ha obtenido un ahorro de  $1.679,14 - 1.245,36 = 433,78 \text{ €/año}$ .

Aplicando el  $I_E \rightarrow 433,78 \times 4,864/100 \times 1,05113 = 22,17 \text{ €/año}$ ; luego, *el Ahorro total conseguido por mejora del  $c DH$  es  $433,78 + 22,17 = 455,95 \text{ €/año}$ .*

Con estos datos, utilizando el sistema de Gestión GEN, su nueva facturación eléctrica anual será:

- ✿ **Potencia contratada** = 88 kW × 12 meses × 1,980859 €/kW mes = **2.091,78 €**
- ✿ **Cuota término de energía** = 257.299 kW/año × 0,066324 €/kW = **17.065,09 €**
- ✿ **c E<sub>Q</sub>** = (2.091,78 + 17.065,09) × 2,2 / 100 = **- 421,45 € (descuento)**
- ✿ **c DH<sub>tipo2</sub>** = 0,060502 × 51.459,80 × 40/100 = **1.245,36 €**
- ✿ El Impuesto Eléctrico **I<sub>E</sub>** = 4,864 % s/ Σ (P<sub>c</sub> + E<sub>w</sub> + c E<sub>Q</sub> + c DH) × 1,05113 = 4,864/100 × (2.091,78 + 17.065,09 - 421,45 + 1.245,36) × 1,05113 = **1.021,55 €**.
- ✿ **Total Factura con gestorador** = Σ (P<sub>c</sub> + E<sub>w</sub> + c E<sub>Q</sub> + c DH<sub>tipo 2</sub> + I<sub>E</sub>) = 2.091,78 + 17.065,09 - 421,45 + 1.245,36 + 1.021,55 = **21.002,33 €/año (sin IVA)**.

Luego el ahorro total conseguido será 24.984,45 – 21.002,33 = **Ahorro total con gestorador (GEN) = 3.982,12 €/año (sin IVA)**, supone un **15,94 %**.

Ahora bien, la instalación de un sistema gestorador requiere efectuar una inversión, realizar una auditoría previa, obtener un listado de recomendaciones con posible cambios, realizar el proyecto y ejecutar el cambio, que dará lugar a la instalación del equipamiento de gestión, programación, instalación, cableado, puesta en marcha y pruebas. Para el caso, del modelo estudiado, podemos estimar que se precisa de una inversión de 1.050 € (IVA no incluido) para la Batería de Condensadores y de 15.000 € (IVA no incluido) para la auditoría y el sistema gestorador energético (GEN).

#### H) *Conclusión para Comercios de alimentación Grandes*

- ✿ Resumen técnico-económico de la operación:

Optimización	Ahorro anual	Inversión
Prevista		
15,94 %	3.982,12 € (IVA no incluido)	16.050 € (IVA no incluido)

Luego el tiempo estimado de amortización es de 48,3 meses ( $\approx$  4 años).

- ❁ **La operación es viable, desde el punto de vista de rentabilidad** (se rechazan inversiones con periodos de retorno superiores a 5 años); además es importante resaltar que la introducción de un sistema gestor (GEN) es atractiva respecto a los ahorros energéticos conseguidos, la reducción del impacto ambiental y la mejora notable de la operación y control de las instalaciones.

## 8.11. Ejecución de las soluciones aplicables

Constituye la fase de implantación de las instalaciones eficientes y medidas de ahorro recomendadas, y en ella se realizan trabajos de:

- ❁ Ingeniería para la elaboración de cada proyecto y la supervisión de su adecuado montaje.
- ❁ Contratación del suministro de equipos, componentes y servicios.
- ❁ Solicitud de permisos de obra y de eventuales ayudas externas.
- ❁ Construcción, puesta en marcha y apoyo inicial para su operación y manejo.
- ❁ Control del funcionamiento, seguimiento de resultados y, cuando se solicite, soporte en su mantenimiento. El gestor facilita la visualización de gráficos que permiten realizar labores de control, seguimiento y recogida de datos, que facilitan la gestión del mantenimiento preventivo, como son el diagrama de tendencias, el diagrama de barras, el protocolo diario, el gráfico indicador de seguimiento y el resumen mensual de actuaciones; como ejemplo podemos ver las gráfica siguiente donde se visualiza el diagrama de tendencia en forma de diagrama de barras y la Curva de grupos de carga, con grupos de carga conectados.



## 8.12. Ventajas para el usuario

La implantación de una solución de gestión y mejora de eficiencia, aportan al usuario las siguientes importantes ventajas, que justifican su implantación:

- ✿ Aumento de la productividad por garantía, flexibilidad y seguridad de suministro, y actualización de equipos y sistemas de gestión.
- ✿ Reducción de la componente de energía eléctrica en los costes operativos.
- ✿ Superior calidad del producto o servicio.
- ✿ Optimización de resultados en los procesos productivos.

- Mejora ambiental derivada del aprovechamiento e idoneidad de la energía utilizada, y cuyos beneficios aparecen como una imagen más atractiva y aceptación social.

## Bibliografía

1. Aire Acondicionado en el sector Servicios. ADAE Norte.
2. Eficiencia Energética Eléctrica. CADEM-IBERDROLA. Editorial URMO, s.a.
3. Manual de Eficiencia Energética Eléctrica. CADEM.
4. Técnicas y aplicaciones de Iluminación. Serie electrotecnologías de EVE e IBERDROLA. Editorial Mc. Graw Hill.
5. Proyecto Zerbiztuak. Instituto Vasco de Estudios Prospectivos.
6. Catálogo Gestor Energético (GEN) de GOVAL, s.a.
7. Especificaciones controlador energético modelo COE - ZIGOR s.a.
8. Componentes de Climatización. Ángel Lecuona - Ramón Vizcaíno, s.a.
9. Sistemas de Climatización. Fernando Diez Pazos - Ferroli España, s.a.
10. Información de tarifas eléctricas y modalidades de contratación de IBERDROLA.

